การพัฒนาเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขม และถั่งเช่าสีทอง

นำพล แปนเมือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาศาสตร์แห่งเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์สุขภาพ คณะเภสัชศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

DEVELOPMENT OF JELLY BEVERAGE FOR HEALTH CARE CONTAINED *AMARANTHUS VIRIDIS* AND *CORDYCEPS MILITARIS* CRUDE EXTRACTS

NAMPON PANMUAENG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

MAJOR IN COSMETIC AND HEALTH PRODUCT

FACULTY OF PHARMACEUTICAL SCIENCES

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2018

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาศาสตร์แห่งเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์สุขภาพ คณะเภสัชศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

ผู้วิจัย นายนำพล แปนเมือง

คณะกรรมการสอบ

รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี รังสีวิจิตรประภา	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.วริษฎา ศิลาอ่อน	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษณา พัวเพิ่มพูลศิริ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผดุงขวัญ จิตโรภาส	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.วริษฎา ศิลาอ่อน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษณา พัวเพิ่มพูลศิริ)

.....	.....
(ดร.ศักดิ์สิทธิ์ ศรีภา)	(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)
คณบดีคณะเภสัชศาสตร์	รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2561

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วริษฎา ศิลาอ่อน ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ตรวจแก้ไข ข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ตลอดจนความช่วยเหลืออื่น ๆ รวมทั้งการเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษณา พัวเพิ่มพูลศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมและอาจารย์ ดร. ไพจิตร ศรีธนานุวัฒน์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยด้านการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพและจุลชีววิทยา และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิริสุดา คำสีเขียว ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำการใช้โปรแกรม SPSS ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วันดี รังสีวิจิตรประภา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ผดุงขวัญ จิตโรภาส กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณท่านคณบดีคณะเภสัชศาสตร์ คณบดีคณะแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก รวมถึงผู้ใหญ่บ้านม่วงน้อย ตำบลนาดี อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล ตลอดจนกลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการศึกษาจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ นักวิทยาศาสตร์ประจำคณะเภสัชศาสตร์ ที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยรวมถึงเพื่อน ๆ นักศึกษาที่ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา และขอขอบพระคุณสถาบันการศึกษาแห่งนี้ ที่ได้ให้ความรู้ และประสบการณ์อันมีค่าในการศึกษา

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจ ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการศึกษาที่ดี คุณค่าและประโยชน์ที่เกิดจากการศึกษาครั้งนี้ ขอมอบแด่ผู้ที่อยู่เบื้องหลังในการส่งเสริมความสำเร็จ ทั้งที่ได้กล่าวนามถึงและมิได้กล่าวนามถึงทุกท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

นำพล แปนเมือง
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง	:	การพัฒนาเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง
ผู้วิจัย	:	นำพล แปนเมือง
ชื่อปริญญา	:	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	:	ศาสตร์แห่งเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์สุขภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	รองศาสตราจารย์ ดร.วริษฎา ศิลาอ่อน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษณา พัวเพิ่มพูลศิริ
คำสำคัญ	:	ผักโขม, ถั่งเช่าสีทอง, เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพ, ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่มีส่วนประกอบจากธรรมชาติเป็นที่นิยมในผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่บริโภคง่ายและมีคุณค่าทางโภชนาการต่อผู้บริโภค โดยผสมสารสกัดผักโขมและถั่งเช่าสีทองซึ่งเป็นสมุนไพรที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน งานวิจัยนี้เตรียมผงแห้งของสารสกัดหยาบผักโขมในน้ำด้วยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ได้ผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 15.8 ของน้ำหนักแห้ง สารสกัดหยาบผักโขมมีปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 37.57 ± 0.85 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 12.68 ± 0.65 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนสารสกัดถั่งเช่าสีทองในน้ำมีปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 17.11 ± 0.63 มิลลิกรัมต่อกรัม แต่ไม่พบปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม เมื่อศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของวิตามินซี ซึ่งเป็นสารละลายมาตรฐาน สารสกัดหยาบ ผักโขมและถั่งเช่าสีทองด้วยวิธี DPPH พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.29 ± 0.02, 2.35 ± 0.11 และ 6.87 ± 0.34 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และวิธี $ABTS^{+\cdot}$ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.22 ± 0.00, 1.55 ± 0.03 และ 6.57 ± 0.30 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สูตรตำรับที่เหมาะสมของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองประกอบด้วย สารสกัดหยาบผักโขมร้อยละ 0.01 คาราจีแนนร้อยละ 0.2 ผงเมล็ดมะขามร้อยละ 0.2 น้ำผึ้งร้อยละ 0.2 แอสพาแตมร้อยละ 2 กรดซิตริกร้อยละ 0.2 พาราเบนคอนเซนเตรทร้อยละ 1 และสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองในน้ำร้อยละประมาณ 95.5 อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บไม่มีผลต่อความคงตัวของ Cordycepin เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ Cordycepin ในผลิตภัณฑ์พบว่าในวันเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 170.03 ไมโครกรัมต่อกรัม เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นาน 60 วันที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C และ 40°C มีปริมาณ Cordycepin คงเหลือในผลิตภัณฑ์เท่ากับ 176.53 ± 11.41, 175.01 ± 8.21 และ 168.59 ± 6.50 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อศึกษาความคงสภาพด้านจุลชีวิทยาที่อุณหภูมิ 4 °C และ 25 °C ควรบริโภคผลิตภัณฑ์ก่อน 14 วัน และ 7 วัน ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์ พบว่าในผลิตภัณฑ์มีปริมาณวิตามินบี 12 มากที่สุดรวมถึงกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็นหลายชนิด ($p < 0.05$) ดังนั้นผักโขมและถั่งเช่าสีทองสามารถใช้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพและนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้ นับเป็นการพัฒนาเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค

ABSTRACT

TITLE : DEVELOPMENT OF JELLY BEVERAGE FOR HEALTH CARE CONTAINED *AMARANTHUS VIRIDIS* AND *CORDYCEPS MILITARIS* CRUDE EXTRACTS
AUTHOR : NAMPON PANMUEANG
DEGREE : MASTER OF SCIENCE
MAJOR : COSMETIC AND HEALTH PRODUCT
ADVISOR : ASSOC. PROF. WARISADA SILA - ON, Ph.D.
CO-ADVISOR : ASST. PROF. UTSANA PUAPERMPOONSIRI, Ph.D.
KEYWORDS : *AMARANTHUS VIRIDIS*, *CORDYCEPS MILITARIS*, JELLY BEVERAGE FOR HEALTH CARE, ANTIOXIDANT ACTIVITY

Beverage product for health care composed of natural ingredients are popular in all age's consumers. This research aims to develop the jelly beverage for health care which having the convenience and nutritive value for consumers. These contained *Amaranthus viridis* and *Cordyceps militalis* crude extracts which demonstrate biological activities such as antioxidant activity. The dried powder of *Amaranth*us aqueous extract was prepared by freeze - drying with the yield 15.8 % of dried weight. The total phenolic contents and total flavonoid content of *Amaranth*us extract were 37.57 ± 0.85 mg/g and 12.68 ± 0.65 mg/g, respectively. While, aqueous extract of *Cordyceps militaris* demonstrated the total phenolic content of 17.11 ± 0.63 mg/g, but total flavonoid content was absent. *In vitro* antioxidant activities presented in IC_{50} value of L- ascorbic acid, *Amaranthus viridis* and *Cordyceps militaris* crude extracts were 0.29 ± 0.02, 2.35 ± 0.11 and 6.87 ± 0.34 mg/ml in DPPH assay, while were 0.22 ± 0.00, 1.55 ± 0.03 and 6.57 ± 0.30 mg/ml in $ABTS^{+\cdot}$ assay, respectively. The optimized formulation of jelly beverage for health care contained *Amaranthus viridis* and *Cordyceps militaris* crude extracts consisted of *Amaranthus* crude extract 0.01 %, carrageenan 0.2 %, tamarind gum 0.2 %, honey 2 %, aspartame 2 %, citric acid 0.2 %, paraben concentration 1 % and *Cordyceps militaris* aqueous extract approximate 95.5 %. Temperature and storage period was no effect on the stability of Cordycepin. The initial content of Cordycepin in the product was 170.03 µg/g. After storing for 60 days at 4 °C, 25 °C and 40 °C, the remaining content of Cordycepin were consequently of 176.53 ± 11.41, 175.01 ± 8.21 and 168.59 ± 6.50 µg/g. For the microbiological stability study, the products were reserved at 4 °C and

25 °C, provided the beyond use date subsequently for 14 days and 7 days. For nutritional value determination, the products showed the highest content of vitamin B12 and other essential and non - essential amino acids. The satisfaction survey of jelly beverage for health care contained *Amaranthus viridis* and *Cordyceps militaris* crude extracts showed significantly higher than that of the beverage *Cordyceps militaris* commercial products ($p < 0.05$). So that, *Amaranthus viridis* and *Cordyceps militaris* could act as the active composition in jelly beverage for health care product and utilized in the commercial field. These revealed a novel alternative healthy beverage for consumer.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
สารบัญ	**ฉ**
สารบัญตาราง	**ซ**
สารบัญภาพ	**ญ**
คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ	**ฎ**
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความหมายเยลลี่	3
2.2 ชนิดของเยลลี่	4
2.3 ส่วนประกอบเยลลี่	4
2.4 ผักโขม	7
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในผักโขม	8
2.6 ถั่งเช่าสีทอง	12
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในถั่งเช่าสีทอง	12
2.8 คาราจีแนน (Carrageenan)	14
2.9 ผงเมล็ดมะขาม	17
2.10 เพคติน (Pectin)	18
2.11 แอสพาแตม (Aspartame)	20
2.12 น้ำผึ้ง (Honey)	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 รูปแบบการวิจัย	23
3.2 สารเคมีและวัสดุอุปกรณ์	23
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 สารสกัดผักโขมและถั่งเช่าสีทอง 31

4.2 ผลการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน 31

4.3 การพัฒนาตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง 34

4.4 ประเมินความคงสภาพของตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในสภาวะเร่ง 35

4.5 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง 41

4.6 ผลการศึกษาปริมาณกรดอะมิโน 43

4.7 ผลการศึกษาความพึงพอใจของอาสาสมัครในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง 47

บทที่ 5 อภิปรายผล

5.1 สารสกัดหยาบผักโขม 56

5.2 สารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทอง 57

5.3 ผลการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน 57

5.4 การพัฒนาตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง 60

5.5 ผลศึกษาความคงสภาพของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมผักโขมและถั่งเช่าสีทองในสภาวะเร่ง 61

5.6 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง 64

5.7 ผลการศึกษากรดอะมิโนในสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง 65

5.8 ผลการศึกษาความพึงพอใจของอาสาสมัครในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง 66

5.9 ข้อเสนอแนะ 67

เอกสารอ้างอิง **68**

ภาคผนวก **77**

ประวัติผู้วิจัย **113**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติการละลายของคาราจีแนน	16
2.2	ปัจจัยที่มีผลต่อเกิดเจลของคาราจีแนน	17
3.1	ศึกษาอัตราส่วนสารก่อเจล (เพคติน คาราจีแนนและผงเมล็ดมะขาม)	26
4.1	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง	33
4.2	ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ ABTS+. ของสารละลายมาตรฐาน (L-Ascorbic acid) ของสารสกัดหยาบผักโขม ถั่งเช่าสีทอง และผลิตภัณฑ์วันเริ่มต้นและวันที่ 60 ที่ 3 สภาวะการเก็บได้แก่ 4 °C , 25 °C / 75% RH และ 40°C / 75% RH	33
4.3	สูตรตำรับเครื่องดื่มเยลลี่ที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง	34
4.4	ความหนืดของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสี ทองระยะเวลา 60 วัน ที่ 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75% RH และ 40°C / 75% RH วัดที่อุณหภูมิ 25 °C (n=3)	35
4.5	สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองด้วยวิธี HPLC	36
4.6	การเปรียบเทียบ retention time ของ Cordycepin สารละลายมาตรฐานและในผลิตภัณฑ์ที่สภาวะต่าง ๆ	39
4.7	ปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองเป็นระยะเวลา 60 วัน ที่ 3 สภาวะการเก็บได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH	41
4.8	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ระยะเวลา 60 วัน	42
4.9	ปริมาณเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ระยะเวลา 60 วัน	42
4.10	ผลการทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง	43
4.11	คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองต่อหนึ่งหน่วยบริโภคและคิดเป็นร้อยละปริมาณอาหารที่แนะนำให้บริโภคในหนึ่งวัน (%Thai RDI)	44
4.12	ปริมาณกรดอะมิโนในสารสกัดหยาบผักโขม ถั่งเช่าสีทองและสารสกัดหยาบผสม	46
4.13	ปริมาณกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในวันเริ่มต้นและที่ 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C 75 % RH ระยะเวลา 60 วัน	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.14	ข้อมูลด้านปัจจัยต่าง ๆ ของผู้ตอบแบบสอบถาม	48
4.15	ค่าความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจัยด้านเพศ	49
4.16	ค่าความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจัยด้านสถานที่	50
4.17	ค่าความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจัยด้านอายุ	51
4.18	ค่าความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจัยด้านอาชีพ	52
4.19	ค่าความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจัยด้านรายได้	53
4.20	ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง	54
4.21	ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด	54
4.22	ค่าความแตกต่างของความพึงพอใจระหว่างเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด	55

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ผักโขม	7
2.2	ถั่งเช่าสีทอง	12
2.3	คาราจีแนนชนิด κ, ι, λ	15
2.4	โครงสร้างเพคติน	18
2.5	โครงสร้าง Aspartame	20
2.6	น้ำผึ้ง	21
4.1	กราฟมาตรฐานปริมาณความเข้มข้นและค่าดูดกลืนแสงของ Gallic acid	31
4.2	กราฟมาตรฐานปริมาณความเข้มข้นและค่าดูดกลืนแสงของ Quercetin	32
4.3	ความหนืดของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองเก็บที่อุณหภูมิ 4°C, 25°C / 75 % RH และ 40°C / 75 % RH เป็นระยะเวลา 60 วัน	36
4.4	โครมาโตแกรมสาร Cordycepin ของสารละลายมาตรฐานและในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่พร้อมดื่มที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองที่อุณหภูมิต่าง ๆ	37
4.5	กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน Cordycepin ความเข้มข้นต่าง ๆ	38
4.6	ปริมาณสาร Cordycepin ของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40°C / 75 % RH เป็นระยะเวลา 60 วัน	40
4.7	โครมาโตแกรมสารสกัดหยาบและสารสกัดผสม	44
4.8	โครมาโตแกรมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่พร้อมดื่มที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ	46

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

สัญลักษณ์และอักษรย่อ	ความหมาย
mg/ml	มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
mg/g	มิลลิกรัมต่อกรัม
mg NE	มิลลิกรัมไนอะซิน
ml/min	มิลลิลิตรต่อนาที
mm	มิลลิเมตร
g/g	กรัมต่อกรัม
mg/kg	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
µg/g	ไมโครกรัมต่อกรัม
µg/ml	ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
µl	ไมโครลิตร
°C	องศาเซลเซียส
pH	ค่าความเป็นกรด – ด่าง
g	กรัม
ml	มิลลิลิตร
rpm	ความเร็วรอบต่อนาที
% RH	ความชื้นสัมพัทธ์
IC_{50}	ค่าความเข้มข้นของสารที่ยับยั้งออกซิเดชันได้ 50 %
qs	sufficient quantity to as much as is necessary
cPs	ค่าความหนืด
ND	ไม่สามารถวัดหาค่าได้
SD	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$(\bar{X})$	ค่าเฉลี่ย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความใส่ใจด้านสุขภาพของตนเองและคนรอบข้างมากขึ้น จึงนิยมการออกกำลังกาย บริโภคอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์จำหน่ายมากมายทั้งในรูปแบบอาหารหรือเครื่องดื่มสุขภาพที่วางขายตามท้องตลาด ซึ่งรูปแบบการบริโภคในปัจจุบันจะเน้นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบจากธรรมชาติ สะดวกในการใช้ มีความปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสภาพสังคมที่เร่งรีบมีกลุ่มบุคคลหลายประเภทที่ทำงานหลากหลายเช่น กลุ่มผู้ใช้แรงงาน กลุ่มที่ออกกำลังกาย กลุ่มที่ทำงานโดยไม่มีเวลาออกกำลังกายมีภาวะเครียดจากสภาวะแวดล้อมที่เป็นมลพิษในปัจจุบัน เป็นสาเหตุทำให้ผู้บริโภคมีความต้องการผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคภัยไข้เจ็บได้

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำผักโขม *(Amaranthus viridis)* ซึ่งเป็นผักพื้นบ้านที่สามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ ทนต่อสภาพภูมิอากาศได้ดีกว่าผักประเภทอื่นและยังสามารถนำมารับประทานได้ในทุกฤดูกาล ผู้คนนิยมนำผักโขมมารับประทานเพราะเป็นผักที่หาได้ง่ายตามแหล่งธรรมชาติที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ ได้แก่ วิตามินซี ไรโบฟาวิน โฟเลต แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และแมงกานีส รวมถึงกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Du et al., 2016)

และยังมีความสนใจในถั่งเช่าซึ่งได้แบ่งออกเป็นหลายสายพันธุ์ได้แก่ ถั่งเช่าธิเบต ถั่งเช่าสีทอง ถั่งเช่าหิมะ และถั่งเช่าจั๊กจั่น ซึ่งถั่งเช่าธิเบตจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญในการนำถั่งเช่าชนิดนี้มาใช้ในการบริโภค มีราคาสูงและหาได้ยาก ตามตำรายาแพทย์แผนโบราณของจีนถั่งเช่าธิเบตเป็นยาอายุวัฒนะ ส่วนถั่งเช่าหิมะมีสรรพคุณลดระดับคลอเลสเตอรอล ลดระดับน้ำตาลในเลือด และยาที่สังเคราะห์มาจากโครงสร้างทางเคมีของสารสกัดจากถั่งเช่าจั๊กจั่นมีประสิทธิภาพในการป้องกันการปฏิเสธอวัยวะที่ปลูกถ่ายและโรคที่มีการต่อต้านภูมิคุ้มกันตัวเอง (Han et al., 2004)

ปัจจุบันประเทศไทยมีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อถั่งเช่าสีทอง *(Cordyceps militaris)* อย่างแพร่หลาย ซึ่งมีคุณสมบัติและสรรพคุณที่ใกล้เคียงกับถั่งเช่าธิเบต มีสารออกฤทธิ์ ได้แก่โพลีแซคคาไรด์ เช่น เบต้ากลูแคน, อะดีโนซีน, คอร์ไดซิปิน, กรดคอไดซิปิกและกรดอะมิโน นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารอาหารสำคัญอื่น ๆ เช่น โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี และซีลีเนียม ซึ่งสารอาหารเหล่านี้ล้วนมีคุณประโยชน์ต่อร่างกายและถั่งเช่าสีทองมีราคาที่ถูกและหาได้ง่ายกว่าถั่งเช่าธิเบต และถั่งเช่าสีทองที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดอยู่ในรูปแบบผงแห้ง บรรจุแคปซูลและเครื่องดื่มในรูปแบบน้ำ แต่ในรูปแบบเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพยังไม่พบเห็นตามท้องตลาด ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำถั่งเช่าสีทองมาศึกษาในงานวิจัย

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้สนใจที่จะนำผงเมล็ดมะขามมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพเนื่องจากเป็นสารเพิ่มความหนืดจากธรรมชาติ หาได้ง่าย เป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอาง สามารถเข้าได้ดีกับสารก่อเจลชนิดอื่นและนำมาพัฒนา

เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบเครื่องดื่มเยลลี่พร้อมดื่มได้ ในอุตสาหกรรมอาหารนิยมใช้เป็นเป็นสารเพิ่มความหนืด มีกลิ่นหอม เนื้อสัมผัสที่นุ่ม มีความยืดหยุ่น และช่วยเพิ่มความคงตัวให้กับผลิตภัณฑ์ได้

จากประโยชน์ต่อร่างกายของผักโขมและถั่งเช่าสีทอง จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองเพื่อทดแทนพลังงานที่สูญเสียไปจากร่างกายและในขณะเดียวกันยังช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกายและเสริมสร้างกล้ามเนื้ออีกด้วย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองนั้นยังสะดวกต่อการพกพาและเป็นรูปแบบใหม่ที่ผู้บริโภคยุคปัจจุบันนิยมรับประทาน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

1.2.2 เพื่อพัฒนาสูตรตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

1.2.3 เพื่อทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยาของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง ในสภาวะเร่ง

1.2.4 เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

1.2.5 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง ในอาสาสมัคร

1.3 สมมติฐานการวิจัย

สารสกัดผักโขม *(Amaranthus viridis)* สารสกัดถั่งเช่าสีทอง *(Cordyceps militaris)* มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันและเครื่องเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองมีคุณลักษณะที่เหมาะสมและมีคุณค่าทางโภชนาการ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ต้นแบบเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบของจากผักโขมและถั่งเช่าสีทองที่มีคุณลักษณะและความคงสภาพที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

1.5 ขอบเขตการศึกษา

เตรียมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง ทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ $ABTS^{+\cdot}$ วิเคราะห์ปริมาณ Cordycepin ในถั่งเช่าสีทองด้วยเทคนิค HPLC พัฒนาสูตรตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง ความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยาของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในสภาวะเร่ง วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองและประเมินความพึงพอใจเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในอาสาสมัคร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เยลลี่เป็นขนมหวานที่มีถิ่นกำเนิดมาจากประเทศอังกฤษ อยู่บริเวณเมือง Midland ทางตะวันตกเฉียงเหนือของ Birmingham เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคทั้งผู้ใหญ่ เด็ก ทุกเพศ ทุกวัย เนื่องจากเยลลี่มีหลากหลายรสชาติ เช่น รสหวาน รสเปรี้ยว มีกลิ่นหอม เนื้อสัมผัสนุ่มนวล รับประทานง่าย มีหลากหลายชนิด เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมมาจากสารก่อเจลที่ได้จากธรรมชาติ เช่น เจลาติน คาราจีแนน เพคติน ผสมกับสารให้ความหวาน เช่น น้ำตาล น้ำตาลแอลกอฮอล์และสารให้ความหวานที่สังเคราะห์ที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ เช่น แอสพาแตม (aspartame) เพื่อให้เยลลี่มีรสหวาน มีการเติมสารควบคุมความเป็นกรด – ด่าง (pH) ลงในตำรับเยลลี่ เช่น กรดซิตริก (citric acid) กรดมาลิก (malic acid) กรดแลกติก (lactic acid) กรดฟูมาลิก (fumalic acid) เกลือโซเดียม เกลือโปตัสเซียมและเกลือแคลเซียม เพื่อให้ตำรับของเยลลี่มีค่า pH ที่เหมาะสมและทำให้สารก่อเจลในเยลลี่คงตัว มีการแต่งสีแต่งกลิ่นหรือเติมน้ำผัก ผลไม้เพื่อให้ตำรับเยลลี่มีรสชาติที่ดี เมื่อนำไปแช่เย็นแล้วรับประทานจะได้ความรู้สึกที่สดชื่น ดับร้อนได้และยังมีหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้ความหมาย ประเภทและองค์ประกอบในตำรับเยลลี่ไว้ดังนี้

2.1 ความหมายของเยลลี่

เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากน้ำผลไม้ล้วน ที่ได้จากการคั้นหรือสกัดจากน้ำผลไม้ ที่ผ่านกรรมวิธีหรือทำให้เข้มข้นหรือแช่แข็ง ซึ่งผ่านการกรองและผสมกับน้ำตาลทำให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะทั้งนี้ให้รวมถึงเยลลี่แห้งด้วย ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 213 พ.ศ. 2534 มาตรฐานผลิตภัณฑ์เยลลี่เป็นสิ่งสำคัญเพราะเยลลี่จัดเป็นของหวานที่รับประทานได้ ดังนั้นเมื่อรับประทานเยลลี่เข้าสู่ร่างกายจะต้องมีความปลอดภัย ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องเครื่องดื่มในภาชนะที่ปิดสนิท ที่ผลิตมาจากพืชหรือผลไม้ ต้องมีรสชาติเฉพาะ ไม่ตกตะกอน พบแบคทีเรีย จุลินทรีย์ คลอโลฟอร์ม ยีสต์และเชื้อราตามกำหนด จึงจะถือได้ว่าผ่านมาตรฐานและมีความปลอดภัยในการบริโภคตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพได้ให้นิยามว่าเยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากน้ำผลไม้ ผสมกับสารให้ความหวาน (sweetening agent) และสารก่อเจล (gelling agent) เช่น เจลาติน (gelatin) คาราจีแนน (carrageenan) แล้วให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนผสมละลายทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเป็นเจล (gel) โปร่งแสง (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521) เยลลี่ที่ดี ต้องมีลักษณะใส เนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม ไม่เหนียวหรือข้นหนืด และไม่เหลวมากจนเกินไปสามารถคงตัวได้ เมื่อทดสอบด้วยมีดจะได้เหลี่ยมตามรอยมีด มีความยืดหยุ่น (กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, 2531)

2.2 ชนิดของเยลลี่

2.2.1 เยลลี่ชนิดเหลว หมายถึงเยลลี่ที่มีลักษณะ เหลว นุ่ม มีน้ำเป็นองค์ประกอบ ใช้ช้อนตักรับประทานหรือใช้หลอดดูด นิยมรับประทานแบบแช่เย็นจัดเป็นของหวานหรือใช้เป็นอาหารว่าง เยลลี่ประเภทนี้มีส่วนผสมของสารก่อเจล (gelling agent) ที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ คาราจีแนน เพคติน เจลลาติน ผงบุก สารให้ความหวาน (sweetener) สารปรับความเป็นกรด – ด่าง (pH) สีผสมอาหาร และสารแต่งกลิ่นแต่งรส

2.2.2 เยลลี่ชนิดแห้ง หมายถึงเยลลี่ชนิดที่มีเนื้อเหนียวหนึบ แห้ง เป็นเยลลี่ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญพืชตามธรรมชาติ (cereal grain) รวมถึงสมุนไพรมาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารให้ความหวาน (sweetener) และสารก่อเจล (gelling agent) เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้เยลลี่อยู่ในลักษณะที่แห้งและเหนียวสามารถผสมกับผลไม้และส่วนประกอบอื่น ๆ แล้วทำการเคี่ยวในอุณหภูมิที่เหมาะสม แต่งสีและกลิ่นแล้วรับประทานเป็นขนมหวาน

ผลิตภัณฑ์เยลลี่ได้รับความนิยมในกลุ่มคนทุกเพศ ทุกวัย เนื่องจากมีรสชาติ เนื้อสัมผัส สีและกลิ่นเป็นสิ่งสำคัญเพราะเป็นสิ่งดึงดูดใจให้ผลิตภัณฑ์น่ารับประทาน สิ่งที่กล่าวมาข้างต้นล้วนขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของเยลลี่ในตำรับผลิตภัณฑ์

2.3 ส่วนประกอบของเยลลี่

2.3.1 สารก่อเจล (Gelling agent)

เป็นสารที่เกิดการพองตัวได้ในน้ำ เป็นเจลมีลักษณะกึ่งแข็งและยืดหยุ่นได้ เป็นกลุ่มสารประเภทไฮโดรคลอลอยด์ สารก่อเจลแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่ม Thermoreversible gel คือ สารก่อเจลเมื่อได้รับอุณหภูมิที่สูงจะเปลี่ยนสถานะกลับเป็นของเหลว ได้แก่ วุ้น (agar) คาราจีแนน (carrageenan) เจลาติน (gelatin) เมื่อเย็นตัวลงจะเกิดลักษณะเป็นของกึ่งแข็ง ยืดหยุ่นและคงสภาพอยู่ได้ในอุณหภูมิห้อง

กลุ่ม Thermoirreversible gel คือ สารก่อเจลเมื่อได้รับอุณหภูมิที่สูงจะไม่เปลี่ยนสถานะกลับเป็นของเหลว ได้แก่ อัลจิเนต (alginate) โปรตีน เช่น การรวมกันของแอคตินและไมโอซิน

สารก่อเจลที่นิยมใช้ในการทำขนมหวาน เช่น เยลลี่ ไอศกรีม หรือเครื่องดื่ม นิยมใช้สารก่อเจล กลุ่ม thermoreversible gel เนื่องจากเป็นสารก่อเจลที่ราคาไม่แพง หาซื้อได้ตามท้องตลาด เป็นสารก่อเจลที่ได้จากธรรมชาติ จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในสูตรตำรับขนมหวานและอาหารชนิดต่าง ๆ ได้แก่

2.3.1.1 คาราจีแนนเป็นสารก่อเจลที่ได้จากสาหร่ายสีแดง มีคุณสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ชอบดึงดูดน้ำและแขวนลอยในน้ำ ซึ่งโครงสร้างมีโมเลกุลเป็นพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ใช้เพิ่มความหนืดทำให้เนื้อเยลลี่แข็งตัว เพิ่มความยืดหยุ่นและสามารถเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิห้อง (Hayashi et al., 2007)

2.3.1.2 เพคตินเป็นสารก่อเจลที่ได้จากพืชหลายชนิดเช่น มะนาว ส้มโอ เป็นสารกลุ่มพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) โครงสร้างมีโมเลกุลขนาดใหญ่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ กรดกาแลกทูโรนิก (galacturonic acid) มีคุณสมบัติกระจายตัวในน้ำได้ดี ความหนืดขึ้นกับปริมาณ

ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ปริมาณแคลเซียมและน้ำตาล ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดในอาหาร เยลลี่ เครื่องดื่มและขนมหวานต่าง ๆ (Boland et al. 2004)

2.3.1.3 เจลลาตินเป็นสารก่อเจลจำพวกโปรตีนที่ได้จากการสลายด้วยกรดหรือด่าง แหล่งกำเนิดจากกระดูกและหนังสัตว์ ได้แก่ วัว กระบือ เป็นต้น ซึ่งในเจลลาตินประกอบด้วย glycine, proline และ hydroxyproline เกิดเป็นเจลได้ในอุณหภูมิประมาณ 32 °C ได้เป็นของเหลว หนืด เมื่อเย็นตัวลงจะได้เจล ใช้เป็นส่วนประกอบทั้งด้านยา อาหารและขนมหวานเป็นต้น (Johnston and Banks., 1990)

2.3.2 สารให้ความหวาน (Sweetener)

ทำหน้าที่เป็นสารช่วยปรับแต่งรสชาติให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่ มีรสชาติที่หวานน่ารับประทาน ได้แก่ กลุ่มน้ำตาลต่าง ๆ ซึ่งสารให้ความหวานเป็นสารที่นำมาแต่งรสชาติอาหารและเครื่องดื่ม เป็นสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นและได้จากธรรมชาติ โดยแบ่งออก 2 ประเภท ได้แก่

สารให้ความหวานที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ น้ำตาลเป็นสารให้ความหวานในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต เช่น กลูโคส ฟลุคโตส และ น้ำตาลแอลกอฮอล์เป็นสารประกอบในกลุ่มแอลกอฮอล์ เช่น ไซลิทอล ซอบิทอล แมนนิทอล เป็นต้น

สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานหรือสารให้ความหวานสังเคราะห์ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (The United states food and drug administration, U.S. FDA) ได้กำหนดชนิดของสารให้ความหวาน (น้ำตาลเทียม) ที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารได้อย่างปลอดภัยในอาหารและเครื่องดื่มไว้ 6 ชนิด ได้แก่ แซคคาริน หรือ ขัณฑสกร (Saccharin) แอสพาแตม (Aspartame) อะซีซัลเฟม โพแทสเซียม หรือ อะซีซัลเฟม เค (Acesulfame potassium, Acesulfame - K) ซูคราโลส (Sucralose) นีโอแตม (Neotame) แอดแวนแตม (Advantame)

2.3.3 สารควบคุมความเป็นกรด - ด่าง (pH)

ทำหน้าที่ควบคุมความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของตำรับ ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ประมาณ 2.8 – 3.5 ขึ้นอยู่กับชนิดของสารก่อเจล ถ้าค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) เปลี่ยนแปลงไปอาจส่งผลต่อความคงตัวของเยลลี่ได้ สารที่ใช้ปรับความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดแลกติก เกลือโซเดียม เกลือโปตัสเซียม เกลือแคลเซียม โซเดียมและโปตัสเซียมไบคาร์บอเนต

2.3.4 สารแต่งสี (Coloring agent) และสารแต่งกลิ่น (Flavoring agent)

สารแต่งสีมีหน้าที่ปรับสีสันให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีความสวยงาม น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สีจากธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ ซึ่งกลุ่มสีที่ได้จากธรรมชาติที่ใช้ผสมอาหารและใช้ภายนอกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม (Martins et al., 2016) ได้แก่ กลุ่มสีอนินทรีย์ เช่น ผงถ่าน titanium dioxide และ calcium carbonate ให้สีขาวขุ่น aluminium และ เงินให้สีเทาเงิน iron oxides ให้สี เหลือง แดง น้ำตาล และดำ เป็นต้น ส่วนกลุ่มสีที่สกัดจากส่วนต่าง ๆ ของพืช ผัก ผลไม้ จุลินทรีย์ และสัตว์ต่าง ๆ จนได้เป็นสีออกมา สีผสมธรรมชาติยังแบ่งตามโครงสร้างของรงควัตถุ (pigment) ได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ อนุพันธ์เททราไพโรล (tetrapyrole derivative) เช่น คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) และฮีม (heme) จะให้สีเขียวและเมื่อทำปฏิกิริยาจะ

กลายเป็นสีน้ำตาล อนุพันธ์ไอโซพรีนอยด์ (isoprenoid derivative) เช่น แครอทีนอยด์ชนิดต่าง ๆ จะให้สีเหลือง อนุพันธ์เบนโซไพราน (benzopyran derivative) เป็นสีในกลุ่มแอนโทไซยานินพบในพืชที่มีสีแดง สีน้ำเงินถึงม่วงเข้ม และสีในกลุ่มแอนโทแซนทินและแทนนิน สารกลุ่มนี้ไม่เป็นที่นิยมเพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย และกลุ่มสีชนิดอื่น ๆ ได้แก่ สีแดงจากครั่งและบีทรูท สีเหลืองจากขมิ้น สีเหลืองทองจากหญ้าฝรั่น สีม่วงจากดอกอัญชันและผิวองุ่น สีเหลืองหรือสีแสดจากดอกคำฝอย เป็นต้น (กิติมา เหมวงษา, 2549) ข้อดีของสีที่ได้จากธรรมชาติคือมีความปลอดภัยและมีฤทธิ์ทางชีวภาพเช่น ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ตัวอย่างเช่น ผักและผลไม้ที่มีสี เขียว แดง เหลือ น้ำเงิน และส้ม จะมีสารสำคัญ เช่น astaxanthin, lycopene, lutein, anthocyanin และ beta carotene ซึ่งสารเหล่านี้เป็นที่ทราบกันดีว่ามีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน อย่างไรก็ตามสีจากธรรมชาติมีข้อจำกัดคือต้องใช้ในปริมาณที่มากกว่าสีสังเคราะห์และอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส กลิ่น และรสชาติของเครื่องดื่มได้ นอกจากนี้ยังมีความคงตัวต่ำซึ่ง อุณหภูมิ ความเป็นกรด – ด่าง แสง มีผลต่อความคงตัวและความเข้มของสี นอกจากนี้ความไม่สม่ำเสมอของสียังขึ้นอยู่กับอายุ ฤดูกาล สภาพแวดล้อมที่เป็นแหล่งกำเนิดของพืชที่ให้สีจากธรรมชาติ (Griffiths., 2005)

นอกจากนี้ยังมีกลุ่มสีที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมีแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ สีสังเคราะห์ที่ละลายน้ำ สีสังเคราะห์ที่ละลายในน้ำมันและผงสี (lakes) สีสังเคราะห์ที่ละลายน้ำ ได้แก่ amaranth, ponceau 4 R, erythrosine, carmoisine หรือ azorubine จัดอยู่ในกลุ่มสีแดง sunset yellow FCF, tartrazine จัดอยู่ในกลุ่มสีเหลือง fast green FCF จัดอยู่ในกลุ่มสีเขียว indigo carmine or indigotine และ brilliant blue FCF จัดอยู่ในกลุ่มสีน้ำเงิน นอกจากนี้ยังพบสีสังเคราะห์เลียนแบบสารธรรมชาติ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน, เบต้า – อะโป – 8 – แครอทีนาล (กระทรวงสาธารณสุข, 2547) ข้อดีของสีที่ได้จากการสังเคราะห์คือมีความคงตัวสูง ให้สีที่มีความสม่ำเสมอ ใช้ในปริมาณน้อย มีหลายเฉดสีและมีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับสีที่ได้จากธรรมชาติ อย่างไรก็ตามสีที่ได้จากการสังเคราะห์มีข้อจำกัดคืออาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายถ้าใช้ในปริมาณสูงกว่าที่กำหนด brilliant blue ก่อให้เกิดการแพ้ในเด็ก และ tartrazine ทำให้เกิดอาการคัน หอบหืด และไมเกรน นอกจากนี้อาจพบการปนเปื้อนของโลหะหนักและการตกค้างของสารตั้งต้นและตัวทำละลายที่ใช้ในการสังเคราะห์สี ดังนั้นควรเลือกใช้สีที่ได้จากการสังเคราะห์ตามชนิดและปริมาณที่กระทรวงสาธารณสุขประกาศ

