

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไถ

สารนิพนธ์

ของ

ชรินทร์นุ์ อุดเมืองคำ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

เมษายน 2552

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก่อ

สารนิพนธ์

ของ

ชรินทร์รัตน์ อุดมืองคำ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

เมษายน 2552

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก่อ

บทคัดย่อ

ของ

ชรินทร์นีย์ อุดเมืองคำ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

เมษายน 2552

ชรินทร์ อดเมืองคำ. (2552). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไถ*. สารนิพนธ์ กศ.ม.

(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย.

ผลิตภัณฑ์เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่กำลังได้รับความนิยม อย่างไรก็ตามเยลลี่ที่ขายตามท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากสารแต่งกลิ่นรสสังเคราะห์ผลไม่ต่าง ๆ ผสมกับสารให้ความหวานและสารทำให้เกิดเจลเมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการแล้วพบว่าสารอาหารหลักของเยลลี่ คือคาร์โบไฮเดรต ทำให้เยลลี่มีคุณค่าด้านพลังงานเท่านั้น ทั้งนี้ตามแหล่งแม่น้ำในจังหวัดน่าน สาหร่ายไถ เป็นสาหร่ายสีเขียวน้ำจืด มีโปรตีนถึงร้อยละ 19.44 มีไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ มากมาย กับผักสีเขียวต่างๆ ไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีธาตุซีลีเนียมสูงกว่าในผักสีเขียว ซึ่งเป็นสารป้องกันอนุมูลอิสระที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษากระบวนการแปรรูปสาหร่ายไถ โดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของหวานประเภทเยลลี่ โดยใช้น้ำสกัดสาหร่ายไถที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ 20 ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละความเข้มข้น ได้ทำการแปรผันปริมาณเพกตินที่ระดับร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารซีลีเนียม เมื่อนำน้ำสกัดจากสาหร่ายไถทุกความเข้มข้นไปแปรรูปเป็นเยลลี่ พบว่าเยลลี่จากสาหร่ายไถมีปริมาณสารฟีนอลิก 78.43-155.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 13.25-28.28 ปริมาณซีลีเนียม 0.016-0.029 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติ ระหว่างเยลลี่สาหร่ายไถกับเยลลี่น้ำธรรมชาติ พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งในงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าสาหร่ายไถสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่ได้

DEVELOPMENT OF KAI ALGAE JELLY PRODUCT

AN ABSTRACT

BY

CHARINRAT UTMAUNGKAM

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

April 2009

Charinrat Utmaung. (2009). *Development of Kai Algae Jelly Product*.

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

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

Jelly Products are the one of popular food. However, the jelly sold in general market produced from synthetic flavor and sugar. All those products gave only carbohydrate nutrient for human. Kai is an algae that contains 19.44% of protein, vitamin and minerals like after vegetable. 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. Kai algae were prepared to kai solution and took 5, 10, 15 and 20% to produce jelly. In this work, pectin was the hydrocolloid used to improve the texture which varied from 0.5, 1.0, and 1.5% by weight in jelly production. The total phenolic content, antioxidant inhibitions and selenium content were analysed in all kai jelly proucts. The results showed that, the kai jelly products contained the total phenolic content 78.43-155.44 mg/l, the products % antioxidising in inhibitions was 13.25-28.28% and the selenium was 0.016-0.029 mg/l. After sensory evaluation test on color, flavors and taste of kai jelly tested by the volunteers compare with jelly from water,showed at medium level. Thus this work shows that, kai algae could be process to be the new products as jelly.

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร และคณะกรรมการ
สอบได้พิจารณาสารนิพนธ์เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก่อ ของชรินทร์น์ อุดเมืองคำ
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

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

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญลดา วีระสัย)

คณะกรรมการสอบ

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

..... กรรมการสอบสารนิพนธ์
(อาจารย์ ดร.สุจิตรา ศรีสังข์)

..... กรรมการสอบสารนิพนธ์
(ดร.ไว ประทุมผาย)

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)

วันที่ เดือน.....พ.ศ. 2552

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ผู้วิชัยขอน้อมรำลึกถึงพระมหากรุณาธิคุณในพระองค์ที่ทรงมีพระมหากรุณาดำริโครงการส่งเสริมคุณภาพการศึกษาในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารพื้นที่อำเภอบ่อเกลือ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ และในโรงเรียนพระปริยัติธรรมแผนกสามัญศึกษา จังหวัดน่าน อันเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาครูให้ได้รับการศึกษาในระดับมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งนับเป็นเกียรติอันสูงสุดที่ข้าพเจ้าได้รับโอกาสอันดียิ่งนี้ และจะได้นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาเด็กนักเรียนต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พรพิมล ม่วงไทย ประธานควบคุมสารนิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ อันเกิดขึ้นในงานวิจัย และการเขียนสารนิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาผ่านโครงการส่งเสริมคุณภาพการศึกษาโรงเรียนถิ่นทุรกันดารและโรงเรียนพระปริยัติธรรม แผนกสามัญศึกษา ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และขอขอบคุณคุณจตุรงค์ จงเจริญ ที่ช่วยเหลือแนะนำในห้องปฏิบัติการ การตรวจวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ สารซีลีเนียม

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย อาจารย์ ดร.สุจิตรา ศรีสังข์ และ ดร.ไว ประทุมผาย ในการเป็นกรรมการสอบปากเปล่าสารนิพนธ์ ตลอดจนการให้คำแนะนำต่างๆ เพื่อให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณอาจารย์ในคณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ให้ความเมตตาเอาใจใส่แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณคณะครูโรงเรียนวัดบุญยืน เพื่อนนิสิตปริญญาโททุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดการศึกษาและการทำวิจัยผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านไว้ ณ โอกาสนี้

และขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่ได้อบรมเลี้ยงดู ให้โอกาสทางการศึกษาที่ดี ให้กำลังใจ และสนับสนุนด้านการวิจัยด้วยดีตลอดมา และขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ชรินทร์ อุดเมืองคำ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ข้อมูลพื้นฐาน.....	5
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	24
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	33
เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	33
การทดลองเตรียมผลิตเยลลี่ และศึกษาคุณภาพของเยลลี่ จากสาหร่ายไก่อ.....	35
การประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และรส.....	38
4 ผลการวิจัย.....	40
ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ.....	40
ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำสกัด..... จากสาหร่ายไก่อ.....	42
ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สาหร่ายไก่อ.....	44
การตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของเยลลี่สาหร่ายไก่อ.....	46
การประเมินระดับความพึงพอใจในเยลลี่ที่ผลิตจากสาหร่ายไก่อ การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส.....	46

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปลผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	53
สรุปลผลการวิจัย.....	53
การอภิปรายผล.....	54
ข้อเสนอแนะ.....	56
บรรณานุกรม.....	57
ภาคผนวก.....	61
ภาคผนวก ก.....	62
ภาคผนวก ข.....	68
ภาคผนวก ค.....	71
ภาคผนวก ง.....	75
ภาคผนวก จ.....	93
ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์.....	95

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถ.....	8
2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ (ของเยลลี่สาหร่ายไถ).....	46
3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำสกัดจากสาหร่ายไถ.....	63
4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเยลลี่สาหร่ายไถ.....	63
5 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำสกัดจากสาหร่ายไถ.....	63
6 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในเยลลี่สาหร่ายไถ.....	64
7 ปริมาณสารซิติเนียมในเยลลี่สาหร่ายไถ.....	64
8 การเปรียบเทียบความพึงพอใจสี ของเยลลี่สาหร่ายไถกับเยลลี่น้ำธรรมชาติ.....	65
9 การเปรียบเทียบความพึงพอใจกลิ่น ของเยลลี่สาหร่ายไถกับเยลลี่น้ำธรรมชาติ.....	66
10 การเปรียบเทียบความพึงพอใจรสชาติ ของเยลลี่สาหร่ายไถกับเยลลี่น้ำธรรมชาติ.....	67
11 แบบประเมินพฤติกรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์.....	82
12 เกณฑ์การประเมินโครงการ.....	83
13 เกณฑ์การประเมินผลภาระงาน การสืบค้นข้อมูลวิชาวิทยาศาสตร์.....	84
14 เกณฑ์การประเมินผลภาระงาน การทดลองแยกย่อย.....	85
15 แบบบันทึกการประเมินการทดลอง.....	86

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ลักษณะสาหร่ายไถในสภาพธรรมชาติ.....	5
2 ลักษณะสาหร่ายไถ.....	6
3 ลักษณะสาหร่ายไถตากแห้ง.....	6
4 กระบวนการผลิตภัณฑท์กัม เยลลี่ หรือพลาสติก.....	11
5 โครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์สายหลักของเพกติน.....	13
6 การแบ่งชนิดของเพกตินตามค่า DM และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์.....	14
7 โครงสร้างของ junction zone ในเจลเพกตินชนิดเมทอกซีสูงที่ได้ จากการศึกษาด้วย X-ray diffraction.....	17
8 แสดงปฏิกิริยาระหว่างอนุโมลอิสระกับเป้าหมาย.....	20
9 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ.....	24
10 กระบวนการผลิตภัณฑท์เยลลี่สาหร่ายไถ.....	35
11 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย(mg/l) ในน้ำสกัดสาหร่ายไถ.....	40
12 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย(mg/l) ในเยลลี่สาหร่ายไถที่เตรียมจาก น้ำสกัดสาหร่ายไถที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	41
13 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำสกัดสาหร่ายไถ.....	42
14 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในเยลลี่สาหร่ายไถที่เตรียมจากน้ำสกัดสาหร่ายไถ ที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	43
15 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในเยลลี่สาหร่ายไถที่เตรียมจากน้ำสกัดสาหร่ายไถ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่มีการใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ0.5กรัม.....	43
16 ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สาหร่ายไถที่เตรียมจาก น้ำสกัดสาหร่ายไถที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	44
17 ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สาหร่ายไถที่เตรียมจากน้ำสกัดสาหร่ายไถ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่มีการใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ0.5กรัม.....	45
18 เปรียบเทียบร้อยละความพึงพอใจในสี กลิ่นและรสชาติเยลลี่สาหร่ายไถที่เตรียม จากน้ำสกัดสาหร่ายไถที่ความเข้มข้นต่างๆ กับเยลลี่น้ำธรรมดาที่ใช้ ปริมาณเพกตินร้อยละ0.5กรัม.....	47

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
19 เปรียบเทียบร้อยละความพึงพอใจในสี กลิ่นและรสชาติเยลลี่สำหรับวัยโกที่เตรียม จากน้ำสกัดสำหรับวัยโกที่ความเข้มข้นต่างๆ กับเยลลี่น้ำธรรมชาติที่ใช้ ปริมาณเพกตินร้อยละ1.0กรัม.....	49
20 เปรียบเทียบร้อยละความพึงพอใจในสี กลิ่นและรสชาติเยลลี่สำหรับวัยโกที่เตรียม จากน้ำสกัดสำหรับวัยโกที่ความเข้มข้นต่างๆ กับเยลลี่น้ำธรรมชาติที่ใช้ ปริมาณเพกตินร้อยละ1.5กรัม.....	51
21 กราฟมาตรฐานพีนอลิก.....	69
22 กราฟมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระ.....	69
23 กราฟมาตรฐานสารซีดีเนียม.....	70
24 ตัวอย่างสำหรับวัยโกตากแห้ง.....	72
25 ต้มสกัดน้ำสำหรับวัย.....	72
26 น้ำสกัดจากสำหรับวัยโกในแต่ละความเข้มข้น.....	73
27 ผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสำหรับวัยโก เพกตินร้อยละ 0.5	73
28 ผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสำหรับวัยโก เพกตินร้อยละ 1.0.....	73
29 ผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสำหรับวัยโก เพกตินร้อยละ 1.5.....	74
30 ผลิตภัณฑ์เยลลี่จากน้ำธรรมชาติ.....	74

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์กลุ่มเยลลี่ในท้องตลาดได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มของเด็กจนถึงวัยรุ่น เนื่องจากเยลลี่มีรูปร่างและสีที่สวยงาม มีรสชาติหวานเป็นที่ถูกปากของเด็กกลุ่มดังกล่าว เยลลี่ที่ขายตามท้องตลาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากสารแต่งกลิ่นรสสังเคราะห์ผลไม้อื่นๆ ผสมกับสารให้ความหวานและสารทำให้เกิดเจล เมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการแล้วพบว่าสารอาหารหลักของเยลลี่ คือ คาร์โบไฮเดรต ทำให้เยลลี่มีคุณค่าด้านพลังงานเท่านั้น

ตามแหล่งแม่น้ำในจังหวัดน่าน สหรัยไก่อเป็นสหรัยสีเขียวน้ำจืด สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ในบริเวณลำน้ำที่ใสและน้ำไหล อีกทั้งมีแสงส่องถึงด้วย โดยพบเฉพาะในลำน้ำน่านในอำเภอทุ่งช้างจนถึงปลายแม่น้ำในอำเภอเวียงสา เมื่อสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตน่าน นำสหรัยไกอมาวิเคราะห์ก็พบว่าสหรัยไกอมีโปรตีนถึง 19.44 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นมี ไขมัน เส้นใย แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม แคโรทีน วิตามินอี แซนโทโรฟิล นอกจากนี้ในงานวิจัยของ ดร.ยุวดี พิรพรไพศาล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าสหรัยไกอมีโปรตีนสูงพอ ๆ กับปลาน้ำจืด เรียกได้ว่าสามารถนำมาทดแทนการรับประทานปลาได้เป็นอย่างดี ข้อสำคัญคือ มีกากหรือเส้นใยพอก ๆ กับผักสีเขียวทั่วๆ ไป อีกทั้งยังมีวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียมค่อนข้างสูง และที่เด่นที่สุดคือมีซีลีเนียมสูงมาก ซึ่งสูงกว่าในผักสีเขียว โดยแร่ธาตุตัวนี้เป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นสารป้องกันอนุมูลอิสระที่สำคัญยิ่งชนิดหนึ่ง ดังนั้นคนในพื้นที่ ที่อยู่ใกล้แหล่งสหรัยเหล่านี้จึงโชคดี ที่ได้บริโภคแต่อาหารที่มีประโยชน์ และได้ช่วยชาวบ้านให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ จากสหรัยไกอ เพื่อการเพิ่มมูลค่าและสร้างความหลากหลายของผลิตภัณฑ์อย่างเช่น สหรัยไกอแผ่นกรอบปรุงรส บะหมี่สหรัย และอาหารอื่น ๆ อีกหลายอย่างจากสหรัย และยังได้ต่อยอดภูมิปัญญาเดิมของชาวบ้านที่ทำผลิตภัณฑ์จากสหรัยไกอ เช่น สหรัยไกอยีให้เก็บได้นานขึ้นและไม่เหม็นหืนและพัฒนาไกอแผ่นหรือไกอปรุงรส ให้มีความกรอบนานขึ้น (พิรเดช. 2550)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษากระบวนการแปรรูปสหรัยไกอโดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของหวานประเภทเยลลี่ เนื่องจากยังไม่มีรายงานการแปรรูปสหรัยไกอให้เป็นเยลลี่ จากสรรพคุณด้านโภชนาการของสหรัยไกดังกล่าวข้างต้นจะเห็นว่า เป็นพืชที่มีโปรตีนมาก รวมทั้งมีสารโพลีฟีนอลประเภทซีลีเนียมที่จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย ดังนั้นถ้าสามารถนำสหรัยไกอมาแปรรูปให้เป็นเยลลี่ได้เช่นเดียวกับเยลลี่ที่ผลิตจากน้ำผลไม้ชนิดอื่น ๆ ได้ จะทำให้ช่วยเสริมมูลค่าให้แก่สหรัยไกออีกทางหนึ่ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้จะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของชุมชนอีกประเภทหนึ่งด้วย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเยลลี่สูตรต่างๆจากสาหร่ายไก่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารซีลีเนียม
3. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะสี กลิ่นรส และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก่อ
4. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมให้นักเรียน

ความสำคัญของการวิจัย

1. เพื่อทราบคุณภาพของเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ ทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี
2. เพื่อทราบสมบัติสำคัญของการผลิตเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ
3. เพื่อทราบความพึงพอใจของชุมชน ในเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ

ขอบเขตของงานวิจัย

1. สํารวจข้อมูลพื้นฐาน
 - 1.1 สํารวจข้อมูลพื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่ายไก่อในพื้นที่จังหวัดน่าน
 - 1.2 สํารวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสารอาหารในสาหร่ายไก่อ
 - 1.3 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิตเยลลี่
2. การวางแผนการทดลอง
 - 2.1 ศึกษาส่วนประกอบและการเตรียมวัตถุดิบ
 - 2.2 ศึกษากระบวนการผลิตเยลลี่
 - 2.3 ศึกษาวิธีวิเคราะห์สารอาหารบางชนิด
 - 2.4 ศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่สาหร่ายไก่อ

3. การทดลอง

3.1 การเตรียมน้ำสกัดจากสาหร่ายไถ

นำสาหร่ายไถแห้งหนัก 5 กรัม ผสมกับน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนจนเดือดนาน 5 นาที กรองเอากากสาหร่ายไถออก แล้วนำน้ำสกัดจากสาหร่ายไถ ไปทดสอบผลิตเป็นเยลลี่ ทำการทดลองเช่นเดิม แต่ใช้สาหร่ายไถแห้งหนัก 10 15 และ 20 กรัม แทนจะได้ น้ำสกัดจากสาหร่ายไถที่มีความเข้มข้นของสาหร่ายร้อยละ 5 10 15 และ 20 ตามลำดับ

3.2 การศึกษาวิธีเตรียมเยลลี่

นำน้ำสกัดจากสาหร่ายไถ จากตอนที่ 1 มาผสมกับ น้ำ น้ำตาล น้ำมะนาวและเพกติน ทำการผสมตามสูตรต่างๆ เปรียบเทียบกับเยลลี่สูตรควบคุม โดยในทุกสูตรควบคุมปริมาณ น้ำ ปริมาณน้ำตาล ปริมาณน้ำมะนาว และปริมาณเพกติน โดยใช้ น้ำร้อยละ 56 น้ำตาลร้อยละ 20 น้ำมะนาวร้อยละ 3 และเพกตินร้อยละ 1

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพเยลลี่

3.3.1 ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ด้านสี กลิ่น รส

3.3.2 ลักษณะทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารซีลีเนียม

3.4 การประเมินระดับความพึงพอใจ ในเยลลี่ที่ผลิตจากสาหร่ายไถ

4. ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

4.1 ระยะเวลาที่ใช้เป็นเวลา 1 ปี เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2551 ถึง 31 มีนาคม 2552

4.2 สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการทดลองวิจัยสาขาเคมีวิเคราะห์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

4.3 สถานที่ทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารต่างๆ คือ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **สาหร่ายไถ** หมายถึง สาหร่ายสีเขียวน้ำจืดชนิดหนึ่ง พบกระจายทั่วไปโดยยึดเกาะบนก้อนหินหรือสิ่งยึดเกาะอื่น ๆ ตามบริเวณลำน้ำที่ใสและน้ำไหลไม่แรงนัก และมีแสงแดดส่องถึง
2. **เยลลี่** หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำมาจากน้ำผลไม้ที่ได้จากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้สดหรือน้ำผลไม้ ที่ผ่านกรรมวิธีหรือทำให้เข้มข้นหรือแช่แข็งผสมกับสารที่ให้ความหวานและทำให้มีความเหนียวพอเหมาะมีลักษณะเป็นเจลโปร่งแสง
3. **กรรมวิธีการผลิตเยลลี่จากสาหร่ายไถ** หมายถึง การใช้สาหร่ายไถเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเยลลี่
4. **เพกติน** หมายถึง สารประกอบประเภทพอลิแซคคาไรด์ ทำหน้าที่ยึด หรือ Firming agent ในผลไม้และผักหลาย สามารถสกัดได้จากเปลือกผลไม้ตระกูลส้มและพบได้ในเนื้อผลไม้ เช่น แอปเปิ้ลและฝรั่ง
5. **สารต้านอนุมูลอิสระ** หมายถึง สารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) หรือสารที่สามารถเข้าจับกับอนุมูลอิสระแล้วยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลเป้าหมาย ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และ DNA
6. **คุณลักษณะทางกายภาพ** หมายถึง ลักษณะสี กลิ่นและรส ของเยลลี่ที่ผลิตจากสาหร่ายไถ
7. **คุณสมบัติทางเคมี** หมายถึง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารซีลีเนียม
8. **การประเมินคุณภาพของเยลลี่** หมายถึง การประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ และการประเมินคุณภาพด้านเคมี

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

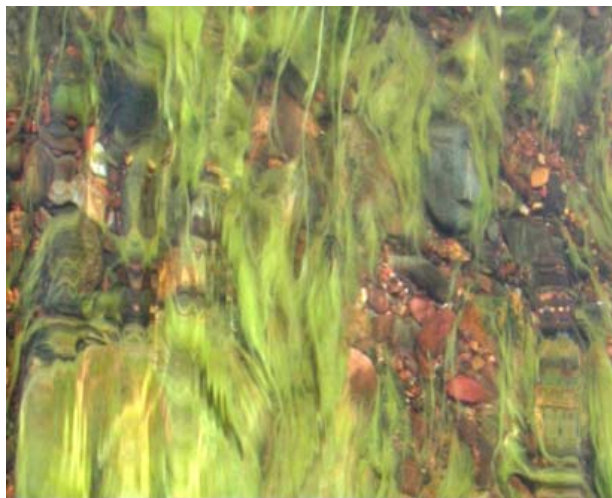
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ได้แก่

1. ข้อมูลพื้นฐาน
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ข้อมูลพื้นฐาน

1.1 ข้อมูลพื้นฐานสาหร่ายไถ

สาหร่ายไถเป็นสาหร่ายสีเขียว (Green algae) อยู่ใน Division Chlorophyta จัดเป็นพืชชั้นต่ำที่มีคลอโรพิลล์จึงสามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารได้เอง เป็นสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเส้นสาย บางชนิดแตกแขนง บางชนิดไม่แตกแขนง ซึ่งเกิดขึ้นในบริเวณลำน้ำที่ใสและน้ำไหล อีกทั้งมีแสงส่องถึง โดยน้ำจะต้องใสสะอาดมีคุณภาพดี สาหร่ายไถจึงจะเกิดขึ้น โดยสาหร่ายไถจะยึดเกาะบนก้อนหิน หรือสิ่งยึดเกาะอื่น ๆ จะไม่พบสาหร่ายไถในน้ำที่สกปรก



