

การศึกษาการผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อ



สารนิพนธ์
ของ
สร้อย ชีร์แก้ว

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

เมษายน 2554

การศึกษาการผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อ



สารนิพนธ์
ของ
สร้อย ชีร์แก้ว

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

เมษายน 2554

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาการผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อ



บทคัดย่อ
ของ
สร้อย นุช ศิริแก้ว

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
เมษายน 2554

สร้อย นุช ศิริแก้ว. (2554). การศึกษาการผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อ. สารนิพนธ์ กศ.ม.

(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย.

ผลิตภัณฑ์แยมเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่คุณค่าไปนิยมนำมาบริโภค แยมที่ขายตามท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากสารแต่งกลิ่นรสสังเคราะห์ผลไม้ต่าง ๆ ผสมกับสารให้ความหวานและสารทำให้เกิดเจลเมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการแล้วพบว่าสารอาหารหลักของแยม คือคาร์โบไฮเดรต ทำให้แยมมีคุณค่าด้านพลังงานเท่านั้น สาหร่ายไก่อเป็นสาหร่ายสีเขียวน้ำจืด มีโปรตีนถึงร้อยละ 19.44 มีไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีธาตุซีลีเนียมสูง ซึ่งจัดเป็นสารป้องกันอนุมูลอิสระที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง งานวิจัยนี้ได้ทำศึกษาระบวนการแปรรูปสาหร่ายไก่อแห้ง โดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของหวานประเภทแยม ด้วยการใช้ น้ำสกัดสาหร่ายไก่อแห้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 10 และ 15 เตรียมเป็นแยม 3 สูตรหลัก และเตรียมเป็นแยมที่ผสมเนื้อสาหร่ายไก่อแห้ง 5 กรัมและ 10 กรัม อีก 6 สูตร รวมทั้งหมด 9 สูตร โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและ การประเมินทางประสาทสัมผัสในแยมแต่ละสูตร ผลการทดลองพบว่า แยมที่ได้ แต่ละสูตรมีลักษณะเนื้อสัมผัสเนื้อแยมข้นหนืดเหมือนแยมปกติทั่วไป มีสีเหลืองอมเขียว จนถึงเขียวเข้มเกือบดำ ขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำสกัดสาหร่ายไก่อแห้งและปริมาณเนื้อสาหร่ายไก่อแห้งที่นำมาผสม จึงทำให้บางสูตรจะมีกลิ่นจากสาหร่ายไก่อ แยมจากที่ผลิตจากสาหร่ายไก่อทุกสูตรมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมช่วง 56.42 – 132.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในช่วงร้อยละ 22.95 – 44.26 โดยพบว่า ทั้ง 2 พารามิเตอร์ คือปริมาณสารฟีนอลิกรวมและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระจะแปรผันตามความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อแห้ง และการเพิ่มเนื้อสาหร่ายไก่อโดยสูตรที่ 9 ซึ่งเป็นแยมที่เตรียมจากน้ำสกัดสาหร่ายไก่อที่มีความเข้มข้นร้อยละ 15 ผสมเนื้อสาหร่ายไก่อแห้ง 10 กรัม มีค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 สูงที่สุด แต่อย่างไรก็ตามผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าแยมทุกสูตรได้รับความพึงพอใจแตกต่างกัน โดยสูตรที่ 3 ซึ่งเตรียมจากน้ำสกัดสาหร่ายไก่อแห้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 15 ได้รับความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติ มากที่สุด ดังนั้นผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่า สาหร่ายไก่อแห้งสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทแยมซึ่งเป็นอาหารหวาน ที่มีคุณภาพด้านการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยแยมที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการวิจัยนี้คือ แยมที่มีส่วนประกอบน้ำสกัดสาหร่ายไก่อที่มีความเข้มข้นร้อยละ 15

STUDIES ON PROCESSING KAI ALGAE JAM

AN ABSTRACT

BY

SARUNNOOT SIRIKAEW



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Master of Science degree in Science Education
at Srinakharinwirot University

April 2011

Sarunnoot Sirikaew. (2011). *Studies on processing Kai Algae Jam*.

Master 's Project, M.Ed. (Science Education). Bangkok: Graduate School.

Srinakharinwirot University. Project Advisor: Associate Professor. Dr.Pornpimol Muangthai.

Jam Products are the one of popular food. In general , jam sold in market produced from synthetic fruit flavor ,sugar and gelling agent. All those products gave only carbohydrate nutrient for human. Kai is an green algae that contains 19.44% of protein, vitamin and minerals especially selenium which is the good antioxidant property. There are many reports referred that Kai algae has antioxidant substance especially highly selenium content. There is a few products from Kai algae, thus The aim of this work is to study the jelly product by using Kai algae as the raw material. In this research ,Kai algae was developed to be a dessert as jam by using extracted dry Kai algae solution as 5, 10 and 15 to produce jam base as 3 formulars.The jam were prepared as addition dry Kai algae 5 g. and 10 g for other 6 formulars . totally 9 formulars. The total phenolic content, antioxidant inhibitions and sensory evaluation were analysed in all Kai jam products. The results showed that each jam product showed jam characteristics such as viscosity texture as normal jam , jam contained yellow green color to dark green almost black which depend on the concentration of extracted dry Kai algae solution and the content of dry Kai algae in the jam.The kai jam products contained the total phenolic content 56.42 – 132.04 mg/l, the products showed % antioxidising in inhibitions as the rande of 22.95 – 44.26 %. The both parameter , total phenolic content and % antioxidising in inhibitions varied with the concentration of extracted dry Kai algae solution and the content of dry Kai algae in the jam.The 9 formular which was prepared from 15 % of extracted dry Kai algae solution mixed with 10 g of dry Kai algae showed the highest 2 parameters. However,the result from sensory evaluation showed the 3 formular which was prepared from 15 % of extracted dry Kai algae solution was the best popular formular on color, flavors and taste of Kai jam. Thus this work showed that, kai algae could be process to be the new products as jam dessert contained the antioxidant properties and the best jam in this work was the jam that prepared from 15 % of extracted dry Kai algae solution .

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร และคณะกรรมการ
สอบได้พิจารณาสารนิพนธ์เรื่อง การศึกษาการผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อ ของสร้อยช ชิริแก้ว
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโคก)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย)

..... กรรมการสอบสารนิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโคก)

..... กรรมการสอบสารนิพนธ์
(อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโคก)

วันที่ เดือน.....พ.ศ. 2554

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระมหากรุณาธิคุณในพระองค์ที่ทรงมีพระมหากรุณาธิคุณโครงการส่งเสริมคุณภาพการศึกษาในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารพื้นที่อำเภอบ่อเกลือ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ และในโรงเรียนพระปริยัติธรรมแผนกสามัญศึกษา จังหวัดน่าน อันเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาครูให้ได้รับการศึกษาในระดับมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งนับเป็นเกียรติอันสูงสุดที่ข้าพเจ้าได้รับโอกาสอันดียิ่งนี้ และจะได้นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาเด็กนักเรียนต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พรพิมล ม่วงไทย ประธานควบคุมสารนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ อันเกิดขึ้นในงานวิจัยและการเขียนสารนิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาผ่านโครงการส่งเสริมคุณภาพการศึกษาโรงเรียนถิ่นทุรกันดารและโรงเรียนพระปริยัติธรรม แผนกสามัญศึกษา ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และขอขอบคุณ คุณจตุรงค์ จงเจริญ ที่ช่วยเหลือแนะนำในห้วงปฏิบัติการ การตรวจวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิก

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรศักดิ์ ผลโภาคและอาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก ในการเป็นกรรมการสอบปากเปล่าสารนิพนธ์ ตลอดจนการให้คำแนะนำต่างๆ เพื่อให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณอาจารย์ในคณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ให้ความเมตตาเอาใจใส่แก่ผู้วิจัย

ขอกราบนมัสการขอบคุณพระคงศิลป์ ภทฺทราวุโธ ผู้อำนวยการโรงเรียนพระปริยัติธรรมวัดนิโครธาราม ขอขอบคุณคณะครูโรงเรียนพระปริยัติธรรมวัดนิโครธาราม เพื่อนนิสิตปริญญาโททุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดการศึกษา และการทำวิจัยผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านไว้ ณ โอกาสนี้

และขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่ได้อบรมเลี้ยงดู ให้โอกาสทางการศึกษาที่ดี ให้กำลังใจ และสนับสนุนด้านการวิจัยด้วยดีตลอดมา และขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สรลันษุ ศิริแก้ว

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ข้อมูลพื้นฐาน.....	5
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	30
เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	30
การทดลองเตรียมผลิตแยมและศึกษาคุณภาพของแยมจากสาหร่ายไก่อ.....	31
การประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และรส.....	33
4 ผลการวิจัย.....	35
ผลการวิเคราะห์คุณภาพแยมสาหร่ายไก่อ.....	35
ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากแยมสาหร่ายไก่อ.....	39
ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระจากแยมสาหร่ายไก่อ.....	39
การตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของแยมสาหร่ายไก่อ.....	40
การประเมินระดับความพึงพอใจในแยมสาหร่ายไก่อ.....	40
การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส.....	41
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	44
สรุปผลการวิจัย.....	44
การอภิปรายผล.....	45
ข้อเสนอแนะ.....	46

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม.....	47
ภาคผนวก.....	49
ภาคผนวก ก.....	50
ภาคผนวก ข.....	54
ภาคผนวก ค.....	56
ภาคผนวก ง.....	61
ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์.....	63



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ.....	8
2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพแยมสาหร่ายไก่อ.....	38
3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ยจากแยมสาหร่ายไก่อ.....	51
4 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระเฉลี่ยจากแยมสาหร่ายไก่อ.....	51
5 ร้อยละความพึงพอใจสีของแยมสาหร่ายไก่อ.....	52
6 ร้อยละความพึงพอใจกลิ่นของแยมสาหร่ายไก่อ.....	52
7 ร้อยละความพึงพอใจรสชาติของแยมสาหร่ายไก่อ.....	53



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ลักษณะสาหร่ายไก่อในสภาพธรรมชาติ.....	6
2 ลักษณะสาหร่ายไก่อสด.....	6
3 ลักษณะสาหร่ายไก่อตากแห้ง.....	7
4 โครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์สายหลักของเพกติน.....	11
5 การแบ่งชนิดของเพกตินตามค่า DM และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์.....	13
6 โครงสร้างของ junction zone ในเจลเพกตินชนิดเมทอกซีสูงที่ได้จากการศึกษาด้วย X-ray diffraction.....	15
7 แสดงปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระกับเป้าหมาย.....	19
8 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ.....	22
9 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ.....	23
10 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5	35
11 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10	35
12 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10	36
13 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมเนื้อสาหร่ายไก่อ 5 กรัม.....	36
14 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมเนื้อสาหร่ายไก่อ 10 กรัม.....	36
15 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10 ผสมเนื้อสาหร่ายไก่อ 5 กรัม.....	37
16 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10 ผสมเนื้อสาหร่ายไก่อ 10 กรัม.....	37
17 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 15 ผสมเนื้อสาหร่ายไก่อ 5 กรัม.....	37
18 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 15 ผสมเนื้อสาหร่ายไก่อ 10 กรัม.....	38
19 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย(mg/l) ในแยมสาหร่ายไก่อ.....	39
20 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในแยมสาหร่ายไก่อ.....	40
21 เปรียบเทียบร้อยละความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติแยมสาหร่ายไก่อที่เตรียมจากน้ำสกัดสาหร่ายไก่อที่ความเข้มข้น 5 , 10 และ 15 กับแยมสาหร่ายไก่อผสมเนื้อสาหร่ายไก่อ 5 กรัมและ 10 กรัม	42
22 กราฟมาตรฐานฟีนอลิก	55
23 กราฟมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระ.....	55
24 ตัวอย่างสาหร่ายไก่อตากแห้ง	57
25 ต้มสกัดน้ำสาหร่ายไก่อ	57
26 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5	58

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
27 แยมสำหรับไถ่น้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10	58
28 แยมสำหรับไถ่น้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10	58
29 แยมสำหรับไถ่น้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมเนื้อสำหรับไถ 5 กรัม	59
30 แยมสำหรับไถ่น้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมเนื้อสำหรับไถ 10 กรัม	59
31 แยมสำหรับไถ่น้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10 ผสมเนื้อสำหรับไถ 5 กรัม	59
32 แยมสำหรับไถ่น้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10 ผสมเนื้อสำหรับไถ 10 กรัม	60
33 แยมสำหรับไถ่น้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 15 ผสมเนื้อสำหรับไถ 5 กรัม	60
34 แยมสำหรับไถ่น้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 15 ผสมเนื้อสำหรับไถ 10 กรัม	60



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

แยมเป็นผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันมานาน ทำจากผลไม้ โดยนำผลไม้ไปต้มกับน้ำตาลให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใสกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีรสหวาน และมีกลิ่นหอมของผลไม้ นิยมบริโภคโดยการรับประทานกับขนมปังหรือแต่งหน้าเค้ก ปัจจุบันผลิตภัณฑ์แยมในท้องตลาดได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากแยมมีรูปร่างและสีที่สวยงาม มีรสชาติหวาน แยมที่ขายตามท้องตลาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากสารแต่งกลิ่นรสสังเคราะห์ผลไม้ต่าง ๆ ผสมกับสารให้ความหวาน เมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการแล้วพบว่าสารอาหารหลักของแยม คือ คาร์โบไฮเดรต ทำให้แยมมีคุณค่าด้านพลังงานเท่านั้น

สาหร่ายไก่อ เป็นสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวที่พบทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะเขตจังหวัดน่านพบมากบริเวณ แม่น้ำน่าน เขต อ.ท่าวังผา นอกจากนี้ยังพบในเขตแม่น้ำโขง อ.เชียงของจ.เชียงราย จากการสำรวจชนิดของสาหร่ายไก่อพบว่ามี 2 สกุล คือ คลอดิโอฟอรา (*Cladophora* spp.) รู้จักในชื่อสามัญว่า สาหร่ายไก่อไหม้ หรือ สาหร่ายไก่อเปีย และ ไมโครสปอรา (*Microspora* spp.) คือ สาหร่ายไก่อ้าว หรือสาหร่ายไก่อเหนียว เมื่อพิจารณาในระดับชนิด พบว่าสาหร่ายไก่อไหม้ หรือ สาหร่ายไก่อเปีย คือ *Cladophora glomerata* Kützinger ส่วนสาหร่ายไก่อ้าว หรือสาหร่ายไก่อเหนียว คือ *Microspora fluccosa* Thuret ตามแหล่งแม่น้ำในจังหวัดน่าน สาหร่ายไก่อเป็นสาหร่ายสีเขียวน้ำจืด สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ในบริเวณลำน้ำที่ใสและน้ำไหล อีกทั้งมีแสงส่องถึงด้วย โดยพบเฉพาะในลำน้ำน่านในอำเภอทุ่งช้างจนถึงปลายแม่น้ำในอำเภอเวียงสา

สาหร่ายไก่อมีโปรตีนถึง 19.44 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นมี ไขมัน เส้นใย แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม แคโรทีน วิตามินอี แซนโทโรฟิล จากรายงานผลการวิจัยของ ดร.ยุวดี พิรพรไพศาล (2547) พบว่าสาหร่ายไก่อมีโปรตีนสูงพอ ๆ กับปลาน้ำจืด เรียกได้ว่าสามารถนำมาทดแทนการรับประทานปลาได้เป็นอย่างดี ข้อสำคัญคือ มีกากหรือเส้นใยพอ ๆ กับผักสีเขียวทั่วไป อีกทั้งยังมีวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียมค่อนข้างสูง และที่เด่นที่สุดคือมีซิลิเนียมสูงมาก ซึ่งสูงกว่าในผักสีเขียว โดยแร่ธาตุตัวนี้เป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นสารป้องกันอนุมูลอิสระที่สำคัญยิ่งชนิดหนึ่ง ดังนั้นคนในพื้นที่ ที่อยู่ใกล้แหล่งสาหร่ายเหล่านี้จึงโชคดี ที่ได้บริโภคแต่อาหารดีมีประโยชน์ และได้ช่วยชาวบ้านให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ จากสาหร่ายไก่อ เพื่อการเพิ่มมูลค่าและสร้างความหลากหลายของผลิตภัณฑ์อย่างเช่น สาหร่ายไก่อแผ่นกรอบปรุงรส บะหมี่สาหร่าย และอาหารอื่น ๆ อีกหลายอย่างจากสาหร่าย และยังได้ต่อยอดภูมิปัญญาเดิมของชาวบ้าน

ที่ทำผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไก่อ เช่นสาหร่ายไก่อยีให้เก็บได้นานขึ้นและไม่เหม็นหืนและ พัฒนาไก่อแผ่นหรือไก่อปรุงรส ให้มีความกรอบนานขึ้น (พีรเดช. 2550)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษากระบวนการแปรรูปสาหร่ายไก่อโดยพัฒนาเป็น ผลิตภัณฑ์ของหวานประเภทแยม เนื่องจากยังไม่มีรายงานการแปรรูปสาหร่ายไก่อให้เป็นแยม จาก สรรพคุณด้านโภชนาการของสาหร่ายไก่อดังกล่าวข้างต้นจะเห็นว่า เป็นพืชที่มีโปรตีนมาก รวมทั้งมี สารโพลีฟีนอลประเภทฟีนอลที่จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย ดังนั้นถ้าสามารถนำสาหร่ายไก่อ มาแปรรูปให้เป็นแยมได้เช่นเดียวกับแยมที่ผลิตจากผลไม้ต่างๆได้ จะทำให้ช่วยเสริมมูลค่าให้แก่ สาหร่ายไก่ออีกทางหนึ่ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้อาจเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของชุมชนอีกประเภทหนึ่งด้วย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแยมสูตรต่างๆจากสาหร่ายไก่อ
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารต้าน อนุมูลอิสระ
3. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะสี กลิ่น รส

ความสำคัญของการวิจัย

1. เพื่อทราบคุณภาพของแยมจากสาหร่ายไก่อ ทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี
2. เพื่อทราบสมบัติสำคัญของการผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อ
3. เพื่อทราบความพึงพอใจของชุมชน ในการบริโภคแยมจากสาหร่ายไก่อ
4. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
ให้นักเรียน

ขอบเขตของงานวิจัย

1. สํารวจข้อมูลพื้นฐาน
 - 1.1 สํารวจข้อมูลพื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่ายไก่อในพื้นที่จังหวัดน่าน
 - 1.2 สํารวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสารอาหารในสาหร่ายไก่อ
 - 1.3 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิตแยม
2. การวางแผนการทดลอง
 - 2.1 ศึกษาส่วนประกอบและการเตรียมวัตถุดิบ
 - 2.2 ศึกษากระบวนการผลิตแยมโดยแปรรูปสัดส่วนน้ำสกัดสาหร่ายไก่อ 5 – 15% (โดย น้ำหนัก) และน้ำสกัดสาหร่ายไก่อผสมเนื้อสาหร่ายไก่อ

2.3 ศึกษาวิธีวิเคราะห์สารอาหารบางชนิด

2.4 ศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแยมสำหรับกล้วย

3. การทดลอง

3.1 การเตรียมน้ำสกัดจากกล้วย

3.2 การศึกษาวิธีเตรียมแยม

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพแยม

3.3.1 ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ด้านสี กลิ่น รส

3.3.2 ลักษณะทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

3.4 การประเมินระดับความพึงพอใจ ในแยมที่ผลิตจากกล้วย

4. ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

4.1 ระยะเวลา เริ่มตั้งแต่ วันที่ 1 เมษายน 2553 ถึง 31 ธันวาคม 2553

4.2 สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการทดลองวิจัยสาขาเคมีวิเคราะห์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