สารแต่งกลิ่นทำหน้าที่ช่วยปรับให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีกลิ่นหอมน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ สารแต่งกลิ่นที่ได้จากธรรมชาติ สารแต่งกลิ่นที่สังเคราะห์ขึ้นและสารแต่งกลิ่นเลียนแบบธรรมชาติ (ทิพย์ธิดา แก้วตาทิพย์, 2558) ซึ่งสารแต่งกลิ่นที่ได้จากธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากพืชที่มีกลิ่นหอมซึ่งมีน้ำมันหอมระเหยเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น มะนาว ส้ม สับประรด ส่วนเครื่องเทศที่ให้กลิ่นหอม เช่น พริกไทย กระวาน กระเทียม ผักชี มิ้นต์ และยังมีสารที่ให้กลิ่นหอมอีกกลุ่มคือสารที่แต่งกลิ่นเลียนแบบธรรมชาติคือ โอลีโอเรซิน ที่ได้จากเครื่องเทศแต่ละชนิดและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เช่น น้ำมันยี่หร่า น้ำมันกระเพรา อบเชย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสารแต่งกลิ่นที่สังเคราะห์ขึ้นที่ใช้แต่งกลิ่นผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม ได้แก่ เอสเทอร์ชนิดต่าง ๆ เอสเทอร์ (Ester) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดอินทรีย์กับแอลกอฮอล์ เอสเทอร์ที่เกิดในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของไขมัน น้ำมันและขี้ผึ้ง เอสเทอร์เป็นสารประกอบที่มีมวลโมเลกุลต่ำและมีกลิ่นคล้าย

ผลไม้ พบว่าเอสเทอร์ยังเป็นส่วนประกอบในผลไม้หลายชนิด และกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของผลไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น เอทิลบิวทิเรต (ethyl butyrate) มีกลิ่นคล้ายสับปะรด ไอโซเอมิลแอซีเตต (isoamyl acetate) มีกลิ่นคล้ายกล้วยหอมและลูกแพร์และเอทิลฟีนิลแอซีเตต (ethyl phenylacetate) มีกลิ่นคล้ายน้ำผึ้ง

2.4 ผักโขม

ภาพที่ 2.1 ผักโขม

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Amaranthus viridis*
ชื่อสามัญ: Amaranth
ลักษณะทางพฤษศาสตร์: เป็นไม้พุ่มเตี้ยและเป็นพืชล้มลุก ต้นสูงประมาณ 30 – 100 เซนติเมตร ลำต้นอวบน้ำมีสีเขียว โคนต้นมีสีน้ำตาลแดง ลักษณะใบเป็นใบเลี้ยงคู่ มีเส้นใบเป็นร่างแหที่ชัดเจน ลักษณะเป็นสามเหลี่ยม ดอกเป็นช่อคล้ายฉัตรมีสีเขียวปนสีม่วง เมล็ดมีลักษณะกลม มีสีดำ สีน้ำตาล ขยายพันธุ์โดยการใช้เมล็ด
สารสำคัญ: โปรตีน กรดอะมิโน วิตามินเอ วิตามินบี 6 วิตามินซี ไรโบฟลาวิน โฟเลต แร่ธาตุต่าง ๆ แคลเซียม แมกนีเซียม เบต้าแคโรทีน (β carotene) ซีอาแซนทิน (zeaxanthin) และแคโรทีนอยด์ (carotenoids)

ผักโขมพื้นบ้านมีหลายสายพันธุ์ เกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติตามพื้นที่ต่าง ๆ นิยมนำมารับประทานเป็นอาหารและเป็นสมุนไพรในการบำบัดรักษาโรค ในบางพื้นที่ชนพื้นเมืองบางกลุ่มจะเรียกว่า " Chowlai" เป็นพืชสมุนไพรที่เติบโตอย่างรวดเร็ว ปลูกในทวีปเอเชียแอฟริกาและละตินอเมริกา ผักโขมได้รับความสนใจเป็นอย่างมากนิยมนำมาบริโภคและใช้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (Iqbal et al., 2012) เป็นพืชที่ทนอากาศร้อนและทนต่อศัตรูพืช ผักโขมสามารถนำมาลดไข้และลด

อาการปวดต่าง ๆ ในระบบการแพทย์พื้นบ้านของอินเดีย (Valsaraj et al., 1997) ประเทศเนปาลและอินเดียใช้ผักโขมมาเป็นยาแก้ปวดเมื่อยและลดไข้นอกจากนี้ประเทศฟิลิปปินส์ได้นำใบของผักโขมมาใช้รักษาแผลพุพองน้ำร้อนลวกและรักษาโรคสะเก็ดเงิน (Quisumbing., 1951)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในผักโขม

2.5.1 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

Amin และคณะ (2006) ได้ศึกษาฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระในพืชสกุล *Amaranthus sp.* จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Amaranthus paniculatus* (BP), *Amaranthus gangeticus* (BM), *Amaranthus blitum* (BI) และ *Amaranthus viridis* (BPG) นำพืชตัวอย่างมาลวกนาน 10 และ 15 นาที จากนั้นนำมาสกัดด้วยน้ำกลั่น แล้ววิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ 2 วิธี ได้แก่ β - Carotene bleaching assay และ DPPH radical scavenging assay พบว่าเมื่อทดสอบด้วยวิธี β - Carotene bleaching assay ผักโขมพันธุ์ BM และ BP มีปริมาณฟีนอลิกมากที่สุด ส่วนผักโขมพันธุ์ BI, BM และ BPG มีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระใกล้เคียงกันและมีฤทธิ์มากกว่า BP แต่เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH พบว่า BI มีฤทธิ์มากที่สุดและ BP มีฤทธิ์น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับ Trolox เมื่อนำผักโขมทั้ง 4 สายพันธุ์มาลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 และ 15 นาที จะทำให้ปริมาณฟีนอลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง (Amin et al., 2006)

Sharma และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ *Amaranthus viridis* โดยนำตัวอย่างมาล้างน้ำให้สะอาดและฆ่าเชื้อด้วย 0.1 % $HgCl_2$ ผึ่งให้แห้งแล้วเก็บในตู้รักษาอุณหภูมิ นำตัวอย่างพืช *Amaranthus viridis* มาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 28.92 μg/ml เมื่อเทียบกับ ascorbic acid (Sharma et al., 2012)

Reyad และคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิกและปริมาณฟลาโวนอยด์ของ *Amaranthus viridis* โดยนำส่วนใบและเมล็ดมาทำการสกัดด้วยน้ำและเมทานอล แล้วทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay ผลการทดลองพบว่าได้ปริมาณ yields ในน้ำและเมทานอลมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 2.4 - 3.7 และ 5.4 - 6.0 ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟีนอลลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.03 - 3.64 GE, g/100 g และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 18.4 - 5.42 QE, g/100 g และผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่ามีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 14.25 - 83.43 μg/ml จึงแสดงให้เห็นว่า *Amaranthus viridis* มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Reyad-ul-Ferdous; Shamim et al., 2015)

2.5.2 ฤทธิ์ป้องกันโรคหัวใจ

Ganapathy Saravanan และคณะ (2012) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาร *Amaranthus viridis* ในเมทานอล โดยการฉีด Isoproterenol (ISO) เข้าใต้ผิวหนังของหนูเป็นเวลา 2 วันติดต่อกันเพื่อทำให้ระดับ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARs) และ lipid hydroperoxides ในสัตว์ทดลองเพิ่มขึ้นและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ลดประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของวิตามินซี วิตามินอีและกลูตาไธโอน เมื่อป้อนสารสกัด *Amaranthus viridis* ขนาด 300 mg/kg body weight ต่อเนื่องกัน 45 วัน พบว่าระดับ TBARs และ lipid hydroperoxides

ลดลงและเพิ่มประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของเอนไซม์ เช่น superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), และ glutathione peroxidase (GPx) มากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มระดับ วิตามินซี วิตามินอีและกลูตาไธโอนในพลาสม่า (Saravanan and Ponmurugan., 2012) ต่อมาได้ศึกษาฤทธิ์ป้องกันโรคหัวใจของสารสกัด *Amaranthus viridis* ด้วยเมทานอล โดย แบ่งหนู (Wistar Rats) ออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มควบคุม

กลุ่มที่ได้เฉพาะสาร Isoproterenol ซึ่งเป็นสารที่ทำให้ระดับเอนไซม์ที่เกี่ยวของกับหัวใจและสารต้านอนุมูลอิสระเปลี่ยนแปลงไป

กลุ่มที่ได้รับการป้อนสารสกัดขนาด 100, 200, 300 mg/kg bodyweight นาน 45 วัน และ ได้รับการฉีด (subcutaneous) สาร Isoproterenol นาน 2 วัน

กลุ่มที่ได้รับ α - Tocopherol ขนาด 60 mg/kg bodyweight นาน 45 วัน และ ได้รับการฉีด (subcutaneous) สาร Isoproterenol นาน 2 วัน

ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับสารสกัดมีระดับ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARs) และ lipid hydroperoxides ลดลง และระดับ cardiac marker enzymes เช่น Aspartate transaminase (AST), Alanine transaminase (ALT) Creatine kinase (CK) และ Lactate dehydrogenase (LDH) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้กลุ่มที่ได้รับสารสกัดมีระดับเอนไซม์ในหัวใจ ได้แก่ Superoxide dismutase (SOD), Catalase (CAT), Glutathione peroxidase (GPx), *Glutathione* (GSH), Glutathione S - Transferase (GST) และ Oxidized *Glutathione* (GSSG) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่ได้รับ α - Tocopherol อย่างไรก็ตามผลของสารสกัด *Amaranthus viridis* ที่มีฤทธิ์ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัด ซึ่งพบว่าความเข้มข้นขนาด 300 mg/kg bodyweight ให้ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันโรคหัวใจ เช่น ระดับเอนไซม์ต่าง ๆ ใกล้เคียงกับกลุ่มที่ได้รับ α - Tocopherol (Saravanan et al., 2013)

2.5.3 ฤทธิ์ป้องกันโรคเบาหวานและลดไขมันในเลือด

Ashok Kumar และคณะ (2012) ได้ศึกษาฤทธิ์ป้องกันโรคเบาหวาน ฤทธิ์ลดไขมันในเลือดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด *Amaranthus viridis* ด้วยเมทานอล (MEAV) ในหนู (Wistar Rats) ซึ่งได้รับสาร Alloxan (ALX) ที่เป็นสารที่เหนี่ยวนำให้เกิดโรคเบาหวานหลังจากได้รับ 5 วัน แบ่งหนูเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมได้รับ Tween 80 ความเข้มข้นร้อยละ 0.5

กลุ่มที่ 2 กลุ่มหนูที่เป็นโรคเบาหวาน ได้รับ Alloxan (ALX) ขนาด 140 mg/kg โดยฉีด intraperitoneal (i.p.)

กลุ่มที่ 3 เป็นหนูที่เป็นโรคเบาหวานที่ได้รับ สารสกัด MEAV ขนาด 200 mg/kg/day โดยการป้อน นาน 15 วัน

กลุ่มที่ 4 เป็นหนูที่เป็นโรคเบาหวานที่ได้รับ สารสกัด MEAV ขนาด 400 mg/kg/day โดยการป้อน นาน 15 วัน

กลุ่มที่ 5 เป็นหนูที่เป็นโรคเบาหวานที่ได้รับยา Glibenclamide ขนาด 10 mg/kg/day โดยการป้อน นาน 15 วัน

จากนั้นนำเลือดมาตรวจในวันที่ 0, 1, 10 และ 15 เพื่อดูปริมาณกลูโคส พบว่าหนูที่ได้รับสารสกัด *Amaranthus viridis* ด้วยเมทานอล ในปริมาณ 200 และ 400 mg/kg มีค่าระดับน้ำตาลในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เป็นโรคเบาหวาน แต่มีน้ำตาลลดลงน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับยา Glibenclamide ในวันที่ 10 และ 15 และฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือดพบว่าระดับ Total cholesterol (TC), Total glycerides (TG), Low density lipoprotein cholesterol (LDL - C) และ Very low density lipoprotein cholesterol (VLDL - C) ลดลง ส่วนระดับ High density lipoproteins cholesterol (HDL - C) เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มหนูที่เป็นโรคเบาหวาน (Kumar et al., 2012)

2.5.4 ฤทธิ์ลดการอักเสบ

Ashok Kumar และคณะ (2010) ได้ศึกษาฤทธิ์ลดการอักเสบของ *Amaranthaceae* จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Amaranthus viridis (A.viridis), Amaranthus caudatus (A. caudatus)* และ *Amaranthus spinosus (A. spinosus)* เพื่อลดอาการปวดในหนู (mice) นำใบของพืชตัวอย่างที่เจริญเติบโตเต็มที่มาสกัดด้วยเมทานอล ทดสอบฤทธิ์ลดการอักเสบด้วยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ วิธี Acetic acid - induced writhing test โดยป้อนสารสกัดขนาด 200 และ 400 mg/kg รอ 30 นาที จากนั้นฉีด Acetic acid เพื่อสังเกตการบิดเกร็งของหนูภายใน 15 นาที เปรียบเทียบกับหนูที่ได้รับ diclofenac ขนาด 50 mg/kg วิธี Hot plate test โดยป้อนสารสกัดขนาด 200 และ 400 mg/kg รอ 1 ชั่วโมง จากนั้นวางหนูบน Hot plate ที่อุณหภูมิ 55 ± 1 °C เปรียบเทียบกับหนูที่ได้รับยามอร์ฟีนขนาด 50 mg/kg วัดจำนวนครั้งที่หนูเลียอุ้งเท้าหรือกระโดดที่เวลา 0, 30, 60 และ 120 นาที และ วิธี Tail immersion test โดยป้อนสารสกัดขนาด 200 และ 400 mg/kg แล้วจุ่มหางหนูยาวประมาณ 3 เซนติเมตร ลงใน water bath ที่อุณหภูมิ 55 °C ที่เวลา 0, 30, 60, 120, 180, 240 และ 300 นาที เพื่อวัดจำนวนครั้งที่หนูยกหางขึ้น ผลการทดลองพบว่า วิธี Acetic acid - induced writhing test สารสกัด *Amaranthus spinosus* ขนาด 400 mg/kg ให้ผลลดอาการเกร็งและการอักเสบได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับสารสกัดผักโขมสายพันธุ์ *Amaranthus viridis* และ *Amaranthus caudatus* (Kumar et al., 2010)

2.5.5 ฤทธิ์การต้านจุลชีพ

Muhammad และคณะ (2012) ได้ศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพของ *Amaranthus viridis* จากสารสกัดส่วนใบและเมล็ด โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ เมทานอล และ 80 % เมทานอล สารสกัดที่ได้นำมาวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay ผลการศึกษาพบว่า ส่วนของใบ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 14.25 ± 0.712 (สกัดในเมทานอล), 83.43 ± 3.84 μg/ml (สกัดใน 80 % เมทานอล) และส่วนของเมล็ดมีค่า IC_{50} เท่ากับ 46.50 ± 2.97 (สกัดในเมทานอล) 75.91 ± 3.03 μg/ml (สกัดใน 80 % เมทานอล) แสดงว่าสารสกัดจากส่วนใบและเมล็ดมีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระ โดยถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจะยิ่งมีฤทธิ์ดีมากขึ้น เมื่อนำมาเทียบกับสารมาตรฐาน BHT ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 15.7 μg/ml สารสกัดจากส่วนของใบโดยใช้เมทานอลจะให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่า เมื่อ

ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพด้วยวิธี Disc diffusion method โดยศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อ *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Fusarium solani* และ *Rhizopus oligosporus* หาค่า MIC และ inhibition zone ผลการทดลองพบว่าสารสกัดผักโขมจากใบและเมล็ดมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์โดยเฉพาะแบคทีเรียแกรมบวกที่ปนเปื้อนมากับอาหารและทำให้เกิดโรค โดยมีค่า MIC เท่ากับ 179 - 645 µg/ml (Iqbal et al., 2012)

Muhammad Islam และคณะ (2007) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพจากสารสกัดส่วนใบและเมล็ด สกัดด้วย เฮกเซน (hexane), คลอโรฟอร์ม (chloroform), เอทานอลและน้ำ ทดลองโดยนำแบคทีเรียและเชื้อราปริมาณ 10^5 - 10^6 spores/ml ลงอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำสารสกัดจาก *Amaranthus viridis* ทั้ง 4 ชนิดตัวทำละลายสกัด ปริมาณ 5, 50 และ 100 mg/ml และใช้ยา ampicillin และยา streptomycin ซึ่งเป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรียมาตรฐาน ใส่ลงใน plate ที่มีแบคทีเรียและเชื้อราอยู่ บ่มไว้ที่ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า สารสกัด *Amaranthus viridis* ในเฮกเซนมีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบของแบคทีเรียแกรมบวกชนิด *Bordetella bronchiseptica, Bacillus cereus, Micrococcus flavus, Staphylococcus aureus* และ *Sarcina lutea* ในคลอโรฟอร์มมีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบของแบคทีเรียชนิด *Bordetella bronchiseptica, Bacillus pumilus, Staphylococcus aureus* และ *Proteus vugaris* ได้ ส่วนสารสกัด *Amaranthus viridis* ในเอทานอลมีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบของแบคทีเรียชนิด *Bordetella bronchiseptica, Bacillus cereus, Bacillus pumilus, Bacillus subtilis, Micrococcus flavus, Staphylococcus aureus, Sarcina lutea, Escherichia coli* และ *Proteus vulgaris* สารสกัด *Amaranthus viridis* ในน้ำมีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทุกชนิด ยกเว้น *Bordetella bronchiseptica* แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจาก *Amaranthus viridis* สามารถยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อราได้ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียขึ้นอยู่กับของชนิดตัวทำละลาย ถ้าใช้ตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วควรเลือกใช้คลอโรฟอร์ม (chloroform) ส่วนตัวทำละลายที่มีขั้วควรเลือกใช้เอทานอล (Islam et al., 2007)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผักโขมมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากมาย แต่ผักโขมยังมีข้อจำกัดในการรับประทานเนื่องจากผักโขมเป็นผักที่นำมารับประทานแบบดิบไม่ได้เนื่องจากผักโขมมีกรดออกซาลิกในปริมาณที่สูง เมื่อรับประทานจะทำให้เกิดการระคายเคืองลำไส้และเกิดตะกอนกับแคลเซียมทำให้เกิดเป็นนิ่ว ดังนั้นก่อนที่จะนำผักโขมมารับประทานจะต้องนำมาลวกในน้ำร้อนก่อนเพื่อกำจัดกรดออกซาลิก

2.6 ถั่งเช่าสีทอง

ภาพที่ 2.2 ถั่งเช่าสีทอง

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Cordyceps Militaris*
ชื่อสามัญ: Caterpillarfungus, Cordyceps, Cetepiller, mushroom
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์: ถั่งเช่าสีทองประกอบด้วย 2 ส่วน คือตัวเห็ดและตัวหนอน ส่วนที่เป็นตัวเห็ดเป็นเส้นใยราที่เจริญออกมาจากส่วนหัวของตัวหนอน มีลักษณะเล็กยาวคล้ายไม้เบสบอล เรียกว่า สโตรมา (stroma) ยาว 4 - 11 เซนติเมตร ส่วนก้านยาว 3 - 8 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 - 4 มิลลิเมตร ส่วนปลายพองใหญ่เล็กน้อยคล้ายรูปทรงกระบอกกลมยาว 1.5 - 4 เซนติเมตร
สารสำคัญ: cordycepin, polysaccharides, ergosterol, mannitol, adenosine, แร่ธาตุต่าง ๆ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในถั่งเช่าสีทอง

2.7.1 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

Xiaoli Chen และคณะ (2013) ได้วิเคราะห์โครงสร้างและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบโพลีแซกคาไรด์ที่ได้จากเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยใช้ตัวเห็ดนำมาสกัดด้วยน้ำร้อนและ 50 % เอทานอล จากนั้นนำมาทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี Chromatography สารสกัดและสารที่ทำให้บริสุทธิ์แล้วนำมาศึกษาฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ 3 วิธี ได้แก่ DPPH scavenging assay, Hydroxy radical scavenging assay และ Superoxide radical scavenging assay พบว่าสารที่ทำให้บริสุทธิ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสารสกัดหยาบ เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธี GC - MS, HNMR และ IR พบว่า สารสกัดถั่งเช่าประกอบด้วยสารหลักเป็นสารกลุ่มน้ำตาล มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 8.97 kD ได้แก่ α - glucose, α - mannose, α - galactose และ α - arabinose (Chen et al., 2013)

Jun young Park และคณะในปี 2014 ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดถั่งเช่าสีทองที่สกัดด้วยน้ำร้อน ทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH radical – scavenging activity พบว่าสารสกัดถั่งเช่ามีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและเป็นแบบ Dose - dependent เนื่องจากในสารสกัดถั่ง

เช่ามีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ และพบว่าเซลล์ที่ถูกกระตุ้นให้อยู่ในสภาวะ Oxidative stress ด้วย hydrogenperoxide ที่ได้รับสารสกัดถั่งเช่าสีทองในความเข้มข้น 10 - 200 μg/ml มีเซลล์รอดชีวิตมากกว่าเซลล์ที่ไม่ได้รับสารสกัดถั่งเช่าสีทองและพบว่าสารสกัดถั่งเช่าสีทองช่วยเพิ่มการทำลาย รวมถึงการต่อต้านสารอนุมูลอิสระ (reactive oxygen speciess scavenging) ในเซลล์ Fibroblasts แสดงให้เห็นว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ด้านเครื่องสำอางบำรุงผิวและลดริ้วรอย (Park et al., 2014)

Filipa S.Reis และคณะ (2013) ได้ศึกษาฤทธิ์ถั่งเช่าสีทอง ได้แก่ ฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพและฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง นำตัวเห็ดมาสกัดด้วยเมทานอล วิเคราะห์หาปริมาณของฟีนอล ด้วยวิธี Folin - ciocalteu ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, β -carotene / linoleate และ TBARS ผลการศึกษาพบว่ามีปริมาณของฟีนอลเท่ากับ 15.04 ± 0.34 mg GAE/g extract และมีค่า EC_{50} (ความเข้มข้นของสารสกัดที่ออกฤทธิ์กระตุ้นสารอนุมูลอิสระได้ 50 %) เท่ากับ 12.17 ± 0.72 mg/ml (DPPH) 1.05 ± 0.07 mg/ml (β - carotene / linoleate) และ 0.77 ± 0.03 mg/ml เมื่อเทียบกับ Trolox ศึกษาฤทธิ์ของถั่งเช่าสีทองเพื่อต้านเชื้อจุลชีพ ทำการทดลองในเชื้อแกรมบวกและแกรมลบ โดยเตรียมแบคทีเรียผสมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นหยดสารสกัดใส่ลงใน plate ที่มีเชื้อแบคทีเรีย เพื่อดูค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ (MIC) และ ค่า MBC ผลการทดลองพบว่าสารสกัดถั่งเช่าสีทองในเมทานอลให้ผลดีที่สุดโดยสามารถยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus* (MIC - 0.015 mg/ml; MBC - 0.03 mg/ml) และ *Pseudomonas aeruginosa* (MIC - 0.015 mg/ml; MBC - 0.03 mg/ml) ส่วนการยับยั้งแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* (MIC- 3.00 mg/ml; MBC - 6.25 mg/ml) ให้ผลการยับยั้งน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับแบคทีเรียที่ได้รับยา streptomycin และ ampicillin ซึ่งเป็นยาต้านแบคทีเรียมาตรฐาน นอกจากนี้ฤทธิ์การต้านเชื้อราผลการทดลองพบว่าสารสกัดถั่งเช่าสีทองในเมทานอลสามารถยับยั้งเชื้อรา *Penicillium funiculosum, Penicillium ochrochloron* และ*Trichoderma viride* (MFC - 0.17 mg/ml) ได้ดีที่สุด ส่วนการยับยั้งเชื้อ *Penicillium verrucosum var. cyclopium* (6.25 และ 12.5 mg/ml) ให้ผลการยับยั้งน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อราที่ได้รับยา Bifonazole และ Ketoconazole ซึ่งเป็นยาต้านเชื้อรามาตรฐาน (Reis et al., 2013)

Rongmin Yu และคณะ (2007) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของถั่งเช่าสีทอง นำถั่งเช่าสีทองมาสกัดด้วยน้ำร้อนและเมทานอล 50 % และ 70 % ได้พอลิแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้และมีน้ำหนักโมเลกุลช่วง 26 - 50 kD นำมาทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี hydroxyl radical system พบว่าโพลีแซกคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 42 kD มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.548 mg/ml เมื่อเทียบกับวิตามินซีที่มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.358 mg/ml แสดงให้เห็นว่าพอลิแซคคาไรด์ที่ได้จากถั่งเช่าสีทองที่สกัดด้วยน้ำร้อน มีประสิทธิภาพต้านอนุมูลอิสระของ hydroxyl radical system (Yu et al., 2007)

2.7.2 ฤทธิ์ต้านการอักเสบ

So Young Won และคณะ (2005) ได้ศึกษาฤทธิ์การต้านอักเสบของถั่งเช่าสีทอง นำ fruiting bodies (FBE) และ cultured mycelia (CME) มาสกัดด้วยเอทานอล 70 % ทำการทดลองในหนู (mice) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธี Croton oil - induced ear edema test และวิธี Carrageenan - induced rat paw edema test ทดสอบโดยทำให้หนูสลบด้วย Ether แล้ว

ฉีดสารละลาย Croton oil ใน Acetone ที่หูของหนูทำให้มีอาการบวมเกิดขึ้น จากนั้นให้สารสกัดจากตัวเห็ดใน 70 % เอทานอล (FBE) และ cultured mycelia (CME) ที่สกัดด้วยเอทานอล 70 % ปริมาณ 0.5 mg/ear บริเวณด้านในของหูข้างที่ทดสอบ ส่วนหูอีกข้างไม่ทาสารสกัด ทิ้งไว้ 5 ชั่วโมง จากนั้นฆ่าและตัดใบหูทั้ง 2 ข้าง ชั่งน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักใบหูทั้ง 2 ข้าง ผลการทดลองพบว่า FBE มีเปอร์เซ็นต์ลดอาการบวมที่หูของหนูใกล้เคียงกับกลุ่มหนูที่ได้รับยา Indomethacin ขนาด 0.5 mg/ear ทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยฉีด (i.p.) สารสกัด CME ปริมาณ 12.5 และ 50 mg/kg/body weight และ Cordycipin ปริมาณ 5 mg/kg/body weight ทิ้งไว้ 30 นาที ฉีดคาราจีแนน 0.1 ml บริเวณอุ้งเท้าหนู จากนั้นวัดปริมาตรการบวมที่เท้าหนูที่เวลา 0, 2, 4, และ 6 ชั่วโมง โดยใช้เครื่อง Plethysmometer ผลการทดลองพบว่าสารสกัด CME ขนาด 50 mg/kg/body weight ลดอาการบวมที่เท้าของหนูได้ใกล้เคียงกับกลุ่มหนูที่ได้รับยา Indomethacin แสดงให้เห็นว่าถั่งเช่าสีทองมีฤทธิ์ต้านการอักเสบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Won and Park., 2005)

2.7.3 ฤทธิ์กระตุ้นสมรรถภาพ

Li และคณะ (2001) ได้ทำการทดลองในคนไข้เพศชายที่เสื่อมสมรรถภาพทางเพศจำนวน 189 ราย โดยให้รับประทานถั่งเช่าวันละ 3 g เป็นเวลาติดต่อกัน 40 วัน ผลการทดลองพบว่าว่าถั่งเช่าสามารถฟื้นฟูผู้ป่วยที่เสื่อมสมรรถภาพทางเพศได้ถึงร้อยละ 66.1 (Li et al., 2001)

Nagata และคณะ (2006) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของถั่งเช่าสำหรับนักกีฬาเพื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มอาสาสมัครที่รับประทานถั่งเช่าเป็นประจำต่อเนื่อง 2 สัปดาห์และกลุ่มอาสาสมัครที่ไม่ได้รับประทาน ทั้ง 2 กลุ่ม มีจำนวนอาสาสมัครเท่า ๆ กันกลุ่มละ 18 คน โดยทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ค่าความดันโลหิต ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาณกรดแลคติก เก็บปัสสาวะก่อนและหลังรับประทานถั่งเช่า แล้วทิ้งไว้หนึ่งคืนจากนั้นนำไปตรวจสอบหาฮอร์โมนกลุ่ม catecholamine ได้แก่ Adrenaline, Norepinephrine, Dopamine, และ cortisol hormone (17 – KA - S และ 17 - OHCS) ผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนก่อนและหลังการออกกำลังกายระหว่างกลุ่มอาสาสมัครที่รับประทานถั่งเช่ากับกลุ่มอาสาสมัครที่ไม่ได้รับประทาน มีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกลุ่มที่รับประทานถั่งเช่ามีฮอร์โมนกลุ่ม catecholamine หลังออกกำลังกายเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับประทานถั่งเช่า (Nagata et al., 2006)

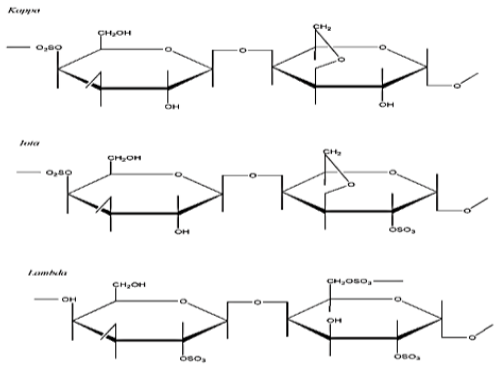
นอกจากประโยชน์ที่มากมายของถั่งเช่าสีทองตามที่กล่าวมา ยังมีข้อควรระวังในการรับประทานถั่งเช่าสีทองซึ่งเป็นสมุนไพรที่มีฤทธิ์ร้อน และช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดจึงไม่ควรรับประทานถั่งเช่าสีทองพร้อมกับยาลดระดับน้ำตาลในเลือดเพราะจะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำจนเกินไปและถั่งเช่าสีทองยังมีฤทธิ์กระตุ้นภูมิคุ้มกันจึงไม่ควรนำมาใช้กับผู้ที่ได้รับยากดภูมิคุ้มกัน และยังมีความเสี่ยงต่อผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ดังนั้นจึงควรระมัดระวังการนำถั่งเช่าสีทองมาใช้ในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันที่ผิดปกติและผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

2.8 คาราจีแนน (Carrageenan)

คาราจีแนนเป็นสารก่อเจลจากธรรมชาติอยู่ในกลุ่ม Seaweed extracts เป็นกลุ่มของไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเล มีคุณสมบัติในการเกิดเจล พองตัวในน้ำได้ดี มีลักษณะใส ไม่ตกตะกอน เนื้อสัมผัสที่นุ่ม ไม่แข็งกระด้าง รวมตัวกับสารเพิ่มความหนืดชนิดอื่น ๆ ได้ เกิดเจลได้ใน

อุณหภูมิห้อง นำมาประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมและระดับครัวเรือนใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องดื่ม เยลลี่ ไอศกรีมและอาหารหวานทั่วไป

คาราจีแนนสกัดได้จากสาหร่ายสีแดง แบ่งออกเป็น 3 ชนิด มีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลแลคโตสถูกเอสเตอร์ริไฟด์ที่แตกต่างกันในระดับต่าง ๆ และตำแหน่งที่แตกต่างกัน คาราจีแนนที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดงต่างชนิดกันจะมีความแตกต่างกัน คาราจีแนนที่สกัดได้จาก *Chondrus crispus* เป็นสาหร่ายสีแดงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและสามารถรับประทานได้ เกิดเป็นคาราจีแนนชนิดแลมด้า (lambda, λ) (ภาพที่ 2.3) ซึ่งโครงสร้างประกอบด้วย 1, 3 - linked α - D – galactose – 4 - sulfatece 1, 4 linked 3, 6, anhydr - β - D – galactose – 2 - sulfate ซึ่งมีหมู่กลุ่มซัลเฟสที่ตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 6 และไม่มีการปิดวงที่ตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 6 จึงส่งผลให้ไม่มีคุณสมบัติต่อการเกิดเจลนอกจากนี้คาราจีแนนชนิดแลมด้ามีความไวต่อโปแทสเซียม ส่วนคาราจีแนนที่สกัดจาก *Eucheuma spinosum* มี 2 ชนิดคือ คาราจีแนนชนิดแคปป้า (kappa, κ) (ภาพที่ 2.3) โครงสร้างประกอบด้วย 1, 3 - linked α - D – galactose – 4 - sulfate และ 1, 4 linked 3, 6, anhydr - β - D - galactose ซึ่งในหมู่โมเลกุลของ 3, 6, anhydr – D - galactose คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 จะถูกเอสเตอร์ริไฟด์ด้วยหมู่ซัลเฟสและบางส่วนของ 1, 4 linked และอาจเป็น galactose – 6 - sulfate cmo 3, 6 - 3, 6, anhydr – D - galactose ซึ่งแคปป้ามีความไวต่อโปแตสเซียมและสามารถที่จะตกตะกอนแยกออกมาจากคาราจีแนนชนิดอื่นได้โดยใช้โปแตสเซียมคลอไรด์ ซึ่งคาราจีแนนชนิดแคปป้าสามารถกระจายตัวได้ดีน้ำร้อน สามารถเกิดเป็นเจลได้กับน้ำ น้ำผลไม้และน้ำนม เมื่อเย็นตัวลงจะเกิดเป็นเจลมีลักษณะใส แน่น เนื้อสัมผัสที่แข็ง แต่มีความเปราะได้ง่ายแต่ไม่ทนต่อการแช่เยือกแข็งและการหลอมละลาย คาราจีแนนชนิดที่ 2 คือไอโอต้า (iota, ι) (ภาพที่ 2.3) สกัดมาจาก *Eucheuma cottnail* ซึ่งโครงสร้างประกอบด้วย 1, 3 - linked α - D – galactose -4 - sulfatece 1, 4 linked 3, 6, anhydr - β - D – galactose – 2 - sulfate คาราจีแนนชนิดไอโอต้ามีความไวต่อโปแตสเซียม เกิดเป็นเจลมีลักษณะใส มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม มีความยืดหยุ่นมากกว่าคาราจีแนนชนิดแคปป้าและสามารถทนทนต่อการแช่เยือกแข็งและกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น (Zhou et al., 2004)



ภาพที่ 2.3 คาราจีแนนชนิด κ, ι, λ

ที่มา: Pharmaceutical Excipients (2009)

คุณสมบัติการละลายและการเกิดเจลของคาราจีแนนขึ้นอยู่กับประจุลบของหมู่ซัลเฟสที่อยู่ในโมเลกุลและขึ้นอยู่กับคาราจีแนนแต่ละชนิด คาราจีแนนจะละลายได้ดีและมีความคงตัวที่ pH สูงกว่า 7 ตรงกันข้ามหากค่า pH ต่ำกว่า 7 ส่งผลให้ค่าความคงตัวลดลงและสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนได้ (Riaz and Chaudry., 2003) ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติการละลายของคาราจีแนน

คุณสมบัติการละลาย	**ชนิดคาราจีแนน**		
	แลมด้า	**ไอโอต้า**	**แคปป้า**
การละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง (80 °C)	ละลาย	ละลาย	ละลาย
การละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ (20 °C)	ละลาย	ละลาย ใน Na^{+} salt และให้สมบัติ Thixotropic ใน ca^{+} salt	ละลาย ใน Na^{+} salt และบวมน้ำอย่างจำกัด ในK^{+} และ ca^{+} salt
การละลายในนมที่มีอุณหภูมิสูง (80 °C)	ละลาย	ละลาย	ละลาย
การละลายในนมที่มีอุณหภูมิต่ำ (20 °C)	เกิดการจับตัว	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
ในสารละลายน้ำตาล 50 %	ละลาย	ไม่ละลาย	ละลายเมื่อให้ความร้อน
ในสารละลายเกลือ10 %	ละลายเมื่อให้ความร้อน	ละลายเมื่อให้ความร้อน	ไม่ละลาย
การละลายในนมที่มีอุณหภูมิต่ำที่มีการเติม TSPP	เพิ่มการจับตัวและการเกิดเจล	เกิดการจับตัวและเกิดเจล	เกิดการจับตัวและเกิดเจล

ที่มา: สถาบันฮาลาล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2557)

ตารางที่ 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อเกิดเจลของคาราจีแนน