ภาพประกอบ 1 ลักษณะสาหร่ายไถในสภาพธรรมชาติ

ที่มา: www.ist.cmu.ac.th/riseat/nl



ภาพประกอบ 2 ลักษณะสาหร่ายไถ

ที่มา: www.ist.cmu.ac.th/riseat/nl/



ภาพประกอบ 3 ลักษณะสาหร่ายไถตากแห้ง

ที่มา: www.ist.cmu.ac.th/researchunit/AARL/kai.htm - 7k -

สาหร่ายไถเมื่อเปียกน้ำจะมีลักษณะนุ่มนิ่มมือ และเมื่อบีบน้ำออกหรือทำให้สะเด็ดน้ำจะรู้สึกตากมือนิด ๆ มีลักษณะเป็นเส้นใยสายยาวที่แตกแขนง ได้มองดูคล้ายเส้นผมคนเราหรือรากฝอยของพืช ในประเทศไทยจะพบสาหร่ายชนิดนี้ใน 2 แห่ง คือ แม่น้ำน่าน จังหวัดน่าน และแม่น้ำโขง บริเวณอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย สำหรับในลำน้ำน่านจะพบสาหร่ายไถ ตลอดลำน้ำตั้งแต่ต้นน้ำน่านในอำเภอทุ่งช้าง จนถึงปลายแม่น้ำในอำเภอเวียงสา จะพบสาหร่ายชนิดนี้ขึ้นเจริญเติบโตเป็นแผงเต็มพื้นที่ในลำน้ำน่าน แต่จะมีมากน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งยึดเกาะที่สาหร่ายจะเจริญได้ คือก้อนหินขนาดใหญ่

เล็ก มีน้ำใสไหลตลอด โดยมีความลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร ในน้ำขุ่นหรือพื้นที่องน้ำเป็นดินทรายจะไม่พบสาหร่ายไก่อ ซึ่งสาหร่ายชนิดนี้ไม่ได้เจริญทั้งปีแต่จะเจริญในช่วงฤดูแล้ง คือ ฤดูหนาวต่อกับต้นฤดูร้อน ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง เมษายน เมื่อมีฝนตกลงมา น้ำในลำน้ำจะขุ่น สาหร่ายเหล่านี้ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้จะทยอยตายไปจนหมด การเก็บสาหร่ายไก่อจากแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น ชาวบ้านจะรอให้สาหร่ายเจริญเต็มที่ซึ่งจะมีขนาดยาวมากตั้งแต่ครึ่งเมตร ไปจนถึง 4-5 เมตร โดยการ "จักไก่อ" ซึ่งก็คือ การดึงสาหร่ายที่มีขนาดยาวพอเหมาะออกจากก้อนหินแล้วส่ายไปมาในน้ำให้ดินหรือสิ่งเกาะมาหลุดออกไปพาดไว้บนท่อนแขน สะสมไปเรื่อย ๆ จนมากพอที่จะมัดให้เป็นกลุ่มก้อน นำไปตากหรือแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ ต่อไป ชาวพื้นบ้านโดยทั่วไปนิยมนำมาบริโภคกันมาก เพราะเชื่อว่าสาหร่ายไก่อมีคุณสมบัติทั้งด้านโภชนาการ และเป็น ยาอายุวัฒนะ นอกจากจะรักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง ระบายความร้อน ดับกระหาย รักษาพิษของแผลสด อันเนื่องมาจากบาดแผลจากคมมีด หรือจากแมลงสัตว์กัดต่อยแล้ว ยังทำให้ร่างกายกระชุ่มกระชวย ชะลอความแก่ ผดผดดำ จากความมากมายของสาหร่ายไก่อ ในลำน้ำนานและลำน้ำโขงนี้เอง ทำให้เกิดภูมิปัญญาชาวบ้าน นำสาหร่ายเหล่านี้ไปแปรรูปเป็นอาหาร อาหารดั้งเดิมที่ชาวบ้านทั้ง 2 แหล่งน้ำ ทำมาจากสาหร่ายชนิดนี้ คือ "ไก่อยี" และ "ห่อหนึ่งไก่อ" ต่อมาก็มีการประยุกต์โดยการแปรรูปสาหร่ายไก่อให้เป็นสาหร่ายแผ่นกรอบปรุงรส ข้าวเกรียบไก่อ ขนมปังไก่อ เส้นบะหมี่ไก่อ หมูยอสาหร่ายไก่อ ลูกชิ้นหมูสาหร่ายไก่อ น้ำพริกสาหร่ายไก่อ เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ทุกอย่างผสมสาหร่ายไก่อได้นำออกมาจำหน่าย แต่เป็นการจำหน่ายภายในชุมชน ตัวเมือง หรือภายในจังหวัดที่ตนเองอยู่ และมักจะเป็นช่วงสั้น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ออกมายังต้องมีการปรับปรุงบ้างในเรื่องคุณภาพที่ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน รวมทั้งผลิตภัณฑ์ยังมีความหลากหลายเฉพาะกลุ่ม จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายในกลุ่มอื่น ๆ ให้มากขึ้นและสามารถจำหน่ายได้กว้างขวางขึ้นกว่าปัจจุบัน

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสาหร่ายไก่อ เพื่อนำมาประกอบอาหารในประเทศไทยมีหลายประเภท เช่น ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้รับทุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ให้ทำการศึกษาศักยภาพของสาหร่ายขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา โดยทำการศึกษาสาหร่ายไก่อในลำน้ำนาน เป็นระยะเวลา 3ปี ตั้งแต่ ปี 2545-2548 และที่สำคัญยิ่งคือการแปรรูปเพื่อเป็นอาหารของสาหร่ายไก่อได้มากขึ้นกว่าในปัจจุบัน สามารถเก็บไว้ได้นาน โดยคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลง และสามารถจำหน่ายได้กว้างขวางทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยมีจุดประสงค์ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถจำหน่ายได้อย่างยั่งยืนและมั่นคง นอกจากนั้นคณะวิจัยยังพยายามพัฒนา ไก่อยี ซึ่งเป็นภูมิปัญญาดั้งเดิมของชุมชนอยู่แล้วให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะความหืนซึ่งไม่ควรจะมีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ทางด้านคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ สาหร่ายไก่อมีโปรตีน กากใยอาหาร ไขมันวิตามิน และเกลือแร่ นอกจากนั้นในสาหร่ายไก่อยังมีซีลีเนียมซึ่งเป็นเกลือ

แร่ที่สามารถต้านการเกิดอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูงมากอีกด้วยคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถจากลำน้ำน่านได้แสดงไว้ในตารางดังนี้

ตาราง 1 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถ

สารอาหารพื้นฐาน	ปริมาณ(กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)
ความชื้น	6.61
ไขมัน	3.12
โปรตีน (Nx6.25)	19.3
กาก (ใยอาหาร)	21.9
คาร์โบไฮเดรต (โดยการคำนวณ)	30.34
วิตามิน (ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	
วิตามินเอ	ไม่พบ
วิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	6.78
วิตามินบี 1	169.5
วิตามินบี 2	541.1
เกลือแร่ (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	
แคลเซียม	943.9
โซเดียม	716.9
แมกนีเซียม	170.5
เหล็ก	162.0
ซีลีเนียม (ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	460.4

ที่มา: ดัดแปลงมาจากความก้าวหน้าโครงการวิจัย. (2547). ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ: นานาสัตว์น้ำปีที่ 8 ฉบับที่ 2.

1.2 เยลลี่

เยลลี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำมาจากน้ำผลไม้ที่ได้จากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้สด หรือน้ำผลไม้ ที่ผ่านกรรมวิธีหรือทำให้เข้มข้นหรือแช่แข็งผสมกับสารที่ให้ความหวานและทำให้มีความเหนียวพอเหมาะมีลักษณะเป็นเจลโปร่งแสง (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2521)

1.2.1 ประเภทของเยลลี่

ผลิตภัณฑ์เยลลี่สำเร็จรูปที่จำหน่ายในท้องตลาดสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบดังนี้ (สุวรรณ สุภิมารส. 2543)

1.2.1.1 เยลลี่ที่รับประทานเป็นอาหารว่าง (dessert jelly) ส่วนใหญ่ใช้คาราจีแนน ทำให้เกิดเจล มีการเติมน้ำตาล กรดซิตริก สารแต่งสีและสารปรุงแต่งกลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีทั้งรสหวานและรสเปรี้ยว ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พบในท้องตลาด ได้แก่ เยลลี่ตราปีโป้ อิมพีเรียลและเจล

1.2.1.2 เยลลี่ที่รับประทานเป็นขนมหวาน (confectionery jelly) เยลลี่ชนิดนี้มีรสหวานเพียงอย่างเดียวใช้เจลาติน (gelatin) เป็นสารทำให้เกิดเจล และมีการเติมน้ำเชื่อมกลูโคส (glucose syrup) ลงไปด้วย ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่พบในท้องตลาด ได้แก่ เยลลี่ตราจอลลี่แบร์ และโยโย่ พบในรูปของวุ้นซึ่งเป็นขนมไทยแบบต่าง ๆ เช่น วุ้นไข่ วุ้นกะทิ เป็นต้น

1.2.2 ส่วนประกอบของเยลลี่

1.2.2.1 สารที่ทำให้เกิดเจล การผลิตเยลลี่สำเร็จรูปในเชิงอุตสาหกรรมมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ กัม (Gums) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล ชนิดของกัมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ คาราจีแนน เจลาติน และเพกติน (ศรีสุวรรณ อุทธรณผล; และคนอื่นๆ. 2531)

1.2.2.2 น้ำตาล เป็นสารที่ให้ความหวานในผลิตภัณฑ์เยลลี่ ช่วยให้เพกตินตกตะกอนเป็นเจล ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณเพกติน และความเป็นกรดของเนื้อหรือน้ำผลไม้ชนิดนั้น ๆ ถ้าปริมาณ เพกตินมาก ปริมาณน้ำตาลที่ใช้น้ำหนักของผลไม้ก็มากด้วย ถ้าผลไม้มีความเป็นกรดสูง (เปรี้ยว) ปริมาณน้ำตาลที่ใช้น้ำหนักผลไม้หรือน้ำผลไม้ต่ำ ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ไม่ควรสูงกว่า 70 องศาบริกซ์ (วัดโดยรีแฟคโตมิเตอร์) สารให้ความหวานที่อนุญาตให้ใช้ในเยลลี่ ตาม มอก. 236-2521 มีหลายชนิด ได้แก่ น้ำตาลซูโครส (sucrose) น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) อินเวิร์ตไซรัป (invert syrup) เดกซ์โตรส (dextrose) ฟรุกโตสไซรัป (fructose syrup) กลูโคสไซรัป (glucose syrup) และดรายกลูโคสไซรัป (dried glucose syrup)

1.2.2.3 สารควบคุมความเป็นกรดและควบคุมความเป็นกรดต่าง (acidifying และ pH regulating agents) มีความสำคัญต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์และช่วยให้เจลอยู่ตัวมากขึ้น ถ้ามีกรดมากเกินไปจะทำลายความอยู่ตัวของเจลได้ โดยปกติความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของเยลลี่อยู่ระหว่าง pH 2.8 – 3.5 ส่วน pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ pH 3.2 ในการปรับความเป็นกรด-ด่าง ของเยลลี่

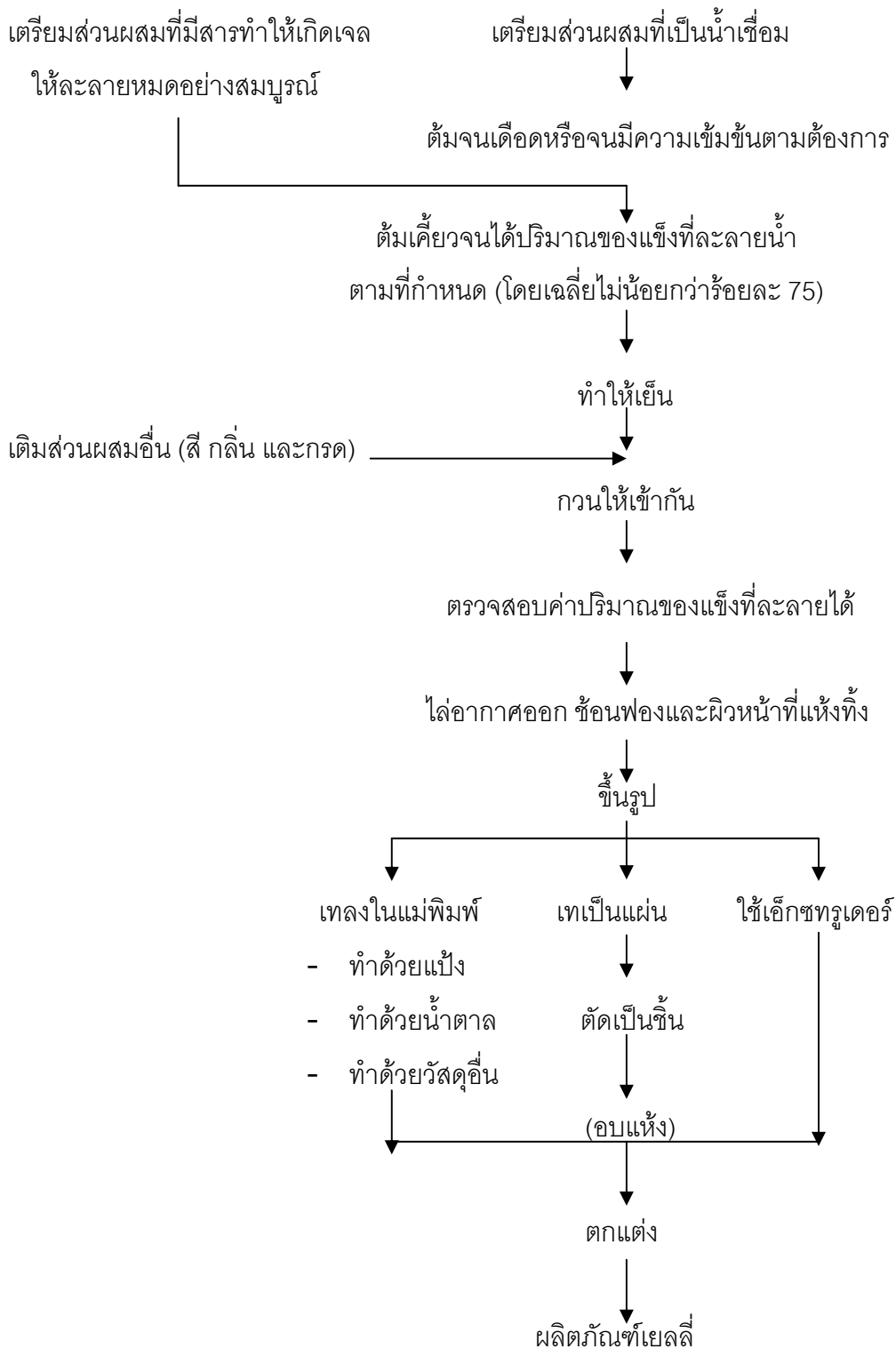
ตาม มอก.263-2521 ได้กำหนดสารที่ใช้เพิ่มและควบคุมความเป็นกรด-ด่าง ได้แก่ กรดซิตริก (citric acid) กรดมาลิก (malic acid) กรดแลคติก (lactic acid) กรดฟูมาลิก (fumaric acid) และเกลือ โซเดียม โปตัสเซียมและแคลเซียมของกรดเหล่านี้ โซเดียมและโปตัสเซียมไบคาร์บอเนต

1.2.2.4 สี กลิ่นรส หรือน้ำผลไม้ จะช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะน่ารับประทาน เพิ่มขึ้น น้ำผลไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสมในเยลลี่ต้องเป็นน้ำผลไม้แท้ หรือน้ำสกัดได้จากผลไม้ที่ผ่านการกรอง เพื่อให้ใส ปราศจากชิ้นหรือเศษผลไม้ และอาจทำให้ขึ้นโดยการระเหยน้ำออก และน้ำผลไม้หรือน้ำสกัดจากผลไม้ที่ใช้ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2521)

ส่วนประกอบที่สำคัญของเยลลี่ผลไม้ประกอบด้วยน้ำตาล น้ำผลไม้ และสารที่ทำให้เกิดเจล ดังนั้นเยลลี่ จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการในด้านพลังงานเป็นส่วนใหญ่ โดยใน ส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม ให้สารอาหารหลักคือ พลังงาน 273 กิโลแคลอรี มีปริมาณเกลือแร่และวิตามินเล็กน้อย แต่ถ้าเป็นวุ้นกะทิ มีคุณค่าด้านไขมันเพิ่มขึ้น หรือวุ้นสังขยา มีคุณค่าด้านโปรตีนเพิ่มขึ้น (กรมวิชาการเกษตร. 2543)

1.2.3 กรรมวิธีในการผลิตเยลลี่

ขั้นตอนในการผลิตเยลลี่ แสดงดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 กระบวนการผลิตเยลลี่สำหรับพายโก

ที่มา: สุวรรณา สุภิมารส. (2543)

1.2.4 เยลลี่อ่อน

เยลลี่อ่อน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะกึ่งแข็ง อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพรเคี้ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดได้สนิท (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547)

1.2.4.1 คุณลักษณะที่ต้องการ

- ก. ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นก้อนวุ้น และคงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะบรรจุ
- ข. สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ
- ค. กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์
- ง. ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องนุ่ม หยุ่นตัว ไม่แข็งกระด้าง

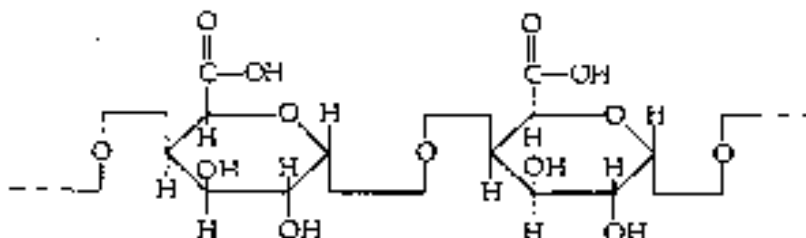
1.3 เพกติน

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

เพกตินที่พบในผลไม้มีทั้งรูปที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า โปรโตเพกติน (protopectin) และรูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งประกอบด้วยกรดเพกทินิก (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 5 โครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์สายหลักของเพกติน

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

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

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

1.3.2 ชนิดของเพกติน

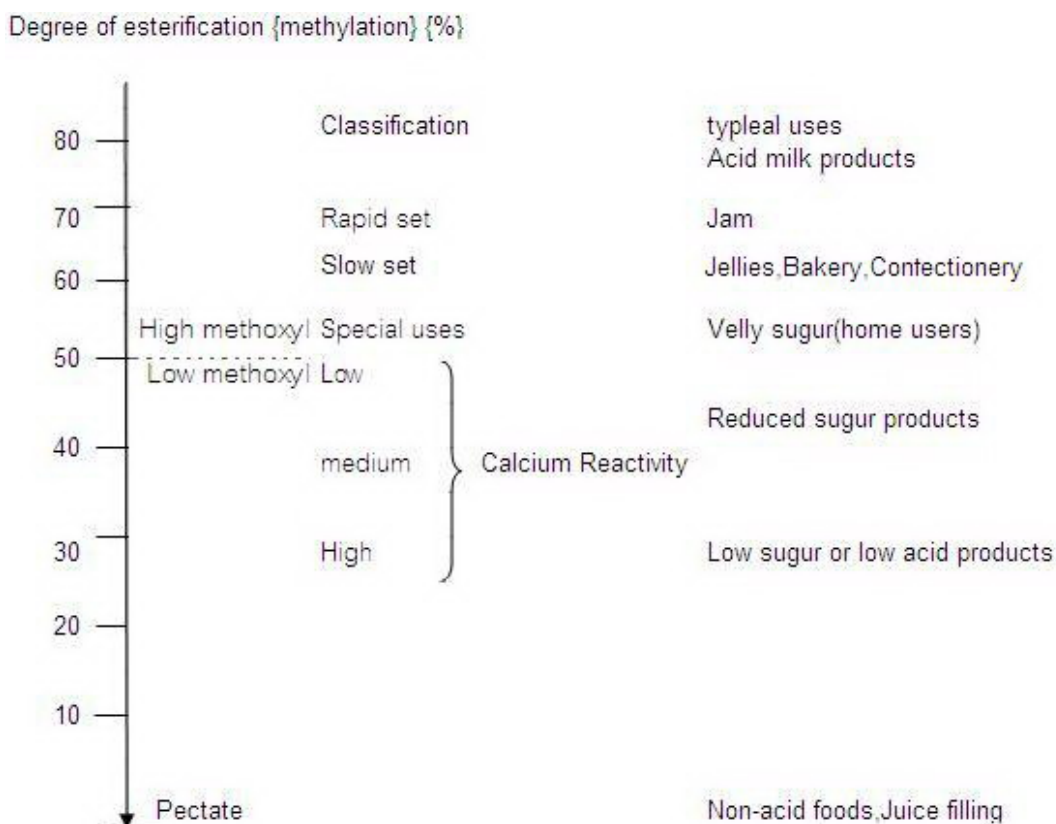
เพกตินในทางการค้าแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามค่า degree of methylation คือ เพกตินชนิดเมทอกซีสูง และเพกตินชนิดเมทอกซีต่ำ (Rolin; & De Vries. 1990)

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 เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเซตตัวของเจลดน้อย ช่วยป้องกันการจมตัวของผลไม้

• ชนิด slow set จะมีค่าDM อยู่ระหว่าง 55-70% เพกตินชนิดนี้จะเกิดการเซตตัวเป็นเจลช้า การเกิดเจลต้องมีปริมาณน้ำตาลในระบบสูง คุณสมบัติที่ใช้ในการเซตเจลจะต่ำกว่าชนิดแรก เหมาะในการนำมาใช้ทำเยลลี่และผลิตภัณฑ์ลูกกวาดชนิดอื่น ๆ (May. 1997)

ข. เพกตินชนิดเมทอกซีต่ำ (Low methoxyl pectin) คือเพกตินที่มีค่า DM ตั้งแต่ 50% ส่วนใหญ่จะมีค่า DM อยู่ในช่วง 20-40% แต่ในทางการค้าจะนิยมใช้ค่า DM อยู่ในช่วง 20-40% (Dumitriu. 1998) การเกิดเจลโดยเพกตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้โดยต้องมีแคลเซียมไฮดรอกไซด์อยู่ด้วยอย่างเพียงพอต่อการเกิดเจล (May. 1997) อาจใช้น้ำตาลในปริมาณเพียงเล็กน้อยหรือไม่ใช้เลยก็ได้ (Axelos; & Thibault. 1991) เพกตินชนิดเมทอกซีต่ำ ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มตามอัตราในการเกิดปฏิกิริยากับอนุมูลของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ คือกลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมสูง จะมีค่า DM มาก และเกิดเจลได้เร็วที่สุด กลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมปานกลาง จะมีค่า DM ปานกลาง และกลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมต่ำจะมีค่า DM ต่ำโดยการเกิด เจลของเพกตินชนิดเมทอกซีต่ำทั้ง 3 กลุ่ม จะเกิดเจลได้เร็ว ปานกลาง และช้า ตามลำดับ ชนิดของเพกติน และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร แสดงดังรูป 6



ภาพประกอบ 6 การแบ่งชนิดของเพกตินตามค่า DM และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์
ที่มา: May. (2000)

1.3.3 สมบัติของเพกติน

ก. การละลายของเพกติน เพกตินสามารถละลายได้ในน้ำเย็นและให้สารละลายที่มีความหนืด การละลายเพกตินจะต้องคนให้ผงเพกตินกระจายตัวในน้ำอย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเป็นชั้นเจลเคลือบผิวบนอกของก้อนเพกติน 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 เป็นการทำให้เพกตินเปียกหรือกระจายตัวในของเหลวที่เพกตินไม่ละลาย เช่น แอลกอฮอล์และไอโซโพรพานอล โดยเติมเพกตินลงไปให้กระจายตัวในสารดังกล่าวแล้วจึงเติมน้ำ และคนอย่างต่อเนื่อง

- วิธีที่ 3 โดยการใส่ผสมผงเพกตินกับน้ำตาลทรายให้เข้ากัน 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) และเมื่อพีเอชของสารละลายเพกตินเจือจางมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น เกลือที่มีค่าประจุ +1 จะส่งผลทำให้ค่าความหนืดของสารละลายเพกตินลดลง เนื่องจากแรงดึงดูดประจุลดลง

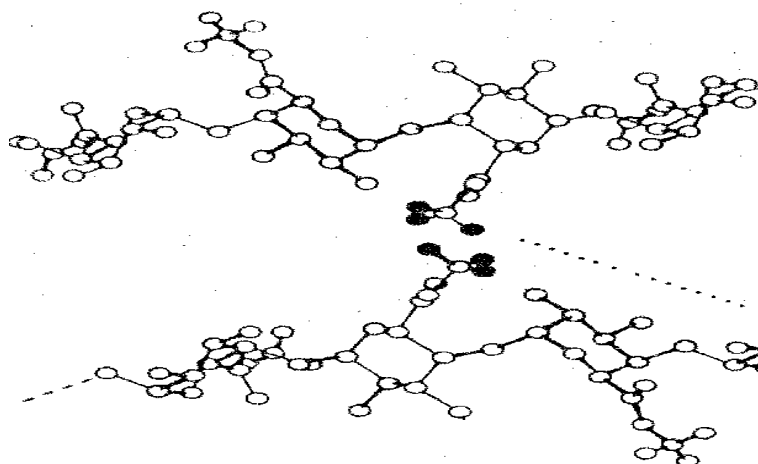
สารละลายเพกตินเจือจางของเพกตินที่ไม่มีไอออนของแคลเซียมปนอยู่ พบว่าความหนืดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชมีค่าลดลงในช่วงพีเอชจาก 5.5 จนถึง 2.2 ส่วนพีเอชที่อยู่ช่วงนอกดังกล่าวหากมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดจะสูงขึ้นตามไปด้วย

ค. การเกิดเจล เพกตินชนิดเมทอกซีสูงจะเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีพีเอชต่ำ มีค่าน้ำอึสระต่ำ หรือมีความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้สูง และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดเจล โดยพีเอชที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของเพกตินชนิด Slow set และ rapid set คือในช่วงประมาณ 3.2 และ 3.4 ตามลำดับ (Nussinovitch. 1997) การกวนหรือการกระทบกระเทือนในช่วงที่เพกตินกำลังสร้างเจล จะทำให้ได้เจลที่ไม่แข็งแรง โดยทั่วไปเจลเพกตินที่เกิดขึ้นจะไม่สามารถนำมาหลอมละลายได้อีก

ในสภาวะที่มีพีเอชต่ำ แรงผลักดันระหว่างประจุบนโมเลกุลของเพกตินจะลดลง ทำให้โมเลกุลของเพกตินเข้ามาใกล้กันได้มากขึ้น และในสภาวะที่มีค่าน้ำอึสระต่ำ หรือมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่ในปริมาณสูง แรง Hydrophobic interaction ระหว่างหมู่เอสเทอร์จะมีความคงตัวมากขึ้น ดังนั้นในสภาวะของค่าพีเอชและค่าน้ำอึสระที่เหมาะสม สายพอลิเมอร์ของเพกตินจะรวมตัวกันเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายสามมิติ(Oakenfull; & Scott. 1984) และคงตัวอยู่ได้ด้วยแรงดึงดูดจากพันธะไฮโดรเจน และพันธะไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic interaction) ที่เกิดระหว่างหมู่เมทิล (Dumitriu. 1998) ซึ่งจากการศึกษาการเกิดเจลในเพกตินชนิดเมทอกซีสูงด้วยวิธี X-ray diffraction และพิจารณาค่าพลังงานอิสระมาตรฐานของการเกิดเจล พบว่าแรงสำคัญระหว่างโมเลกุลที่ทำให้เกิด 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 7 โครงสร้างของ junction zone ในเจลเพกตินชนิดเมทอกซีสูง
ที่ได้จากการศึกษาด้วย X-ray diffraction

ที่มา: Oakenfull; & Scott. (1984)

จ. ชนิดและความเข้มข้นของน้ำตาล น้ำตาลเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดเจล โดยทำหน้าที่เป็น diffraction agent และเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างตาข่าย (Crandall; & Wicker. 1986) น้ำตาลจะตั้งชั้นของน้ำที่อยู่รอบ ๆ สายเพกติน ทำให้สายเพกตินเข้ามาใกล้กัน (Oakenfull; & Scott, 1984) เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลในระบบเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้นหากมีน้ำตาลมากเกินไปการเกิดเจลของเพกตินจะลดลง เนื่องจากน้ำส่วนใหญ่จะไปทำลายน้ำตาล ทำให้ไม่เพียงพอต่อการพองตัวและการละลายของเพกติน จึงส่งผลให้เกิดโครงสร้างตาข่ายของเจลลดน้อยลง (Pilgrim; et al. 1991) ชนิดของน้ำตาลก็มีผลต่อความแข็งแรงของเจลเช่นกัน โดยพบว่าการใช้กลูโคส ไซรัปแทนน้ำตาลซูโครส จะมีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง แต่ค่าพีเอชและอุณหภูมิในการเกิดเจลจะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งผลดังกล่าวจะเกิดขึ้นในกรณีที่ใช้น้ำตาลมอลโทสด้วยเช่นกัน (May. 2000) ส่วนการใช้น้ำตาลฟรักโทสจะมีผลต่อความแข็งแรงของเจลเล็กน้อย แต่จะมีผลทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลต่ำลง (May. 1997) ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของเพกตินชนิดเมทอกซีสูง อยู่ในช่วง 50-80% (Pilgrim; et al. 1991)

ฉ. ชนิดและความเข้มข้นของเพกติน เพกตินทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดเจล โครงสร้างตาข่ายของเจลเพกตินซึ่งสามารถคงตัวอยู่ได้ด้วยพันธะไฮโดรเจนและพันธะไฮโดรฟอบิก จะอัมสารละลายไว้ภายในโครงสร้างดังกล่าว (Oakenfull. 1991) หมู่เมทิลที่มีอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลของเพกตินจะมีความสำคัญต่อการเกิดเจล เนื่องจากพันธะไฮโดรฟอบิกที่เกิดขึ้น จะเกิดโดยหมู่เมทิลบนสายโซ่ของเพกติน 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) ดังนั้นการลดค่าพีเอช หรือการมีปริมาณไฮโดรเจนไอออนเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้คุณสมบัติที่ใช้ในการเกิดเจลสูงขึ้น และเจลที่ได้จะมีความแข็งแรงมากขึ้น การลดค่าพีเอชลงเรื่อย ๆ จนถึงจุด ๆ หนึ่ง จะทำให้คุณสมบัติในการเกิดเจลเพิ่มขึ้นจนเข้าใกล้จุดคุณสมบัติที่เจลเกิดการแยกตัว (deposit) ซึ่งที่ค่าพีเอชต่ำกว่านี้ จะทำให้เพกตินสร้างเจลบางส่วนก่อนกำหนด (pre-gel) และเจลของเพกตินที่ได้จะไม่แข็งแรง และไม่เหนียวเหนียวกัน นอกจากนั้นยังสามารถเกิด syneresis ได้ง่ายด้วย (May. 2000)

1.4 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 ยังมีการนำเพกตินมาใช้ในการผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น ใช้ทำไส้ขนม เจลเคลือบผิว หรือใช้แต่งหน้าเค้ก เป็นต้น ในผลิตภัณฑ์นม นิยมใช้เพกตินเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดและความคงตัว เช่น นมเปรี้ยวและโยเกิร์ต (May. 2000)

1.5 อนุมูลอิสระ (free radical)

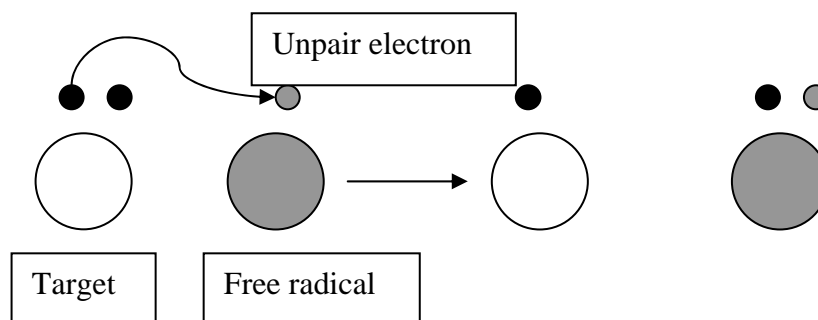
อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่ เมื่อมีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่จึงทำให้โมเลกุลนั้นไม่เสถียร จึงพยายามจับอิเล็กตรอนจากโมเลกุลข้างเคียงให้มีอิเล็กตรอนครบคู่เพื่อความเสถียร เมื่อโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงถูกดึงอิเล็กตรอนออกไปต้องไปจับเอาอิเล็กตรอนจากอะตอมหรือโมเลกุลข้างเคียงตัวอื่นต่อไปเป็น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

อนุมูลอิสระที่พบจริงและเกิดขึ้นในร่างกายมนุษย์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า (พินิตา กุลประสูติติก : 2548) แต่เกิดได้ทั้งภายในและภายนอกร่างกาย สามารถพบได้มากที่ ระบบเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง ทำให้ เกิดอาการผิวหนังเสียความยืดหยุ่น เกิดฝ้า ตกกระ หรืออาจ มีอาการข้อเสื่อมได้ถ้าอนุมูลอิสระเข้าไปทำลายที่ไขข้อกระดูก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า อนุมูลอิสระมีผลมากในทางทำให้เกิดสภาวะเสื่อม ทำให้ระดับเซลล์เสียหายได้หลายรูปแบบ เช่น อาจช่วยกระตุ้นให้สารก่อมะเร็งมีฤทธิ์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกิดการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อ ตลอดจนอาจทำลายโครงสร้างทางเคมีของ ดี เอ็น เอ หรือ โครโมโซม อนุมูลอิสระสร้างความเสียหายต่อชีวโมเลกุลมาก โดยเฉพาะการออกซิไดซ์ไขมันซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียสภาพเป็นเหตุให้เกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัวและความยืดหยุ่นน้อยลง อีกทั้งยังเข้าจู่โจมทำให้เกิดการแตกหัก และโปรตีนรวมตัวเป็นก้อน ทำให้เอนไซม์เสื่อมสภาพ ฮอริโมนทำงานไม่ปกติ 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 หากร่างกายได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ต ภายในร่างกายก็จะเกิด ซิงเกิลต ออกซิเจนจำนวนมากเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น มะเร็งผิวหนัง และเป็นอันตรายต่อผิวหนัง

4. อนุมูลอิสระไฮดรอกซิล มีฤทธิ์ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันรุนแรง กล่าวคือ ถ้ามีอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล อยู่ในร่างกายเพียงชนิดเดียวก็ทำให้บุคคลคนนั้น มีโอกาสเสียชีวิตถึง 50 % เป็นอนุมูลอิสระที่ทำให้ร่างกายแก่เร็ว เกิดโรคมะเร็ง และโรคในผู้สูงอายุเป็นต้น



ภาพประกอบ 8 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 เขม่าจากโรงงานและควันบุหรี่ เป็นต้น (Borek. 1997 : 52-60)

1.6 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 ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (Superoxide dismutase) (SOD) พบในเม็ดเลือดแดง เอนไซม์คะตะเลส (catalase) พบในไซโตซอล ของเซลล์ (Michiels; et al. 1994 : 235-248) และสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ เช่น โคเอนไซม์คิวเทน (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. เกลือแร่ ได้แก่ ทองแดงและสังกะสี เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส และซีลีเนียมเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathioneperoxidase) (Michiels; et al. 1994 : 235-248)

3. สารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ได้แก่ โคเอนไซม์เอนไซม์คิวเทน (Beyer. 1992 : 390-403) สารสกัดจากเมล็ดองุ่น สารสกัดจากเปลือกลูกสน (Jayaprakasha; Singh; & Sakariah. 2001 : 285-290) กรดแอลฟา-ไลโปอิก (Scott; et al. 1994 : 119-133) และสารประกอบฟีนอลิก (Velioglu; et al. 1998 : 4113-4117) ซึ่งเป็นสารประกอบที่หาได้จากการเมทาบอลิซึม ในพืชทั่วไป ประกอบด้วยสารประกอบสำคัญได้แก่ โพรแอนโทไซยานินส์ (proanthocyanidins) อนุพันธ์ของกรดแกลลิก (gallic acids) และอนุพันธ์ของกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิค (hexahydroxydiphenic acid) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) โดยสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญคือ ฟลาโวนอยด์

ประกอบด้วย catechin, proanthocyanins, anthocyanidins, flavone, flavonols และ glycosides ของสารเหล่านี้ (Baskin; & Salem. 1997: 56)

ในพืชที่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมักจะมีสารประกอบหลักคือสารฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และแอนโทไซยานินซึ่งพบทั่วไปในใบ ลำต้นและเปลือกของพืช กลไกในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะอยู่ในรูปของการกำจัดอนุมูลอิสระ การให้ไฮโดรเจนอะตอม และการกำจัดออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน รวมทั้งการรวมตัวกับโลหะ สารต้านอนุมูลอิสระมีคุณสมบัติอย่างมากต่อระบบที่สำคัญต่าง ๆ ในร่างกาย ได้แก่ ระบบหลอดเลือดและหัวใจ ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบกลุ่มเซลล์ประสาทที่ทำงานเฉพาะในสมอง การต่อต้านการเกิดโรคมะเร็งต่างๆและการชะลอความชรา รวมทั้งกระบวนการต่าง ๆ ที่โดดเด่นในการปกป้องชีวิต ระบบต่างๆเหล่านี้เกี่ยวข้องกับโดยตรงกับสุขภาพร่างกายของเราตัวอย่าง เช่นโรคหัวใจที่เกิดจากการอุดตันของเส้นเลือดที่อาจเกิดขึ้นอย่างฉับพลันซึ่งบางทีอาจเกิดจากการสะสมสารต่างๆที่บริเวณหลอดเลือดทำให้ผนังหลอดเลือดถูกทำลายในกรณีโรคอื่น ๆ เช่นโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer disease) ความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่สามารถตรวจสอบได้อย่างแน่ชัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเมื่อใด ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเซลล์ประสาทในผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์

1.7 ซีลีเนียม (Selenium) และการต่อต้านอนุมูลอิสระ

ซีลีเนียมเป็นแร่ธาตุชนิดหนึ่ง (หมายเลขอะตอม 34) ที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเป็นส่วนประกอบของโปรตีนที่เรียกว่า selenoproteins ที่สำคัญได้แก่ glutathione peroxidase ซึ่งช่วยในการปกป้องเซลล์จากอนุมูลอิสระ, thioredoxin reductase ซึ่งช่วยในการแบ่งตัวและป้องกันการตาย (apoptosis) ของเซลล์, และ deiodenase ซึ่งช่วยในการสร้าง ฮอร์โมนไทรอยด์

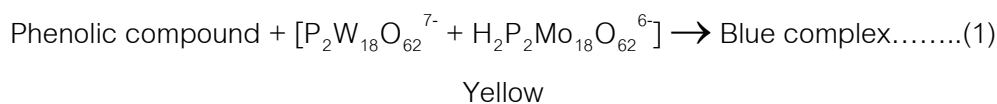
ซีลีเนียมในธรรมชาติมีทั้งที่เป็นสารประกอบอนินทรีย์ (inorganic) เช่น โซเดียมซีลีไนด์ (Na_2SeO_3) และ โซเดียมซีลีเนต (Na_2SeO_4) และสารประกอบอินทรีย์ (organic) เช่น selenomethionine, selenocysteine, และ methylselenocysteine โดยที่พืชและพืชบางชนิดสามารถที่จะเปลี่ยนซีลีเนียมจากอนินทรีย์ไปเป็นสารประกอบอินทรีย์ได้ คนที่ขาดซีลีเนียม จะมีภูมิคุ้มกันต่ำ มีภาวะต่อมไทรอยด์ทำงานน้อย และมีภาวะกล้ามเนื้อหัวใจทำงานผิดปกติเนื่อง จากซีลีเนียมเป็นแร่ธาตุที่มีอยู่ในดิน ในอดีต แหล่งอาหารที่มีซีลีเนียมก็คือพืช ในปัจจุบัน ซีลีเนียมได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เนื่องจากหมู และวัว ที่เลี้ยงด้วยซีลีเนียมจะไม่เจ็บป่วยง่าย และสภาพของเนื้อจะแดงสดและสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น ทำให้ในปัจจุบัน เนื้อหมูและวัวจากโรงงานจึงเป็นอาหารที่มีซีลีเนียมสูง ในปัจจุบัน ซีลีเนียมที่ได้จากบิวเวอร์ียสได้ถูกนำมาใช้เป็นอาหารเสริมเพื่อต่อต้าน อนุมูลอิสระ และยังมีราคาไม่แพง แต่เนื่องจากซีลีเนียมที่อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์

จะกระตุ้นการเกิด อนุมูลอิสระและอาจมีอันตราย จึงไม่สามารถใช้ได้ขนาดสูง ซึ่งแตกต่างจาก ซีลีเนียมในรูปของสารประกอบอินทรีย์ที่ได้จาก บริวเวอรียีสต์ ยีสต์ (Brewer Yeast) จะสามารถถูกนำไปใช้สร้างเป็น selenoproteins ได้ทันทีนอกจากนั้น บริวเวอรียีสต์ ยังเป็นแหล่งธรรมชาติของเกลือแร่ (เช่นโครเมียม ซึ่งช่วยลดน้ำตาลในเลือด) และวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินบี (ยกเว้น B₁₂) เช่น วิตามิน B₇ หรือ biotin ใน บริวเวอรียีสต์ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเล็บและเส้นผม บริวเวอรียีสต์ยังอุดมไปด้วยโปรตีน (กรดอะมิโน) ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่เป็นมังสวิรัติที่ต้องการอาหารโปรตีนเสริม เนื่องจากการศึกษาพบว่าระดับของซีลีเนียมในผู้ป่วยที่เสียชีวิตจากโรคมะเร็ง จะต่ำกว่าปกติ จึงนำไปสู่การวิจัยศึกษาถึงผลของซีลีเนียมกับการป้องกันมะเร็ง พบว่า ในคนที่ได้รับ ยีสต์ซีลีเนียม ในขนาด 200 ไมโครกรัม ต่อวัน จะลดโอกาสเกิดมะเร็งของปอดได้ 46% มะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ 58% และมะเร็งต่อมลูกหมากได้ 63% นอกจากนี้ การศึกษาต่อมาที่เรียกว่า SU.VI.MAX study ซึ่งทำในชาวฝรั่งเศส 13,017 คน โดยให้วิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดรวมกัน ได้แก่ วิตามินซี (ascorbic acid) 120 mg วิตามินอี 30 mg วิตามินเอ (beta carotene 6 mg) สังกะสี 20 mg, และซีลีเนียม 100 ไมโครกรัม และติดตามการรักษาเป็นเวลานานถึง 7.5 ปี พบว่า การใช้วิตามินร่วมกับซีลีเนียมจะป้องกันมะเร็งได้ผลดีกว่าในคนที่มึ่ระดับของสารอาหารในเลือดต่ำ และในผู้ชาย (ซึ่งมีระดับของสารอาหารในเลือดต่ำกว่าผู้หญิง) อย่างไรก็ตามการรับประทานซีลีเนียมมาก ๆ เกินกว่า 400 ไมโครกรัมต่อวัน จะทำให้เกิดพิษของ ซีลีเนียม (selenosis) ได้ โดยผู้ที่รับประทานซีลีเนียมเกินขนาดจะมีอาการหายใจเป็นกลิ่นคล้ายกระเทียม คลื่นไส้ ผมร่วง และถ้าใช้เกินขนาดเป็นเวลานาน ๆ ก็อาจมีภาวะตับวายได้ ดังนั้น ขนาดที่แนะนำในปัจจุบันจึงไม่ควรเกิน 200 ไมโครกรัมต่อวัน และอาจใช้น้อยกว่านั้นในคนที่รับประทานสารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ ร่วมด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

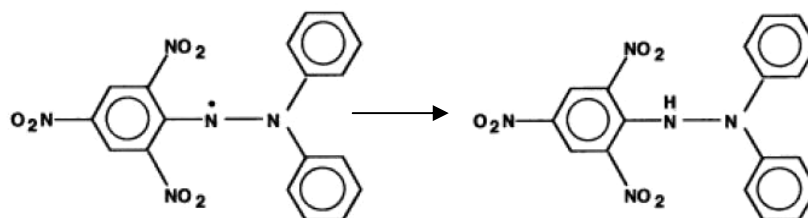
ในการวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวม โดยทั่วไปพบว่าสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญคือ ฟลาโวนอยด์ประกอบด้วยแคทีชิน(catechin)โพรแอนโทไซยานิน (proanthocyanins) แอนโทไซยานิดินส์ (anthocyanidins) ฟลาโวน (flavone) และ ไกลโคไซด์ (glycosides) (Baskin; & Salem. 1997:56)

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



ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกนี้จะวัดค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นสารเชิงซ้อนมีสีฟ้า วัดที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกซึ่งเป็นสารมาตรฐานของสารประกอบฟีนอลิก

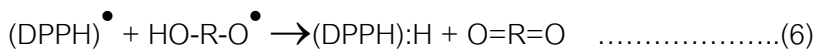
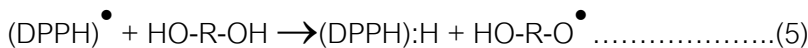
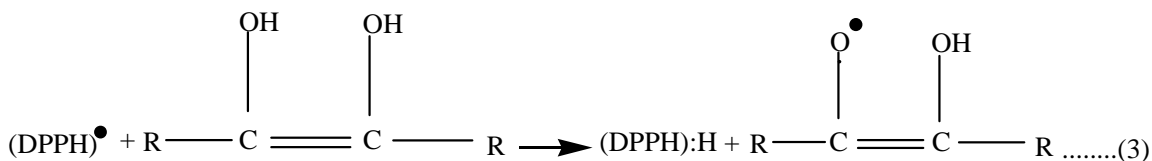
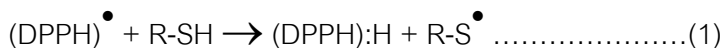
การตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระที่ใช้ในการศึกษานี้คือ DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical เป็นอนุมูลอิสระที่เสถียร(stable free radical) และสามารถรับอิเล็กตรอนได้อีก เพื่อเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ และเมื่อได้รับอะตอมไฮโดเจนจากโมเลกุลอื่นจะทำให้สารดังกล่าวหมดความเป็นอนุมูลอิสระ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



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

ภาพประกอบ 9 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ
ที่มา: Singleton; Orthofer: & Lamuela-Raventos. (1999)

ดังนั้นความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระที่ศึกษานี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในการรวมตัวกับ DPPH ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่เสถียรที่อยู่ในสารละลาย ซึ่งจะเกิดกลไกการยับยั้งแบบ scavenging activity การทดลองนี้จะศึกษาโดยเทคนิควิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมตรี โดยในการทดสอบนี้จะให้ สารละลายDPPH ซึ่งมีสีม่วงเข้ม ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ ในระยะเวลาที่กำหนด พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีม่วงมีสีเข้มลดลง เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่วัดที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร พบว่าค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ลดลงนี้จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสาร DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ ดังนั้นการลดลงของความเข้มข้นของ DPPH (สีอ่อนลง) บ่งบอกถึงความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ ดังสมการ(1)-(5) (Blois. 1958 : 1199-1200)



สำหรับในการตรวจสอบคุณสมบัติสำคัญของน้ำหมักชีวภาพ คือ การตรวจวัดปริมาณค่าความเป็นกรด และ ปริมาณแอลกอฮอล์ ซึ่งในการทดลองนี้จะได้ทำการศึกษาหาปริมาณกรดอินทรีย์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงและวิเคราะห์หาปริมาณเอทิลหรือเมทิลแอลกอฮอล์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี ตามวิธีการที่กำหนดใน มอก.

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายงานด้านการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำเยลลี่ในผักและผลไม้ มีหลายรายงานมากมายแต่จะขอนำมากล่าวพอสังเขปดังนี้

ลาวัลย์ ฉัตรวิรุฬห์. (2539). การพัฒนาเยลลี่ผลไม้เสริมใยอาหารจากแป้งบุก เพื่อทดแทนการบริโภคจากผักและผลไม้ซึ่งเด็ก มักไม่ชอบรับประทาน เมื่อสำรวจความต้องการของเด็ก วัยเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 117 คน พบว่าเยลลี่ผลไม้ที่เด็กชอบรับประทานมากที่สุดคือเยลลี่รสซอว์ ส้ม และสตรอเบอร์รี่ตามลำดับ แต่จากข้อ จำกัดด้านวัตถุดิบจึงทำการ พัฒนาเยลลี่รสส้ม กำหนดปริมาณ ใยอาหารและวิตามินซีร้อยละ 10 ของปริมาณที่เด็กวัยเรียน ควรได้รับในแต่ละวัน พบว่าสามารถใช้แป้งบุกได้ร้อยละ 3.5 ส่วนกรรมวิธีการผลิตพบว่าต้องผสมส่วน ที่เป็นของแห้ง ต่าง ๆ ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วค่อย ๆ เติมนลงในน้ำร้อน คนให้เป็นเนื้อเดียวกันจึงเติมส่วนที่เหลือ จากนั้นจึงบรรจุใน หลอดพลาสติกชนิดทนความร้อนอย่างหนา และผ่านการฆ่าเชื้อ จุลินทรีย์ด้วยวิธีสเตอริไลซ์ ที่อุณหภูมิ น้ำเดือดนาน 16 นาที ผลลัพธ์ที่ได้มีลักษณะเป็นเยลลี่สีส้ม มีชั้นของสับประรด กระจายทั่วไป มีกลิ่นรสของส้ม มีเนื้อสัมผัส ที่นุ่มเหนียว ความหวาน 36 องศาบริกซ์ และปริมาณกรดร้อยละ 0.41 นอกจากนี้ยังมีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ปริมาณการบริโภค 100 กรัมหรือ 3 ชั้น มีคุณค่าทางโภชนาการ ที่สำคัญ คือ พลังงาน 212 กิโลแคลอรี ปริมาณใยอาหารทั้งหมด 3.34 กรัม (ร้อยละ 16.71) แคลเซียม 72.92 มิลลิกรัม (ร้อยละ 9.12) และ วิตามินซี 11.62 มิลลิกรัม (ร้อยละ 23.24) เมื่อทดสอบความชอบ พบว่า ความชอบอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 30 20 และ 5 องศาเซลเซียส โดยพิจารณาการยอมรับเนื้อสัมผัส สามารถเก็บได้นาน 4 12 และ 62 วัน ตามลำดับ

สุภาสินี น้อยสุวรรณ. (2543). การศึกษาการใช้แป้งบุกร่วมกับคาร์ราจีแนน โดยแปรอัตราส่วนของแป้งบุกต่อคาร์ ราจีแนนเป็น 50:50, 60:40 และ 70:30 แปรปริมาณของสารผสมเป็น 2, 3 และ 4% (w/w) พบว่าเยลลี่ที่ใช้แป้งบุกผสมคาร์ราจีแนนในอัตราส่วน 60:40 ที่ระดับ 3 % (w/w) จะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีได้คะแนนใกล้เคียงกับอุดมคติของผู้บริโภค จากนั้นนำมาศึกษาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมโดยแปรปริมาณกรดเป็น 0, 0.3, 0.5, และ 0.7 % (w/w) และศึกษาชนิดของน้ำตาลคือ ซูโครสและฟรุกโทส ปริมาณที่เหมาะสมแปรเป็น 15, 20, 25 และ 30 % (w/w) พบว่าเยลลี่แป้งบุกผสมคาร์ราจีแนน 60:40 ที่ระดับ 3 % (w/w) เติมน้ำตาลฟรุกโทส 30 % (w/w) และปริมาณกรด 0.3 % (w/w) จะให้ลักษณะที่ดีที่สุด ส่วนในเยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัม 60:40 ที่ระดับ 3 % (w/w) พบว่าการเติมน้ำตาลซูโครส 30 % (w/w) และกรด 0 % (w/w) จะให้ลักษณะที่ดี เมื่อนำเยลลี่แป้งบุกผสมที่ได้มาศึกษาการใช้น้ำผักผลไม้ คือ น้ำกระเจี๊ยบน้ำแครอท และน้ำฝรั่ง ทดแทนน้ำที่เติม พบว่าเยลลี่ที่ใช้แป้งบุกร่วมกับคาร์ราจีแนนในน้ำฝรั่งได้รับคะแนนเฉลี่ยทาง ประสาทสัมผัสสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียสพบว่าสามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ 1 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้มากกว่า 4 สัปดาห์ โดยไม่มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์เริ่มต้นในทุกด้านที่ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ($p > 0.05$) และยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ยอดแสง เจริญผล และ อุมารภรณ์ ชุ่มเพ็งพันธุ์. (2544 : รายงานการวิจัย : เยลลี่สมุนไพร (HERBS JELLY) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำสมุนไพร ต่อการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ เยลลี่สมุนไพร โดยทำการศึกษา น้ำสมุนไพร 6 ชนิด คือ น้ำกระเจี๊ยบ น้ำดอกคำฝอย น้ำมะตูม น้ำตะไคร้ น้ำชาเขียว และน้ำมะขาม โดยใช้อัตราส่วน 4 ระดับ คือ น้ำกระเจี๊ยบ ร้อยละ 75

ร้อยละ 50 ร้อยละ 35 และ ร้อยละ 25, น้ำดอกคำฝอย ร้อยละ 100 ร้อยละ 80 ร้อยละ 60 และ ร้อยละ 40, น้ำมะตูม ร้อยละ 100 ร้อยละ 85 ร้อยละ 75 และ ร้อยละ 65, น้ำตะไคร้ ร้อยละ 100 ร้อยละ 80 ร้อยละ 60 และ ร้อยละ 40, น้ำชาเขียว ร้อยละ 100, ร้อยละ 85 ร้อยละ 75 และ ร้อยละ 65, น้ำมะขาม ร้อยละ 75 ร้อยละ 65 ร้อยละ 55 และ ร้อยละ 45 ของส่วนประกอบเยลลี่ทั้งหมด จากผลการทดลอง พบว่า เยลลี่สมุนไพรแต่ละชนิด มีสูตรที่เหมาะสมที่สุดแตกต่างกัน ดังนี้ เยลลี่สมุนไพรจากน้ำกระเจี๊ยบ ที่ร้อยละ 75 น้ำดอกคำฝอย ที่ร้อยละ 60 น้ำมะตูม ที่ร้อยละ 75 น้ำตะไคร้ ที่ร้อยละ 40 น้ำชาเขียว ที่ร้อยละ 75 น้ำมะขาม ที่ร้อยละ 65 และจากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีพบว่า มีปริมาณเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ประมาณ ร้อยละ 1.8 เถ้า (ash) ประมาณ ร้อยละ 1.5 ความชื้น ประมาณร้อยละ 73 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ประมาณร้อยละ 23 ปริมาณโปรตีนและไขมัน ร้อยละ 0 พลังงาน ประมาณ 93 Kcal /100 กรัม การยอมรับของผู้บริโภค ต่อเยลลี่สมุนไพรทั้ง 6 ชนิด อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

เนตรนภาพร ศรีสุข, พัชรภรณ์ อุณะพันธ์, วิภาวีรัตน์ ทาวิรัตน์. (2545). ศึกษาการผลิตเยลลี่เห็ดหูหนูขาวและเห็ดหูหนูดำ โดยนำเห็ดหูหนูขาวและเห็ดหูหนูดำ ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที บั่นผสมกับน้ำอุ่นในปริมาณน้ำต่อเห็ดหูหนู เท่ากับ 2:1, 3:1 และ 4:1 แล้วนำมากรองเพื่อแยกชิ้นเนื้อ ปรับ pH ด้วยกรดซิตริกให้อยู่ในช่วง 2.8-3.5 ทำการระเหยน้ำด้วยหม้อตุ๋น โดยเติมน้ำตาลทรายร้อยละ 60 และ 70 ละลายเป็นน้ำเชื่อม หลังจากนั้นเติมกลูโคสไซรัปร้อยละ 30 และ 40 จนมีลักษณะเหนียว เติมเจลาตินร้อยละ 8, 9 และ 10 เมื่อเจลเซตตัว หยอดเยลลี่ลงแม่พิมพ์ และนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับ พบว่าเยลลี่เห็ดหูหนูขาวปริมาณน้ำต่อเห็ดหูหนู 1:3 น้ำตาลทรายร้อยละ 70 กลูโคสไซรัปร้อยละ 30 และเจลาตินร้อยละ 8 ได้รับคะแนนยอมรับมากที่สุด ส่วนเยลลี่เห็ดหูหนูดำ ปริมาณน้ำต่อเห็ดหูหนู 1:3 น้ำตาลทรายร้อยละ 70 กลูโคสไซรัปร้อยละ 30 และเจลาตินร้อยละ 9 ได้รับคะแนนยอมรับมากที่สุด เมื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพทางเคมีพบว่า มีค่าสีเท่ากับ 2.5Y/8/2 (สีเหลือง) ค่าแรงตัดเท่ากับ 1.708 kgf/mm. มี

ความชื้นร้อยละ 1.64 น้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 0.30 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 510 cfu/g ส่วนเยลลี่เห็ดหูหนูดำ มีค่าสีเท่ากับ 2.5Y/7/4 (สีเหลืองขุ่นเล็กน้อย) ค่าแรงตัดเท่ากับ 1.812 kgf/mm. มีความชื้นร้อยละ 1.96 น้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 0.33 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 420 cfu/g

ศศิธร สิทธิเนตร และ สุนิสา เครือจ้อย. (2545). การศึกษาการผลิตภัณฑ์เยลลี่ใบเตยเสริมว่านหางจระเข้ เป็นการเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ใช้เจลาตินธรรมชาติ และสูตรที่ใช้ผงเจลาตินสำเร็จรูป (JK) โดยสูตรที่ใช้ผงเจลาตินธรรมชาติใช้ในปริมาณ 1.19, 1.48 และ 1.77 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสูตรที่ใช้ผงเจลาตินสำเร็จรูป (JK) ใช้ปริมาณ 1.49, 1.78 และ Ff2.07 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรที่ใช้ผงเจลาตินธรรมชาติและผงเจลาตินสำเร็จรูป (JK) ในปริมาณที่ 1.77 และ 1.78 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนดังนี้คือ 3.23, 3.30, 3.16, 3.34 และ 3.48 ส่วนสูตรที่ใช้ผงเจลาตินสำเร็จรูป (JK) มีคะแนนดังนี้ คือ 3.58, 3.65, 3.76, 3.63, 3.78 และ 3.64 ตามลำดับ และเมื่อนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิของตู้เย็น พบว่าการเก็บรักษาเยลลี่ใบเตยเสริมว่านหางจระเข้ที่ใช้ผงเจลาตินทั้ง 2 ชนิด มีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 3 วัน ทำการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี พบว่ามีความเป็นกรด-ด่าง (pH) = 4.5-4.9 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) = 25-28 B ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Aw) = 0.5-0.6 ปริมาณกรด 0.2% และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 5-12% ส่วนการเก็บรักษาที่ตู้เย็น มีอายุการเก็บรักษา 21 วัน และทำการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี พบว่ามีความเป็นกรด-ด่าง (pH) = 4.1-4.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) = 25-27 B ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Aw) = 0.6-0.8 ปริมาณกรด 0.2% และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 10-12% และทำการตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของเยลลี่ทั้ง 2 สูตร ไม่พบยีสต์ ราและจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจากการเก็บรักษาทั้งอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิเย็น

ณัฐยา คนชื้อ. (2548). การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เยลลี่ชিংพร้อมดื่ม ประกอบด้วยการศึกษากระบวนการสกัดน้ำชিং เพื่อให้ได้น้ำชিংที่มีความเข้มข้นเหมาะสม โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณชিংและเวลาที่ใช้ในการต้ม พบว่า ปริมาณชিংร้อยละ 2.695 และเวลาต้ม 5 นาที เป็นระดับที่เหมาะสม การศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลซูโครสและฟรุคโตส พบว่าที่อัตราส่วน 50:50 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด สำหรับระดับการใช้น้ำตาล กรดซิตริก นูก และคาราจีแนน ที่เหมาะสม ได้แก่ ร้อยละ 28 0.08 0.0052 และ 0.12 ตามลำดับ เมื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ข้างต้นด้วยวิธี Central Location Test (CLT) โดยคัดเลือกเฉพาะผู้บริโภคที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์ชিংจำนวน 366 คน พบว่าผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างมีความชอบผลิตภัณฑ์ในทุกๆ ด้าน และมีโอกาสตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์มากกว่าร้อยละ 80

สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง. (2548). การศึกษาเยลลี่มะเกี๋ยง ที่สกัดได้จากผลมะเกี๋ยง วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และหาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ พบว่าในส่วนของเนื้อและเมล็ดมะเกี๋ยงมีสารออกฤทธิ์ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ คือ Resveratrol Catechol Rutin (quercetin 3-D rutinose) Gallic acid และ Tannic acid เมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์กัมมีมะเกี๋ยงไม่สามารถวิเคราะห์สารออกฤทธิ์เหล่านี้ได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลสูง แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์นี้น่าจะเหมาะกับผู้ที่ต้องการพลังงานเป็นหลักเพราะมีพลังงานเฉลี่ย 307.20 แคลอรีต่อกัมมี 100 กรัม มีปริมาณวิตามิน B₁ วิตามิน B₂ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเยลลี่ คือ ปริมาณผงบุกผสมคาราจีแนนที่อัตราส่วน 50:50 เดิมในปริมาณร้อยละ 1 ของส่วนผสมทั้งหมด ผลิตภัณฑ์มีสีแดงเหลืองที่มีค่าสี L* a* และ b* เป็น 10.23 +7.29 และ +1.93 ตามลำดับ มีค่าแรงกด 0.24 นิวตัน อัตราส่วน น้ำตาลต่อกรด 41:10 นำไปทดสอบ การยอมรับของผู้บริโภคในจังหวัดลำปาง จำนวนไม่น้อยกว่า 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับชอบปานกลาง

รายงานด้านการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารต้านอนุมูลอิสระในพืชต่างๆ มีหลายรายงานมากมาย แต่จะขอนำมากล่าวพอสังเขปดังนี้

ปิยะนันท์. (2547). ศึกษาวิจัยหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดผักปลัง โดยใช้ น้ำ และเมทานอล เป็นตัวทำละลาย ผลจากการทดลองหาปริมาตรสารสกัดแห้ง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และศึกษาการยับยั้ง อนุมูลอิสระ DPPH พบว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังที่สกัดด้วยเมทานอลได้ปริมาณสารสกัดแห้ง และปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ รวมทั้งการมีสมบัติการยับยั้ง DPPH ได้สูงกว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังที่สกัดด้วยน้ำ

ไชยวัฒน์ และคณะ. (2547). ศึกษาวิจัยประเมินฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ของน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 28 ตัวอย่างจาก 24 แหล่งผลิตในเขต 8 จังหวัดพบว่าน้ำหมักชีวภาพมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันแตกต่างกัน โดยวัดเป็นค่าปริมาณวิตามิน ซี วิตามิน อี ใน น้ำหมักชีวภาพ ผลจากการศึกษาวิจัยสามารถแบ่งผลิตภัณฑ์ตามฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันน้อย ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพที่มีส่วนผสมของลูกยอเป็นหลัก กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันปานกลาง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพสูตรผสม มีส่วนผสมของพืชหลายชนิดด้วยกันเช่น กระชายดำ ลูกยอ มะขามป้อม ผลไม้ต่างๆ กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง เป็นผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพที่มีส่วนผสมของ มะขามป้อม สมอไทย สมอพิเภก และสมอเทศ เป็นส่วนผสมหลัก น้ำหมักชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันแตกต่าง

กันอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของวัตถุดิบที่ใช้ กระบวนการผลิต และสภาพการรักษาที่แตกต่างกัน
กันจึงทำให้น้ำหนักชีวภาพ มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันต่างกัน

ไซลินสกี และ โคลโลสกา. (Zielinsky; & Kosłowska. 2000 : 2008-2016). ศึกษา
ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในธัญพืช โดยทำการ
สกัดธัญพืช ได้แก่ wheat, barley, rye, oat และ buckwheat ด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ อะซิ
โตน 80% เอทานอล 80% เมทานอล 80% และน้ำ 100% พบว่าสารสกัดด้วยน้ำที่ได้จาก
buckwheat มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นที่ทำการวิเคราะห์ แต่สาร
สกัดสกัดด้วยน้ำที่ได้จาก wheat, barley, rye และ oat มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูล
อิสระที่มีความสามารถที่ทำการวิเคราะห์ ส่วนสารสกัดด้วย 80% เมทานอลที่ได้จากธัญพืชต่างๆ มี
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ตามลำดับคือ buckwheat > barley > oat > wheat \cong rye
นอกจากนี้ยังพบค่าสหสัมพันธ์สัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีน
อลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆของเมล็ดธัญพืช
ได้แก่ ข้าวทั้งเมล็ด รำ เปลือกข้าว และเอนโดสเปิร์มกับเอมบริโอเป็น 0.96 0.99 0.80 และ 0.99
ตามลำดับ

ธวัชชัย และคณะ. (2547). การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคและผลที่ได้จากการดื่ม
เครื่องดื่มน้ำหนักชีวภาพ ผลจากการวิจัย ความพอใจและประโยชน์จากการดื่มเครื่องดื่มน้ำหนัก
ชีวภาพ ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 71.1) มีความพึงพอใจ ต่อสรรพคุณของเครื่องดื่มน้ำหนักชีวภาพใน
ระดับมากถึงมากที่สุด และร้อยละ (61.7) มีความพอใจต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ ในระดับถึงมาก
ที่สุด ส่วนในเรื่องกลิ่นและสีน้ำบริโภค ราคา และรูปลักษณะของภาชนะบรรจุ มีความพึงพอใจ
ระดับปานกลางถึงมาก ร้อยละ 64.7 ร้อยละ 59.1 และร้อยละ 62.2 ส่วนความรู้สึกลมเมื่อบริโภค
เครื่องดื่มน้ำหนักชีวภาพ ส่วนใหญ่มีความรู้สึกน้อยที่สุดในเชิงลบต่ออาการข้างเคียงต่างๆ ที่เกิดขึ้น
นอกจากนี้ผู้บริโภค ร้อยละ 88.1 ยังมีความเห็นว่าการดื่มเครื่องดื่มน้ำหนักชีวภาพมีผลต่อการช่วย
ประหยัดค่าใช้จ่าย และช่วยลดความถี่ในการไปพบแพทย์ (ร้อยละ 33.2) ประหยัดรายจ่ายในการซื้อ
ยาและผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพอื่นๆ (ร้อยละ 28.5)

ชิดามบารา และคณะ. (Chidambara .et at : 2002). ซึ่งทำการสกัดกากธัญด้วยตัวทำ
ละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ เอทิลแอลกอฮอล์ เมทานอล และน้ำ พบว่า เมทานอลเป็นตัวทำ ละลายที่ ดี
ที่สุด

แวนเดอร์สลูส และคณะ. (Van Der Sluis; et al . 2002). ได้ศึกษาปริมาณสารฟอรีฟีนอลิก
ในน้ำแอปเปิ้ล ที่เกิดจากหาคันน้ำ Applel ด้วยปริมาณต่างๆ พบว่า วิธีการคั้นน้ำแอปเปิ้ล มี
ผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอรีฟีนอลิก โดยน้ำคั้นเดิมจะมี Antioidy ประมาณ 10 % แต่ถ้า

ผ่านความกั้นกรงกาทบางส่วน จะทำให้ Antioidy เพิ่ม 3 % ถ้าผลแอปเปิ้ลสด สารประกอบที่มี สารต้านอนุมูลอิสระมา จะอยู่ในกากใยแอปเปิ้ล แต่ถ้าคั้นเป็นน้ำแล้ว จะมีความเป็นสารต้านอนุมูล อิสระ เป็นปริมาณ 45 %

แดโอ คิม และคณะ. (2003). ได้ทำการศึกษา ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูล อิสระจากลูกพลัม ที่เพาะปลูกในที่ต่างๆกัน 6 แห่ง โดยวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม พบว่ามี ปริมาณฟีนอลิกรวม ตั้งแต่ 174-375 มิลลิกรัม / 100 กรัม กรดแกแลลิก ปริมาณประสิทธิภาพการ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ หาในเทอมวิตามิน ซี พบว่ามีมาก 266-559 มิลลิกรัม / 100 กรัม โดยรวมพบว่า ในลูกพลัมมี ปริมาณการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระรวม แตกต่างกันตามแหล่งที่ปลูก

สำรวย นางทะราช. (2547). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่าง หวานโดย *Saccharomyces cerevisiae* ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงแบบกะ และแบบกึ่งต่อเนื่อง จากการ เลี้ยงยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5048 โดยใช้น้ำข้าวฟ่างหวานความเข้มข้น 16 องศาบริกซ์ เป็นแหล่งคาร์บอนภายใต้สภาวะนิ่งและจำนวนเซลล์ยีสต์เริ่มต้น 1×10^8 เซลล์ต่อ มิลลิลิตร โดยเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำข้าวฟ่างหวาน(พันธคีลเลอร์) พบว่าปริมาณน้ำตาล ชูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุคโทส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยประมาณคือ 88.93, 68.13 , 56.23 และ 160 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และค่า pH ประมาณ 4.96 ค่าความหวานเฉลี่ย 16.01 องศาบริกซ์ พบว่ายีสต์สามารถเจริญได้ดีในอาหารสูตรผลิตเอทานอลโดยมีอัตราการเจริญจำเพาะใน สภาวะนิ่งเป็น 74 % ของอาหารเหลวสูตร YM โดยให้ความเข้มข้นเอทานอลและอัตราการผลิต สูงสุด 68.11 กรัมต่อลิตร และ 3.07 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิต เอทานอลระหว่างการหมักแบบกะและแบบกึ่งต่อเนื่องในระดับขวดเขย่าโดยแปรผันความเข้มข้นของ น้ำตาลเริ่มต้นสามระดับ 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 กรัมเอทา นอลต่อกรัมน้ำตาลที่ใช้ และในการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องพบว่าการใช้ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 18 องศาบริกซ์ สัดส่วนการเติมน้ำหมัก $\frac{1}{4}$ ของปริมาตรน้ำหมัก จะให้ความเข้มข้นเอทานอล 72 กรัมต่อ ลิตร อัตราผลผลิตและผลได้สูงสุดคือ 2.21กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และ 0.53 กรัมเอทานอลต่อกรัม น้ำตาลที่ใช้ เมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมทั้งสองสภาวะมาทำการทดลองในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 5 ลิตร ปริมาตรน้ำหมัก 3.5 ลิตร พบว่าการหมักแบบกะให้ความเข้มข้นเอทานอล อัตราผลผลิต และ ผลได้ เท่ากับ 110.22 กรัมต่อลิตร 1.81 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และ 0.44 กรัมเอทานอลต่อกรัม น้ำตาลที่ใช้ ตามลำดับ โดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 60 ชั่วโมงจึงสามารถเก็บผลผลิตได้ การหมัก แบบกึ่งต่อเนื่องให้ความเข้มข้นเอทานอล อัตราผลผลิต และผลได้ เท่ากับ 84.93 กรัมต่อลิตร 2.66

กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และ 0.46 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ใช้ ตามลำดับ และเวลาที่ใช้ในการเก็บผลผลิตครั้งแรกคือ 26 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลโดยวิธีการหมัก ทั้งสองแบบพบว่า การหมักแบบกึ่งต่อเนื่องให้อัตราผลผลิตและผลได้สูงกว่าการหมักแบบกะ 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

ยุนเฟงลี่ และคณะ. (Yunfengli; et al. 2006). ได้ทำการศึกษาน้ำทับทิม มีความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันโรค atherosclerosis โดยศึกษาในส่วนที่เป็น เปลือก ใบ เมล็ด หา Pomegnnete 28 ชนิด โดยการให้ FRAP (fening reducing antioxidant power) วัดปริมาณฟีนอลิกรวม สารฟลาโวนอยด์ (flavanors) กรด aocorbic พบว่ามีสารฟีนอลิกรวม สารฟลาโวนอยด์ มีมากในเปลือกมากกว่าในเมล็ด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
2. การทดลองเตรียมผลิตเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ และศึกษาคุณภาพของเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ โดยมีขั้นตอนย่อย ดังนี้
 - 2.1 ศึกษาวิธีผลิตเยลลี่
 - 2.2 ศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมี การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารต้านอนุมูลอิสระก่อนและหลังการเป็นเยลลี่ และปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่
3. การประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และรส

1. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1.1 ตัวอย่างพืชที่นำมาวิจัย

สาหร่ายไก่อแห้ง จากจังหวัดน่าน

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 ของบริษัทMerck
- Absolute ethanol เกรดแอนาลาร์ ของบริษัทMerck
- สารละลายมาตรฐาน Selenium
- สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น
- น้ำกลั่น
- ตัวอย่างน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ
- ตัวอย่างเยลลี่สาหร่ายไก่อ

2. วัสดุที่ใช้ในการผลิตเยลลี่

- สหรัยไคแห้ง
- PECTIN CITRUS
- น้ำมะนาว
- น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเยลลี่

- เครื่องครัว
- เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisa รุ่น 205 A
- Hot plate
- เทอร์โมมิเตอร์
- ผ้ากรองน้ำต้มสหรัยไค
- พิมพ์สำหรับบรรจุเยลลี่

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

4.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

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

4.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

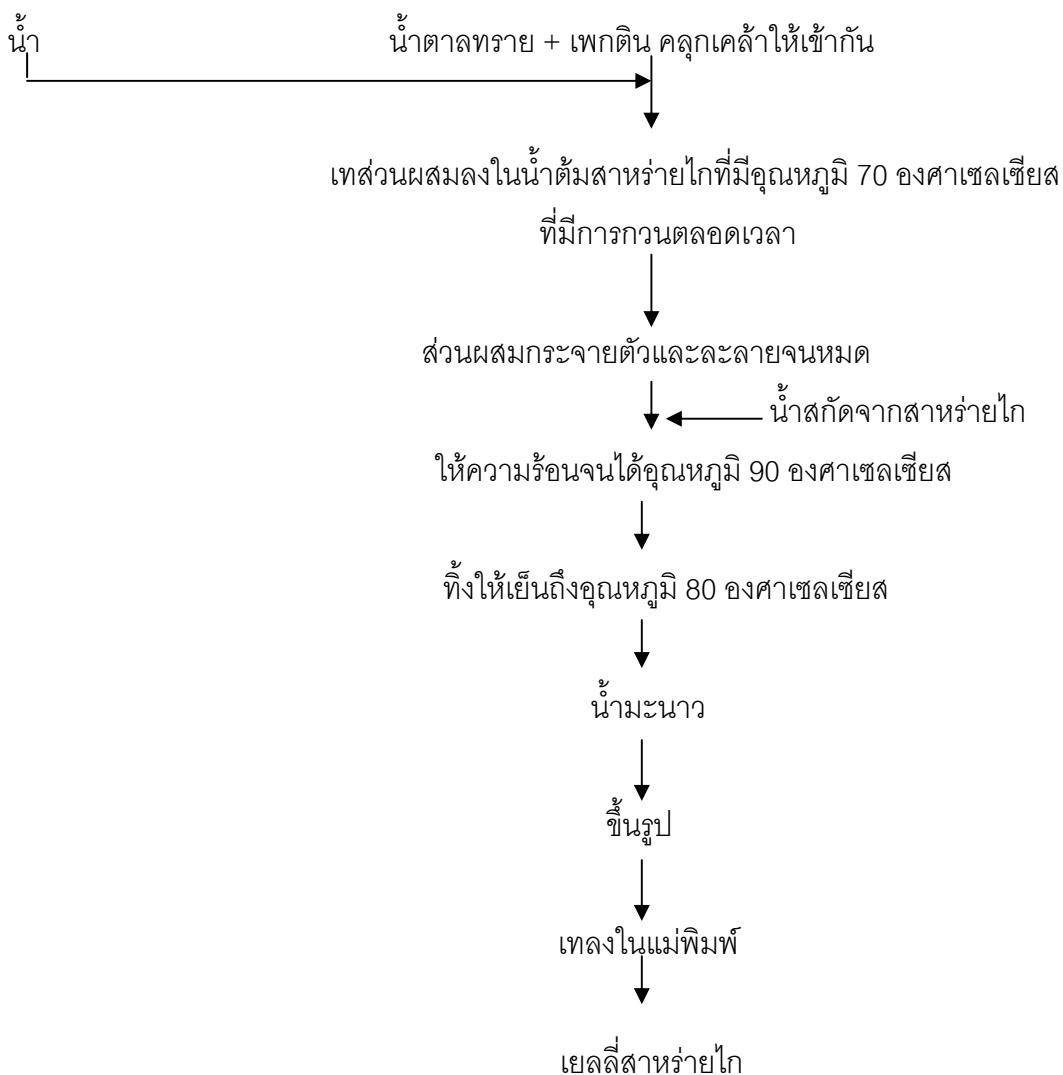
5. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- โปรแกรมสำเร็จรูป

2. การทดลองเตรียมผลิตเยลลี่จากสาหร่ายไถ และศึกษาคุณภาพของเยลลี่จากสาหร่ายไถ

2.1 ศึกษาวิธีการผลิตเยลลี่

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการผลิตเยลลี่จากสาหร่ายไถ โดยทำการทดลองผลิตเยลลี่จากสาหร่ายไถที่มีการแปรผันลักษณะของสูตรการผลิต ซึ่งมีสูตรการผลิตเยลลี่ โดยใช้ น้ำสกัดจากสาหร่ายไถ ตั้งแต่ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก แต่ละสูตรใช้ปริมาณน้ำสกัดสาหร่ายไถ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร, น้ำปริมาตร 56 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำตาลร้อยละ 20, น้ำมะนาวร้อยละ 3 และ เพกตินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ในทำนองเดียวกัน ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณเพกติน โดยได้ทำการแปรผันปริมาณเพกตินที่ระดับร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 ตามลำดับ โดยแสดงแผนภาพการทดลองตามภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 กระบวนการผลิตเยลลี่สาหร่ายไถ

เยลลี่ที่เตรียมได้มีทั้งหมด 12 สูตร โดยมีรายละเอียดดังนี้

สูตร 1	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ5 ผสม เพกติน 0.5 กรัม
สูตร 2	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ5 ผสม เพกติน 1.0 กรัม
สูตร 3	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ5 ผสม เพกติน 1.5 กรัม
สูตร 4	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ10 ผสม เพกติน 0.5 กรัม
สูตร 5	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ10 ผสม เพกติน 1.0 กรัม
สูตร 6	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ10 ผสม เพกติน 1.5 กรัม
สูตร 7	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ15 ผสม เพกติน 0.5 กรัม
สูตร 8	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ15 ผสม เพกติน 1.0 กรัม
สูตร 9	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ15 ผสม เพกติน 1.5 กรัม
สูตร 10	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ20 ผสม เพกติน 0.5 กรัม
สูตร 11	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ20 ผสม เพกติน 1.0 กรัม
สูตร 12	น้ำสกัดสาหร่ายไก่อเข้มข้นร้อยละ20 ผสม เพกติน 1.5 กรัม

2.2 ศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมี การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารต้านอนุมูลอิสระก่อนและหลังการเป็นเยลลี่ และปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่

2.2.1 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ (ดัดแปลงจากวิธีของซีแอดมบารา; และคณะ. 2002)

1. ชั่ง gallic acid 0.0100 g ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาณด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้น 100 µg/mL
2. ปิเปตสารละลาย gallic acid มีความเข้มข้น 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. ปิเปตสารละลายของน้ำสาหร่ายไก่อ ที่มีความเข้มข้น 500 µg/mL ปริมาตร 0.4 mL ลงในหลอดทดลอง เติม 10 % Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 2 mL เขย่าให้เข้ากัน ตั้ง

พักไว้ 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 โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากน้ำสาหร่ายไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของ 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. ปิเปตสารละลายของสารสกัดจากน้ำสาหร่ายไถ่ที่มีความเข้มข้นต่าง 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

$$\% \text{ inhibition} = \frac{\text{control} - \text{sample OD}}{\text{control OD}} \times 100$$

ค่า control OD คือ ค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน

ค่า sample OD คือ ค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

2.2.3 การหาปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สาหร่ายไก่อ

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน Selenium ให้มีความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ppm (สำหรับสารตัวอย่าง 0 วัน) และที่ความเข้มข้น 0, 15, 30, 45, 60 และ 75 ppm (สำหรับสารตัวอย่าง 180 วัน)
2. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างเยลลี่ น้ำหนัก 5 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ แล้วเติมสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 65% 3 mL จากนั้นนำไปย่อยโดยใช้ความร้อนนาน 2-3 ชั่วโมง จนควันสีน้ำตาลแดงของกรดไนตริก ระเหยออกหมด ทิ้งไว้ให้เย็น
3. เติมน้ำกลั่นและนำสารละลายไปกรองทำการเจือจางให้สารละลายอยู่ในช่วงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 20 mL คนให้เข้ากัน แช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
4. นำตัวอย่างมากรองเอาแต่สารละลายใสแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 25 mL
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer (AAS)

3. การประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และรส

ในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยการให้กลุ่มผู้ทดสอบจำนวนอย่างน้อย 100 คน เพศชาย 50 คน เพศหญิง 50 คน อายุระหว่าง 15-20 ปี มาทำการทดสอบและประเมินผลคุณลักษณะทางกายภาพ ในเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ นำค่าตัวเลขจากการประเมิน มาประเมินโดยใช้ประสาทสัมผัส คุณลักษณะสี กลิ่น และการชิมรสในการทดลอง เพื่อต้องการหาความพึงพอใจ ในสี กลิ่น และรสชาติของเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ โดยใช้เยลลี่น้ำธรรมชาติ เป็นตัวอย่างมาตรฐานเปรียบเทียบกับดูความแตกต่าง

ด้านสี	ดูลักษณะสีของเยลลี่ในน้ำสกัดสาหร่ายไก่อในแต่ละความเข้มข้น ความเข้มของสี บอกลักษณะของสีที่ได้
ด้านกลิ่น	ทดสอบกลิ่นของเยลลี่ในน้ำสกัดสาหร่ายไก่อในแต่ละความเข้มข้นว่ามีกลิ่น แตกต่างกันอย่างไรร
ด้านรสชาติ	ทดสอบรสชาติของเยลลี่ในน้ำสกัดสาหร่ายไก่อในแต่ละความเข้มข้น ว่ามีรสชาติแตกต่างกันอย่างไร

ในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้ระบุรหัสของเยลลี่สำหรับ่ายโก และเยลลี่น้ำธรรมดาไว้ในแบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนี้

- BAD หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ5 ผสม เพกติน0.5 กรัม
- BAC หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ5 ผสม เพกติน1.0 กรัม
- ABC หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ5 ผสม เพกติน1.5 กรัม
- ABD หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ10 ผสม เพกติน0.5 กรัม
- BDA หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ10 ผสม เพกติน1.0 กรัม
- ACB หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ10 ผสม เพกติน1.5 กรัม
- CAB หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ15 ผสม เพกติน0.5 กรัม
- BCD หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ15 ผสม เพกติน1.0 กรัม
- CBD หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ15 ผสม เพกติน1.5 กรัม
- BDC หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ20 ผสม เพกติน0.5 กรัม
- DBA หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ20 ผสม เพกติน1.0 กรัม
- DBC หมายถึง เยลลี่สำหรับ่ายโกที่ใช้น้ำสกัดสำหรับ่ายโกเข้มข้นร้อยละ20 ผสม เพกติน1.5 กรัม
- EDB หมายถึง เยลลี่น้ำธรรมดา ผสม เพกติน0.5 กรัม
- BDE หมายถึง เยลลี่น้ำธรรมดา ผสม เพกติน1.0 กรัม
- DBD หมายถึง เยลลี่น้ำธรรมดา ผสม เพกติน0.5 กรัม

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิจัยตามหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

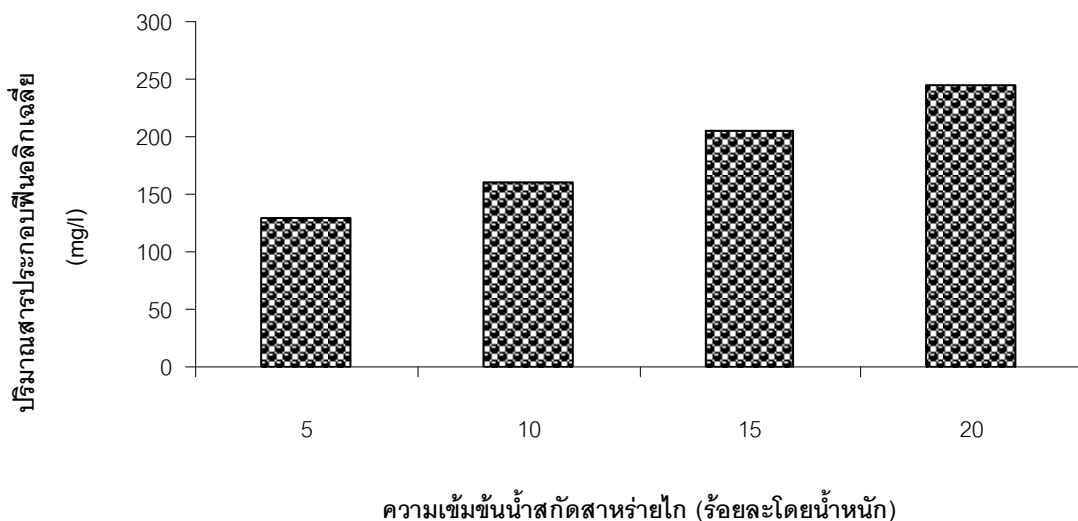
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของเยลลี่

ตอนที่ 2 การประเมินระดับความพึงพอใจ ในเยลลี่ที่ผลิตจากสาหร่ายไถ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพเยลลี่

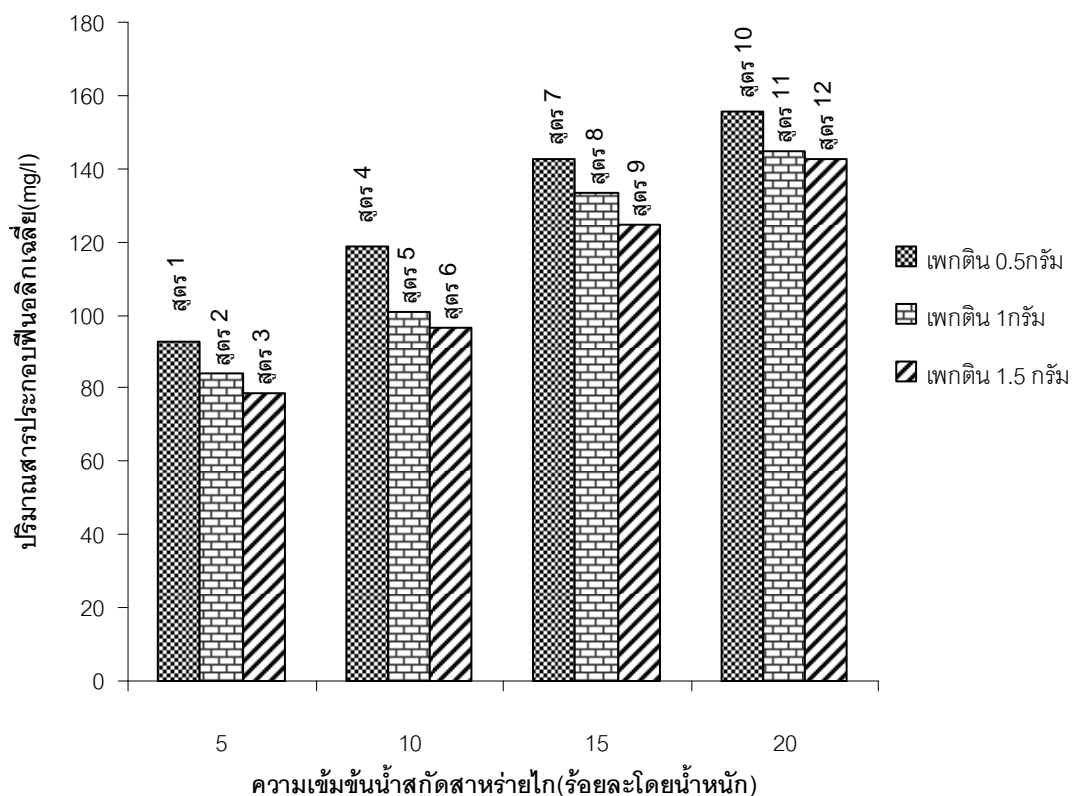
1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในน้ำสกัดจากสาหร่ายไถ

จากการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ในน้ำสกัดจากสาหร่ายไถที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ,10 , 15 และ 20 พบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 129.51, 159.55, 205.04 และ 244.58 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ได้ผลการทดลองตามตาราง 3



ภาพประกอบ 11 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย(mg/l) ในน้ำสกัดจากสาหร่ายไถ

จากภาพประกอบ 11 ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ยในน้ำสกัดจากสาหร่ายไถที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ,10 , 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อน้ำสกัดสาหร่ายไถมีความเข้มข้นมากขึ้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจะเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อน้ำสกัดจากสาหร่ายไถถูกแปรรูปเป็นเยลลี่ พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเยลลี่สาหร่ายไถ มีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงผลการทดลองตามตาราง 4

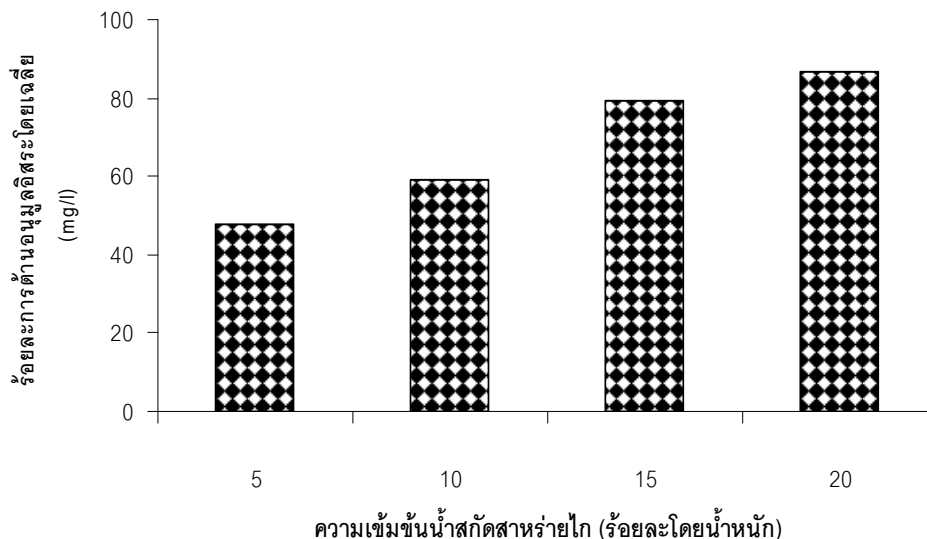


ภาพประกอบ 12 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก(mg/l) ในเยลลี่สาหร่ายโก

จากภาพประกอบ 12 ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลิก เมื่อสกัดน้ำสาหร่ายโกถูกแปรรูปเป็นเยลลี่ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ,10 , 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ผลจากการทดลองพบว่า น้ำสกัดสาหร่ายโกที่ถูกแปรรูปเป็นเยลลี่ในทุกความเข้มข้น จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง เมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากความสามารถคงตัวได้ของโครงสร้างตาข่ายเจลเพกตินในการอุ้มสารละลายไว้ภายในโครงสร้างได้มากขึ้น เมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มมากขึ้น โดยเยลลี่สาหร่ายโกที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด คือเยลลี่สาหร่ายโกที่มีการแปรผันปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 ,1.0 และ 1.5 กรัมตามลำดับ

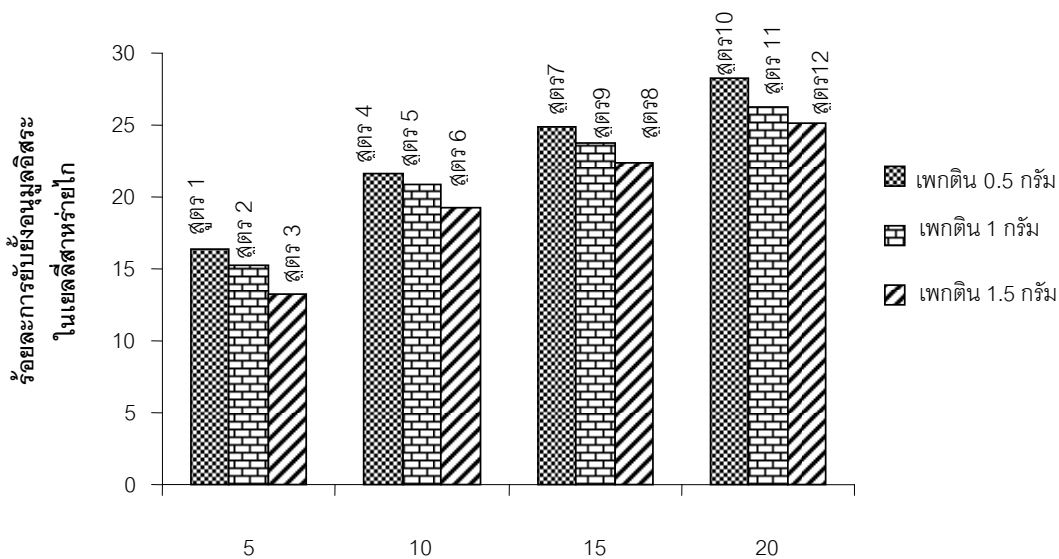
1.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ

ผลจากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 , 10 , 15 และ 20 พบว่า มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระร้อยละ 47.93, 59.33, 79.31, 86.72 ตามลำดับ ดังตาราง 5

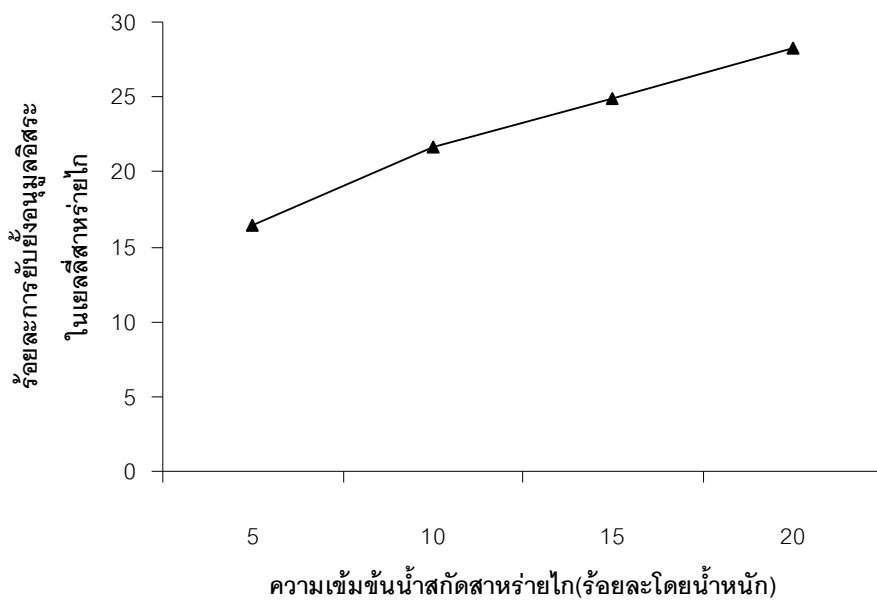


ภาพประกอบ 13 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ

จากภาพประกอบ 13 ผลการศึกษาศักยภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 , 10 , 15 และ 20 มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง ร้อยละ 47.93 - 86.72 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์นี้ พบว่า ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อเพิ่มมากขึ้น ตามแสดงในภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในเยลลีสำหรับไร่ไถที่เตรียมจากน้ำสกัดสำหรับไร่ไถที่ความเข้มข้นต่างๆ

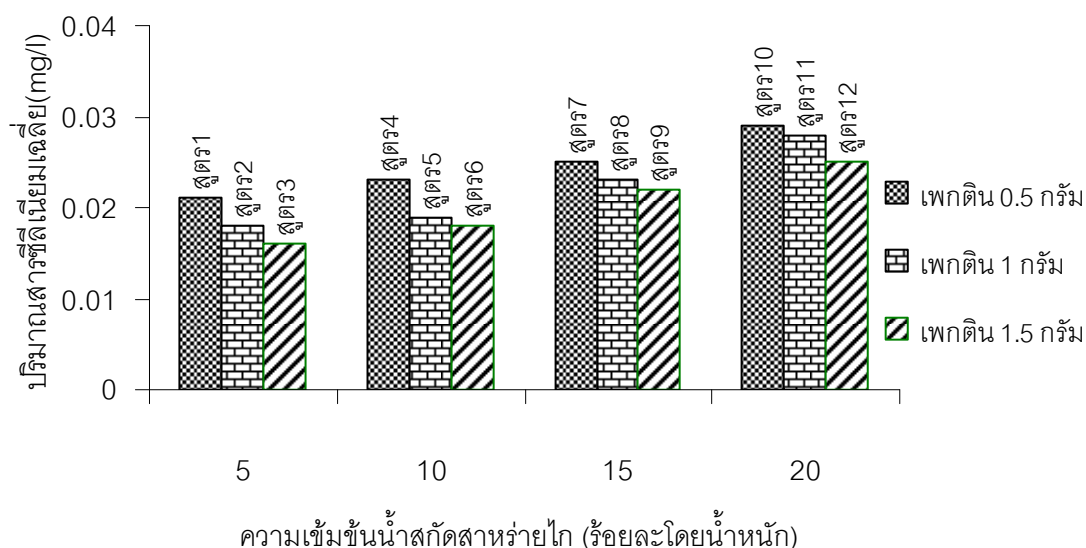


ภาพประกอบ 15 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในเยลลีสำหรับไร่ไถที่เตรียมจากน้ำสกัดสำหรับไร่ไถที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่มีการใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 กรัม

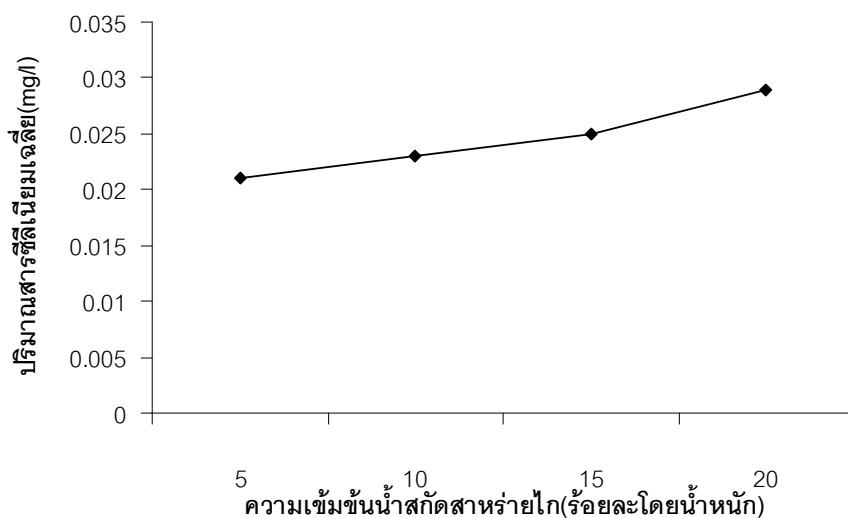
จากภาพประกอบ 14-15 เมื่อน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ ถูกแปรรูปเป็นเยลลี่สาหร่ายไก่อ ที่มีการแปรผันปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม การวิเคราะห์หาร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ พบว่า เยลลี่สาหร่ายไก่อที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ คิดเป็นร้อยละ 16.39, 15.31 และ 13.25 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ คิดเป็นร้อยละ 21.64, 20.92 และ 19.31 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ คิดเป็นร้อยละ 24.93, 23.73 และ 22.33 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ คิดเป็นร้อยละ 28.28, 26.21 และ 25.11 ตามลำดับ โดยมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง ร้อยละ 13.25-28.28 จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์นี้ พบว่า ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากความสามารถคงตัวของโครงสร้างตาข่ายเจลเพกตินในการกักสารละลายไว้ภายในโครงสร้างได้มากขึ้น เมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มมากขึ้น

1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สาหร่ายไก่อ

ผลจากการศึกษาตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สาหร่ายไก่อ ของพารามิเตอร์ พบว่า ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สาหร่ายไก่อ มีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงผลตามตาราง 7



ภาพประกอบ 16 ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สาหร่ายไก่อที่เตรียมจากน้ำสกัดสาหร่ายไก่อ ที่ความเข้มข้นต่างๆ



ภาพประกอบ 17 ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สาหร่ายไคที่เตรียมจากน้ำสกัดสาหร่ายไค ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่มีปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 กรัม

จากภาพประกอบ 16-17 พบว่า เยลลี่สาหร่ายไคที่มีปริมาณสารซีลีเนียมสูงสุดคือ เยลลี่ที่มีน้ำสกัดจากสาหร่ายไคความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก และปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 ส่วนเยลลี่สาหร่ายไคที่มีปริมาณสารซีลีเนียมต่ำสุด คือเยลลี่สาหร่ายไคที่มีน้ำสกัดจากสาหร่ายไคความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และปริมาณเพกตินร้อยละ 1.5 โดยเยลลี่สาหร่ายไคในทุกความเข้มข้นมีปริมาณสารซีลีเนียมใกล้เคียงกัน ผลจากการทดลองนี้พบว่า ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สาหร่ายไค มีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากความสามารถคงตัวได้ของโครงสร้างตาข่ายเจลเพกตินในการอุ้มสารละลายไว้ภายในโครงสร้างได้มากขึ้น เมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มมากขึ้น

1.4 การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของเยลลี่สำหรับน้ำ

ผลจากการบวนการผลิตเยลลี่สำหรับน้ำที่มีระดับความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ และปริมาณเพกตินที่แตกต่างกันพบว่า เยลลี่สำหรับน้ำมีลักษณะด้านสี กลิ่น และรสชาติ ใกล้เคียงกัน ดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพเยลลี่สำหรับน้ำ

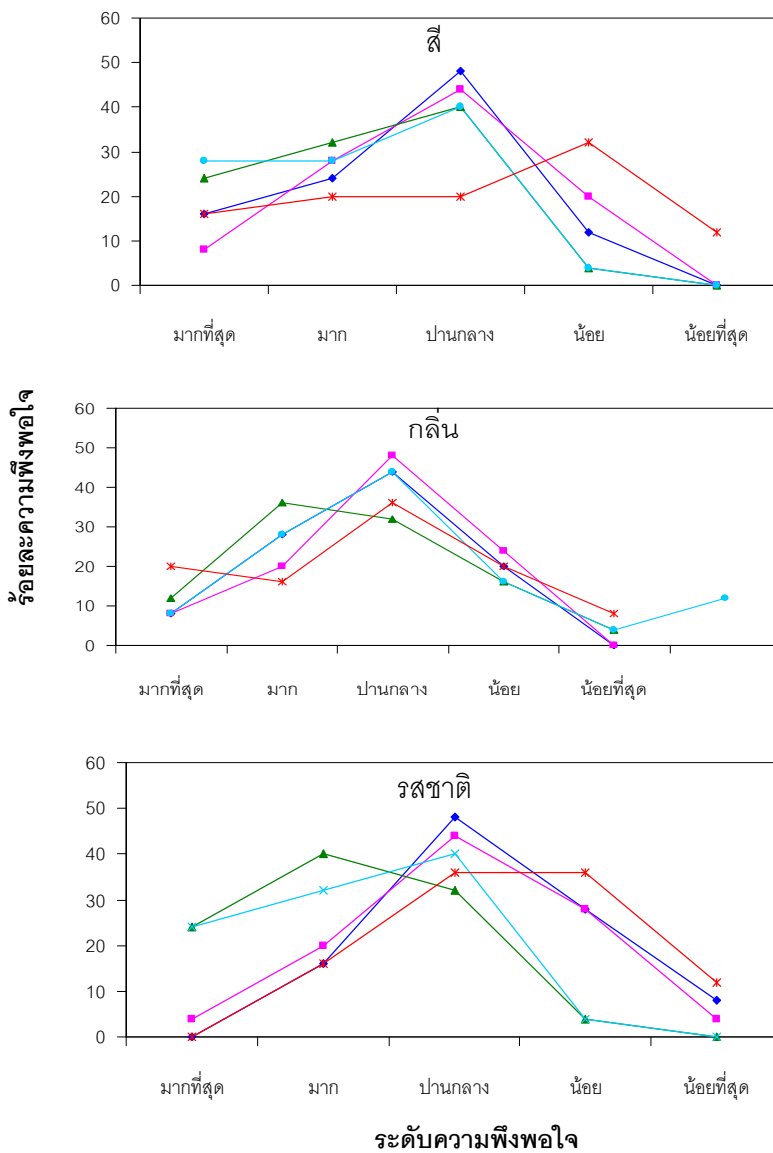
สูตร	คุณสมบัติของเยลลี่สำหรับน้ำ		
	สี	กลิ่น	รสชาติ
1	เหลืองอ่อนอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว
2	เหลืองอ่อนอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว
3	เหลืองอ่อนอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว
4	เหลืองอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว
5	เหลืองอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว
6	เหลืองอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว
7	เหลืองเข้มอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว
8	เหลืองเข้มอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว
9	เหลืองเข้มอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว
10	น้ำตาลอ่อนอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว
11	น้ำตาลอ่อนอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว
12	น้ำตาลอ่อนอมเขียว	กลิ่นมะนาว	หวานอมเปรี้ยว

ตอนที่ 2 การประเมินระดับความพึงพอใจ ในเยลลี่ที่ผลิตจากสาหร่ายไก่อ

2.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลจากการสุ่มตัวอย่างความพึงพอใจในการรับประทานเยลลี่สำหรับน้ำ โดยสุ่มตัวอย่างจำนวน 100 ตัวอย่าง เป็นเพศชาย 50 คน เพศหญิง 50คน อายุระหว่าง 15 ถึง 20ปี ผลจากการทดสอบความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติของเยลลี่ในแต่ละความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ อยู่ในระดับปานกลาง สีของเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ ที่ใช้น้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 จะมีสีเหลืองอ่อนอมเขียว, เหลืองอมเขียว, เหลืองเข้มอมเขียว และน้ำตาลอ่อนอมเขียวตามลำดับ ในด้านกลิ่น เยลลี่ทุกความเข้มข้นจะมีกลิ่นของสาหร่ายไก่อเพียงเล็กน้อยและจะได้กลิ่น

หอมของน้ำมะนาวปนอยู่ เนื่องจากในการทดลองทำเยลลี่สำหรับ้วยไถ่ในครั้งนี้ ได้ใช้น้ำมะนาวแทนกรดซิตริก ส่วนด้านรสชาติ เยลลี่ทุกความเข้มข้นจะมีรสหวานอมเปรี้ยว

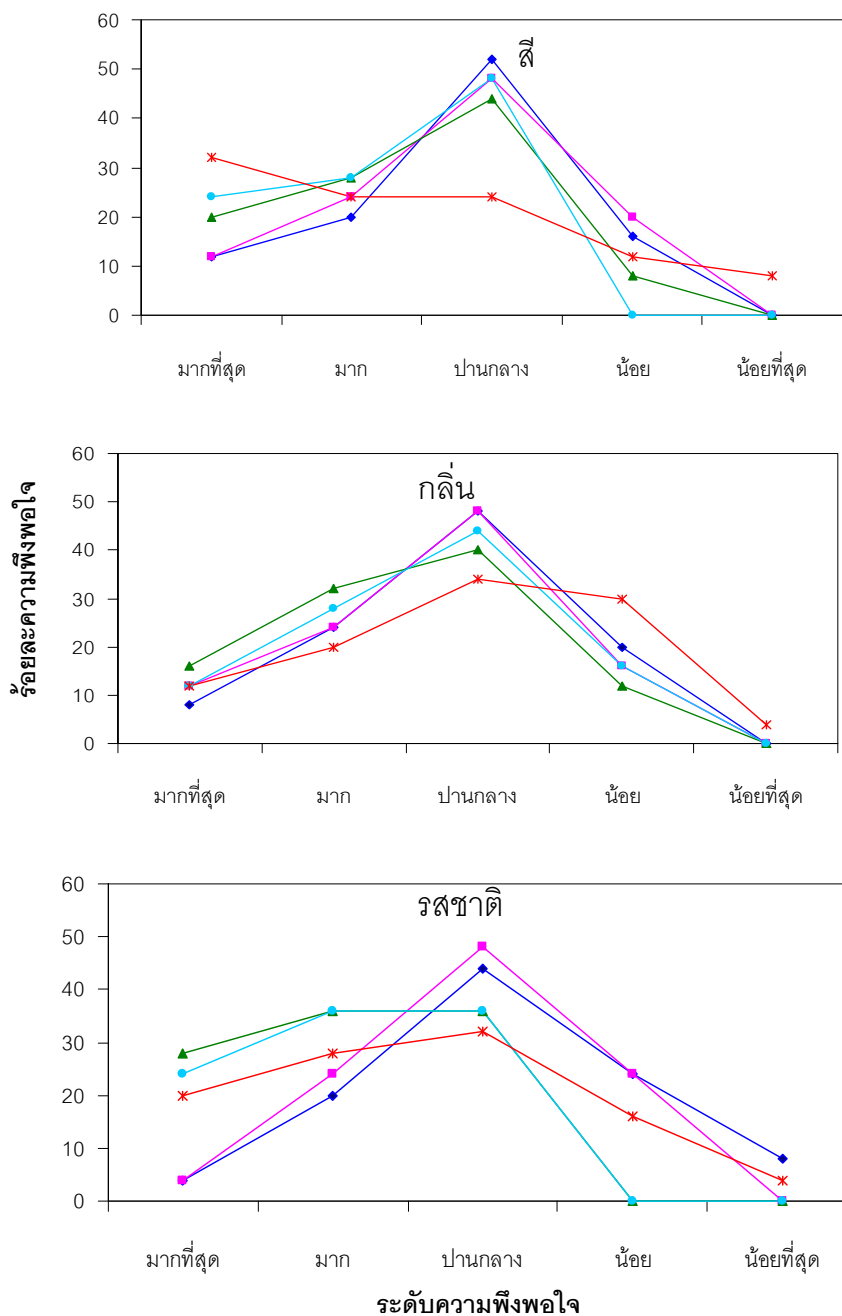


ภาพประกอบ 18 เปรียบเทียบร้อยละความพึงพอใจในรส กลิ่น และรสชาติเยลลี่สำหรับ้วยไถ่ ที่เตรียมจากน้ำสกัดสำหรับ้วยไถ่ที่ความเข้มข้นต่างๆกับเยลลี่น้ำธรรมชาติที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 กรัม

—◆— 5 —■— 10 —▲— 15 —●— 20 —×— เยลลี่น้ำธรรมชาติ

จากภาพประกอบ 18 ผลจากการทดลองสุ่มตัวอย่างความพึงพอใจในเยลลี่สำหรับ้วยไถ่ที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 กรัม พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสีเยลลี่สำหรับ้วยไถ่อยู่ในระดับปานกลาง มาก มากที่สุด น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 43 28 19 และ 0

ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจกลิ่นเยลลี่สำหรับไก่ พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง มาก น้อย มากที่สุด และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 52 28 19 7 และ 2 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจรสชาติเยลลี่สำหรับไก่ พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง มาก น้อย มากที่สุด และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 41 27 16 13 และ 3 ตามลำดับ ดังนั้นความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติในเยลลี่สำหรับไก่ที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 กรัม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง สำหรับเยลลี่น้ำธรรมชาติ พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจดี อยู่ในระดับน้อย มากและปานกลาง มากที่สุด และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 32 20 16 และ 12 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจกลิ่น พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง น้อย และมากที่สุด มากและน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 36 20 16 และ 8 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจรสชาติ พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง และน้อย มาก น้อยที่สุด และมากที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 36 16 12 และ 0 ตามลำดับ ดังนั้นความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติในเยลลี่น้ำธรรมชาติที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 กรัม ส่วนใหญ่ อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับเยลลี่สำหรับไก่ พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจดี กลิ่น และรสชาติในเยลลี่ที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 กรัม ใกล้เคียงกัน โดยมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

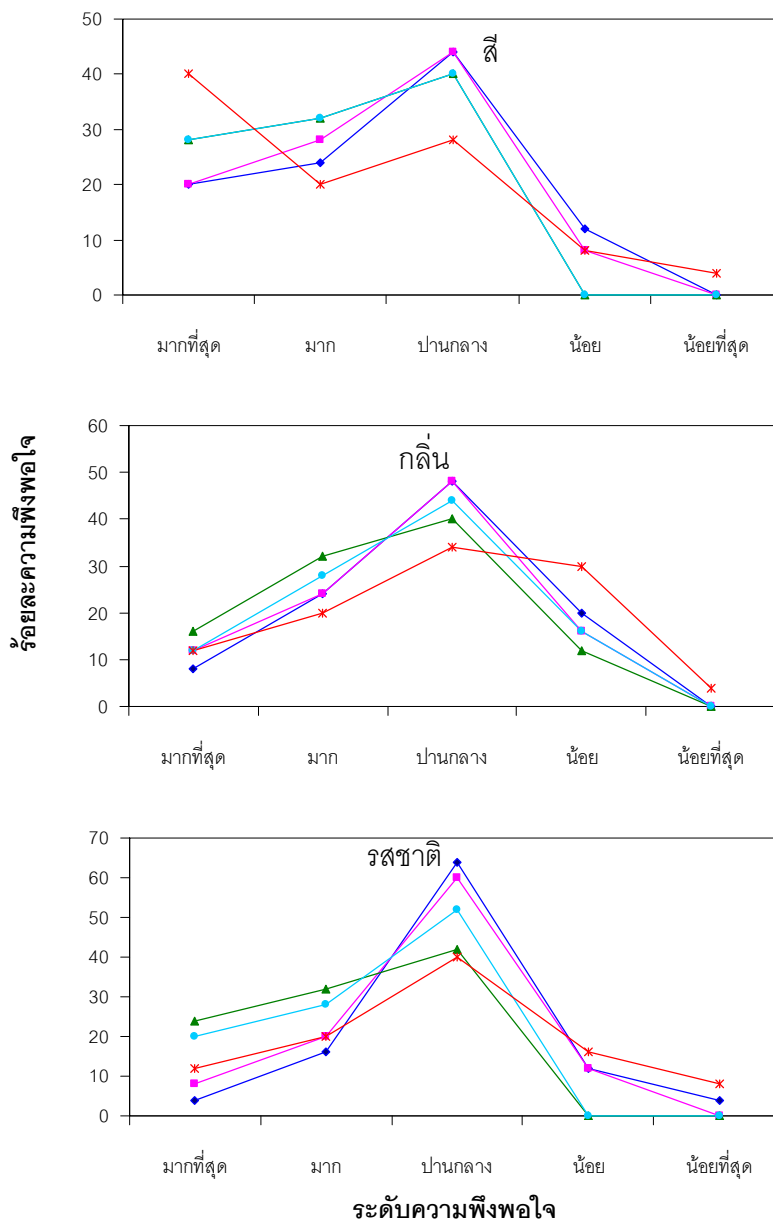


ภาพประกอบ 19 เปรียบเทียบร้อยละความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติเยลลี่สำหรับวัยโก ที่เตรียมจากน้ำสกัดสำหรับวัยโกที่ความเข้มข้นต่างๆกับเยลลี่น้ำธรรมชาติที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.0 กรัม

—◆— 5 —■— 10 —▲— 15 —●— 20 —*— เยลลี่น้ำธรรมชาติ

จากภาพประกอบ 19 ผลจากการทดลองสุ่มตัวอย่างความพึงพอใจในเยลลี่สำหรับวัยโกที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.0 กรัม พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสีเยลลี่สำหรับวัยโก

อยู่ในระดับปานกลาง มาก มากที่สุด น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 48 25 17 11 และ 0 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจกลิ่นเยลลี่สำหรับรายโก พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง มาก น้อย มากที่สุด และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 51 24 16 9 และ 0 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจรสชาติเยลลี่สำหรับรายโก พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง มาก มากที่สุด น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 41 29 15 12 และ 2 ตามลำดับ ดังนั้นความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติในเยลลี่สำหรับรายโกที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.0 กรัม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง สำหรับเยลลี่น้ำธรรมดา พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสี อยู่ในระดับมากที่สุด มากและปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 32 24 12 และ 8 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจกลิ่น พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง มากที่สุด มาก น้อยที่สุด และน้อย ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 36 28 16 12 และ 8 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจรสชาติ พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง มาก มากที่สุด น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 32 28 20 16 และ 4 ตามลำดับ ดังนั้นความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติในเยลลี่น้ำธรรมดาที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.0 กรัม ส่วนใหญ่ อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับเยลลี่สำหรับรายโก พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติในเยลลี่ที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.0 กรัม ใกล้เคียงกัน โดยมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง



ภาพประกอบ 20 เปรียบเทียบร้อยละความฝืดพอใจในสี กลิ่น และรสชาติเยลลี่สหาร่ายโก
ที่เตรียมจากน้ำสกัดสหาร่ายโกที่ความเข้มข้นต่างๆกับเยลลี่น้ำธรรมชาติที่
ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.5 กรัม

◆ 5 ■ 10 ▲ 15 ● 20 * เกล็ดน้ำธรรมชาติ

จากภาพประกอบ 20 ผลจากการทดลองสุ่มตัวอย่างความฝืดพอใจในเยลลี่สหาร่ายโก ที่
ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.5 กรัม พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความฝืดพอใจสีเยลลี่สหาร่ายโก
อยู่ในระดับปานกลาง มาก มากที่สุด น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 42 28 24 5 และ
0 ตามลำดับ ส่วนความฝืดพอใจกลิ่นเยลลี่สหาร่ายโก พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความฝืดพอใจ

อยู่ในระดับปานกลาง มาก น้อย มากที่สุด และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 45 27 16 12 และ 0 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจรสชาติเยลลี่สำหรับรายโก พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง มาก มากที่สุด น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 54.5 24 14 6 และ 1 ตามลำดับ ดังนั้นความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติในเยลลี่สำหรับรายโกที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.5 กรัม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง สำหรับเยลลี่น้ำธรรมชาติ พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับมากที่สุด ปานกลาง มาก น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 40 28 20 8 และ 4 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจกลิ่น พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง น้อย มาก มากที่สุด และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 34 30 20 12 และ 4 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจรสชาติ พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง มาก น้อย มากที่สุด และน้อยที่สุด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 40 20 16 12 และ 8 ตามลำดับ ดังนั้นความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติในเยลลี่น้ำธรรมชาติที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.5 กรัม ส่วนใหญ่ อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับเยลลี่สำหรับรายโก พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติในเยลลี่ที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.5 กรัม ใกล้เคียงกัน โดยมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

บทที่ 5

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบการผลิตเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ โดยทำการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารต้านอนุมูลอิสระ ก่อนและหลังการเป็นเยลลี่ ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่ และการประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และรส ซึ่งได้ผลสรุป อภิปรายผลและให้ข้อเสนอแนะ เป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

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

1. สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาวิเคราะห์เยลลี่ที่ผลิตจากสาหร่ายไก่อในด้านต่าง ๆ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ

จากการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ พบว่า น้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ,10 , 15 และ 20 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 129.51, 159.55, 205.04 และ 244.58 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อนำน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อทุกความเข้มข้นไปแปรรูปเป็นเยลลี่ พบว่าเยลลี่จากสาหร่ายไก่อมีปริมาณสารฟีนอลิกลดลงมาก ในทุกความเข้มข้น

1.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถการยับยั้งอนุมูลอิสระของเยลลี่สาหร่ายไก่อ

จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระพบว่า น้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ,10 , 15 และ 20 มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระคิดเป็นร้อยละ 47.93, 59.33, 79.31, 86.72 ตามลำดับ เมื่อนำน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ ถูกแปรรูปเป็นเยลลี่สาหร่ายไก่อที่มีการแปรผันปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม พบว่า มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง ร้อยละ 14.98 – 26.53 แสดงว่า ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อเพิ่มมากขึ้น แต่ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระจะมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มมากขึ้น

1.3 ผลการทดสอบความพึงพอใจ

จากการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 100 คน เป็นชาย 50 คน และเป็นหญิง 50 คน เพื่อวัดระดับความพึงพอใจในการรับประทานเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มากปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ผลจากการทดลองในด้านความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติของเยลลี่ที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 กรัม ในความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 พบว่าส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง โดยเยลลี่สาหร่ายไก่อมีสีเหลืองอ่อนอมเขียว, เหลืองอมเขียว, เหลืองเข้มอมเขียว และน้ำตาลอ่อนอมเขียว ตามลำดับ ในด้านกลิ่น เยลลี่ทุกความเข้มข้นจะมีกลิ่นของสาหร่ายไก่อเพียงเล็กน้อย และจะได้กลิ่นหอมของน้ำมะนาวปนอยู่ ส่วนด้านรสชาติ เยลลี่ทุกความเข้มข้นจะมีรสหวานอมเปรี้ยว

เมื่อทำการเปรียบเทียบความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติ ระหว่างเยลลี่สาหร่ายไก่อกับเยลลี่น้ำธรรมชาติ พบว่า ทั้งในเยลลี่สาหร่ายไก่อกับเยลลี่น้ำธรรมชาติ กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

2. อภิปรายผล

จากผลการทดลองวิเคราะห์เยลลี่จากสาหร่ายไก่อ โดยนำสาหร่ายไก่อแห้งมาแปรรูปเป็นเยลลี่ได้ทำการศึกษาแบ่งเป็น 12 สูตร โดยสูตร 1-3 ใช้ น้ำสกัดสาหร่ายไก่อที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 สูตร 4-6 ใช้ น้ำสกัดสาหร่ายไก่อที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 10 สูตร 7-9 ใช้ น้ำสกัดสาหร่ายไก่อที่มีความเข้มข้นร้อยละ 15 สูตร 10-12 ใช้ น้ำสกัดสาหร่ายไก่อที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 ในทุกสูตรจะมีปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 ตามลำดับ สามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ พบว่า เมื่อน้ำสกัดสาหร่ายไก่อมีความเข้มข้นมากขึ้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจะเพิ่มสูงขึ้น ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 129.51, 159.55, 205.04 และ 244.58 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อน้ำสกัดสาหร่ายไก่อถูกแปรรูปเป็นเยลลี่ ในทุกความเข้มข้นจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง เมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มมากขึ้น โดยเยลลี่สาหร่ายไก่อที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด คือเยลลี่สาหร่ายไก่อที่มีการแปรผันปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัมตามลำดับ

2.2 ผลจากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 พบว่า มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระคิดเป็นร้อยละ 47.93, 59.33, 79.31, 86.72 ตามลำดับ เมื่อน้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อ ถูกแปรรูปเป็นเยลลี่สาหร่ายไก่อ ที่มีการแปรผันปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม พบว่าเยลลี่สาหร่ายไก่อเยลลี่

สาหร่ายไถที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ คิดเป็นร้อยละ 16.39, 15.31 และ 13.25 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ คิดเป็นร้อยละ 21.64, 20.92 และ 19.31 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ คิดเป็นร้อยละ 24.93, 23.73 และ 22.33 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ คิดเป็นร้อยละ 28.28, 26.21 และ 25.11 ตามลำดับ โดยมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง ร้อยละ 13.25 – 28.28 จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์นี้ พบว่า ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มมากขึ้น

2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สาหร่ายไถ ของพารามิเตอร์ พบว่า เยลลี่สาหร่ายไถที่มีปริมาณสารซีลีเนียมสูงสุดคือ เยลลี่ที่มีน้ำสกัดจากสาหร่ายไถความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก และปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 ส่วนเยลลี่สาหร่ายไถที่มีปริมาณสารซีลีเนียมต่ำสุดคือ เยลลี่สาหร่ายไถที่มีน้ำสกัดจากสาหร่ายไถความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และปริมาณเพกตินร้อยละ 1.5 โดยเยลลี่สาหร่ายไถในทุกความเข้มข้นมีปริมาณสารซีลีเนียมใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มลดลง เมื่อมีปริมาณเพกตินเพิ่มมากขึ้น

2.4 ผลจากกระบวนการผลิตเยลลี่สาหร่ายไถที่มีระดับความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไถ ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 จะมีสีเหลืองอ่อนอมเขียว, เหลืองอมเขียว, เหลืองเข้มอมเขียว และน้ำตาลอ่อนอมเขียว ตามลำดับ ในด้านกลิ่น เยลลี่ทุกความเข้มข้นจะมีกลิ่นของสาหร่ายไถเพียงเล็กน้อยและจะได้กลิ่นหอมของน้ำมะนาวปนอยู่ เนื่องจากในการทดลองทำเยลลี่สาหร่ายไถในครั้งนี้ได้ใช้น้ำมะนาวแทนกรดซิตริก ส่วนด้านรสชาติ เยลลี่ทุกความเข้มข้นจะมีรสหวานอมเปรี้ยว

2.5 ผลจากการทดสอบความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติของเยลลี่ในแต่ละความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไถ ที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 0.5 พบว่ากลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสีเยลลี่สาหร่ายไถ อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 43 และมีความพึงพอใจน้อยที่สุด อยู่ในระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0 ส่วนความพึงพอใจในกลิ่นของเยลลี่สาหร่ายไถ พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 52 และมีความพึงพอใจน้อยที่สุด อยู่ในระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 2 สำหรับความพึงพอใจในรสชาติของเยลลี่สาหร่ายไถ พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 41 และมีความพึงพอใจน้อยที่สุด อยู่ในระดับน้อย คิดเป็นร้อยละ 3 ดังนั้นความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติในเยลลี่สาหร่ายไถโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับเยลลี่สาหร่ายไถ ที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.0 พบว่ากลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสีเยลลี่สาหร่ายไถ อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 48 และมีความพึงพอใจน้อยที่สุด อยู่ในระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0 ส่วนความพึงพอใจในกลิ่นของเยลลี่สาหร่ายไถ

พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 51 และมีความพึงพอใจน้อยที่สุด อยู่ในระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0 สำหรับความพึงพอใจในรสชาติของเยลลี่สำหรับวัยโก พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 41 และมีความพึงพอใจน้อยที่สุด อยู่ในระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0 และเยลลี่สำหรับวัยโก ที่ใช้ปริมาณเพกตินร้อยละ 1.5 พบว่ากลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสีเยลลี่สำหรับวัยโก อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 42 และมีความพึงพอใจน้อยที่สุด อยู่ในระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0 ส่วนความพึงพอใจในกลิ่นของเยลลี่สำหรับวัยโก พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 45 และมีความพึงพอใจน้อยที่สุด อยู่ในระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0 สำหรับความพึงพอใจในรสชาติของเยลลี่สำหรับวัยโก พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 54.5 และมีความพึงพอใจน้อยที่สุด อยู่ในระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 1 ดังนั้นความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติในเยลลี่สำหรับวัยโก ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง

2.6 ผลจากการเปรียบเทียบส่วนผสมตัวอย่างความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติ ระหว่างเยลลี่สำหรับวัยโกกับเยลลี่น้ำธรรมชาติพบว่า กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสี กลิ่น และรสชาติเยลลี่สำหรับวัยโกกับเยลลี่น้ำธรรมชาติอยู่ในระดับปานกลาง

3. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยศึกษากระบวนการผลิตเยลลี่จากสำหรับวัยโกนี้ ยังไม่ปรากฏว่ามีการวิจัยใด ได้ทำการทดลองนำสำหรับวัยโกมาแปรรูปทำเยลลี่ การวิจัยครั้งนี้เป็นครั้งแรก ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการผลิตเยลลี่ โดยวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารต้านอนุมูลอิสระก่อนและหลังการเป็นเยลลี่ ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่ และการประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และรสชาติ ผลจากการศึกษาทางด้านเคมียังไม่เพียงพอควรศึกษาวิจัยต่อไป เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเยลลี่ให้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะศึกษาด้านคุณค่าทางโภชนาการ (ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน และปริมาณจุลินทรีย์ เป็นต้น)

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร. (2543). เอลล์มะม่วง. *วารสารสถาบันอาหาร*. กรุงเทพฯ: 3(14): 41-42.
- นิธิยา รัตนานนท์. (2543). *ไฮโดรคอลลอยด์ในเคมีอาหาร*. เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปิยะนันท์ เส็งประชา. (2547). การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของผักปลัง. *ปริญญา นิพนธ์ กศ.ม. (สาขาเคมี)*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.
- พนิดา กุลประสูติติก. (2548). *วิธีด้านอนุมูลอิสระในตัวคุณ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สุขภาพใจ.
- วิภาพร สกุลครู. (2547). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เอลล์มะม่วง*. *ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 เมษายน 2551, จากฐานข้อมูลปริญญานิพนธ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ศรีสุวรรณ อุทกนผล; และคนอื่นๆ. (2531). *การใช้กัมชนิดต่างๆในการทำผลิตภัณฑ์เอลล์*. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ สุภิมารส. (2543). *เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2521). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแยมเอลล์และมาร์มาเลด*. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเอลล์และมาร์มาเลด*. กรุงเทพฯ: *วารสารสถาบันอาหาร*.
- อัจฉรา เทียมภักดี. (2549). *ผลของพีเอช เจลาติน น้ำตาลและน้ำผลไม้ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเอลล์*. *ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร)*. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 เมษายน 2551, จากฐานข้อมูลปริญญานิพนธ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- อุไรรัช บุรณะคงคาตรี. (2538). *ผลของpH ความเข้มข้นและชนิดน้ำตาลต่อความแข็งแรงของเจลเพกตินชนิดเมทอกซีสูง*. *ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร)*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- 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 Strength*. Measurement and Methodology. In *Characterization of Pectin*. (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 phenolic phytochemicals from various 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 vinifera*) 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 fruit juice concentrate as ingredients for antioxidant functional juices. *European Food Research and Technology*, 219 (2) : pp 133-141.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตารางข้อมูลการทดลอง

ตาราง 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำสกัดจากสาหร่ายไถ

ความเข้มข้นน้ำสกัดสาหร่ายไถ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย(mg/l) [$\bar{x} \pm SD$]
5	129.51±0.43
10	159.55±0.94
15	205.55±0.57
20	244.58±0.69

ตาราง 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเยลลี่สาหร่ายไถ

ความเข้มข้นน้ำสกัดสาหร่ายไถ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยเฉลี่ย (mg/l) [$\bar{x} \pm SD$] ในเยลลี่สาหร่ายไถ			
	5	10	15	20
ปริมาณเพกติน(กรัม)				
0.5	92.91±0.42	118.47±1.05	142.73±0.73	155.44±1.09
1.0	83.87±0.78	101.00±0.55	133.58±0.13	144.56±0.14
1.5	78.43±0.13	96.64±0.67	124.96±0.97	142.73±1.07

ตาราง 5 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำสกัดจากสาหร่ายไถ

ความเข้มข้นน้ำสกัดสาหร่ายไถ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยเฉลี่ย [$\bar{x} \pm SD$]
5	47.93±0.96
10	59.33±0.58
15	79.31±0.63
20	86.72±0.79

ตาราง 6 ร้อยละการยับยั้งอนุโมลอิสระในเยลลี่สำหรับ่ายไถ

ความเข้มข้นน้ำสกัดสำหรับ่ายไถ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ร้อยละการยับยั้งอนุโมลอิสระ โดยเฉลี่ย [$\bar{x} \pm SD$] ในเยลลี่สำหรับ่ายไถ			
	5	10	15	20
ปริมาณเพกติน(กรัม)				
0.5	16.39±0.66	21.64±0.42	24.93±0.27	28.28±0.97
1.0	15.31±0.47	20.92±0.31	23.73±0.34	26.21±0.83
1.5	13.25±0.55	19.31±0.81	22.33±0.19	25.11±0.95

ตาราง 7 ปริมาณสารซีลีเนียมในเยลลี่สำหรับ่ายไถ

ความเข้มข้นน้ำสกัดสำหรับ่ายไถ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ปริมาณสารซีลีเนียมโดยเฉลี่ย(mg/l) [$\bar{x} \pm SD$] ในเยลลี่สำหรับ่ายไถ			
	5	10	15	20
ปริมาณเพกติน(กรัม)				
0.5	0.021±0.13	0.023±0.35	0.025±0.42	0.029±0.32
1.0	0.018±0.09	0.019±0.21	0.023±0.12	0.028±0.49
1.5	0.016±0.41	0.018±0.27	0.022±0.73	0.025±0.15

ตาราง 8 การเปรียบเทียบความพึงพอใจสี ของเยลลี่สำหรับ้วยไถกับเยลลี่น้ำธรรมชาติ

ความเข้มข้นน้ำสกัด สำหรับ้วยไถ (ร้อยละโดย น้ำหนัก) ปริมาณเพกติน(กรัม)	ร้อยละระดับความพึงพอใจสี ของเยลลี่สำหรับ้วยไถ																													
	5												10				15				20				เยลลี่น้ำธรรมชาติ					
	มากที่สุด		มาก		ปานกลาง		น้อย		น้อยที่สุด		มากที่สุด		มาก		ปานกลาง		น้อย		น้อยที่สุด		มากที่สุด		มาก		ปานกลาง		น้อย		น้อยที่สุด	
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
0.5	16	24	48	12	0	8	28	44	20	0	24	32	40	4	0	28	28	40	4	0	16	20	20	32	12					
1.0	12	20	52	16	0	12	24	48	20	0	20	28	44	8	0	24	28	48	0	0	32	24	24	12	8					
1.5	20	24	44	12	0	20	28	44	8	0	28	32	40	0	0	28	32	40	0	0	40	20	28	8	4					

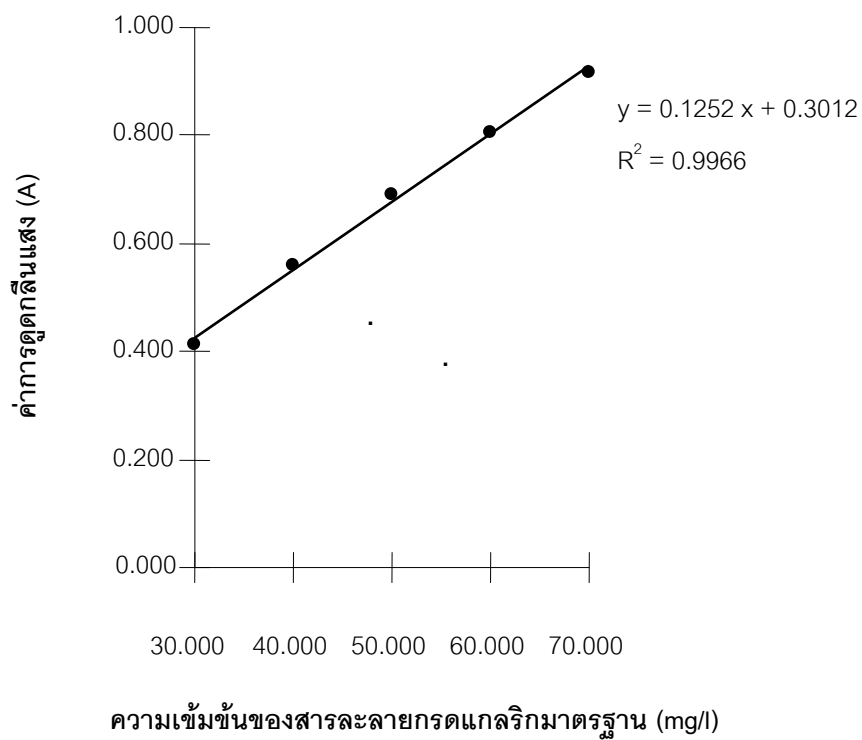
ตาราง 9 การเปรียบเทียบความพึงพอใจลิ้น ของเยลลี่สำหรับวัยโกกับเยลลี่น้ำธรรมชาติ

ความเข้มข้นน้ำสกัด สำหรับวัยโก (ร้อยละโดย น้ำหนัก) ปริมาณเพกติน(กรัม)	ร้อยละระดับความพึงพอใจลิ้น ของเยลลี่สำหรับวัยโก																								
	5						10						15						เยลลี่น้ำธรรมชาติ						
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
0.5	8	28	77	20	0	0	20	56	24	0	12	36	32	16	4	8	28	44	16	4	20	16	36	20	8
1.0	8	20	48	24	0	4	16	60	20	0	12	28	48	12	0	12	32	48	8	0	28	16	36	8	12
1.5	8	24	48	20	0	12	24	48	16	0	16	32	40	12	0	12	28	44	16	0	12	32	20	32	4

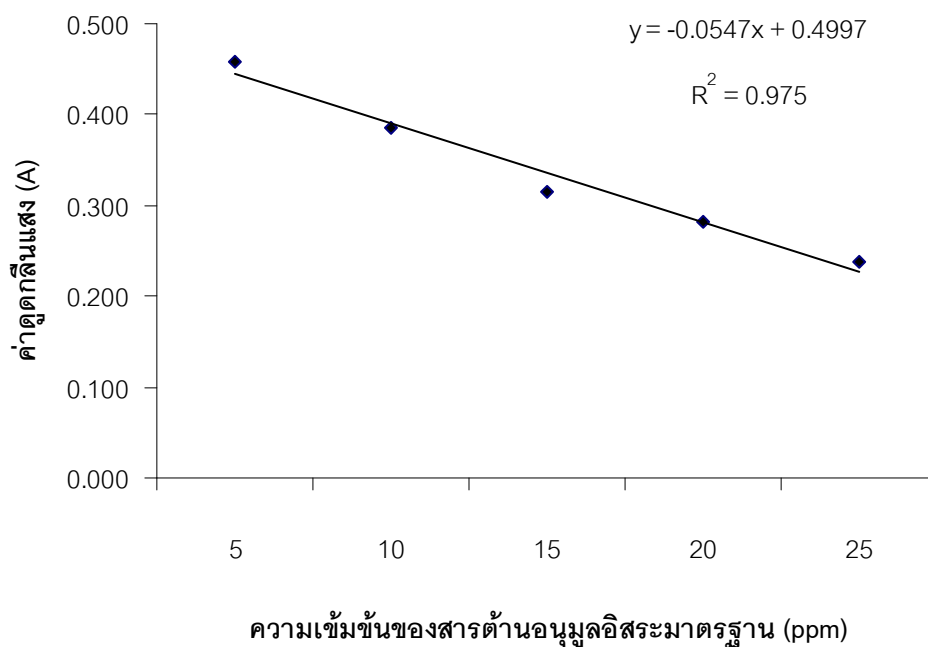
ตาราง 10 การเปรียบเทียบความพึงพอใจรสชาติ ของเยลลี่สำหรับวัยใกล้กับเยลลี่น้ำรวมดา

ความเข้มข้นน้ำสกัด สำหรับวัยใกล้ (ร้อยละโดย น้ำหนัก) ปริมาณเพกติน(กรัม)	ร้อยละระดับความพึงพอใจรสชาติ ของเยลลี่สำหรับวัยใกล้																								
	5					10					15					เยลลี่น้ำรวมดา									
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
0.5	8	52	28	12	0	16	48	24	8	4	4	48	32	12	4	16	44	20	16	4	0	16	36	36	12
1.0	4	20	44	24	8	4	24	48	24	0	28	36	36	0	0	24	32	44	0	0	20	28	32	16	4
1.5	4	16	64	12	4	8	20	60	12	0	24	32	42	0	0	20	28	52	0	0	12	20	40	16	8

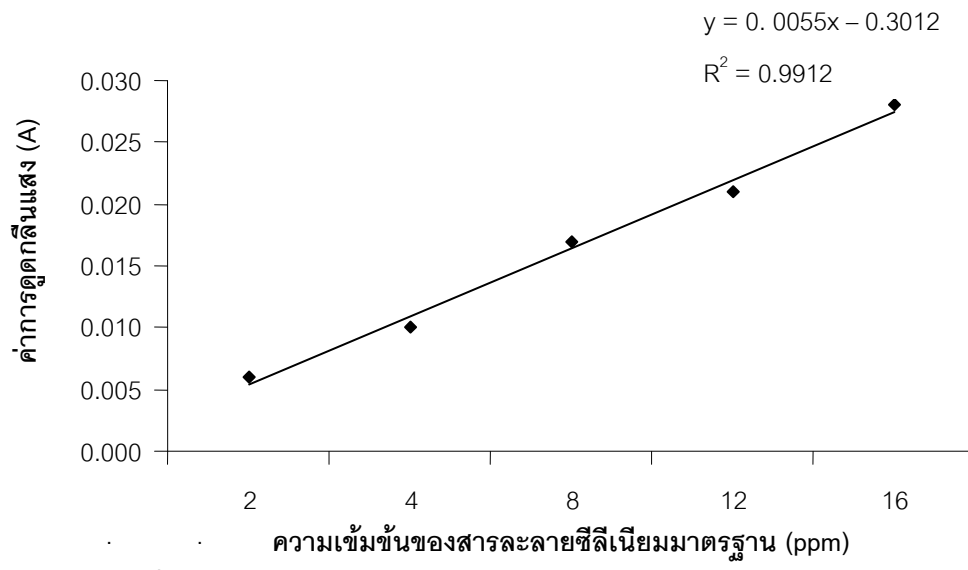
ภาคผนวก ข
แสดงกราฟมาตรฐาน



ภาพประกอบ 21 กราฟมาตรฐานพินอลิก



ภาพประกอบ 22 กราฟมาตรฐานสารตั้งต้นอนุมูลอิสระ



ภาพประกอบ 23 กราฟมาตรฐานสารซีลีเนียม

ภาคผนวก ค
พืชและผลิตภัณฑ์เยลลี่สำหรับไทย



ภาพประกอบ 24 ตัวอย่างสาหร่ายไคตากแห้ง



ภาพประกอบ 25 ต้มสกัดน้ำสาหร่ายไค



ภาพประกอบ 26 น้ำสกัดจากสาหร่ายไก่อในแต่ละความเข้มข้น



ภาพประกอบ 27 ผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก่อ เพกตินร้อยละ 0.5



ภาพประกอบ 28 ผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก่อ เพกตินร้อยละ 1.0



ภาพประกอบ 29 ผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไค เพกตินร้อยละ 1.5



ภาพประกอบ 30 ผลิตภัณฑ์เยลลี่จากน้ำธรรมชาติ

ภาคผนวก ง

แผนการสอนบูรณาการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน
เรื่อง การศึกษากระบวนการผลิตเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ

5. ชิ้นงาน/หลักฐานการเรียนรู้ของผู้เรียน

1. ใบงานเรื่องการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายไก่อ
2. แบบฝึกคิดหัวเรื่องโครงการ
3. โครงการ

6. บูรณาการ

การเรียนการสอนเรื่อง การศึกษากระบวนการผลิตเยลลี่จากสาหร่ายไก่อ ได้นำเอาวิธีการแปรรูปอาหารเข้ามาเป็นส่วนประกอบในการเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความสุขในการเรียนและมีความสนใจในเนื้อหามากขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้ในวิชาการงานพื้นฐานอาชีพและเทคโนโลยีได้

7. แนวความคิดหลัก

สาหร่ายไก่อเป็นสาหร่ายสีเขียว (green algae) อยู่ใน Division Chlorophyta จัดเป็นพืชชั้นต่ำที่มีคลอโรพิลล์จึงสามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารได้เอง เป็นสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเส้นสายบางชนิดแตกแขนง บางชนิดไม่แตกแขนง ซึ่งเกิดขึ้นในบริเวณลำน้ำที่ใสและน้ำไหล มีแสงส่องถึง โดยสาหร่ายไก่อจะยึดเกาะบนก้อนหินหรือสิ่งยึดเกาะอื่น ๆ เมื่อนำสาหร่ายไก่อมาวิเคราะห์ พบว่าสาหร่ายไก่อมีโปรตีนถึง 19.3 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นมี ไขมัน เส้นใย แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม แคโรทีน วิตามินอี แชนโทโรฟิล โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีธาตุแคลเซียมค่อนข้างสูง และที่เด่นที่สุดคือมีซิลิเนียมสูงมาก ซึ่งสูงกว่าในผักสีเขียว โดยแร่ธาตุตัวนี้เป็นสารป้องกันอนุมูลอิสระที่สำคัญยิ่งชนิดหนึ่ง

8. กระบวนการจัดการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนการสอน ครั้งที่ 1

เรื่อง การเจริญเติบโต และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายไก่อ เวลา 2 ชั่วโมง

1. ขั้นสร้างความสนใจ

- 1 ครูถามนักเรียนว่า “รู้จักสาหร่ายไก่อหรือไม่” นักเรียนร่วมตอบ
- 2 ครูถามนักเรียนว่า “นักเรียนทราบหรือไม่ว่าสาหร่ายไก่อเจริญเติบโตได้อย่างไร และมีปัจจัยอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายไก่อ” นักเรียนร่วมกันอภิปราย
- 3 ครูนำสาหร่ายไก่อมาให้ให้นักเรียนดูและถามว่า “นักเรียนทราบหรือไม่ว่าสาหร่ายไก่อจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูกาลใด และต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมอย่างไร ” นักเรียนร่วมกันอภิปราย

2.ขั้นสอน

4. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปสืบค้นข้อมูลทาง Internet เกี่ยวกับ เรื่อง การเจริญเติบโต และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายไถ หลังจากนั้นให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอหน้าชั้นเรียน ทุกคนร่วมกันอภิปราย

3.ขั้นอภิปรายและสรุป

5. ครูสรุปแนะนำความรู้เกี่ยวกับเรื่องสาหร่ายไถเพิ่มเติม

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน ครั้งที่ 2 เรื่อง การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายไถ เวลา 3 ชั่วโมง

1.ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูซักถามนักเรียนว่า “นักเรียนทราบหรือเปล่านั้นว่าในชุมชนของนักเรียนมีการนำเอาสาหร่ายไถมาใช้ประโยชน์ในเรื่องใดบ้าง” นักเรียนร่วมกันอภิปราย

2.ขั้นสอน

2. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลทาง Internet เกี่ยวกับ เรื่อง การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายไถ หลังจากนั้นให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอหน้าชั้นเรียน ทุกคนร่วมกันอภิปราย

4. นักเรียนทำใบงานเรื่อง การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายไถ และร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน

5. นักเรียนรับใบงานการฝึกคิดหัวเรื่องโครงการใช้เวลาในการทำ 30 นาที หลังจากนั้นให้นำเสนอหน้าชั้นเรียน ทุกคนร่วมกันแสดงความคิดเห็น

3.ขั้นอภิปรายและสรุป

6. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเรื่องการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายไถ เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นความรู้ใหม่

7. ครูสรุปแนะนำการคิดหัวเรื่องโครงการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิดมาเพื่อเป็นแนวทางการทำโครงการของนักเรียน

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน ครั้งที่ 3

เรื่อง การทำโครงการการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายไถ เวลา 2 ชั่วโมง

1.ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูซักถามนักเรียนเกี่ยวกับหัวเรื่องโครงการการนำเอาสาหร่ายไถมาใช้ประโยชน์ที่นักเรียนได้คิดมา นักเรียนร่วมกันอภิปราย

2. ครูนำตัวอย่างโครงร่างโครงการ และโครงการของนักเรียนรุ่นพี่ที่ทำไว้ให้นักเรียนดู นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการศึกษาโครงการตัวอย่าง

2.ขั้นสอน

3. นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง การเขียนเค้าโครงของโครงการ และการจัดทำ รายงานโครงการ

4. ครูร่วมกับนักเรียนอภิปรายเรื่องการเขียนเค้าโครง

5. นักเรียนรับใบงานที่ 2 เรื่อง การเขียนเค้าโครงของโครงการ โดยเลือกใช้หัวข้อเรื่อง โครงการในใบงานที่เคยทำผ่านมา หลังจากนั้นนำเสนอหน้าชั้นเรียน ทุกคนร่วมกันแสดงความคิดเห็น

3.ขั้นอภิปรายและสรุป

6. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเค้าโครงของโครงการเกี่ยวกับเรื่องการใช้ประโยชน์ จากสหรัยไถ ของนักเรียนที่ละกลุ่มเพื่อนำไปสู่การสรุปและจัดทำเป็นโครงการ

7. ครูสรุปแนะนำการทำโครงการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิดมาเพื่อเป็นแนวทางการทำโครงการของนักเรียน และให้นำมาส่งในชั่วโมงถัดไป

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน ครั้งที่ 4

เรื่อง การทำโครงการการใช้ประโยชน์จากสหรัยไถ เวลา 2 ชั่วโมง

1.ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูซักถามนักเรียนเกี่ยวกับโครงการนำเอาสหรัยไถมาใช้ประโยชน์ที่นักเรียน ได้ทำมา นักเรียนร่วมกันอภิปราย

2.ขั้นสอน

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอโครงการที่ได้ไปทำมาให้เพื่อนในห้องและครู ได้รับฟังที่ละกลุ่มจนครบทุกกลุ่ม

3. ครูร่วมกับนักเรียนอภิปรายโครงการที่ได้รับฟังการนำเสนอที่ละกลุ่ม

3.ขั้นอภิปรายและสรุป

4. ครูสรุปแนะนำการทำโครงการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำมาเพื่อเป็นแนวทางการทำโครงการเรื่องต่อไป

9. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

1. ใบงาน เรื่อง แบบฝึกหัดคิดหัวเรื่องโครงการ
2. ใบงาน เรื่อง การเขียนเค้าโครงของโครงการ
3. ใบงาน เรื่อง การใช้ประโยชน์จากสหรัายไถ
4. เค้าโครงงานตัวอย่าง
5. โครงงานตัวอย่าง และการจัดทำรายงานโครงการ

แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสืบค้นข้อมูลทาง Internet โรงเรียน

10. การวัดและประเมินผล

พฤติกรรมที่ต้องการวัด และประเมินผล	วิธีการ	เครื่องมือ
ความรู้ – ความคิด	<ol style="list-style-type: none"> 1. สังเกตจากการตอบคำถามและการซักถามปัญหาและการแสดงความคิดเห็น 2. สังเกตจากการอภิปรายกลุ่มย่อย 3. การตรวจผลงาน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใบงาน 2. สมุดบันทึกของนักเรียน
ด้านทักษะกระบวนการ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ให้ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง (กระบวนการกลุ่ม) 2. ให้อภิปรายกลุ่มย่อยและนำเสนอผลงาน 3. การจัดทำโครงงานและการนำเสนอโครงงาน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. แบบบันทึกการประเมินการทดลอง 2. แบบประเมินโครงงาน
ด้านจิตวิทยาาสตร์	สังเกตและบันทึกผลการสังเกต	<ol style="list-style-type: none"> 1. สมุดบันทึกการเข้าเรียน 2. แบบสังเกตพฤติกรรมรายบุคคล

11. บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาอุปสรรค.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

แบบประเมินพฤติกรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง โดยมีเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

- 5 หมายถึง ปฏิบัติหรือแสดงคุณลักษณะนั้นเด่นชัดที่สุด (5 คะแนน)
 4 หมายถึง ปฏิบัติหรือแสดงคุณลักษณะนั้นค่อนข้างเด่นชัด (4 คะแนน)
 3 หมายถึง ปฏิบัติหรือแสดงคุณลักษณะนั้นปานกลาง (3 คะแนน)
 2 หมายถึง ปฏิบัติหรือแสดงคุณลักษณะนั้นน้อย (2 คะแนน)
 1 หมายถึง ปฏิบัติหรือแสดงคุณลักษณะนั้นน้อยที่สุด (1 คะแนน)

พฤติกรรมที่แสดงออก	ระดับการปฏิบัติ				
	1	2	3	4	5
1 แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ
2 แสดงกริยา วาจา สุภาพเรียบร้อย
3 กระตือรือร้น สนใจต่อการเรียน
4 ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน
5 ชักถามครูเมื่อมีข้อสงสัยในบทเรียนและเรื่องต่างๆ
6 มีน้ำใจกับเพื่อนๆ และยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น
7 ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความตั้งใจส่งทันตามกำหนด
8 มีความมั่นใจในตนเอง แสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน
9 ศึกษาความรู้จากแหล่งต่างๆ ในชุมชน โรงเรียน
10 นำความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในชีวิตประจำวัน
รวม

ลงชื่อ

(.....)

ผู้ประเมิน

เกณฑ์การประเมินผลโครงการ

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
<ul style="list-style-type: none"> - มีการวางแผนวิธีการทำโครงการได้ถูกต้องครบถ้วน - ลงมือปฏิบัติตามวิธีการที่วางแผนจนทำโครงการได้สำเร็จ - สรุปและอภิปรายผลการทำโครงการได้ถูกต้องชัดเจน - เขียนรายงานเป็นลำดับขั้นตอน - นำเสนอโครงการได้ชัดเจน สมบูรณ์ 	4 ดีมาก
<ul style="list-style-type: none"> - มีการวางแผนวิธีการทำโครงการได้ถูกต้อง - ลงมือปฏิบัติตามวิธีการที่วางแผนจนทำโครงการได้สำเร็จ - สรุปและอภิปรายผลการทำโครงการได้ - เขียนรายงานได้ชัดเจน - นำเสนอโครงการได้ชัดเจน 	3 ดี
<ul style="list-style-type: none"> - มีการวางแผนวิธีการทำโครงการได้ถูกต้องบางส่วน - ลงมือปฏิบัติตามวิธีการวางแผนจนทำโครงการได้สำเร็จบางส่วน - สรุปและอภิปรายผล ไม่ชัดเจน - เขียนรายงานได้ไม่ชัดเจน - นำเสนอได้ชัดเจนบางส่วน 	2 พอใช้
<ul style="list-style-type: none"> - ต้องอาศัยคำแนะนำในการวางแผนวิธีการทำโครงการ - มีความยากลำบากในการลงมือปฏิบัติตามวิธีการทำโครงการ - สรุปและอภิปรายผลไม่ถูกต้อง - เขียนรายงานไม่ครบตามขั้นตอน ไม่ถูกต้อง - นำเสนอโครงการได้ไม่ชัดเจน 	1 ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินผลภาระงาน
การสืบค้นข้อมูล วิชาวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			หมายเหตุ
	3	2	1	
1. รูปแบบของรายงาน
2. ความสมบูรณ์ของเนื้อหา
3. ความทันสมัยของเนื้อหา (การ up date ข้อมูล)
4. การนำเสนอหน้าชั้น				
- สื่อสารชัดเจน เข้าใจง่าย
- รูปแบบการนำเสนอเหมาะสม
- ข้อมูลของรายงานสมบูรณ์
- สรุปข้อมูลได้ตรงตามจุดประสงค์
คะแนนรวม

ข้อเสนอแนะ/การแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

การแปลผล

- 17 - 21 ดีเยี่ยม
- 12 - 16 ดี
- 7 - 11 พอใช้

เกณฑ์การประเมินผลภาระงาน
การทดลองแยกย่อย

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
ด้านที่ 1 การตั้งปัญหา	
- ถูกต้อง ตรงประเด็น	3
- ถูกต้องบางส่วน ไม่ตรงประเด็น	2
- ไม่ถูกต้องและไม่ตรงประเด็น	1
ด้านที่ 2 การตั้งสมมติฐาน	
- ตั้งสมมติฐานได้ตรงประเด็น	3
- ถูกต้องบางส่วน ไม่ตรงประเด็น	2
- ไม่ถูกต้องและไม่ตรงประเด็น	1
ด้านที่ 3 ออกแบบและวางแผนทดลอง	
- สามารถออกแบบได้อย่างถูกต้องและหลากหลาย กลุ่มเนื้อหา	3
- ออกแบบได้แต่ยังไม่ครอบคลุมเนื้อหา	2
- ออกแบบไม่ได้ ครูต้องคอยชี้แนะ	1
ด้านที่ 4 การทดลอง	
- ใช้อุปกรณ์เรียงลำดับการทดลองถูกต้อง ปลอดภัย ทันเวลาที่กำหนด	3
- ใช้อุปกรณ์ได้แต่ยังไม่ถูกต้อง ครูชี้แนะเป็นบางครั้ง ตรงเวลา	2
- ใช้ไม่เป็น ครูต้องคอยแนะนำเสมอ ไม่ตรงเวลา	1
ด้านที่ 5 การลงข้อมูลสรุปผลการทดลอง บันทึกและเขียนรายงาน	
- บันทึกผลการทดลอง สรุปผลถูกต้องและชัดเจน	3
- บันทึกผลการทดลองได้เอง เขียนรายงานได้บ้าง แต่ยังไม่สมบูรณ์	2
- เขียนผลการทดลองยังไม่ได้ ครูต้องคอยแนะนำการเขียนและสรุปผลการทดลอง	1
ด้านที่ 6 การนำเสนอผลการทดลอง	
- นำเสนอด้วยความมั่นใจ ถูกต้อง คล่องแคล่ว ตรงต่อเวลา	3
- นำเสนอได้บ้างแต่ยังไม่คล่องแคล่วเท่าที่ควร	2
- นำเสนอได้แต่ครูต้องคอยชี้แนะ	1

แบบบันทึกการประเมินการทดลอง

กิจกรรมที่สังเกต.....วันที่สังเกต.....

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น.....

สมาชิกได้แก่ 1.....4.....

2.....5.....

3.....6.....

ชื่อโครงการ

.....

ที่	รายการประเมิน	คุณภาพโครงการ			
		ดีมาก 4 คะแนน	ปานกลาง 3 คะแนน	พอใช้ 2 คะแนน	ปรับปรุง 1 คะแนน
1	ชื่อเรื่องมีความน่าสนใจ	.....	.....	.....	.....
2	มีการตั้งสมมติฐานที่สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์	.....	.....	.....	.....
3	ออกแบบและวางแผนการทดลอง	.....	.....	.....	.....
4	การทดลอง	.....	.....	.....	.....
5	การลงข้อมูลสรุปผลการทดลอง บันทึกและ เขียนรายงาน	.....	.....	.....	.....
6	การนำเสนอผลการทดลอง	.....	.....	.....	.....
	รวม	.....	.....	.....	.....

ลงชื่อ

(.....)

ผู้ประเมิน

ใบงานที่ 1

เรื่อง แบบฝึกคิดหัวเรื่องโครงงาน

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น.....

สมาชิกได้แก่ 1..... 4.....
 2..... 5.....
 3..... 6.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนฝึกคิดหัวเรื่องโครงงานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

สถานการณ์

ทุกปีหลังจากฤดูกาลน้ำหลากประมาณเดือน ตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ชาวบ้านจะพบ
 สาหร่ายไถเจริญเติบโตขึ้นเป็นแผงเต็มพื้นที่ในลำน้ำนาน แต่มาปีนี้ปรากฏว่าสาหร่ายไถที่เคยพบ
 มากในบริเวณดังกล่าวมีจำนวนลดลงไปจากเดิมมาก บางพื้นที่ก็ไม่พบสาหร่ายไถขึ้นเลย เหตุการณ์
 นี้สร้างความตกใจให้แก่ชาวบ้านเป็นจำนวนมาก

***** นักเรียนจะช่วยชาวบ้านแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างไร *****

หัวเรื่องโครงงาน ตัวอย่าง การแก้ไขปัญหาดังกล่าว

- หัวเรื่องที่ 1
- หัวเรื่องที่ 2
- หัวเรื่องที่ 3
- หัวเรื่องที่ 4
- หัวเรื่องที่ 5
- หัวเรื่องที่ 6
- หัวเรื่องที่ 7
- หัวเรื่องที่ 8
- หัวเรื่องที่ 9
- หัวเรื่องที่ 10

ใบงานที่ 2

เรื่อง การเขียนเค้าโครงของโครงการ

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนเค้าโครงจากสถานการณ์ต่อไปนี้มา 1 เรื่อง หลังจากนั้นนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน

สถานการณ์

สาหร่ายไก่อเป็นสาหร่ายสีเขียว มีลักษณะเป็นเส้นสาย บางชนิดแตกแขนง บางชนิดไม่แตกแขนง ซึ่งเกิดขึ้นในบริเวณลำน้ำที่ใสและน้ำไหล มีแสงส่องถึง โดยสาหร่ายไก่อจะยึดเกาะบนก้อนหินหรือสิ่งยึดเกาะอื่น ๆ เมื่อนำสาหร่ายไก่อมาวิเคราะห์ พบว่าสาหร่ายไก่อมีโปรตีนถึง 19.3 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้มี ไขมัน เส้นใย แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม แคโรทีน วิตามินอี โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีธาตุแคลเซียมค่อนข้างสูง และที่เด่นที่สุดคือมีซิลิเนียมสูงมาก ซึ่งสูงกว่าในผักสีเขียว โดยแร่ธาตุตัวนี้เป็นสารป้องกันอนุมูลอิสระที่สำคัญยิ่งชนิดหนึ่ง ดังนั้นคนในพื้นที่ ที่อยู่ใกล้แหล่งสาหร่ายเหล่านี้จึงโชคดี ที่ได้บริโภคแต่อาหารดีมีประโยชน์

เค้าโครง ครงงาน

เรื่อง.....

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น.....

สมาชิกได้แก่ 1..... 4.....

2..... 5.....

3..... 6.....

หลักการและเหตุผล

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

วัตถุประสงค์การทดลอง

.....
.....
.....
.....

สมมติฐานการทดลอง

.....
.....
.....
.....

ภาคผนวก จ
แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสความพึงพอใจในเยลลี่สำหรับวัยไถ่

ชื่อผู้ทดสอบชิม สกุล วันที่ทดสอบ

ชื่อผลิตภัณฑ์ เยลลี่สำหรับวัยไถ่

คำชี้แจง โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ พร้อมทั้งให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่าง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

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

ลักษณะที่ประเมิน	รหัสตัวอย่าง														
	BAD	BAC	ABC	ABD	BDA	ACB	CAB	BCD	CBD	BDC	DBA	DBC	EDB	BDE	DBE
สี															
กลิ่น															
รสชาติ															

ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์