4.3 สถานที่ทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารต่างๆ คือ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **สำหรับกล้วย** หมายถึง สำหรับสีเขียวน้ำจืดชนิดหนึ่ง อยู่ใน Division Chlorophyta จินัส *Cladophora* spp. พบกระจายทั่วไปโดยยึดเกาะบนก้อนหินหรือสิ่งยึดเกาะอื่น ๆ ตามบริเวณลำน้ำที่ใสและน้ำไหลไม่แรงนัก และมีแสงแดดส่องถึง

2. **สำหรับกล้วยแห้ง** หมายถึง สำหรับกล้วยที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยการตากแดดเป็นเวลา 1 วัน

3. **แยม** หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว สีสดใสและโปร่งแสง ทำจากส่วนผสมที่เป็นผลไม้กับน้ำตาลทราย

4. **กรรมวิธีการผลิตแยมจากสำหรับกล้วย** หมายถึง การใช้สำหรับกล้วยแห้งเป็นวัตถุดิบในการผลิตแยม

5. **เพกติน** หมายถึง สารประกอบประเภทพอลิแซคคาไรด์ ทำหน้าที่ช่วยยึดเกาะ (Firming agent) ในผลไม้และผักหลายชนิด สามารถสกัดได้จากเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม นอกจากนี้ยังสามารถพบได้ในเนื้อผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล ฝรั่ง

6. สารต้านอนุมูลอิสระ หมายถึง สารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) หรือสารที่สามารถเข้าจับกับอนุมูลอิสระแล้วยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลเป้าหมาย ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และ DNA

7. การประเมินคุณภาพของแยม หมายถึง การประเมินคุณลักษณะทางด้านกายภาพ และการประเมินคุณลักษณะทางเคมี

8. ลักษณะทางกายภาพ หมายถึง ลักษณะสี กลิ่นและรส ของแยมที่ผลิตจากสาลี่รายไถ่

9. สมบัติทางเคมี หมายถึง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ



บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ได้แก่

1. ข้อมูลพื้นฐาน
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ข้อมูลพื้นฐาน

1.1 ข้อมูลพื้นฐานสาหร่ายไถ

สาหร่ายไถจัดเป็นสาหร่ายสีเขียว (Green Algae) อยู่ใน Division Chlorophyta เป็นสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเส้นสายบางชนิดแตกแขนง บางชนิดไม่แตกแขนง คลอโรพลาสต์เป็นแบบร่างแห สาหร่ายไถมี 2 ประเภท คือ สาหร่ายไถไหม ซึ่งเส้นสายยาวและอ่อนนุ่มคล้ายเส้นไหม ประกอบไปด้วยสาหร่ายในจีนัส *Microspora* spp. หลายสปีชีส์ เช่น *Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret, *Microspora pachyderma* (Will) Lagerheim, *Microspora* sp. 1 และ *Microspora* sp. 2 ส่วนอีกชนิดคือ สาหร่ายไถคาว ซึ่งเป็นเส้นสายที่หยากกว่าสาหร่ายไถไหม เนื่องจากมีการแตกแขนง ประกอบไปด้วยสาหร่ายในจีนัส *Cladophora* spp. หลายชนิดได้แก่ *Cladophora glomerata* Kuetzing, *Cladophora* sp. 1 (ยุวดี พิรพรพิศาลและคนอื่น ๆ , 2547) สาหร่ายชนิดนี้เจริญอยู่บนก้อนหินในน้ำไหลที่ค่อนข้างใส น้ำไหลเอื่อย ๆ และเป็นน้ำที่มีคุณภาพดี พบได้ทั่วไปในลำธาร หรือแม่น้ำขนาดเล็ก พื้นที่ตื้นน้ำมีหินก้อนใหญ่น้อย และน้ำตื้นใส แหล่งน้ำที่มีสาหร่ายไถมากเป็นพิเศษในประเทศไทย มี 2 แหล่ง คือ แม่น้ำน่าน จังหวัดน่าน และแม่น้ำโขง บริเวณอำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ สำหรับในลำน้ำน่านจะพบสาหร่ายไถตลอดลำน้ำตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ แต่จะมีมากน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งยึดเกาะที่สาหร่ายจะเจริญได้ คือ ก้อนหินขนาดใหญ่และเล็ก แต่สาหร่ายชนิดนี้ไม่ได้เจริญทั้งปี แต่จะเจริญในช่วงฤดูแล้ง คือ ฤดูหนาวต่อกับต้นฤดูร้อน ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนเมษายน เมื่อมีฝนตกลงมา น้ำในลำน้ำจะขุ่น สาหร่ายเหล่านี้ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้จะทยอยตายไปจนหมด

การเก็บสาหร่ายไถจากแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น ชาวบ้านจะรอให้สาหร่ายเจริญเต็มที่ซึ่งจะมีขนาดยาวมากตั้งแต่ครึ่งเมตร ไปจนถึง 4 – 5 เมตร โดยการ "จกไถ" ซึ่งก็คือ การดึงสาหร่ายที่มีขนาดยาวพอเหมาะออกจากก้อนหินแล้วส่ายไปมาในน้ำให้ดินหรือสิ่งที่เกาะมาหลุดออกไป พาดไว้บนท่อนแขน สะสมไปเรื่อย ๆ จนมากพอที่จะมัดให้เป็นกลุ่มก้อน นำไปตากหรือแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ ซึ่งในจังหวัดน่านมีการกระจายทั่วไปของสาหร่ายไถในลำน้ำน่าน

โดยเฉพาะที่พื้นที่ต้งน้ำที่มีลักษณะเป็นก้อนหินและมีกระแสน้ำไหลไม่แรงนัก (ศรีวรรณ ไชยสุข: 2545) จะมีมากบริเวณอำเภอดำรงฟ้า อำเภอบ่อเกลือ อำเภอบัว และอำเภอเมืองตามลำดัด



ภาพประกอบ 1 สหรัยไคในสภาพธรรมชาติ

ที่มา: ยุวดี พิรพรพิศาล. (2546). สหรัยวิทยา. 173

ที่มา: www.ist.cmu.ac.th/riseat/nl



ภาพประกอบ 2 สหรัยไคสด

ที่มา: <http://www.ist.cmu.ac.th>



ภาพประกอบ 3 สาหร่ายไถตากแห้ง

ที่มา : <http://www.bloggang.com>

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่ายที่มาจากภูมิปัญญาชาวบ้านที่แพร่หลายที่อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย และอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ชาวบ้านมีการใช้สาหร่ายทั้งสดและแห้ง อาหารสดที่ทำมาจากสาหร่ายจะเป็นยาคินิตต่างๆ เช่น ยาก ไถ ไถหนึ่ง ซึ่งคล้ายกับห่อหมกของภาคกลาง ส่วนสาหร่ายไถที่ตากแห้งนิยมนำมาทำ “ไถยี้” นอกจากนี้ได้มีผู้วิจัยหลายท่านทำการพัฒนาดัดแปลงการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่ายไถในรูปแบบต่าง ๆ มากขึ้นเช่น สาหร่ายไถแผ่นปรุงรส ลูกก็สาหร่ายไถ ขนมปังสาหร่ายไถ เส้นบะหมี่สาหร่ายไถ หมูยอสาหร่ายไถ ลูกชิ้นหมูสาหร่ายไถ ไส้กรอกเปรี้ยวผสมสาหร่ายไถ แครกเกอร์หน้าไถยี้ สาหร่ายไถแผ่นชุบแป้งทอด ยาสระผสมสาหร่ายไถ และชีอิ้วจากสาหร่ายไถ ข้าวเกรียบสาหร่ายไถ, ลูกก็สาหร่ายไถ เค้กเนยสดใส่สาหร่ายไถ, ครองแครงสาหร่ายไถ ข้าวตังหน้าสาหร่ายไถ และกะหรี่ปั๊บน้ำใส่สาหร่ายไถ

สาหร่ายไถมีคุณสมบัติที่สำคัญ ด้านสรรพคุณทางยา โดยใช้เป็น ยาอายุวัฒนะ สามารถรักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง ระบายความร้อน ดับกระหาย รักษาพิษของแผลสด อันเนื่องจากบาดแผลจากคมมีด หรือจากแมลงสัตว์กัดต่อย ทำให้ร่างกายกระชุ่มกระชวย ชะลอความแก่ ผดผื่นดำ ทางสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้ทำการศึกษาแล้วพบว่า สารสกัดจากไถมีฤทธิ์ด้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหารได้ และยังมีแนวโน้มยับยั้งอาการเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ขยายหลอดลม ด้านการอักเสบ ระงับปวด นอกจากนี้ยังมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ หรือเซลล์มะเร็ง

ยุวดี พิรพรพิศาลและคนอื่น ๆ (2547) ได้รายงานผลการตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถตามที่แสดงในตารางที่ 1

ตาราง 1 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถ

ชนิดสารอาหาร	(กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)
ความชื้น	6.61
ไขมัน	6.14
โปรตีน (N×6.25)	20.6
กากใยอาหาร	21.2
เถ้า	14.2
คาร์โบไฮเดรต	31.25
ค่าพลังงานความร้อน (กิโลแคลอรี/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	262.7
ชนิดวิตามิน	(ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)
วิตามินเอ	ไม่พบ
วิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	21.6
วิตามินบี 1	87.3
วิตามินบี 2	355.6
กรดโฟลิก	128.2
กรดแพนโทธีนิก	349.3
ไนอะซิน (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	4.59
ชนิดเกลือแร่	(มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)
แคลเซียม	768
โซเดียม	474.3
โพแทสเซียม (กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	2.61
คลอไรด์ (กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	1.04
แมกนีเซียม	194.8
แมงกานีส	21.2
เหล็ก	195.2
ทองแดง (ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	250
สังกะสี	1.13
ซีลีเนียม (ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	9.6

ตาราง 1 (ต่อ)

ปริมาณรงควัตถุในสาหร่ายไก่อ	(mg.g.dw ⁻¹)
คลอโรฟิลล์ เอ	3.75
คลอโรฟิลล์ บี	18.45
แคโรทีนอยด์	1.84
ไฟโคไซยานิน	ไม่มี
อัลโลไฟโคไซยานิน	ไม่มี

ที่มา: ยวดี พีรพรพิศาล. (2546). สาหร่ายวิทยา. 173

1.2 ผลิตภัณฑ์แยม

แยม เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว สีสดใสและโปร่งแสง ทำมาจาก ส่วนผสมที่เป็นผลไม้ 45 ส่วน ผสมกับน้ำตาลทราย 55 ส่วน ต้มเคี่ยวด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูง ถึงจุดเดือด จนกระทั่งมีลักษณะเหนียวกึ่งแข็งกึ่งเหลว ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าแยมนั้นใช้ผลไม้ทั้ง น้ำและเนื้อ (สกุัลยา นาคะพงศ์ : เอกสารประกอบการสอน) ตามข้อกำหนดของสำนักงาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ. 2521 ได้กำหนดมาตรฐาน ของผลิตภัณฑ์แยม โดยให้คำจำกัดความว่า “ แยมเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อผลไม้กับสารให้ความ หวาน อาจผสมน้ำผลไม้หรือผลไม้เข้มข้นแล้วทำให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะสำหรับใช้ทา (spreadability) มี สี กลิ่น รส ตามชนิดของผลไม้ที่ใช้ทำอาจใช้ส่วนผสมอาหารที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ ในการปรุงแต่งสีได้ ”

แยมออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ประเภทที่มีเนื้อผลไม้ทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 45 ของน้ำหนักและประเภทที่มีเนื้อผลไม้ต่ำกว่าร้อยละ 33 ของน้ำหนักผลไม้ที่ใช้อาจเป็นผลไม้ชนิด เดียวหรือผลไม้ผสมหลายชนิด กรณีที่ใช้ผลไม้ชนิดเดียว ถ้าใช้ฝรั่งต้องมีเนื้อชนิดหลักร้อยละ 50 – 75 ของน้ำหนักส่วนที่เป็นผลไม้ทั้งหมด สำหรับมะนาว ขิง จะต้องมีส่วนเนื้อผลไม้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 5 โดยส่วนผสมหลักอาจมากกว่าร้อยละ 75 กรณีที่ใช้ผลไม้ 3 ชนิด จะต้องมีส่วนผสม ที่เป็นผลไม้ชนิดหลัก ร้อยละ 33.3 – 75.0 ของส่วนที่เป็นผลไม้ทั้งหมดและกรณีที่ใช้ผลไม้ 4 ชนิด จะต้องมีส่วนที่เป็นผลไม้ชนิดหลักร้อยละ 25 – 75 ของส่วนที่เป็นผลไม้ทั้งหมด (มอก. 236,2521)

1.2.1 กระบวนการผลิตแยม

ในการผลิตแยม ควรสับ หรือหั่นผลไม้ให้เป็นชิ้นเล็กๆ ต้มเคี่ยวด้วยไฟอ่อน ๆ ในช่วงนี้อาจเติมน้ำได้ประมาณ 1: 1 ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ แต่ถ้าผลไม้มีน้ำมากก็ไม่ต้องเติมน้ำอีก ปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 3.1 – 3.5 เพื่อช่วยให้เซลล์ของผลไม้แตกออกในขณะที่ทำการต้มจึงจะสกัดเพคตินจากผลไม้ออกมาได้ ผลไม้บางชนิดมีเพคตินสูงเพียงพอในการทำแยม แต่ผลไม้บางชนิดมีเพคตินต่ำเวลาทำแยมต้องเติมเพคตินโดยอาจใช้วิธีผสมผลไม้ที่มีเพคตินสูงหรือเติมเพคตินผงที่มีขายตามท้องตลาดก็ได้ ในอัตราประมาณ 1% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ วิธีเติมน้ำได้โดยนำผลเพคตินมาผสมน้ำตาลทรายจำนวนเล็กน้อยผสมเข้าด้วยกันให้ทั่ว แล้วค่อย ๆ โรยลงในหม้อแยมบนเตาไฟ ต้องให้กระจายทั่ว มิฉะนั้น เพคตินจะจับก้อน และละลายยาก คนให้เข้ากันดีแล้วจึงค่อยเติมน้ำตาลตามส่วนค่อยคนให้น้ำตาลละลาย และเร่งไฟให้เดือดเร็วขึ้น ซึ่งเมื่อเติมน้ำตาลแล้วไม่ควรเคี่ยวให้เดือดนานเกิน 20 นาที เพราะจะทำให้สีและกลิ่นเปลี่ยนไปได้

การตรวจสอบว่าแยมที่ได้แล้ว เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก โดยแยมที่มีคุณภาพดีจะต้อง มีความหวานไม่ต่ำกว่า 65° บริกซ์ แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกิน 70° บริกซ์ และวัตถุดิบที่มีจุดเดือดของแยมที่ 105 องศาเซลเซียส (221 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งแสดงว่าแยมนั้นมีปริมาณเพียงพอที่จะป้องกันการเสื่อมเสียได้ และคุณสมบัติอีกประการหนึ่งของแยมคือ ต้องมีการจับตัวเป็นวุ้นนึ่ม ๆ มีเนื้อผลไม้แขวนลอยอยู่ได้สม่ำเสมอซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการจุ่มพายลงในแยมที่เคี่ยวจนมีน้ำตาลสูงพอแล้ว เมื่อยกพายขึ้นเอียงพายให้อยู่ในแนวนอน ต้องให้แยมที่ติดพายขึ้นมาเย็นลงเล็กน้อยแล้วจึงปล่อยให้หยดจากพาย ถ้าหยดในลักษณะรวมกันเป็นแผ่นเหนียวยืดลงจึงจะใช้ได้ แต่ถ้าไหลเป็นสาย ยังใช้ไม่ได้แสดงว่ามีการจับตัวกันเป็นวุ้นน้อยเกินไป เมื่อแยมได้ที่แล้วยกลงจากเตาปล่อยให้อุณหภูมิของแยมลดลง เหลือประมาณ 90 องศาเซลเซียส แล้วค่อยบรรจุลงขวดใสที่ล้างและอบฆ่าเชื้อแล้วบรรจุให้เกือบเต็ม ปิดฝาให้แน่น ตั้งวางไว้จนกระทั่งเย็น โดยไม่ให้กระเทือน จึงจะได้แยมที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ (สุกัลยา นาคะพงศ์: เอกสารประกอบการสอน การถนอมและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร)

หมายเหตุ

ในการทำผลิตภัณฑ์ใด ๆ ก็ตามจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติความปลอดภัยในสิ่งที่เรานำมาใช้เป็นส่วนประกอบของสารอาหารหรือนำมาใช้เพื่อให้ได้ลักษณะ หรือคุณสมบัติตามประสงค์ ให้อาหารนั้นเกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภคสูงสุด และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ด้วย การจะใช้วัตถุเจือปนในอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 48 (2527) และฉบับที่ 179 (2532) ได้ให้คำจำกัดความของวัตถุเจือปนในอาหารเพื่อประโยชน์ทางเทคโนโลยีการผลิตการบรรจุ การเก็บรักษา และการขนส่ง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพ หรือมาตรฐานหรือลักษณะของอาหาร (Codex Alimentarius Commission CAC) ได้ให้ความหมายวัตถุเจือปนในอาหารไว้ว่าสารที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารที่ได้มีการนำมาใช้ในอาหารอย่างเพคติน และกรดซิตริก โดยทั่วไปจะใช้ในปริมาณเล็กน้อยไม่เกิน 2% (ตีพร ตีเวช. 2535) (เฉลิมวรรต บุญเนียง, เฉลียว แยมเจริญ : 2547)

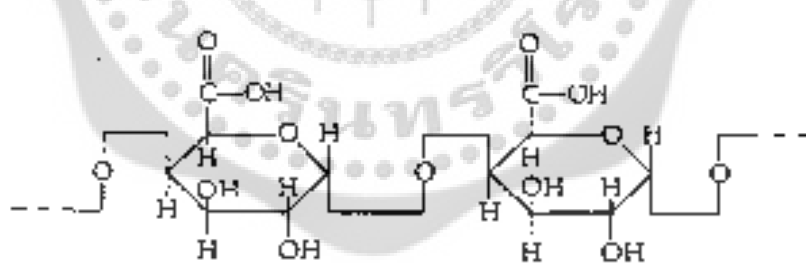
1.3 เพคติน

เพกตินเป็นสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ ทำหน้าที่ยึด (adhesive) หรือ firming agent ในผลไม้และผักหลายชนิด (Gross. 1978) สามารถสกัดได้จากเปลือกผลไม้ตระกูลส้มและพบได้ในเนื้อผลไม้ เช่น แอปเปิ้ลและฝรั่ง (นิธิยา รัตนাপนนท์. 2543) เพกติน ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์แยมและเยลลี่และเป็นสารคงตัว (Stabilizer) ในผลิตภัณฑ์นมที่มีสภาพเป็นกรด โดยป้องกันไม่ให้เคซีนที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในน้ำนมรวมตัวกันตกตะกอน (Pilnik; & Rombouts. 1985)

เพกตินที่พบในผลไม้มีทั้งรูปที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า โปรโตเพกติน (protopectin) และรูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งประกอบด้วยกรดเพกติก (pectinic acid) และกรดเพกติก (pectic acid) (Crandall; & Wicker. 1986) ในผลไม้ที่ยังไม่สุก โมเลกุลของเพกตินจะประกอบด้วยหมู่เมทิลจำนวนมากและไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อผลไม้สุก โปรโตเพกตินจะละลายน้ำได้มากขึ้น และเมื่อผลไม้แก่จัดและเริ่มเสื่อมสลาย เพกตินจะถูกไฮโดรไลซ์จนถึงจุดที่ทำให้ผลไม้สูญเสียความแน่นของเนื้อ และเพกตินจะมีกำลังเกิดเจลลดลง (Gross. 1978)

1.3.1 โครงสร้างของเพกติน

โมเลกุลของเพกตินประกอบด้วยสายพอลิเมอร์หลักของกรดกาแลกทูโรนิก (D-galacturonic acid) จำนวน 200 – 1,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α (1-4) แสดงดังรูปที่ 5



ภาพประกอบ 4 โครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์สายหลักของเพกติน