คุณสมบัติการเกิดเจล	**ชนิดคาราจีแนน**		
	แลมด้า	**ไอโอต้า**	**แคปป้า**
ผลเมื่อเติมแคทไอออน	ไม่เกิดเจล	เกิดเป็นเจลได้ดีที่สุดกับ Ca^{+}	เกิดเป็นเจลได้ดีที่สุดกับ K^{+}
ลักษณะเจล	-	ยืดหยุ่น	เหนียวและแข็ง

ตารางที่ 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อเกิดเจลของคาราจีแนน (ต่อ)

คุณสมบัติการเกิดเจล	ชนิดคาราจีแนน		
	แลมด้า	ไอโอต้า	แคปป้า
การเกิด shear reversible gal	-	เกิด	ไม่เกิด
การเกิด Syneresis	-	ไม่เกิด	เกิด
การเกิด Hystersis	-	เกิดที่ 5 - 10 °C	เกิดที่ 10 - 20 °C
การทนต่อการทำ Freeze-thaw	ทน	ทน	ไม่ทน
การจับตัวกับ konjac flour	ไม่จับตัว	ไม่จับตัว	จับตัว
การจับตัวกับแป้ง	ไม่จับตัว	จับตัว	ไม่จับตัว
การทนต่อสารละลายเกลือ	ทนได้ดี	ทนได้ดี	ทนได้เล็กน้อย
การทนต่อสารละลายกรด	เกิดไฮโดรไลซีส	เกิดไฮโดรไลซีส / เจลมีความเสถียร	เกิด acceleration ด้วยความร้อน
การทำปฏิกิริยากับโปรตีน	เกิดปฏิกิริยามากขึ้นเมื่อ pH เป็นกรด	-	เกิดปฏิกิริยาจำเพาะกับ kappa - casein

ที่มา: สถาบันฮาลาล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2557)

2.9 ผงเมล็ดมะขาม

ผงเมล็ดมะขาม เป็นสารก่อเจลที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร ได้มาจากธรรมชาติผ่านกระบวนการและกรรมวิธีการสกัดจนได้เป็นสารเพิ่มความหนืด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม เชิงพาณิชย์ เครื่องสำอางความงามและทางการแพทย์ เมล็ดมะขามเป็นส่วนเหลือทิ้งจากการบริโภคและการอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีการค้นพบวิธีการสกัดผงแห้งจากเมล็ดมะขามจนได้เป็นสารก่อเจล ซึ่งเมล็ดมะขามหาได้ง่ายมีอยู่ตามท้องถิ่นและเก็บไว้ได้นาน สารก่อเจลจากเมล็ดมะขามจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับอุตสาหกรรมในการผลิตอาหารหวาน คาว เครื่องดื่ม รวมถึงผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

มะขาม (*Tamarindus indica L.*) เป็นไม้ยืนต้น ลำต้นมีสีน้ำตาล สีดำ มีใบเลี่ยงคู่เป็นใบเล็ก มีผลเป็นฝัก ผลสุกมีสีน้ำตาล เนื้อในฝักเป็นสีแดงอมส้ม รสเปี้ยว รสหวานตามชนิด มีเมล็ดสีน้ำตาล สีดำ เกิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มะขามแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ มะขามหวาน และมะขามเปรี้ยว เป็นผลไม้ที่หาได้ง่ายตามธรรมชาติ ออกผลตามฤดูกาล นิยมนำมารับประทานทั้งในรูปผลดิบ ผลสุก การแปรรูปของหวาน และส่วนประกอบในอาหารคาวหลากหลายชนิด เป็นพืชสมุนไพรในการแพทย์ทางเลือกนำมาบำบัดรักษาโรคต่าง ๆ เช่น เป็นยาระบาย ยาขับลมเป็นต้น (ดวงฤดี เชิดวงศ์เจริญสุข, 2015) ผงแป้งเมล็ดมะขามเป็นโพลีแซกคาไรค์เป็นสารให้ความหนืด มีความคงตัว เป็นสารก่อเจลจากธรรมชาติ ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ (Sharma., 2014) ผงแป้งเมล็ดมะขามเกิดเป็น

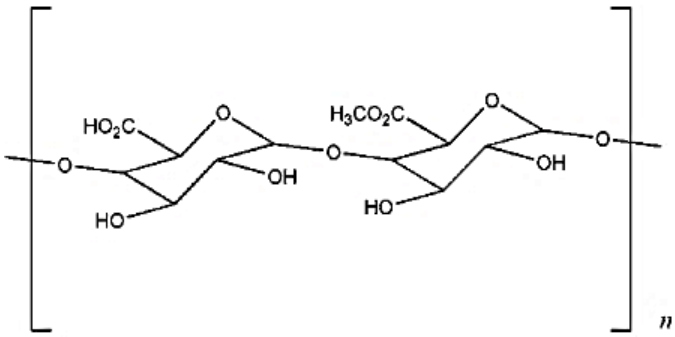
เจลได้ในความเข้มข้นประมาณร้อยละ 46 - 48 พบว่ามีเพคตินและแคลเซียมเพคเตทร้อยละ 70.0 - 80.4 เมทอคซิลร้อยละ 7.9 - 9.9 องค์ประกอบหลักในผงแป้งเมล็ดมะขามคือ ไซโลกลูแคน จึงทำให้เกิดเป็นเจลในค่า pH ที่เป็นกลางและกรด มีลักษณะที่แข็งและมีความข้นหนืด เป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำและสามารถรวมกันได้กับสารละลายที่มีความข้นหนืดและสารก่อเจลชนิดต่าง ๆ (Zhang., 2008)

การประยุกต์ใช้ผงแป้งเมล็ดมะขามเป็นแหล่งสารก่อเจลที่ได้จากธรรมชาติ วิธีการสกัดเตรียมโดยนำเมล็ดมะขามมาบดเป็นผง สกัดไขมันออก นำผงมะขามที่ได้แช่ในแอลกฮอล์ 95 % เพื่อทำการตกตะกอน ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ได้เส้นใยเจลโลสและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในอุตสาหกรรม (อรรถวิทย์ สมศิริ, 1997) และการสกัดโพลีแซกคาไรด์จากแป้งเมล็ดมะขามมีด้วยกัน 2 วิธี คือ การตกตะกอนด้วยเกลือ ซัลเฟสและแอลกอฮอล์ เจลที่ได้จากการสกัดจะให้ความหนืดสูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางความงาม การแพทย์ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม (ภัคสิริน สินไชยกิจ, 2011)

2.10 เพคติน (Pectin)

เพคตินเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ใช้ในอาหารหวานชนิดต่าง ๆ เช่น เยลลี่ ไอศกรีม โยเกิร์ต เครื่องดื่ม น้ำผลไม้ เพคตินนำมาใช้ประโยชน์ในทางด้านผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโดยทำหน้าที่เพิ่มเส้นใยช่วยในการลดน้ำหนัก นอกจากนี้ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในด้านเครื่องสำอางและยา โยทำหน้าที่เป็นสารทำให้เกิดเจล (gelling agent) ใช้เป็นสารทำให้หนืดข้น (thickening agent) ใช้เป็นสารทำอิมัลชัน (emulsifier) และใช้เป็นสารทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว (stabilizer) (Laurent and Boulenguer., 2003)

เพคตินเป็นสารกลุ่มพอลิแซกคาไรด์ พบได้ทั่วไปในผนังของพืช ได้แก่ มะนาว ส้มโอและแอปเปิ้ล เพคตินมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำที่ดี เกิดเจลเมื่อรวมตัวกับน้ำตาลในสภาวะที่มีกรดเหมาะสม องค์ประกอบหลักของเพคตินเป็นกรดกาแลคทูโรนิก (galacturonic acid) ที่เชื่อมผสานกันประมาณ 200 – 100 หน่วย ด้วยพันธะแอลฟา 1, 4 ไกลโคซิดิก (α - 1, 4 glycosidic) มีน้ำหนักโมเลกุล 30,000 - 300,000 ดาลตัน และอาจพบน้ำตาลกาแล็กโตส อะราบิโนส และแรมโนส ที่โซ่พันธะของเพคติน และยังพบ เพคโตส กรดเพคตินิก เพคติน และกรดเพคติน (Voragen et al., 2009) ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างเพคติน

ที่มา: Pharmaceutical Excipients (2009)

เพคตินแบ่งตามระดับเมลิเทชัล ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ (Willats et al., 2006)

เพคตินระดับเมทอคซิลสูง (high methoxyl pectin) มีระดับของเมทธิลเอสเทอริฟิเคชันหรือมีค่า DM มากกว่าร้อยละ 50 มีคุณสมบัติทำให้เกิดเจลได้ดี และจับฟองอากาศได้ดี โดยเฉพาะในสภาวะที่มีน้ำตาลร้อยละ 55 – 65 หรือมีค่า pH เท่ากับ 2.9 – 3.1 โดยสายเพคตินจะช่วยดึงน้ำออกจนเกิดการเพิ่มของประจุลบให้แก่เพคติน เพคตินชนิดนี้นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทแยมและเยลลี่ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งชนิดของเพคตินชนิดนี้ออกเป็น 3 ประเภท คือ ประเภทก่อเจลในเวลาที่เร็ว (rapid set) มีค่า DM ร้อยละ 68 - 72 ประเภทก่อเจลในเวลาที่ปานกลาง (rapid set) มีค่า DM ร้อยละ 59 – 64 และประเภทก่อเจลในเวลาที่ช้า ดังนั้นเพคตินชนิดนี้จึงขึ้นอยู่กับประเภทของการใช้งานให้เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

เพคตินระดับเมทอคซิลต่ำ (low methoxyl pectin) มีระดับของเมทธิลเอสเทอริฟิเคชันหรือมีค่า DM น้อยกว่าร้อยละ 50 มีค่า DM ในช่วงร้อยละ 25 - 40 และส่วนมากใช้ไม่เกินร้อยละ 25 เพราะผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีค่าเป็นกลาง เพคตินชนิดนี้ มีคุณสมบัติการเกิดเจลได้ดีตั้งแต่ระดับอุณหภูมิห้อง แต่ต้องเติมโลหะบางชนิดเข้าช่วย เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และเติมในปริมาณที่เพียงพอจึงจะทำให้เพคตินเกิดเจลได้ ช่วยเพิ่มความนุ่มและเนื้อสัมผัสที่ดีให้แก่อาหารที่ได้จากไอออนของแคลเซียมสารประกอบเพคตินยังแบ่งออกได้ 3 ชนิด ได้แก่

ชนิดที่ 1 คือเพคตินที่ละลายในน้ำได้ มีโครงสร้างเป็นกรดกาแลคทรูโลนิกที่มีหมู่เมทอลซิลอยู่ในโครงสร้าง (- $COOCH_3$) สามารถเกิดเป็นเจลได้

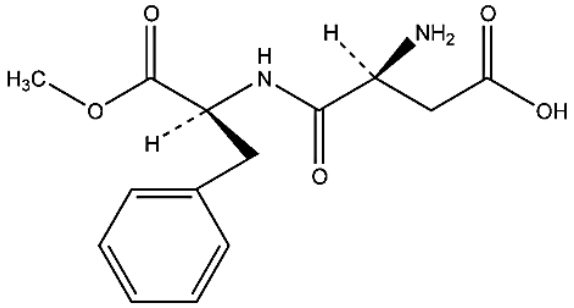
ชนิดที่ 2 คือโปรเพคตินหรือเพคตินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ประกอบด้วยหมู่แคลเซียมหรือแมกนีเซียมเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดจะสามารถละลายน้ำได้แต่ไม่สามารถเกิดเป็นเจลได้

ชนิดที่ 3 คือเพคตินมีโครงสร้างเป็นกรดกาแลคทรูโลนิกที่ไม่มีหมู่เมทอลซิลอยู่ในโครงสร้าง จึงทำให้ไม่สามารถเกิดเป็นเจลได้ทุกสภาวะ

นอกจากนี้เพคตินยังมีคุณสมบัติหลายประการในเครื่องดื่ม ขนมหวาน และอาหาร ได้แก่ การละลาย เพคตินเป็นสารมีขั้วละลายได้ง่าย เมื่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยให้เพคตินละลายน้ำได้ดีขึ้น สามารถขยายหรือพองตัวเพิ่มปริมาตรมากขึ้น เพคตินเป็นสารที่รวมตัวกับน้ำได้ปริมาณมากและยังละลายได้ดีในตัวทำละลายต่าง ๆ เช่น เฮกเซน เอทานอล หรือสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด - ด่าง (pH) ต่าง ๆ แต่ไม่ละลายในน้ำมัน เพคตินยังเป็นสารเพิ่มความหนืดเมื่อละลายน้ำหรือละลายในตัวทำละลายแล้วจะเกิดการขยายตัวของพอลิเมอร์ทำให้เกิดความหนืดขึ้นซึ่งความหนืดของเพคตินจะมีความแตกต่างกันตามชนิดหรือวัตถุดิบที่ผลิต ความเข้มข้น และปริมาณแคลเซียม รวมถึงความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของตำรับผลิตภัณฑ์นั้นด้วย นอกจากนี้ การไหลของเพคตินที่มีผลต่อความหนืด โดยสารละลายของเพคตินเจือจางจะมีรูปแบบการไหลแบบนิวโตเนียน (newtonian) คือ ค่าความหนืดที่คงที่จะไม่ขึ้นอยู่กับแรงเฉือน กล่าวคือ แม้จะเพิ่มแรงเฉือนมากขึ้น แต่ค่าความหนืดจะยังมีค่าคงที่ แต่หากเพิ่มระดับความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 1 จะเปลี่ยนรูปแบบการไหลเป็นแบบซูโดพลาสติก (pseudoplastic) คือเมื่อเพิ่มแรงเฉือนจะมีผลต่อค่าความหนืดที่ลดลง (องอาจ เด็ดดวง, 2010)

2.11 แอสพาแตม (Aspartame)

แอสพาแตมเป็นผงผลึกสีขาวไม่มีกลิ่น มีรสชาติหวาน เป็นสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการหรือให้พลังงานในปริมาณที่น้อย หาได้ง่ายตามท้องตลาดราคาไม่สูง เป็นสารเพิ่มรสชาติและสารให้ความหวานแทนน้ำตาลซึ่งมีรสชาติที่คล้ายคลึงกับน้ำตาล มีโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างจากน้ำตาลดังภาพที่ 2.5



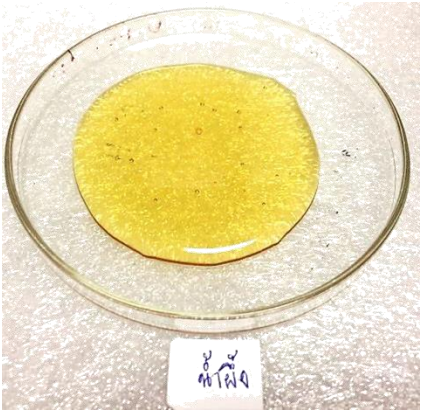
ภาพที่ 2.5 โครงสร้าง Aspartame

ที่มา: Pharmaceutical Excipients (2009)

แอสพาแตม (Aspartame) จัดเป็นวัตถุเจือปนอาหาร ถูกสังเคราะห์ครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1965 มีองค์ประกอบหลักเป็นกรดอะมิโน 2 ชนิด ได้แก่ กรดแอสปาร์ติก (Aspartic acid) และ ฟีนิลอะลานีน (Phenylalannine) มีความหวานกว่าน้ำตาลซูโครส (น้ำตาลทราย) ประมาณ 180 - 200 เท่าจะให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี ซึ่งปริมาณแอสพาแตมที่บริโภคได้ประมาณ 40 mg ต่อน้ำหนักร่างกาย 1 kg (ปราณีต 2547) คงสภาพได้ดีเมื่ออยู่ในสภาวะเป็นกรด (pH) ประมาณ 3.0 - 5.0 ใช้ในอาหารหลากหลายชนิด เช่น ของหวานจากธัญพืช หมากฝรั่ง เครื่องดื่มเจลาตินและเครื่องปรุงรส แอสพาแตมมีคุณสมบัติการละลาย 1 ส่วนในน้ำ 100 ส่วนมีค่า pH ที่ 5.2 ซึ่งจะละลายได้น้อยในแอลกอฮอล์และไม่เหมาะกับอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีความร้อนประมาณ 80 °C เพราะจะทำให้แอสพาแตมเกิดการสลายตัว (Haighton et al., 2018)

แอสพาแตมเมื่อนำไปใช้ร่วมกับน้ำตาลชนิดอื่นจะให้ความหวานเพิ่มขึ้นรู้สึกหวานนานมากขึ้นเหมาะกับผู้เป็นโรคเบาหวานหรือผู้ที่ควบคุมน้ำหนัก ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 121 พ.ศ. 2532 เรื่องอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก ระบุว่าวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลและไม่มีส่วนประกอบและปริมาณที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ ข้อจำกัดของแอสพาแตมคือควรระวังในผู้ที่มีความผิดปกติของพันธุกรรมหรือเรียกว่า ภาวะฟีนิลคีโทนูเรีย (Phenylketonuria) (PKU) เพราะก่อให้เกิดอันตรายต่อสมองเป็นผลมาจากการคลั่งของ Phenypyruvic acid ในเลือดร่างกายไม่สามารถนำออกมาใช้ได้ จึงก่อให้เกิดความอันตรายต่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์ที่มีแอสพาแตม เป็นส่วนผสมจะต้องระบุในฉลากว่าห้ามใช้ในผู้ป่วยภาวะฟีนิลคีโทนูเรียให้ชัดเจน เพราะจะทำให้เกิดอาการข้างเคียงและความเป็นพิษตามมาคือมีอาการปวดศีรษะแบบปวดไมเกรนและยังพบว่ามีอาการชัก

2.12 น้ำผึ้ง (Honey)



ภาพที่ 2.6 น้ำผึ้ง

น้ำผึ้งเป็นกระบวนการที่ได้มาจากสัตว์ซึ่งก่อให้เกิดเป็นสารให้ความหวานตามธรรมชาติ เป็นที่นิยมในกลุ่มคนทั่วไป นำมาใช้ด้านอาหาร ส่วนประกอบของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ขนมหวาน ด้านการแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือกโดยการนำมารักษาโรคหอบหืด โรคระบบทางเดินอาหาร แผลเรื้อรังและยังเป็นแหล่งสารอาหารที่สามารถต้านอนุมูลอิสระและสามารถยับยั้งแบคทีเรียในอาหารได้ นอกจากนี้น้ำผึ้งยังเป็นส่วนประกอบตามตำรับยาโบราณต่าง ๆ เช่นเป็นสารช่วยยึดเกาะในตำรับยาลูกกลอน เป็นน้ำกระสายยาช่วยบำรุงร่างกายและแก้ความอ่อนเพลีย ตามคัมภีร์ยาแผนโบราณ นอกจากการรับประทานแล้วนำผึ้งยังสามารถนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ในสถานประกอบการเพื่อความงาม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์พอกหน้า บำรุงผิว ซึ่งน้ำผึ้งมีคุณสมบัติเป็นสารให้ความ ชุ่มชื้นตามธรรมชาติ สามารถเก็บความชื้นไว้ที่ผิวหนัง ทำให้ผิวหนังไม่ขาดน้ำ เพิ่มความชุ่มชื้น ความยืดหยุ่น และยังพบว่าน้ำผึ้งสามารถเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน ช่วยบำรุงป้องกันผิวหนังจากการทำลายของแสงแดด (Ferreira et al., 2009)

น้ำผึ้งที่ได้จะให้ความหวานหรือกลิ่นตามลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัย ตามลักษณะความหวานของชนิดดอกไม้ น้ำผึ้งมีสีเหลืองทอง ลักษณะข้นหนืด มีกลิ่นหอม น้ำผึ้งเกิดจากผึ้งงานจะดูดน้ำหวานจากต่อมความหวานของดอกไม้จากนั้นเอนไซม์ในกระเพาะของผึ้งจะช่วยย่อยน้ำผึ้งแล้วผึ้งสามารถนำน้ำผึ้งเก็บไว้ที่รวงผึ้ง ในน้ำผึ้งจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 20 - 21 เพื่อให้ได้น้ำผึ้งที่มีความเข้มข้นและช่วยถนอมให้น้ำผึ้งไม่ให้เน่าเสีย ซึ่งเกิดจากผึ้งงานช่วยกันกระพือปีกเพื่อไล่ความชื้นออกจากน้ำผึ้งแล้วใช้ไขผึ้งปิดน้ำผึ้งที่สมบูรณ์ไว้และป้องกันการระเหยของน้ำที่มากจนเกินไปได้น้ำผึ้งที่มีความเข้มข้น

ในน้ำผึ้งยังพบกรดซึ่งทำหน้าที่ความคุมความเป็นกรด - ด่างในน้ำผึ้งคือกรดกลูโคนิกประมาณร้อยละ 0.5 ซึ่งพบว่าน้ำผึ้งที่มีสีเข้มจะมีปริมาณแร่ธาตุและวิตามินสูงกว่าน้ำผึ้งที่มีสีอ่อน เนื่องจากว่าองค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งคือน้ำตาลเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายและนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย น้ำผึ้ง 100 g จะให้พลังงาน 303 แคลอรี พบกรดอะมิโน 16 ชนิด และกรดอนินทรีย์ ได้แก่ กรดฟอสฟอลิกและกรดไฮโดรคลอลิกและยังมีเอนไซม์ที่สำคัญชนิดต่าง ๆ ในน้ำผึ้ง เช่น เอนไซม์อินเวอร์เทสทำหน้าเปลี่ยนน้ำตาลซูคาโลสให้เป็นน้ำตาลและเอนไซม์ได

แอสเทสทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรด ในน้ำผึ้งยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ได้แก่ ฟอสฟอรัส ทองแดง แมงกานีสและแคลเซียม นอกจากนี้ยังพบวิตามินในน้ำผึ้ง ได้แก่ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 5 แคโรทีน โปรตีนและกรดอะมิโนต่าง ๆ ที่จำเป็น ซึ่งสารอาหารในน้ำผึ้งเหล่านี้ล้วนเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติที่ให้คุณประโยชน์มากมายต่อร่างกาย (Hermosín et al., 2003)

Atrooz และคณะ ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำผึ้งที่สกัดด้วยเมทานอลและ ปริมาณฟลาโวนอยด์ในน้ำผึ้งโดยทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical - scavenging activity ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่าอยู่ในช่วง 21.5 - 21.8 mg/g ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีเพราะมีปริมาณฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบอยู่ในช่วง 7.4 – 106 µg/g ซึ่งมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากสารประกอบฟลาโวนอยด์มีความสามารถในการให้อะตอมไฮโดรเจนฟลาโวนอยด์กับอนุมูลอิสระ ดังนั้นน้ำผึ้งจึงเป็นแหล่งสารอาหารอีกชนิดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ (Atrooz et al., 2008)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของผักโขมและถั่งเช่าสีทองและพัฒนาสูตรตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองโดยแบ่งการทดลองเป็นดังนี้

(1). ทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

(2). พัฒนาสูตรตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

(3). ทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยาของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง ในสภาวะเร่ง

(4). วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

(5). ศึกษาความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในอาสาสมัคร

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลอง (experimental Research)

3.2 สารเคมีและวัสดุอุปกรณ์

3.2.1 สารเคมี

DPPH (Sigma - Aldrich, Denmark), L - Ascorbic acid (Sigma - Aldrich, USA), ABTS (Sigma - Aldrich, Germany), Potassium per sulfate (Ajax finechem, Australia), Gallic acid (Sigma - Aldrich, China), Folin – Ciocaltus Reagent (Carlo Erba, Italy), Sodium carbonate (Carlo Erba, Italy), Aluminum Trichoride (Ajax finechem, Australia), Methanol HPLC grade (Rci labscan, Thailand), Quercetin (Sigma - Aldrich, India), Mueller Hinton Agar (Himedia, India), Sodium chloride (Carlo Erba, Italy), Sabouraud Dextrose Agar (Himedia, India), Mannitol salt agar (Merck Kgaa, Germany), Eosin methylene blue (Merck Kgaa, Germany), Xylose lysine deoxycholate agar (Himedia, India), Tryptose Sulfite Cycloserine (Himedia, India)

3.2.2 อุปกรณ์

Horizontal Shaker (HS501, IKA, USA), Centrifuge (Centrifuge 5810 R, Eppendorf, Germany), Rotary evaporator (Buchi R - 100, Switzerland), Freeze dryer (Alpha 1 – 4, Christ, Switzerland), Hot air oven (Steriliser SN30, Germany), Desiccator cabinet (Wandefu, Japan), Micro plate Reader (EZ Read 400, Biochrom, UK), Plate

shaker (shaker ST3, Elmi, UK), HPLC (Themo Dionex UV/Vis Ultimate 3000, Themo, USA) Viscometer (HAAKE MARS III, Thermofisher Scientific, USA), Amino acid analyzer (Hitachi, L – 8900, USA)

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 แหล่งที่มาของพืชตัวอย่าง

ตัวอย่างผักโขมจากแหล่งเพาะปลูกบ้านม่วงน้อย ตำบลนาดี อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี และถั่งเช่าสีทองจากผู้ประกอบการจังหวัดระยอง

3.3.2 วิธีการเตรียมผงแห้งผักโขม

นำผักโขมส่วนต้น ใบและดอก ล้างน้ำทำความสะอาด ผึ่งลมให้แห้งในที่ร่มเพื่อสะเด็ดน้ำ นำไปลวกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 3 นาที เพื่อกำจัดรสขมและสาร oxalate ผึ่งลมทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C นาน 5 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดลดขนาดด้วยเครื่องบดลดขนาดจะได้ผงแห้งแบบหยาบ บรรจุในถุงพลาสติกแล้วเก็บในตู้ควบคุมความชื้น

3.3.3 วิธีการสกัดผักโขม

ชั่งผักโขม 10 g สกัดด้วย น้ำ ปริมาตร 300 ml เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ด้วยแรง 150 rpm แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 4 เพื่อแยกเศษกากและของเหลวออกจากกัน นำส่วนของเหลวเข้าเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 3,500 rpm เป็นเวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิ 25 °C ทำแห้งด้วยเครื่อง Freeze dryer เก็บผงแห้งที่ได้ในขวดสีชาและเก็บในตู้ควบคุมความชื้นเพื่อนำไปศึกษาต่อไป

3.3.4 วิธีการสกัดถั่งเช่าสีทอง

แช่ผงแห้งถั่งเช่าสีทองประมาณ 1 g ในน้ำอุณหภูมิ 95 °C นาน 30 นาที จากนั้นกรองผ่านผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและน้ำของถั่งเช่าสีทองออกจากกัน แล้วบรรจุส่วนของน้ำถั่งเช่าสีทองลงในภาชนะที่สะอาดเพื่อนำไปใช้ต่อไป

3.3.5 ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

3.3.5.1 การหาปริมาณสารฟีนอลิกรวม (Total phenolic content) โดยใช้เทคนิค Folin – Ciocalteu โดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ของโมลิบโดทังสเตตไอออน (Molybdotungstate ion) รีเอเจนท์ ซึ่งประกอบไปด้วย โซเดียมทังสเตต (Sodium tungstate) โซเดียมโบลิบเดต (Sodium bolybdate) กรดฟอสเฟอ์ริก (Phosphoric acid) และ โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของไอออน Mo (VI) ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อได้รับอิเล็กตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูป Mo (V) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยากลายเป็นมีสีน้ำเงิน (Tsai et al., 2005) โดยการหาฟีนอลต้องสร้าง Calibration curve จากสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ความเข้มข้น 0.1, 0.05, 0.025, 0.0125, 0.00625, 0.0032 mg/ml ในน้ำกลั่น นำสารสกัดหยาบจากผักโขมและถั่งเช่าสีทอง เติมสาร Folin - Ciocalteu reagent ผสมให้เข้ากันบ่มที่อุณหภูมิห้อง 4 นาที แล้วเติม Sodium carbonate ลงไปผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV spectrophotometer แล้วนำมาเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ทำการ

ทดสอบตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน 3 ครั้งคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยในรูปของมิลลิกรัมของ Gallic acid equivalent (mg/g GAE) โดยดัดแปลงมาจากวิธีของ (Slinkard and Singleton., 1977)

3.3.5.2 การหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม (Total Flavonoid content) ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม โดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีของสารละลายโดยการหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ต้องสร้าง Calibration curve จากสารละลายมาตรฐาน Quercetin ความเข้มข้น 0.05, 0.025, 0.0125, 0.00625, 0.0032 mg/ml ใน Methanol นำสารสกัดหยาบจากผักโขมและถั่งเช่าสีทอง เติมสาร Aluminum Trichoride reagent ผสมให้เข้ากันแล้วบ่มที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 403 นาโนเมตรโดยใช้เครื่อง UV spectrophotometer แล้วนำมาเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Quercetin ทำการทดสอบตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน 3 ครั้ง คำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์รวมเฉลี่ยในรูปของมิลลิกรัมของ Quercetin equivalent (mg/g Quercetin)

3.3.5.3 การทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเพื่อสำหรับทดสอบฤทธิ์ในการหาสารต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของสารประกอบหรือสารสกัดจากพืช เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระ DPPH มีอิเล็คตรอนเดี่ยว มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระที่มีความคงตัวสูง เมื่ออนุมูลอิสระ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระจะรับไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากสารต้านอนุมูลอิสระกลายเป็น DPPH ซึ่งความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารจะถูกประเมินโดยวัดความสามารถในการลดปริมาณอนุมูลอิสระ DPPH (Mensor et al., 2001) กลไกการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH ของสารประกอบฟีนอลิกเกิดจากการที่ให้อิเล็กตรอนอิสระแก่อนุมูล DPPH ซึ่งอนุมูลอิสระของ DPPH ในสารละลายที่ได้จะมีสีม่วงและกลายเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (Aruoma., 2003) โดยการเตรียมสารสกัดหยาบจากผักโขมและถั่งเช่าสีทองที่ความเข้มข้น 50, 250, 100, 500, 750 และ 1000 µg/ml เทียบกับสารละลายมาตรฐานที่ใช้คือ L - Ascorbic acid เตรียมความเข้มข้นที่ 400, 300, 200, 100, 50, 25, 12.5 µg/ml แล้วนำตัวอย่างละ 40 µl เติมสารละลาย 2, 2 – Di – phenyl – 1-picrylhydrazyl (DPPH) ในน้ำกลั่นจำนวน 160 µl หยดลงใน 96 well plate ปริมาตรหลุมละ 200 µl จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องเขย่าสารประมาณ 1 นาที แล้วนำไปบ่มไว้ที่มืดอุณหภูมิห้อง (25 °C) เป็นเวลานาน 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Micorplate Rader ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง พบว่าความเข้มข้นของสารละลายสีม่วงลดลง แล้วดูค่า IC_{50} ปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของสารละลาย DPPH เหลือ 50 % แล้วดูค่า IC_{50} แล้วนำมาเทียบกับสารละลายมาตรฐานโดยดัดแปลงมาจากวิธีของ (Brand - Williams et al., 1995)

3.3.5.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี $ABTS^{+\cdot}$ เป็นวิธีการทดสอบหาสารต้านอนุมูลอิสระนั้นโดยใช้สาร 3 – ethylbenzothialzoline – 6 - sulfonic acid (ABTS) ให้อยู่ในรูปอนุมูลอิสระ ABTS โดยการทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2 S_2 O_8$) โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตจะออกซิไดซ์ ABTS ให้กลายเป็นอนุมูลอิสระ $ABTS^{+\cdot}$ โดยอนุมูลอิสระ ABTS จะทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระและถูกประเมินโดยวัดความสามารถในการรีดิวซ์ (reduce) อนุมูลอิสระ ABTS

วิธีการเตรียมสาร ABTS เพื่อให้เป็นสารที่อิเล็กตรอนมีความเสถียร เตรียมสาร ABTS และ Potassium per sulfate ผสมเข้าด้วยกันด้วยอัตราส่วน 1: 1 นำไปบ่มในที่มืด อุณหภูมิห้อง (25 °C) นาน 16 ชั่วโมง เติมน้ำกลั่น (DI) เทลงไปเพื่อเจือจางประมาณ 40 – 50 ml นำไปหยดลงใน 96 well plate ปริมาตรหลุมละ 200 µl แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Miscorplate Rader ให้ได้ค่าที่ 0.7 - 1 จะได้เป็นสาร $ABTS^{+\cdot}$ ที่มีความเสถียร เตรียมสารสกัดหยาบจากผักโขมและถั่งเช่าสีทองที่ความเข้มข้น 50, 250, 100, 500, 750 และ 1000 µg/ml ส่วนสารละลายมาตรฐานที่ใช้คือ L - Ascorbic acid เตรียมความเข้มข้นที่ 400, 300, 200, 100, 50, 25, 12.5 µg/ml แล้วนำตัวอย่างละ 20 µl เติมสาร $ABTS^{+\cdot}$ ลงไปหยดลงใน 96 well plate ปริมาตรหลุมละ 200 µl นำไปใส่ในเครื่องเขย่าสาร 1 นาที บ่มไว้ที่มืด อุณหภูมิห้อง (25 °C) เป็นเวลา 6 นาที แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 405 นาโนเมตรด้วยเครื่อง Miscorplate Rader ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง พบว่าความเข้มข้นของสารละลาย $ABTS^{+\cdot}$ ที่ทีสีเขียวลดลง แล้วดูค่า IC_{50} ปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ $ABTS^{+\cdot}$ เหลือ 50 % แล้วนำผลที่ได้มาเทียบกับสารละลายมาตรฐานโดยดัดแปลงมาจากวิธีของ (Re et al., 1999)

3.3.6 การศึกษาปริมาณสารก่อเจลที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

การศึกษาปริมาณสารก่อเจลที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ศึกษาอัตราส่วนสารก่อเจล (เพคติน คาราจีแนนและผงเมล็ดมะขาม)

ชื่อสาร/ส่วนประกอบ	หน่วย	ตำรับ 1	ตำรับ 2	ตำรับ 3	ตำรับ 4	ตำรับ 5	ตำรับ 6	ตำรับ 7	ตำรับ 8
น้ำถั่งเช่าสีทอง	ml	70	70	70	70	70	70	70	70
น้ำผักโขม	ml	10	10	10	10	10	10	10	10
เพคติน	g	0.16	0.2	2.4	3.0	-	-	-	-
คาราจีแนน	g	-	-	-	-	0.16	0.2	2.4	3.0
ผงมะขาม	g	2.4	0.2	0.16	0.1	2.4	0.2	0.16	0.1
น้ำผึ้ง	g	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Aspartame	g	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Citric acid	g	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Paraben conc	ml	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Flavoring agent	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.
น้ำถั่งเช่าสีทอง (ปรับน้ำหนักจนครบ)	g	100	100	100	100	100	100	100	100

(*q.s. มาจากภาษาละติน quatum satis หมายถึง sufficient quantity to as much as is necessary)

ปริมาณการใช้สารก่อเจล (เพคติน, คาราจีแนน: ผงเมล็ดมะขาม) แบ่งออกเป็น 4 อัตราส่วน คือ ที่ความเข้มข้นของปริมาณสารก่อเจลร้อยละ 0.16: 2.4, 0.2: 0.2 , 2.4: 0.16 และ 3.0: 0.1 แล้วนำไปศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนืด และค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

3.3.7 วิธีการเตรียมเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

ชั่งบีกเกอร์และชั่งสารต่าง ๆ ในสูตรตำรับตามปริมาณที่ใช้เตรียมน้ำชาถั่งเช่า 70 ml และผักโขม 10 ml แล้วเติมแอสปาแตม น้ำผึ้ง citric acid ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำชาถั่งเช่าสีทองประมาณ 10 ml ใช้แท่งแก้วคนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วค่อย ๆ โปรยผงเมล็ดมะขามลงไปในบีกเกอร์ที่มีส่วนผสมต่าง ๆ อย่าให้จับกันเป็นก้อนแล้วคนให้กระจาย จากนั้นค่อย ๆ โปรยคาราจีแนน คนให้กระจายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วเติมน้ำชาถั่งเช่าสีทองและผักโขมตามลงไปแล้วคนให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำบีกเกอร์ที่มีส่วนผสมต่าง ๆ ไปให้ความร้อนประมาณ 85 °C เป็นเวลา 5 - 10 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงประมาณ 40 °C แล้วเติมสารกันเสียและสารแต่งกลิ่นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำชาถั่งเช่าสีทองให้ครบ 100 g แล้วบรรจุเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองลงในขวดแก้วที่สะอาด โดยเตรียมขวดแก้วที่ใช้บรรจุเครื่องดื่มเยลลี่ไปต้มในน้ำเดือด 20 วินาทีแล้วอบด้วยตู้อบลมร้อนให้แห้งสนิท แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2 ชั่วโมง จะได้เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง แล้วนำขวดแก้วที่บรรจุเยลลี่ที่ปิดสนิทและห่อหุ้มด้วยพลาสติกต้มในน้ำเดือดนาน 20 วินาทีเพื่อทำการฆ่าเชื้อเป็นขั้นตอนสุดท้าย