ที่มา: www.biology.lsa.edu/dnum/bio415/pectin.gif

นอกจากนั้น ในโมเลกุลของเพกตินยังมีสายแขนงเป็นน้ำตาลอะราบินอสและน้ำตาลกาแลกโทส โดยที่บางส่วนของหมู่คาร์บอกซิลในโมเลกุลของ D-galacturonic acid จะถูกเอสเทอร์ไฟต์ด้วยหมู่เมทิลได้เป็นเมทิลเอสเทอร์ (นิธิยา รัตนাপนนท์. 2543) ในเพกตินบางชนิด บางส่วนของหมู่เอสเทอร์จะถูกแทนที่ด้วยหมู่เอไมด์ ซึ่งอาจมากที่สุดถึง 80% (Nussinovitch. 1997)

อัตราส่วนของหมู่ methoxylated galacturonic acid ต่อหมู่ของ D-galacturonic acid ทั้งหมดที่มีอยู่ในโมเลกุลของเพกติน เรียกว่า degree of methylation (DM) (นิริยา รัตนานนท์. 2543) หรือ degree of esterification (DM) (Nussinovitch. 1997)

1.3.2 ชนิดของเพกติน

เพกตินในการค้าแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามค่า degree of methylation คือ เพกตินชนิดเมทอกซีสูง และเพกตินชนิดเมทอกซีต่ำ (Rolin; & De Vries. 1990)

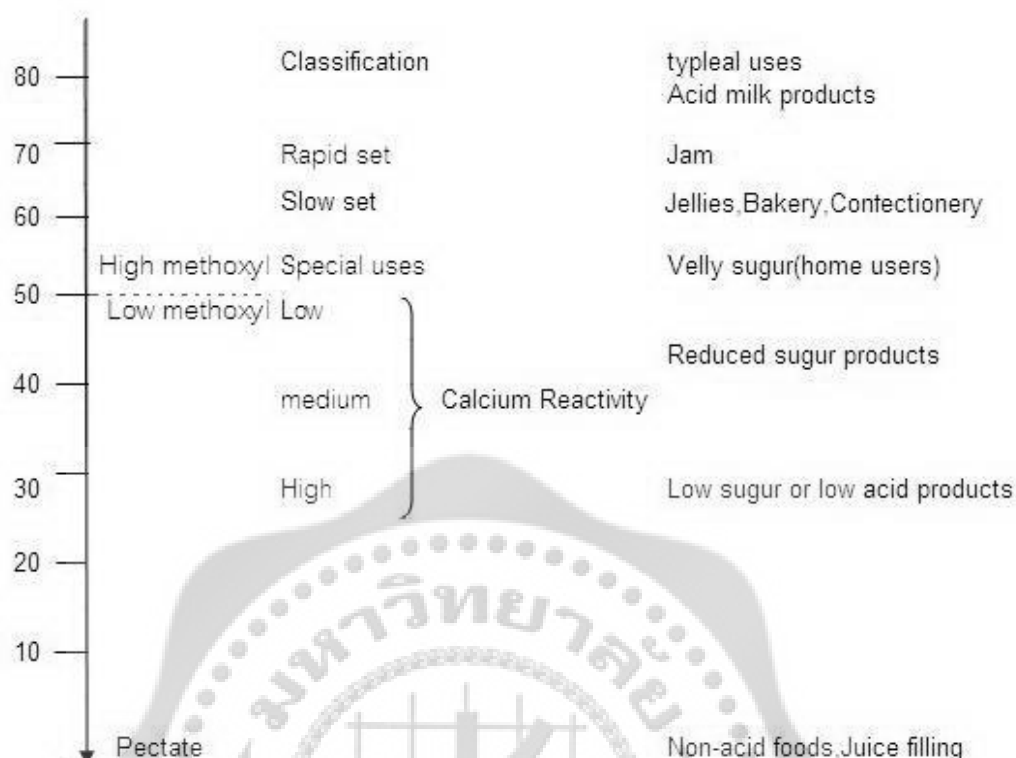
ก. เพกตินชนิดเมทอกซีสูง (High methoxyl pectin) คือเพกตินที่มีค่า DM ตั้งแต่ 50% ขึ้นไป เพกตินที่มีในทางการค้าจะมีค่า DM แปรผันอยู่ในช่วง 55-75% การเกิดเจลโดยเพกตินชนิดนี้จะต้องมีส่วนผสมที่เหมาะสม คือ มีปริมาณน้ำตาล 55-65% ค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 2.9-3.1 (Rolin; & De Vries. 1990) เพกตินชนิดเมทอกซีสูง ยังสามารถแบ่งออกได้ตามอัตราเร็วของการเกิดเจล คือ

- ชนิด rapid set จะมีค่า DM อยู่ระหว่าง 70-75% เพกตินชนิดนี้จะเกิดการเซตตัวเป็นเจลอย่างรวดเร็ว เหมาะในการนำมาใช้ทำแยมผลไม้ เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเซตตัวของเจลน้อย ช่วยป้องกันการจมตัวของผลไม้

- ชนิด slow set จะมีค่า DM อยู่ระหว่าง 55-70% เพกตินชนิดนี้จะเกิดการเซตตัวเป็นเจลช้า การเกิดเจลต้องมีปริมาณน้ำตาลในระบบสูง อุณหภูมิที่ใช้ในการเซตเจลจะต่ำกว่าชนิดแรก เหมาะในการนำมาใช้ทำเยลลี่และผลิตภัณฑ์ลูกกวาดชนิดอื่น ๆ (May. 1997)

ข. เพกตินชนิดเมทอกซีต่ำ (Low methoxyl pectin) คือเพกตินที่มีค่า DM ตั้งแต่ 50% ส่วนใหญ่จะมีค่า DM อยู่ในช่วง 20-40% แต่ในการค้าจะนิยมใช้ค่า DM อยู่ในช่วง 20-40% (Dumitriu. 1998) การเกิดเจลโดยเพกตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้โดยต้องมีแคลเซียมไอออนอยู่ด้วยอย่างเพียงพอต่อการเกิดเจล (May. 1997) อาจใช้น้ำตาลในปริมาณเพียงเล็กน้อยหรือไม่ใช้เลยก็ได้ (Axelos; & Thibault. 1991) เพกตินชนิดเมทอกซีต่ำ ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มตามอัตราในการเกิดปฏิกิริยากับอนุมูลของแคลเซียมไอออน คือกลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมสูงจะมีค่า DM มาก และเกิดเจลได้เร็วที่สุด กลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมปานกลาง จะมีค่า DM ปานกลาง และกลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมต่ำจะมีค่า DM ต่ำโดยการเกิด เจลของเพกตินชนิดเมทอกซีต่ำทั้ง 3 กลุ่ม จะเกิดเจลได้เร็ว ปานกลาง และช้า ตามลำดับ ชนิดของเพกติน และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร แสดงดังรูป 5

Degree of esterification {methylation} {%



ภาพประกอบ 5 การแบ่งชนิดของเพกตินตามค่า DM และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์
ที่มา: May. (2000)

1.3.3 สมบัติของเพกติน

ก. การละลายของเพกติน เพกตินสามารถละลายได้ในน้ำเย็นและให้สารละลายที่มีความหนืด การละลายเพกตินจะต้องคนให้ผงเพกตินกระจายตัวในน้ำอย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเป็นชั้นเจลเคลือบผิวนอกของก้อนเพกติน ซึ่งจะทำให้เพกตินละลายได้ช้าและยากขึ้น (May. 1997) เพกตินไม่ละลายที่สภาวะเดียวกันกับที่เกิดเจล และจะละลายได้ดีขึ้นในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส เมื่อผงเพกตินสัมผัสน้ำ จะจับตัวกันเป็นก้อนได้ง่าย ทำให้ยากต่อการละลาย ดังนั้นจึงต้องมีเทคนิคในการละลายเพกติน (Rolin; & De Vries. 1990) ซึ่งมีอยู่ 3 วิธีดังนี้

- วิธีที่ 1 เป็นการใช้เครื่องมือสำหรับผสมที่มีความเร็วสูง เช่น เครื่องปั่น โดยเทผงเพกตินให้กระจายตัวในน้ำร้อนที่มีเครื่องผสมและกวนด้วยความเร็วต่ำก่อนหลังจากนั้นจึงเพิ่มความเร็วสูงขึ้น เมื่อสารละลายเพกตินเริ่มมีความหนืดเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมกับวิธีนี้จะอยู่ในช่วง 60-80 องศาเซลเซียส

- วิธีที่ 2 เป็นการทำให้เพกตินเปื่อยหรือกระจายตัวในของเหลวที่เพกตินไม่ละลาย เช่น แอลกอฮอล์และไอโซโพรพานอล โดยเติมเพกตินลงไปให้กระจายตัวในสารดังกล่าวแล้วจึงเติมน้ำ และคนอย่างต่อเนื่อง
- วิธีที่ 3 โดยการใช้ผสมผงเพกตินกับน้ำตาลทรายให้เข้ากัน ในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก แล้วจึงเทส่วนผสมของเพกตินลงในน้ำ คนอย่างต่อเนื่องจนเพกตินละลาย (Rolin; & De Vries. 1990)

ข. ความหนืด ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายเพกติน ได้แก่ ความเข้มข้นของเพกติน ปริมาณแคลเซียมหรือโลหะที่ไม่ใช่หมู่ alkali ค่าพีเอช สมบัติทางเคมีของเพกติน ค่า degree of methylation และน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของเพกติน สารละลายเจือจางของเพกติน (ที่ความเข้มข้นไม่เกิน 0.5%) จะมีสมบัติเป็น Newtonian และมีการตอบสนองต่อแคลเซียมไอออนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (May. 1997) สำหรับสารละลายเพกตินที่มีความเข้มข้นเกิน 1% จะมีสมบัติเป็น Pseudoplastic (Kawakatus; et al. 2001) และเมื่อค่า pH ของสารละลายเพกตินเจือจางมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น เกลือที่มีค่าประจุ +1 จะมีผลทำให้ค่าความหนืดของสารละลายเพกตินลดลง เนื่องจากแรงดึงดูดประจุลดลงสารละลายเพกตินเจือจางของเพกตินที่ไม่มีไอออนของแคลเซียมปนอยู่ พบว่าความหนืดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ pH มีค่าลดลงในช่วง pH จาก 5.5 จนถึง 2.2 ส่วน pH ที่อยู่ช่วงนอกดังกล่าวหากมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดจะสูงขึ้นตามไปด้วย

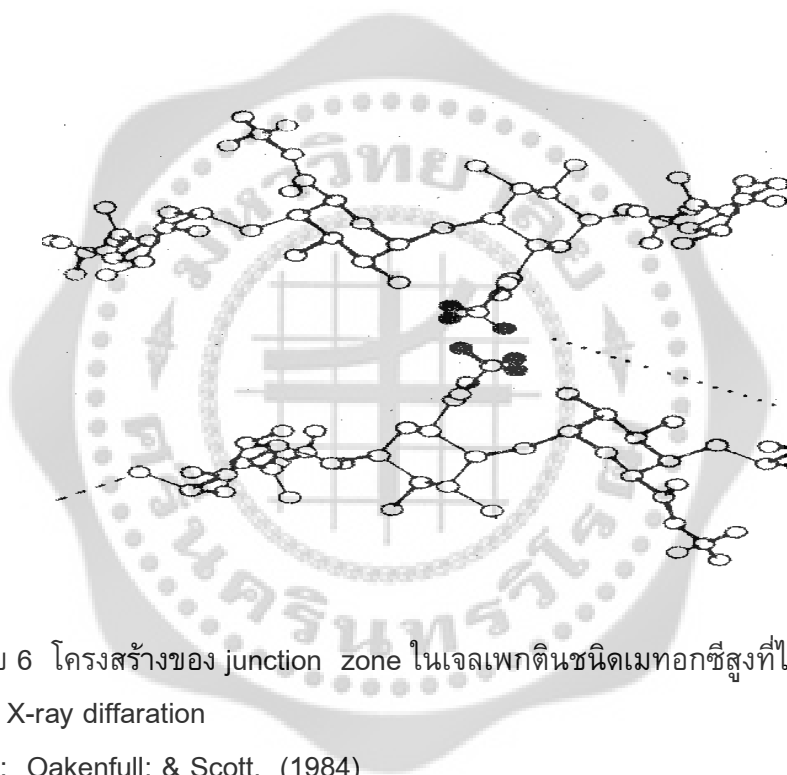
ค. การเกิดเจล เพกตินชนิดเมทอกซีสูงจะเกิดเจลได้ในสภาวะที่มี pH ต่ำ มีค่าน้ำอิสระต่ำ หรือมีความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้สูง และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดเจล โดย pH ที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของเพกตินชนิด Slow set และ rapid set คือในช่วงประมาณ 3.2 และ 3.4 ตามลำดับ (Nussinovitch. 1997) การกวนหรือการกระทบกระเทือนในช่วงที่เพกตินกำลังสร้างเจล จะทำให้ได้เจลที่ไม่แข็งแรง โดยทั่วไปเจลเพกตินที่เกิดขึ้นจะไม่สามารถนำมาหลอมละลายได้อีก

ในสภาวะที่มี pH ต่ำ แรงผลักดันระหว่างประจุบนโมเลกุลของเพกตินจะลดลง ทำให้โมเลกุลของเพกตินเข้ามาใกล้กันได้มากขึ้น และในสภาวะที่มีค่าน้ำอิสระต่ำ หรือมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่ในปริมาณสูง แรง Hydrophobic interaction ระหว่างหมู่เอสเทอร์จะมีความคงตัวมากขึ้น ดังนั้นในสภาวะของค่า pH และค่าน้ำอิสระที่เหมาะสม สายพอลิเมอร์ของเพกตินจะรวมตัวกันเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายสามมิติ (Oakenfull; & Scott. 1984) และคงตัวอยู่ได้ด้วยแรงดึงดูดจากพันธะไฮโดรเจน และพันธะไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic interaction) ที่เกิดระหว่างหมู่เมทิล (Dumitriu. 1998) ซึ่งจากการศึกษาการเกิดเจลในเพกตินชนิดเมทอกซีสูงด้วยวิธี X-ray diffraction และพิจารณาค่าพลังงานอิสระมาตรฐานของการเกิดเจล พบว่าแรงสำคัญระหว่าง

โมเลกุลที่ทำให้เกิด junction zone ประกอบด้วยแรงจากพันธะไฮโดรเจน และแรงจาก hydrophobic interaction (Oakenfull; & Scott. 1984) ดังนี้

โครงสร้างของ Junction zone ในเจลเพกตินชนิดเมทอกซีสูง ที่ได้จากการศึกษาด้วย X-ray diffraction ประกอบด้วยแรงจากพันธะไฮโดรเจน (จุดไขปลา) และแรงจาก hydrophobic interaction (วงกลมทึบ) แสดงดังรูปที่ 7

ง. ความแข็งแรงของเจล ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของเจลเพกตินชนิดเมทอกซีสูง ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของน้ำตาล ชนิดและความเข้มข้นของเพกติน และความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (อุไรรัช. 2538)



ภาพประกอบ 6 โครงสร้างของ junction zone ในเจลเพกตินชนิดเมทอกซีสูงที่ได้จากการศึกษาด้วย X-ray diffraction
ที่มา: Oakenfull; & Scott. (1984)

จ. ชนิดและความเข้มข้นของน้ำตาล น้ำตาลเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดเจล โดยทำหน้าที่เป็น diffaration agent และเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างตาข่าย (Crandall; & Wicker. 1986) น้ำตาลจะดึงชั้นของน้ำที่อยู่รอบ ๆ สายเพกติน ทำให้สายเพกตินเข้ามาใกล้กัน (Oakenfull; & Scott, 1984) เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลในระบบเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้นหากมีน้ำตาลมากเกินไปการเกิดเจลของเพกตินจะลดลงเนื่องจากน้ำส่วนใหญ่จะไปทำลายน้ำตาล ทำให้ไม่เพียงพอต่อการพองตัวและการละลายของเพกติน จึงส่งผลให้เกิดโครงสร้างตาข่ายของเจลลดน้อยลง (Pilgrim; et al. 1991) ชนิดของน้ำตาลก็มีผลต่อความแข็งแรงของเจลเช่นกัน โดยพบว่าการใช้กลูโคสหรือซูโครส จะ

มีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง แต่ค่า pH และอุณหภูมิในการเกิดเจลจะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งผลดังกล่าวจะเกิดขึ้นในกรณีที่ใช้น้ำตาลมอลโทสด้วยเช่นกัน (May. 2000) ส่วนการใช้น้ำตาลฟรักโทสจะมีผลต่อความแข็งแรงของเจลเล็กน้อย แต่จะมีผลทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลต่ำลง (May. 1997) ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของเพกตินชนิดเมทอกซีสูง อยู่ในช่วง 50-80% (Pilgrim; et al. 1991)

จ. ชนิดและความเข้มข้นของเพกติน เพกตินทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดเจล โครงสร้างตาข่ายของเจลเพกตินซึ่งสามารถคงตัวอยู่ได้ด้วยพันธะไฮโดรเจนและพันธะไฮโดรโฟบิก จะอัมสารถลายไวกายในโครงสร้างดังกล่าว (Oakenfull. 1991) หมู่เมทิลที่มีอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลของเพกตินจะมีความสำคัญต่อการเกิดเจล เนื่องจากพันธะไฮโดรโฟบิกที่เกิดขึ้นจะเกิดโดยหมู่เมทิลบนสายโซ่ของเพกติน และหากมีหมู่เมทิลมากขึ้น หรือมีค่า degree of methylation สูงขึ้น จะส่งผลให้สารละลายของเพกตินมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้น และสามารถเกิดเจลได้เร็วขึ้น แต่การที่มีหมู่เมทิลบนสายโซ่ของเพกตินมากขึ้นนั้น ก็ย่อมต้องเพิ่มปริมาณน้ำตาลให้มากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากน้ำตาลจะทำหน้าที่ยึดจับกับน้ำที่อยู่ล้อมรอบหมู่เมทิล และช่วยผลักดันให้เกิดพันธะไฮโดรโฟบิกระหว่างหมู่เมทิลเพิ่มมากขึ้นได้ (Walkinshaw; & Arnott. 1981)

ข. ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน เมื่อปริมาณไฮโดรเจนไอออนในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ไอออนลบบนสายโซ่ของเพกตินจะลดลง ซึ่งมีผลทำให้แรงผลักระหว่างสายลดลง สายเพกตินจะเข้ามาใกล้กันมากขึ้น และเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างเพกติน น้ำ และน้ำตาล (Crandall; & Wicker. 1986) ดังนั้นการลดค่า pH หรือการมีปริมาณไฮโดรเจนไอออนเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดเจลสูงขึ้น และเจลที่ได้จะมีความแข็งแรงมากขึ้น การลดค่า pH เรื่อยๆ จนถึงจุดหนึ่ง จะทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลเพิ่มขึ้นจนเข้าใกล้จุดอุณหภูมิที่เจลเกิดการแยกตัว (deposit) ซึ่งที่ค่า pH ต่ำกว่านี้ จะทำให้เพกตินสร้างเจลบางส่วนก่อนกำหนด (pregel) และ เจลของเพกตินที่ได้จะไม่แข็งแรง และไม่เหนียวเหนียวกัน นอกจากนั้นยังสามารถเกิด syneresis ได้ง่ายด้วย (May. 2000)

1.3.4 การใช้เพกตินในอุตสาหกรรมอาหาร

การนำเพกตินมาใช้ประโยชน์สมัยแรกสุดนั้น จะเป็นการนำเพกตินมาใช้ในการผลิตแยมและเยลลี่ โดยเพกตินจะเป็นส่วนประกอบสำคัญในแยมและเยลลี่ผลไม้ นอกจากนั้นน้ำตาลและกรด (May. 2000) ในระยะแรกการผลิตแยมจะใช้เพกตินที่มีหมู่เอสเทอร์สูง ต่อมาได้เริ่มใช้เพกตินที่มีหมู่เอสเทอร์ต่ำกันมากขึ้น เนื่องจากจะให้เจลที่มีการกระจายตัวดีและมีความยืดหยุ่นมากกว่า

(Rolin; & De Vries. 1990) เพกตินยังถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ให้มีความยืดหยุ่น และยังคงไว้ซึ่งโครงสร้างเนื้อสัมผัสสั้น ๆ (short texture)

การศึกษากัมมีเยลลี่ที่ใช้เจลาตินผสมกับเพกตินชนิดที่เมทอกซีสูง แลกำหนดค่าพีเอชเท่ากับ 3.3 พบว่าการเพิ่มเพกตินทำให้ระยะทางที่เจลถูกกดจนแตกมีค่าลดลง นอกจากนั้นพบว่าแรงที่ใช้กดจนแตกมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณเพกตินในช่วง 0-1% หากยังคงเพิ่มปริมาณเพกตินมากขึ้น แรงกดที่ใช้จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น (DeMars; & Ziegler. 2001)

เพกตินที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทเยลลี่ มักเป็นชนิด slow set ทั้งนี้เพื่อต้องการให้เจลเซตตัวอย่างช้า ๆ ซึ่งจะมีเวลาให้ฟองอากาศที่กระจายตัวอยู่ในเนื้อเยลลี่ได้ลอยตัวขึ้นไปยังผิวได้ ทำให้เนื้อเยลลี่ที่ได้มีความใส นอกจากแยม เยลลี่ และขนมหวานต่าง ๆ แล้ว ยังมีการนำเพกตินมาใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น ใช้ทำไส้ขนม เจลเคลือบผิว หรือใช้แต่งหน้าเค้ก เป็นต้น ในผลิตภัณฑ์นมนิยมใช้เพกตินเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดและความคงตัว เช่น นมเปรี้ยวและโยเกิร์ต (May. 2000)

1.4 น้ำตาล

น้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลักในการผลิตแยม ด้วยน้ำตาลทำให้เกิดโครงสร้างเจลร่วมกับเพกติน นอกจากนี้ยังให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ น้ำตาลที่ใช้ในการผลิตแยมส่วนใหญ่คือ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลจะช่วยทำให้เกิดเจลโดยการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของเพกติน หรือหมู่คาร์บอกซิลที่มีจำนวนมากในน้ำตาลอาจเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลเป็นอิสระสามารถเกิดพันธะไฮดรอกซิล บนโมเลกุลเพกตินหรือบนส่วนอื่นของโมเลกุลเพกตินได้ นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยทำให้เกิดพันธะขึ้นระหว่างกลุ่มเมธิลเอสเทอร์ในโมเลกุลเพกตินอีกด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แยมได้แก่ เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน เนื่องจากถ้าใช้เวลาในการทำแยมนานจะทำให้โอกาสในการที่น้ำตาลจะถูก hydrolyse มากขึ้นทำให้เกิดการแตกตัวเพิ่มขึ้น และในทางกลับกันในช่วงเวลาที่สั้น ก็ทำให้โอกาสที่จะถูก hydrolyse ของน้ำตาลก็จะลดลง นอกจากนี้ความเข้มข้นของกรดก็ส่งผลต่อการเกิด hydrolyse ของน้ำตาลด้วย ทั้งนี้หากมีกรดเป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก น้ำตาลก็จะถูก hydrolyse มากขึ้นและเกิดขึ้นได้เร็วบางครั้งมีการเติมน้ำตาลชนิดอื่นลงไปด้วยเช่นการเติมน้ำเชื่อมกลูโคสในขั้นตอนการผลิต จุดประสงค์เพื่อลดการตกผลึกของซูโครส เพิ่มความวาว ป้องกันการแยกตัวของน้ำออกจากเจล และช่วยลดความหวานของผลิตภัณฑ์ไม่ให้หวานเกินไปอีกด้วย อย่างไรก็ตามการเติมน้ำตาลชนิดอื่นแทนน้ำตาลซูโครสอาจมีผลทำให้ลักษณะเจลและสภาวะการเกิดเจลเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น การใช้น้ำตาลมอลโทส ทำให้ระยะเวลาในการ

แข็งตัวของเจลเร็วขึ้น และเกิดเจลได้ในช่วงค่าความเป็นกรด – ด่างที่กว้าง (Baker and others;1996)

1.5 กรด

กรดที่ใช้ในการผลิตแยมโดยทั่วไปเป็นกรดอินทรีย์ที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติในผลไม้ ผลไม้ที่มีกรดต่ำอาจจะต้องเติมกรดลงไปกรดที่นิยมใช้เติมในผลิตภัณฑ์คือ กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดแลคติก กรณีผลไม้ที่มีปริมาณกรดตามธรรมชาติมากเกินไป ควรลดความเป็นกรดลง โดยการเติมเกลือที่มีสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต โซเดียมซัลเฟต หรือ โซเดียมซิเตรท การใช้บัฟเฟอร์เหล่านี้ต้องไม่ใช้ในปริมาณมากเกินไป เพราะจะมีผลต่อการเกิดเจลของเพกตินและอาจทำลายกรดแอสคอร์บิกที่มีอยู่ (กิตติพงษ์,2536) กรดจะเป็นตัวช่วยในการเกิดเจลของเพกติน โดยในสภาวะที่มี pH สูง จะมีผลทำให้หมู่คาร์บอกซิลบนโมเลกุลของเพกตินแตกตัว ซึ่งจะทำให้โมเลกุลมีประจุและเกิดการผลักกันขึ้น ทำให้เกิดเจลไม่ได้ แต่ถ้ามีกรดจะทำให้ความเป็นกรด – ด่างลดลง ทำให้สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนและเกิดเจลได้ง่ายขึ้น ช่วยลดการแตกตัวของหมู่คาร์บอกซิลได้ (Baker and others;1996)

1.6 อนุมูลอิสระ (free radical)

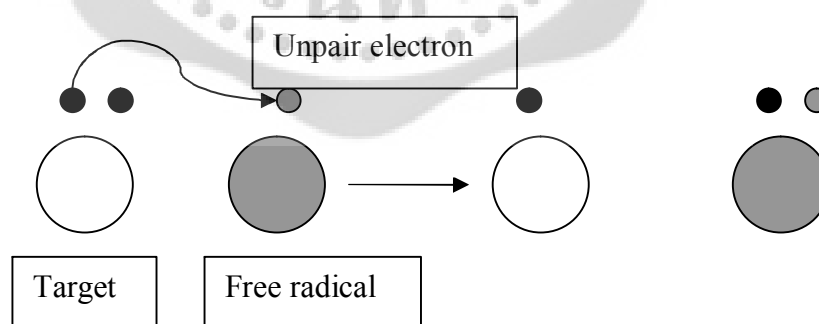
อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่ เมื่อมีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่จึงทำให้โมเลกุลนั้นไม่เสถียร จึงพยายามจับอิเล็กตรอนจากโมเลกุลข้างเคียงให้มีอิเล็กตรอนครบคู่เพื่อความเสถียร เมื่อโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงถูกดึงอิเล็กตรอนออกไปต้องไปจับเอาอิเล็กตรอนจากอะตอมหรือโมเลกุลข้างเคียงตัวอื่นต่อไปเป็น อย่างนี้ต่อเนื่องไปเป็นแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ โดยไม่มีที่สิ้นสุดเพื่อให้ตัวอะตอมหรือโมเลกุลมีความเสถียร และถ้าหากอิเล็กตรอน ที่ไม่มีคู่ 2 ตัว จับคู่กันพอดี จะเปลี่ยนเป็นมีโมเลกุลที่เสถียรเช่น hydrogen radical ($H^\bullet$) hydroxyl radical ($HO^\bullet$) superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$) เป็นต้น (Halliwell. 191 : 569-605)

อนุมูลอิสระที่พบจริงและเกิดขึ้นในร่างกายมนุษย์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า (พนิดา กุลประสูติติก :2548) แต่เกิดได้ทั้งภายในและภายนอกร่างกาย สามารถพบได้มากที่ ระบบเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง ทำให้ เกิดอาการผิวแห้งเสียความยืดหยุ่น เกิดฝ้า ตกรกระ หรืออาจมีอาการข้อเสื่อมได้ถ้าอนุมูลอิสระเข้าไปทำลายที่ไขข้อกระดูก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า อนุมูลอิสระมีผลมากในทางทำให้เกิดสภาวะเสื่อม ทำให้ระดับเซลล์เสียหายได้หลายรูปแบบ เช่น อาจช่วยกระตุ้นให้สารก่อมะเร็งมีฤทธิ์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกิดการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อ ตลอดจนอาจทำลายโครงสร้างทางเคมีของ ดี เอ็น เอ หรือ โครโมโซม อนุมูลอิสระสร้างความเสียหายต่อชีว

โมเลกุลมาก โดยเฉพาะการออกซิไดซ์ไขมันซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียสภาพ เป็นเหตุให้เกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัวและความยืดหยุ่นน้อยลง อีกทั้งยังเข้าสู่โจมตีทำให้เกิดการแตกหัก และโปรตีนรวมตัวเป็นก้อน ทำให้เอนไซม์เสื่อมสภาพ ฮอรโมนทำงานไม่ปกติ นอกจากนี้ถ้าอนุมูลอิสระเข้าจับกับ DNA ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutation) และการแบ่งเซลล์ผิดปกติ (Gladys. 1999 : 47) เป็นสาเหตุของโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โรคความจำเสื่อม โรคมะเร็ง ต้อกระจก และภาวะความเสื่อมชราของเซลล์ (aging) (Culter. 1991 : 375S-379S)

อนุมูลอิสระอาจถูกจำแนก เป็น 4 ชนิด ได้แก่

1. อนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide) เกิดขึ้นเมื่อ ไมโทคอนเดรียในเซลล์นำออกซิเจนออกมาใช้เป็นพลังงาน
2. อนุมูลอิสระไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรคชนิดหนึ่งจัดเป็น อนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางเคมีของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จัดว่ามีความไม่เสถียรเป็นอย่างมาก จึงปล่อยอิเล็กตรอนออกมา ทำให้มีพิษรุนแรง
3. ซิงเกิลต ออกซิเจน (singlet oxygen) เป็นอนุมูลอิสระที่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันรุนแรง หากร่างกายได้รับรังสีเอ็กซ์ รังสีอัลตราไวโอเลต ภายในร่างกายก็จะเกิด ซิงเกิลต ออกซิเจนจำนวนมากเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น มะเร็งผิวหนัง และเป็นอันตรายต่อผิวหนัง
4. อนุมูลอิสระไฮดรอกซิล มีฤทธิ์ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันรุนแรง กล่าวคือ ถ้ามีอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล อยู่ในร่างกายเพียงชนิดเดียวก็ทำให้บุคคลคนนั้น มีโอกาสเสียชีวิตถึง 50 % เป็นอนุมูลอิสระที่ ทำใหร่างกายแก่เร็ว เกิดโรคมะเร็ง และโรคในผู้สูงอายุเป็นต้น



ภาพประกอบ 7 แสดงปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระกับเป้าหมาย
ที่มา: Halliwell. (1991)

ร่างกายสิ่งมีชีวิตได้รับอนุมูลอิสระจากแหล่งสำคัญ 2 แหล่ง ดังนี้

1. แหล่งภายในร่างกาย มาจากปฏิกิริยาเคมีต่างๆหรือ ผลจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกายเองที่เกิดขึ้นตลอดเวลา(Maxwell, 1995) ได้แก่กระบวนการย่อยสลายอาหารโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ การกำจัดเชื้อแบคทีเรียโดยเซลล์เม็ดเลือดขาว และกระบวนการลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) เป็นต้น

2. แหล่งภายนอกในร่างกาย มาจากการรับประทานอาหารที่มีสารพิษตกค้างประเภทยาฆ่าแมลง ยากำจัดวัชพืช อาหารที่ใช้สารกันบูด สารแต่งสี แต่งกลิ่น สารเพิ่มความกรอบ การปรุงอาหารด้วยการทอดในน้ำมันเดือดๆ อาหารที่ปิ้งย่างจนเกรียมจัด อาหารที่รมควัน ตลอดจนการฉายรังสีหรือเคมีบำบัด การหายใจเอาควันพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ หมอกควัน เขม่าจากโรงงาน และควันบุหรี่ เป็นต้น (Borek. 1997 : 52-60)

1.7 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ หรือที่เรียกว่า สารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidants) จัดเป็นสารที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันจากอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถแบ่งกลไกการยับยั้งของสารต้านอนุมูลอิสระได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

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

(Strain; & Benzie. 1999 : 95-105)

ในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระอยู่ปริมาณหนึ่ง ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติในร่างกายมีหลายชนิด ทั้งที่เป็นเอนไซม์ ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเตส (Superoxide dismutase)(SOD) พบในเม็ดเลือดแดง เอนไซม์คะตะเลส (catalase)พบในไซโตซอล ของเซลล์ (Michiels; et al. 1994 : 235-248) และสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ เช่น โคเอนไซม์ คิวเทน (coenzyme Q₁₀)(Beyer. 1992: 390-403) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีปริมาณจำกัด เมื่อร่างกายมีอนุมูลอิสระมากขึ้น จะเกิดการขาดความสมดุลระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระในร่างกาย ดังนั้นถ้ามนุษย์ไม่มีการบริโภคสารที่มีลักษณะช่วยในการต้านอนุมูลอิสระก็จะก่อให้เกิดความเสื่อมถอยของเซลล์ในร่างกายและในที่สุดทั้งสุขภาพของร่างกายก็เสื่อมไปด้วย ดังนั้นมนุษย์เราจึงควรหาแหล่งอาหารหรือ สิ่งที่จะช่วยเพิ่มเสริมให้มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เช่น

1. วิตามิน ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน(Sies; & Stahl. 1995 : 1315S-1321S)

2. กลีโธเร่ได้แก่ ทองแดงและสังกะสี เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเตส และซีลีเนียมเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathioneperoxidase) (Michiels; et al. 1994 : 235-248)

3. สารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ได้แก่ โคเอนไซม์เอนไซม์ คิวเทน (Beyer. 1992 : 390-403) สารสกัดจากเมล็ดองุ่น สารสกัดจากเปลือกสน (Jayaprakash; Singh; & Sakariah. 2001 : 285-290) กรดแอลฟา-ไลโปอิก (Scott; et al. 1994 : 119-133) และสารประกอบฟีนอลิก (Veliloglu; et al. 1998 : 4113-4117) ซึ่งเป็นสารประกอบที่หาได้จากการเมทาบอลิซึม ในพืชทั่วไป ประกอบด้วยสารประกอบสำคัญได้แก่ โปรแอนโทไซยานิดินส์ (proanthocyanidins) อนุพันธ์ของ กรดแกลลิก(gallic acids) และอนุพันธ์ของกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิกส์ (hexahydroxydiphenic acid) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) โดยสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญคือ ฟลาโวนอยด์ประกอบด้วย catechin, proanthocyanins, anthocyanidins, flavone, flavonols และ glycosides ของสารเหล่านี้ (Baskin; & Salem. 1997: 56)

ในพืชที่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมักจะมีสารประกอบหลักคือสารฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และแอนโทไซยานินซึ่งพบทั่วไปในใบ ลำต้นและเปลือกของพืช กลไกในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะอยู่ในรูปของการกำจัดอนุมูลอิสระ การให้ไฮโดรเจนอะตอม และการกำจัดออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน รวมทั้งการรวมตัวกับ โลหะ สารต้านอนุมูลอิสระมีคุณสมบัติประโยชน์อย่างมากต่อระบบที่สำคัญต่าง ๆ ในร่างกาย ได้แก่ ระบบหลอดเลือดและหัวใจ ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบกลุ่มเซลล์ประสาทที่ทำงานเฉพาะในสมอง การต่อต้านการเกิดโรคมะเร็งต่าง ๆ และการชะลอความชรา รวมทั้งกระบวนการต่าง ๆ ที่โดดเด่นในการปกป้องชีวิต ระบบต่างๆ เหล่านี้เกี่ยวข้องกับสุขภาพร่างกายของเราตัวอย่าง

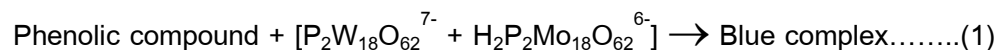
เช่นโรคหัวใจที่เกิดจากการอุดตันของเส้นเลือดที่อาจเกิดขึ้นอย่างฉับพลันซึ่งบางทีอาจจะเกิดจากการสะสมสารต่างๆ ที่บริเวณหลอดเลือดทำให้ผนังหลอดเลือดถูกทำลายในกรณีโรคอื่น ๆ เช่นโรคอัลไซเมอร์(Alzheimer disease)ความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่สามารถตรวจสอบได้อย่างแน่ชัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเมื่อใดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเซลล์ประสาทในผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์

ในการวิจัยนี้ศึกษากระบวนการผลิตแอมสตรต่างๆจากสาหร่ายไก่อ ศึกษาสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและศึกษาลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะสี กลิ่น รส จากแอมสาหร่ายไก่อ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวมโดยทั่วไปพบว่าสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญคือ ฟลาโวนอยด์ประกอบด้วย แคทีชิน(catechin)โปรแอนโทไซยานิน (proanthocyanins) แอนโทไซยานิดินส์ (anthocyanidins) ฟลาโวน (flavone) และ ไกลโคไซด์ (glycosides) (Baskin; & Salem. 1997:56)

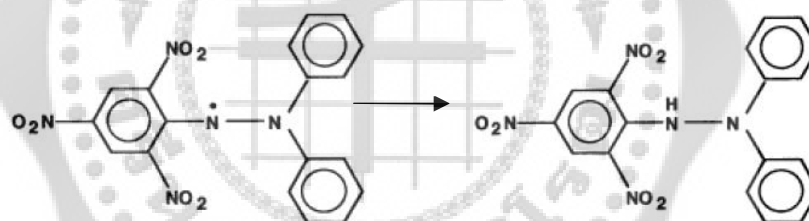
การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทำให้ใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับรีเอเจนต์ Folin-Ciocalteu และ Na_2CO_3 (Singleton; Orthofer: & Lamuela-Raventos. 1999 : 152-178) โดยสารประกอบฟีนอลิกจะทำปฏิกิริยาดังสมการ(1)



Yellow

ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกนี้จะวัดค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นสารเชิงซ้อนมีสีฟ้า วัดที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกซึ่งเป็นสารมาตรฐานของสารประกอบฟีนอลิก

การตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระที่ใช้ในการศึกษานี้คือ DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical เป็นอนุมูลอิสระที่เสถียร(stable free radical) และสามารถรับอิเล็กตรอนได้อีก เพื่อเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ และเมื่อได้รับอะตอมไฮโดรเจนจากโมเลกุลอื่นจะทำให้สารดังกล่าวหมดความเป็นอนุมูลอิสระ มีโครงสร้างเปลี่ยนไปดังแสดงในภาพประกอบที่ 9



1:

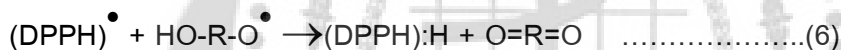
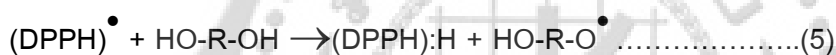
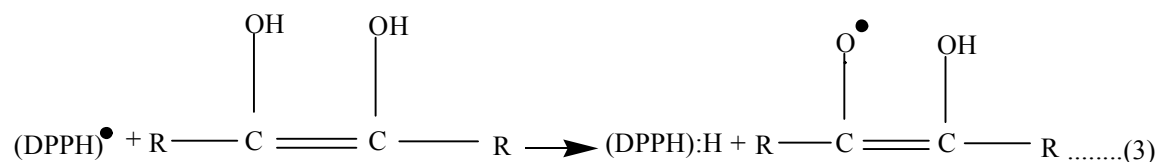
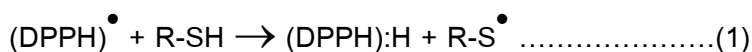
Diphenylpicrylhy drazyl (free radical) 2: Diphenylpicrylhy drazine (nonradical)