3.3.8 วิเคราะห์ปริมาณ Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมผักโขมและถั่งเช่าสีทองโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมผักโขมและถั่งเช่าสีทอง (n = 3) โดยชั่งตัวอย่าง 1 g เติมน้ำกลั่น 3 ml เข้าเครื่อง sonicator เป็นเวลา 20 นาที ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 4 ml ผสมด้วยเครื่อง vertex ให้เข้ากันจนได้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน นำสารละลาย 1 ml เข้าเครื่องปั่นหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 25 °C เพื่อแยกชั้นเจลและของเหลวออกจากกัน นำส่วนของเหลวใส่ลงในขวดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญต่อไป

สภาวะการวิเคราะห์ใช้เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) โดยใช้อัตราส่วนเมทานอล : น้ำ อัตราส่วน 75: 25 อัตราการไหล (flow rate) ที่ใช้ คือ 1.0 ml / min อุณหภูมิ 40 °C ปริมาณสารละลายตัวอย่างที่ฉีด 5 µl เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ 15 นาที ใช้คอลัมน์ C18 (Phenomenex) 250 × 4.60 mm ขนาดอนุภาค 5 µm และ ใช้ UV Detector ที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร สารละลายมาตรฐานที่ใช้คือ Cordycepin โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0.3125, 0.625, 1.25 และ 2.5 µg/ml คำนวณหาปริมาณ Cordycepin ในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

3.3.9 ศึกษาความคงสภาพของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมผักโขมและถั่งเช่าสีทองในสภาวะเร่ง

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมผักโขมและถั่งเช่าสีทอง 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C /75 % RH โดยการสุ่มตัวอย่างสภาวะละ 3 ขวด มาทดสอบความคงสภาพทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยาที่เวลาเริ่มต้นและเมื่อเก็บนาน 0, 7, 14, 21, 30, และ 60 วันจากนั้นทดสอบความคงสภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

ด้านกายภาพ โดยการสังเกตลักษณะภายนอกเช่น สี กลิ่น การแยกชั้น โดยถ่ายภาพการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาต่าง ๆ วัด pH โดยใช้ pH paper และวัดความหนืดโดยเครื่องมือวัดความหนืด (Thermo Fisher Scientific, USA)

ด้านเคมีโดยการวิเคราะห์หาปริมาณ Cordycepin ตามวิธีการวิเคราะห์ดังข้อ 3.3.8

ด้านจุลชีววิทยาโดยการทดสอบหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total plate count โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton Agar (MHA) บ่มไว้ที่ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ที่เกิด (โคโลนี) และทดสอบหาการปนเปื้อนของเชื้อยีสต์และราโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud Dextrose Agar (SDA) บ่มไว้ที่ 30 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อวัดจำนวนยีสต์และราที่เกิด (โคโลนี) นอกจากนี้ยังได้ตรวจการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคที่ในผลิตภัณฑ์ได้แก่เชื้อ *S. aureus* โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Mannitol salt agar (MSA) เชื้อ *E. coli* โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin methylene blue (EMB) เชื้อ *salmonella* โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Xylose lysine deoxycholate agar (XLD) และเชื้อ *Clostridium* โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptose Sulfite Cycloserine (TSC) จากนั้นบ่มไว้ที่ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วดูปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพ โดยผลการตรวจสอบเชื้อปริมาณเชื้อก่อโรคทั้งหมดจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับข้อกำหนดตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 (ข) เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทและประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 352 พ.ศ. 2556 (ก) เรื่องผลิตภัณฑ์ของนมที่ผ่านกระบวนการพลาสเจอร์ไรส์

3.3.10 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาได้แก่ โปรตีน วิตามิน กรดอะมิโน และ แร่ธาตุ ของสารสกัดหยาบผักโขม ถั่งเช่าสีทอง สารสกัดผสมและผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C และ 40 °C การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในตัวอย่างใช้เครื่องวิเคราะห์กรดอะมิโน (Amino acid analyzer, Hitachi L – 8900, USA)

3.3.11 ศึกษาความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในอาสาสมัคร

โดยใช้อาสาสมัครเพศชายและเพศหญิงสุขภาพดีไม่มีโรคประจำตัว ช่วงอายุ 20 – 60 ปี จำนวน 150 คน ศึกษาโดยให้อาสาสมัครรับประทานผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่ที่วางขายตามท้องตลาด 1 ยี่ห้อ เพื่อไม่ให้อาสาสมัครรู้โดยการใส่รหัสในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่ทั้ง 2 ชนิดเพื่อลดอคติ ในการตอบแบบประเมิน ได้แก่ รสชาติของผลิตภัณฑ์ กลิ่นผลิตภัณฑ์ เนื้อสัมผัส สีผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์ โดยให้ระดับความพึงพอใจจากคะแนน 5, 4, 3, 2 และ 1 ซึ่งเป็นระดับความพอใจจากมากที่สุดถึงพอใจน้อยที่สุดตามลำดับ หาความถี่ของระดับความพึงพอใจในแต่ละด้าน

3.3.11.1 งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองซึ่งเป็นการศึกษานำร่อง (pilot study) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง จึงเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม (Random Sampling) จำนวน 150 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศชายและเพศหญิงที่มีสุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว ซึ่งได้แบ่งทำการศึกษาออกเป็น

3 สถานที่ ได้แก่ 1). คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีจำนวน 50 คน 2). คณะแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีจำนวน 50 คน 3). หมู่บ้านม่วงน้อย ตำบลนาดี อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 50 คน ศึกษาโดยให้อาสาสมัครรับประทานผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด 1 ยี่ห้อ เพื่อไม่ให้อาสาสมัครรู้โดยการใส่รหัสในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่ทั้ง 2 ชนิดเพื่อลดอคติในการตอบแบบประเมิน

3.3.11.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าเฉลี่ย $(\bar{X})$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) การประมวลผลจากแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองโดยแบ่งระดับคะแนนความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุดซึ่งสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่าง ได้แก่ T - test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองนำเสนอข้อมูลดังนี้

4.1 สารสกัดผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

4.2 ผลการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวมและฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

4.2.1 ผลการศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกรวม (Total phenolic content)

4.2.2 ผลการศึกษาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม (Total Flavonoid content)

4.2.3 ผลการการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ $ABTS^{+\cdot}$

4.3 ผลการศึกษาปริมาณสารก่อเจลที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

4.4 ผลศึกษาความคงสภาพของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมผักโขมและถั่งเช่าสีทองในสภาวะเร่ง

4.4.1 ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

4.4.2 ความหนืด

4.4.3 วิเคราะห์ปริมาณ Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมผักโขมและถั่งเช่าสีทองโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

4.4.4 ผลการศึกษาจุลชีววิทยาของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

4.5 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

4.6 ผลการศึกษาปริมาณกรดอะมิโน

4.7 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในอาสาสมัคร

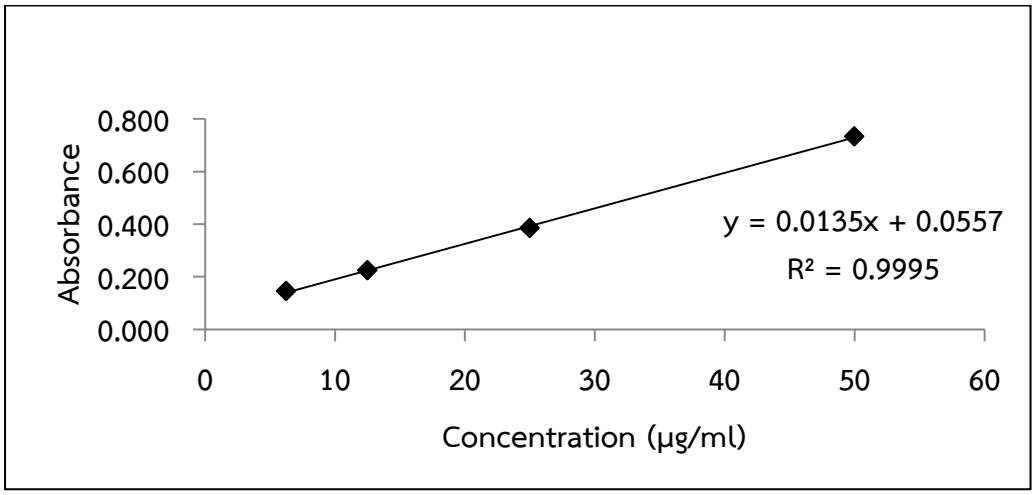
4.1 สารสกัดผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

ในการศึกษาได้นำผักโขมสดมาจากแหล่งเพาะปลูกที่หมู่บ้านม่วงน้อย ตำบลนาดี อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งประกอบด้วย ลำต้น ใบ และดอก มาล้างทำความสะอาดแล้วนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาทีแล้วอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน จากนั้นนำมาสกัดโดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย โดยใช้เวลาในการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยวิธีการเขย่าด้วยแรงเขย่า 150 rpm ภายหลังนำเข้าเครื่อง Freeze dryer จนน้ำกลั่นระเหยออกจนหมดจนได้สารสกัดหยาบของผักโขมซึ่งมีลักษณะเป็นผงแห้ง สีน้ำตาลเข้มคิดเป็นร้อยละ 15.8 ± 2.69 ของน้ำหนักแห้งซึ่งสารสกัดนี้ได้นำมาใช้ตลอดงานวิจัยและได้นำถั่งเช่าสีทองมาแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 °C นาน 30 นาที แล้วกรองผ่านผ้าขาวบางได้เป็นสารละลายสีเหลืองทองใสซึ่งสารสกัดนี้ได้นำมาใช้ในงานวิจัย

4.2 ผลการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

ผลการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบผักโขม ถั่งเช่าสีทอง และสารสกัดในผลิตภัณฑ์ในวันที่ 0 และ วันที่ 60 ใน 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C , 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH ผลการทดลองมีดังนี้

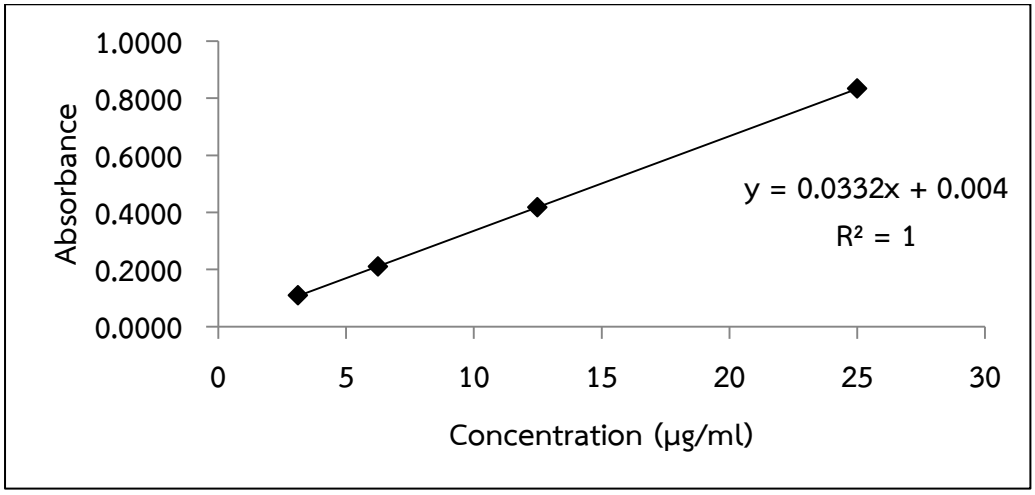
4.2.1 สารประกอบฟีนอลิก (total phenolic compounds) การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมหาได้จากสมการ y = 0.0135 x + 0.0557 ดังภาพที่ 4.1 ของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ในความเข้มข้น 6.25 - 100 µg/ml พบว่าสารสกัดหยาบผักโขมมีสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 37.57 ± 0.85 mg/g และสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองมีสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 17.11 ± 0.63 mg/g ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 กราฟมาตรฐานปริมาณความเข้มข้นและค่าดูดกลืนแสงของ Gallic acid

4.2.2 สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (total flavonoid compounds) การวิเคราะห์หาสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมหาได้จากสมการ y = 0.0332 x + 0.004 ดังภาพที่ 4.2 โดยใช้ Quercetin เป็นสารละลายมาตรฐานมีความเข้มข้น 0.3125 - 25 mg/ml พบว่าสารสกัดหยาบผัก

โขมมีสารประกอบฟลาโวนอยด์เท่ากับ 12.68 ± 0.65 mg/g และสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองไม่พบสารประกอบฟลาโวนอยด์ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.2 กราฟมาตรฐานปริมาณความเข้มข้นและค่าดูดกลืนแสงของ Quercetin

4.2.3 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH (Diphenylpicryhydrazyl radical scavenging assay) ในการทดลองได้นำวิตามินซี (L - ascorbic acid) มาเป็นสารละลายมาตรฐาน จากการทดลองพบว่าวิตามินซีในความเข้มข้น 12.5 - 400 mg/ml ที่สามารถยับยั้งออกซิเดชัน DPPH ได้ 50 % มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.29 mg/ml ส่วนสารสกัดหยาบผักโขม สารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทอง และสารสกัดในผลิตภัณฑ์ในวันที่ 0 และวันที่ 60 ใน 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH สามารถยับยั้ง DPPH ได้ 50 % มีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.35, 6.87, 6.22, 6.62, 7.71, 8.38 และ 8.43 mg/ml ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

4.2.4 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี $ABTS^{+\cdot}$ (3 – ethylbenzothiazoline – 6 - sulfonic acid diammonium salt) ในการทดลองได้นำวิตามินซี (L - ascorbic acid) มาเป็นสารละลายมาตรฐาน จากการทดลองพบว่าวิตามินซีในความเข้มข้น 12.5 - 400 mg/ml ที่สามารถยับยั้งออกซิเดชัน $ABTS^{+\cdot}$ ได้ 50 % มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.22 mg/ml ส่วนสารสกัดหยาบผักโขม สารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทอง และสารสกัดในผลิตภัณฑ์ในวันเริ่มต้นและวันที่ 60 ใน 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH สามารถยับยั้งออกซิเดชัน $ABTS^{+\cdot}$ ได้ 50 % มีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.55, 6.57, 2.27, 2.86, 4.07, 7.34 และ 7.87 mg/ml ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

สารสกัด	ปริมาณสารสำคัญ (mg/g extract)	
	ฟีนอลิก	ฟลาโวนอยด์
ผักโขมลวกแห้ง (ต้น ใบ ดอก)	37.57 ± 0.85	12.68 ± 0.65
ถั่งเช่าสีทอง	17.11 ± 0.63	ND

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD), ไม่สามารถวัดหาค่าได้ (ND)

ตารางที่ 4.2 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ $ABTS^{+\cdot}$ ของสารละลายมาตรฐาน (L – Ascorbic acid) ของสารสกัดหยาบผักโขม ถั่งเช่าสีทอง และผลิตภัณฑ์วันเริ่มต้นและวันที่ 60 ที่ 3 สภาวะการเก็บได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40°C / 75 % RH

สารสกัด	ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (mg/ml extract)	
	DPPH (IC_{50})	$ABTS^{+\cdot}$ (IC_{50})
สารสกัดหยาบผักโขม	2.35 ± 0.11	1.55 ± 0.03
สารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทอง	6.87 ± 0.34	6.57 ± 0.30
สารผสม (ถั่งเช่าสีทอง + ผักโขม)	6.22 ± 0.50	2.27 ± 0.15
ผลิตภัณฑ์วันเริ่มต้น	6.62 ± 0.27	2.86 ± 0.58
ผลิตภัณฑ์วันที่ 60 ที่ 4 °C	7.71 ± 0.10	4.07 ± 0.20
ผลิตภัณฑ์วันที่ 60 ที่ 25 °C / 75 % RH	8.38 ± 0.16	7.34 ± 0.39
ผลิตภัณฑ์วันที่ 60 ที่ 40 °C / 75 % RH	8.43 ± 0.27	7.87 ± 0.46
วิตามินซี	0.29 ± 0.02	0.22 ± 0.00

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)

การทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบผักโขมจากแหล่งเพาะปลูกหมู่บ้านม่วงน้อย ตำบลนาดี อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี สารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองจากจังหวัดระยอง และผลิตภัณฑ์ในวันเริ่มต้นและวันที่ 60 ทั้ง 3 สภาวะการเก็บได้แก่ 4 °C , 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH เป็นการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเบื้องต้น (screening test) ซึ่งปริมาณสารฟีนอลิกรวมและสารฟลาโวนอยด์รวมที่พบในสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองมีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชัน

4.3 การพัฒนาตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

การพัฒนาตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองมีการพัฒนาตำรับเยลลี่เบสก่อนที่จะนำสารสกัดเติมลงไปในตำรับ เพื่อให้มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม มีความคงตัวของสารสำคัญและสามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพได้

การทดลองนี้ใช้สารก่อเจล 3 ชนิด ได้แก่ คาราจีแนน เพคติน ผงมะขาม ซึ่งสารก่อเจลเหล่านี้ล้วนได้มาจากธรรมชาติ พบว่าสารก่อเจลชนิดเพคตินไม่สามารถก่อให้เกิดเป็นเจลได้เมื่อนำมาผสมรวมกันกับผงมะขาม ส่วนสารก่อเจลชนิดคาราจีแนนพบว่าเมื่อนำมาใช้เพียงอย่างเดียวสามารถก่อให้เกิดเป็นเจลได้ในอุณหภูมิห้องปริมาณร้อยละ 0.2 มีลักษณะทางกายภาพคือเป็นเจลใส ไม่มีตะกอน แต่เนื้อสัมผัสเจลแข็งกระด้าง ดังนั้นการพัฒนาตำรับเยลลี่เบสจึงได้นำคาราจีแนนมาผสมรวมกับผงมะขามในปริมาณต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่าสามารถเกิดเป็นเจลได้ โดยปริมาณของคาราจีแนนและผงมะขามในอัตราส่วน 1: 1 ให้ลักษณะทางกายภาพที่ดีคือ ไม่แยกชั้น สามารถเกิดเป็นเจลได้ดีที่อุณหภูมิห้อง เป็นเจลใส ไม่แข็งกระด้างหรือเหลวจนเกินไป มีความยืดหยุ่น ไม่มีตะกอน เมื่อนำส่วนผสมต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในตำรับได้แก่ สารสกัด สารให้ความหวาน สารปรับ pH สารกันเสีย และสารแต่งกลิ่น พบว่าตำรับมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม มีสีเหลืองทองใส มีกลิ่นสับปะรด (แต่งกลิ่นตามสีผลิตภัณฑ์เพื่อให้น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น) ไม่แยกชั้น ไม่มีตะกอน มี pH 6.3 ตำรับเครื่องดื่มเยลลี่ที่มีส่วนผสมของสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองสูตรที่มีความเหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สูตรตำรับเครื่องดื่มเยลลี่ที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

องค์ประกอบ	น้ำหนัก	หน่วย	หน้าที่ในตำรับ
สารสกัดถั่งเช่าสีทอง	70	ml	สารสำคัญ
สารสกัดผักโขม	10	ml	สารสำคัญ
คาราจีแนน	0.2	g	สารก่อเจล
ผงมะขาม	0.2	g	สารก่อเจล
Aspartame	3	g	สารให้ความหวาน
น้ำผึ้ง	2	g	สารให้ความหวาน
Citric acid	0.2	g	สารปรับ pH
Paraben concentration	1.0	ml	สารกันเสีย
Flavoring agent	q.s.	q.s.	สารแต่งกลิ่น
สารสกัดถั่งเช่าสีทอง (ปรับน้ำหนักให้ครบ)	100	g	น้ำกระสายยา

เนื่องจากสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่น้อยกว่าสารสกัดหยาบผักโขมจึงได้ใช้ในอัตราส่วนที่มากกว่าเพื่อให้สูตรตำรับมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ส่วนสารสกัดหยาบผักโขมพบว่าเมื่อใช้ในปริมาณที่มากกว่า 10 ml จะทำให้มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และมีรสขมมากขึ้น จากการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับอัตราส่วนระหว่างสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองและผักโขม พบว่าในอัตราส่วน 70: 10

สารสกัดผสมให้กลิ่นและรสชาติโดยรวมที่มีความเหมาะสมและยังมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน จึงใช้สัดส่วนนี้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

4.4 ประเมินความคงสภาพของตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในสภาวะเร่ง

ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบความคงตัวของตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมผักโขมและถั่งเช่าสีทองในสภาวะเร่ง ได้เก็บตำรับผลิตภัณฑ์ที่ 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C และ 40 °C เป็นระยะเวลา 60 วัน เพื่อประเมินลักษณะทางกายภาพภายนอก ได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง (pH) สี กลิ่น ความหนืด การแยกชั้น ความใสของเจล การตกตะกอนของตำรับ ซึ่งแสดงผลดังหัวข้อต่อไปนี้

4.4.1 ความเป็นกรด - ด่าง (pH)

ในการทดสอบความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของตำรับผลิตภัณฑ์ในวันที่ 0, 7, 14, 21, 30 และ 60 เมื่อเก็บตำรับผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ที่ 6.3 ทุกสภาวะการเก็บ แสดงให้เห็นว่าตำรับผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า pH เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่ง

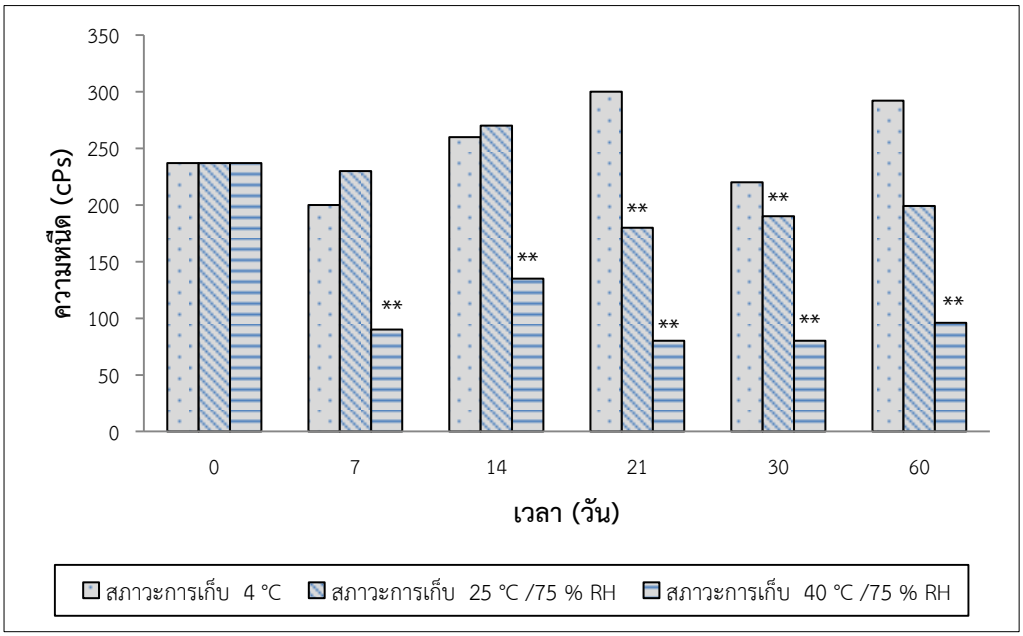
4.4.2 ความหนืด

ผลการศึกษาความหนืดของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองนาน 60 วัน ที่ 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH โดยทำการสุ่มตัวอย่างในวันที่ 0, 7, 14, 21, 30 และ 60 พบว่าความหนืดของผลิตภัณฑ์เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ ๆ มีค่าเท่ากับ 237.00 ± 0.01 cPs เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 °C และ 25 °C นาน 60 วันมีค่าความหนืดไม่แตกต่างจากวันเริ่มต้น ($p > 0.01$) แต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 60 วัน ความหนืดมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับความหนืดของผลิตภัณฑ์ในวันเริ่มต้น ($p < 0.01$) ดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 ความหนืดของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและ ถั่งเช่าสีทองระยะเวลา 60 วัน ที่ 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH วัดที่อุณหภูมิ 25 °C (n=3)

วันที่	4 °C	25 °C / 75 % RH	40 °C / 75 % RH
0	237.00 ± 0.01		
7	200.00 ± 0.02	230.00 ± 0.03	90.00 ± 0.00
14	260.00 ± 0.04	270.00 ± 0.04	135.00 ± 0.01
21	300.00 ± 0.06	180.00 ± 0.02	80.00 ± 0.01
30	224.00 ± 0.03	180.00 ± 0.01	80.00 ± 0.01
60	292.00 ± 0.02	199.00± 0.02	96.00 ± 0.01

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)



ภาพที่ 4.3 ความหนืดของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH นาน 60 วัน

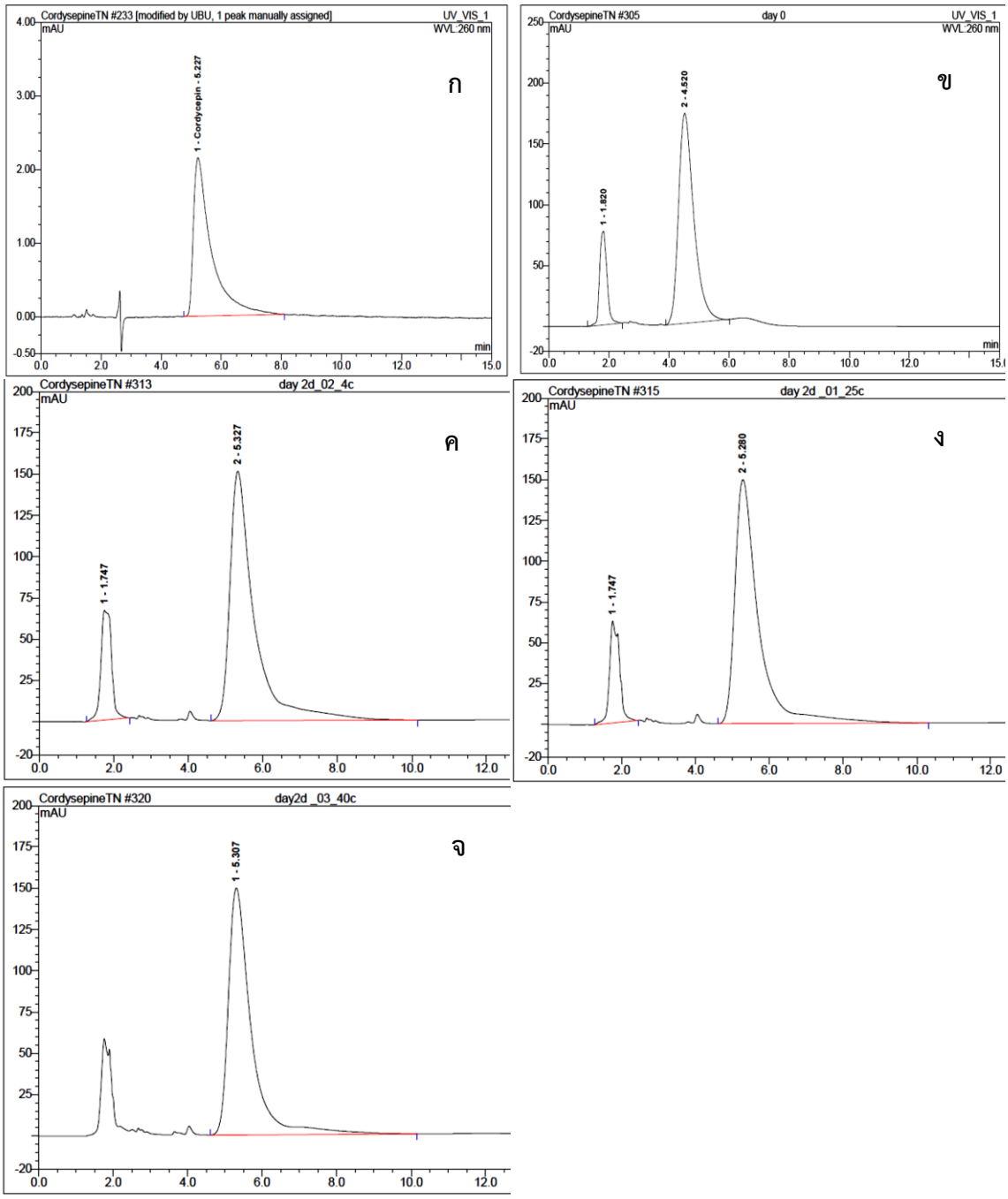
หมายเหตุ: ** แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P - value < 0.01 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในวันเริ่มต้น

4.4.3 ผลการศึกษาปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

การวิเคราะห์หาปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง ได้ปรับเปลี่ยนให้ mobile phase มีความเหมาะสมต่อการวิเคราะห์สาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์ซึ่งพบว่า mobile phase และสภาวะในการวิเคราะห์ที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองด้วยวิธี HPLC

คอลัมน์	C18 (Phenomenex) 250 × 4.60 mm, partial size 5 µm
mobile phase	A: Methanol , D: DI Water (25: 75)
อัตราความเร็วของการไหล	1 ml/นาที
UV Detector	UV ที่ความยาวคลื่น 260 nm
ปริมาตรที่ฉีด	5 µl
ระยะเวลาในการเคราะห์	15 นาที



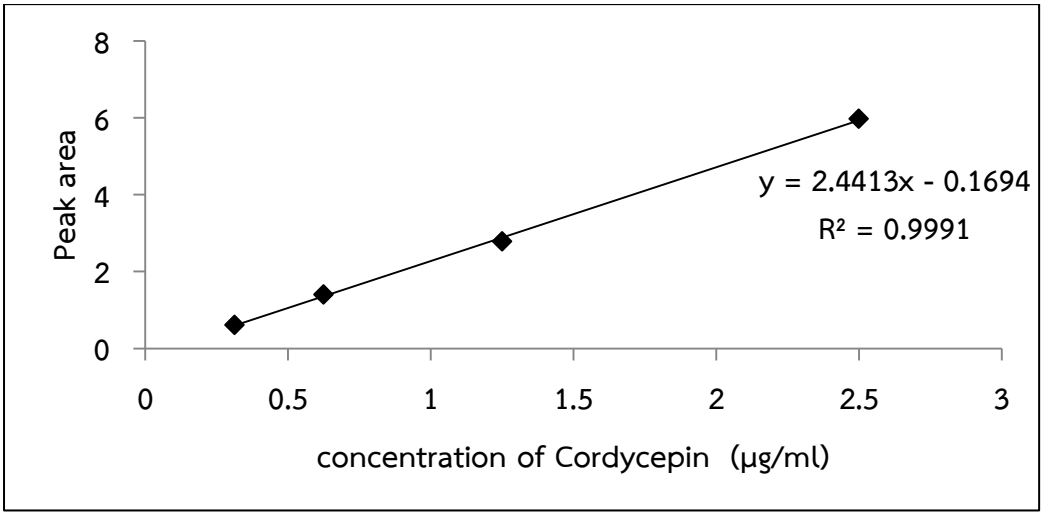
ภาพที่ 4.4 โครมาโตแกรมสาร Cordycepin ของสารละลายมาตรฐานและในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่พร้อมดื่มที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองที่อุณหภูมิต่าง ๆ: (ก) สารละลายมาตรฐาน Cordycepin (ข) ผลิตภัณฑ์วันเริ่มต้น (ค) เก็บที่ 4 °C (ง) เก็บที่ 25 °C / 75 % RH และ (จ) เก็บที่ 40 °C / 75 % RH

ในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่พร้อมดื่มที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองเป็นระยะเวลา 60 วัน ที่ 3 สภาวะการเก็บได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH โดยทำการสุ่มตัวอย่างในวันเริ่มต้น 7, 14, 21, 30 และ 60 ด้วยเทคนิค HPLC พบว่า retention time ของ Cordycepin ในผลิตภัณฑ์ที่สภาวะต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกับสารละลายมาตรฐาน Cordycepin แสดงดังภาพที่ 4.4 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบ retention time ของ Cordycepin สารละลายมาตรฐานและในผลิตภัณฑ์ที่สภาวะต่าง ๆ

ตัวอย่าง	retention time (นาที)
สารละลายมาตรฐาน Cordycepin	5.23
ผลิตภัณฑ์วันเริ่มต้น	4.52
ผลิตภัณฑ์วันที่ 60 ที่ 4 °C	5.33
ผลิตภัณฑ์วันที่ 60 ที่ 25 °C / 75 % RH	5.28
ผลิตภัณฑ์วันที่ 60 ที่ 40 °C / 75 % RH	5.31

แสดงให้เห็นว่าสภาวะในการวิเคราะห์ดังกล่าวมีความเหมาะสมที่สามารถแยกสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่พร้อมดื่มที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองได้ จึงสามารถนำสภาวะดังตารางที่ 4.5 มาวิเคราะห์หาปริมาณ Cordycepin ในการทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในสภาวะเร่งได้ อย่างไรก็ตามในสารสกัดผักโขมและถั่งเช่าสีทองยังมีสารสำคัญทางชีวภาพอีกมากมาย แต่ในงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์หาเฉพาะสาร Cordycepin เท่านั้น



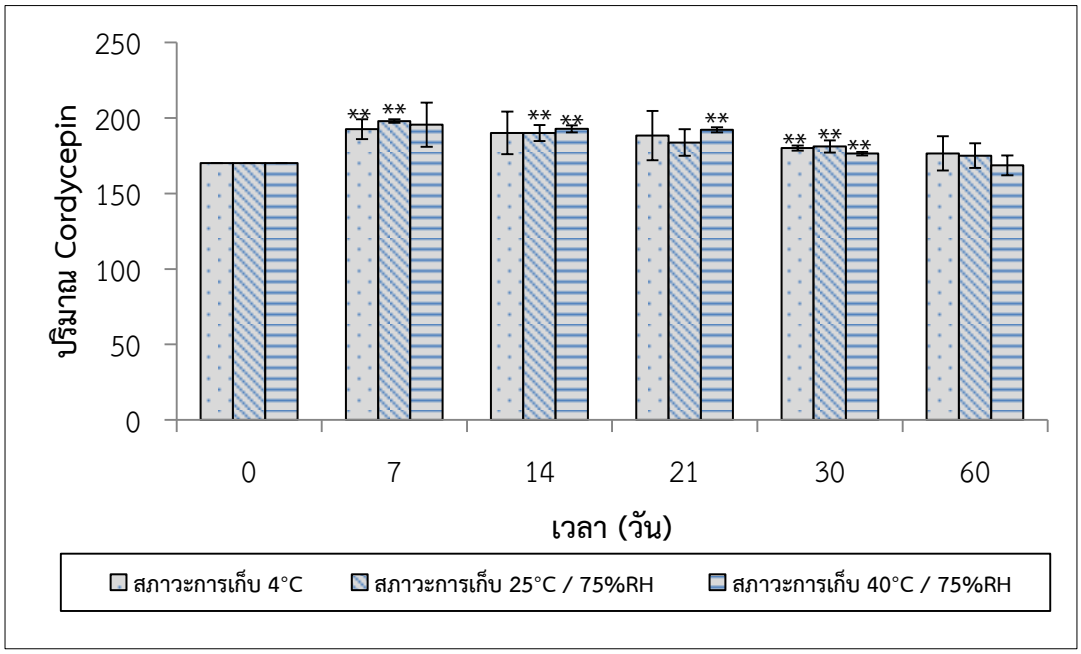
ภาพที่ 4.5 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน Cordycepin ความเข้มข้นต่าง ๆ

ผลการศึกษาปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง เมื่อทดสอบความคงสภาพที่สภาวะเร่ง เก็บตัวอย่าง 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH สุ่มตัวอย่างในวันเริ่มต้น 7, 14, 21, 30 และ 60 วิเคราะห์หาปริมาณ Cordycepin ด้วยวิธี HPLC จากนั้นคำนวณหาปริมาณ Cordycepin ในผลิตภัณฑ์จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานดังภาพที่ 4.5 และปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองนาน 60 วัน ทั้ง 3 สภาวะการเก็บแสดงดังตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์ที่เก็บในสภาวะต่าง ๆ มีเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่สภาวะเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) แสดงดังภาพที่ 4.6

ตารางที่ 4.7 ปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองเป็นระยะเวลา 60 วัน ที่ 3 สภาวะการเก็บได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH

วันที่	ปริมาณ Cordycepin (µg/g)		
	4 °C	25 °C 75% RH	40 °C 75% RH
0	170.03		
7	192.56 ± 6.66	197.91 ± 1.13	195.56 ± 14.65
14	190.07 ± 14.10	190.07 ± 5.29	192.70 ± 2.34
21	188.52 ± 16.34	183.69 ± 8.76	192.16 ± 1.71
30	180.07 ± 1.72	181.16 ± 3.99	176.35 ± 1.10
60	176.53 ± 11.41	175.01 ± 8.21	168.59 ± 6.50

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)



ภาพที่ 4.6 ปริมาณสาร Cordycepin ของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH เป็นระยะเวลา 60 วัน