ภาพประกอบ 8 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ

ที่มา: Singleton; Orthofer: & Lamuela-Raventos. (1999)

ดังนั้นความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระที่ศึกษานี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในการรวมตัวกับ DPPH ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่เสถียรที่อยู่ในสารละลาย ซึ่งจะเกิดกลไกการยับยั้งแบบ scavenging activity การทดลองนี้จะศึกษาโดยเทคนิควิเบิลสเปกโทรโฟโตเมตรี โดยในการทดสอบนี้จะให้ สารละลายDPPH ซึ่งมีสีม่วงเข้ม ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระในระยะเวลาที่กำหนด พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีม่วงมีสีเข้มลดลง เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่วัดที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร พบว่าค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ลดลงนี้จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสาร DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ ดังนั้นการลดลงของ

ความเข้มข้นของ DPPH (สีอ่อนลง) บ่งบอกถึงความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ ดังสมการ(1)-(5) (Blois. 1958 : 1199-1200)



ภาพประกอบ 9 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ
ที่มา: Blois. (1958)

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายงานด้านการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำแยมในผักและผลไม้ มีหลายรายงานมากมาย แต่จะขอนำมากล่าวพอสังเขปดังนี้

กุลวดี ตรองพาณิชย์ และคณะ. (2533). แยมจากผลมะม่วงหิวนพอนต์ ได้ทดลองเก็บผลสดมะม่วงหิวนพอนต์เพื่อใช้ในการทำแยมด้วยวิธีต่างๆ พบว่า การใช้สารละลายโซเดียมเมตริกโซลไฟต์ ความเข้มข้นตั้งแต่ 1,000 ส่วน ต่อล้านส่วนขึ้นไป จะให้กลิ่นซัลเฟอร์ตกค้างในแยม การใช้สารละลายเกลือแกงความเข้มข้นร้อยละ 2 5 และ 10 จะทำให้กลิ่นของมะม่วงหิวนพอนต์หายไป แต่แยมจะมีรสเค็มจัดเมื่อใช้เกลือตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป จากการทดสอบความชอบของแยมที่ได้โดยผู้ชำนาญ พบว่าการใช้เนื้อมะม่วงหิวนพอนต์ 17.5 % ในแยม จะได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ชิมคนไทยมากที่สุด ในขณะที่ผู้ชิมชาวตะวันตกชอบแยมที่มีเนื้อผลมะม่วงหิวนพอนต์ 22.5 % แยมที่มีเนื้อมะม่วงหิวนพอนต์ 17.5 % ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) 2.9 ปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.756 และสารที่ละลายน้ำได้ 76.8⁰ บริกซ์ การยอมรับจากผู้ชิมคนไทยทั้ง

ชายและหญิงและไม่ระบุเพศ จำนวน 113 คน ในเรื่อง สี รส เนื้อสัมผัส และโดยมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่า 7 คะแนน (คะแนนสูงสุด 9 คะแนน) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับคะแนนเฉลี่ยในเรื่องกลิ่นซึ่งได้คะแนนนิยมต่ำสุด

กัลยาณี ขาวนา. (2546). ศึกษาการนำกลูโคแมนแนนมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์แยมแคโรทโดยศึกษาสูตรเบื้องต้นของแยมแคโรทจากเพกติน ศึกษาการนำกลูโคแมนแนนมาใช้แทนที่เพกติน โดยศึกษาปริมาณกลูโคแมนแนน 5 ระดับ ได้แก่ 2, 3, 4, 5 และ 6 กรัม พบว่าการใช้ผลกลูโคแมนแนนในปริมาณ 3 กรัม โดยเตรียมเป็นเจลก่อนในอัตราส่วน กลูโคแมนแนน : น้ำอุ่น เท่ากับ 1 : 30 โดยน้ำหนัก ให้ลักษณะแยมดีที่สุด นำสูตรแยมแคโรทที่ได้ไปปรับปรุงรสชาติโดยวิธีให้คะแนนความเข้ม พบว่า แยมแคโรทจากกลูโคแมนแนนที่ได้คะแนนใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานมากที่สุด ประกอบด้วย แคโรทสด 90 กรัม น้ำตาลทราย 110 กรัม กรดซิตริก 2 กรัม เจลจากกลูโคแมนแนน 93 กรัม และน้ำ 60 กรัม สำหรับคุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ในสูตรที่ทำการพัฒนานี้ พบว่า มีปริมาณสารที่ละลายได้ 48 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรด – ด่าง อยู่ในช่วง 3.2 ปริมาณความชื้น 57.52 % ปริมาณของแข็งทั้งหมด 42.48 % ปริมาณเถ้า 0.27 % และปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก 0.75 % ส่วนคุณภาพทางกายภาพพบว่า มีค่าสี $L^* a^* b^*$ เป็น 27.01, 12.79 และ 31.87 ตามลำดับ ค่าความคงตัวของเจล 28.8 มิลลิเมตร / 30 วินาที คุณค่าทางโภชนาการในส่วนที่กินได้ 100 กรัม ให้พลังงาน 208.86 กิโลแคลอรี ปริมาณใยอาหารทั้งหมด 2.2 กรัม วิตามินซี 5.6 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 264 ไมโครกรัม โดยมีปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่า 25 โคโลนี / กรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 133 คน โดยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับอยู่ในระดับปานกลาง และจากการศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่า แยมแคโรทจากกลูโคแมนแนนที่เก็บรักษาในขวดแก้วที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บได้นาน 9 วัน ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (7 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บได้เป็นเวลา 21 วัน ซึ่งผู้บริโภคยังให้การยอมรับ

พิชญา วิลาด. (2550). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปแยมลำไยซึ่งทำจากลำไยสดแช่แข็งโดยใช้เทคนิคความดันสูง โดยใช้ความดันสูงที่ใช้ ระดับ 500 และ 600 เมกกะปาสคาล ร่วมกับอุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการคงความดัน 20 นาที ในการทำแยมลำไยใช้เพกตินในปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิและความดันไม่มีผลต่อค่าสีของแยมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของแยมด้วยเครื่อง texture analyzer พบว่าอุณหภูมิและความดันมีผลต่อค่าการกระจายตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กล่าวคือแยมที่ถนอมด้วยความดันที่ระดับ 600 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ค่าการกระจายตัวของแยมที่ต่ำกว่าแยมที่ถนอมที่ระดับความดัน 500 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาจากประสาทสัมผัสพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับแยมที่ถนอมด้วยความดันสูงที่ระดับ 600 เมกกะปาสคาล

อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มากที่สุด เมื่อทำการแปรผันปริมาณเพกติน ร่วมกับแซนแทนกัม และเพกตินร่วมกัน CMC โดยทดลองที่สภาวะความดัน 600 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าการผสมแซนแทนกัมและ CMC ร่วมกับเพกตินในเยลไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี ($P>0.05$) แต่มีผลต่อค่าการกระจายตัวของเยลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq 0.05$) ในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับเยลสำหรับการแปรผันปริมาณเพกตินร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ร่วมกับ CMC ในปริมาณร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักมากที่สุด การเก็บรักษาเยลที่ถนอมโดยความดัน 600 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ ไม่ปรากฏการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์รวมทั้งไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา

หทัยวรรณ ศิริสุขชัยถาวร และคณะ. (2552). ศึกษากรรมวิธีการผลิตและพัฒนาสูตรเยลผลไม้ มะม่วง (*Mangifera indica* L.) ฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) และกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabodarriffa* L.) โดยเปรียบเทียบปริมาณของน้ำตาลและเพกตินโดยน้ำหนัก (หน่วยเป็นกรัม) และพัฒนาสูตรในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้ (edible film) โดยเปรียบเทียบปริมาณเพกตินต่อน้ำผึ้งจำนวน 3 สูตร ปริมาณโดยน้ำหนัก (หน่วยเป็นกรัม) ผลการศึกษาพบว่าเยลแผ่นสามารถผลิตได้จากมะม่วงและฝรั่ง โดยใช้เนื้อผลไม้ 150 กรัม ต่อ อัตราส่วนน้ำตาล : เพกติน เท่ากับ 100 : 4 โดยน้ำหนัก (หน่วยเป็นกรัม) และเคลือบด้วยฟิล์มที่รับประทานได้ผลิตจากสารละลายที่มีน้ำเท่ากับ 300 มิลลิลิตรผสมกับเพกตินกับน้ำผึ้งในปริมาณ 8 : 2 โดยน้ำหนัก (หน่วยเป็นกรัม) ให้ลักษณะการเซตตัวของเยลและการร้อนเป็นแผ่นที่ดี แผ่นเยลมีความเรียบสม่ำเสมอและปราศจากผลึกน้ำตาลบนผิวหน้า ผลการวิเคราะห์พบว่าเยลมะม่วงและเยลฝรั่งมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 63 และ 59 องศาบริกซ์ pH ของเยลมะม่วงและเยลฝรั่ง เท่ากัน คือ 3.35 และวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ของเยลแผ่นของมะม่วงและฝรั่ง เท่ากับ 0.75 และ 0.71 ตามลำดับ

ธงชัย โสตามรรคและอัมพร จันทร์ดวง. การศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับเยลข้าวโพดหวาน โดยใช้ปริมาณน้ำนมข้าวโพดในระดับต่างกัน เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพของเยลข้าวโพดหวาน โดยใช้ปริมาณน้ำนมข้าวโพดในการศึกษาทดลองนี้ เพื่อทดสอบปริมาณน้ำนมข้าวโพดที่เหมาะสมในการทำเยลข้าวโพดหวาน ให้เป็นที่ยอมรับทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของผู้บริโภค โดยการใช้วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) มี 4 ตัวอย่างในการทดลอง(Treatment) โดยใช้ปริมาณน้ำนมข้าวโพดในการทดลอง คือ ปริมาณน้ำนมข้าวโพด 200 ซีซี ปริมาณน้ำนมข้าวโพด 300 ซีซี ปริมาณน้ำนมข้าวโพด 400 ซีซี และปริมาณน้ำนมข้าวโพด 500 ซีซี จำนวน 4 ซ้ำ (Replication) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำนมข้าวโพดทั้ง 4 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสโดยมีระดับคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ปริมาณน้ำนมข้าวโพด 400 ซีซี คะแนนเฉลี่ย 257.25 รองลงมาคือ ปริมาณน้ำนมข้าวโพด 500 ซีซี คะแนนเฉลี่ย 241.50 ปริมาณน้ำนมข้าวโพด 300 ซีซี คะแนนเฉลี่ย 235.75 และปริมาณน้ำนมข้าวโพด 200 ซีซี คะแนนเฉลี่ย 234.25

ปิยะรัตน์ รูปพงษ์ และ สุชาพร นราธิปภัทร. การทดลองนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาปริมาณ เพคตินจากเนื้อฝรั่ง ซึ่งเนื้อในฝรั่งในที่นี้ หมายถึง บริเวณเนื้อที่ติดกับเมล็ด มีลักษณะขาว ชุ่ม และ ส่วนนี้ผู้บริโภคไม่นิยมรับประทาน คือ เป็นส่วนเหลือทิ้ง ของเสียเหล่านี้เป็นต้นทุนส่วนหนึ่งของ โรงงาน และเป็นภาระให้กับโรงงานในการกำจัด จึงศึกษาหาปริมาณเพคตินจากเนื้อฝรั่ง เพื่อที่จะ นำส่วนเหลือทิ้งจากโรงงานมาแปรรูปให้กิดมูลค่า เนื่องจากเนื้อในฝรั่งมีปริมาณเพคตินที่เป็นสารที่ ทำให้เกิดเจล สามารถนำมาแปรรูปให้เป็นแยมได้ ทำการวิเคราะห์หาปริมาณเพคตินที่มีอยู่ในเนื้อ ฝรั่ง หลังจากนั้นทำการหาสัดส่วนตัวอย่างแยมที่เหมาะสมต่อการผลิตแยม โดยให้มีปริมาณ เบอร์เชนด์เพคตินที่ระดับต่างๆ กัน ทดสอบระดับความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ความชอบ โดยรวม การทาแผ่นขนมปัง และการทาแผ่นขนมปังเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง ผลการ ทดลองพบว่า ปริมาณเนื้อในฝรั่งที่เหมาะสมในการผลิตแยม คือ 30% เพราะให้ลักษณะการเซท ตัวเป็นแยมที่ดี พร้อมกับให้ลักษณะทางสี และ กลิ่นที่ดีด้วย ส่วนปริมาณเพคตินที่ 0% (ไม่ใช่เพ คติน) มีลักษณะความชอบทางด้านรสชาติ ความชอบโดยรวม ความชอบทางด้านการทาแผ่น และ การทาแผ่นขนมปังเทียบกับตัวอย่างอ้างอิงที่ดีกว่าตัวอย่างแยมที่มีการเติมเพคตินที่ระดับ ต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หากมีการนำเนื้อในฝรั่งมาผลิตแยมควร ใช้ปริมาณเนื้อในฝรั่งที่ 30% และไม่จำเป็นต้องเติมเพคตินเพิ่ม แต่ควรจะมีการเติมสีและกลิ่น สังเคราะห์ลงไปเพื่อเพิ่มคะแนนความชอบจากผู้บริโภคให้มากขึ้น

รายงานด้านการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารต้านอนุมูลอิสระในพืชต่าง ๆ มีหลายรายงาน มากมาย แต่จะขอนำมากล่าวพอสังเขปดังนี้

ปิยะนันท์. (2547). ศึกษาวิจัยหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดผักปลัง โดยใช้ น้ำ และเมทานอล เป็นตัวทำละลาย ผลจากการทดลองหาปริมาณสารสกัดแห้งปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิก และศึกษาการยับยั้ง อนุมูลอิสระ DPPH พบว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังที่สกัด ด้วยเมทานอลได้ปริมาณสารสกัดแห้ง และปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าการสกัดด้วย น้ำ รวมทั้งการมีสมบัติการยับยั้ง DPPH ได้สูงกว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังที่สกัดด้วย น้ำ

ไชยวัฒน์ และคณะ. (2547). ศึกษาวิจัยประเมินฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ของน้ำหมัก ชีวภาพ จำนวน 28 ตัวอย่างจาก 24 แหล่งผลิตในเขต 8 จังหวัดพบว่าน้ำหมักชีวภาพมีฤทธิ์ ต้านออกซิเดชันแตกต่างกัน โดยวัดเป็นค่าปริมาณวิตามิน ซี วิตามิน อี ใน น้ำหมักชีวภาพ ผลจากการศึกษาวิจัยสามารถแบ่งผลิตภัณฑ์ตามฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็น กลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันน้อย ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพที่มีส่วนผสมของลูกยอ เป็นหลัก กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันปานกลาง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์น้ำ หมักชีวภาพสูตรผสม มีส่วนผสมของพืชหลายชนิดด้วยกันเช่น กระชายดำ ลูกยอ มะขามป้อม ผลไม้ต่างๆ กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง เป็นผลิตภัณฑ์ที่น้ำหมักชีวภาพที่มี

ส่วนผสมของ มะขามป้อม สมอไทย สมอพิเภก และสมอเทศ เป็นส่วนผสมหลัก น้ำหมักชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของวัตถุดิบที่ใช้กระบวนการผลิต และสภาพการรักษาที่แตกต่างกันจึงทำให้น้ำหมักชีวภาพ มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันต่างกัน

ไซลินสกี และ โคสโลสกา. (Zielinsky; & Koslowska. 2000 : 2008-2016). ศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในธัญพืช โดยทำการสกัดธัญพืช ได้แก่ wheat, barley, rye, oat และ buckwheat ด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ อะซิโตน 80% เอทานอล 80% เมทานอล 80% และน้ำ 100% พบว่าสารสกัดด้วยน้ำที่ได้จาก buckwheat มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นที่ทำการวิเคราะห์ แต่สารสกัดด้วยน้ำที่ได้จาก wheat, barley, rye และ oat มีมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ความสามารถที่ทำการวิเคราะห์ ส่วนสารสกัดด้วย 80% เมทานอลที่ได้จากธัญพืชต่างๆ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ตามลำดับคือ buckwheat > barley > oat > wheat $\cong$ rye นอกจากนี้ยังพบค่าสหสัมพันธ์สัมพัทธ์ (correlation coefficient) ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของเมล็ดธัญพืช ได้แก่ ข้าวทั้งเมล็ด รำ เปลือกข้าว และเอนโดสเปิร์มกับเอมบริโอเป็น 0.96 0.99 0.80 และ 0.99 ตามลำดับ

รัชชัย และคณะ. (2547). การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคและผลที่ได้จากการดื่มเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพ ผลจากการวิจัย ความพอใจและประโยชน์จากการดื่มเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพ ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 71.1) มีความพึงพอใจ ต่อสรรพคุณของเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพในระดับมากถึงมากที่สุด และร้อยละ (61.7) มีความพอใจต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ ในระดับถึงมากที่สุด ส่วนในเรื่องกลิ่นและสีน้ำบริโภค ราคา และรูปลักษณะของภาชนะบรรจุ มีความพึงพอใจระดับปานกลางถึงมาก ร้อยละ 64.7 ร้อยละ 59.1 และร้อยละ 62.2 ส่วนความรู้สึกเมื่อบริโภคเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพ ส่วนใหญ่มีความรู้สึกน้อยที่สุดในเชิงลบต่ออาการข้างเคียงต่างๆ ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ผู้บริโภค ร้อยละ 88.1 ยังมีความเห็นว่าการดื่มเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพมีผลต่อการช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย และช่วยลดความถี่ในการไปพบแพทย์ (ร้อยละ 33.2) ประหยัดรายจ่ายในการซื้อยาและผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพอื่นๆ (ร้อยละ 28.5)

ชิแดมบารา และคณะ. (Chidambara .et al : 2002). ซึ่งทำการสกัดกากองุ่นด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ เอทิลแอลกอฮอล์ เมทานอล และน้ำ พบว่า เมทานอลเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด

แวนเดอร์สลุย และคณะ. (Van Dersluijs; et al . 2002). ได้ศึกษาปริมาณสารฟอรัฟีนอริกในน้ำแอปเปิ้ล ที่เกิดจากการคั้นน้ำ Applel ด้วยปริมาณต่างๆ พบว่า วิธีการคั้นน้ำแอปเปิ้ลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอรัฟีนอริก โดยน้ำคั้นเดิมจะมี Antioidy ประมาณ 10 % แต่ถ้าผ่านความกั้นกรองกากบางส่วน จะทำให้ Antioidy เพิ่ม 3 % ถ้าผลแอปเปิ้ลเป็นสด สารประกอบ

ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระมา จะอยู่ในกากใยแอปเปิ้ล แต่ถ้าคั้นเป็นน้ำแล้ว จะมีความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นปริมาณ 45 %

แดโอ คิม และคณะ. (2003). ได้ทำการศึกษา ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากลูกพลัม ที่เพาะปลูกในที่ต่าง ๆ กัน 6 แห่ง โดยวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม พบว่ามีปริมาณฟีนอลิกรวม ตั้งแต่ 174-375 มิลลิกรัม / 100 กรัม กรดแกลลิก ปริมาณประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ หาในเทอมวิตามิน ซี พบว่ามีมาก 266-559 มิลลิกรัม / 100 กรัม โดยรวมพบว่า ในลูกพลัมมี ปริมาณการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระรวม แตกต่างกันตามแหล่งที่ปลูก

สำรวย นางทะราช. (2547). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวานโดย *Saccharomyces cerevisiae* ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงแบบกะ และแบบกึ่งต่อเนื่อง จาก การเลี้ยงยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5048 โดยใช้ข้าวฟ่างหวานความเข้มข้น 16 องศาบริกซ์ เป็นแหล่งคาร์บอนภายใต้สภาวะนิ่งและจำนวนเซลล์ยีสต์เริ่มต้น 1×10^8 เซลล์ต่อ มิลลิลิตร โดยเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำข้าวฟ่างหวาน(พันธ์คัลเลอร์) พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุคโทส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยประมาณคือ 88.93, 68.13 , 56.23 และ 160 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และค่า pH ประมาณ 4.96 ค่าความหวานเฉลี่ย 16.01 องศาบริกซ์ พบว่ายีสต์สามารถเจริญได้ดีในอาหารสูตรผลิตเอทานอลโดยมีอัตราการเจริญจำเพาะในสภาวะนิ่งเป็น 74 % ของอาหารเหลวสูตร YM โดยให้ความเข้มข้นเอทานอลและอัตราการผลิตสูงสุด 68.11 กรัมต่อลิตร และ 3.07 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลระหว่างการหมักแบบกะและแบบกึ่งต่อเนื่องในระดับขวดเขย่าโดยแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้นสามระดับ คือ 18 ,21 และ 24 องศาบริกซ์ และใช้ปริมาณเซลล์เริ่มต้นเท่ากันคือ 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 24 องศาบริกซ์ให้ความเข้มข้นเอทานอล อัตราผลผลิต และผลได้สูงสุด คือ 96.53 กรัมต่อลิตร 2.53 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และ 0.44 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ใช้ และในการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องพบว่าการใช้ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 18 องศาบริกซ์ สัดส่วนการเติมน้ำหมัก $\frac{1}{4}$ ของปริมาตรน้ำหมัก จะให้ความเข้มข้นเอทานอล 72 กรัมต่อลิตร อัตราผลผลิตและผลได้สูงสุดคือ 2.21กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และ 0.53 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ใช้ เมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมทั้งสองสภาวะมาทำการทดลองในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 5 ลิตร ปริมาตรน้ำหมัก 3.5 ลิตร พบว่าการหมักแบบกะให้ความเข้มข้นเอทานอล อัตราผลผลิต และผลได้ เท่ากับ 110.22 กรัมต่อลิตร 1.81 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และ 0.44 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ใช้ ตามลำดับ โดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 60 ชั่วโมงจึงสามารถเก็บผลผลิตได้ การหมักแบบกึ่งต่อเนื่องให้ความเข้มข้นเอทานอล อัตราผลผลิต และผลได้ เท่ากับ 84.93 กรัมต่อลิตร 2.66 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และ 0.46 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ใช้ ตามลำดับ และเวลาที่ใช้ในการเก็บผลผลิตครั้งแรกคือ 26 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลโดยวิธีการหมักทั้งสองแบบพบว่าการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องให้อัตราผลผลิตและผลได้สูงกว่าการหมักแบบกะ และใช้ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตสั้นกว่า

มาเรีย และคณะ. (Maria; et al. 2004). ได้ทำการศึกษาปริมาณ Phenolic ประเภท Flavanoid ในผลไม้ที่มีสีแดง 9 ชนิด โดยใช้เทคนิค HPLC diode array detec –MS – MS. Stibenoid, flavon – 3-ch chokebeny, elderbeny พบว่า elderbeny มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด

ยุนเฟ่งลี่ และคณะ. (Yunfengli; et al. 2006). ได้ทำการศึกษาน้ำทับทิม มีความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันโรค atherosclerosis โดยศึกษาในส่วนที่เป็น เปลือก ใบ เมล็ด หา Pomegnete 28 ชนิด โดยการให้ FRAP (fening reducing antioxidant power) วัดปริมาณ ฟีนอลิกรวม สารฟลาโวนอยด์ (flavanors) กรด aocorbic พบว่า มีสารฟีนอลิกรวม สารฟลาโวนอยด์ มีมากในเปลือกมากกว่าในเมล็ด



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
2. การทดลองเตรียมผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อ และศึกษาคุณภาพของแยมจากสาหร่ายไก่อ โดยมีขั้นตอนย่อย ดังนี้
 - 2.1 ศึกษาวิธีผลิตแยม
 - 2.2 ศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมี การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารต้านอนุมูลอิสระก่อนและหลังการเป็นแยมในแยม
3. การประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และรส

1. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1.1 ตัวอย่างพืชที่นำมาวิจัย

- สาหร่ายไก่อแห้ง จากอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

1.2 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- Sodium carbonate (Na_2CO_3) เกรดแอนาลาร์ ของบริษัทMerck
- Gallic acid เกรดแอนาลาร์ ของบริษัทMerck
- Folin-Ciocalteu reagent เกรดแอนาลาร์ ของบริษัทFluka
- diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เกรดแอนาลาร์ ของบริษัทMerck
- ditertiary-butyl-4-methyl phenol (BHT) เกรดแอนาลาร์ ของบริษัท

Merck

- Absolute ethanol เกรดแอนาลาร์ ของบริษัทMerck
- สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น
- น้ำกลั่น

2. วัสดุที่ใช้ในการผลิตแยม

- สาหร่ายไก่อแห้ง จากอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน
- PECTIN CITRUS
- น้ำมะนาว
- น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล

- เกลือ

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแยม

- เครื่องครัว
- เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisa รุ่น 205 A
- กระทะไฟฟ้า
- เทอร์โมมิเตอร์
- ผ้ากรองน้ำต้มสำหรับร่ายไถ

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

4.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ขวดวัดปริมาตร
- บีเปต
- เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisa รุ่น 205 A
- UV-Vis spectrophotometer (Shimadzu UV-2401PC)
- เครื่อง vortex mix (Vortex-Gehies1)
- กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์

4.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

2. การทดลองเตรียมผลิตแยมจากสาหร่ายไถ และศึกษาคุณภาพของแยมจากสาหร่ายไถ

2.1 ศึกษาวิธีการผลิตแยม

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการผลิตแยมจากสาหร่ายไถ โดยทำการทดลองผลิตแยมจากสาหร่ายไถที่มีการแปรผันลักษณะของสูตรการผลิต ซึ่งมีสูตรการผลิตแยม โดยใช้น้ำสกัดจากสาหร่ายไถ ตั้งแต่ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก แต่ละสูตรใช้ปริมาณน้ำสกัดสาหร่ายไถ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร น้ำมะนาว 5 มิลลิลิตร น้ำตาล 350 กรัม และเพกติน 15 โดยน้ำหนัก ในทำนองเดียวกัน ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณเพกติน โดยได้ทำการแปรผันปริมาณเพกตินที่ระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ

แยมที่เตรียมได้มีทั้งหมด 9 สูตร โดยมีรายละเอียดดังนี้

สูตร 1 น้ำสกัดสาหร่ายไถเข้มข้นร้อยละ 5

- สูตร 2 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 10
- สูตร 3 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 15
- สูตร 4 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 5 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 5 กรัม
- สูตร 5 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 5 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 10 กรัม
- สูตร 6 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 10 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 5 กรัม
- สูตร 7 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 10 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 10 กรัม
- สูตร 8 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 15 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 5 กรัม
- สูตร 9 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 15 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 10 กรัม

2.2 ศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมี การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารต้านอนุมูลอิสระก่อนและหลังการเป็นแยม

2.2.1 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ (ดัดแปลงจากวิธีของซิเดมบารา; และคณะ. 2002)

1. ชั่ง gallic acid 0.0100 g ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาณด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้น 100 µg/mL
2. ปิเปตสารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้น 100 µg/mL ปริมาตร 7.50, 10.00, 12.50, 15.00 และ 17.50 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สาร gallic acid ที่มีความเข้มข้น 30, 40, 50, 60, และ 70 µg/mL ตามลำดับ
3. ชั่งน้ำสาหร่ายไก่อ 0.025 g ใส่ลงไป ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายของสารสกัดที่มีความเข้มข้น 500 µg/mL
4. ปิเปตสารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นละ 0.4 mL ลงในหลอดทดลอง เติม 7.5% Sodium carbonate ปริมาตร 1.6 mL ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
5. ปิเปตสารละลายของน้ำสาหร่ายไก่อที่มีความเข้มข้น 500 µg/mL ปริมาตร 0.4 mL ลงในหลอดทดลอง เติม 10 % Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 2 mL เขย่าให้เข้ากัน ตั้งพักไว้ 5 นาที จากนั้นเติม 7.5% Sodium carbonate ปริมาตร 1.6 mL ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
6. นำสารที่ได้มาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm สร้างกราฟมาตรฐานของสารละลาย gallic acid ที่ช่วงความเข้มข้น 0 - 70 mg/mL
7. หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากน้ำสาหร่ายไก่อเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid เป็น gallic acid equivalents (GAE)

2.2.2 การวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical (ดัดแปลงจากวิธีของลี; และคณะ. 2002)

1. ชั่ง BHT 0.0100 g ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วย absolute ethanol จะได้สารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้น 100 µg/mL
2. ปิเปตสารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้น 100 mg/mL ปริมาณ 1.25, 2.50, 3.75, 5.00 และ 6.25 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 mL ปรับปริมาตรด้วย absolute ethanol จะได้สารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, และ 25 mg/mL ตามลำดับ
3. ปิเปตสารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ความเข้มข้นละ 500 µL ลงในหลอดทดลอง เติม 0.1 mM DPPH ปริมาตร 500 µL ลงในหลอดทดลองผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex mixer ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm
4. ปิเปตสารละลายของสารสกัดจากน้ำสหร่ายไวกีที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ความเข้มข้นละ 500 µL ลงในหลอดทดลอง เติม 0.1 mM DPPH ปริมาตร 500 µL ลงในหลอดทดลองผสมให้เข้ากันด้วย เครื่อง vortex mixer ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 nm
5. คำนวณหา % inhibition จากสมการ (1)

$$\% \text{ inhibition} = \frac{\text{control} - \text{sample OD}}{\text{control OD}} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

ค่า control OD คือ ค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน
 ค่า sample OD คือ ค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

3. การประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และรส

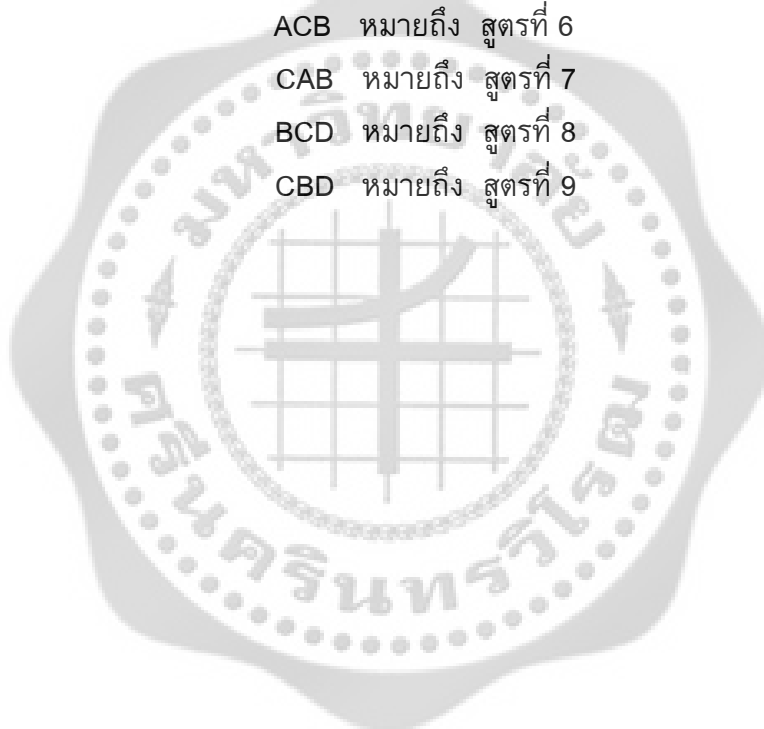
ในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยการให้กลุ่มผู้ทดสอบจำนวนอย่างน้อย 50 คน เพศชาย 50 คน อายุระหว่าง 15-20 ปี มาทำการทดสอบและประเมินผลคุณลักษณะทางกายภาพ ในแยมจากสาหร่ายไวกี นำค่าตัวเลขจากการประเมิน มาประเมินโดยใช้ประสาทสัมผัส คุณลักษณะสี กลิ่น และการชิมรสในการทดลอง เพื่อต้องการหาความพึงพอใจ ในสี กลิ่น และรสชาติของแยมจากสาหร่ายไวกี

ด้านสี	คุณลักษณะสีของแยมในน้ำสกัดสาหร่ายไวกีในแต่ละความเข้มข้น ความเข้มข้นของสี บอกลักษณะของสีที่ได้
ด้านกลิ่น	ทดสอบกลิ่นของแยมในน้ำสกัดสาหร่ายไวกีในแต่ละความเข้มข้นว่ามีกลิ่น แตกต่างกันอย่างไรร

ด้านรสชาติ ทดสอบรสชาติของแยมในน้ำสกัดสาหร่ายไก่อในแต่ละความเข้มข้น ว่ามีรสชาติแตกต่างกันอย่างไร

ในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้ระบุรหัสของแยมสาหร่ายไก่อ และแยมที่มีจำหน่ายในแบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนี้

- BAD หมายถึง สูตรที่ 1
- BAC หมายถึง สูตรที่ 2
- ABC หมายถึง สูตรที่ 3
- ABD หมายถึง สูตรที่ 4
- BDA หมายถึง สูตรที่ 5
- ACB หมายถึง สูตรที่ 6
- CAB หมายถึง สูตรที่ 7
- BCD หมายถึง สูตรที่ 8
- CBD หมายถึง สูตรที่ 9



บทที่ 4

ผลการวิจัย

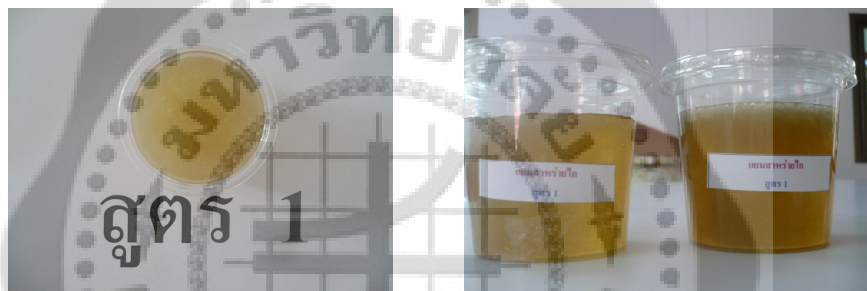
การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิจัยตามหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแยมสาหร่ายไก่อ

ตอนที่ 1 ศึกษาวิธีผลิตแยม

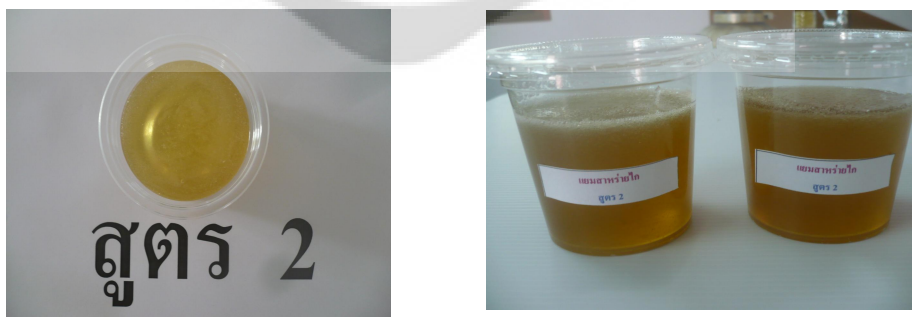
จากการศึกษาวิธีผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อ โดยนำสาหร่ายไก่อแห้งมาแปรรูปเป็นแยม ได้ทำการศึกษาแบ่งเป็น 9 สูตร ให้ผลดังนี้

สูตร 1 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 5 มีลักษณะทางกายภาพ ด้านสีให้สีเหลืองอ่อนอมเขียว ด้านกลิ่น ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไก่อและรสชาติหวานอมเปรี้ยว



ภาพประกอบ 10 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5

สูตร 2 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 10 มีลักษณะทางกายภาพ ด้านสีให้สีเหลืองอ่อนอมเขียว ด้านกลิ่น ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไก่อและรสชาติหวานอมเปรี้ยว



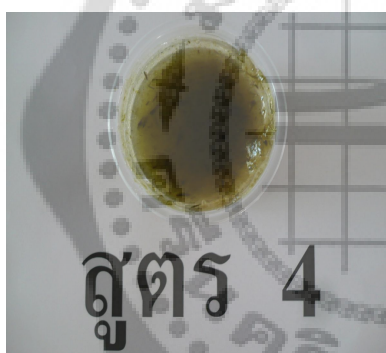
ภาพประกอบ 11 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10

สูตร 3 น้ำสกัดสาหร่ายไวกะเข้มข้นร้อยละ 15 มีลักษณะทางกายภาพ ด้านสีให้สีเหลืองอ่อนอมเขียว ด้านกลิ่น ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไวกะและรสชาติหวานอมเปรี้ยว



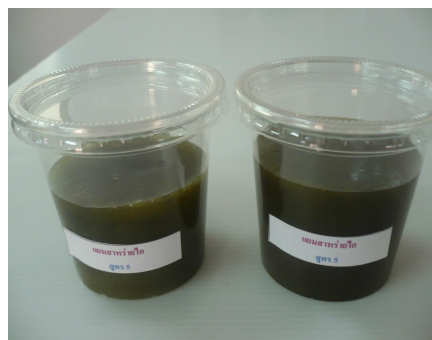
ภาพประกอบ 12 แยมสาหร่ายไวกะน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 15

สูตร 4 น้ำสกัดสาหร่ายไวกะเข้มข้นร้อยละ 5 ผสม เนื้อสาหร่ายไวกะ 5 กรัม มีลักษณะทางกายภาพ ด้านสีให้สีเหลืองอมเขียว ด้านกลิ่น ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไวกะและรสชาติหวานอมเปรี้ยว



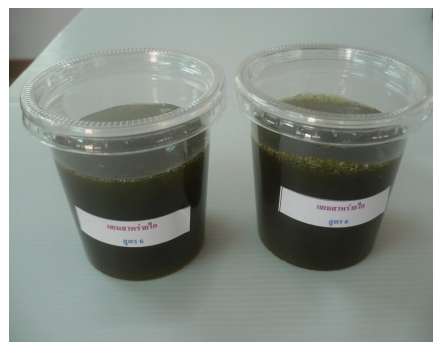
ภาพประกอบ 13 แยมสาหร่ายไวกะน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมเนื้อสาหร่ายไวกะ 5 กรัม

สูตร 5 น้ำสกัดสาหร่ายไวกะเข้มข้นร้อยละ 5 ผสม เนื้อสาหร่ายไวกะ 10 กรัม มีลักษณะทางกายภาพ ด้านสีให้สีเหลืองอมเขียว ด้านกลิ่น กลิ่นสาหร่ายไวกะและรสชาติหวานอมเปรี้ยว



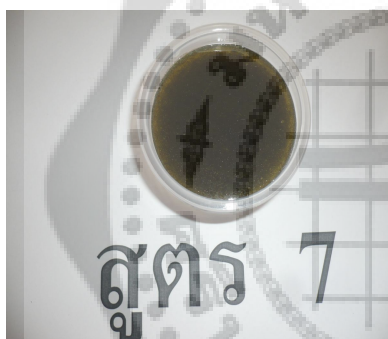
ภาพประกอบ 14 แยมสาหร่ายไวกะน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมเนื้อสาหร่ายไวกะ 10 กรัม

สูตร 6 น้ำสกัดสาหร่ายไวกะเข้มข้นร้อยละ 10 ผสม เนื้อสาหร่ายไวกะ 5 กรัม มีลักษณะทางกายภาพ ด้านสีให้สีเขียวเข้มอมเขียว ด้านกลิ่น ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไวกะและรสชาติหวานอมเปรี้ยว



ภาพประกอบ 15 แยมสาหร่ายไวกะน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10 ผสมเนื้อสาหร่ายไวกะ 5 กรัม

สูตร 7 น้ำสกัดสาหร่ายไวกะเข้มข้นร้อยละ 10 ผสม เนื้อสาหร่ายไวกะ 10 กรัม มีลักษณะทางกายภาพ ด้านสีให้สีเขียวเข้มอมเหลือง ด้านกลิ่น กลิ่นสาหร่ายไวกะและรสชาติหวานอมเปรี้ยว



ภาพประกอบ 16 แยมสาหร่ายไวกะน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10 ผสมเนื้อสาหร่ายไวกะ 10 กรัม

สูตร 8 น้ำสกัดสาหร่ายไวกะเข้มข้นร้อยละ 15 ผสม เนื้อสาหร่ายไวกะ 5 กรัม มีลักษณะทางกายภาพ ด้านสีให้สีเขียวเข้มอมเหลือง ด้านกลิ่น ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไวกะและรสชาติหวานอมเปรี้ยว



ภาพประกอบ 17 แยมสาหร่ายไวกะน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 15 ผสมเนื้อสาหร่ายไวกะ 5 กรัม

สูตร 9 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 15 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 10 กรัม มีลักษณะทางกายภาพ ด้านสีให้สีเขียวเข้มเกือบดำ ด้านกลิ่น กลิ่นสาหร่ายไก่อและรสชาติหวานอมเปรี้ยว



ภาพประกอบ 18 แยมสาหร่ายไก่อน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 15 ผสมเนื้อสาหร่ายไก่อ 10 กรัม

ผลจากกระบวนการผลิตแยมสาหร่ายไก่อที่มีระดับความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อแตกต่างกันพบว่า แยมสาหร่ายไก่อมีลักษณะด้านสี กลิ่น และรสชาติ ไกล่เคียงกัน ดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพแยมสาหร่ายไก่อ

สูตร	คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส		
	สี	กลิ่น	รสชาติ
1	เหลืองอ่อนอมเขียว	ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไก่อ	หวานอมเปรี้ยว
2	เหลืองอ่อนอมเขียว	ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไก่อ	หวานอมเปรี้ยว
3	เหลืองอ่อนอมเขียว	ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไก่อ	หวานอมเปรี้ยว
4	เหลืองอมเขียว	ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไก่อ	หวานอมเปรี้ยว
5	เหลืองอมเขียว	กลิ่นสาหร่ายไก่อ	หวานอมเปรี้ยว
6	เหลืองอมเขียว	ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไก่อ	หวานอมเปรี้ยว
7	เขียวเข้มอมเหลือง	กลิ่นสาหร่ายไก่อ	หวานอมเปรี้ยว
8	เขียวเข้มอมเหลือง	ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไก่อ	หวานอมเปรี้ยว
9	เขียวเข้มเกือบดำ	กลิ่นสาหร่ายไก่อ	หวานอมเปรี้ยว

จากสูตรทั้ง 9 สูตร พบว่าในสูตรที่ 1 – 6 แยมยังมีลักษณะด้านสี สีเหลืองอมเขียว แต่อย่างไรก็ตาม สูตรที่ 7 – 9 มีสีเขียวมากขึ้น ทั้งนี้ผสมเนื้อสาหร่ายไก่อลงไป ลักษณะทางกายภาพของเนื้อสาหร่ายไก่อเหมือนแยมตามท้องตลาดแต่ยังไม่เหนียวข้นเท่าที่ควร ลักษณะด้านกลิ่น สูตรที่ 1 – 4 สูตร 6 และสูตร 8 ไม่มีกลิ่นสาหร่ายไก่อ ส่วนสูตร 5 สูตร 7 และสูตร 9 มีกลิ่นสาหร่ายไก่อ โดยสรุป

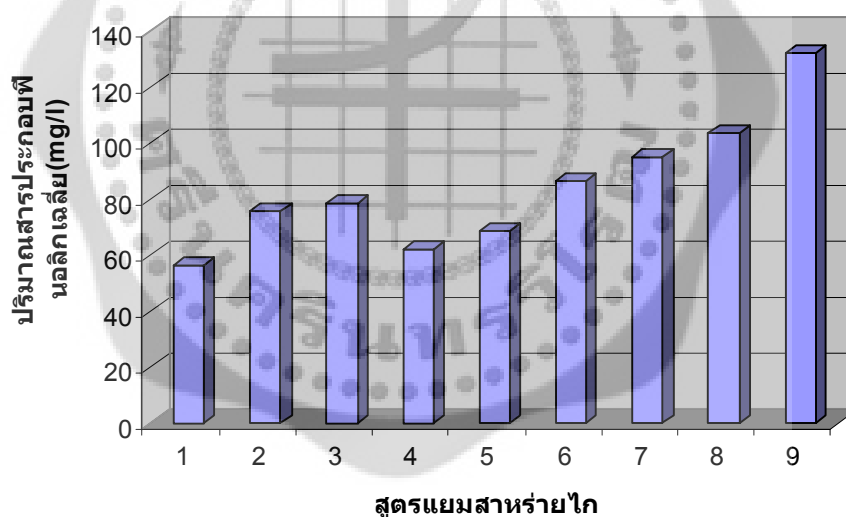
แล้วสาหร่ายไก่อังคงมีกลิ่นเฉพาะตัวคือกลิ่นสาหร่ายไก่อ ไม่เหมือนกับแยมตามท้องตลาดที่มีกลิ่นหอมของผลไม้ เมื่อทำเป็นของหวานมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว

ตอนที่ 2 ศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมี

ผลการวิเคราะห์คุณภาพแยม

2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในแยมสาหร่ายไก่อ

จากการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในแยมสาหร่ายไก่อทั้งหมด 9 สูตร พบว่า สูตรที่ 1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 56.42 มิลลิกรัม/ลิตร สูตรที่ 2 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 75.52 มิลลิกรัม/ลิตร สูตรที่ 3 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 78.41 มิลลิกรัม/ลิตร สูตรที่ 4 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 62.06 มิลลิกรัม/ลิตร สูตรที่ 5 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 68.53 มิลลิกรัม/ลิตร สูตรที่ 6 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 86.60 มิลลิกรัม/ลิตร สูตรที่ 7 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 94.77 มิลลิกรัม/ลิตร สูตรที่ 8 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 103.28 มิลลิกรัม/ลิตร และสูตรที่ 9 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 132.04 มิลลิกรัม/ลิตร ได้ผลการทดลองตามภาพประกอบ 19



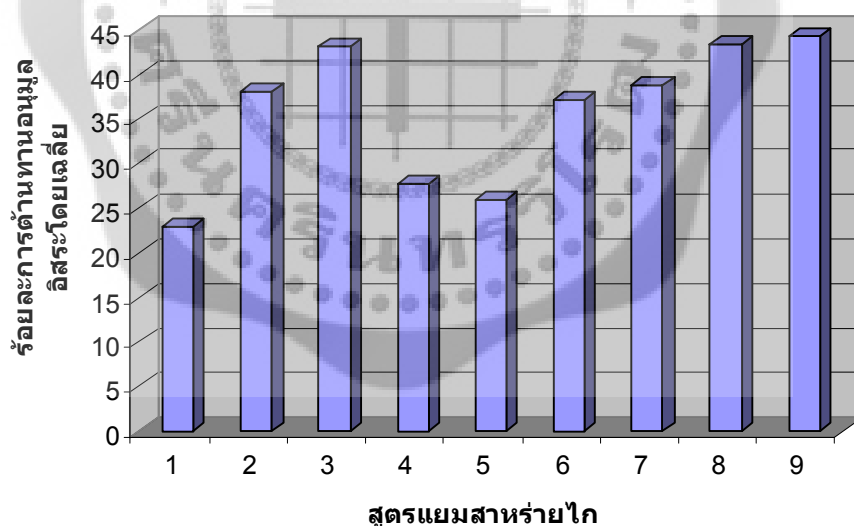
ภาพประกอบ 19 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย(mg/l) ในแยมสาหร่ายไก่อ

จากภาพประกอบ 19 ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ยในแยมสาหร่ายไก่อทั้ง 9 สูตร ผลจากการทดลองพบว่า แยมจากน้ำสกัดสาหร่ายไก่อมีความเข้มข้นมากขึ้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจะเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อผสมเนื้อสาหร่ายไก่อถูกแปรรูปเป็นแยมพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในแยมสาหร่ายไก่อ จะเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ โดยสูตรที่ 9 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ยสูงที่สุด เนื่องจากการเตรียมแยมสูตรนี้ใช้น้ำสกัดจากสาหร่ายมากที่สุดถึง ร้อยละ 15 และสูตรที่ 1 จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

เฉลี่ยต่ำที่สุด เพราะใช้น้ำสกัดจากสาหร่ายเจือจางที่สุดเพียงร้อยละ 5 เท่านั้น ถึงพิเคราะห์แล้วในสูตรที่ 7 ใช้น้ำสกัดจากสาหร่ายเจือจางที่สุดเพียงร้อยละ 5 เท่ากันในการผลิตแยมเช่นเดียวกับสูตรที่ 1 แต่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ยสูงกว่า ถึง 38.33 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 40.40 แสดงปริมาณสารฟีนอลิกขึ้นอยู่กับเนื้อสาหร่ายแห้งที่เป็นองค์ในการผลิตแยม

2.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในแยมสาหร่ายไก่อ

ผลจากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ในแยมสาหร่ายไก่อ ทั้งหมด 9 สูตร พบว่า สูตรที่ 1 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระร้อยละ 22.95 สูตรที่ 2 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระร้อยละ 38.17 สูตรที่ 3 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระร้อยละ 43.09 สูตรที่ 4 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระร้อยละ 27.86 สูตรที่ 5 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระร้อยละ 25.99 สูตรที่ 6 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระร้อยละ 37.24 สูตรที่ 7 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระร้อยละ 38.87 สูตรที่ 8 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระร้อยละ 43.32 และสูตรที่ 9 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระร้อยละ 44.26 ได้ผลการทดลองตามภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในแยมสาหร่ายไก่อ

จากภาพประกอบ 20 ผลการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในแยมสาหร่ายไก่อทั้ง 9 สูตร มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง ร้อยละ 22.95- 44.26 พบว่า ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อเพิ่มมากขึ้น และเมื่อน้ำ

สกัดจากสาหร่ายไก่อผสมกับเนื้อสาหร่ายไก่อ ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองข้อ 2.1 แต่ข้อน่าสังเกตสูตรที่ 3 และ สูตรที่ 9 มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน เพราะที่ใช้ น้ำสกัดสาหร่ายไก่อมากที่สุดถึง ร้อยละ 15 แต่สูตรที่ 9 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระมากที่สุดถึงร้อยละ 44.26 เนื่องจากในการเตรียมแยม สูตรนี้ใช้น้ำสกัดจากสาหร่ายมากที่สุดและผสมเนื้อสาหร่ายไก่อแห้ง 10 กรัม แสดงความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับเนื้อสาหร่ายแห้งที่เป็นองค์ในการผลิตแยม

ตอนที่ 3 การประเมินระดับความพึงพอใจในแยมที่ผลิตจากสาหร่ายไก่อ

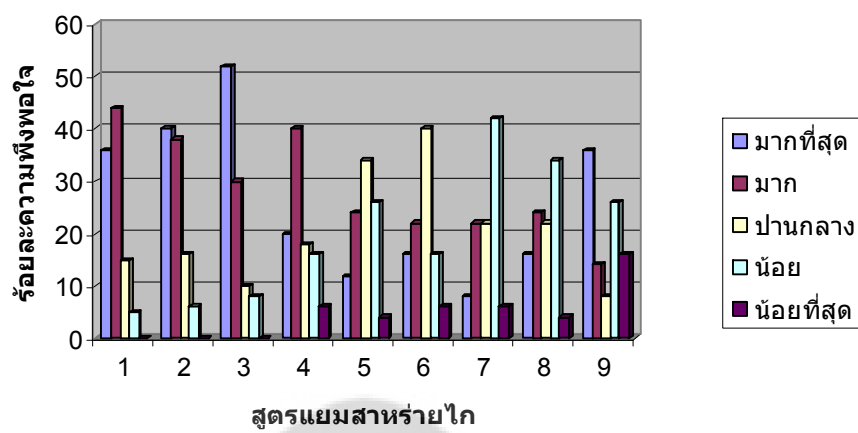
การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของแยมสาหร่ายไก่อ

ผลจากกระบวนการผลิตแยมสาหร่ายไก่อที่มีระดับความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อแตกต่างกัน ดังตาราง 2

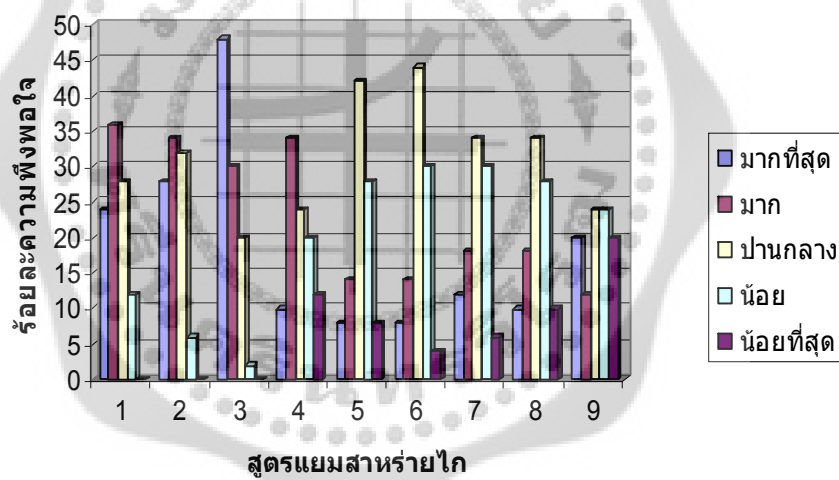
3.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

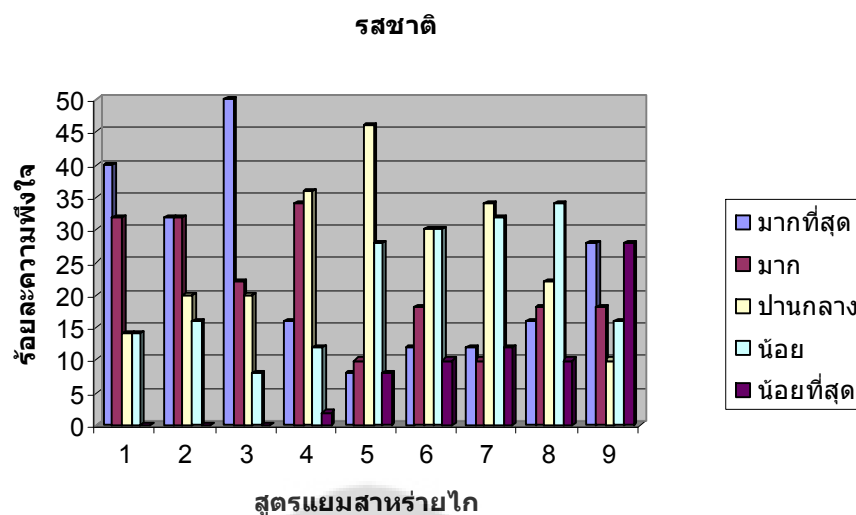
ผลจากการสุ่มตัวอย่างความพึงพอใจในการรับประทานแยมสาหร่ายไก่อ โดยสุ่มตัวอย่างจำนวน 50 ตัวอย่าง เป็นเพศชาย 50 คน อายุระหว่าง 15 ถึง 20 ปี ผลจากการทดสอบความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติของแยมในแต่ละความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ อยู่ในระดับปานกลาง สีของแยมจากสาหร่ายไก่อ ที่ใช้น้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อร้อยละ 5, 10 และ 15 และน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อร้อยละ 5, 10 และ 15 ผสมเนื้อสาหร่ายไก่อ 5 กรัมและ 10 กรัม จะมีสีเหลืองอ่อนอมเขียว เหลืองอมเขียว เขียวเข้มอมเหลืองและเขียวเข้ม ตามลำดับ ในด้านกลิ่น แยมทุกความเข้มข้นจะมีกลิ่นของสาหร่ายไก่อเพียงเล็กน้อยและจะได้กลิ่นหอมของน้ำมะนาวปนอยู่ เนื่องจากในการทดลองทำแยมสาหร่ายไก่อในครั้งนี้ ได้ใช้น้ำมะนาวแทนกรดซิตริก ส่วนด้านรสชาติ แยมทุกความเข้มข้นจะมีรสหวานอมเปรี้ยว

๒๒



กลิ่น





ภาพประกอบ 21 เปรียบเทียบร้อยละความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติแยมสำหรับรายโกที่เตรียมจากน้ำสกัดสำหรับรายโกที่ความเข้มข้น 5 , 10 และ 15 กับแยมสำหรับรายโกผสมเนื้อสำหรับรายโก 5 กรัมและ 10 กรัม

จากภาพประกอบ 21 ผลจากการทดลองสุ่มตัวอย่างความพึงพอใจในแยมสำหรับรายโกพบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสีแยมสำหรับรายโก สูตรที่ 3 อยู่ในระดับมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 52 30 10 8 และ 0 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจกลิ่นแยมสำหรับรายโก พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจกลิ่นแยมสำหรับรายโก สูตรที่ 3 อยู่ในระดับมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 48 30 20 2 และ 0 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจรสชาติแยมสำหรับรายโก พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจรสชาติแยมสำหรับรายโก สูตรที่ 3 อยู่ในระดับมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 50 22 20 8 และ 0 ตามลำดับ ดังนั้นความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติในแยมสำหรับรายโก สูตรที่ 3 ส่วนใหญ่ อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือสูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสีเหลืองอ่อนมากกว่าแยมใส่เนื้อสำหรับรายโก แต่อย่างไรก็ตามยังมีกลุ่มผู้ทดสอบบางคนชอบแยมที่ใส่เนื้อสำหรับรายโก อาจเป็นเพราะชอบทานสำหรับรายโกเป็นทุนเดิม

บทที่ 5

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อ โดยทำการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารต้านอนุมูลอิสระในแยมสาหร่ายไก่อ และการประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และรส ซึ่งได้ผลสรุป อภิปรายผลและให้ข้อเสนอแนะ เป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

- 1.สรุปผลการวิจัย
- 2.อภิปรายผล
- 3.ข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาวิเคราะห์แยมที่ผลิตจากสาหร่ายไก่อในด้านต่าง ๆ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแยมสาหร่ายไก่อ

ผลจากกระบวนการผลิตแยมสาหร่ายไก่อ ทั้ง 9 สูตร จะมีสีเหลืองอ่อนอมเขียว จนถึงเขียวเข้มเกือบดำ โดยมีกลิ่นสาหร่ายไก่อในแยมสูตรที่ 5 สูตรที่ 7 และสูตรที่ 9 เท่านั้น ส่วนรสชาติของแยมในทุกสูตรมีรสใกล้เคียงกันคือรสหวานอมเปรี้ยว

1.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำสกัดจากแยมสาหร่ายไก่อ

จากการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในแยมสาหร่ายไก่อ ทั้ง 9 สูตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย อยู่ในช่วง 56.42 - 132.04 มิลลิกรัม/ลิตร โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำสกัดสาหร่ายไก่อที่เป็นองค์ประกอบในการเตรียมแยม

ผลการวิเคราะห์ความสามารถการยับยั้งอนุมูลอิสระของแยมสาหร่ายไก่อ

จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระพบว่าในแยมสาหร่ายไก่อทั้ง 9 สูตร มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง ร้อยละ 22.95 - 44.26 พบว่าความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อเพิ่มมากขึ้น และเมื่อน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อผสมกับเนื้อสาหร่ายไก่อ ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามลำดับ

1.3 ผลการทดสอบความพึงพอใจ

จากการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 50 คน เพศชาย 50 คน เพื่อวัดระดับความพึงพอใจในการชิมแยมที่ผลิตจากสาหร่ายไก่อ ทั้ง 9 สูตร พบว่าสูตรที่ 3 ซึ่งมีสีเหลืองอ่อนอมเขียว เป็นสูตรที่ผู้บริโภคกลุ่มนี้มีความพึงพอใจมากที่สุด

2. อภิปรายผล

จากผลการทดลองวิเคราะห์แยมจากสาหร่ายไก่อ โดยนำสาหร่ายไก่อแห้งมาแปรรูปเป็นแยม ได้ทำการศึกษาแบ่งเป็น 9 สูตร ดังนี้

- สูตร 1 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 5
- สูตร 2 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 10
- สูตร 3 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 15
- สูตร 4 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 5 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 5 กรัม
- สูตร 5 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 5 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 10 กรัม
- สูตร 6 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 10 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 5 กรัม
- สูตร 7 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 10 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 10 กรัม
- สูตร 8 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 15 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 5 กรัม
- สูตร 9 น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 15 ผสม เนื้อสาหร่ายไก่อ 10 กรัม

แยมสาหร่ายไก่อทั้ง 9 สูตร วิเคราะห์คุณภาพแยม พบว่า การผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อแห้งเป็นแยมที่มีคุณสมบัติที่ดี ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยเสริมสุขภาพแก่ผู้บริโภค ตามปกติแล้วสาหร่ายไก่อจะถูกนำมาบริโภคในลักษณะอาหารคาวตามที่กล่าวในบทนำ แต่การวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าแยมซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหวาน ที่ได้รับความนิยมสามารถจะผลิตเป็นแยมที่ให้คุณประโยชน์ต่อสุขภาพประชาชนทั่วไปในการที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ โดยผลการวิจัยนี้อาจสรุปได้ว่า การผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อแห้งตามสูตรที่ 3 ซึ่งใช้น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ 15 จัดเป็นแยมที่ได้รับความนิยมสูงสุด เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพที่ผู้บริโภคชื่นชอบ

3. ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยศึกษากระบวนการผลิตแยมจากสาหร่ายไก่อนี้ ยังไม่ปรากฏว่ามีการวิจัยใด ได้ทำการทดลองนำสาหร่ายไก่อมาแปรรูปทำแยม การวิจัยครั้งนี้เป็นครั้งแรก ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการผลิตแยม โดยวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารต้านอนุมูลอิสระ และการประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และรสชาติ ผลจาก

การศึกษาทางด้านเคมียังไม่เพียงพอ ควรศึกษาวิจัยต่อไป เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตแอมให้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะศึกษาด้านคุณค่าทางโภชนาการ (ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน และปริมาณจุลินทรีย์ เป็นต้น)

2. การวิจัยศึกษากระบวนการผลิตแอมจากสาหร่ายไก่อ นำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม โดยจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3





บรรณานุกรม

- กล้าณรงค์ ศรีรอด. (2536). เทคโนโลยีของน้ำตาล. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ช่อลัดดา เทียงพุก. (2545). การทำแยมและมาร์มาเรด. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปิยะนันท์ เส็งประชา. (2547). การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของผักปลัง. ปริญญาโท กศ.ม. (สาขาเคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.
- พวงทอง ใจสันต์, จิตรา กลิ่นหอม และอัจฉรา เทียมภักดี. (2541). รายงานการวิจัย : การทดสอบการใช้เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรสในการผลิตแยม. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- พนิดา กุลประสูติดิกล. (2548). วิธีทำขนมลูกอ๊อดในตู้เย็น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สุขภาพใจ.
- ไพโรจน์ วิริยาริ. (2542). การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตแยมผักและผลไม้. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2521). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแยมเยลลี่และมาร์มาเลด. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่และมาร์มาเลด. กรุงเทพฯ: วารสารสถาบันอาหาร.
- Adom, K.K.; & Liu, H.R. (2002). Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 6182-6187.
- Alonso; et al. (2002). Determination of antioxidant activity of wine by products and its correlation with polyphenolic content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 5832-5836.
- Axelos. M.A.V.: & Thibault, J.F. (1991). *The chemistry of Low Methoxyl Pectin Gelation*. In *The Chemistry of Pectin* (Walter. R.H.. Ed.). Press. New York. P. 109-118.
- Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature*. 26: 1199-1200.
- Cardello. A.V.: & Maller, O. (1987). *Sensory Texture Analysis*. An Integrated Approach to Food Engineering. In *Food Texture Instrumental and Sensory Measurement*. (Moskowitz. H.R.. Eds.). Jacobs Inc. Valhalla. New York: P. 108-180
- Chidambara Murthy (2002). Antioxidant activity of grape (Vitis vinifera) pomace extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 5909-5914.

- Culter , R.G. (1991). Antioxidants and aging. *American Journal of Clinical Nutrition*. 53: 375S-379S.
- Crandall. P.G. (1986). *Pectin Internal Gel Strenght*. Measurement and Methodology. In Characterization of Pictin. (Fishman. M.C.: & Jen, J.J..Eds.) Washington. D.C: P. 89-90.
- Dac-OK kim , seung wean leong and changy. Lcc. (2003). Antioxidant capacity of phenalic phytochemicals fion vanous cultivars of plums. *Food Chemistry*. 81 : pp 321-326.
- DeMars. L.L.: & Ziegler, G.R. (2001). Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confections. *Food Hydrocolloids*. 15:643-653
- Gladys , B. (1991). Nutrition in chronic disease prevention. In *Antioxidant Food Supplements in Human Health*. Lester Packer; Midori Hiromatsu; & Toshikazu Yoshikawa. pp. 46-47. San Diego: Academic Press.
- Jayaprakasha, G.K.; Singh, R.P.; & Sakariah, K.K. (2001). Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinefera*) extracts on peroxidation model in vitro. *Food Chemistry*. 73: 285-290.
- Maria j. Bermudez-Soto and Francisco A. Tomas-Barberan. (2004). Evaluation of commercial red fruif juice concentrate as ingredients for antioxidant functional juices. *European Food Research and Technology* , 219 (2) : pp 133-141.

ภาคผนวก





ภาคผนวก ก

ตารางข้อมูลการทดลอง

ตาราง 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในแยมสัหร่ายไถ

สูตร	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย(mg/l) จากแยมสัหร่ายไถ
1	56.42
2	75.52
3	78.41
4	62.06
5	68.53
6	86.60
7	94.77
8	103.28
9	132.04

ตาราง 4 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในแยมสัหร่ายไถ

สูตร	ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยเฉลี่ยจาก แยมสัหร่ายไถ
1	22.95
2	38.17
3	43.09
4	27.86
5	25.99
6	37.24
7	38.87
8	43.32
9	44.26

ตาราง 5 การเปรียบเทียบความพึงพอใจสี ของแยมสหาร่ายโก

ความเข้มข้นน้ำสกัดสหาร่ายโก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ร้อยละระดับความพึงพอใจสีของแยมสหาร่ายโก				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
5	36	44	15	5	0
10	40	38	16	6	0
15	52	30	10	8	0
5 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 5 กรัม	20	40	18	16	6
5 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 10 กรัม	12	24	34	26	4
10 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 5 กรัม	16	22	40	16	6
10 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 10 กรัม	8	22	22	42	6
15 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 5 กรัม	16	24	22	34	4
15 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 10 กรัม	36	14	8	26	16

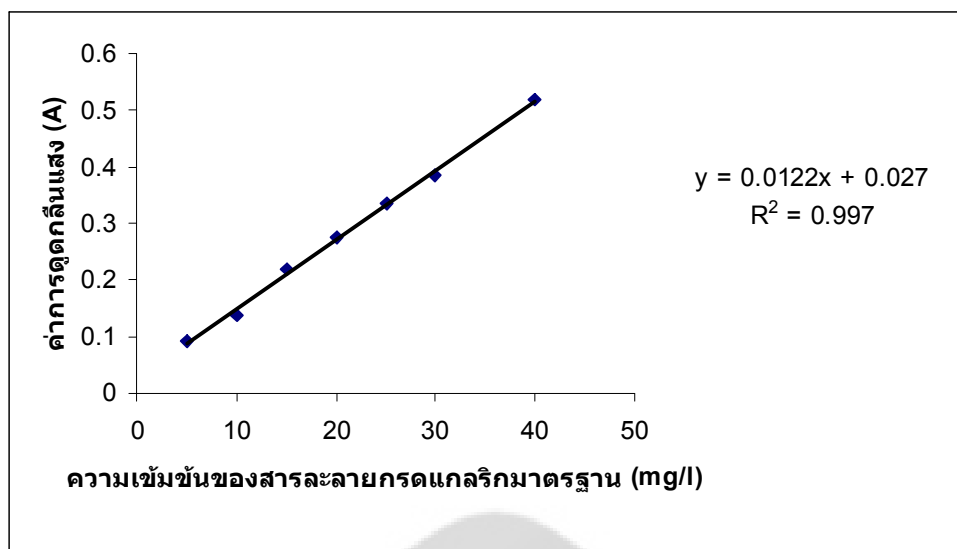
ตาราง 6 การเปรียบเทียบความพึงพอใจกลิ่น ของแยมสหาร่ายโก

ความเข้มข้นน้ำสกัดสหาร่ายโก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ร้อยละระดับความพึงพอใจกลิ่นของแยมสหาร่ายโก				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
5	24	36	28	12	0
10	28	34	32	6	0
15	48	30	20	2	0
5 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 5 กรัม	10	34	24	20	12
5 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 10 กรัม	8	14	42	28	8
10 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 5 กรัม	8	14	44	30	4
10 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 10 กรัม	12	18	34	30	6
15 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 5 กรัม	10	18	34	28	10
15 ผสมเนื้อสหาร่ายโก 10 กรัม	20	12	24	24	20

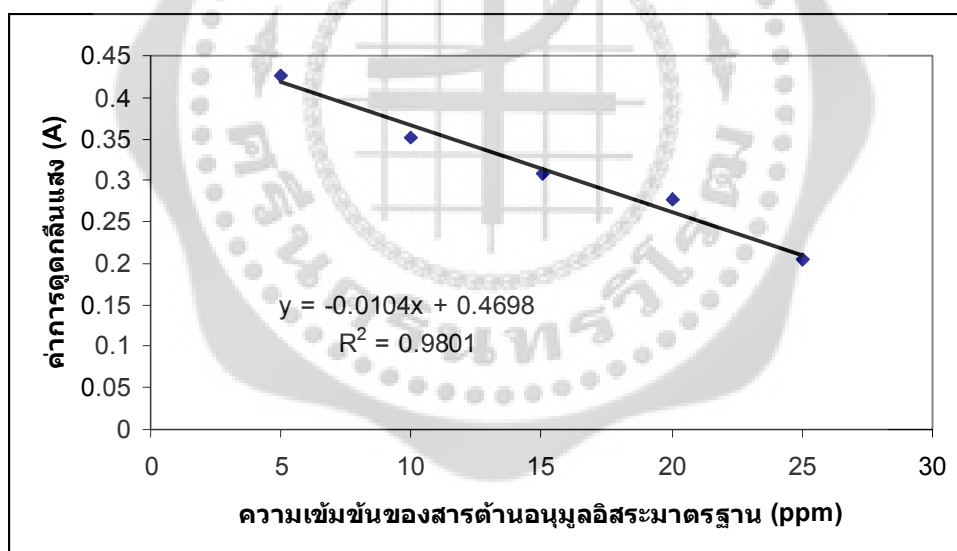
ตาราง 7 การเปรียบเทียบความพึงพอใจรสชาติ ของแยมสหาร่ายไถ

ความเข้มข้นน้ำสกัดสหาร่ายไถ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ร้อยละระดับความพึงพอใจรสชาติของแยมสหาร่ายไถ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
5	40	32	14	14	0
10	32	32	20	16	0
15	50	22	20	8	0
5 ผสมเนื้อสหาร่ายไถ 5 กรัม	16	34	36	12	2
5 ผสมเนื้อสหาร่ายไถ 10 กรัม	8	10	46	28	8
10 ผสมเนื้อสหาร่ายไถ 5 กรัม	12	18	30	30	10
10 ผสมเนื้อสหาร่ายไถ 10 กรัม	12	10	34	32	12
15 ผสมเนื้อสหาร่ายไถ 5 กรัม	16	18	22	34	10
15 ผสมเนื้อสหาร่ายไถ 10 กรัม	28	18	10	16	28





ภาพประกอบ 21 กราฟมาตรฐานฟีนอลิก



ภาพประกอบ 22 กราฟมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระ





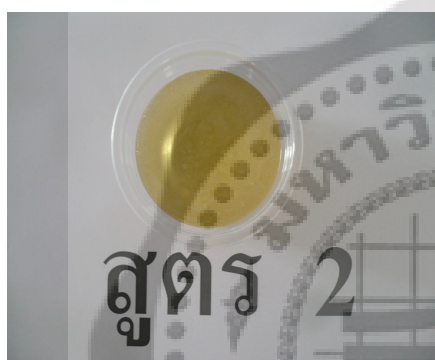
ภาพประกอบ 23 ตัวอย่างสาหร่ายไทดากแห้ง



ภาพประกอบ 24 ต้มสกัดน้ำสาหร่ายไทด



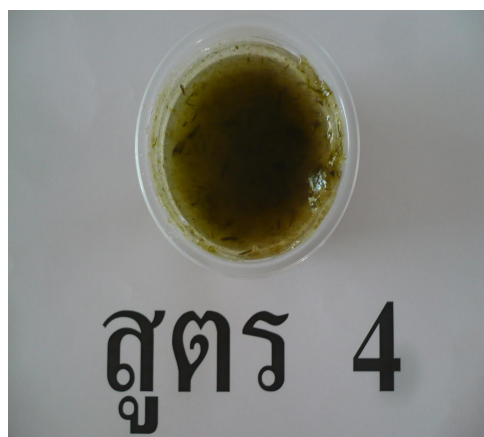
ภาพประกอบ 25 แอมสารวัยโตไก่น้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5



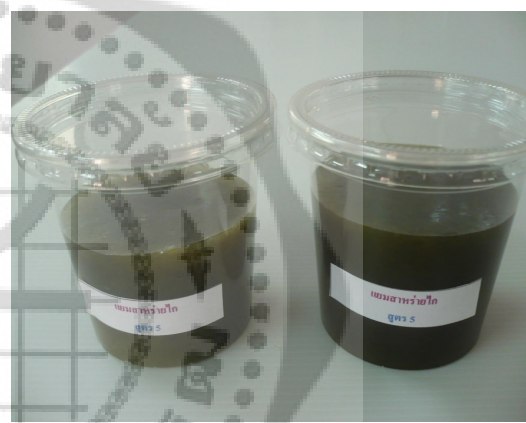
ภาพประกอบ 26 แอมสารวัยโตไก่น้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10



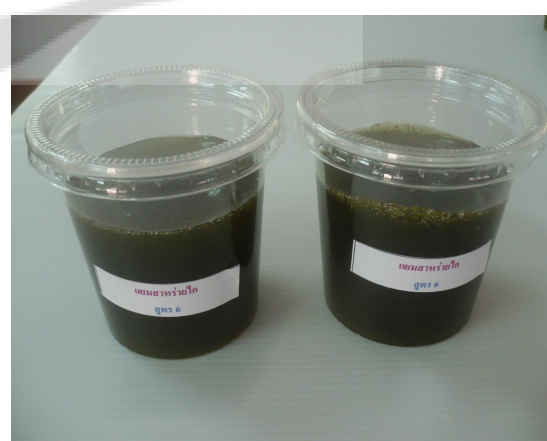
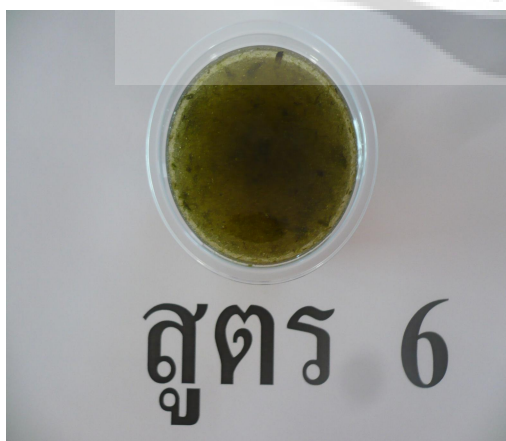
ภาพประกอบ 27 แอมสารวัยโตไก่น้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 15



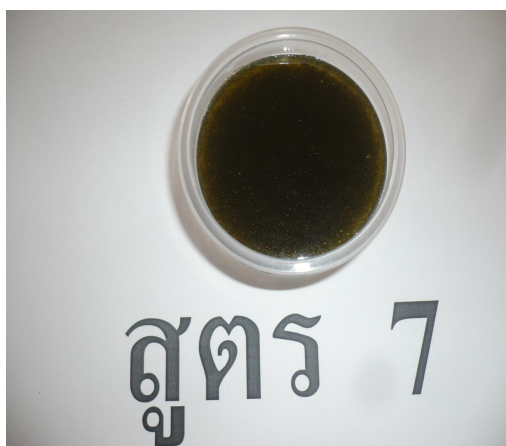
ภาพประกอบ 28 แยมสาหร่ายไถน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมเนื้อสาหร่ายไถ 5 กรัม



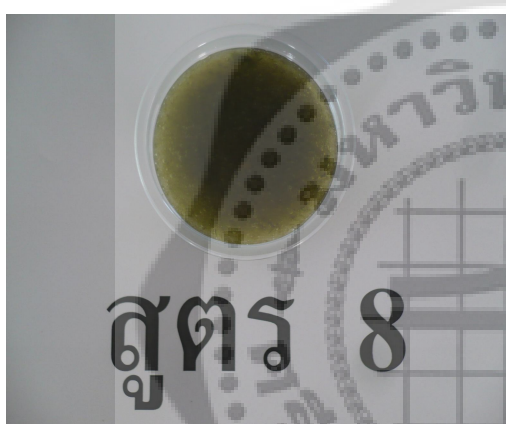
ภาพประกอบ 29 แยมสาหร่ายไถน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมเนื้อสาหร่ายไถ 10 กรัม



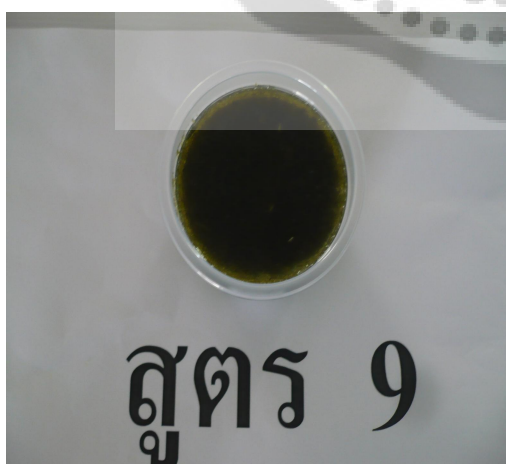
ภาพประกอบ 30 แยมสาหร่ายไถน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10 ผสมเนื้อสาหร่ายไถ 5 กรัม



ภาพประกอบ 31 แยมสาหร่ายไคน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 10 ผสมเนื้อสาหร่ายไค 10 กรัม



ภาพประกอบ 32 แยมสาหร่ายไคน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 15 ผสมเนื้อสาหร่ายไค 5 กรัม



ภาพประกอบ 33 แยมสาหร่ายไคน้ำสกัดความเข้มข้นร้อยละ 15 ผสมเนื้อสาหร่ายไค 10 กรัม



ภาคผนวก ง

แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสความพึงพอใจในแฮมสาหร่ายไถ

ชื่อผู้ทดสอบชิม สกุล วันที่ทดสอบ

ชื่อผลิตภัณฑ์แฮมสาหร่ายไถ

คำชี้แจง โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ พร้อมทั้งให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่าง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ชอบมากที่สุด	มีคะแนนเป็น 5
ชอบมาก	มีคะแนนเป็น 4
ชอบปานกลาง	มีคะแนนเป็น 3
ชอบน้อย	มีคะแนนเป็น 2
ชอบน้อยที่สุด	มีคะแนนเป็น 1

ลักษณะที่ประเมิน									
	BAD	BAC	ABC	ABD	BDA	ACB	CAB	BCD	CBD
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									



ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์