หมายเหตุ: ** แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P - value < 0.01 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ Cordycepin ในผลิตภัณฑ์วันเริ่มต้น

4.4.4 ผลการศึกษาทางจุลชีววิทยาในเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

ผลการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์โดยเก็บที่สภาวะการเก็บ 3 สภาวะ ได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH เป็นระยะเวลา 60 วัน เมื่อทำการสุ่มตัวอย่างมาทำการทดสอบในวันที่ 0, 7, 14, 21, 30 และวันที่ 60 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9 พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราเกินเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนดเมื่อเก็บในระยะเวลา 30 วัน ในทุกอุณหภูมิ และผลการทดสอบเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ซึ่งได้ดัดแปลงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 (ข) เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทและประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 352 พ.ศ. 2556 (ก) เรื่องผลิตภัณฑ์ของนม พบเชื้อ *E.coli* เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 °C นาน 7 วัน และที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 14 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ 4 °C เก็บได้นาน 21 วัน ซึ่งปริมาณเชื้อ *S.aureus* ในผลิตภัณฑ์เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดเมื่อเก็บนาน 21 วันในทุกอุณหภูมิ ส่วนเชื้อ Salmonella spp พบว่ามีปริมาณเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดเมื่อเก็บนาน 14 วันในทุกอุณหภูมิ และตรวจไม่พบเชื้อ Clostridium ทุกอุณหภูมิตลอดระยะเวลา 60 วัน

ตารางที่ 4.8 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ระยะเวลา 60 วัน

วันที่	แบคทีเรีย			เชื้อรา		
	4°C	25°C	40°C	4°C	25°C	40°C
0	✗	✗	✗	✗	✗	✗
7	✗	✗	✗	✗	✗	✗
14	✗	✗	✗	✗	✗	✗
21	✗	✗	✗	✗	✗	✗
30	✓	✓	✓	✓	✓	✓
60	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ: ✗ ไม่มีเชื้อเกิดขึ้น ✓ มีเชื้อเกิดขึ้น

ตารางที่ 4.9 ปริมาณเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ระยะเวลา 60 วัน

วันที่	*E.coli*			*S.aureus*			Clostridium			Salmonella spp.		
	4°C	25°C	40°C	4°C	25°C	40°C	4°C	25°C	40°C	4°C	25°C	40°C
0	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
7	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
14	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
21	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓
30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓
60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓

หมายเหตุ: ✗ ไม่มีเชื้อเกิดขึ้น ✓ มีเชื้อเกิดขึ้น

4.5 คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการทางอาหารในเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองเพื่อหาปริมาณสารอาหาร ได้แก่ แร่ธาตุและวิตามิน รวมถึงกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10 และ ตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

รายการทดสอบ	วันเริ่มต้น	วันที่ 60	หน่วย
Protein	0.34	0.34	g/100g
Vitamin A (β - carotene)	0.00	0.00	µgRE/100ml
Vitamin B12 (Cyanocobalamin)	0.00297	0.00425	mg/100ml
Vitamin B2	0.00773	0.00500	mg/100ml
Vitamin B3 (Niacinamide)	0.00669	ND	mg/100ml
Vitamin B9 (Folic acid)	0.00220	0.0219	mg/100ml
Calcium (Ca)	4.05	4.46	mg/kg
Iron (Fe)	0.25	0.67	mg/kg
Magnesium	13.41	14.07	mg/kg
Zinc (Zn)	0.90	0.92	mg/kg
Vitamin B - complex	0.04551	0.05198	Mg/100

หมายเหตุ: ND หมายถึงไม่สามารถวัดหาค่าได้

ตารางที่ 4.11 คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองต่อหนึ่งหน่วยบริโภคและคิดเป็นร้อยละปริมาณอาหารที่แนะนำให้บริโภคในหนึ่งวัน (% Thai RDI)

สารอาหาร (Nutrient)	ปริมาณที่แนะนำต่อวัน (Thai RDI)	เยลลี่เพื่อสุขภาพ วันเริ่มต้น	เยลลี่เพื่อสุขภาพ วันที่ 60
โปรตีน (Protein)	50 (g)	0.34 g/100g	0.34 g/100g
วิตามินบี 2 (Riboflavin)	1.7 (mg)	0.00773 mg/100ml	0.00500 mg/100ml
ไนอะซิน (Niacin)	20 (mg NE)	0.000669 mg/100ml	ND mg/100ml
โฟเลต (Folate)	200 (µg)	0.00220 mg/100ml	0.0219 mg/100ml
วิตามินบี 12 (Cyanocobalamin)	2 (µg)	0.00297 mg/100ml	0.00425 mg/100ml
แคลเซียม (Calcium)	800 (mg)	4.05 mg/kg	4.46 mg/kg
เหล็ก (Iron)	15 (mg)	0.25 mg/kg	0.67 mg/kg
แมกนีเซียม (Magnesium)	350 (mg)	14.07 mg/kg	14.07 mg/kg

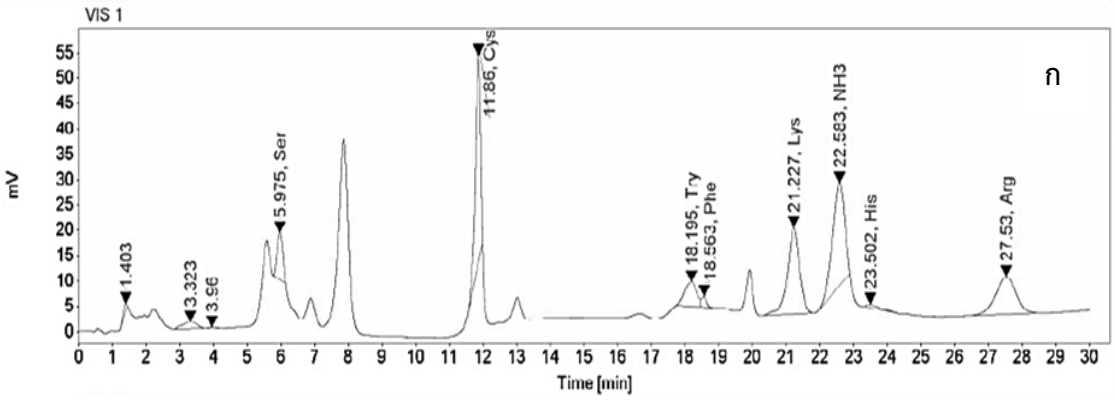
หมายเหตุ: ND หมายถึงไม่สามารถวัดหาค่าได้

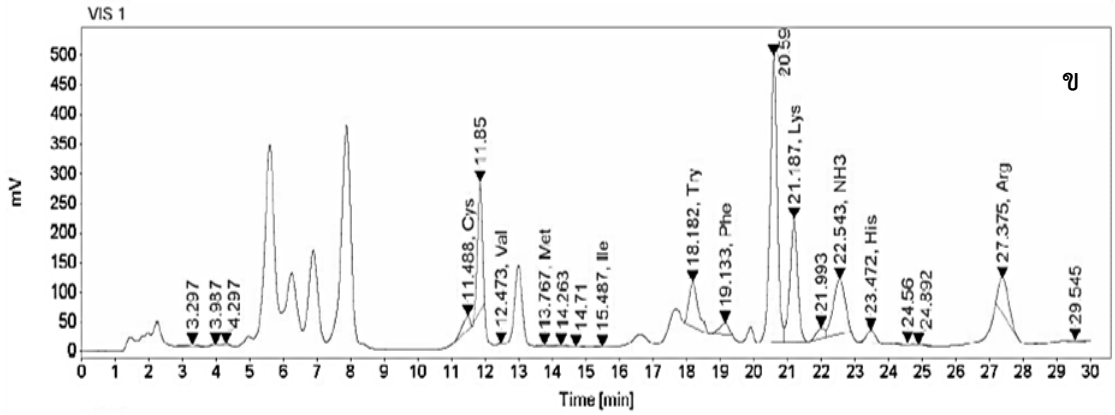
4.6 ผลการศึกษาปริมาณกรดอะมิโน

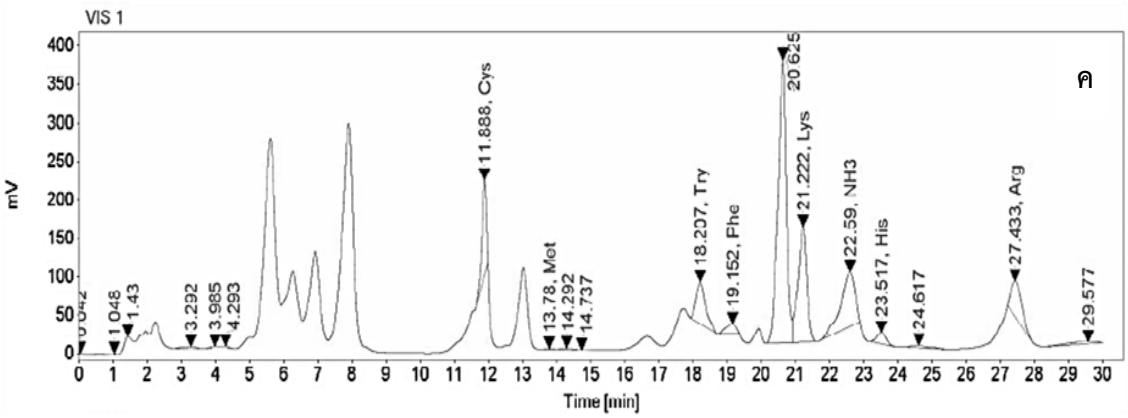
ในงานวิจัยได้ศึกษาเคราะห์ปริมาณกรดอะมิในสารสกัดหยาบผักโขม สารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทอง สารสกัดหยาบผสม (ผักโขม 1 ml + ถั่งเช่าสีทอง 7 ml) และในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองนาน 60 วัน ที่ 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C และ 40 °C สามารถสรุปผลได้ดังนี้

4.6.1 สารสกัดหยาบผักโขม ถั่งเช่าสีทอง และสารสกัดหยาบผสม

เมื่อนำสารสกัดหยาบผักโขม ถั่งเช่าสีทอง และสารสกัดหยาบผสมมาวิเคราะห์ พบว่ามีกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้ง 10 ชนิดได้แก่ Arginine (Arg), Histidine (His), Lysine (Lys), Phenylalanin (Phe), Tryptophan (Try), Methionine (Met), Threonine (Thr), Isoleucine (Ile), leucine (Leu) และ Valine (Val) ซึ่งกรดอะมิโนทั้ง 10 ชนิดนี้เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์หรือสร้างขึ้นมาได้จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ในแต่ละวัน นอกจากนี้ยังพบกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น 2 ชนิด ได้แก่ Cysteine และ Serine และมีความสำคัญต่อร่างกาย ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.7 และปริมาณกรดอะมิโนแสดงดังตารางที่ 4.12







ภาพที่ 4.7 โครมาโตแกรมสารสกัดหยาบและสารสกัดผสม: (ก) ผักโขม (ข) ถั่งเช่าสีทอง และ (ค) สารสกัดหยาบผสม (ผักโขม 1 ml + ถั่งเช่าสีทอง 7 ml)

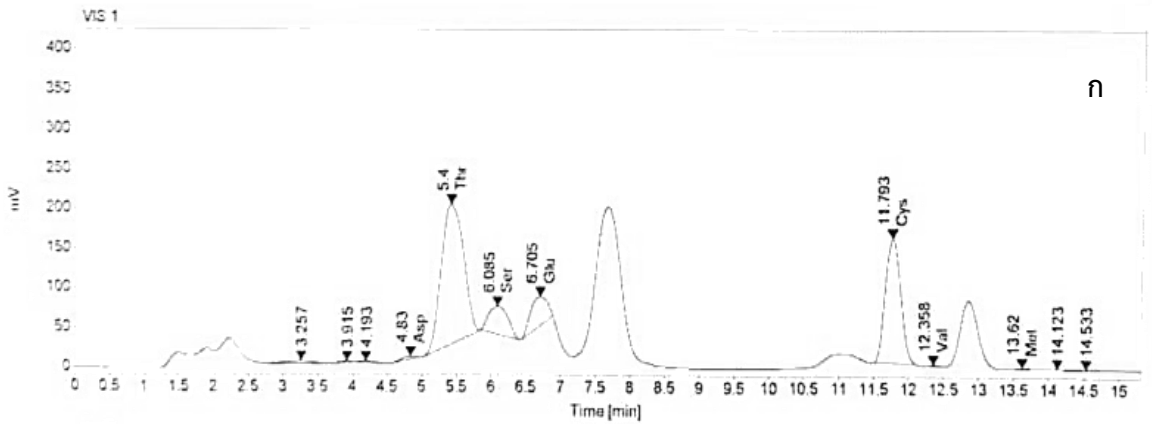
ตารางที่ 4.12 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในสารสกัดหยาบผักโขม ถั่งเช่าสีทองและสารสกัดหยาบผสม

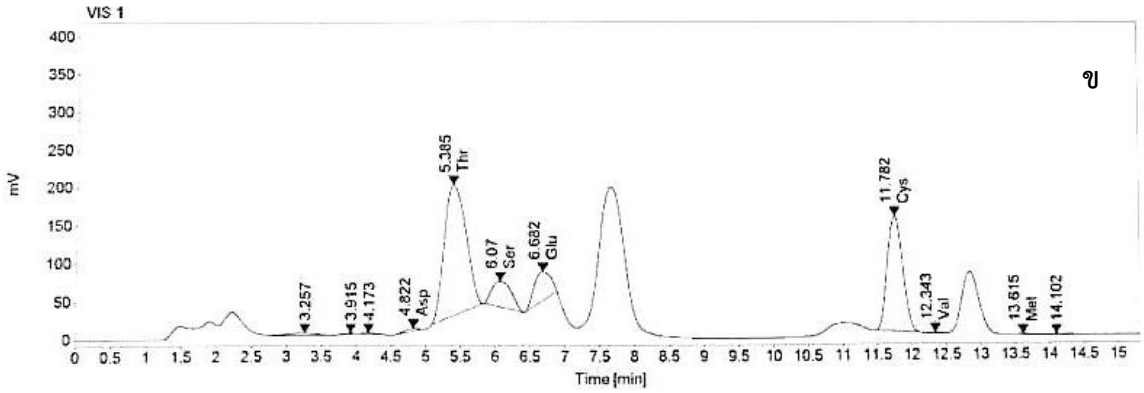
กรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (nMol)		
	ผักโขม	ถั่งเช่าสีทอง	สารสกัดผสม
Cysteine (Cys)	1.51584	1.35516	3.90397
Methionine (Met)	-	88.65632	61.24316
Tryptophan (try)	0.29530	3.41257	2.58869
Phenylalanine (Phe)	0.06365	1.15177	0.81420
Lysine (Lys)	0.22611	1.74420	1.44252
Histidine (His)	0.02950	0.66210	0.44312
Arginine (Arg)	0.32729	1.27260	1.04365
Valine (Val)	-	164.63968	-
Isoleucine (Ile)	-	41.33487	-
Serine (Ser)	319.77399	-	-

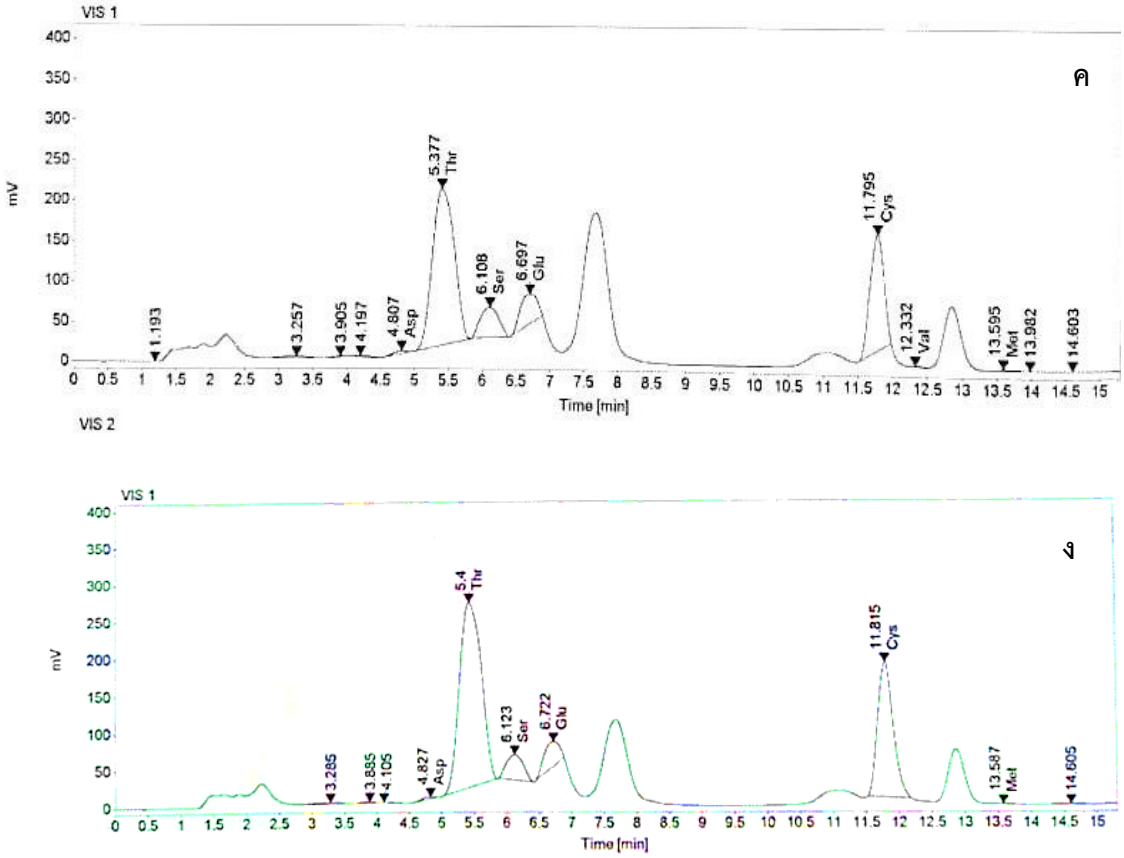
เมื่อเปรียบเทียบชนิดของกรดอะมิโนในสารสกัดเดี่ยว พบว่าในสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองมีกรดอะมิโน 3 ชนิด ได้แก่ Methionine (Met), Valine (Val) และ Isoleucine (Ile) ซึ่งทั้ง 3 ชนิดนี้ไม่พบในผักโขม ขณะเดียวกันในสารสกัดหยาบผักโขมพบกรดอะมิโนชนิด Serine (Ser) ซึ่งไม่พบในถั่งเช่าสีทอง แต่ในสารสกัดหยาบผสมไม่พบกรดอะมิโน 3 ชนิด คือ Valine (Val), Isoleucine (Ile) และ Serine (Ser) ดังตารางที่ 4.12

4.6.2 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในวันเริ่มต้น และที่ 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C 75 % RH ระยะเวลา 60 วัน

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในวันเริ่มต้น และที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH มาวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนที่พบว่ามีกรดอะมิโน 12 ชนิด ได้แก่ Aspartic acid (Asp), Threonine (Thr), Serine (Ser), Glutamic acid (Glu), Cysteine (Cys), Valine (Val), Methionine (Met), Tryptophan (try), Phenylalanine (Phe), Lysine (Lys), Histidine (His), และ Arginine (Arg) ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.8 และปริมาณกรดอะมิโนแสดงดังตารางที่ 4.13







ภาพที่ 4.8 โครมาโตแกรมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่พร้อมดื่มที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขม เมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ: (ก) ผลิตภัณฑ์วันเริ่มต้น (ข) 4 °C (ค) 25 °C / 75 % RH และ (ง) 40 °C / 75 % RH

ตารางที่ 4.13 ปริมาณกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในวันเริ่มต้นและที่ 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C 75 % RH ระยะเวลา 60 วัน

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (nMol)			
	วันเริ่มต้น	4 °C	25 °C / 75% RH	40 °C / 75% RH
Cysteine (Cys)	14.45707	14.45433	12.09112	18.13034
Methionine (Met)	0.03406	0.03119	0.02838	0.02279
Tryptophan (Try)	2.37676	2.17585	1.75392	1.64563
Phenylalanine (Phe)	0.99080	1.09728	1.33747	5.19480
Lysine (Lys)	3.33619	3.26256	3.08461	3.17165
Histidine (His)	0.38382	0.41432	0.49587	0.62315
Arginine (Arg)	3.76062	3.96875	4.96904	5.09862

ตารางที่ 4.13 ปริมาณกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในวันเริ่มต้นและที่ 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C 75 % RH ระยะเวลา 60 วัน (ต่อ)

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (nMol)			
	วันเริ่มต้น	**4 °C**	**25 °C / 75% RH**	**40 °C / 75% RH**
Valine (Val)	97.52767	95.87854	47.53576	-
Serine (Ser)	19.91141	19.23103	20.19542	17.42416
Aspartic acid (Asp)	138.80392	143.50039	154.03765	127.41725
Threonine (Thr)	30.15445	28.95962	33.65853	45.26561
Glutamic acid (Glu)	4.72764	4.90283	4.98270	4.30929

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของกรดอะมิโนในสารสกัดเดี่ยวและในผลิตภัณฑ์จากตารางที่ 4.12 และตารางที่ 4.13 ตามลำดับ พบว่าในผลิตภัณฑ์มีกรดอะมิโน 3 ชนิดที่แตกต่างจากสารสกัดเดี่ยว คือ Aspartic acid (Asp), Threonine (Thr) และ Glutamic acid (Glu) นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ไม่พบ Isoleucine (Ile) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่พบในถั่งเช่าสีทอง

เมื่อศึกษาผลของสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณกรดอะมิโนพบว่า กรดอะมิโนชนิด Valine (Val) และ Serine (Ser) มีปริมาณลดลงเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C และ 40 °C นาน 60 วัน เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในวันเริ่มต้น

4.7 ผลการศึกษาความพึงพอใจของอาสาสมัครในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในอาสาสมัครเป็นการศึกษานำร่อง (Pilot study) ซึ่งมีอาสาสมัครจำนวน 150 คน โดยการสุ่มจำนวนตัวอย่างอาสาสมัคร ซึ่งได้แบ่งทำการศึกษาออกเป็น 3 สถานที่ ได้แก่ 1). คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 50 คน 2). คณะแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จำนวน 50 คน และ 3). หมู่บ้านม่วงน้อย ตำบลนาดี อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 50 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่าง ๆ ของผู้ตอบแบบสอบถามมีจำนวน 4 ข้อ สามารถสรุปผลวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลด้านปัจจัยต่าง ๆ ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
- ชาย	42	28
- หญิง	108	72
2. อายุ		
- 21 - 30 ปี	92	61.33
- 31 - 40 ปี	11	7.33
- 41 - 50 ปี	30	20
- 51 ปีขึ้นไป	17	11.33
3. อาชีพ		
- นักเรียน / นักศึกษา	75	50
- ข้าราชการ / พนักงานรัฐวิสาหกิจ	11	7.33
- พนักงานบริษัท	5	3.33
- ธุรกิจส่วนตัว	16	10.67
- พ่อบ้าน / แม่บ้าน	19	12.67
- อื่น ๆ	24	16
4. รายได้		
- น้อยกว่า 10,000	96	64
- 10,000 - 15,000	25	16.67
- 15,001 - 20,000	17	11.33
- 20,001 - 25,000	7	4.67
- 25,001 - 30,000	3	2
- มากกว่า 30,000	2	1.33

จากตารางที่ 4.14 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 108 คน คิดเป็นร้อยละ 72 ส่วนเพศชายจำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 28 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 21 - 30 ปี อาชีพนักเรียน / นักศึกษา มีรายได้น้อยกว่า 10,000 บาท

ค่าความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจัยด้านต่าง ๆ แสดงข้อมูลดังตารางที่ 4.15 – 4.19 ดังนี้

ตารางที่ 4.15 ค่าความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจัยด้านเพศ

หัวข้อการประเมิน	ผลิตภัณฑ์	เพศ (Mean ± SD)		P - value
		ชาย	หญิง	
		n=42	n=108	
รสชาติ	A	4.43±0.67	3.91±0.80	.000*
	B	3.71±1.09	3.18±1.15	.010*
กลิ่น	A	4.45±0.71	3.71±1.01	.000*
	B	4.02±0.98	3.50±1.08	.007*
เนื้อสัมผัส	A	4.75±0.63	4.24±0.72	.010*
	B	4.02±1.09	3.75±0.95	.131
สี	A	4.69±0.47	4.43±0.78	.041*
	B	4.33±0.65	4.12±0.85	.145
ความชอบโดยรวม	A	4.60±0.54	4.03±0.88	.000*
	B	4.05±0.96	3.66±0.93	.024*
บรรจุภัณฑ์	A	4.33±0.61	3.94±0.91	.011*
	B	3.76±0.88	3.67±0.86	.547

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ใช้สถิติ paired sample T – Test

A = ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

B = ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาชงถั่งเช่าสีทองที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

ตารางที่ 4.16 ค่าความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในด้านสถานที่

หัวข้อการประเมิน	ผลิตภัณฑ์	สถานที่ (Mean ± SD)			P - value
		UBU	UBRU	Village	
		n = 50	n = 50	n = 50	
รสชาติ	A	4.10±0.65	3.46±0.76	4.60±0.53	.000*
	B	3.22±1.09	2.52±0.97	4.24±0.62	.000*
กลิ่น	A	4.10±0.76	3.10±0.95	4.56±0.58	.000*
	B	3.72±1.03	3.04±1.12	4.18±0.72	.000*
เนื้อสัมผัส	A	4.28±0.70	4.04±0.73	4.68±0.55	.000*
	B	3.82±1.10	3.42±0.95	4.24±0.74	.000*
สี	A	4.38±0.70	4.30±0.84	4.82±0.44	.000*
	B	4.24±0.72	3.88±0.94	4.42±0.64	.002*
ความชอบโดยรวม	A	4.42±0.69	3.60±0.88	4.72±0.50	.000*
	B	3.74±0.94	3.22±0.89	4.34±0.66	.000*
บรรจุภัณฑ์	A	4.08±0.85	3.62±0.85	4.46±0.61	.000*
	B	3.76±0.94	3.30±0.74	4.02±0.77	.000*

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ใช้สถิติ paired sample T – Test

A = ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

B = ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาชงถั่งเช่าสีทองที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

ตารางที่ 4.17 ค่าความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในด้านอายุ

หัวข้อการประเมิน	ผลิตภัณฑ์	อายุ (Mean ± SD)				P – value
		21-30	31-40	41-50	50 ปีขึ้นไป	
		n=92	n=11	n=30	n=17	
รสชาติ	A	3.82±0.80	4.45±0.69	4.40±0.67	4.47±0.62	.000*
	B	2.89±1.11	3.27±0.90	4.17±0.75	4.24±0.75	.000*
กลิ่น	A	3.58±1.02	4.64±0.50	4.40±0.67	4.47±0.62	.000*
	B	3.35±1.11	3.45±0.69	4.30±0.70	4.24±0.90	.000*
เนื้อสัมผัส	A	4.22±0.69	4.64±0.50	4.50±0.73	4.47±0.80	.080
	B	3.60±1.03	3.64±0.92	4.41±0.80	3.83±0.99	.080
สี	A	4.39±0.74	4.91±0.30	4.67±0.55	4.53±0.87	.057
	B	4.07±0.86	4.27±0.65	4.37±0.61	4.41±0.80	.167
ความชอบโดยรวม	A	3.97±0.84	4.64±0.50	4.57±0.68	4.41±0.87	.001*
	B	3.50±0.97	3.64±0.50	4.33±0.80	4.29±0.69	.001*
บรรจุภัณฑ์	A	3.83±0.85	4.64±0.67	4.43±0.73	4.24±0.75	.000*
	B	3.51±0.79	4.00±0.77	4.03±0.89	3.88±1.05	.011*

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ใช้สถิติ paired sample T – Test

A = ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

B = ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาชงถั่งเช่าสีทองที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

ตารางที่ 4.18 ค่าความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในด้านอาชีพ

หัวข้อการประเมิน	ผลิตภัณฑ์	อาชีพ (Mean ± SD)						P - value
		นักเรียน/นักศึกษา	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	พนักงานบริษัท	ธุรกิจส่วนตัว	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	อื่นๆ	
		n=75	n=11	n=5	n=16	n=19	n=24	
รสชาติ	A	3.67± 0.78	4.00± 0.63	4.40± 0.63	4.69± 0.48	4.21± 0.71	4.67± 0.48	.000*
	B	2.71± 1.04	3.09± 0.83	4.40± 0.55	3.81± 0.40	4.32± 0.89	4.04± 1.04	.000*
กลิ่น	A	3.39± 0.96	4.09± 0.94	4.40± 0.55	4.75± 0.45	4.26± 0.73	4.58± 0.58	.000*
	B	3.23± 1.11	3.36± 0.81	4.40± 0.55	3.81±0. 54	4.53± 0.77	4.13± 0.95	.000*
เนื้อสัมผัส	A	4.12± 0.70	4.18± 0.75	4.60± 0.55	4.69± 0.60	4.26± 0.81	4.83± 0.38	.000*
	B	3.52± 1.03	3.73± 0.65	4.20± 0.45	4.06± 0.68	4.32± 0.89	4.21± 1.06	.004*
สี	A	4.31± 0.77	4.36± 0.92	4.80± 0.45	4.94± 0.25	4.47± 0.70	4.83± 0.38	.002*
	B	4.00± 0.90	4.27± 0.65	4.80± 0.45	4.19± 0.54	4.21± 0.79	4.54± 0.59	.035*
ความชอบโดยรวม	A	3.83± 0.83	4.00± 1.00	4.60± 0.55	4.75± 0.45	4.42± 0.77	4.75± 0.44	.000*
	B	3.35± 0.91	3.37± 0.47	4.40± 0.55	4.00± 0.52	4.37± 0.90	4.33± 0.96	.000*
บรรจุภัณฑ์	A	3.73± 0.88	4.36± 0.81	4.40± 0.55	4.50± 0.52	4.21± 0.85	4.42± 0.85	.000*
	B	3.39± 0.80	4.09± 0.70	4.00± 0.00	3.88± 0.96	3.89± 1.10	4.13± 0.61	.001*

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ใช้สถิติ paired sample T – Test

A = ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

B = ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาชงถั่งเช่าสีทองที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

ตารางที่ 4.19 ค่าความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในด้านรายได้

หัวข้อการประเมิน	ผลิตภัณฑ์	รายได้ (Mean ± SD)						P – value
		<10000	10000-15000	15001-20000	20001-25000	25001-30000	>30000	
		n=96	n=25	n=17	n=7	n=3	n=2	
รสชาติ	A	3.86± 0.83	4.40± 0.65	4.71± 0.47	4.00± 0.58	4.00± 0.00	3.50± 0.71	.000*
	B	3.09± 1.19	3.64± 1.15	4.12± 0.49	3.29± 1.11	3.33± 0.58	4.00± 1.41	.011*
กลิ่น	A	3.69± 1.03	4.36± 0.70	4.47± 0.87	4.29± 0.49	4.33± 0.58	3.00± 0.00	.001*
	B	3.51± 1.14	4.04± 0.98	4.00± 0.61	3.29± 1.11	4.00± 0.00	3.00± 1.41	.126
เนื้อสัมผัส	A	4.22± 0.73	4.68± 0.48	4.65± 0.61	4.14± 0.90	4.00± 0.00	4.00± 1.41	.018*
	B	3.64± 1.06	4.20± 0.96	4.29± 0.47	3.86± 0.69	4.00± 0.00	4.00± 1.41	.049*
สี	A	4.43± 0.74	4.64± 0.57	4.76± 0.56	4.29± 1.11	4.67± 0.58	4.50± 0.71	.405
	B	4.05± 0.88	4.44± 0.58	4.35± 0.61	4.43± 0.79	4.33± 0.58	4.50± 0.71	.225
ความชอบโดยรวม	A	4.01± 0.88	4.60± 0.50	4.76± 0.56	3.86± 0.90	4.33± 0.58	3.50± 0.71	.001*
	B	3.59± 1.00	4.16± 0.94	4.24± 0.56	3.43± 0.53	4.00± 0.00	4.00± 0.00	.023*
บรรจุภัณฑ์	A	3.81± 0.87	4.52± 0.51	4.53± 0.62	4.14± 0.90	4.67± 0.58	4.50± 0.71	.000*
	B	3.51± 0.86	4.08± 0.64	3.82± 1.07	4.14± 0.69	4.00± 0.00	4.50± 0.71	.016*

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ใช้สถิติ paired sample T – Test

A = ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

B = ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาชงถั่งเช่าสีทองที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

ตารางที่ 4.20 ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

หัวข้อประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์	จำนวนคน (ร้อยละ)					Mean ± SD
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
รสชาติ	46 (30.67)	71 (47.33)	29 (19.33)	3 (2.00)	1 (0.67)	4.05 ± 0.80
กลิ่น	50 (33.33)	52 (34.67)	37 (24.67)	8 (5.33)	3 (2.00)	3.92 ± 0.99
เนื้อสัมผัส	71 (47.33)	58 (38.67)	21 (14.00)	-	-	4.33 ± 0.71
สี	90 (60.00)	48 (32.00)	10 (6.67)	1(0.67)	1 (0.67)	4.50 ± 0.71
บรรจุภัณฑ์	49 (32.67)	67 (44.67)	29 (19.33)	3 (2)	2 (1.33)	4.05 ± 0.85
ความชอบโดยรวม	60 (40.00)	65 (43.33)	20 (13.33)	3 (2)	2 (1.33)	4.19 ± 0.84

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)

จากตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบระดับความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าอาสาสมัครมีความพอใจระดับมากที่สุดคือด้านสีและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 60 และ 47.33 ตามลำดับ ส่วนรสชาติ กลิ่น บรรจุภัณฑ์และความชอบโดยรวม มีความพึงพอใจระดับมากคิดเป็นร้อยละ 47.33, 34.67, 44.67 และ 43.33 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.21 ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ชาชงถั่งเช่าสีทองที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

หัวข้อประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์	จำนวนคน (ร้อยละ)					Mean ± SD
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
รสชาติ	25 (16.67)	48 (32.00)	37 (24.67)	31 (20.67)	9 (6.00)	3.33 ± 1.16
กลิ่น	38 (25.33)	47 (31.33)	44 (29.33)	16 (10.67)	5 (3.33)	3.65 ± 1.08
เนื้อสัมผัส	41 (27.33)	61 (40.67)	32 (21.33)	13 (8.67)	3 (2.00)	3.83 ± 0.99
สี	58 (38.67)	66 (44.00)	22 (14.67)	3 (2.00)	1 (0.67)	4.18 ± 0.80
บรรจุภัณฑ์	26 (17.33)	63 (42.00)	53 (35.33)	5 (3.33)	3 (2.00)	3.69 ± 0.87
ความชอบโดยรวม	36 (24.00)	58 (38.67)	44 (29.33)	9 (6.00)	3 (2.00)	3.77 ± 0.95

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)

จากตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบระดับความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ที่วางขายตามท้องตลาดเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าอาสาสมัครมีความพึงพอใจทุกหัวข้อประเมินระดับมากคือด้านรสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส สี บรรจุภัณฑ์และความชอบโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 32, 31.33, 40.67, 44, 42, และ 38.67 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 ค่าความแตกต่างของความพึงพอใจระหว่างเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางขายตามท้องตลาด

หัวข้อประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์	เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง	ผลิตภัณฑ์ที่วางขายตามท้องตลาด	p - value
รสชาติ	4.05 ± 0.80	3.33 ± 1.16	0.000*
กลิ่น	3.92 ± 0.99	3.65 ± 1.08	0.004*
เนื้อสัมผัส	4.33 ± 0.71	3.83 ± 0.99	0.000*
สี	4.50 ± 0.71	4.18 ± 0.80	0.000*
ความชอบโดยรวม	4.19 ± 0.84	3.77 ± 0.95	0.000*
บรรจุภัณฑ์	4.05 ± 0.85	3.69 ± 0.87	0.000*

หมายเหตุ: * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ใช้สถิติ paired sample T - Test

จากตารางที่ 4.22 พบว่าความพึงพอใจในทุกหัวข้อประเมินผลิตภัณฑ์เช่นรสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส สี บรรจุภัณฑ์และความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองกับผลิตภัณฑ์ที่วางขายตามท้องตลาด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p – value < 0.05)

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาพัฒนาเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง ซึ่งเป็นรูปแบบเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่มีความสะดวกและมีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยขั้นตอนการศึกษาวิจัยประกอบด้วยการเตรียมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง วิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบผักโขม ถั่งเช่าสีทอง พัฒนาให้มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม วิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ Cordycepin ทดสอบปริมาณเชื้อปนเปื้อนในตำรับผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข และทดสอบความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ในอาสาสมัคร

5.1 สารสกัดหยาบผักโขม

การสกัดผักโขมจากงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่ใช้ตัวทำละลายสกัดที่เป็น น้ำ เมทานอล หรือ ethyl acetate โดยนำผงแห้ง 10 g สกัดด้วยตัวทำละลายดังกล่าวนาน 4 ชั่วโมง จากนั้นทำแห้งด้วย Rotary evaporator ถ้าสกัดด้วยน้ำจะได้สารสกัดแห้งสีน้ำตาลส่วนการสกัดด้วยเมทานอล และ ethyl acetate ได้สารสกัดลักษณะกึ่งแข็ง มีปริมาณสารสกัดหยาบผักโขมคิดเป็นร้อยละ 13.0, 11.6 และ 2 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ (Ozsoy et al., 2009) เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องดื่มจึงควรใช้ตัวทำละลายสกัดที่มีความปลอดภัย ดังนั้นจึงใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัด นอกจากนี้การสกัดผักโขมด้วยน้ำหรือการลวกในน้ำร้อนเป็นการกำจัด oxalate ได้ซึ่ง oxalate ก่อให้เกิดนิ่วในไตได้ (Selvam and Kalaiselvi., 2001) โดยมีงานวิจัยของ Oke (1980) พบว่าผักโขมสดมีปริมาณ oxalate 591.77 ± 9.79 mg/100 g น้ำหนักสด หรือคิดเป็นร้อยละประมาณ 0.59 โดยน้ำหนักสด (Oke., 1980) ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Der Marderosian และคณะ (1980) (Marderosian et al., 1980) และ Meena และคณะ (1987) (Meena et al., 1987) ซึ่งพบปริมาณ oxalate ร้อยละ 0.34 - 1.82 และ 0.60 - 0.73 โดยน้ำหนักสดตามลำดับ นอกจากนี้งานวิจัยของ ณัฐ เทพหัตถี (2547) ได้วิเคราะห์หาปริมาณ total oxalate มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.47 โดยน้ำหนักสด ซึ่ง total oxalate ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ oxalate ที่ละลายน้ำร้อยละ 65.67 และ oxalate ที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 34.33 แสดงว่าในผักโขมมีปริมาณ oxalate ที่ละลายน้ำมากกว่า oxalate ที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่ง oxalate ที่ละลายน้ำจะอยู่ในรูปเกลือ sodium และ potassium ส่วน oxalate ที่ไม่ละลายน้ำจะอยู่ในรูปเกลือ calcium และ magnesium (Singh and Saxena.,1972) ซึ่งสามารถกำจัด oxalate ที่ละลายน้ำได้ง่ายด้วยวิธีการต้มในน้ำ (สมชาย ชคตระการ, 2539) และจากงานวิจัยของ ณัฐ เทพหัตถี (2547) นำผักโขมสดมาต้มในน้ำเดือดปริมาณ 15 เท่า ของน้ำหนักผักโขมสดนาน 15 นาทีพบว่า oxalate ที่ละลายน้ำมีปริมาณลดลงหลังจากการต้มในน้ำเดือดคิดเป็นร้อยละ 96.58 และมีปริมาณ total oxalate เหลือ 176 mg ต่อน้ำหนักผักโขมสด 100 g (ณัฐ เทพหัตถี, 2547) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย (toxic level) ซึ่งระดับที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์มีค่า

2 - 5 g ต่อวัน (Savage et al., 2000) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการสกัดผักโขมโดยการลวกในน้ำร้อนนาน 3 นาที เนื่องจากพบว่าการลวกในน้ำร้อนเป็นเวลานาน 10 ถึง 15 นาที ฤทธิ์ออกซิเดชันลดลง (Amin et al., 2006) และนำไปทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็งได้สารสกัดหยาบของผักโขมมีลักษณะเป็นผงแห้งสีน้ำตาลเข้มคิดเป็นร้อยละ 15.8 ของน้ำหนักแห้ง

5.2 สารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทอง

เนื่องจากถั่งเช่าสีทองมีองค์ประกอบหลักที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพและมีคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ Polysaccharides และ Nucleosides ซึ่งการสกัดสารทั้ง 2 กลุ่มนี้มีขั้นตอนการสกัดที่แตกต่างกันเช่น ถ้าต้องการสกัด Polysaccharides สามารถทำได้โดยกำจัดไขมันด้วย เอทานอล จากนั้นสกัดด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 °C และสกัดต่อด้วยสารละลายด่าง (NaOH) จากนั้นตกตะกอนด้วยเอทานอลแล้วทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี chromatography เพื่อให้ได้น้ำตาล D - mannose, D - glucose และ D - galactose ซึ่ง Polysaccharides ในถั่งเช่าสีทองสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางยาและอาหารเสริมเพื่อสุขภาพได้ (Yu et al., 2009) ส่วนการสกัด Nucleosides ในถั่งเช่าสีทองเช่น Adenosine (A), Uridine (U), Guanosine (G) และ Cordycepin (C) สามารถสกัดด้วย เมทานอล (method 1) น้ำอุณหภูมิ 25 °C นาน 18 ชั่วโมงแล้วนำมาแช่ต่อที่อุณหภูมิ 95 °C นาน 5 นาที (method 2) และสกัดด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 - 100 °C นาน 30 นาที (method 3) พบว่าการสกัดด้วย method 2 จะได้ปริมาณ A, U, และ G มากกว่าสกัดด้วยเมทานอลและน้ำร้อน ส่วนตัวทำละลายสกัดไม่มีผลต่อปริมาณ Cordycepin แต่ขึ้นกับแหล่งเพาะปลูกถั่งเช่าสีทองและสายพันธุ์ (Chen et al., 2013) ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการสกัดด้วยน้ำร้อนนาน 30 นาที เพราะน้ำเป็นตัวทำละลายสกัดที่มีความปลอดภัย หาง่าย ราคาถูก เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องดื่มที่ใช้สำหรับรับประทาน สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมามีการสกัดสารสำคัญในถั่งเช่าโดยใช้น้ำร้อนและนำไปศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพเช่นการลดระดับ cholesterol (Yamaguchi et al., 2000), ชะลอวัย (Ji et al., 2009) บำรุงสุขภาพ (Koh et al., 2003) เป็นต้น นอกจากนี้ Cordycepin เป็นสารที่ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี ซึ่งในงานวิจัยของ Li และคณะ (2015) ได้ศึกษาเปรียบเทียบสาร Cordycepin กับสาร Adenosine โดยนำผงแห้งถั่งเช่าสกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 75 – 80 °C นาน 120 นาที วิเคราะห์หาปริมาณด้วยเทคนิค HPLC พบว่า Cordycepin มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและสามารถทนความร้อนได้ดีกว่า Adenosine (Li et al., 2015)

5.3 ผลการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

5.3.1 ผลการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกรวม

จากงานวิจัยได้มีการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผักโขมและถั่งเช่าสีทองได้แก่สารประกอบฟีนอลิกรวม ซึ่งในงานวิจัยของ Tukun และคณะ (2014) ได้นำผักโขมมาสกัดด้วยน้ำพบว่ามีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 0.33 ± 0.03 mg GAE/1 g น้ำหนักสด (Tukun et al., 2014) และในงานวิจัยของของ Ahmed และคณะ (2013) ได้นำใบและเมล็ดของผักโขมมาสกัดด้วยเมทานอล 100 % และ 80 % พบว่าในใบมีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 14 ± 0.5 และ 28.1 ± 0.2 mg/1 g

น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนในเมล็ดพบว่าปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 36.1 ± 0.4 และ 32.7 ± 0.39 mg/1 g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังนั้นส่วนของต้นผักโขมที่นำมาสกัดและตัวทำละลายสกัดมีผลต่อปริมาณฟีนอลิกในผักโขม ซึ่งในเมล็ดจะมีปริมาณฟีนอลิกมากกว่าใบถ้าสกัดด้วยเมทานอล 100 % (Ahmed et al., 2013) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผักโขมส่วนเหนือดินซึ่งเป็นส่วนที่ผู้บริโภคนิยมรับประทาน โดยนำมาลวกแล้วสกัดด้วยน้ำพบว่าสารสกัดหยาบผักโขมมีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 37.57 ± 0.85 mg/1 g น้ำหนักแห้ง โดยพบว่าปริมาณฟีนอลิกในงานวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่างานวิจัยของ Amin และคณะ (2006) ที่ศึกษาผลของระยะเวลาการลวกผักโขมต่อปริมาณฟีนอลิกโดยใช้ผักโขมส่วนเหนือดิน พบว่าผักโขมสดมีปริมาณฟีนอลิกมากกว่าผักโขมที่ผ่านการลวกนาน 10 และ 15 นาทีซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 85.6, 80 และ 50 mg/1 g น้ำหนักสด ตามลำดับ (Amin et al., 2006)

ส่วนในงานวิจัยของ Ahn และคณะ (2013) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกในถั่งเช่าสีทองที่สกัดด้วยน้ำ เอทานอล และเมทานอลพบว่ามีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 4.8 ± 0.07, 3.4 ± 0.04 และ 4.1 ± 0.16 mg/1 g สารสกัด ตามลำดับ (Ahn et al., 2013) แสดงว่าการสกัดถั่งเช่าสีทองด้วยน้ำให้ปริมาณสารฟีนอลิกมากกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองในน้ำพบว่ามีปริมาณเท่ากับ 17.11 ± 0.63 mg/1 g น้ำหนักผงแห้ง

5.3.2 ผลการศึกษาสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม

จากงานวิจัยได้มีการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผักโขมและถั่งเช่าสีทองได้แก่ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม ซึ่งในงานวิจัยของ Ahmed และคณะ (2013) ได้นำใบและเมล็ดของผักโขมมาสกัดด้วยเมทานอล 100 % และ 80 % พบว่าในใบมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 27.8 ± 0.20 และ 184.0 ± 0.30 mg/1 g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนในเมล็ดพบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 54.2 ± 0.02 และ 55.1 ± 0.07 mg/1 g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Ahmed et al., 2013) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ในสารสกัดหยาบผักโขมส่วนเหนือดินพบว่ามีปริมาณเท่ากับ 12.68 ± 0.65 mg/1 g น้ำหนักแห้ง

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้พบปริมาณฟลาโวนอยด์ในสารสกัดถั่งเช่าสีทองน้อยมาก ซึ่งการวิเคราะห์ไม่อยู่ในช่วงความเข้มของกราฟมาตรฐาน แต่งานวิจัยของ Hee - Young Ahn และคณะ (2013) ได้ทำวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์โดยนำถั่งเช่าสีทองมาสกัดด้วยด้วยน้ำ เอทานอล และ เมทานอล พบว่ามีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 2.8 ± 0.04, 2.6 ± 0.02 และ 2.7 ± 0.16 mg/1 g สารสกัดตามลำดับ (Ahn et al., 2013)

กล่าวโดยสรุปปัจจัยด้านแหล่งเพาะปลูก ชนิดของตัวทำละลายสกัด อายุของผักโขมและถั่งเช่าสีทองที่นำมาใช้ในการทดลอง อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด และลักษณะของตัวอย่าง (ตัวอย่างสดหรือแห้ง) มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม

5.3.3 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบผักโขม สารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทอง สารสกัดผสมของผักโขมและถั่งเช่าสีทอง และในรูปของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อ

สุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง ซึ่งได้ทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยกัน 2 วิธี คือ DPPH และ $ABTS^{+\cdot}$

งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผักโขมมีสารกลุ่มฟีนอกลิก เช่น สารเบต้าแคโรทีน สารฟลาโวนอยด์ สารคาโรทีนอยด์ และกลุ่มวิตามินชนิดต่าง ๆ ที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Helmja et al., 2007) ซึ่งในงานวิจัยของ Amin และคณะ (2006) ได้นำผักโขมมาลวกในน้ำร้อนแล้วทำการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH พบว่าผักโขมที่ลวกในน้ำร้อนนาน 10 และ 5 นาที มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันลดลงเมื่อเทียบกับผักโขมสด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณฟีนอลิกลดลงเมื่อลวกด้วยน้ำร้อน (Amin et al., 2006) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำผักโขมส่วนเหนือดินมาลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาทีเพื่อลดความขมและกลิ่นของผักโขมและไม่ทำให้สารสำคัญในผักโขมถูกทำลาย เมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันพบว่ามีค่าการยับยั้งออกซิเดชันของ DPPH (IC_{50}) เท่ากับ 2.35 ± 0.11 mg/ml และมีค่าการยับยั้งออกซิเดชัน $ABTS^{+\cdot}$ เท่ากับ 1.55 ± 0.03 mg/ml ซึ่งผลการทดลองมีค่า IC_{50} มากกว่างานวิจัยที่ผ่านมาที่ใช้ส่วนของใบมาสกัดด้วย 80 % เมทานอล มีค่า IC_{50} เท่ากับ 83. 45 ± 3.87 μg/ml (Ahmed et al., 2013) ทั้งนี้อาจเนื่องจากในงานวิจัยนี้ใช้ผักโขมส่วนเหนือดินและใช้น้ำในการสกัดทำให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากกว่า

ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองโดยใช้น้ำสกัดนั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้น (Dose - dependent) (Park et al., 2014) เมื่อนำถั่งเช่าสีทองสกัดด้วยน้ำร้อนและทำให้บริสุทธิ์โดยวิธี Ion-change chromatography และ gel filtration พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.548 mg/ml (Yu et al., 2007) แต่ถ้าทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี gel permeation chromatography พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.019 - 0.135 mg/ml (Chen et al., 2013) ในการทดลองนี้เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ $ABTS^{+\cdot}$ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.87 ± 0.34 และ 6.57 ± 0.30 mg/ml ตามลำดับ ซึ่งสารสกัดหยาบมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันน้อยกว่าสารบริสุทธิ์ดังนั้นตัวทำละลายสกัดและวิธีการทำให้สารสกัดบริสุทธิ์ขึ้นจะทำให้ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันมีความแตกต่างกัน ซึ่งฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดถั่งเช่าสีทองเป็นผลจากสารในกลุ่ม Polysaccharides และ Nucleosides (Das et al., 2010)

เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ของสารสกัดผสมกับสารเดี่ยวของถั่งเช่าสีทองและผักโขมมีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.22 ± 0.05, 6.87 ± 0.30 และ 3.25 ± 0.11 mg/ml ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วยวิธี $ABTS^{+\cdot}$ พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.27 ± 0.15, 6.57 ± 0.30 และ 1.55 ± 0.03 mg/ml ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH สารสกัดผสมมีค่า IC_{50} ใกล้เคียงกับสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทอง ขณะที่ทดสอบด้วยวิธี $ABTS^{+\cdot}$ สารสกัดผสมมีค่า IC_{50} ใกล้เคียงกับสารสกัดหยาบผักโขม

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดเดี่ยว สารสกัดผสม และผลิตภัณฑ์ พบว่าเมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี $ABTS^{+\cdot}$ ทุกตัวอย่างมีค่า IC_{50} น้อยกว่าวิธี DPPH เนื่องจากตัวอย่างทั้งหมดใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัดเช่นเดียวกับการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี $ABTS^{+\cdot}$ ที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในขั้นตอนการทดสอบ ทำให้เข้ากันได้กับตัวอย่างที่ใช้ทดสอบมากขึ้น และอาจทำให้สารละลายตัวอย่างทำปฏิกิริยากับสาสรละลาย $ABTS^{+\cdot}$ ได้ดีและไวขึ้น ส่งผลให้ค่า IC_{50} มีค่าน้อยลง

ส่วนในตำรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพเมื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH โดยใช้วิตามินซี (L - Ascorbic acid) เป็นสารละลายมาตรฐานพบว่าวิตามินซีมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.29 ± 0.02 mg/ml ผลิตภัณฑ์ในวันเริ่มต้นมีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.22 ± 0.27 mg/ml เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นาน 60 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH มีค่า IC_{50} เท่ากับ 7.71 ± 0.10, 8.38 ± 0.16 และ 8.43 ± 0.27 mg/ml ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี $ABTS^{+\cdot}$ โดยใช้วิตามินซี (L - Ascorbic acid) เป็นสารละลายมาตรฐานพบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.22 ± 0.00 mg/ml ส่วนผลิตภัณฑ์ในวันเริ่มต้นมีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.86 ± 0.58 mg/ml และในตำรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บนาน 60 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH มีมีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.07 ± 0.20, 7.34 ± 0.39 และ 7.87 ± 0.46 mg/ml ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในอุณหภูมิ 25 °C และ 40 °C อาจกล่าวได้ว่าการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 °C และ 25 °C และระยะเวลาการเก็บนาน 60 วัน ทำให้ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ $ABTS^{+\cdot}$ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tomas และคณะ (2012) ซึ่งศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชา (Nekvapil et al., 2012) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นาน 7 วัน ที่อุณหภูมิ 22 °C มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 °C และงานวิจัยของกรรณิการ์ และคณะ (2556) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในเครื่องดื่มสมุนไพรรางจืด เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นาน 14 วันที่อุณหภูมิ 4 °C พบว่าฤทธิ์ต้านออกซิเดชันลดลงร้อยละ 8 ซึ่งเกิดจากปริมาณ ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์มีปริมาณลดลงเมื่อเทียบผลิตภัณฑ์ในเริ่มต้น (กรรณิการ์ มหาสารกุล, 2556) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในสารสกัดผสมและในผลิตภัณฑ์พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อการออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัด

5.4 การพัฒนาตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

การพัฒนาสูตรตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพได้ศึกษาปริมาณสารก่อเจลเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหมาะสมทางกายภาพ ซึ่งได้เลือกสารก่อเจลจากธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ เพคติน คาราจีแนน และผงเมล็ดมะขามเพราะเป็นสารก่อเจลที่มีความปลอดภัยไม่เป็นพิษต่อร่างกายและนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม (ภัคสิริ สินไชยกิจ, 2011) ในการทดลองได้นำสารก่อเจลแต่ละชนิดมาตั้งตำรับพบว่าเพคตินเมื่อนำมาผสมรวมกับองค์ประกอบอื่นในตำรับไม่สามารถเกิดเป็นเจลได้ เนื่องจากในตำรับมีสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองปริมาณมาก ซึ่งมี pH เท่ากับ 6 แต่เพคตินเกิดเป็นเจลได้ที่ pH ต่ำกว่า 3.5 จึงไม่สามารถเกิดเป็นเจลได้ (Raymond et al., 2009) เมื่อเปลี่ยนชนิดของสารก่อเจลเป็นคาราจีแนนซึ่งสามารถเกิดเป็นเจลที่คงตัวได้ใน pH ช่วง 3.5 – 9 และทนความร้อนได้ เมื่อคาราจีแนนละลายในน้ำร้อนจะอยู่ในรูปโครงสร้าง random coil เมื่ออุณหภูมิเริ่มลดลงจะอยู่ในรูปโครงสร้าง double helices และเมื่อเย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้องจะเกิดลักษณะโครงสร้าง 3 มิติ เกิดเป็น junction point โดยพอลิเมอร์จะเกาะรวมกันมากขึ้นจนทำให้เกิดการแข็งตัวกลายเป็นเจล (นิธิยา รัตปานนท์, 2545; Raymond et al., 2009) และได้ศึกษาสารก่อเจลจากผงเมล็ดมะขามซึ่งสามารถเกิดเป็นเจลได้ใน pH ที่กว้างและสามารถทนความร้อนได้ดี (De Caluwé et al., 2010) นอกจากนี้ยัง

สามารถเข้ากับสารก่อเจลชนิดอื่น ๆ ได้ เนื่องจากผงเมล็ดมะขามเป็น Polysaccharides สามารถกระจายตัวได้ดีในน้ำและเมื่อนำผงเมล็ดมะขามร้อยละ 1 และ 1.5 มาผสมรวมกันกับสารก่อเจลชนิดอื่นจะส่งผลให้ลักษณะโครงสร้างของเจลมีความแข็งลดลงแสดงให้เห็นว่าผงเมล็ดมะขามสามารถลดความแข็งของเจลชนิดอื่นได้เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 1 (พจนีย์ แก้วคำแสน, 2557) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำสารก่อเจลชนิดคาราจีแนนกับผงเมล็ดมะขามเป็นสารก่อเจลในตำรับในอัตราส่วน 1: 1 ทำให้ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มีความอ่อนนุ่มและมีความยืดหยุ่นที่เหมาะสมไม่เป็นเจลแข็งกระด้างและสามารถเข้ากันได้ดีกับองค์ประกอบอื่นในตำรับ

5.5 ผลศึกษาความคงสภาพของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมผักโขมและถั่งเช่าสีทองในสภาวะเร่ง

ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง ได้เก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH เป็นระยะเวลา 60 วัน เพื่อประเมินความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ เช่น ความเป็นกรด – ด่าง และความหนืด ทางเคมีโดยวิเคราะห์ปริมาณคงเหลือ Cordycepin โดยวิธี HPLC และทางจุลชีววิทยาโดยตรวจสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราทั้งหมดรวมถึงตรวจสอบเชื้อก่อโรคในผลิตภัณฑ์

5.5.1 ความเป็นกรด - ด่าง (pH)

ในการทดสอบความเป็นกรด - ด่าง ของตำรับผลิตภัณฑ์ในวันที่ 0, 7, 14, 21, 30 และ 60 เมื่อเก็บตำรับผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH พบว่ามีค่าความเป็นกรด - ด่างที่ 6.3 ในทุกสภาวะ แสดงว่า อุณหภูมิและระยะเวลา ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ผลิตภัณฑ์นี้ใช้ Paraben concentrate เป็นสารกันเสียซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในช่วง pH 4 – 8 (Raymond et al., 2009) งานวิจัยนี้ค่า pH ของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงที่สารสำคัญคงตัว ซึ่ง Cordycepin คงตัวที่ pH 6 (Chutvirasakul., 2017) และสารกันเสียสามารถออกฤทธิ์ได้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวทั้งทางเคมีและจุลชีววิทยา

5.5.2 ความหนืด

ผลการศึกษาความหนืดของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองระยะเวลา 60 วัน ที่ 3 สภาวะการเก็บ ได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40°C / 75 % RH โดยทำการสุ่มตัวอย่างในวันที่ 0, 7, 14, 21, 30 และ 60 พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บมีผลต่อค่าความหนืด เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงความหนืดจะลดลงเนื่องจากคาราจีแนนมีคุณสมบัติเป็น themoreversible gel ซึ่งโครงสร้างของเจลเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปเพราะโมเลกุลของเจลเมื่ออยู่ในอุณหภูมิที่สูงจะอยู่กันอย่างไม่เป็นระเบียบทำให้ความหนืดลดลง แต่ถ้าอุณหภูมิลดลงสายพอลิเมอร์ของเจลจะพันกันในลักษณะเกลียวคู่และจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้เจลมีความหนืดเพิ่มขึ้น (Dai and Matsukawa., 2012) อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิ 40 °C ความหนืดของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากคาราจีแนนซึ่งเป็นสารก่อเจลเมื่อผสมกับผงเมล็ดมะขามซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืด (non - gelling agent) จะทำให้ความหนืดและความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น (Amos.,1997) แต่ถ้าอุณหภูมิเกิน 20 °C จะทำให้ค่า G″ ของผงเมล็ด

มะขามมีค่าสูงขึ้นซึ่งแสดงความเป็นของเหลวมากขึ้น ดังนั้นเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 40 °C จึงทำให้ความหนืดลดลงเพราะสารก่อเจลอยู่ในสภาพของเหลวมากกว่าของแข็ง (สิริการ หนูสิงห์, 2558)

5.5.3 การวิเคราะห์ปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปริมาณสาร Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองโดยใช้เทคนิค HPLC ซึ่งใช้เมทานอล: น้ำปราศจากไอออน ในอัตราส่วน 25: 75 เป็น mobile phase ใช้คอลัมน์ C18 (Phenomenex) ขนาด 250 × 4.60 mm, particle size 5 µm ใช้ปริมาตรในการฉีด 5 µl อัตราการไหล 1 ml/นาที และใช้ UV detector ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร ซึ่งสภาวะการวิเคราะห์ปรับปรุงจากงานวิจัยของ Li และคณะ (2015) ซึ่งใช้ mobile phase เป็น เมทานอล : น้ำปราศจากไอออนในอัตราส่วน 16: 84 ใช้ความยาวคลื่นที่ 260 นาโนเมตร (Li et al., 2015) นอกจากนี้ Huang และคณะ ใช้ mobile phase เป็นเมทานอล: น้ำ ในอัตราส่วน 15: 85 พบว่ามี retention time ที่ 5.553 นาที (Huang et al., 2009) ในงานวิจัยนี้สารละลายมาตรฐาน Cordycepin มี retention time ที่เวลา 5.227 นาที ขณะที่ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในวันเริ่มต้นและที่ 3 สภาวะการเก็บได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH มี retention time ที่เวลา 4.52, 5.33, 5.28 และ 5.31 นาที ตามลำดับ ซึ่งการวิเคราะห์ Cordycepin ตามสภาวะที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แล้ว (ไม่แสดงข้อมูล) เมื่อ retention time ของสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน อาจกล่าวได้ว่าวิธีการสกัด Cordycepin ด้วยน้ำและองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ Cordycepin ด้วยวิธี HPLC ในสภาวะที่ใช้ในงานวิจัย

จากผลการศึกษาความคงสภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บที่ 3 สภาวะการเก็บได้แก่ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH พบว่าปริมาณ Cordycepin มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับปริมาณเริ่มต้น โดยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ขณะที่ปริมาณมีการเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$) เมื่อเก็บนาน 60 วัน ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาของ Wu และคณะในปี 2015 ที่พบว่าเมื่อสกัด Cordycepin ด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 °C ให้เปอร์เซ็นต์สารสกัดสูงสุดและไม่มีผลทำให้ Cordycepin สลายตัว (Wu et al., 2015) และในงานวิจัยนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 90 °C ในการเตรียมสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองและผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพไม่มีผลต่อความคงตัวของ Cordycepin ในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C และ 40 °C นาน 60 วัน ยังคงมีปริมาณ Cordycepin คงเหลืออยู่ อย่างไรก็ตามในงานวิจัยของธนัชยา (2016) พบว่าปริมาณ Cordycepin ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเห็ดถั่งเช่าสีทองมีค่าลดลงเมื่อมีการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์เซชั่น ภายใต้แรงดันที่อุณหภูมิ 115 °C นาน 15 นาที (ธนัชยา เกณฑ์ขุนทศ, 2016) ซึ่งถ้าในกระบวนการสกัดหรือการเตรียมผลิตภัณฑ์ถ้าใช้ความร้อนเกิน 95 °C อาจส่งผลต่อความคงตัวของ Cordycepin ได้

5.5.4 ผลการศึกษาทางด้านจุลชีววิทยาในเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราทั้งหมดรวมถึงตรวจสอบเชื้อก่อโรคในผลิตภัณฑ์ ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ ซึ่งดัดแปลงจากประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 (ข) เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ข้อที่ 3 (2) ซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่มีหรือทำจากผลไม้ พืชหรือผัก ไม่ว่าจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือออกซิเจนผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ตาม (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) แต่ในประกาศกระทรวงฉบับดังกล่าวไม่ได้กำหนดปริมาณเชื้อทั้งหมดไว้ในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ ในงานวิจัยนี้จึงได้ดัดแปลงมาจากประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 352 พ.ศ. 2556 (ก) เรื่องผลิตภัณฑ์ของนม ข้อ 7 (5) ซึ่งตรวจพบแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ของนมชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีพลาสเจอร์ไรส์ 1 ml ไม่เกิน 10,000 cfu/ml หรือไม่เกิน 4 log cfu/ml ณ แหล่งผลิตและไม่เกิน 50,000 ตลอดระยะเวลาเมื่อออกจากแหล่งผลิตจนถึงวันหมดอายุการบริโภคที่ระบุบนฉลาก (กระทรวงสาธารณสุข, 2556)

ในงานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบหาปริมาณเชื้อปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการพลาสเจอร์ไรส์ ได้สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในวันที่ 0, 7, 14, 21, 30 และ 60 วัน พบว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 °C, 25 °C / 75 % RH และ 40 °C / 75 % RH นาน 21 วัน มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แต่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานกว่า 30 วัน พบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียมีค่าเท่ากับ 4.82, 4.68 และ 4.39 log cfu/ml ส่วนปริมาณเชื้อรามีค่าเท่ากับ 4.11, 4.23 และ 4.08 log cfu/ml ตามลำดับ ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด สาเหตุของการปนเปื้อนของเชื้ออาจเกิดจากวัตถุดิบและน้ำที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์

ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคได้ดัดแปลงจากประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 (ข) เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท จะต้องตรวจไม่พบเชื้อ *E.coli* ในผลิตภัณฑ์ แต่ผลการทดสอบพบเชื้อ *E.coli* ในผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บที่ 4 °C, 25 °C และ 40 °C นาน 7, 14 และ 30 วัน ตามลำดับ และในประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 364 พ.ศ. 2556 (ค) เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้กำหนดว่าผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคชนิดเหลว ที่มี pH ≥ 4.3 เฉพาะที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอไรส์นั้นจะต้องทดสอบเชื้อดังต่อไปนี้ *Salmonella* ต้องไม่พบใน 25 ml, *Staphylococcus aureus* จะต้องไม่พบใน 0.1 ml, *Clostridium perfringens* ไม่เกิน 100 ใน 1 ml และ *Bacillus cereus* ไม่เกิน 100 ใน 1 ml (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) ในงานวิจัยนี้พบเชื้อ *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* เกินมาตรฐานที่กำหนดเมื่อเก็บนาน 21 และ 30 วันตามลำดับ ส่วนเชื้อ *Clostridium perfringens* ตรวจไม่พบตลอดระยะเวลาการเก็บนาน 60 วัน อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ไม่ได้ตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อ *Bacillus cereus*

จากผลการทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ ด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา จึงควรเก็บผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองที่อุณหภูมิ 4 °C และเก็บได้เป็นระยะเวลาไม่เกิน 14 วัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ยังมีลักษณะทางกายภาพที่ดี มีปริมาณคงเหลือของ Cordycepin ที่ใกล้เคียงกับปริมาณเริ่มต้นและไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรีย

รา และเชื้อก่อโรค ซึ่งการกำหนดระยะเวลาการใช้ผลิตภัณฑ์ควรกำหนดให้มีระยะเวลาที่สั้น ขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์ต้องมีความคงสภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา แต่ถ้าต้องการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 °C สามารถเก็บได้ไม่เกิน 7 วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสายสมร พูลพันธ์ (2004) ที่พบว่าอุณหภูมิการเก็บที่สูงขึ้นทำให้ระยะเวลาการเก็บสั้นลง โดยได้ทดสอบทางจุลชีววิทยาเพื่อตรวจปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่รสนมผสมน้ำสตรอเบอร์รี่โดยเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 28 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °C และ 10 °C โดยตรวจสอบหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทุก 7 วัน แต่ไม่ได้ตรวจสอบเชื้อก่อโรค สรุปผลว่าสภาวะการเก็บที่เหมาะสมที่สุดคือเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 21 วัน หรือ ที่ 10 °C นาน 7 วัน (สายสมร พลูพันธ์, 2004)

5.6 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง พบว่าผลิตภัณฑ์ในวันเริ่มต้นและวันที่ 60 ในผลิตภัณฑ์พบปริมาณสารอาหารและแร่ธาตุ ได้แก่ โปรตีน, วิตามินบี 1, วิตามินบี 2, วิตามินบี 3, วิตามินบี 6, วิตามินบี 9, วิตามินบี 12, แคลเซียม, เหล็ก, แมกนีเซียม และ สังกะสี ซึ่งเป็นสารอาหารที่ล้วนมีประโยชน์ต่อร่างกายและยังเป็นสารอาหารที่ควรบริโภคในแต่ละวัน (กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

ผักโขมเป็นพืชที่มีสารอาหารที่หลากหลายชนิดได้แก่ โฟเลต, แคลเซียม, เหล็ก, แมกนีเซียม และสังกะสี (Sasikumar et al., 2015) นอกจากนี้ในผักโขมยังพบมีแร่ธาตุหลายชนิด ได้แก่ โพแทสเซียม, โซเดียม, ฟอสฟอรัส, แมงกานิส, ทองแดง, นิกเกิล, โครเมียม, โคบอลต์, และวิตามินซี (ascorbic acid) (Umar et al., 2011) และในถั่งเช่าสีทองมีวิตามินและแร่ธาตุที่หลากหลายชนิด ได้แก่ โปรตีน วิตามินบี 2, บี 12 (นพมาศ สุนทรเจริญวงศ์, 2556) และงานวิจัยของ Hee - Young Ahn และคณะ (2013) ได้วิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในถั่งเช่าสีทองพบว่ามีแร่ธาตุหลายชนิดได้แก่ โพแทสเซียม, แมกนีเซียม, แคลเซียม, โซเดียม, เหล็ก, สังกะสี และ แมงกานิส ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 236 ± 2.89, 176 ± 0.58, 23.41 ± 0.03, 13.37 ± 0.03, 5.44 ± 0.14, 4.37 ± 0.11, และ 4.13 ± 0.01 mg/100 g ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ (Ahn et al., 2013) ดังนั้นเมื่อนำสารสกัดจากผักโขมและถั่งเช่าสีทองมาผสมในเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพจึงปรากฏวิตามินและแร่ธาตุหลากหลายชนิดดังกล่าวในผลิตภัณฑ์

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง พบว่าในเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพปริมาณ 100 ml มีคุณค่าทางโภชนาทางอาหารที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้รับประทานใน 1 วัน แต่ผลิตภัณฑ์นี้มีวิตามินบีหลายชนิดโดยเฉพาะวิตามินบี 12 ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายตามเกณฑ์ที่ Thai RDI กำหนด ให้ได้รับวิตามินบี 12 ในปริมาณ 2 μg/วัน (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) โดยผลิตภัณฑ์มีปริมาณวิตามินบี 12 เท่ากับ 2.97 - 4.25 μg/100 ml ซึ่งวิตามินบี 12 เป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำมีประโยชน์ต่อร่างกายโดยทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ในกระบวนการเมแทบอริซึมหลายชนิดและมีหน้าที่สำคัญต่อการสังเคราะห์กรดโพรพิออนิคซึ่งช่วยเพิ่มการดูดซึมสารอาหารในร่างกายได้ดีขึ้น ช่วยรักษาสมดุลในลำไส้เล็ก นอกจากนี้วิตามินบี 12 ยังทำ

หน้าที่ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดโรคโลหิตจาง ช่วยเผาผลาญอาหารเพื่อให้สมองได้พลังงาน ช่วยสังเคราะห์เยื่อหุ้มประสาท รวมถึงป้องกันโรคอัลไซเมอร์ (ขันติชัย ซื่อสัตย์, 2556) อย่างไรก็ตามปริมาณสารอาหารที่ควรได้รับใน 1 วันนั้นจะต้องได้รับจากมื้ออาหารที่ผู้บริโภครับประทานใน 1 วัน เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองจึงเป็นเพียงเครื่องดื่มที่ให้สารอาหารกับผู้บริโภคเพื่อให้ได้ปริมาณสารอาหารที่จำเป็นที่มากขึ้น และถ้าร่างกายได้รับวิตามินบี 12 มากเกินไปอาจทำให้เกิดอาการวิงเวียนศีรษะ เลือดออกตามจมูกและไรฟัน มีอาการบวมบริเวณ คอ ใบหน้าและลิ้น เป็นต้น

5.7 ผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนในสารสกัดหยาบผักโขม ถั่งเช่าสีทอง และในผลิตภัณฑ์

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าผักโขมเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่มีสารอาหารหลากหลายชนิด หนึ่งในนั้นก็คือกรดอะมิโน ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ จากงานวิจัยของ Umar และคณะ (2011) ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนในผักโขมพบว่ามีกรดอะมิโนรวม 17 ชนิด ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นจำนวน 7 ชนิด ได้แก่ Lysine, Threonine, Valine, Leucine, Methionine, Isoleucine และ Phenylalanine ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 3.65 ± 0.09, 4.22 ± 0.11, 3.99 ± 0.10, 7.81 ± 0.20, 0.95 ± 0.02, 4.13 ± 011 และ 3.89 ± 0.10 g/100 Protein ตามลำดับ และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นจำนวน 10 ชนิดได้แก่ Histidine, Arginine, Aspartic acid, Serine, Glutamic acid, Proline, Glycine, Cysteine, Tyrosine ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 2.00 ± 0.05, 4.37 ± 0.11, 8.78 ± 0.23, 1.95 ± 0.05, 9.02 ± 0.23, 2.31 ± 0.06, 3.34 ± 0.09, 4.12 ± 0.11, 0.92 ± 0.04 และ 3.39 ± 0.09 g/100 Protein ตามลำดับ (Umar et al., 2011) ในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในสารสกัดหยาบผักโขม มีกรดอะมิโนที่พบได้แก่ Serine, Cysteine, Tryptophan, Phenylalanine, Lysine, Histidine, และ Arginine ส่วนสารสกัดหยาบถั่งเช่าสีทองพบกรดอะมิโนได้แก่ Serine, Cysteine, Tryptophan, Phenylalanine, Lysine, Histidine และ Arginine นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในสารสกัดหยาบผสมที่มีสัดส่วนเท่ากับในผลิตภัณฑ์มีปริมาณกรดอะมิโนที่พบได้แก่ Cysteine, Methionine, Tryptophan Phenylalanine, Lysine, Histidine และ Arginine ซึ่งปริมาณกรดอะมิโนชนิดเดียวกันที่พบในสารสกัดหยาบผสมมีปริมาณน้อยกว่าสารสกัดเดี่ยว ยกเว้น Cysteine ที่พบในสารสกัดหยาบผสมมากกว่าสารสกัดเดี่ยว

ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองพบกรดอะมิโน ชนิด Aspartic acid (Asp) ซึ่งไม่พบกรดอะมิโนชนิดนี้ในสารสกัดเดี่ยวและสารสกัดผสม เนื่องจากกรดอะมิโนชนิดนี้ได้มาจากสารให้ความหวาน คือ แอสพาแตม ซึ่งเป็น dipeptide ประกอบด้วย L – aspartic acid และ L – phenylalanine (Haighton et al., 2018) เมื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บ พบว่าไม่มีผลต่อการสลายตัวของกรดอะมิโน เนื่องจากมีงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า กรดอะมิโนคงตัวที่อุณหภูมิสูงประมาณ 200 – 300 °C (Weiss et al., 2018)

5.8 ผลการศึกษาความพึงพอใจของอาสาสมัครในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในอาสาสมัครเป็นการศึกษานำร่อง (Pilot study) ซึ่งได้ผ่านคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี หมายเลขใบรับรอง UBU – REC – 30 / 2561 ซึ่งมีอาสาสมัครจำนวน 150 คน โดยการสุ่มจำนวนตัวอย่างอาสาสมัคร ซึ่งศึกษา 3 สถานที่ ได้แก่ 1). คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีจำนวน 50 คน 2). คณะแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีจำนวน 50 คน และ 3).หมู่บ้านม่วงน้อย ตำบลนาดี อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 50 คน ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจด้านปัจจัยต่างๆ ของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 72 ซึ่งอายุอยู่ในช่วง 21 - 30 ปี เป็นผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุดร้อยละ 61.3 อาชีพที่ตอบแบบสอบถามมากที่สุดเป็นนักเรียน / นักศึกษาร้อยละ 50 นอกจากนี้ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีรายได้น้อยกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 64

เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านเพศของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่าเพศชายมีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองและผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดมากกว่าเพศหญิง โดยเพศชายมีความพึงพอใจในด้าน กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ สี ความชอบโดยรวมและบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองมากกว่าเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อาจเนื่องจากเพศชายมีความสนใจและได้รับข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของถั่งเช่าสีทองในด้านการเสริมสมรรถภาพทางเพศและประโยชน์ของผักโขมในด้านเสริมสร้างความแข็งแรงของร่างกาย

ปัจจัยด้านอายุพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุ 21 – 30 ปี ส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นนักเรียน / นักศึกษา มีรายได้น้อยว่า 10,000 บาท/เดือน มีความพึงพอใจในรสชาติและกลิ่น ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในระดับมาก ขณะที่มีความพึงพอใจในรสชาติ กลิ่นและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดในระดับปานกลาง ส่วนผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุช่วง 31 – 50 ปี ส่วนใหญ่เป็นวัยทำงาน มีรายได้ 10,000 - 15,000 บาท/เดือน พบว่ามีความพึงพอใจในทุกด้านของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในระดับมากถึงมากที่สุด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดมีความพึงพอใจในทุกด้านในระดับปานกลางถึงมาก อาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดที่มีคุณค่าทางโภชนาการด้านบำรุงร่างกายหรือเสริมสมรรถภาพทางเพศเช่นถั่งเช่าสีทองได้รับความนิยมในกลุ่มคนวัยทำงานที่พอมีรายได้ในการซื้อผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ ขณะเดียวกันนักเรียน / นักศึกษามีความสนใจในผลิตภัณฑ์ที่ให้ประโยชน์แก่ร่างกาย เช่น บำรุงสมองและเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับร่างกาย ซึ่งในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคทุกวัยได้

ปัจจัยด้านสถานที่พบว่าผู้ตอบแบบสอบถาม ณ หมู่บ้านม่วงน้อย มีความพึงพอใจในทุกด้านเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ตอบแบบสอบถามที่คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีและคณะแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ทั้งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่

ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองและผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด อาจเนื่องมาจากผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุในช่วง 31 - 50 ปี ซึ่งเป็นวัยทำงาน ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัวและเป็นพ่อบ้านแม่บ้านจึงนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานและสร้างความแข็งแรงให้กับร่างกาย

ในงานวิจัยนี้สามารถสรุปผลการทดลองได้ว่าเมื่อนำผักโขมมาจากแหล่งปลูกที่หมู่บ้านม่วงน้อย ตำบลนาดี อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี เตรียมเป็นสารสกัดหยาบโดยการลวกเพื่อลดกลิ่นและความขมตามภูมิปัญญาและใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัด ทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ได้ผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 15.8 ของน้ำหนักแห้ง ส่วนถั่งเช่าสีทองนำมาสกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 °C ได้เป็นสารละลายใสสีเหลืองทอง ทั้งสารสกัด 2 ชนิดมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ $ABTS^{+\cdot}$

การพัฒนาสูตรตำรับเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพโดยศึกษาปริมาณสารก่อเจล พบว่าชนิดและปริมาณของสารก่อเจลมีผลต่อความคงตัวและลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ถ้าใช้คาราจีแนนเดี่ยวจะทำให้ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มีความแข็งกระด้าง เนื้อสัมผัสไม่นุ่มนวลเท่าที่ควร เมื่อนำผงเมล็ดมะขามมาผสมกับคาราราจีแนนจะทำให้ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มีความอ่อนนุ่มและมีความยืดหยุ่นพอเหมาะ ดังนั้นในผลิตภัณฑ์จึงเลือกคาราจีแนนผสมกับผงเมล็ดมะขามเป็นสารก่อเจลดีที่สุดในตำรับที่อัตราส่วน 1: 1 มีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 6.3 ซึ่งเป็นค่าที่สารสำคัญได้แก่ Cordycepin ในผลิตภัณฑ์มีความคงตัว ส่วนอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บมีผลต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้น

ในการกำหนดอายุการใช้และสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์จะพิจารณาในส่วนของลักษณะทางกายภาพ ปริมาณ Cordycepin คงเหลือในผลิตภัณฑ์และการทดสอบทางด้านจุลชีววิทยา ซึ่งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองควรมีระยะเวลาการใช้ผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 14 วัน นับจากวันผลิตและเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณวิตามินบี 12 กรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งมีความสำคัญต่อการบำรุงและเสริมสร้างความแข็งแรงให้แก่ร่างกาย

ดังนั้นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองจึงสามารถนำมาเป็นเครื่องดื่มเสริมอาหารที่สามารถบำรุงร่างกายและเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย

5.9 ข้อเสนอแนะ

5.9.1 สารสกัดถั่งเช่าสีทองควรอยู่ในรูปแบบผงแห้ง เนื่องจากเก็บได้นานกว่ารูปแบบสารละลาย

5.9.2 ควรมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการพลาสเจอร์ไรส์โดยเป็นวิธีการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่มและสถานประกอบการรายย่อยสามารถทำได้ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลาที่ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ขณะเดียวกันต้องไม่ทำให้สารสำคัญในสารสกัดสมุนไพรสลายตัว

5.9.3 ควรมีการศึกษาหาคุณค่าทางโภชนาการเช่น วิตามิน เกลือแร่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน คอลเลสเตอรอล ใยอาหาร น้ำตาล และ โซเดียม เพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. **เรื่องอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก.** ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 121, 2532.

_____. **เรื่อง แยม เยลลี่และมาร์มาเลดในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท.** ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 213, 2534.

_____. **เรื่อง สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป.** ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182, 2541.

_____. **เรื่องวัตถุแต่งกลิ่นรส.** ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 223, 2544.

_____. **เรื่องผลิตภัณฑ์ของนม.** ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 352, 2556(ก).

_____. **เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท.** ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356, 2556(ข).

_____. **เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค.** ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 364, 2556(ค).

_____. **เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร.** ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเลขที่ 389 ฉบับที่ 5, 2561.

กรรณิการ์ มหาสารกุล, นิรมล ศากยวงศ์ และปาริยา ณ นคร. “อายุของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรรางจืดในขวดปิดสนิท: สมบัติทางเคมีและกายภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ”, **Thai Journal Science and Technology.** 2(2): 140-152; พฤษภาคม–สิงหาคม, 2556.

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ. **เยลลี่ผลไม้: งานถนอมอาหารและเทคโนโลยีอาหาร.** กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์บริการกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและพลังงาน, 2531.

กิติมา เหมวงษา. **การพัฒนาการผลิตผงสีจากแครอทและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.

ขันติชัย ซื่อสัตย์. “มุมสุขภาพ”, ใน **คู่มือเพื่อคุณภาพชีวิต**. นครปฐม. มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2556.

ณัฐ เทพหัตถี. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักโขม Amaranthus tricolor ปรุงรสอบแห้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ดวงฤดี เชิดวงศ์เจริญสุข และวันเซ็ง สิทธิกิจโยธิน. "ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหวานและมะขามเปรี้ยว", **วารสาร วิทยาศาสตร์ บูรพา Burapha Science Journal.** 16(1): 47-55; มกราคม-มิถุนายน, 2015.

ทิพย์ธิดา แก้วตาทิพย์. “การใช้ประโยชน์สารให้กลิ่นทางอาหาร”, **วารสารอาหาร Food Joural (Thailand).** 45(2): 29-36; เมษายน-มิถุนายน, 2558.

ธนัชยา เกณฑ์ขุนทด, ศุภทา ไชยพัฒน์ และเสาวรส กองศรี. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากเห็ดถั่งเฉ้าสีทอง”, ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ**. น.460-467. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต, 2016.

นิธิยา รัตปานนท์. **เคมีอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรม เกษตรมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2545.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

นพมาศ สุนทรเจริญนนท์ และธิดารัตน์ จันทร์ดอน. **“ถั่งเช่า”** สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2556. (อัดสำเนา)

พจนีย์ แก้วคำแสน และบัวสี หงสาวดี “การใช้ประโยชน์จากผลเมล็ดมะขามแทนเพกตินทางการค้า”, **วารสารแก่นเกษตร.** 42(1): 64-645; กรกฎาคม, 2557.

ประณีต โอปณะโสภิต. **สารปรุงยา ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์, 2547.

ภัคสิริน สินไชยกิจ และไมตรี สุทธจิตต์. "คุณสมบัติชีวเคมีและการประยุกต์ใช้ของเมล็ดมะขาม", **วารสารนเรศวรพะเยา.** 4(1): 5-11; พฤษภาคม–สิงหาคม, 2011.

องอาจ เด็จดวง. **การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2553.

อรรถวิทย์ สมศิริ. **การผลิตโพลีแซกคาไรด์จากเมล็ดมะขามในระดับอุตสาหกรรมนำร่อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหิดล, 1997.

สถาบันฮาลาล. **คาราจีแนน.** สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2557.

สมชาย ชคตระการ. **“การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักโขม (*Amaranthus* spp.) สายพันธุ์ต่างประเทศในไทย”,** ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 1996.

สิริการ หนูสิงห์ และวรางคณา สมพงษ์. “ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของกัมเมล็ดมะขาม (Tamarindus indica L.)”, ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53.** น.897-904. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558.

สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแยม เยลลี่ และมาร์มาเลด.** มอก. 263-2521, 2521.

Amos. **Hydrocolloid applications: gum technology in the food and other industries.** London: Blackie Academic & Professional, 1997.

Ahmed, S. "Phytochemical profiling with antioxidant and antimicrobial screening of *Amaranthus viridis L*. leaf and seed extracts", **Open Journal of Medical Microbiology.** 3(3): 164; September, 2013.

Ahn, H.-Y., et al. "Antioxidative activity and chemical characteristics of cordycepin-enriched *Cordyceps militaris* JLM0636 powder", **Journal of Life Science.** 23(2): 249-258; February, 2013.

Amin, I., et al. "Antioxidant activity and phenolic content of raw and blanched Amaranthus species", **Food chemistry.** 94(1): 47-52; January, 2006.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Aruoma, O. I. "Methodological considerations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in plant foods", **Mutation Research/ Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis.** 523: 9-20, February-March, 2003.

Atrooz, O., et al. "Studies on physical and chemical analysis of various honey samples and their antioxidant activities", **Journal of Biological Sciences**. 8(8): 1338-1342; August, 2008.

Boland, A. B., et al. "Influence of gelatin, starch, pectin and artificial saliva on the release of 11 flavour compounds from model gel systems", **Food chemistry.** 86(3): 401-411; July, 2004.

Brand-Williams, W., et al. "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity", **LWT-Food science and Technology.** 28(1): 25-30, 1995.

Chen, P. X., et al. "Properties of *Cordyceps sinensis*: A review", **Journal of Functional Foods**. 5(2): 550-569; April, 2013.

Chen, X., et al. "Structural analysis and antioxidant activities of polysaccharides from cultured *Cordyceps militaris*", **International journal of biological macromolecules**. 58: 18-22; July, 2013.

Chutvirasakul, B. "Stability-Indicating Method to Determine Bioactive Nucleosides in Crude Drugs, Extracts, and products from *Cordyceps sinensis* and *Cordyceps militaris*", **Thai Journal of Pharmaceutical Sciences (TJPS).** 41(2): 52-60; April, 2017.

Dai, B. and S. Matsukawa "NMR studies of the gelation mechanism and molecular dynamics in agar solutions", **Food hydrocolloids.** 26(1): 181-186; January, 2012.

Das, S. K., et al. "Medicinal uses of the mushroom *Cordyceps militaris*: current state and prospects", **Fitoterapia.** 81(8): 961-968; December, 2010.

De Caluwé, E., et al. "*Tamarindus indica* L: a review of traditional uses phytochemistry and pharmacology", **Afrika focus.** 23(1): 53-83; February, 2010.

Du, L., et al. “Anti-diabetic activities of Paecilomyces tenuipes N45 extract in alloxan - induced diabetic mice”, **Molecular medicine reports.** 13(2): 1701-1708; December, 2016.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Ferreira, I. C. F. R., et al. "Antioxidant activity of Portuguese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract", **Food chemistry**. 114(4): 1438-1443; June, 2009.

Griffiths, J. C. "Coloring foods & beverages", **Food technology**. 59(5): 38-44; May, 2005.

Haighton, L., et al. "Systematic review and evaluation of aspartame carcinogenicity bioassays using quality criteria", **Regulatory Toxicology and Pharmacology.** 103: 332-344; April, 2018.

Hayashi, L., et al. "The effects of selected cultivation conditions on the carrageenan characteristics of *Kappaphycus alvarezii (*Rhodophyta*,* Solieriaceae*)* in Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil", **Journal of Applied Phycology**. 19(5): 505; March, 2007.

Han, S., et al "suppresses humoral immunity by inhibiting germinal center reaction, Blood", **Blood Journal.** 104(13): 4129-4133; May, 2004.

Helmja, K., et al. "Bioactive components of the hop strobilus: Comparison of different extraction methods by capillary electrophoretic and chromatographic methods", **Journal of Chromatography A**. 1155(2): 222-229; July, 2007.

Hermosín, I., et al. "Free amino acid composition and botanical origin of honey", **Food chemistry.** 83(2): 263-268; November, 2003.

Huang, L., et al. "Determination and analysis of cordycepin and adenosine in the products of *Cordyceps spp*", **African Journal of Microbiology Research.** 3(12): 957-961; November, 2009.

Iqbal, M. J., et al. "Antioxidant and antimicrobial activities of Chowlai (*Amaranthus viridis L.*) leaf and seed extracts", **Journal of Medicinal Plants Research.** 6(27): 4450-4455; June, 2012.

Islam, M., et al. "Antimicrobial and Irritant activities of the extracts of *Malva parviflora L., Malvastrum coromandelianum L.* and *Amaranthus viridis L.*–A Preliminary Investigation", **Pakistan Journal of Pharmacy**. 20-23, 2007-2010

Ji, D. B., et al. "Antiaging effect of *Cordyceps sinensis* extract", **Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives.** 23(1): 116-122; September, 2009.

Johnston-Banks, F. "Gelatine", **Food gels**. 233-289; Springer, 1990.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Koh, J.-H., et al. "Antifatigue and antistress effect of the hot-water fraction from mycelia of *Cordyceps sinensis*", **Biological and Pharmaceutical Bulletin**. 26(5): 691-694; May, 2003.

Kumar, B. A., et al. "Antidiabetic, antihyperlipidemic and antioxidant activities of methanolic extract of *Amaranthus viridis* Linn in alloxan induced diabetic rats",**Experimental and Toxicologic Pathology.** 64(1): 75-79; January, 2012.

_____. "Pain management in mice using methanol extracts of three plants belongs to family Amaranthaceae", **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine.** 3(7): 527-530; August, 2010.

Laurent, M. and P. Boulenguer "Stabilization mechanism of acid dairy drinks (ADD) induced by pectin", **Food Hydrocolloids.** 17(4): 445-454; July, 2003.

Li, J., et al. "Effects of Cooking on the Contents of Adenosine and Cordycepin in *Cordyceps militaris*", **Procedia engineering.** 102: 485-491, 2015.

Li, S. P., et al. "Anti-oxidation activity of different types of natural *Cordyceps sinensis* and cultured *Cordyceps mycelia*", **Phytomedicine.** 8(3): 207-212; January, 2001.

Marderosian, A. D., et al. "Nitrate and oxalate content of vegetable amaranth", **Rodale Research Report.** 4, 1980.

Martins, N., et al. "Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices," **Trends in Food Science & Technology.** 52: 1-15; June, 2016.

Meena, B., et al. "Soluble and insoluble oxalates in selected foods", **Journal of food science and technology**. 24(1): 43-44, 1987.

Mensor, L. L., et al. "Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method", **Phytotherapy research.** 15(2): 127-130; March, 2001

Nagata, A., et al. "Supplemental anti-fatigue effects of *Cordyceps sinensis* (Tochu-Kaso) extract powder during three stepwise exercise of human", **Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine**. 55: 145-152, 2006.

Nekvapil, T., et al. "Decrease in the antioxidant capacity in beverages containing tea extracts during storage", **The Scientific World Journal.** 94(2): August, 2012.

Oke, O, "Amaranth in Nigeria", **Proceedings of the Second Amaranth Conference, Rodale Press.** 19: 22-30, 1980.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Ozsoy, N., et al. "In vitro antioxidant activity of *Amaranthus lividus L*", **Food chemistry.** 116(4): 867-872; October, 2009.

Park, J., et al. "*Cordyceps militaris* extract protects human dermal fibroblasts against oxidative stress-induced apoptosis and premature senescence", **Nutrients.** 6(9): 3711-3726; July, 2014.

Quisumbing, E. "Medicinal plants of the Philippines", **Department of Agriculture and Commerce, Philippine Islands Technical Bulletin.** 16, 1951.

Raymond C Rowe, Paul J Sheskey and Marian E Quinn. **Handbook of phamaceutical Excipients (sixthed edition).** United kingdom : Published by the Pharmaceutical Press, 2009.

Re, R., et al. "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay", **Free radical biology and medicine.** 26(9-10): 1231-1237; May, 1999.

Reis, F. S., et al. "The methanolic extract of *Cordyceps militaris* (L.) Link fruiting body shows antioxidant, antibacterial, antifungal and antihuman tumor cell lines properties", **Food and chemical toxicology.** 62: 91-98; December, 2013.

Reyad-ul-Ferdous, M., et al. "Present biological status of potential medicinal plant of *Amaranthus viridis*: a comprehensive review", **Am J Clin Exp Med.** 3(5): 12-17; July, 2015.

Riaz, M. N. and Chaudry, M.M. **Halal food production.** Boca Raton: CRC press, 2003.

Saravanan, G. and P. Ponmurugan "*Amaranthus viridis* Linn extract ameliorates isoproterenol-induced cardiac toxicity in rats by stabilizing circulatory antioxidant system", **Oxidants and Antioxidants in Medical Science.** 1(1): 69-73; March, 2012.

Saravanan, G., et al. "Cardioprotective activity of *Amaranthus viridis* Linn: effect on serum marker enzymes, cardiac troponin and antioxidant system in experimental myocardial infarcted rats", **International journal of cardiology.** 165(3): 494-498; May, 2013.

Sasikumar, V., et al. "Protective effect of alkaloids from *Amaranthus viridis* Linn. against hydrogen peroxide induced oxidative damage in human erythrocytes (RBC)", **International Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**. 1(1): 049-053; December, 2015.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Savage, G., et al. "Effect of cooking on the soluble and insoluble oxalate content of some New Zealand foods", **Journal of Food Composition and Analysis**. 13(3): 201-206; June, 2000.

Selvam, R. and P. Kalaiselvi "Studies on calcium oxalate binding proteins: effect of lipid peroxidation", **Nephron.** 88(2): 163-167; June, 2001.

Sharma, M., et al. "Preparation of tamarind gum based soft ion gels having thixotropic properties", **Carbohydrate polymers.** 102: 467-471; February, 2014.

Sharma, N., et al. "Nutrient content, mineral content and antioxidant activity of *Amaranthus viridis* and *Moringa oleifera* leaves",**Research Journal of Medicinal Plants.** 6(3): 253-259, 2012.

Singh, P. and S. Saxena "Effect of maturity on oxalate and cation contents of 6 leafy vegetables", **Indian Journal of Nutrition and Dietetics.** 9(5): 269; November, 1972.

Slinkard, K. and V. L. Singleton "Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods", **American journal of enology and viticulture.** 28(1): 49-55; January, 1977.

Tsai, T. H., et al. "Antioxidant and Anti-inflammatory Activities of Several Commonly Used Spices", **Journal of Food Science.** 70(1): 93-97; May, 2005.

Tukun, A. B., et al. "Antioxidant capacity and total phenolic contents in hydrophilic extracts of selected Bangladeshi medicinal plants", **Asian Pacific journal of tropical medicine.** 7(1): 568-573; September, 2014.

Umar, K., et al. "nutritional and anti-nutritional profile of spiny amaranth (*Amaranthus viridis linn*)", **Studia Universitatis Vasile Goldis Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series)**. 21(4): 727-737, 2011.

Valsaraj, R., et al. "Antimicrobial screening of selected medicinal plants from India", **Journal of Ethnopharmacology**. 58(2): 75-83; October, 1997.

Voragen, A. G., et al. "Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls", **Structural Chemistry.** 20(2): 263; March, 2009.

Weiss, I. M., et al. "Thermal decomposition of the amino acids glycine, cysteine, aspartic acid, asparagine, glutamic acid, glutamine, arginine and histidine", **BMC biophysics.** 11(1): 2-15; February, 2018.

Willats, W. G. T., et al. "Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel", **Trends in Food Science & Technology.** 17(3): 97-104; March, 2006.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Won, S.-Y. and E.-H. Park. "Anti-inflammatory and related pharmacological activities of cultured mycelia and fruiting bodies of *Cordyceps militaris*", **Journal of Ethnopharmacology.** 96(3): 555-56; January, 2005.

Wu, P., et al. "Effects of heat on the biological activity of wild *Cordyceps sinensis*", **Journal of Traditional Chinese Medical Sciences.** 2(1): 32-38; January, 2015.

Yamaguchi, Y., et al. "Antioxidant activity of the extracts from fruiting bodies of cultured *Cordyceps sinensis*", **Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives.** 14(8): 647-649; November, 2000.

Yu, R., et al. "Structural characterization and antioxidant activity of a polysaccharide from the fruiting bodies of cultured *Cordyceps militaris*", **Carbohydrate polymers**. 70(4): 430-436; November, 2007.

_____. "Structural elucidation and biological activity of a novel polysaccharide by alkaline extraction from cultured *Cordyceps militaris*", **Carbohydrate polymers**. 75(1): 166-171; January, 2009.

Zhang, J., et al. "Preparation and characterization of tamarind gum/sodium alginate composite gel beads", **Iranian Polymer Journal**. 17(12): 899-906; November, 2008.

Zhou, G., et al. "In vivo antitumor and immunomodulation activities of different molecular weight lambda-carrageenans from Chondrus ocellatus", **Pharmacological research.** 50(1): 47-53; July, 2004.

ภาคผนวก

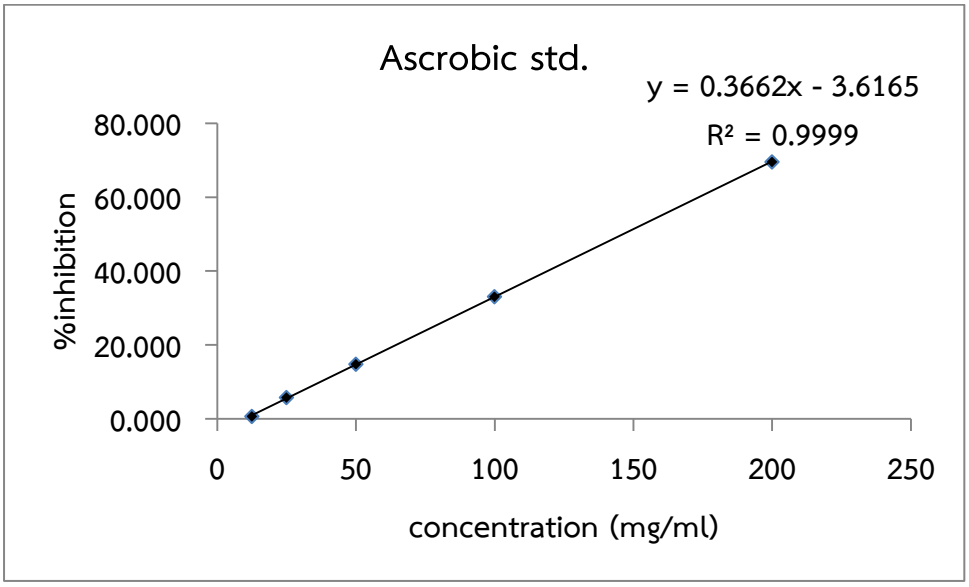
1. รูปภาพผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 1.1 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่ที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองที่อุณหภูมิ 4 °C

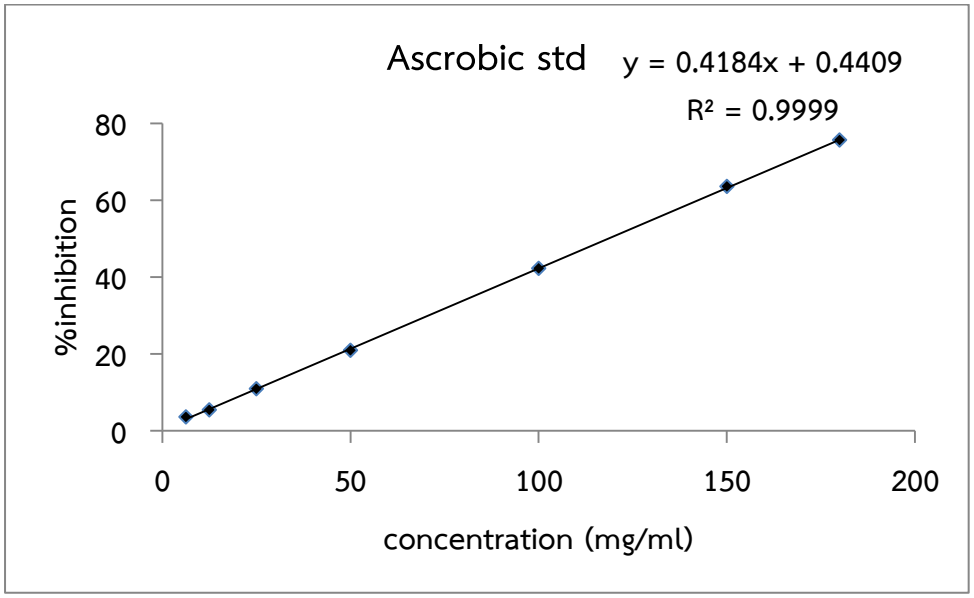
ภาพที่ 1.2 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่ที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองที่อุณหภูมิ 25 °C

ภาพที่ 1.3 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่ที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองที่อุณหภูมิ 40 °C

2. รูปภาพมาตรฐานสารละลาย



ภาพที่ 2.1 กราฟสารละลายมาตรฐาน วิเคราะห์ DPPH



ภาพที่ 2.2. กราฟสารละลายมาตรฐาน วิเคราะห์ $ABTS^{+\cdot}$

3. การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา

3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ

ชื่อเชื้อ	อาหารเลี้ยงเชื้อ (Agar)
แบคทีเรีย	Muller - Hinton agar (MHA)
ยีสต์รา	Sabouraud Dextrose Agar (SDA)
S. aureus	Mannitol salt agar (MSA)
E. coli	Eosin methylene blue (EMB)
salmonella	Xylose lysine deoxycholate agar (XLD)
Clostridium	Tryptose Sulfite Cycloserine (TSC)

3.2 วิธีเตรียมอาหารเลียงเชื้อที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย

เตรียมอาหาร Muller-Hinton agar (MHA) 30.4 g ละลายในน้ำกลั่น 800 ml จากนั้นให้ความร้อนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปิดฝาขวดให้สนิทแล้วนำไปใส่ autoclave 121 °C เป็นเวลา 20 นาที นำออกมาวางไว้ใน hoot ให้อุณหภูมิประมาณ 50 °C แล้วเปิดฝาออกใช้แก๊สเผาที่ปากขวดแล้วเทลง plate sterile 20 ml ปล่อยให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวเป็นแล้วใช้ในงานวิจัยต่อไป

3.2.2 วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์และรา

เตรียมอาหาร Sabouraud Dextrose Agar (SDA) 52 g ละลายในน้ำกลั่น 800 ml จากนั้นให้ความร้อนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปิดฝาขวดให้สนิทแล้วนำไปใส่ autoclave 121 °C เป็นเวลา 20 นาที นำออกมาวางไว้ใน hoot ให้อุณหภูมิประมาณ 50 °C แล้วเปิดฝาออกใช้แก๊สเผาที่ปากขวดแล้วเทลง plate sterile 20 ml ปล่อยให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวเป็นแล้วใช้ในงานวิจัยต่อไป

3.3.3 วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ *S. aureus*

เตรียมอาหาร Mannitol salt agar (MSA) 86.4 g ละลายในน้ำกลั่น 800 ml จากนั้นให้ความร้อนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปิดฝาขวดให้สนิทแล้วนำไปใส่ autoclave 121 °C เป็นเวลา 20 นาที นำออกมาวางไว้ใน hoot ให้อุณหภูมิประมาณ 50 °C แล้วเปิดฝาออกใช้แก๊สเผาที่ปากขวดแล้วเทลง plate sterile 20 ml ปล่อยให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวเป็นแล้วใช้ในงานวิจัยต่อไป

3.2.4. วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ *E. coli*

เตรียมอาหาร Eosin methylene blue (EMB) 28.8 g ละลายในน้ำกลั่น 800 ml จากนั้นให้ความร้อนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปิดฝาขวดให้สนิทแล้วนำไปใส่ autoclave 121 °C เป็นเวลา 20 นาที นำออกมาวางไว้ใน hoot ให้อุณหภูมิประมาณ 50 °C แล้วเปิดฝาออกใช้แก๊สเผาที่ปากขวดแล้วเทลง plate sterile 20 ml ปล่อยให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวเป็นแล้วใช้ในงานวิจัยต่อไป

3.2.4. วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ *salmonella*

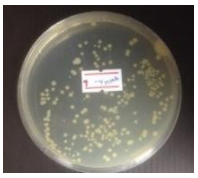
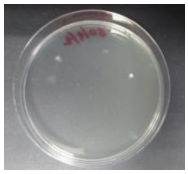
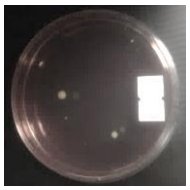
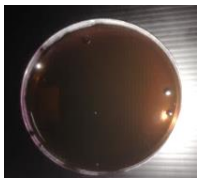
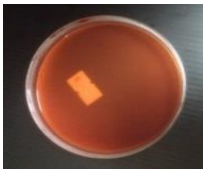
เตรียมอาหาร Xylose lysine deoxycholate agar (XLD) 45.34 g ละลายในน้ำกลั่น 800 ml จากนั้นให้ความร้อนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปิดฝาขวดให้สนิทแล้วนำไปใส่ autoclave 121 °C เป็นเวลา 20 นาที นำออกมาวางไว้ใน hoot ให้อุณหภูมิประมาณ 50 °C แล้วเปิดฝาออกใช้

แก๊สเผาที่ปากขวดแล้วเทลง plate sterile 20 ml ปล่อยให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวเป็นแล้วใช้ในงานวิจัยต่อไป

3.2.6. วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ *Clostridium*

นำน้ำกลั่นไป autoclave 121 °C เป็นเวลา 20 นาที จากนั้น เตรียม Tryptose Sulfite Cycloserine (TSC) 39.75 g ละลายในน้ำกลั่น 800 ml จากนั้นให้ความร้อนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำออกมาวางไว้ใน hoot ให้อุณหภูมิประมาณ 50°C แล้วเปิดฝาออกใช้แก๊สเผาที่ปากขวดแล้วเทลง plate sterile 20 ml ปล่อยให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวเป็นแล้วใช้ในงานวิจัยต่อไป

3.3 ลักษณะโลโลนีของอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด

ชื่อเชื้อ	ลักษณะโคโลนี	ช่วงที่กำหนด	รูปภาพ
แบคทีเรีย	Single colony ของ S.aureus โคโลนีจะมีลักษณะกลมสีเหลืองทอง รอบโคโลนีมีสีเหลือง	30 – 300 โคโลนี	
ยีสต์รา	Single colony ของ S.aureus โคโลนีจะมีลักษณะกลมสีเหลืองทอง รอบโคโลนีมีสีเหลือง	30 – 300 โคโลนี	
S. aureus	Single colony ของ S.aureus โคโลนีจะมีลักษณะกลมสีเหลืองทอง รอบโคโลนีมีสีเหลือง	ไม่พบใน 0.1 ml	
E. coli	Single colony ที่เป็นลักษณะเฉพาะ ของ E.coli โคโลนีจะมีลักษณะสีม่วงเข้ม มันวาวคล้ายโลหะ	ต้องไม่พบในผลิตภัณฑ์	
salmonella	Single colony ที่เป็นลักษณะเฉพาะ ของ Salmonella โคโลนีจะมีลักษณะสีชมพูหรือสีแดง อาจพบจุดหรือไม่พบจุดตรงกลาง	ไม่พบใน 25 ml	
Clostridium	Single colony ที่เป็นลักษณะเฉพาะ ของ Clostridium โคโลนีจะมีลักษณะกลมสีดำ มีหรือไม่มีโซนขุ่นล้อมรอบ	ไม่เกิน 100 ใน 1 ml	-

3.4 ตารางแสดงปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์

วันเริ่มต้น												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10
-1	33.33	1.52	333.33	2.52	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	333.33	2.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 7 ที่ อุณหภูมิ 4 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10
-1	115.47	2.06	33.33	1.52	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	5196.15	3.72	1333.33	3.12	0	0	0	0	0	0	0	0
-3	0	0	10000.00	4.00	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 7 ที่ อุณหภูมิ 25 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu /ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10
-1	400	2.60	66.67	1.82	66.67	1.82	0	0	0	0	0	0
-2	5000	3.70	1333.33	3.12	0	0	0	0	0	0	0	0
-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 7 ที่ อุณหภูมิ 40 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10
-1	466.67	2.67	66.67	1.82	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	666.67	2.82	333.33	2.52	0	0	0	0	0	0	0	0
-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 14 ที่ อุณหภูมิ 4 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10
-1	666.67	2.82	133.33	2.12	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	3333.33	3.52	1000.0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
-3	0	0	10000.0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 14 ที่ อุณหภูมิ 25 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10
-1	800	2.90	577.35	2.76	66.67	1.82	0	0	0	0	0	0
-2	0	0	4618.80	3.66	666.67	2.82	0	0	0	0	0	0
-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 14 ที่ อุณหภูมิ 40 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10
-1	466.67	2.67	200.00	2.30	133.33	2.12	133.33	2.1	0	0	0	0
-2	4000.00	3.60	333.33	2.52	0	0	0	0	0	0	0	0
-3	0	0	10000.00	4.00	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 21 ที่ อุณหภูมิ 4 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10
-1	4933.33	3.69	1266.67	3.10	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	30000.00	4.48	3333.33	3.52	0	0	0	0	0	0	0	0
-3	50000.00	4.70	6666.67	3.82	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	600000.00	5.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 21 ที่ อุณหภูมิ 25 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10
-1	3966.67	3.60	666.67	2.82	33.33	1.52	0	0	0	0	200	2.30
-2	52000.00	4.72	1333.33	3.12	0	0	0	0	0	0	1333.33	3.12
-3	140000.00	5.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	166666.67	5.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 21 ที่ อุณหภูมิ 40 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10
-1	4566.67	3.66	900.00	2.95	33.33	1.52	0	0	0	0	133.33	2.12
-2	47333.33	4.68	333.33	2.52	1666.67	3.22	0	0	0	0	1333.33	3.12
-3	306666.67	5.49	10000	4	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	4566.67	3.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 30 ที่ อุณหภูมิ 4 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10
-1	6500	3.81	33.33333	1.52287875	833.33	2.92	233.33	2.37	0	0	233.33	2.37
-2	66666.67	4.82	0	0	2666.67	3.43	0	0	0	0	0	0
-3	636666.7	5.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	400000	5.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 30 ที่ อุณหภูมิ 25 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log 10	Cfu/ml	Log10	Cfu/ml	Log10	Cfu/ml	Log10
-1	4666.67	3.67	233.33	2.37	433.33	2.64	800.00	2.90	0	0	251.66	2.40
-2	47333.33	4.68	2000.00	3.30	666.67	2.87	5666.67	3.75	0	0	1154.70	3.06
-3	460000.00	5.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	366666.67	5.56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

วันที่ 30 ที่ อุณหภูมิ 40 °C												
dilution	MHA		SDA		EMB		MSA		TSC		XLD	
	Cfu/ml	Log10	Cfu/ml	Log10	Cfu/ml	Log10	Cfu/ml	Log10	Cfu/ml	Log10	Cfu/ml	Log10
-1	8000	3.90	200	2.30	233.33	2.37	466.67	2.67	0	0	333.33	2.52
-2	24666.67	4.39	1666.67	3.22	3000.00	3.48	3666.67	3.56	0	0	1333.33	3.12
-3	123333.33	5.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	266666.67	5.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4. ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
หนังสือฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

ชื่อข้อเสนอการวิจัย ภาษาไทย	การพัฒนาเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง
ชื่อข้อเสนอการวิจัย ภาษาอังกฤษ	DEVELOPMENT OF JELLY BEVERAGE FOR HEALTH CARE CONTAINING AMARANTHUS VIRIDIS AND CORDYCEPS MILITARIS CRUDE EXTRACTS.
รหัสข้อเสนอการวิจัย	UBU – REC – 30 / 2561
สังกัด	คณะเภสัชศาสตร์
ผู้วิจัยหลัก	นายนำพล แปนเมือง
หมายเลขใบรับรอง	UBU – REC – 30 / 2561
วันที่ให้ใบรับรอง	31 สิงหาคม 2561
วันหมดอายุใบรับรอง	1 กันยายน 2562

ข้อเสนอการวิจัยดังกล่าวนี้ ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีแล้ว คณะกรรมการ ฯ มีความเห็นว่า ข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการ มีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้องเล็ก คุณวราติศัย)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
31 ส.ค. 2561

5. แบบประเมินระดับความพึงพอใจ

หัวข้อวิจัย : เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

<u>คำชี้แจง</u>

แบบสอบถามฉบับนี้ใช้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบการศึกษาค้นคว้าและทดลองในระดับปริญญาโท สาขาศาสตร์แห่งเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์สุขภาพ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง ผลการวิจัยครั้งนี้จะนำมาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทองในเชิงพานิชย์ต่อไป คำตอบของท่านมีคุณค่าอย่างยิ่งต่องานวิจัย ข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงและสมบูรณ์จะช่วยให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความถูกต้อง ผู้วิจัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดตอบแบบสอบถามตามความพึงพอใจของท่านอย่างรอบคอบให้ครบทุกข้อ และผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลที่ได้รับจากท่าน ไว้เป็นความลับ โดยจะนำไปใช้เพื่อสรุปผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น แบบสอบถามนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน มีจำนวน 2 หน้า

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 4 ข้อ

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพตำรับ A

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพตำรับ B

ส่วนที่ 4 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

รหัส.....

ส่วนที่ 1 **ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม**

คำชี้แจง **โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความจริงมากที่สุด**

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 21 - 30ปี

☐ 31 - 40 ปี ☐ 41 - 50 ปี

☐ 51 ปี ขึ้นไป

3. **อาชีพ**

☐ นักเรียน / นักศึกษา ☐ ข้าราชการ /พนักงานรัฐวิสาหกิจ

☐ พนักงานบริษัท ☐ ประกอบธุรกิจส่วนตัว

☐ พ่อบ้าน /แม่บ้าน ☐ อื่นๆ

4. **รายได้ / เดือน**

☐ ต่ำกว่า 10,000บาท ☐ 10,001 - 15,000บาท

☐ 15,001 - 20,000 บาท ☐ 20,001 - 25,000 บาท

☐ 25,001 - 30,000 บาท ☐ มากกว่า 30,000

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความพึงพอใจที่ตรงกับท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพตำรับ A

หัวข้อทดสอบความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์	**ระดับความพึงพอใจ**				
	พอใจมากที่สุด 5	**พอใจมาก 4**	**พอใจปานกลาง 3**	**พอใจน้อย 2**	**พอใจน้อยที่สุด 1**
รสชาติ (หวาน)					
กลิ่น					
เนื้อสัมผัส					
สี (เหลืองทองใส)					
ความชอบโดยรวม					
บรรจุภัณฑ์ (ถุงฟล์อยมีฝาจุก)					

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพตำรับ B

หัวข้อทดสอบความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์	**ระดับความพึงพอใจ**				
	พอใจมากที่สุด 5	**พอใจมาก 4**	**พอใจปานกลาง 3**	**พอใจน้อย 2**	**พอใจน้อยที่สุด 1**
รสชาติ (หวาน)					
กลิ่น					
เนื้อสัมผัส					
สี (เหลืองทองใส)					
ความชอบโดยรวม					
บรรจุภัณฑ์ (ถุงฟล์อยมีฝาจุก)					

ส่วนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่กรุณาเสียสละเวลาในการตอบแบบสอบถามอย่างครบถ้วน

6. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง

6.1 ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยด้านเพศ

หัวข้อการประเมิน	เพศ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
รสชาติ	ชาย	42	4.4286	.66783	.10305
	หญิง	108	3.9074	.80346	.07731
	Total	150	4.0533	.80089	.06539
กลิ่น	ชาย	42	4.4524	.70546	.10886
	หญิง	108	3.7130	1.00514	.09672
	Total	150	3.9200	.98662	.08056
เนื้อสัมผัส	ชาย	42	4.5714	.63025	.09725
	หญิง	108	4.2407	.72176	.06945
	Total	150	4.3333	.71105	.05806
สี	ชาย	42	4.6905	.46790	.07220
	หญิง	108	4.4259	.77585	.07466
	Total	150	4.5000	.71184	.05812
ความชอบโดยรวม	ชาย	42	4.5952	.54368	.08389
	หญิง	108	4.0278	.88030	.08471
	Total	150	4.1867	.83856	.06847
บรรจุภัณฑ์	ชาย	42	4.3333	.61154	.09436
	หญิง	108	3.9444	.90516	.08710
	Total	150	4.0533	.84969	.06938

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	**กลุ่ม**	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
รสชาติ	Between Groups	8.214	1	8.214	13.915	.000*
	Within Groups	87.360	148	.590		
	Total	95.573	149			
กลิ่น	Between Groups	16.533	1	16.533	19.041	.000*
	Within Groups	128.507	148	.868		

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	**กลุ่ม**	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
	Total	145.040	149			
เนื้อสัมผัส	Between Groups	3.307	1	3.307	6.795	.010*
	Within Groups	72.026	148	.487		
	Total	75.333	149			
สี	Between Groups	2.116	1	2.116	4.268	.041*
	Within Groups	73.384	148	.496		
	Total	75.500	149			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	9.738	1	9.738	15.164	.000*
	Within Groups	95.036	148	.642		
	Total	104.773	149			
บรรจุภัณฑ์	Between Groups	4.573	1	4.573	6.571	.011*
	Within Groups	103.000	148	.696		
	Total	107.573	149			

6.2 ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยด้านสถานที่

หัวข้อการประเมิน	**สถานที่**	**N**	**Mean**	**Std. Deviation**	**Std. Error**
รสชาติ	ubu	50	4.1000	.64681	.09147
	ubru	50	3.4600	.76158	.10770
	village	50	4.6000	.53452	.07559
	Total	150	4.0533	.80089	.06539
กลิ่น	ubu	50	4.1000	.76265	.10785
	ubru	50	3.1000	.95298	.13477
	village	50	4.5600	.57711	.08162
	Total	150	3.9200	.98662	.08056
เนื้อสัมผัส	ubu	50	4.2800	.70102	.09914
	ubru	50	4.0400	.72731	.10286
	village	50	4.6800	.55107	.07793

หัวข้อการประเมิน	สถานที่	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
	Total	150	4.3333	.71105	.05806
สี	ubu	50	4.3800	.69664	.09852
	ubru	50	4.3000	.83910	.11867
	village	50	4.8200	.43753	.06188
	Total	150	4.5000	.71184	.05812
ความชอบโดยรวม	ubu	50	4.2400	.68690	.09714
	ubru	50	3.6000	.88063	.12454
	village	50	4.7200	.49652	.07022
	Total	150	4.1867	.83856	.06847
บรรจุภัณฑ์	ubu	50	4.0800	.85332	.12068
	ubru	50	3.6200	.85452	.12085
	village	50	4.4600	.61312	.08671
	Total	150	4.0533	.84969	.06938

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	กลุ่ม	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
รสชาติ	Between Groups	32.653	2	16.327	38.144	.000*
	Within Groups	62.920	147	.428		
	Total	95.573	149			
กลิ่น	Between Groups	55.720	2	27.860	45.851	.000*
	Within Groups	89.320	147	.608		
	Total	145.040	149			
เนื้อสัมผัส	Between Groups	10.453	2	5.227	11.842	.000*
	Within Groups	64.880	147	.441		
	Total	75.333	149			
สี	Between Groups	7.840	2	3.920	8.517	.000*
	Within Groups	67.660	147	.460		
	Total	75.500	149			

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	**กลุ่ม**	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความชอบโดยรวม	Between Groups	31.573	2	15.787	31.703	.000*
	Within Groups	73.200	147	.498		
	Total	104.773	149			
บรรจุภัณฑ์	Between Groups	17.693	2	8.847	14.469	.000*
	Within Groups	89.880	147	.611		
	Total	107.573	149			

6.3 ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยด้านอายุ

หัวข้อการประเมิน	**ช่วงอายุ**	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
รสชาติ	21-30	92	3.8152	.79738	.08313
	31-40	11	4.4545	.68755	.20730
	41-50	30	4.4000	.67466	.12318
	>51	17	4.4706	.62426	.15141
	Total	150	4.0533	.80089	.06539
กลิ่น	21-30	92	3.5761	1.01887	.10622
	31-40	11	4.6364	.50452	.15212
	41-50	30	4.4000	.67466	.12318
	>51	17	4.4706	.62426	.15141
	Total	150	3.9200	.98662	.08056
เนื้อสัมผัส	21-30	92	4.2174	.69260	.07221
	31-40	11	4.6364	.50452	.15212
	41-50	30	4.5000	.73108	.13348
	>51	17	4.4706	.79982	.19398
	Total	150	4.3333	.71105	.05806
สี	21-30	92	4.3913	.74060	.07721
	31-40	11	4.9091	.30151	.09091
	41-50	30	4.6667	.54667	.09981

หัวข้อการประเมิน	ช่วงอายุ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
	>51	17	4.5294	.87447	.21209
	Total	150	4.5000	.71184	.05812
ความชอบโดยรวม	21-30	92	3.9674	.84452	.08805
	31-40	11	4.6364	.50452	.15212
	41-50	30	4.5667	.67891	.12395
	>51	17	4.4118	.87026	.21107
	Total	150	4.1867	.83856	.06847
บรรจุภัณฑ์	21-30	92	3.8261	.84657	.08826
	31-40	11	4.6364	.67420	.20328
	41-50	30	4.4333	.72793	.13290
	>51	17	4.2353	.75245	.18250
	Total	150	4.0533	.84969	.06938

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	กลุ่ม	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
รสชาติ	Between Groups	13.552	3	4.517	8.041	.000*
	Within Groups	82.021	146	.562		
	Total	95.573	149			
กลิ่น	Between Groups	28.592	3	9.531	11.949	.000*
	Within Groups	116.448	146	.798		
	Total	145.040	149			
เนื้อสัมผัส	Between Groups	3.400	3	1.133	2.301	.080
	Within Groups	71.933	146	.493		
	Total	75.333	149			
สี	Between Groups	3.776	3	1.259	2.562	.057
	Within Groups	71.724	146	.491		

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	**กลุ่ม**	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
	Total	75.500	149			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	11.841	3	3.947	6.201	.001*
	Within Groups	92.932	146	.637		
	Total	104.773	149			
บรรจุภัณฑ์	Between Groups	13.385	3	4.462	6.916	.000*
	Within Groups	94.188	146	.645		
	Total	107.573	149			

6.4 ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยด้านอาชีพ

หัวข้อการประเมิน	**อาชีพ**	**N**	**Mean**	**Std. Deviation**	**Std. Error**
รสชาติ	นักเรียน/นักศึกษา	75	3.6667	.77692	.08971
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	11	4.0000	.63246	.19069
	พนักงานบริษัท	5	4.4000	.54772	.24495
	ธุรกิจส่วนตัว	16	4.6875	.47871	.11968
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	4.2105	.71328	.16364
	อื่นๆ	24	4.6667	.48154	.09829
	Total	150	4.0533	.80089	.06539
กลิ่น	นักเรียน/นักศึกษา	75	3.3867	.95710	.11052
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	11	4.0909	.94388	.28459
	พนักงานบริษัท	5	4.4000	.54772	.24495
	ธุรกิจส่วนตัว	16	4.7500	.44721	.11180
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	4.2632	.73349	.16827
	อื่นๆ	24	4.5833	.58359	.11913
	Total	150	3.9200	.98662	.08056
เนื้อสัมผัส	นักเรียน/นักศึกษา	75	4.1200	.69671	.08045
	ข้าราชการ/พนักงาน	11	4.1818	.75076	.22636

หัวข้อการประเมิน	อาชีพ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
	รัฐวิสาหกิจ				
	พนักงานบริษัท	5	4.6000	.54772	.24495
	ธุรกิจส่วนตัว	16	4.6875	.60208	.15052
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	4.2632	.80568	.18484
	อื่นๆ	24	4.8333	.38069	.07771
	Total	150	4.3333	.71105	.05806
สี	นักเรียน/นักศึกษา	75	4.3067	.77063	.08898
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	11	4.3636	.92442	.27872
	พนักงานบริษัท	5	4.8000	.44721	.20000
	ธุรกิจส่วนตัว	16	4.9375	.25000	.06250
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	4.4737	.69669	.15983
	อื่นๆ	24	4.8333	.38069	.07771
	Total	150	4.5000	.71184	.05812
ความชอบโดยรวม	นักเรียน/นักศึกษา	75	3.8267	.82811	.09562
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	11	4.0000	1.00000	.30151
	พนักงานบริษัท	5	4.6000	.54772	.24495
	ธุรกิจส่วนตัว	16	4.7500	.44721	.11180
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	4.4211	.76853	.17631
	อื่นๆ	24	4.7500	.44233	.09029
	Total	150	4.1867	.83856	.06847
บรรจุภัณฑ์	นักเรียน/นักศึกษา	75	3.7333	.87508	.10105
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	11	4.3636	.80904	.24393
	พนักงานบริษัท	5	4.4000	.54772	.24495
	ธุรกิจส่วนตัว	16	4.5000	.51640	.12910
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	4.2105	.85498	.19615
	อื่นๆ	24	4.4167	.65386	.13347
	Total	150	4.0533	.84969	.06938

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	**กลุ่ม**	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
รสชาติ	Between Groups	27.778	5	5.556	11.800	.000*
	Within Groups	67.795	144	.471		
	Total	95.573	149			
กลิ่น	Between Groups	46.627	5	9.325	13.645	.000*
	Within Groups	98.413	144	.683		
	Total	145.040	149			
เนื้อสัมผัส	Between Groups	12.122	5	2.424	5.523	.000*
	Within Groups	63.211	144	.439		
	Total	75.333	149			
สี	Between Groups	9.200	5	1.840	3.996	.002*
	Within Groups	66.300	144	.460		
	Total	75.500	149			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	24.695	5	4.939	8.882	.000*
	Within Groups	80.078	144	.556		
	Total	104.773	149			
บรรจุภัณฑ์	Between Groups	16.170	5	3.234	5.095	.000*
	Within Groups	91.403	144	.635		
	Total	107.573	149			

6.5 ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยด้านรายได้

หัวข้อการประเมิน	รายได้	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
รสชาติ	<10000	96	3.8646	.82869	.08458
	10000-15000	25	4.4000	.64550	.12910
	15001-20000	17	4.7059	.46967	.11391
	20001-25000	7	4.0000	.57735	.21822
	25001-30000	3	4.0000	.00000	.00000
	>30000	2	3.5000	.70711	.50000
	Total	150	4.0533	.80089	.06539
กลิ่น	<10000	96	3.6875	1.02918	.10504
	10000-15000	25	4.3600	.70000	.14000
	15001-20000	17	4.4706	.87447	.21209
	20001-25000	7	4.2857	.48795	.18443
	25001-30000	3	4.3333	.57735	.33333
	>30000	2	3.0000	.00000	.00000
	Total	150	3.9200	.98662	.08056
เนื้อสัมผัส	<10000	96	4.2188	.72842	.07434
	10000-15000	25	4.6800	.47610	.09522
	15001-20000	17	4.6471	.60634	.14706
	20001-25000	7	4.1429	.89974	.34007
	25001-30000	3	4.0000	.00000	.00000
	>30000	2	4.0000	1.41421	1.00000
	Total	150	4.3333	.71105	.05806
สี	<10000	96	4.4271	.73620	.07514
	10000-15000	25	4.6400	.56862	.11372
	15001-20000	17	4.7647	.56230	.13638
	20001-25000	7	4.2857	1.11270	.42056
	25001-30000	3	4.6667	.57735	.33333
	>30000	2	4.5000	.70711	.50000
	Total	150	4.5000	.71184	.05812
ความชอบโดยรวม	<10000	96	4.0104	.87653	.08946
	10000-15000	25	4.6000	.50000	.10000
	15001-20000	17	4.7647	.56230	.13638
	20001-25000	7	3.8571	.89974	.34007

	25001-30000	3	4.3333	.57735	.33333
	>30000	2	3.5000	.70711	.50000
	Total	150	4.1867	.83856	.06847
บรรจุภัณฑ์	<10000	96	3.8125	.87434	.08924
	10000-15000	25	4.5200	.50990	.10198
	15001-20000	17	4.5294	.62426	.15141
	20001-25000	7	4.1429	.89974	.34007
	25001-30000	3	4.6667	.57735	.33333
	>30000	2	4.5000	.70711	.50000
	Total	150	4.0533	.84969	.06938

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	**กลุ่ม**	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
รสชาติ	Between Groups	14.304	5	2.861	5.069	.000*
	Within Groups	81.269	144	.564		
	Total	95.573	149			
กลิ่น	Between Groups	18.324	5	3.665	4.165	.001*
	Within Groups	126.716	144	.880		
	Total	145.040	149			
เนื้อสัมผัส	Between Groups	6.748	5	1.350	2.833	.018*
	Within Groups	68.586	144	.476		
	Total	75.333	149			
สี	Between Groups	2.596	5	.519	1.026	.405
	Within Groups	72.904	144	.506		
	Total	75.500	149			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	14.701	5	2.940	4.701	.001*
	Within Groups	90.072	144	.626		
	Total	104.773	149			

บรรจุภัณฑ์	Between Groups	16.449	5	3.290	5.199	.000*
	Within Groups	91.124	144	.633		
	Total	107.573	149			

7. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

7.1 ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยด้านเพศ

หัวข้อการประเมิน	เพศ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
รสชาติ	ชาย	42	3.7143	1.08843	.16795
	หญิง	108	3.1759	1.15061	.11072
	Total	150	3.3267	1.15565	.09436
กลิ่น	ชาย	42	4.0238	.97501	.15045
	หญิง	108	3.5000	1.08084	.10400
	Total	150	3.6467	1.07527	.08780
เนื้อสัมผัส	ชาย	42	4.0238	1.09295	.16865
	หญิง	108	3.7500	.94844	.09126
	Total	150	3.8267	.99493	.08124
สี	ชาย	42	4.3333	.65020	.10033
	หญิง	108	4.1204	.85070	.08186
	Total	150	4.1800	.80327	.06559
ความชอบโดยรวม	ชาย	42	4.0476	.96151	.14836
	หญิง	108	3.6574	.92889	.08938
	Total	150	3.7667	.95127	.07767
บรรจุภัณฑ์	ชาย	42	3.7619	.87818	.13551
	หญิง	108	3.6667	.86468	.08320
	Total	150	3.6933	.86658	.07076

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	**กลุ่ม**	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
รสชาติ	Between Groups	8.764	1	8.764	6.819	.010*

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	**กลุ่ม**	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	Within Groups	190.229	148	1.285		
	Total	198.993	149			
กลิ่น	Between Groups	8.297	1	8.297	7.489	.007*
	Within Groups	163.976	148	1.108		
	Total	172.273	149			
เนื้อสัมผัส	Between Groups	2.267	1	2.267	2.310	.131
	Within Groups	145.226	148	.981		
	Total	147.493	149			
สี	Between Groups	1.371	1	1.371	2.142	.145
	Within Groups	94.769	148	.640		
	Total	96.140	149			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	4.604	1	4.604	5.233	.024*
	Within Groups	130.229	148	.880		
	Total	134.833	149			
บรรจุภัณฑ์	Between Groups	.274	1	.274	.364	.547
	Within Groups	111.619	148	.754		
	Total	111.893	149			

7.2 ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยด้านสถานที่

หัวข้อการประเมิน	**สถานที่**	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
รสชาติ	ubu	50	3.2200	1.09339	.15463
	ubru	50	2.5200	.97395	.13774
	village	50	4.2400	.62466	.08834
	Total	150	3.3267	1.15565	.09436
กลิ่น	ubu	50	3.7200	1.03095	.14580
	ubru	50	3.0400	1.12413	.15898

	village	50	4.1800	.71969	.10178
	Total	150	3.6467	1.07527	.08780
เนื้อสัมผัส	ubu	50	3.8200	1.10083	.15568
	ubru	50	3.4200	.94954	.13429
	village	50	4.2400	.74396	.10521
	Total	150	3.8267	.99493	.08124
สี	ubu	50	4.2400	.71600	.10126
	ubru	50	3.8800	.93982	.13291
	village	50	4.4200	.64175	.09076
	Total	150	4.1800	.80327	.06559
ความชอบโดยรวม	ubu	50	3.7400	.94351	.13343
	ubru	50	3.2200	.88733	.12549
	village	50	4.3400	.65807	.09307
	Total	150	3.7667	.95127	.07767
บรรจุภัณฑ์	ubu	50	3.7600	.93808	.13266
	ubru	50	3.3000	.73540	.10400
	village	50	4.0200	.76904	.10876
	Total	150	3.6933	.86658	.07076

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	**สถานที่**	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
รสชาติ	Between Groups	74.813	2	37.407	44.281	.000*
	Within Groups	124.180	147	.845		
	Total	198.993	149			
กลิ่น	Between Groups	32.893	2	16.447	17.346	.000*
	Within Groups	139.380	147	.948		
	Total	172.273	149			
เนื้อสัมผัส	Between Groups	16.813	2	8.407	9.457	.000*
	Within Groups	130.680	147	.889		
	Total	147.493	149			

สี	Between Groups	7.560	2	3.780	6.273	.002*
	Within Groups	88.580	147	.603		
	Total	96.140	149			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	31.413	2	15.707	22.325	.000*
	Within Groups	103.420	147	.704		
	Total	134.833	149			
บรรจุภัณฑ์	Between Groups	13.293	2	6.647	9.909	.000*
	Within Groups	98.600	147	.671		
	Total	111.893	149			

7.3 ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยด้านรายได้

หัวข้อการประเมิน	รายได้	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
รสชาติ	<10000	96	3.0938	1.18835	.12129
	10000-15000	25	3.6400	1.15036	.23007
	15001-20000	17	4.1176	.48507	.11765
	20001-25000	7	3.2857	1.11270	.42056
	25001-30000	3	3.3333	.57735	.33333
	>30000	2	4.0000	1.41421	1.00000
	Total	150	3.3267	1.15565	.09436
กลิ่น	<10000	96	3.5104	1.14243	.11660
	10000-15000	25	4.0400	.97809	.19562
	15001-20000	17	4.0000	.61237	.14852
	20001-25000	7	3.2857	1.11270	.42056
	25001-30000	3	4.0000	.00000	.00000
	>30000	2	3.0000	1.41421	1.00000
	Total	150	3.6467	1.07527	.08780
เนื้อสัมผัส	<10000	96	3.6354	1.05750	.10793
	10000-15000	25	4.2000	.95743	.19149
	15001-20000	17	4.2941	.46967	.11391
	20001-25000	7	3.8571	.69007	.26082

	25001-30000	3	4.0000	.00000	.00000
	>30000	2	4.0000	1.41421	1.00000
	Total	150	3.8267	.99493	.08124
สี	<10000	96	4.0521	.87503	.08931
	10000-15000	25	4.4400	.58310	.11662
	15001-20000	17	4.3529	.60634	.14706
	20001-25000	7	4.4286	.78680	.29738
	25001-30000	3	4.3333	.57735	.33333
	>30000	2	4.5000	.70711	.50000
	Total	150	4.1800	.80327	.06559
ความชอบโดยรวม	<10000	96	3.5938	1.00082	.10215
	10000-15000	25	4.1600	.94340	.18868
	15001-20000	17	4.2353	.56230	.13638
	20001-25000	7	3.4286	.53452	.20203
	25001-30000	3	4.0000	.00000	.00000
	>30000	2	4.0000	.00000	.00000
	Total	150	3.7667	.95127	.07767
บรรจุภัณฑ์	<10000	96	3.5104	.85833	.08760
	10000-15000	25	4.0800	.64031	.12806
	15001-20000	17	3.8235	1.07444	.26059
	20001-25000	7	4.1429	.69007	.26082
	25001-30000	3	4.0000	.00000	.00000
	>30000	2	4.5000	.70711	.50000
	Total	150	3.6933	.86658	.07076

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	กลุ่ม	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
B_tasty	Between Groups	19.217	5	3.843	3.079	.011*
	Within Groups	179.776	144	1.248		
	Total	198.993	149			
B_smell	Between Groups	9.895	5	1.979	1.755	.126

	Within Groups	162.378	144	1.128		
	Total	172.273	149			
B_texture	Between Groups	10.867	5	2.173	2.291	.049
	Within Groups	136.626	144	.949		
	Total	147.493	149			
B_color	Between Groups	4.477	5	.895	1.407	.225
	Within Groups	91.663	144	.637		
	Total	96.140	149			
B_total_satisfied	Between Groups	11.544	5	2.309	2.697	.023*
	Within Groups	123.289	144	.856		
	Total	134.833	149			
B_packaging	Between Groups	10.236	5	2.047	2.900	.016*
	Within Groups	101.657	144	.706		
	Total	111.893	149			

7.4 ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยด้านอายุ

หัวข้อการประเมิน	อายุ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
รสชาติ	21-30	92	2.8913	1.11391	.11613
	31-40	11	3.2727	.90453	.27273
	41-50	30	4.1667	.74664	.13632
	>51	17	4.2353	.75245	.18250
	Total	150	3.3267	1.15565	.09436
กลิ่น	21-30	92	3.3478	1.11370	.11611
	31-40	11	3.4545	.68755	.20730
	41-50	30	4.3000	.70221	.12821
	>51	17	4.2353	.90342	.21911
	Total	150	3.6467	1.07527	.08780
เนื้อสัมผัส	21-30	92	3.5978	1.02774	.10715
	31-40	11	3.6364	.92442	.27872
	41-50	30	4.2667	.73968	.13505

หัวข้อการประเมิน	อายุ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
	>51	17	4.4118	.79521	.19287
	Total	150	3.8267	.99493	.08124
สี	21-30	92	4.0652	.86195	.08986
	31-40	11	4.2727	.64667	.19498
	41-50	30	4.3667	.61495	.11227
	>51	17	4.4118	.79521	.19287
	Total	150	4.1800	.80327	.06559
ความชอบโดยรวม	21-30	92	3.5000	.96647	.10076
	31-40	11	3.6364	.50452	.15212
	41-50	30	4.3333	.80230	.14648
	>51	17	4.2941	.68599	.16638
	Total	150	3.7667	.95127	.07767
บรรจุภัณฑ์	21-30	92	3.5109	.79136	.08251
	31-40	11	4.0000	.77460	.23355
	41-50	30	4.0333	.88992	.16248
	>51	17	3.8824	1.05370	.25556
	Total	150	3.6933	.86658	.07076

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	สถานที่	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
รสชาติ	Between Groups	52.673	3	17.558	17.519	.000*
	Within Groups	146.320	146	1.002		
	Total	198.993	149			
กลิ่น	Between Groups	27.318	3	9.106	9.171	.000*
	Within Groups	144.956	146	.993		
	Total	172.273	149			
เนื้อสัมผัส	Between Groups	16.844	3	5.615	6.274	.000*
	Within Groups	130.649	146	.895		
	Total	147.493	149			

สี	Between Groups	3.265	3	1.088	1.711	.167
	Within Groups	92.875	146	.636		
	Total	96.140	149			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	21.092	3	7.031	9.025	.000*
	Within Groups	113.742	146	.779		
	Total	134.833	149			
บรรจุภัณฑ์	Between Groups	8.173	3	2.724	3.835	.011*
	Within Groups	103.721	146	.710		
	Total	111.893	149			

7.5 ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยด้านอาชีพ

หัวข้อการประเมิน	**อาชีพ**	**N**	**Mean**	**Std. Deviation**	**Std. Error**
รสชาติ	นักเรียน/นักศึกษา	75	2.7067	1.03680	.11972
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	11	3.0909	.83121	.25062
	พนักงานบริษัท	5	4.4000	.54772	.24495
	ธุรกิจส่วนตัว	16	3.8125	.40311	.10078
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	4.3158	.88523	.20308
	อื่นๆ	24	4.0417	1.04170	.21264
	Total	150	3.3267	1.15565	.09436
กลิ่น	นักเรียน/นักศึกษา	75	3.2267	1.10983	.12815
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	11	3.3636	.80904	.24393
	พนักงานบริษัท	5	4.4000	.54772	.24495
	ธุรกิจส่วนตัว	16	3.8125	.54391	.13598
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	4.5263	.77233	.17718
	อื่นๆ	24	4.1250	.94696	.19330
	Total	150	3.6467	1.07527	.08780
เนื้อสัมผัส	นักเรียน/นักศึกษา	75	3.5200	1.03140	.11910
	ข้าราชการ/พนักงาน	11	3.7273	.64667	.19498

หัวข้อการประเมิน	อาชีพ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
	รัฐวิสาหกิจ				
	พนักงานบริษัท	5	4.2000	.44721	.20000
	ธุรกิจส่วนตัว	16	4.0625	.68007	.17002
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	4.3158	.88523	.20308
	อื่นๆ	24	4.2083	1.06237	.21685
	Total	150	3.8267	.99493	.08124
สี	นักเรียน/นักศึกษา	75	4.0000	.90045	.10398
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	11	4.2727	.64667	.19498
	พนักงานบริษัท	5	4.8000	.44721	.20000
	ธุรกิจส่วนตัว	16	4.1875	.54391	.13598
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	4.2105	.78733	.18063
	อื่นๆ	24	4.5417	.58823	.12007
	Total	150	4.1800	.80327	.06559
ความชอบโดยรวม	นักเรียน/นักศึกษา	75	3.3467	.90782	.10483
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	11	3.7273	.46710	.14084
	พนักงานบริษัท	5	4.4000	.54772	.24495
	ธุรกิจส่วนตัว	16	4.0000	.51640	.12910
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	4.3684	.89508	.20535
	อื่นๆ	24	4.3333	.96309	.19659
	Total	150	3.7667	.95127	.07767
บรรจุภัณฑ์	นักเรียน/นักศึกษา	75	3.3867	.80360	.09279
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	11	4.0909	.70065	.21125
	พนักงานบริษัท	5	4.0000	.00000	.00000
	ธุรกิจส่วนตัว	16	3.8750	.95743	.23936
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	19	3.8947	1.10024	.25241
	อื่นๆ	24	4.1250	.61237	.12500
	Total	150	3.6933	.86658	.07076

ANOVA						
หัวข้อการประเมิน	**กลุ่ม**	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
รสชาติ	Between Groups	69.836	5	13.967	15.572	.000*
	Within Groups	129.157	144	.897		
	Total	198.993	149			
กลิ่น	Between Groups	37.582	5	7.516	8.036	.000*
	Within Groups	134.691	144	.935		
	Total	172.273	149			
เนื้อสัมผัส	Between Groups	16.790	5	3.358	3.700	.004*
	Within Groups	130.703	144	.908		
	Total	147.493	149			
สี	Between Groups	7.604	5	1.521	2.474	.035*
	Within Groups	88.536	144	.615		
	Total	96.140	149			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	30.710	5	6.142	8.494	.000*
	Within Groups	104.123	144	.723		
	Total	134.833	149			
บรรจุภัณฑ์	Between Groups	15.033	5	3.007	4.470	.001*
	Within Groups	96.860	144	.673		
	Total	111.893	149			

8. ผลงานตีพิมพ์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักงานส่งเสริมบริหารงานวิจัยฯ สำนักงานอธิการบดี โทร. ๓๐๓๕

ที่ ศธ ๐๕๒๙.๑.๔/๒๕๗๙ **วันที่** ๑๓ มิถุนายน ๒๕๖๑

เรื่อง ตอบรับการนำเสนอและตีพิมพ์ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ ๑๒

เรียน นายนำพล แปนเมือง

ตามที่ท่านส่งผลงานวิจัยเรื่อง **การพัฒนาเครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง** เพื่อร่วมนำเสนอผลงานวิจัย ประเภท Poster Presentation ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ ๑๒ วันที่ ๑๒-๑๓ กรกฎาคม พ.ศ.๒๕๖๑ ณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และประสงค์ตีพิมพ์ผลงานดังกล่าวในหนังสือประมวลบทความในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ ๑๒ (Proceedings) นั้น

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีขอแจ้งให้ทราบว่า ผลงานวิจัยของท่านผ่านการพิจารณาให้นำเสนอผลงานวิจัย และบทความจะได้รับการตีพิมพ์ในหนังสือประมวลบทความในการประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ ๑๒ (Proceedings) มีกำหนดเผยแพร่ในวันที่ ๓๑ กรกฎาคม พ.ศ.๒๕๖๑ เป็นต้นไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและพันธกิจสังคม
หัวหน้ากองบรรณาธิการการประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ ๑๒

Research and Innovation
for Quality of Life Improvement
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ประมวลบทความ
การประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 12
"วิจัยและนวัตกรรมเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิต"
ผลงานนำเสนอแบบโปสเตอร์
Proceedings
12-13 กรกฎาคม 2561
ณ อาคารเพ็ชรนครีรัมภา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
จังหวัดอุบลราชธานี
ประมวลบทความการประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 12 : ผลงานนำเสนอแบบโปสเตอร์
Research and Innovation
for Quality of Life Improvement
สำนักงานส่งเสริมและจัดการงานวิจัย บริการวิชาการ และทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม
สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
85 ถนนสถลมารค ตำบลเมืองศรีใต้ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี
โทรศัพท์ 0 4535 3035, 0 4535 3042
research@ubu.ac.th
http://www.ubu.ac.th/~sme/ubrc/

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายนำพล แปนเมือง
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 - 2560 แพทย์แผนไทยบัณฑิต สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ประวัติการวิจัย	ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยภายใต้โครงการยกระดับสมรรถนะนักวิจัยไทย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำงานวิจัย
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2559 - ปัจจุบัน - ฝึกประสบการณ์วิชาชีพด้านแพทย์แผนไทย ได้แก่ เวชกรรมไทย ผดุงครรภ์ไทย นวดไทยและเภสัชกรรมไทย ที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเฉลิมพระเกียรติบ้านยางน้อย อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี โรงพยาบาลขุขันธ์ จังหวัดศรีสะเกษ และโรงพยาบาลเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด - เป็นผู้ช่วยวิจัย รศ.ดร.วริษฎา ศิลาอ่อน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 ถึงปัจจุบัน โดยปฏิบัติงานวิจัยด้านการพัฒนาตำรับยาเม็ดและแผ่นฟิล์ม การทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของยาเม็ดและแผ่นฟิล์ม การสกัดแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะขาม การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เครื่องสำอาง เช่นตำรับ ครีม ซีรั่ม เจล และผลิตภัณฑ์เพื่อ สุขภาพเช่น เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ โดยวิธีใช้ความร้อน (Hot process) และไม่ใช้ความร้อน (Cold process)
ตำแหน่งงาน	ผู้ช่วยผู้วิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี