



การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า

กับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย

COMPARISON OF CHEMICAL COMPOSITION IN ROYAL JELLY FROM
WILDFLOWER POLLEN WITH THAILAND'S QUALITY STANDARDS

กมลภพ เสาวกุล

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2568

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า

กับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย

COMPARISON OF CHEMICAL COMPOSITION IN ROYAL JELLY FROM
WILDFLOWER POLLEN WITH THAILAND'S QUALITY STANDARDS

กมลภพ เสาวกุล

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2568

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง



หน้าอนุมัติการค้นคว้าอิสระ

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

การค้นคว้าอิสระเรื่อง การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่ากับ
มาตรฐานคุณภาพประเทศไทย

Comparison of Chemical Composition in Royal Jelly from
Wildflower Pollen with Thailand's Quality Standards

ผู้ประพันธ์ กมลภพ เสาวกุล

คณะกรรมการสอบ

อาจารย์ ดร.อาริญา สาริกะภูติ

รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรวรรณ สิทธิประภาพร

รองศาสตราจารย์ ดร.วงเดือน บัณฑิต

ประธานกรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรวรรณ สิทธิประภาพร)

คณบดี

.....
(อาจารย์ ดร.กานต์ วงศ์สุสวัสดิ์)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง “การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่ากับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย” ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายภาคส่วน

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรวรรณ สิริประภาพร อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิดตลอดกระบวนการดำเนินงานวิจัย ทั้งในด้านวิชาการ การออกแบบการทดลอง และการวางแผนทางการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียดรอบคอบ ด้วยความเมตตาและเอาใจใส่ตลอดกระบวนการศึกษา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อาริญา สาริกะภูติ และรองศาสตราจารย์ ดร.วงเดือน ปันดี กรรมการสอบ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำอันทรงคุณค่า ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาคุณภาพของงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง สำหรับความช่วยเหลือและการสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการศึกษาและวิจัย

ขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ที่เอื้อเฟื้อความร่วมมือในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างในงานวิจัยฉบับนี้

ขอแสดงความขอบคุณอย่างยิ่งต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (พิเศษ) ดร.วินัย สยอวรรณ และอาจารย์วิวรรณ ช่วยบำรุง ผู้เป็นทั้งหัวหน้างานและเพื่อนร่วมงาน ที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจ และเป็นพี่ปรึกษาทางวิชาชีพอย่างอบอุ่นตลอดระยะเวลาการศึกษาและดำเนินงานวิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนและครอบครัวอันเป็นที่รัก ที่คอยอยู่เคียงข้าง มอบกำลังใจและแรงสนับสนุนอันมั่นคง ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจในการก้าวผ่านทุกอุปสรรค จนสามารถสำเร็จการศึกษารั้งนี้ได้ดีด้วยดี

กมลภพ เสาวกุล

ชื่อเรื่องการค้นคว้าอิสระ	การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่ากับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย
ผู้ประพันธ์	กมลภพ เสาวกุล
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ)
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรวรรณ สิริธิประภาพร

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน และกรด 10-hydroxy-2-decenoic acid (10-HDA) ในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าในพื้นที่อำเภอมะนัง จังหวัดเชียงราย และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพประเทศไทย การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยเก็บตัวอย่างนมผึ้งจำนวน 3 ตัวอย่างจากฟาร์มผึ้งที่ได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มผึ้ง ซึ่งผลิตจากผึ้งพันธุ์ *Apis mellifera* ในเดือนสิงหาคม 2567 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl และวิเคราะห์ปริมาณ 10-HDA ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ $13.92 \pm 0.57\%$ และปริมาณ 10-HDA เฉลี่ยเท่ากับ $1.97 \pm 0.03\%$ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าขั้นต่ำตามมาตรฐานคุณภาพประเทศไทยที่กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 11% และ 1.5% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบสมมติฐานด้วย Wilcoxon Signed-Rank Test ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.055$) เมื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของตัวอย่างกับค่ามาตรฐาน สรุปได้ว่านมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าที่ศึกษา มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพประเทศไทย ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาและเพิ่มมูลค่านมผึ้งในอุตสาหกรรมสุขภาพและความงามของประเทศ

คำสำคัญ: นมผึ้ง, เกสรดอกไม้ป่า, โปรตีน, 10-HDA, มาตรฐานคุณภาพ, *Apis mellifera*

Independent Study Title Comparison of Chemical Composition in Royal Jelly from Wildflower Pollen with Thailand's Quality Standards

Author Kamonphop Saowakul

Degree Master of Science (Anti-Aging and Regenerative Science)

Advisor Associate Professor Phakharawat Sittiprapaporn, Ph. D.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the chemical composition, specifically the protein content and 10-hydroxy-2-decenoic acid (10-HDA), in royal jelly derived from wildflower pollen in Mae Sai District, Chiang Rai Province, and to compare the results with the Thai quality standard. Three samples were collected in August 2024 from *Apis mellifera* hives maintained on honey farms certified under Good Agricultural Practices (GAP) for beekeeping. Protein content was determined using the Kjeldahl method, and 10-HDA content was analyzed using High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The results showed an average protein content of $13.92 \pm 0.57\%$ and an average 10-HDA content of $1.97 \pm 0.03\%$, both exceeding the minimum thresholds of the Thai quality standard ($\geq 11\%$ for protein and $\geq 1.5\%$ for 10-HDA). However, statistical analysis using the Wilcoxon Signed-Rank Test revealed no significant difference ($p = 0.055$) between the sample medians and the standard values. In conclusion, the royal jelly from wildflower pollen examined in this study met the Thai quality standard, which is important for the development and value addition of royal jelly in the country's health and beauty industries.

Keywords: Royal Jelly, Wildflower Pollen, Protein, 10-HDA, Quality Standards, *Apis mellifera*

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ความสำคัญของการวิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.4 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.7 กรอบแนวคิดของการวิจัย	5
2 การทบทวนวรรณกรรม	6
2.1 ความรู้เกี่ยวกับนมผึ้ง	6
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้ง	7
2.3 คุณสมบัติหรือคุณประโยชน์ของนมผึ้งในด้านต่าง ๆ	9
2.4 ความปลอดภัยและข้อพึงระวังในการใช้นมผึ้ง	14
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของนมผึ้ง	14
2.6 มาตรฐานคุณภาพนมผึ้ง	17
3 ระเบียบวิธีวิจัย	21
3.1 รูปแบบการวิจัย	21
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	21
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	21
3.4 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	25
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล	29
3.6 สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล	29

สารบัญ

	หน้า
4 ผลของการศึกษา	31
4.1 ลักษณะทั่วไปของตัวอย่างนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า	31
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า	32
4.3 การเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย	33
4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	34
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุป	35
5.2 อภิปรายผล	35
5.3 ข้อเสนอแนะ	36
รายการอ้างอิง	38
ภาคผนวก	45
ภาคผนวก ก เอกสารรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มผึ้ง :	45
มกษ. 8200-2559	
ภาคผนวก ข ประกาศนียบัตรอบรมความปลอดภัยทางชีวภาพเบื้องต้น	46
ภาคผนวก ค ประกาศนียบัตรอบรมความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี	47
ภาคผนวก ง รายงานผลการทดสอบตัวอย่างนมผึ้ง	48
ภาคผนวก จ กราฟแสดงปริมาณโปรตีนและ 10-HDA ของตัวอย่างนมผึ้งจาก เกสรดอกไม้ป่า	51
ประวัติผู้ประพันธ์	52

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของนมผงสด	9
2.2 เปรียบเทียบมาตรฐานขององค์ประกอบนมผงในระดับประเทศและระดับนานาชาติ	20
4.1 ลักษณะทั่วไปของตัวอย่างนมผงจากเกสรดอกไม้ป่า	31
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของนมผงจากเกสรดอกไม้ป่า	32
4.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย	33
4.4 ผลการทดสอบสมมติฐาน: การเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย	34



สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย	5
3.1 เครื่องย่อยโปรตีนและชุดกำจัดไออกรด	22
3.2 เครื่องซังทศนิยม 4 ตำแหน่ง	23
3.3 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	24



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

นมผึ้งหรือรอยัลเจลลี่ (Royal Jelly) เป็นสารคัดหลั่งจากต่อม hypopharyngeal และ mandibular ของผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*) ใช้เป็นอาหารหลักสำหรับตัวอ่อนและผึ้งราชินี ซึ่งทำให้ผึ้งราชินีมีคุณสมบัติพิเศษ เช่น ขนาดใหญ่ อายุยืน และความสามารถในการสืบพันธุ์ตลอดชีวิต องค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้งมีความหลากหลาย เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ (Oršolić & Jazvinščak Jembrek, 2024) ซึ่งส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกจากนี้นมผึ้งยังได้รับความสนใจอย่างมากในฐานะผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีคุณสมบัติด้านการต้านอนุมูลอิสระ การลดการอักเสบ และการปกป้องเซลล์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการชะลอวัย (Kunugi & Mohammed Ali, 2019)

สารสำคัญที่เป็นเอกลักษณ์ของนมผึ้งคือกรด 10-hydroxy-2-decenoic acid (10-HDA) ซึ่งเป็นกรดไขมันเฉพาะที่ไม่พบในผลิตภัณฑ์ธรรมชาติอื่น ๆ 10-HDA มีบทบาทสำคัญในการบ่งชี้คุณภาพและความสดของนมผึ้ง (Collazo et al., 2021) รวมถึงมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น ฤทธิ์ด้านการอักเสบ (Yang et al., 2018) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Kocot et al., 2018) ฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Saad Al Shehri et al., 2023; Lin et al., 2020) เป็นต้น งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ปริมาณ 10-HDA ในนมผึ้งนั้นมีปริมาณไม่แน่นอน สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น แหล่งอาหารของผึ้ง ฤดูกาล และสภาพแวดล้อม ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อองค์ประกอบและคุณภาพนมผึ้ง เกสรดอกไม้ที่ผึ้งเก็บมานั้นทำหน้าที่เป็นแหล่งโภชนาการหลักสำหรับการผลิตนมผึ้ง โดยเป็นแหล่งของโปรตีน กรดไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและการผลิตนมผึ้ง (Khalfan Saeed Alwali Alkindi et al., 2024)

ความหลากหลายของแหล่งเกสรดอกไม้ โดยเฉพาะเกสรดอกไม้ป่า เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความซับซ้อนทางโภชนาการและองค์ประกอบของนมผึ้ง เกสรดอกไม้ป่ามีลักษณะเฉพาะที่สะท้อนถึงความหลากหลายของพืชพรรณในแหล่งธรรมชาติ การศึกษาเกี่ยวกับนมผึ้งในประเทศไทยพบว่า ผึ้งที่ได้รับเกสรดอกไม้เดี่ยวต่างชนิดกัน เช่น เกสรชา เกสรกาแฟ และเกสรสาบเสือ มีผลให้ปริมาณ 10-HDA ในนมผึ้งต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Pattamayutanon et al., 2018) ประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นมีภูมิอากาศที่เอื้อต่อความหลากหลายของพืชพรรณในป่าไม้ นมผึ้งที่ผลิตจากเกสรดอกไม้ป่า

จึงมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากนมผึ้งที่ผลิตจากเกสรดอกไม้เดี่ยว นอกจากนั้นแล้วยังมีงานวิจัยที่พบว่า ฤดูกาลเก็บเกี่ยวก็มีผลต่อองค์ประกอบในนมผึ้ง โดยนมผึ้งที่เก็บเกี่ยวช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม เป็นช่วงที่พืชในแหล่งป่าไม้อุดมสมบูรณ์ที่สุด ส่งผลต่อคุณภาพของนมผึ้ง โดยปริมาณโปรตีน 10-HDA และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในนมผึ้งช่วงนี้มีแนวโน้มสูงที่สุดในช่วงเวลานี้ (Kanelis et al., 2024; Emir, 2020)

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเกี่ยวกับนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าในประเทศไทยยังมีจำนวนจำกัด การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2548) ที่กำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับนมผึ้ง โดยคาดหวังว่าผลการศึกษานี้จะช่วยเพิ่มความเข้าใจในบทบาทของแหล่งเกสรดอกไม้ที่หลากหลายต่อองค์ประกอบในนมผึ้ง เป็นแนวทางสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมผึ้งที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในเชิงพาณิชย์และการแพทย์ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมสุขภาพและความงามที่ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ชะลอวัยต่อไป

1.2 ความสำคัญของการวิจัย

1.2.1 เพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า

1.2.2 เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมผึ้งในอุตสาหกรรมสุขภาพ ความงาม และการแพทย์

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน และปริมาณ 10-HDA ในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า

1.3.2 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่ากับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

1.4.1 องค์ประกอบทางเคมีส่วนของโปรตีนในนมผงจากเกสรดอกไม้ป่ามีปริมาณเพียงพอที่จะผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำตามมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย ที่กำหนดให้ปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 11

1.4.2 องค์ประกอบทางเคมีส่วนของปริมาณ 10-HDA ในนมผงจากเกสรดอกไม้ป่ามีปริมาณเพียงพอที่จะผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำตามมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย ที่กำหนดให้ปริมาณ 10-HDA ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1.5

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ขอบเขตด้านพื้นที่ ศึกษานมผงที่เก็บจากฟาร์มผึ้งในพื้นที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของพืชพรรณและเกสรดอกไม้อาตามธรรมชาติ โดยเก็บตัวอย่างจากฟาร์มผึ้งที่ได้รับการรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มผึ้ง: มกษ. 8200-2559

1.5.2 ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง ตัวอย่างนมผงถูกเก็บในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -2°C จนกว่าจะทำการส่งวิเคราะห์ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2568

1.5.3 ขอบเขตด้านเนื้อหาที่ศึกษา วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน และปริมาณ 10-HDA เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 นมผึ้ง หรือรอยัลเยลลี่ (Royal Jelly) หมายถึง สารคัดหลั่งที่ผลิตจากต่อม hypopharyngeal และ mandibular ของผึ้งงาน มีลักษณะเป็นสีครีมหรือขาวข้น ใช้เป็นอาหารสำหรับตัวอ่อนและผึ้งนางพญา

1.6.2 ผึ้งพันธุ์ หมายถึง สายพันธุ์หนึ่งของผึ้งที่มีชื่อภาษาไทยว่า “ผึ้งพันธุ์” และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า “*Apis mellifera*” ที่เลี้ยงไว้เพื่อผลิตน้ำผึ้ง ผลผลิต และการผสมเกสร

1.6.3 10-HDA หมายถึง 10-hydroxy-2-decenoic acid เป็นกรดไขมันที่พบเฉพาะในนมผึ้ง ใช้เป็นตัวชี้บ่งชี้คุณภาพและความสดของนมผึ้ง

1.6.4 ความชื้น หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่าง ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในนมผึ้ง

1.6.5 โปรตีน หมายถึง สารชีวโมเลกุลที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนหรือมีไนโตรเจนในโครงสร้าง โดยโปรตีนที่พบมากเป็นส่วนใหญ่ในนมผึ้งเป็นโปรตีนกลุ่มที่เรียกว่า Major Royal Jelly Proteins (MRJPs)

1.6.6 เกสรดอกไม้ม้า หมายถึง อาหารที่ผึ้งเก็บจากดอกไม้เพื่อนำไปใช้ในการผลิตนมผึ้ง โดยเป็นแหล่งโปรตีน ไขมัน และสารอาหารที่สำคัญต่อการผลิตนมผึ้ง

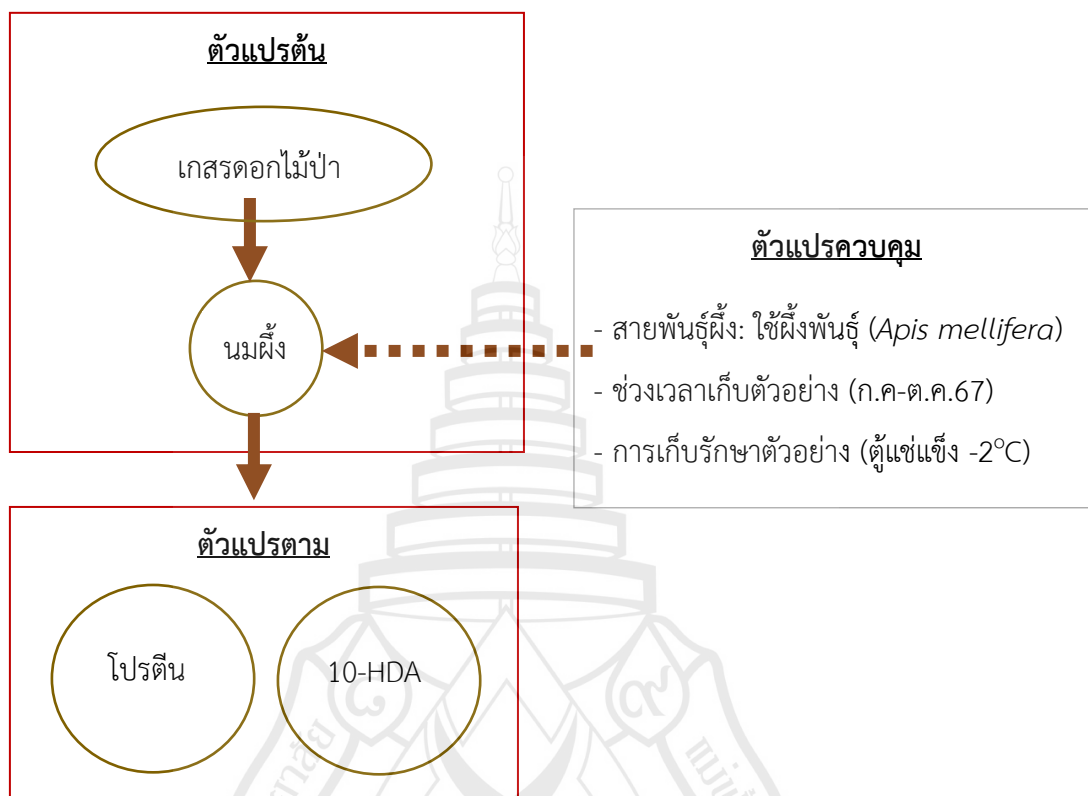
1.6.7 เกสรดอกไม้ป่า หมายถึง เกสรดอกไม้นานาพันธุ์จากแหล่งธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ พุ่มหญ้า หรือพื้นที่ธรรมชาติที่ไม่ได้จำกัดเฉพาะพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง ซึ่งมีความหลากหลายทางพฤกษศาสตร์และส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของนมผึ้งที่ผลิต

1.6.8 นมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า หมายถึง สารคัดหลั่งที่ผลิตจากต่อม hypopharyngeal และ mandibular ของผึ้งงาน ซึ่งใช้เกสรดอกไม้นานาพันธุ์จากแหล่งธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ พุ่มหญ้า หรือพื้นที่ธรรมชาติที่ไม่ได้จำกัดเฉพาะพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง เป็นแหล่งอาหารของผึ้งงานที่ผลิตนมผึ้ง มีลักษณะเป็นสีครีม เหลืองอ่อน หรือขาวข้น ใช้เป็นอาหารสำหรับตัวอ่อนและผึ้งนางพญา

1.6.9 คุณภาพนมผึ้งตามมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย หมายถึง นมผึ้งที่มีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 11 และปริมาณ 10-HDA ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1.5

1.6.10 มกษ.8200-2559 หมายถึง ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มผึ้ง มาตรฐานเลขที่ มกษ.8200-2559

1.7 กรอบแนวคิดของการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาเกี่ยวกับนมผึ้งได้รับความสนใจอย่างมากในวงการวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นสารธรรมชาติที่มีประโยชน์หลากหลาย ทั้งในด้านโภชนาการ การแพทย์ และอุตสาหกรรมความงาม งานวิจัยในช่วงที่ผ่านมามุ่งเน้นไปที่องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติหรือคุณประโยชน์ของนมผึ้งในด้านต่าง ๆ ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพ และมาตรฐานคุณภาพของนมผึ้ง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี ในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่ากับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย โดยในบทนี้จะทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

- 2.1 ความรู้เกี่ยวกับนมผึ้ง
- 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้ง
- 2.3 คุณสมบัติหรือคุณประโยชน์ของนมผึ้งในด้านต่าง ๆ
- 2.4 ความปลอดภัยและข้อพึงระวังในการใช้นมผึ้ง
- 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของนมผึ้ง
- 2.6 มาตรฐานคุณภาพของนมผึ้ง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับนมผึ้ง

นมผึ้งเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีศักยภาพอย่างมากในการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ เครื่องสำอาง และอาหารเพื่อสุขภาพ โดยนมผึ้งมีลักษณะเป็นสารคัดหลั่งสีขาวครีมข้นที่มีรสเปรี้ยวและเผ็ดเล็กน้อย ผลิตจากต่อม hypopharyngeal และ mandibular ของผึ้งงาน ซึ่งอยู่บริเวณส่วนหัวของผึ้งและเกี่ยวข้องกับการหลั่งสารเพื่อบำรุงเลี้ยงตัวอ่อนผึ้ง นมผึ้งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาและบำรุงเลี้ยงตัวอ่อนผึ้ง ในธรรมชาติ ตัวอ่อนผึ้งทุกชนิดจะได้รับนมผึ้งในช่วง 3 วันแรกหลังจากฟักตัว จากนั้นตัวอ่อนที่พัฒนาเป็นผึ้งราชินีเท่านั้นที่จะได้รับนมผึ้งอย่างต่อเนื่องไปจนตลอดอายุขัย สำหรับการผลิตในเชิงพาณิชย์ นมผึ้งจะถูกผลิตนอกรวงผึ้งในหลอดเทียมที่จำลองสภาพหลอดนางพญา โดยการย้ายตัวอ่อนผึ้งที่มีอายุ 12-18 ชั่วโมงหลังฟักตัวลงในหลอดเหล่านี้ และทำการเก็บเกี่ยวนมผึ้งหลังจาก 68-72 ชั่วโมง วิธีการนี้แม้จะต้องใช้แรงงานและเวลามาก แต่เป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการผลิตนมผึ้ง ในด้านผลิตภัณฑ์นมผึ้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด สามารถพบได้ใน 2 รูปแบบหลัก คือ นมผึ้งสด (fresh royal jelly) ที่ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อคง

คุณภาพ และนมผึ้งที่นำไปประเหยน้ำออกจนแห้ง (lyophilized royal jelly) ทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นและสะดวกต่อการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ปัจจุบันการผลิตนมผึ้งในระดับโลกมีความต้องการเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในตลาดอาหารเสริมและเครื่องสำอาง (Oršolić & Jazvinščak Jembrek, 2024)

ความน่าสนใจของนมผึ้งเริ่มต้นจากการสังเกตความแตกต่างระหว่างผึ้งราชินีและผึ้งงาน แม้ว่าจะมีพันธุกรรมเหมือนกัน แต่ผึ้งราชินีที่ได้รับนมผึ้งเป็นอาหารหลัก มีการพัฒนาที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีขนาดร่างกายใหญ่กว่าผึ้งงาน 1.5-2 เท่า มีการพัฒนารังไข่ที่สมบูรณ์ และมีอายุขัยที่ยืนยาวกว่าผึ้งงาน โดยผึ้งราชินีสามารถมีอายุยืนยาวถึง 5 ปี ในขณะที่ผึ้งงานมีอายุเฉลี่ยเพียง 45 วัน (Collazo et al., 2021) ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของนมผึ้งต่อการพัฒนาและอายุขัยผึ้งจากการศึกษาของ Wang et al. (2016) เปรียบเทียบระหว่าง นมผึ้ง (royal jelly) และอาหารสำหรับผึ้งงาน (worker jelly) พบความแตกต่างที่สำคัญในด้านองค์ประกอบทางโภชนาการ โดยนมผึ้งหรือ royal jelly มีปริมาณโปรตีนและน้ำตาลที่สูงกว่า ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาไปเป็นผึ้งนางพญานอกจากนั้นแล้ว การศึกษายังพบว่าความแตกต่างด้านโภชนาการนี้มีบทบาทสำคัญในการกำหนดวรรณะของผึ้ง และส่งผลต่อการพัฒนาทางสรีรวิทยาที่ต่างกันระหว่างผึ้งนางพญาและผึ้งงานอีกด้วย

นอกจากนั้นแล้ว คุณสมบัติที่โดดเด่นของนมผึ้ง ยังเกี่ยวข้องกับสารสำคัญที่ชื่อว่า 10-hydroxy-2-decenoic acid (10-HDA) ซึ่งเป็นกรดไขมันเฉพาะที่พบในนมผึ้งเท่านั้น จากการวิจัยพบว่า 10-HDA และองค์ประกอบอื่น ๆ ในนมผึ้งมีศักยภาพในการเพิ่มอายุขัยในสัตว์ทดลอง เช่น *Caenorhabditis elegans*, หนู, และแมลง (Kunugi & Mohammed Ali, 2019) คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้นมผึ้งได้รับความสนใจในวงการวิจัยอย่างมาก โดยเฉพาะการศึกษาองค์ประกอบและสารออกฤทธิ์สำคัญที่อยู่เบื้องหลังประสิทธิภาพของนมผึ้งในการป้องกันและรักษาโรคต่าง ๆ

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้ง

ปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีในนมผึ้งสดไม่แน่นอน อาจแปรผันได้ตามปัจจัยแวดล้อม เช่น แหล่งที่มาของนมผึ้ง ชนิดพันธุ์ผึ้ง ฤดูกาล แหล่งน้ำหวาน เกสรดอกไม้ ระยะเวลาเก็บเกี่ยว ผลผลิต และวิธีการผลิต จากการทบทวนวรรณกรรมองค์ประกอบของนมผึ้ง (Oršolić & Jazvinščak Jembrek, 2024; Collazo et al., 2021; Kumar et al., 2024) มีองค์ประกอบหลักประกอบไปด้วย น้ำ (60–70%) โปรตีน (9–18%) ไขมัน (3–8%) คาร์โบไฮเดรตหรือน้ำตาล (7–18%) แร่ธาตุและวิตามิน (0.7–1.5%) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 นอกจากนั้นแล้วนมผึ้งยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ที่มีบทบาทสำคัญในด้านต่าง ๆ ของสุขภาพมนุษย์ เช่น 10-HDA ฟลาโวนอยด์ สารฟีนอล เป็นต้น

น้ำ (Water Content) เป็นองค์ประกอบหลักของนมผึ้ง มีปริมาณ 60-70% โดยน้ำช่วยให้นมผึ้งมีลักษณะเป็นครีมข้นสีขาวนวลหรือครีม มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 3.4-4.5 ปริมาณน้ำที่สูงนี้ทำให้นมผึ้งเน่าเสียได้ง่าย จึงต้องมีการเก็บรักษาอย่างเหมาะสม

โปรตีน (Proteins) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีปริมาณมากเป็นอันดับ 2 รองลงมาจากน้ำ โดยมีปริมาณ 9-18% ของน้ำหนักนมผึ้งสด โดย 80-90% ของโปรตีนทั้งหมดเป็นโปรตีนกลุ่ม Major Royal Jelly Proteins (MRJPs) มีทั้งหมด 9 ชนิด ซึ่งประกอบด้วย MRJP1-9 มีน้ำหนักโมเลกุลในช่วง 49–87 kDa และได้รับการตั้งชื่อโดยอ้างอิงตามน้ำหนักโมเลกุลหรือเรียงลำดับตามการค้นพบ ในบรรดา MRJP ทั้งหมด โปรตีนกลุ่ม MRJP1–5 มีสัดส่วนสูงสุด โดยคิดเป็น 82–90% ของโปรตีน MRJP ทั้งหมด ซึ่ง MRJP1 ในรูปแบบโมโนเมอร์ที่รู้จักกันในชื่อ Royalactin หรือในรูปแบบโอลิโกเมอร์ที่เรียกว่า Apisin โดยพบมากถึง 48% มีบทบาทสำคัญในเชิงโภชนาการ มีส่วนสำคัญในการเจริญเติบโตและกระตุ้นการพัฒนาให้ตัวอ่อนของผึ้งกลายเป็นผึ้งราชินี ส่วน MRJP2–5 เป็นโปรตีนชนิดไกลโคโปรตีนที่มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นสูง ได้แก่ Arginine, Histidine, Isoleucine, Leucine, Lysine, Methionine, Phenylalanine, Threonine, Tryptophan, และ Valine นอกจากนั้นแล้วในนมผึ้งยังพบกรดอะมิโนอิสระอื่น ๆ ได้แก่ Proline, Lysine, Glutamate, β -Alanine, Phenylalanine, Aspartate, และ Serine ความหลากหลายของกรดอะมิโนในนมผึ้งนี้แสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญในด้านโภชนาการ ส่งเสริมสุขภาพในด้านต่าง ๆ เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพ ในขณะที่ MRJP6–9 มีปริมาณน้อยกว่า MRJP1–5 ซึ่ง MRJP6–8 ยังไม่มีข้อมูลระบุหน้าที่ทางโภชนาการที่ชัดเจน แต่มีการพบ MRJP8 และ MRJP9 อยู่ในต่อมพิษของผึ้ง ซึ่งต้องยังศึกษาเพิ่มเติม นอกจากนี้ยังพบโปรตีนชนิดอื่น ๆ เช่น apisimin, royalisin, apidaecin, defensin-1 และ jelleins ซึ่งมีฤทธิ์เด่นในการต้านเชื้อจุลชีพ (Muresan et al., 2022) โปรตีนจึงเป็นตัวบ่งชี้หนึ่งที่สะท้อนถึงคุณภาพและประสิทธิภาพของนมผึ้งในเชิงโภชนาการและการใช้งานเชิงสุขภาพ

ไขมัน (Lipids) ในนมผึ้งสดมีปริมาณ 3-8% ของน้ำหนัก โดยประกอบด้วยกรดไขมันมากกว่า 80% ฟีนอล 10% ไข (waxes) 5-6% สเตอรอยด์ 3-4% และฟอสโฟลิปิด 0.4-0.8% ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันที่มีโครงสร้างพิเศษ คือ มีคาร์บอน 8-12 อะตอม และมีหมู่ไฮดรอกซิลหรือไดคาร์บอกซิลในโครงสร้าง 10-hydroxy-2-decenoic acid (10-HDA) เป็นหนึ่งในกรดไขมันที่สำคัญที่สุดในนมผึ้ง ซึ่งมีสัดส่วนสูงถึง 70% ของไขมันทั้งหมด เป็นสารที่มีเอกลักษณ์พบได้เฉพาะในนมผึ้งไม่เจอในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น จึงใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพและความสดของนมผึ้ง มีบทบาทสำคัญในเชิงเภสัชวิทยาหลากหลาย เช่น การต้านการอักเสบ การกระตุ้นภูมิคุ้มกัน และการต้านอนุมูลอิสระ

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates) หรือน้ำตาลในนมผึ้งสดมีปริมาณ 7-18% ของน้ำหนัก คาร์โบไฮเดรตหลักที่พบ คือ ฟรุคโตสและกลูโคส ซึ่งรวมกันคิดเป็น 90% ของน้ำตาลทั้งหมดในนมผึ้ง

ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟรุกโตสอยู่ที่ 2.3–7.6% และกลูโคสอยู่ที่ 2.9–8.1% รองลงมา ก็จะเป็นซูโครส มีความเข้มข้นแตกต่างกันไปในช่วง <0.1–2.1% และน้ำตาลชนิดอื่น ๆ ในปริมาณน้อย เช่น มอลโตส มอลโทไตรโอส กาแลกโทส มานนิทอล ทูราโนส เทรฮาโลส ไอโซมอลโตส เป็นต้น

แร่ธาตุและวิตามิน (Minerals and Vitamins) ในนมผึ้งสดมีปริมาณ 0.7-1.5% ประกอบด้วยแร่ธาตุหลายชนิด โดยเฉพาะโพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ ส่วนวิตามินที่พบมากที่สุดคือวิตามินบี 5 และวิตามินบี 3 นอกจากนี้ยังพบวิตามินบีชนิดอื่น ๆ วิตามินซี วิตามินดี และวิตามินอี

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้งสด

องค์ประกอบทางเคมี	นมผึ้งสด (%)
น้ำ (Water Content)	60-70
โปรตีน (Proteins)	9-18
ไขมัน (Lipids)	3-8
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates)	7-18
ฟรุกโตส (Fructose)	2.3-7.6
กลูโคส (Glucose)	2.9-8.1
ซูโครส (Sucrose)	0.1-2.1
แร่ธาตุและวิตามิน (Minerals and Vitamins)	0.7-1.5
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.4-4.5

ที่มา Oršolić and Jazvinščak Jembrek (2024)

2.3 คุณสมบัติหรือคุณประโยชน์ของนมผึ้งในด้านต่าง ๆ

2.3.1 นมผึ้งกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

อนุมูลอิสระเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคต่าง ๆ และความเสื่อมของเซลล์ในร่างกาย นมผึ้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่หลากหลายและซับซ้อน โดยเฉพาะสารในกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การศึกษาวิจัยที่ผ่านมาได้พยายามค้นหาและพิสูจน์องค์ประกอบสำคัญในนมผึ้งที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงกลไกการออกฤทธิ์ในระดับโมเลกุล เพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และเครื่องสำอาง จากการศึกษาพบว่านมผึ้งมีสารสำคัญหลายชนิดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ทั้งในรูปของสารประกอบ flavonoids และ phenolic compounds ที่พบในนมผึ้ง ได้แก่ Quercetin, naringenin, isorhamnetin, kaempferol, pinobanksin, luteolin, apigenin, rutin

นอกจากนี้ยังพบ fatty acids และ fatty acid esters รวมถึง free amino acids ที่มีส่วนเสริมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Kocot et al., 2018) มีการศึกษาพบว่า หนูทดลองที่ได้รับนมผงมีระดับของ 8-hydroxy-2-deoxyguanosine (8-OHdG) ในไตและซีรัมลดลง ซึ่ง 8-OHdG เป็นสารชี้วัดทางชีวภาพ (biomarker) ที่สำคัญที่แสดงถึงความเสียหายของ DNA ที่เกิดจากอนุมูลอิสระ (Li et al., 2023) และที่น่าสนใจอีกประการ คือ di- และ tri-peptides ที่ได้จากการย่อยโปรตีนในนมผงโดยเฉพาะไลซีน-ไทโรซีน (Lys-Tyr) อาร์จินีน-ไทโรซีน (Arg-Tyr) และไทโรซีน-ไทโรซีน (Tyr-Tyr) แสดงฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระผ่านหมู่ hydroxyl ของกรดอะมิโนไทโรซีน (Tyr) (Guo et al., 2009)

2.3.2 นมผงกับฤทธิ์ด้านการอักเสบ (Anti-Inflammatory)

การอักเสบเป็นกลไกสำคัญของร่างกายในการตอบสนองต่อการบาดเจ็บหรือการติดเชื้อ หากเกิดการอักเสบเรื้อรัง อาจนำไปสู่พยาธิสภาพของโรคต่าง ๆ ในปัจจุบันการรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบมักใช้ยาต้านการอักเสบ ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลข้างเคียงได้ นมผงเป็นหนึ่งในสารจากธรรมชาติ ที่มีการศึกษามากมายว่า มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ การศึกษาของ Yang et al. (2018) พบว่า 10-HDA จากนมผง มีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างไซโตไคน์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบในเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ WiDr โดยที่ความเข้มข้น 3 mM สามารถยับยั้งการสร้าง TNF- α ได้ถึง 81.79% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังสามารถลดการสร้าง IL-1 β และลดการสร้าง IL-8 ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้น 2 และ 3 mM ตามลำดับ ที่สำคัญคือ 10-HDA ยังสามารถเพิ่มการสร้าง IL-1ra ซึ่งเป็นไซโตไคน์ด้านการอักเสบ ในช่วงความเข้มข้น 1-3 mM ทั้งนี้กลไกการออกฤทธิ์ด้านการอักเสบของ 10-HDA ยังเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการแสดงออกของ NF-KB เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม 10-HDA จึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นสารด้านการอักเสบเพื่อป้องกันและรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบเรื้อรังและมะเร็งบางชนิดได้ เช่น โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์พบว่า 10-HDA ช่วยลดการทำลายข้อต่อโดยยับยั้งการแสดงออกของยีน MMP-1 และ MMP-3 และยับยั้งการกระตุ้น p38 และ JNK/AP-1 signaling pathways (Yang et al., 2010)

2.3.3 นมผงกับฤทธิ์ด้านเซลล์มะเร็ง (Anti-Cancer Cell)

มะเร็งเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญระดับโลก แม้ว่าปัจจุบันจะมีการพัฒนายาเคมีบำบัดและวิธีการรักษาที่หลากหลาย แต่ยาเหล่านี้มักมีผลข้างเคียงรุนแรงและอาจก่อให้เกิดการดื้อยา การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่านมผงประกอบด้วยสารออกฤทธิ์หลายชนิด โดยเฉพาะกรดไขมัน 10-HDA งานวิจัยในช่วงที่ผ่านมาพบว่า 10-HDA มีฤทธิ์ต้านมะเร็งผ่านกลไกที่หลากหลาย เชื่อมโยงมาจากฤทธิ์ด้านการอักเสบก่อนหน้า พบว่า 10-HDA ในนมผงสามารถลดการหลั่งสารก่อการอักเสบหลายชนิด เช่น IL-8, IL-1 β และ TNF- α รวมทั้งยับยั้งการทำงานของ NF-KB pathway ซึ่งเป็นวิถีสัญญาณสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบและการเจริญของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ WiDr

(Yang et al., 2018) นอกจากนั้นแล้ว 10-HDA สามารถชักนำให้เซลล์มะเร็งตายแบบ apoptosis ผ่านหลายกลไก โดยเฉพาะการเพิ่มการแสดงออกของยีนและโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับ apoptosis เช่น caspase-3, BAX และ PARP ในขณะที่เดียวกันก็ลดการแสดงออกของยีน Bcl-2 ซึ่งมีหน้าที่ยับยั้ง apoptosis นอกจากนี้ยังพบการเพิ่มขึ้นของ miR-34a ซึ่งเป็น tumor suppressor microRNA ที่สำคัญอีกด้วย (Saad Al Shehri et al., 2023; Lin et al., 2020) ในส่วนของความจำเพาะต่อเซลล์มะเร็งนั้น 10-HDA มีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งมากกว่าเซลล์ปกติอย่างมีนัยสำคัญ Saad Al Shehri et al. (2020) รายงานว่า 10-HDA มีค่า CC50 ต่อเซลล์มะเร็งตับ HepG2 ที่ 59.6 mcg/mL ในขณะที่มีค่า CC50 ต่อเซลล์ปกติ THLE-3 ที่ 106.4 mcg/mL แสดงถึงความปลอดภัยในการใช้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Lin et al. (2020) ที่พบว่า 10-HDA มีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด แต่ไม่มีผลต่อเซลล์ปกติ การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า 10-HDA มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นยาต้านมะเร็งที่มีความปลอดภัยสูง โดยออกฤทธิ์ผ่านหลายกลไกพร้อมกัน ทั้งการกระตุ้น apoptosis การต้านการอักเสบ และมีความจำเพาะต่อเซลล์มะเร็ง อย่างไรก็ตามยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในสัตว์ทดลองและการทดลองทางคลินิกเพื่อยืนยันประสิทธิภาพและความปลอดภัยต่อไป

2.3.4 นมผึ้งกับฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Anti-Bacterial)

นมผึ้งมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียผ่านองค์ประกอบสำคัญหลายชนิด ได้แก่ โปรตีนหลัก MRJPs, royalactin และเพปไทด์พิเศษอย่าง jelleins และ royalisin รวมถึงกรดไขมัน 10-HDA ซึ่งมีกลไกการออกฤทธิ์ที่น่าสนใจ โดยเฉพาะ royalisin และ jelleins ที่สามารถเข้าไปรบกวนที่ผนังเซลล์และการแพร่ผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรีย ส่งผลให้เกิดการทำลายเซลล์แบคทีเรีย โดยเฉพาะในกลุ่มแกรมบวก Uthaibutra et al. (2023) ทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของนมผึ้งด้วยวิธี agar well diffusion และ broth dilution พบว่านมผึ้งสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคหลายชนิด ทั้ง *Corynebacterium* spp., *Cutibacterium acnes*, methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA), *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* และ *Staphylococcus epidermidis* ขณะที่ Besari et al. (2023) รายงานว่า นมผึ้งมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *L. monocytogenes* ได้สูงสุด และแสดงประสิทธิภาพต่ำสุดต่อ *E. coli* จะเห็นว่าประสิทธิภาพของนมผึ้งในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกจะค่อนข้างสูงกว่าแกรมลบ เนื่องจากความแตกต่างของโครงสร้างผนังเซลล์ โดยแบคทีเรียแกรมบวกมีเพียงชั้น peptidoglycan ชั้นเดียว ขณะที่แกรมลบมีผนังเซลล์ซ้อนกันสองชั้น ทำให้สารต้านแบคทีเรียเข้าถึงเซลล์เป้าหมายได้ยากกว่า การเข้าใจกลไกเหล่านี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาการใช้นมผึ้งในการรักษาการติดเชื้อแบคทีเรียต่อไปในอนาคต

2.3.5 นมผึ้งกับฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน (Estrogenic Effect)

นมผึ้งกับฤทธิ์คล้ายคลึงกับฮอร์โมนเอสโตรเจน มีการศึกษามากมายอย่างยาวนาน แต่ยังไม่พบข้อมูลที่เที่ยงตรงกันในบางประเด็น เริ่มต้นจากการศึกษาของ Mishima et al. (2005) พบว่า นมผึ้งมีฤทธิ์คล้ายเอสโตรเจน สามารถแข่งขันกับตัวรับเอสโตรเจนทั้งแอลฟาและเบต้า (estrogen receptor; ER- α และ ER β) แม้จะมีความสามารถในการจับที่อ่อนกว่าเมื่อเทียบกับ diethylstilbestrol และ phytoestrogens นมผึ้งที่มีความเข้มข้น 0.1-1 mg/mL สามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่ตอบสนองต่อเอสโตรเจน รวมถึงกระตุ้นการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็งเต้านม MCF-7 อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่ใหม่กว่า โดย Ishida et al. (2022) ได้ทำการศึกษาเพื่อตรวจสอบกลไกการออกฤทธิ์ของนมผึ้งโดยเฉพาะ การศึกษาใช้เซลล์มะเร็งรก JEG3 ของมนุษย์และ estrogen-responsive reporter (E-Rep) ของหนูทดลอง ซึ่งสามารถตรวจจับการกระตุ้นตัวรับเอสโตรเจนในอวัยวะหลายชนิดพร้อมกัน ผลการศึกษาพบว่านมผึ้งไม่แสดงฤทธิ์กระตุ้นตัวรับเอสโตรเจนทั้งแอลฟาและเบต้าในการทดสอบในหลอดทดลอง และไม่พบการกระตุ้นการแสดงออกของยีนผ่านตัวรับเอสโตรเจนในเนื้อเยื่อของหนูทดลอง ความแตกต่างของผลการศึกษาทั้ง 2 งานวิจัยชี้ให้เห็นว่า แม้นมผึ้งอาจมีฤทธิ์คล้ายเอสโตรเจนในบางสภาวะ แต่กลไกการออกฤทธิ์อาจไม่ได้เกิดผ่านการกระตุ้นตัวรับเอสโตรเจนโดยตรง ซึ่งอาจเป็นข้อดีที่ทำให้นมผึ้งไม่รบกวนการทำงานของระบบฮอร์โมนในร่างกาย

แม้จะมีข้อถกเถียงเกี่ยวกับกลไกการออกฤทธิ์ต่อตัวรับเอสโตรเจน แต่การศึกษาในมนุษย์ โดย Sharif and Darsareh (2019) ให้นมผึ้งในขนาด 1,000 mg/day ในกลุ่มทดลอง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า นมผึ้งมีประสิทธิผลในการบรรเทาอาการที่เกี่ยวข้องกับการขาดเอสโตรเจนในหญิงวัยหมดประจำเดือน เช่น อาการร้อนวูบวาบ เหงื่อออกตอนกลางคืน ภาวะซึมเศร้า และอาการในระบบอวัยวะสืบพันธุ์และทางเดินปัสสาวะ นอกจากนี้ยังช่วยฟื้นฟูความบกพร่องด้านความจำและการทำงานของระบบประสาท (Bălan et al., 2020) จากหลักฐานการวิจัยทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า แม้นมผึ้งอาจไม่ได้ออกฤทธิ์ผ่านตัวรับเอสโตรเจนโดยตรง แต่มีคุณสมบัติที่หลากหลายที่สามารถช่วยบรรเทาอาการที่เกี่ยวข้องกับการขาดเอสโตรเจนและส่งเสริมสุขภาพของสตรีวัยหมดประจำเดือนได้ อย่างไรก็ตาม ยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทำความเข้าใจกลไกการออกฤทธิ์ที่แน่ชัดและยืนยันประสิทธิผลในมนุษย์ต่อไป

2.3.6 นมผึ้งกับการชะลอความเสื่อมของผิวหนัง

การชะลอความเสื่อมของผิวหนังด้วยนมผึ้งได้รับความสนใจในการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง โดยการศึกษาของ Kawano et al. (2019) ได้ค้นพบกลไกระดับโมเลกุลที่สำคัญผ่านการควบคุม microRNA โดยเฉพาะ miR-129-5p ในเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือด ซึ่งพบว่าการแก้ตัวหรือเสื่อมของผิวหนังสัมพันธ์กับการลดลงของจำนวนและความหนาแน่นของหลอดเลือดในผิวหนัง นำไปสู่ปัญหาการไหลเวียนเลือดที่ผิดปกติ อุณหภูมิผิวหนังลดลง และการหายของแผลที่ช้าลง งานวิจัยนี้แสดงให้เห็น

เห็นว่า รังสี UVB ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผิวแก่เร็ว สามารถกระตุ้นการแสดงออกของ miR-129-5p ในเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือด ส่งผลให้จำนวนเซลล์ลดลง แต่เมื่อให้นมผึ้งพบว่า สามารถยับยั้งการแสดงออกของ miR-129-5p และช่วยเพิ่มจำนวนเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดได้ นอกจากนี้ยังพบว่า miR-129-5p มีบทบาทในการควบคุมการทำงานของแคลเซียมในเซลล์ผ่านยีนเป้าหมายหลายตัว เช่น CACNG, CAMK2N1, FKBP2 และ CALM1 ซึ่งล้วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการแก่ตัวของผิวหนัง สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าของ Park et al. (2011) ที่พบว่า นมผึ้งสามารถปกป้องผิวจากการถูกทำลายโดยรังสี UVB ในเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่ผิวหนังมนุษย์ผ่านการเพิ่มการสร้างคอลลาเจน นอกจากนี้แล้วนมผึ้งยังมีผลต่อผิวหนังในการช่วยรักษาแผลให้สมานไวขึ้น (Parhizkari et al., 2023) และยังเพิ่มความชุ่มชื้นอีกด้วย (Maeda et al., 2022) ถือเป็นการค้นพบที่สำคัญและนำไปสู่การศึกษาต่อยอดของนมผึ้งในด้านเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์บำรุงผิวต่อไป

2.3.7 นมผึ้งกับการชะลอวัยและยืดอายุขัย

นมผึ้งมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างสุขภาพและชะลอความชรา โดยช่วยปรับปรุงการทำงานของเซลล์ ลด Oxidative Stress เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน และส่งเสริมการฟื้นฟูเซลล์ที่เสียหายจากความชรา การศึกษาพบว่า นมผึ้งส่งผลดีต่อสุขภาพและอายุขัยของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น ราชินีผึ้งที่บริโภคนมผึ้งตลอดชีวิตมีอายุยืนและความสามารถในการสืบพันธุ์สูงกว่าในผึ้งงาน และในหนอนตัวกลม *Caenorhabditis elegans* (Honda et al., 2015) นมผึ้งช่วยลด Oxidative Stress ปรับปรุงการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับความชรา และเพิ่มความต้านทานต่อความเครียด ซึ่งกลไกสำคัญที่ช่วยส่งเสริมอายุยืน ได้แก่ การลดสัญญาณอินซูลิน (Insulin/IGF-1 signaling) ส่งผลให้เกิดการกระตุ้น Forkhead Box O (FOXO) ซึ่งเป็นกลุ่มของโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็น transcription factor ควบคุมการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant production) การซ่อมแซม DNA (DNA repair) การต้านทานต่อความเครียด (stress resistance) เป็นต้น และลดการทำงานของ mTOR ช่วยกระตุ้นกระบวนการ autophagy เพื่อลดอนุมูลอิสระและเพิ่มการฟื้นฟูเซลล์ นอกจากนี้ นมผึ้งยังกระตุ้น Epidermal Growth Factor Receptor (EGFR) เพื่อเพิ่มการซ่อมแซมและสร้างโปรตีนใหม่ (Kunugi & Mohammed Ali, 2019) รวมถึงกรด 10-HDA ที่ช่วยลดการอักเสบและเสริมความแข็งแรงของภูมิคุ้มกัน แม้ว่าการทดลองในมนุษย์ยังมีข้อจำกัด แต่เบื้องต้นพบว่านมผึ้งช่วยปรับสมรรถภาพทางกายและจิตใจ เช่น ลดความวิตกกังวล เพิ่มความจำ เสริมสุขภาพหัวใจ และลดความเสี่ยงโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน และโรคหัวใจ (Kumar et al., 2024) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันประโยชน์ในมนุษย์ โดยเฉพาะในแง่ของปริมาณที่เหมาะสม ผลกระทบระยะยาว และประโยชน์ต่อกลุ่มผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีโรคประจำตัว

2.4 ความปลอดภัยและข้อพึงระวังในการใช้นมผึ้ง

นมผึ้งจะถูกใช้อย่างแพร่หลายในรูปแบบผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเครื่องสำอาง โดยทั่วไปถือว่ามีความปลอดภัยค่อนข้างสูง ขนาดการบริโภคนมผึ้งสดให้มีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หรือผลการออกฤทธิ์ที่ต้องการ จากงานวิจัยพบว่า การบริโภคนมผึ้งสดในขนาดสูงถึง 11 กรัมต่อวันก็ยังคงมีความปลอดภัยอยู่ (Yamaguchi, 2004) อย่างไรก็ตามข้อที่ควรระวังคือโปรตีนที่พบในนมผึ้งสามารถก่อให้เกิดผลข้างเคียง โดยเฉพาะอาการแพ้ โปรตีนส่วนใหญ่ในนมผึ้งเป็นโปรตีนในกลุ่ม MRJPs โดย MRJP1 MRJP2 และ MRJP3 มีรายงานระบุว่าเป็นสารก่อภูมิแพ้ โดยเฉพาะ MRJP3 พบว่า เป็นสาเหตุหลักของการเกิดภาวะแพ้แบบรุนแรง (Li et al., 2021) ซึ่งอาการแพ้อาจมีความรุนแรงตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนถึงรุนแรง เช่น ผื่นคัน ผื่นแพ้ผิวหนัง ผื่นหนังอักเสบจากการสัมผัส เยื่อบุจมูกอักเสบ เยื่อบุตาอักเสบ ปัญหาระบบทางเดินอาหารเล็กน้อย หอบหืดเฉียบพลัน หลอดลมหดตัว ภาวะแพ้รุนแรง (anaphylactic shock) และในบางกรณีอาจรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ ทั้งนี้อาการแพ้ อาจเกิดขึ้นได้ตั้งแต่การบริโภคนมผึ้งครั้งแรก มีรายงานการเกิดปฏิกิริยาแพ้ข้ามกลุ่ม (cross-reactivity) กับสารก่อภูมิแพ้อื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารก่อภูมิแพ้จากไรฝุ่นและสัตว์ขาปล้องจำพวกแมลง ดังนั้นจึงไม่แนะนำให้ผู้ที่มิแน่วโน้มจะเกิดอาการแพ้ง่าย และผู้ที่มีประวัติโรคภูมิแพ้ เช่น โรคผิวหนังอักเสบภูมิแพ้ โรคหอบหืด และโรคเยื่อบุจมูกอักเสบจากภูมิแพ้ บริโภคผลิตภัณฑ์นมผึ้ง หรือหากจำเป็นต้องใช้ควรระมัดระวังเป็นพิเศษเนื่องจากความเสี่ยงต่อการเกิดปฏิกิริยาข้ามกลุ่มที่อาจเกิดขึ้นได้ (Hata et al., 2020)

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของนมผึ้ง

2.5.1 เกสรดอกไม้หรือแหล่งอาหารของผึ้ง

อาหารหลักของผึ้งประกอบด้วยน้ำหวานจากดอกไม้ (nectar) และเกสรดอกไม้ (pollen) โดยน้ำหวานจากดอกไม้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงาน ส่วนเกสรดอกไม้เป็นแหล่งโปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นแก่ผึ้ง เมื่อผึ้งงานเก็บอาหารเหล่านี้กลับมาเลี้ยงรัง จะมีการแปรรูปและเก็บสะสมไว้ใช้ในการผลิตนมผึ้งสำหรับเลี้ยงตัวอ่อนและผึ้งนางพญา ดังนั้น คุณภาพและปริมาณของแหล่งอาหารจึงมีผลโดยตรงต่อการผลิตนมผึ้ง (Khalfan Saeed Alwali Alkindi et al., 2024)

การศึกษาผลของเกสรดอกไม้หรือแหล่งอาหารต่อคุณภาพนมผึ้งได้รับความสนใจอย่างมากในงานวิจัยหลายชิ้น โดยการศึกษาการผลิตนมผึ้งตลอดฤดูกาลเก็บเกี่ยวนมผึ้ง พบว่า ปริมาณและคุณภาพของนมผึ้งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความพร้อมหรือความอุดมสมบูรณ์ของดอกไม้ที่บานตาม

แหล่งธรรมชาติ เนื่องจากเกสรดอกไม้เป็นแหล่งโปรตีนและไขมันหลักสำหรับผึ้งงานในการผลิตนมผึ้ง การผลิตนมผึ้งจะมีปริมาณสูงสุดในช่วงฤดูใบไม้ผลิเมื่อมีดอกไม้บานมาก และต่ำสุดในฤดูร้อนเมื่อดอกไม้บานน้อย หรือแหล่งเกสรดอกไม้มีจำกัด (Kanelis et al., 2024) นอกจากปริมาณแล้ว ชนิดของเกสรก็มีผลต่อคุณภาพของนมผึ้งเช่นกัน การศึกษาของ Pattamayutanon et al. (2018) ได้เปรียบเทียบองค์ประกอบในนมผึ้งจากการให้อาหารผึ้งด้วยเกสรดอกไม้เดี่ยว 3 ชนิด ได้แก่ เกสรดอกชา เกสรดอกกาแฟ และเกสรดอกสาบเสือ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่านมผึ้งจากเกสรดอกกาแฟและสาบเสือมีปริมาณ 10-HDA สูงกว่านมผึ้งจากเกสรดอกชา แม้ว่าปริมาณโปรตีนจะไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Ghosh and Jung (2024) ที่พบกลไกการชดเชยทางโภชนาการที่น่าสนใจของผึ้ง เมื่อศึกษาผลของเกสร oak และ rapeseed พบว่าผึ้งสามารถรักษาองค์ประกอบโดยรวมของนมผึ้งให้คงที่แม้จะได้รับเกสรที่มีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกัน โดยมีเพียงปริมาณไขมันเท่านั้นที่แปรผันตามชนิดของเกสร

การศึกษาเชิงลึกของ Zhou et al. (2023) เกี่ยวกับผลของเกสรดอกไม้ต่อองค์ประกอบไขมันในนมผึ้งยังแสดงให้เห็นความซับซ้อนของความสัมพันธ์นี้ โดยเปรียบเทียบผลของเกสรจาก *Acer mono* Maxim. และ *Phellodendron amurense* Rupr. พบว่า องค์ประกอบไขมันในนมผึ้งแปรผันตามชนิดของเกสรอย่างมีนัยสำคัญ การให้เกสรจาก *Acer mono* Maxim. อย่างต่อเนื่องส่งผลให้มีระดับ phospholipid และ 10-HDA สูงกว่าการให้เกสรจาก *Phellodendron amurense* Rupr. ที่น่าสนใจคือระดับไขมันจะมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา โดยจะลดลงในช่วงแรกหลังเริ่มให้เกสรชนิดเดียว จากนั้นค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในวันที่ 18-24 ก่อนจะลดลงอีกครั้งหลังวันที่ 30 ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนจากการได้รับเกสรหลากหลายชนิด มาเป็นเกสรชนิดเดียวส่งผลกระทบในเชิงลบต่อคุณภาพของนมผึ้ง

นอกเหนือจากการศึกษาผลของเกสรดอกไม้แล้ว การพัฒนาอาหารเสริมเพื่อเพิ่มคุณภาพนมผึ้งก็เป็นอีกแนวทางที่น่าสนใจ การศึกษาของ Hu et al. (2023) ได้ทดลองเสริมกรดโอเลอิก (oleic acid) ในอาหารผึ้งและพบผลที่น่าสนใจ โดยการเสริมกรดโอเลอิกที่ระดับ 8% สามารถเพิ่มการสังเคราะห์ 10-HDA ในต่อม mandibular ของผึ้งได้อย่างมีนัยสำคัญ ผ่านกลไกการกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ 10-HDA และเมแทบอลิซึมของไขมัน ส่งผลให้นมผึ้งที่ผลิตได้มีปริมาณ 10-HDA สูงกว่ากลุ่มควบคุม การค้นพบนี้เปิดมุมมองใหม่ในการพัฒนาอาหารเสริมที่มีผลต่อการสังเคราะห์สารสำคัญในนมผึ้ง ซึ่งอาจเป็นทางเลือกในการเพิ่มคุณภาพนมผึ้งในช่วงที่มีข้อจำกัดด้านแหล่งอาหารธรรมชาติ

การรวมผลการศึกษาทั้งในแง่ของแหล่งอาหารธรรมชาติและอาหารเสริมช่วยให้เข้าใจอย่างรอบด้านว่าคุณภาพของนมผึ้งสามารถปรับปรุงได้ทั้งผ่านการจัดการแหล่งเกสรธรรมชาติและการ

พัฒนาอาหารเสริมที่เหมาะสม ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการผลิตนมผึ้งให้มีคุณภาพสม่ำเสมอตลอดทั้งปี

2.5.2 ฤดูกาลและสภาพแวดล้อม

ฤดูกาลและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลอย่างมากต่อทั้งปริมาณและคุณภาพของนมผึ้ง การศึกษาพบว่าการผลิตนมผึ้งมีความแปรผันอย่างมีนัยสำคัญตลอดฤดูกาลการเลี้ยงผึ้ง โดยพบว่าปริมาณการผลิตนมผึ้งจะต่ำในช่วงฤดูร้อนเมื่อเทียบกับฤดูใบไม้ผลิ และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของนมผึ้ง เช่น ปริมาณความชื้น โปรตีน ฟรุกโตส และกลูโคส ก็มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการลดลงในช่วงฤดูร้อน (Kanelis et al., 2024)

การศึกษาของ Emir (2020) ที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพนมผึ้งตามช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวตั้งแต่เดือนเมษายนถึงสิงหาคมในประเทศตุรกี พบการเปลี่ยนแปลงที่น่าสนใจหลายประการ โดยพบว่า ปริมาณโปรตีนมีความแปรผันตามช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่า pH ไม่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับปริมาณ 10-HDA ซึ่งเป็นสารสำคัญในนมผึ้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.91% ถึง 2.05% โดยมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน โดยพบว่าตัวอย่างนมผึ้งที่เก็บในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมผ่านมาตรฐานคุณภาพนมผึ้งของประเทศตุรกี ในขณะที่ตัวอย่างนมผึ้งที่เก็บในเดือนเมษายนมีปริมาณ 10-HDA ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ยังพบข้อมูลที่น่าสนใจเกี่ยวกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงสุดในตัวอย่างนมผึ้งที่เก็บเกี่ยวในเดือนกรกฎาคม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความหลากหลายของชนิดดอกไม้ที่บานในช่วงเวลาดังกล่าว

ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการผลิตนมผึ้งทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ ผู้เลี้ยงผึ้งจึงควรวางแผนการเก็บเกี่ยวนมผึ้งให้สอดคล้องกับช่วงเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีทั้งปริมาณและคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด

2.5.3 การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษานมผึ้ง

การผลิตนมผึ้งที่มีคุณภาพดีไม่เพียงขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านแหล่งอาหารของผึ้งและฤดูกาลเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและวิธีการเก็บรักษาอีกด้วย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรักษาคุณค่าทางโภชนาการและสารสำคัญในนมผึ้ง เนื่องจากนมผึ้งเป็นสารจากธรรมชาติที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพตามเวลาและสภาวะการเก็บรักษา (Khalfan Saeed Alwali Alkindi et al., 2024)

ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของนมผึ้ง การศึกษาของ Koc et al. (2022) พบว่า ปริมาณโปรตีนรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น จาก 18.4% ที่ 24 ชั่วโมง เหลือ 15.2% ที่ 48 ชั่วโมง และลดลงเหลือเพียง 10.6% เมื่อเก็บเกี่ยวที่ 72 ชั่วโมง การลดลงในลักษณะเดียวกันนี้ยังพบในปริมาณ 10-HDA ซึ่งเป็นสารสำคัญในนมผึ้ง โดยมีการ

ลดลงจาก 2.52% เป็น 2.00% ในช่วงเวลาเดียวกัน ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการเก็บเกี่ยวนมผึ้งควรทำภายใน 48 ชั่วโมงเพื่อรักษาคุณค่าทางโภชนาการและสารสำคัญให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

ด้านการเก็บรักษา อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสดและคุณภาพของนมผึ้ง เนื่องจากนมผึ้งมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดที่มีความไม่เสถียร ซึ่งไวต่อการเสื่อมสภาพ การเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมหรือเป็นเวลานานอาจทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีเปลี่ยนแปลงไป จึงมีคำแนะนำให้เก็บในสภาวะเย็น (refrigerated conditions) สำหรับการเก็บระยะสั้น และหากต้องการเก็บระยะยาว ควรเก็บที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้มากที่สุด (Kamura, 2001; Marconi, 2002; Li, 2008)

ด้านบรรจุภัณฑ์ Flanjak et al. (2017) ได้ศึกษาผลของวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพนมผึ้ง โดยเปรียบเทียบการใช้ภาชนะแก้วและพลาสติก ผลการศึกษาพบว่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ 10-HDA หากมีการจัดการที่ดีในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและการแช่แข็ง ตัวอย่าง ข้อค้นพบนี้มีความสำคัญในเชิงปฏิบัติ เนื่องจากช่วยให้ผู้ผลิตสามารถเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ได้อย่างยืดหยุ่นตามความเหมาะสมทั้งในด้านต้นทุนและการใช้งาน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

นอกเหนือจากการควบคุมอุณหภูมิและการเลือกบรรจุภัณฑ์แล้ว รูปแบบผลิตภัณฑ์ (dosage form) ยังมีบทบาทสำคัญต่อการคงคุณภาพของนมผึ้ง การศึกษาของ Dundar et al. (2022) พบว่า การทำไมโครเอนแคปซูเลชัน (microencapsulation) สามารถรักษาปริมาณ 10-HDA ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์สำคัญในนมผึ้งไว้ได้เป็นอย่างดี แม้เก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน โดยค่าดังกล่าวใกล้เคียงกับนมผึ้งแบบผงแห้ง (lyophilized royal jelly) และนมผึ้งสดที่เก็บที่ 4°C อีกทั้งปริมาณโพลีฟีนอลรวม ความสามารถต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านจุลชีพยังคงอยู่ในระดับสูงตลอดระยะเวลาการเก็บอีกด้วย ดังนั้นการทำไมโครเอนแคปซูเลชันจึงจัดเป็นเป็นเทคโนโลยีอีกรูปแบบหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาของนมผึ้ง

2.6 มาตรฐานคุณภาพนมผึ้ง

ความต้องการนมผึ้งที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในหลายประเทศทั้งในยุโรป เอเชีย และทั่วโลก ประกอบกับนมผึ้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงและมีการซื้อขายในระดับนานาชาติ ส่งผลให้การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์มีความสำคัญมากขึ้นตามลำดับ การใช้นมผึ้งส่วนใหญ่อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงสาธารณสุขและหน่วยงานกำกับดูแลที่เกี่ยวข้องของแต่ละประเทศ การกำหนดมาตรฐาน

คุณภาพของนมผึ้งจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคและการค้าระหว่างประเทศ

การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพระหว่างนมผึ้งสดและนมผึ้งทางการค้าโดย Alattal et al. (2024) พบความแตกต่างที่สำคัญ โดยนมผึ้งสดมีปริมาณ 10-HDA สูงกว่า (3.83% เทียบกับ 1.92%) และที่ประมาณ 29% ของตัวอย่างนมผึ้งทางการค้าไม่ผ่านมาตรฐาน 10-HDA นอกจากนี้ยังพบแลคโตสในตัวอย่างนมผึ้งทางการค้าบางตัวอย่าง ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนหรือการปลอมปนด้วยผลิตภัณฑ์นม ข้อค้นพบนี้แสดงให้เห็นความจำเป็นในการเข้มงวดกับการควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบความแท้ของนมผึ้งในท้องตลาด สอดคล้องกับการศึกษาในซาอุดีอาระเบียโดย Bazeyad et al. (2022) ที่ได้วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของนมผึ้งจำนวน 12 ตัวอย่างจากภูมิภาค Al-Baha พบว่า นมผึ้งมีความชื้นระหว่าง 61.70-76.80% ค่า pH ระหว่าง 3.14-3.83 และมีปริมาณ 10-HDA อยู่ในช่วง 1.68% ถึง 6.36% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสากล ในขณะที่ ปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 6.73% ถึง 13.27% โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 9.88% ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าค่าเฉลี่ยนี้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของหลายประเทศที่กำหนดค่าขั้นต่ำไว้ที่ 11% การศึกษานี้นำไปสู่การพัฒนาฐานข้อมูลสำหรับการกำหนดมาตรฐานคุณภาพนมผึ้งในระดับประเทศ

ในขณะที่ Kanelis et al. (2015) ได้เสนอแนวทางการปรับปรุงมาตรฐานสากลสำหรับนมผึ้ง โดยการศึกษาตัวอย่างนมผึ้งจำนวนมากจากประเทศกรีซ และพบว่ามาตรฐานปัจจุบันที่กำหนดโดย International Honey Commission (IHC) และ International Organization of Standardization (ISO) ควรได้รับการปรับปรุงให้สอดคล้องกับความแปรผันตามธรรมชาติของนมผึ้ง โดยเสนอให้กำหนดขีดจำกัดความชื้นระหว่าง 60-70% โปรตีนขั้นต่ำที่ 10% และระดับ 10-HDA ระหว่าง 1.0-6.0% ข้อเสนออยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างครอบคลุมและคำนึงถึงความปลอดภัยของแหล่งผลิต

ข้อมูลล่าสุดของ Khalfan Saeed Alwali Alkindi et al. (2024) ได้รวบรวมข้อมูลของเกณฑ์มาตรฐานนมผึ้งในระดับประเทศและนานาชาติไว้หลากหลาย ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ซึ่งยังขาดเกณฑ์ของประเทศไทย ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มเกณฑ์การวิเคราะห์มาตรฐานประเทศไทยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 294 พ.ศ. 2548 เรื่อง รอยัลเยลลีและผลิตภัณฑ์รอยัลเยลลี ลงไปในตารางเพิ่มเติม ทำให้เห็นพัฒนาการของการควบคุมคุณภาพนมผึ้ง สะท้อนให้เห็นถึงความพยายามของแต่ละประเทศในการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดและศักยภาพการผลิตในประเทศ ซึ่งแต่ละประเทศมีแนวทางในการกำหนดมาตรฐานองค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้งที่แตกต่างกันออกไปตามบริบทและเป้าหมายของการพัฒนาอุตสาหกรรมนมผึ้งในประเทศนั้น ๆ จากการวิเคราะห์มาตรฐานคุณภาพนมผึ้งในองค์ประกอบต่าง ๆ สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ ดังนี้

2.6.1 ความชื้น

ความชื้นเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการควบคุมคุณภาพนมผง เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อความคงตัวและอายุการเก็บรักษาสภาพผลิตภัณฑ์ พบว่า ประเทศส่วนใหญ่กำหนดช่วงความชื้นไว้ที่ประมาณร้อยละ 62.5-68.5 แต่บางประเทศ เช่น บราซิลได้กำหนดช่วงที่กว้างกว่าที่ร้อยละ 60-70.0 เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศและวิธีการผลิตในแต่ละพื้นที่

2.6.2 โปรตีน

โปรตีนเป็นสารอาหารหลักที่บ่งชี้คุณค่าทางโภชนาการของนมผง พบว่า ประเทศไทยกำหนดให้มีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 11 สอดคล้องกับมาตรฐานสากล ISO ที่กำหนดช่วงไว้ที่ร้อยละ 11.0-18.0 แต่บางประเทศ เช่น โปแลนด์กำหนดมาตรฐานสูงกว่าที่ร้อยละ 13.5-20.0 สะท้อนถึงความเข้มงวดในการควบคุมคุณภาพ

2.6.3 10-HDA

10-HDA เป็นสาระสำคัญที่พบเฉพาะในนมผง ไม่พบในผลิตภัณฑ์ธรรมชาติอื่น ๆ จึงใช้บ่งชี้ความแท้ของนมผง ประเทศไทยกำหนดค่าขั้นต่ำไว้ที่ร้อยละ 1.5 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐาน ISO และประเทศส่วนใหญ่ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 1.4 แสดงถึงความมุ่งมั่นในการยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์

2.6.4 น้ำตาล

น้ำตาล พบว่า มีการกำหนดทั้งในรูปของน้ำตาลรวมและแยกชนิดน้ำตาลชนิด ที่พบมากในนมผง ได้แก่ ฟรุกโตส กลูโคส และซูโครส ทั้งนี้การตรวจพบน้ำตาลชนิดอื่นปริมาณมากที่ไม่ใช่ฟรุกโตส กลูโคส และซูโครส อาจเป็นตัวบ่งชี้การปลอมปนในผลิตภัณฑ์นมผงสด โดยส่วนใหญ่กำหนดช่วงน้ำตาลรวมไว้ที่ร้อยละ 7.0-18.0

การพัฒนามาตรฐานคุณภาพนมผงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์จากการวิจัย และต้องคำนึงถึงความแปรผันตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ ขณะเดียวกันก็ต้องมีความเข้มงวดเพียงพอที่จะป้องกันการปลอมปนและรักษาความเชื่อมั่นของผู้บริโภค

งานวิจัยฉบับนี้เลือกศึกษาองค์ประกอบนมผงจากเกสรดอกไม้ป่าในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ดอกไม้หลายชนิดในประเทศไทยเบ่งบาน สะท้อนถึงความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเกสรดอกไม้ หรือแหล่งอาหารตามธรรมชาติและฤดูกาล ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของนมผง ผลการศึกษาเหล่านี้สามารถนำมาใช้เพื่อปรับปรุงมาตรฐานคุณภาพนมผงของประเทศไทยให้ครอบคลุมความหลากหลายของแหล่งผลิตในท้องถิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านโปรตีน และปริมาณ 10-HDA ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพสำคัญที่ช่วยสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคทั้งในประเทศและระดับนานาชาติ

สรุปจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่านมผงเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีองค์ประกอบหลากหลาย โดยเฉพาะ 10-HDA ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพสำคัญและมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อ

สุขภาพ การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของนมผึ้ง เช่น แหล่งอาหาร ฤดูกาล การเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา ช่วยเพิ่มความเข้าใจในความหลากหลายทางธรรมชาติของนมผึ้ง ซึ่งสะท้อนถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมและกระบวนการผลิตที่ส่งผลต่อคุณภาพโดยรวม การศึกษานี้มุ่งเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่ากับมาตรฐานประเทศไทย ขณะเดียวกันยังชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของนมผึ้งในฐานะผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการชะลอวัย ด้วยคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ และการเสริมระบบภูมิคุ้มกัน การรวบรวมข้อมูลในบทนี้มีเป้าหมายเพื่อกำหนดแนวทางสำหรับการออกแบบการทดลองในบทถัดไป โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์โปรตีน และปริมาณ 10-HDA ซึ่งเป็นดัชนีสำคัญที่สะท้อนถึงคุณภาพและความหลากหลายของนมผึ้งจากแหล่งผลิตในประเทศไทย ทั้งนี้ หวังว่าผลการวิจัยที่ได้จะช่วยยกระดับมาตรฐานคุณภาพของนมผึ้งจากดอกไม้ป่าและส่งเสริมการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมผึ้งที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในเชิงพาณิชย์และการแพทย์ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมสุขภาพและความงามที่ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ชะลอวัยต่อไป

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบมาตรฐานขององค์ประกอบนมผึ้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ

องค์ประกอบ (%)	ISO	IHC	จีน	มาลาวี	โปแลนด์	บราซิล	บัลแกเรีย	ตุรกี	อียิปต์	UAE	ไทย
ความชื้น	62.5-68.5	60.0-70.0	62.5-67.5	62.0-68.5	Max: 67.5	60-70.0	62.5-67.0	62.5-68.5	Max: 66	62.5-68.5	-
10-HDA	Min: 1.4	Min: 1.4	Min: 1.4	Min: 1.4	-	Min: 2.0	-	Min: 1.4	Min: 2.0	Min: 1.4	Min: 1.5
โปรตีน	11.0-18.0	9.0-18.0	Min: 11	11.0-18.0	13.5-20.0	Min: 10	12.0-17.0	11.0-14.5	Min: 12	11.0-18.0	Min: 11
ฟรุกโตส	2.0-9.0	3.0-13.0	-	2.0-9.0	-	-	-	-	-	2.0-9.0	-
กลูโคส	2.0-9.0	4.0-8.0	-	-	-	Max: 10.0	-	-	-	2.0-9.0	-
ซูโครส	Max: 3.0 (type I)	-	-	-	-	Max: 5.0	Max: 4.5	-	-	Max: 3.0 (type I)	-
น้ำตาลรวม	7.0-18.0	7.0-18.0	-	7.0-18.0	6.5-18.5	-	9.0-13.0	-	Min: 12	7.0-18.0	-

หมายเหตุ ตัวย่อ ISO; International Organization for Standardization, IHC; International Honey Commission, UAE; United Arab Emirate, Max; Maximum, Min; Minimum, 10-HDA; 10-hydroxy-2-decenoic acid, type I; Royal Jelly is produced by bees that feed naturally on flower nectar and forage in their natural environment without artificial supplementation

ที่มา Khalfan Saeed Alwali Alkindi et al. (2024)

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยทางห้องปฏิบัติการ (Laboratory Research) ที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า ได้แก่ โปรตีน และปริมาณ 10-HDA เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพของประเทศไทย โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการวิเคราะห์และทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ประชากร

นมผึ้งที่ผลิตจากผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*) ที่เลี้ยงในพื้นที่อำเภอมะนัง จังหวัดยะลา ซึ่งมีการเก็บเกสรจากดอกไม้ป่าในแหล่งธรรมชาติ

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างนมผึ้งจากฟาร์มผึ้งในพื้นที่อำเภอมะนัง จังหวัดยะลา ที่ได้รับการรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มผึ้ง: มกษ. 8200-2559 ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2559) โดยเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูฝนที่ดอกไม้หลากหลายสายพันธุ์เบ่งบาน ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 จำนวน 3 ตัวอย่าง (n=3) มาจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานวิจัยในลักษณะเดียวกันที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้ง ใช้จำนวนตัวอย่างระหว่าง 3-5 ตัวอย่าง (Pattamayutanon et al., 2018; Zhou et al., 2023; Ghosh & Jung, 2024)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้งในการศึกษานี้ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นหน่วยงานรัฐที่มีความ

เชี่ยวชาญ นำเชื้อถั่ว และมีเครื่องมือที่ได้มาตรฐานในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์แต่ละพารามิเตอร์ ดังนี้

3.3.1 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์โปรตีน

3.3.1.1 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีนแบบ Kjeldahl ประกอบด้วย

1. เครื่องย่อยโปรตีนและชุดกำจัดไออกรด: เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl เครื่องย่อยโปรตีนประกอบด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิที่สามารถให้ความร้อน พร้อมช่องใส่หลอดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ที่สามารถย่อยได้พร้อมกันหลายตัวอย่าง ระบบการทำงานควบคุมอุณหภูมิและเวลาด้วยระบบดิจิทัล ในขณะที่ชุดกำจัดไออกรดทำหน้าที่ดูดซับและกำจัดไออกรดที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการย่อย ไม่ให้หลุดออกไปในสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็อันตรายต่อระบบทางเดินหรือเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต



ที่มา ฤทัยทิพ โอนมุณี (2565)

ภาพที่ 3.1 เครื่องย่อยโปรตีนและชุดกำจัดไออกรด

2. เครื่องกลั่นโปรตีนและชุดไทเทรตอัตโนมัติ: เครื่องกลั่นโปรตีนประกอบด้วยระบบการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และน้ำกลั่นแบบอัตโนมัติ มีระบบควบคุมความร้อนสำหรับการกลั่นและระบบหล่อเย็น ส่วนชุดไทเทรตอัตโนมัติเชื่อมต่อกับระบบการกลั่นโดยตรง ทำหน้าที่ไทเทรตแอมโมเนียที่กลั่นได้ด้วยกรดมาตรฐานโดยอัตโนมัติ พร้อมระบบตรวจวัดจุดยุติด้วยอิเล็กโทรด และแสดงผลการวิเคราะห์เป็นเปอร์เซ็นต์โปรตีนโดยตรง ระบบอัตโนมัติของเครื่องนี้ช่วยลดความคลาดเคลื่อนจากผู้วิเคราะห์ เพิ่มความแม่นยำ และประหยัดเวลาในการวิเคราะห์

3.3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. หลอดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250 mL: เป็นภาชนะแก้วบอโรซิลิเกตทนความร้อนสูงที่ออกแบบมาสำหรับการวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl สามารถทนความร้อนได้สูงและทนต่อการกัดกร่อนของกรดเข้มข้น ขณะใช้งานต้องระวังไม่ให้ใส่สารเคมีเกิน 2 ใน 3 ของปริมาตรหลอดเพื่อป้องกันการกระเด็น และต้องวางหลอดในแนวตั้งตรงขณะทำการย่อย

2. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 mL: ใช้สำหรับการไทเทรตและรองรับสารละลายจากการกลั่นในวิธี Kjeldahl

3. เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง: ใช้สำหรับชั่งสารตัวอย่างอย่างแม่นยำในปริมาณที่แม่นยำ



ทิมา สดศรี อัยกัม (2564)

ภาพที่ 3.2 เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง

4. ตู้ดูดควัน (fume hood): เป็นอุปกรณ์ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการใช้สำหรับป้องกันอันตรายจากไอระเหยของสารเคมี โดยเฉพาะในการวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl ที่มีการใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น การทำงานกับสารเคมีอันตรายภายในตู้ดูดควันช่วยลดความเสี่ยงในการสัมผัสสารเคมี ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน และป้องกันไม่ให้สารเคมีหลุดลอดออกไปปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม

3.3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. น้ำกลั่น
2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (concentrated sulfuric acid; conc. H_2SO_4) 98%
3. ตัวเร่งปฏิกิริยา Kjeldahl catalyst tablets (ผสมระหว่าง CuSO_4 และ K_2SO_4)
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 30% w/v

5. บอกริกแอซิด (H_3BO_3) 4% w/v

6. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1 N

3.3.2 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ 10-HDA

3.3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณ 10-HDA

1. เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC): ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสาร 10-HDA ในตัวอย่างนมผง



ที่มา ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์เพื่อมาตรฐานและอุตสาหกรรม (2565)

ภาพที่ 3.3 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

2. ภาชนะบรรจุเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase reservoir): ใช้เก็บสารละลายที่ใช้ในเฟสเคลื่อนที่ เป็นขวดที่มีฝาปิด พร้อมช่องต่อท่อสำหรับนำสารละลายเข้าสู่ระบบ ก่อนใช้งานต้องกรองสารละลายผ่านเมมเบรน เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่อาจส่งผลต่อการวิเคราะห์

3. คอลัมน์ (column) หรือเฟสคงที่ (stationary phase): ในการวิเคราะห์ 10-HDA ในนมผงใช้คอลัมน์ชนิด C18 ทำหน้าที่แยกสารผสมโดยอาศัยหลักการที่สารแต่ละชนิดมีการเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ด้วยความเร็วที่ต่างกัน

4. เครื่อง ultrasonic cleaner หรือ sonicator: เป็นเครื่องที่ใช้คลื่นความถี่สูงช่วยในการละลายสาร และไล่ฟองอากาศในสารละลายที่จะฉีดเข้าเครื่อง HPLC เพื่อป้องกันการอุดตัน

3.3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. 10-HDA เป็นสารมาตรฐาน หรือ standard
2. Methyl 4-hydroxybenzoate เป็นสารมาตรฐานภายใน หรือ internal standard
3. น้ำกลั่น
4. Methanol
5. Phosphoric acid
6. Absolute ethanol
7. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 1 M

3.4 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 การเตรียมตัวอย่าง

3.4.1.1 ตัวอย่างนมผงที่เก็บจากฟาร์มผงได้ถูกบรรจุในภาชนะที่สะอาด ปราศจากการปนเปื้อน ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567

3.4.1.2 เก็บรักษาตัวอย่างในตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ -2°C จนกว่าจะส่งวิเคราะห์ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2568

3.4.1.3 นำส่งตัวอย่างไปยังกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์โดยควบคุมอุณหภูมิตลอดระยะเวลาระหว่างการขนส่ง

3.4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.4.2.1 การวิเคราะห์โปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method เป็นวิธีวิเคราะห์มาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปในการหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การย่อย การกลั่น และการไทเทรต (Kanelis et al., 2024)

1. ขั้นตอนที่ 1 การย่อยโปรตีน (Digestion) ในขั้นแรกนี้ไนโตรเจนทั้งหมดที่มีในองค์ประกอบของตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมไอออนหรือในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ในสภาวะกรด โดยมีขั้นตอนการทำดังต่อไปนี้

- 1) ชั่งตัวอย่างนมผง 0.5 g ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask)
- 2) เติมตัวเร่งปฏิกิริยา Kjeldahl catalyst tablets 1 เม็ด ลงในหลอดย่อยโปรตีน
- 3) เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) ปริมาตร 25 mL ลงไป

4) นำหลอดย่อยโปรตีนใส่ในช่องของเครื่องย่อยโปรตีนที่ต่อกับชุดกำจัดไอรด
ชั้นตอนนี้ทำใน fume hood

5) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 420°C จนได้สารละลายสีฟ้าหรือเขียวใส (2 ชั่วโมง)

6) ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

2. ขั้นตอนที่ 2 การกลั่น (Distillation) ในขั้นตอนนี้จะทำให้สารละลาย
แอมโมเนียมไอออนเปลี่ยนเป็นแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งจะถูกลั่นด้วยไอน้ำและถูกดักจับด้วยสารละลาย
กรดบอริก แอมโมเนียที่ถูกดักจับจะเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียมไอออนอีกครั้งในสารละลายกรดบอริก
โดยมีขั้นตอนการทำ ดังต่อไปนี้

1) วางหลอดย่อยโปรตีนที่เย็นแล้วจากขั้นตอนที่ 1 เข้าที่ตำแหน่งในเครื่องกลั่น

2) ใส่กรดบอริก (H_3BO_3) 4% w/v จำนวน 25 mL ลงใน erlenmeyer flask
ขนาด 250 mL เพื่อดักจับแก๊สแอมโมเนียที่ถูกลั่นด้วยไอน้ำ

3) ตั้งค่าพารามิเตอร์ในเครื่อง ดังนี้ ปริมาณน้ำกลั่น 50 mL, ปริมาตร NaOH
30% w/v 70 mL, เวลาในการกลั่น 4 นาที

4) กดปุ่มเริ่มการทำงาน เครื่องจะทำการเติมน้ำกลั่นและ NaOH โดยอัตโนมัติ

5) เครื่องจะทำการกลั่นแอมโมเนียลงมาใน Erlenmeyer flask

3. ขั้นตอนที่ 3 การไทเทรต (Titration) ชุดไทเทรตอัตโนมัติเชื่อมต่อกับระบบการ
กลั่นโดยตรง ทำหน้าที่ไทเทรตแอมโมเนียที่กลั่นได้จากขั้นตอนที่ 2

1) เติมสารละลาย HCl 0.1 N ในขวดบรรจุ จัดวางในตำแหน่งของสารที่จะ
ไทเทรต

2) เครื่องจะทำการไทเทรตสารที่ได้จากการกลั่นโดยอัตโนมัติด้วย HCl 0.1 N

3) ระบบตรวจวัดจุดยุติด้วยอิเล็กโทรด และแสดงผลการวิเคราะห์เป็น
เปอร์เซ็นต์

4) บันทึกผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่เครื่องแสดง

3.4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณ 10-HDA ด้วยเครื่องมือ HPLC ที่อาศัยหลักการแยกสาร
ระหว่าง phase 2 phase ได้แก่ เฟสคงที่ (stationary phase) ซึ่งบรรจุอยู่ในคอลัมน์ (column)
และเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ที่พาสารผ่านคอลัมน์ การแยกสารผสมในตัวอย่างเกิดจากความ
แตกต่างของความสามารถในการกระจายตัวของสารระหว่าง 2 phase โดยสารที่มีความชอบหรือเข้า
กันได้ดีกับ mobile phase จะเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ได้เร็วกว่า จึงถูกชะออกมาก่อน ในขณะที่สารที่มี
ความชอบกับ stationary phase มากกว่าจะเคลื่อนที่ช้ากว่า จึงถูกชะออกมาทีหลัง เมื่อสารแต่ละ
ชนิดถูกแยกออกมาจากคอลัมน์ จะผ่านเข้าสู่ตัวตรวจวัด (detector) ซึ่งจะแปลงสัญญาณการตรวจวัด
เป็นกราฟที่เรียกว่าโครมาโทแกรม (chromatogram) โดยสารแต่ละชนิดจะปรากฏเป็นพีค (peak) ที่

เวลาต่าง ๆ กัน โดยกระบวนการวิเคราะห์หาปริมาณสาร 10-HDA ในนมผงตามวิธีมาตรฐาน AOAC มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (Zhou et al., 2007)

1. ขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1) การเตรียม stock solution ของสารละลาย Internal standard เข้มข้น (10 mg/mL)

ก. ชั่ง Methyl 4-hydroxybenzoate 1,000 mg.

ข. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 mL

ค. ปรับปริมาตรด้วย absolute ethanol จนถึงขีดบอกปริมาตร

2) การเตรียม working solution ของสารละลาย Internal standard (1 mg/mL)

ก. ปิเปต stock solution ของสารละลาย Internal standard มา 10 mL

ข. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 mL

ค. ปรับปริมาตรด้วย absolute ethanol จนถึงขีดบอกปริมาตร

3) การเตรียม stock solution ของสารละลายมาตรฐาน 10-HDA เข้มข้น (8 mg/mL)

ก. ชั่ง 10-HDA 0.8 g

ข. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 mL

ค. ปรับปริมาตรด้วย absolute ethanol จนถึงขีดบอกปริมาตร

4) การเตรียม working solution ของสารละลายมาตรฐาน 10-HDA (0.8 mg/mL)

ก. ปิเปต stock solution ของสารละลายมาตรฐาน 10-HDA มา 10 mL

ข. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 mL

ค. ปรับปริมาตรด้วย absolute ethanol จนถึงขีดบอกปริมาตร

5) การเตรียมสารละลายผสมระหว่างสารมาตรฐานและ Internal standard

ก. ปิเปต working solution ของสารละลายมาตรฐาน 10-HDA (0.8 mg/mL) ในปริมาตรต่าง ๆ 8 ปริมาตร ดังนี้ 0.0125 mL, 0.0625 mL, 0.625 mL, 1.25 mL, 2.5 mL, 5 mL, 10 mL และ 20 mL

ข. เติม working solution ของสารละลาย Internal standard (1 mg/mL) 10 mL ลงในแต่ละ volumetric flask ขนาด 100 mL

ค. ปรับปริมาตรด้วย absolute ethanol จนครบ 100 mL

ง. จะได้สารละลายผสมที่มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 10-HDA ที่ 0.1, 0.5, 5, 10, 20, 40, 80 และ 160 mcg/mL และ Internal standard 100 mcg/mL เท่ากันในทุกสารละลาย

2. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

1) ตัวอย่างที่แช่เย็น ให้วางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenize) ก่อนทำการวิเคราะห์

2) ชั่งตัวอย่างนมผงสด 0.5 g ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 mL

3) เติมสารละลายกรด HCl (1 M) ปริมาตร 3 mL ลงใน flask ข้อ 2

4) เติม working solution ของสารละลาย Internal standard (1 mg/mL) ปริมาตร 5 mL

5) เติม absolute ethanol ปริมาตร 40 mL

6) ใช้เครื่อง sonicator ในการช่วยละลายสาร เป็นเวลาประมาณ 15 นาที

7) ปรับปริมาตรด้วย absolute ethanol จนถึงขีดบอกปริมาตร

8) ดูดสารละลายตัวอย่าง 1 mL กรองผ่านไมล่อนเมมเบรนขนาด 0.2 μ m ก่อนฉีดสารละลายตัวอย่างเข้าเครื่อง HPLC

3. ขั้นตอนการตั้งค่าสภาวะการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

1) ใช้คอลัมน์ C18 (5 μ m, 3.9 x 150 mm id)

2) ตั้งค่า mobile phase อัตราส่วน methanol-water-phosphoric acid (50:50:0.3, v/v/v)

3) ตั้งอัตราการไหล (flow rate) ที่ 0.8 mL/min

4) ควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 30°C

5) ฉีดสารตัวอย่างปริมาตร 5 μ L

6) ตั้งค่าความยาวคลื่นในการตรวจวัดด้วย UV-Detector ที่ 210 nm.

7) ตั้งเวลาในการวิเคราะห์ (total run time) ที่ 7.2 นาที

8) เก็บข้อมูลโดยใช้ software โปรแกรมของเครื่อง HPLC

ซึ่งกระบวนการและขั้นตอนวิเคราะห์หาปริมาณ 10-HDA ของงานวิจัยนี้ เป็นวิธีเฉพาะที่พัฒนาโดยห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (In-house method) ที่ผ่านการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ (Method validation) ได้แก่ ความจำเพาะเจาะจง (Specificity) ช่วงการวัด (Working Ranges) และความเป็นเส้นตรง (Linearity) ความแม่นยำ (Accuracy) ความเที่ยง (Precision) ขีดจำกัดการตรวจพบ (LOD) และขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) ตามที่ระบุไว้ในแนว

ปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว (A practical guide for single laboratory method validation of chemical methods) ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (ทิพวรรณ นิ่มน้อย, 2549)

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ช่วงหลัก คือ ช่วงการเก็บตัวอย่างและช่วงการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 ช่วงการเก็บตัวอย่าง

เริ่มจากการคัดเลือกฟาร์มผึ้งในพื้นที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ที่ได้รับการรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มผึ้ง: มกษ. 8200-2559 ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งมีการเลี้ยงผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*) ในพื้นที่ที่มีดอกไม้ป่าหลากหลายชนิด จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างนมผึ้งจำนวน 3 ตัวอย่างในช่วงระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นช่วงที่ดอกไม้ในประเทศไทยเบ่งบาน บันทึกข้อมูลสำคัญ ได้แก่ วันที่เก็บตัวอย่าง พิกัดของฟาร์มผึ้ง และลักษณะทางกายภาพของนมผึ้ง สำหรับการจัดการตัวอย่าง ตัวอย่างนมผึ้งแต่ละตัวอย่างจะถูกบรรจุในภาชนะที่สะอาด ปิดสนิท ตัดฉลากระบุรายละเอียดที่จำเป็น และเก็บรักษาตัวอย่างที่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -2°C ทันที จากนั้นนำส่งตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จังหวัดนนทบุรี โดยควบคุมอุณหภูมิระหว่างการขนส่งเพื่อรักษาคุณภาพของตัวอย่าง

3.5.2 ช่วงการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

จะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ โปรตีน และ 10-HDA โดยแต่ละพารามิเตอร์จะทำการวิเคราะห์ซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้งเพื่อความแม่นยำของผลการวิเคราะห์ บันทึกผลการวิเคราะห์ ได้แก่ ผลการวิเคราะห์โปรตีน และ 10-HDA จากใบรายงานผลการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

3.6 สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0 โดยได้รับสิทธิ์การใช้งานผ่านมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง (License Number 3547818,

Renewal Quote Number 26500879) ทั้งนี้กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} < 0.05$ แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

3.6.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีของนมผง ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าสูงสุด-ต่ำสุด (Range) ร้อยละ (Percentage) และค่ามัธยฐาน (Median)

3.6.2 สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.6.2.1 การทดสอบการแจกแจงของข้อมูล ใช้การทดสอบ Kolmogorov-Smirnov Test เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

3.6.2.2 การเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

1. กรณีข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ จะใช้การทดสอบ One-Sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์กับค่ามาตรฐาน

2. กรณีข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ จะใช้การทดสอบ Wilcoxon Signed-Rank Test ซึ่งเป็นการทดสอบแบบ Non-parametric Statistics เพื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานกับค่ามาตรฐาน

3.6.3 การแปลผลการทดสอบ

3.6.3.1 หากค่า $p\text{-value} < 0.05$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยหรือค่ามัธยฐานของพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์สูงกว่าค่ามาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.6.3.2 หากค่า $p\text{-value} \geq 0.05$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยหรือค่ามัธยฐานของพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ไม่ได้สูงกว่าค่ามาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 4

ผลของการศึกษา

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าในการศึกษารังนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง จำนวน 3 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีน และปริมาณ 10-hydroxy-2-decenoic acid (10-HDA) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่แสดงถึงคุณภาพของนมผึ้ง ผลของการศึกษาสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ดังนี้

4.1 ลักษณะทั่วไปของตัวอย่างนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า

ตัวอย่างนมผึ้งที่ใช้ในการศึกษารังนี้ได้มาจากฟาร์มผึ้งที่ได้รับการรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มผึ้ง: มกษ. 8200-2559 ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2559) ในพื้นที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ และอุดมไปด้วยพืชป่าชนิดต่าง ๆ ลักษณะทั่วไปของตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทั่วไปของตัวอย่างนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า

รายละเอียด	ข้อมูล
แหล่งที่มา	ฟาร์มผึ้งที่ได้รับการรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มผึ้ง ในอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย
ชนิดผึ้ง	ผึ้งพันธุ์ (<i>Apis Mellifera</i>)
ประเภทเกสร	เกสรดอกไม้ป่าหลากหลายชนิดในแหล่งธรรมชาติ
จำนวนตัวอย่าง	3 ตัวอย่าง
ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง	สิงหาคม พ.ศ. 2567
ลักษณะทางกายภาพ	ของเหลวข้นสีเหลืองอ่อน
การเก็บรักษา	อุณหภูมิ -2°C
ระยะเวลาเก็บรักษา	9 เดือน (สิงหาคม 2567 - เมษายน 2568)

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างนมผึ้งทั้ง 3 ตัวอย่าง (รหัส RJ-01, RJ-02, และ RJ-03) ถูกเก็บจากผึ้งพันธุ์ *Apis mellifera* ในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 และได้รับการเก็บรักษาที่

อุณหภูมิ -2°C เป็นระยะเวลา 9 เดือน จนกระทั่งถูกส่งไปวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จังหวัดนนทบุรี ตัวอย่างมีลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลวข้น สีเหลืองอ่อน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะมาตรฐานทางกายภาพของนมผึ้ง

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า

ปริมาณโปรตีนและ 10-HDA

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีสำคัญของนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า ได้แก่ ปริมาณโปรตีน และปริมาณ 10-HDA แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า

ตัวอย่างนมผึ้ง	โปรตีน (%)	10-HDA (%)
ตัวอย่างที่ 1	14.15	1.98
ตัวอย่างที่ 2	13.27	1.99
ตัวอย่างที่ 3	14.33	1.94
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	13.92 ± 0.57	1.97 ± 0.03
ค่ามัธยฐาน	14.15	1.98

หมายเหตุ ตัวอย่าง 10- HDA; 10-hydroxy-2-decenoic acid

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ปริมาณโปรตีนในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่ามีค่าอยู่ในช่วง 13.27-14.33% โดยมีค่าเฉลี่ย $13.92 \pm 0.57\%$ และค่ามัธยฐาน 14.15% ตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (14.33%) ในขณะที่ตัวอย่างที่ 2 มีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุด (13.27%)

สำหรับปริมาณ 10-HDA ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างนมผึ้งมีค่าอยู่ในช่วง 1.94-1.99% โดยมีค่าเฉลี่ย $1.97 \pm 0.03\%$ และค่ามัธยฐาน 1.98% ตัวอย่างที่ 2 มีปริมาณ 10-HDA สูงที่สุด (1.99%) ในขณะที่ตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณ 10-HDA ต่ำที่สุด (1.94%)

4.3 การเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย

ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่ากับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 294 พ.ศ. 2548 เพื่อประเมินคุณภาพของนมผึ้ง แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์	มาตรฐานไทย	ผลการประเมิน
โปรตีน (%)			
- ตัวอย่างที่ 1	14.15	≥ 11	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
- ตัวอย่างที่ 2	13.27	≥ 11	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
- ตัวอย่างที่ 3	14.33	≥ 11	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบน	13.92 ± 0.56	≥ 11	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
มาตรฐาน			
ค่ามัธยฐาน	14.15	≥ 11	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
10-HDA (%)			
- ตัวอย่างที่ 1	1.98	≥ 1.5	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
- ตัวอย่างที่ 2	1.99	≥ 1.5	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
- ตัวอย่างที่ 3	1.94	≥ 1.5	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบน	1.97 ± 0.03	≥ 1.5	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
มาตรฐาน			
ค่ามัธยฐาน	1.98	≥ 1.5	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

หมายเหตุ ตัวอย่าง 10-HDA; 10-hydroxy-2-decenoic acid

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า นมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าทั้ง 3 ตัวอย่างผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพประเทศไทยครบทุกพารามิเตอร์ โดยปริมาณโปรตีน และปริมาณ 10-HDA ในทุกตัวอย่่างมีค่ามากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำตามที่กำหนด ทั้งโปรตีนที่มีค่าต่ำสุด 13.27% (เกณฑ์ที่กำหนด $\geq 11\%$) และ 10-HDA ที่มีค่าต่ำสุด 1.94% (เกณฑ์ที่กำหนด $\geq 1.5\%$) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า นมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าทั้ง 3 ตัวอย่างมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพประเทศไทย

4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐาน เพื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของตัวอย่างกับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย โดยใช้ Wilcoxon Signed-Rank Test (one-tailed) แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบสมมติฐาน: การเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย (n=3)

พารามิเตอร์	ค่ามัธยฐาน (%)	มาตรฐาน (%)	ค่าสถิติ (Z-score)	p-value	สรุปผล
โปรตีน	14.15	≥ 11	-1.604	0.055	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
10-HDA	1.98	≥ 1.5	-1.604	0.055	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

หมายเหตุ ตัวอย่าง 10-HDA; 10-hydroxy-2-decenoic acid

จากตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วย Wilcoxon Signed-Rank Test (one-tailed) พบว่า ปริมาณโปรตีนมีค่ามัธยฐาน 14.15% ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ($\geq 11\%$) โดยมีค่าสถิติ Z-score = -1.604 และค่า p-value = 0.055 สำหรับปริมาณ 10-HDA มีค่ามัธยฐาน 1.98% ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ($\geq 1.5\%$) โดยมีค่าสถิติ Z-score = -1.604 และค่า p-value = 0.055

ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าปริมาณโปรตีน และ 10-HDA มากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่านมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าที่ศึกษามีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพประเทศไทย

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่ากับมาตรฐานคุณภาพประเทศไทย” มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและกรด 10-Hydroxy-2-decenoic acid (10-HDA) ในนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าที่ได้จากฟาร์มผึ้งที่ผ่านมาตรฐาน มกษ. 8200-2559 ในพื้นที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย จำนวน 3 ตัวอย่าง และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานประเทศไทยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 294) พ.ศ. 2548

ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ย $13.92 \pm 0.57\%$ และ ปริมาณ 10-HDA เฉลี่ย $1.97 \pm 0.03\%$ ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 11% และ 1.5% ตามลำดับ โดยผลการทดสอบสถิติ Wilcoxon Signed-Rank Test ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.055$) แต่ผลการวิเคราะห์เชิงพรรณนาสามารถสรุปในเชิงคุณภาพได้ว่านมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าที่ศึกษามีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพประเทศไทย

5.2 อภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์พบว่า นมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าทั้ง 3 ตัวอย่างมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย $13.92 \pm 0.57\%$ และปริมาณ 10-HDA เฉลี่ย $1.97 \pm 0.03\%$ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานประเทศไทยที่กำหนดโปรตีนไม่ต่ำกว่า 11% และ 10-HDA ไม่ต่ำกว่า 1.5% ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 294) พ.ศ. 2548 แม้การทดสอบทางสถิติด้วย Wilcoxon Signed-Rank Test จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.055$) แต่ค่าที่ได้สะท้อนถึงคุณภาพของนมผึ้งที่อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Pattamayutanon et al. (2018) ซึ่งศึกษานมผึ้งจากผึ้งที่เลี้ยงด้วยเกสรดอกไม้เดี่ยว ได้แก่ ดอกชา ดอกกาแฟ และดอกสบเสื่อ พบว่ามีปริมาณ 10-HDA เท่ากับ 1.41%, 1.66% และ 1.67% ตามลำดับ โดยในกรณีของเกสรดอกชา ปริมาณ 10-HDA ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน สะท้อนว่าความหลากหลายของแหล่งเกสรอาจมีบทบาทสำคัญในการเพิ่ม

คุณภาพของนมผง อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาของ Ghosh and Jung (2024) พบว่า การใช้เกสรดอกไม้เดี่ยวบางชนิด เช่น oak และ rapeseed สามารถให้ค่า 10-HDA อยู่ในช่วง 1.90–2.10% ใกล้เคียงกับที่ได้จากเกสรดอกไม้ป่าในการศึกษานี้ เป็นไปได้ว่าชนิดของเกสรดอกไม้มีผลต่อคุณภาพของนมผงเช่นกัน

ในการศึกษานี้วิเคราะห์ตัวอย่างหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -2°C เป็นระยะเวลาประมาณ 9 เดือน ก่อนส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งปัจจัยด้านการเก็บรักษานมผงอย่างเหมาะสมหลังการเก็บเกี่ยวมีผลอย่างมากต่อปริมาณสารสำคัญ โดยเฉพาะ 10-HDA ซึ่งเป็นกรดไขมันหลักและใช้เป็นหนึ่งในเกณฑ์วิเคราะห์คุณภาพและความสดของนมผง งานวิจัยหลายฉบับระบุว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ในตู้เย็น สามารถคงปริมาณ 10-HDA ได้ดีกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (Flanjak et al., 2017) งานวิจัยของ Antinelli et al. (2003) รายงานว่า การเก็บนมผงเป็นเวลา 12 เดือนที่ -18°C และ 4°C ทำให้ปริมาณ 10-HDA ลดลง 0.1% และ 0.2% ตามลำดับ ในขณะที่การเก็บที่อุณหภูมิห้องพบการลดลง 0.4% และ 0.6% ในตัวอย่างจากฝรั่งเศสและประเทศไทยตามลำดับ อย่างไรก็ตาม แม้ตัวอย่างนมผงในการศึกษานี้จะถูกเก็บที่อุณหภูมิ -2°C เป็นเวลา 9 เดือน ปริมาณ 10-HDA และโปรตีนยังคงสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพประเทศไทย สะท้อนถึงความคงตัวของสารสำคัญภายใต้สภาพการเก็บดังกล่าว และหากสามารถทำการวิเคราะห์ได้ในระยะเวลาอันสั้นหลังการเก็บเกี่ยว อาจพบปริมาณสารสำคัญในระดับที่สูงกว่านี้ ดังนั้น การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม ลดระยะเวลาเก็บก่อนการวิเคราะห์ และติดตามตรวจสอบปริมาณ 10-HDA เป็นประจำ จึงมีความสำคัญต่อการรักษาคุณภาพนมผง

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานวิจัย พบประเด็นที่สามารถนำไปต่อยอดศึกษาได้ในอนาคต โดยเฉพาะเรื่องผลของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บรักษาต่อปริมาณสารสำคัญในนมผง งานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์ตัวอย่างหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -2°C เป็นระยะเวลาประมาณ 9 เดือนก่อนส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ แม้ว่าผลการวิเคราะห์จะพบปริมาณสารสำคัญ โดยเฉพาะตัว 10-HDA ยังคงผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แต่ยังไม่มีการเปรียบเทียบอย่างเป็นระบบว่าปริมาณดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงมากนักหรือไม่เพียงใดภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน จึงควรมีการออกแบบการทดลองในอนาคต เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บรักษากับการคงคุณภาพของสารสำคัญ เพื่อให้สามารถระบุสภาวะที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพนมผงสูงสุดได้อย่างชัดเจน

นอกจากนี้ ควรขยายขอบเขตการศึกษาไปยังนมผึ่งจากแหล่งเกสรที่หลากหลายมากขึ้น ทั้งใน ด้านพื้นที่ภูมิศาสตร์และฤดูกาลการผลิต รวมถึงการวิจัยเชิงเปรียบเทียบระหว่างนมผึ่งจากแหล่งเกสร ดอกไม้ป่ากับเกสรดอกไม้เดี่ยว เพื่อเพิ่มความครอบคลุมของข้อมูลและความน่าเชื่อถือของข้อสรุปในอนาคต

อีกทั้งควรพิจารณาการวิเคราะห์องค์ประกอบอื่น ๆ ตามมาตรฐานสากล เช่น ความชื้น ฟรุคโตส กลูโคส และน้ำตาลรวม เพื่อสร้างภาพรวมคุณภาพนมผึ่งที่ครบถ้วน ทั้งนี้จากการ เปรียบเทียบพบว่ามาตรฐานของไทยยังมีข้อกำหนดบางประการที่อาจต้องปรับปรุง โดยเฉพาะค่า โปรตีนขั้นต่ำที่ 11% ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับหลายประเทศ จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทบทวน และปรับปรุงมาตรฐานดังกล่าวให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล เพิ่มศักยภาพนมผึ่งไทยในการแข่งขัน และการส่งออก

สุดท้ายนี้ควรศึกษาศักยภาพของนมผึ่งในด้านการชะลอวัยและการส่งเสริมสุขภาพ ทั้งในเชิง กลไกทางชีวภาพและผลต่อสุขภาพโดยรวม เพื่อสร้างฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ของนมผึ่ง สามารถ นำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและนวัตกรรมสุขภาพที่มีคุณภาพ นำไปสู่การ เพิ่มมูลค่าและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์นมผึ่งไทยในตลาดโลก ตลอดจนการยอมรับจากผู้บริโภค ที่ใส่ใจสุขภาพและคุณภาพชีวิตต่อไป

รายการอ้างอิง

- ทิพวรรณ นิ่มน้อย. (2549). *แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว (A Practical Guide for Single Laboratory Method Validation of Chemical Methods)*. กระทรวงสาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.
- ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร : การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มผึ้ง มาตรฐานเลขที่ มกษ.8200-2559 พ.ศ. 2559. (2559, 11 พฤษภาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*, เล่ม 133, ตอนพิเศษ 106 ง.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 294) เรื่อง รอยัลเยลลี่และผลิตภัณฑ์รอยัลเยลลี่ พ.ศ. 2548. (2548, 28 ธันวาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*, เล่ม 135 ตอนพิเศษ 150 ง. หน้า 6-7.
- ฤทัยทิพ โอนมณี. (2565). *คู่มือปฏิบัติงาน เรื่อง วิธีใช้งานเครื่องกลั่นปริมาณไนโตรเจน (Kjeldahl Nitrogen Analyzer) เครื่องย่อยตัวอย่างสาร (Digester) และเครื่องดักจับไอน้ำ (Scrubber) อย่างง่าย*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์เพื่อมาตรฐานและอุตสาหกรรม. (2565). *High Performance Liquid Chromatography (HPLC), SHIMADZU Nexera LC-40 series [เอกสารข้อมูลเครื่องมือ]*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สดศรี อัยกัม. (2564). *คู่มืออุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง.
- Alattal, Y. Z., Bazeyad, A. Y., & Al Ghamdi, A. A. (2024). Variation in chemical composition of fresh and commercial royal jelly associated with international standards. *Journal of Food Composition and Analysis*, 138, Article 107017. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.107017>
- Khalfan Saeed Alwali Alkindi, F., El-Keblawy, A., Lamghari Ridouane, F., & Bano Mirza, S. (2024). Factors influencing the quality of Royal jelly and its components: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2348253. <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2348253>
- Antinelli, J.-F., Zeggane, S., Davico, R., Rognone, C., Faucon, J.-P., & Lizzani, L. (2003). Evaluation of (E)-10-hydroxydec-2-enoic acid as a freshness parameter for royal jelly. *Food Chemistry*, 80(1), 85–89. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00243-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00243-1)

- Bălan, A., Moga, M. A., Dima, L., Toma, S., Elena Neculau, A., & Anastasiu, C. V. (2020). Royal jelly-a traditional and natural remedy for postmenopausal symptoms and aging-related pathologies. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(14), 3291. <https://doi.org/10.3390/molecules25143291>
- Bazeyad, A. Y., Al-Ghamdi, A. A., & Alattal, Y. Z. (2022). Physicochemical characteristics of local royal jelly produced in Al-Baha region, Saudi Arabia. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 14(1), 284–292. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.14.1.0327>
- Besari, R. I. F., Radiati, L. E., & Junus, M. (2023). Royal jelly (*Apis mellifera*) as an antimicrobial activity inhibition. *International Journal of Current Science Research and Review*, 6(6), 3561-3567. <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V6-i6-49>
- Collazo, N., Carpena, M., Nuñez-Estevez, B., Otero, P., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. (2021). Health promoting properties of bee royal jelly: Food of the Queens. *Nutrients*, 13(2), 543. <https://doi.org/10.3390/nu13020543>
- Dundar, A. N., Cinar, A., Altuntas, S., Ulubayram, N., Taner, G., Dagdelen, A. F., Demircan, H., & Oral, R. A. (2022). The role of microencapsulation in maintaining biological activity of royal jelly: Comparison with biological activity and bioaccessibility of microencapsulated, fresh and lyophilized forms during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(9), 3580–3591. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11905>
- Emir, M. (2020). Effect of harvesting period on chemical and bioactive properties of royal jelly from Turkey. *European Food Science and Engineering*, 1(1), 9-12.
- Flanjak, I., Jakovljević, M., Kenjeric, D., Cvijetić Stokanović, M., Primorac, L., & Bilić Rajs, B. (2017). Determination of (2E)-10-hydroxydec-2-enoic acid in Croatian royal jelly by high-performance liquid chromatography. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 9(2), 152–157. <https://doi.org/10.17508/CJFST.2017.9.2.10>
- Ghosh, S., & Jung, C. (2024). Chemical composition and nutritional value of royal jelly samples obtained from honey bee (*Apis mellifera*) hives fed on oak and rapeseed pollen patties. *Insects*, 15(3), 141. <https://doi.org/10.3390/insects15030141>

- Guo, H., Kouzuma, Y., & Yonekura, M. (2009). Structures and properties of antioxidative peptides derived from royal jelly protein. *Food Chemistry*, 113(1), 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.081>
- Hata, T., Furusawa-Horie, T., Arai, Y., Takahashi, T., Seishima, M., & Ichihara, K. (2020). Studies of royal jelly and associated cross-reactive allergens in atopic dermatitis patients. *PloS one*, 15(6), Article e0233707. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233707>
- Honda, Y., Araki, Y., Hata, T., Ichihara, K., Ito, M., Tanaka, M., . . . Honda, S. (2015). 10-Hydroxy-2-decenoic acid, the major lipid component of royal jelly, extends the lifespan of *Caenorhabditis elegans* through dietary restriction and target of rapamycin signaling. *Journal of Aging Research*, 2015, 425261. <https://doi.org/10.1155/2015/425261>
- Hu, X., Wang, Y., Chi, X., Wang, H., Liu, Z., Ma, L., . . . Xu, B. (2023). Oleic acid promotes the biosynthesis of 10-hydroxy-2-decenoic acid via species-selective remodeling of TAGs in *Apis mellifera ligustica*. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(17), 13361. <https://doi.org/10.3390/ijms241713361>
- Ishida, K., Matsumaru, D., Shimizu, S., Hiromori, Y., Nagase, H., & Nakanishi, T. (2022). Evaluation of the estrogenic action potential of royal jelly by genomic signaling pathway in vitro and in vivo. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 45(10), 1510–1517. <https://doi.org/10.1248/bpb.b22-00383>
- Kanelis, D., Liolios, V., Rodopoulou, M-A., Papadopoulou, F., & Tananaki, C. (2024). Production and quality characteristics of royal jelly in relation to available natural food resources. *Resources*, 13(4), 55. <https://doi.org/10.3390/resources13040055>
- Kanelis, D., Tananaki, C., Liolios, V., Dimou, M., Goras, G., Rodopoulou, M. A., . . . Thrasyvoulou, A. (2015). A suggestion for royal jelly specifications. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 66(4), 275–284. <https://doi.org/10.1515/aiht-2015-66-2651>

- Kawano, Y., Makino, K., Jinnin, M., Sawamura, S., Shimada, S., Fukushima, S., . . . Ihn, H. (2019). Royal jelly regulates the proliferation of human dermal microvascular endothelial cells through the down-regulation of a photoaging-related microRNA. *Drug Discoveries & Therapeutics*, 13(5), 268–273.
<https://doi.org/10.5582/ddt.2019.01070>
- Koc, A. U., Karacaoglu, M., Bakir, Z. B., & Kizilkaya, K. (2022). Determination of total protein, trans-10-hydroxy-2-decenoic acid (10-HDA), and major royal jelly proteins in royal jelly produced at different harvest times in queenless and queenright colonies. *Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(1), 109-117.
<https://doi.org/10.29050/harranziraat.1016909>
- Kocot, J., Kiełczykowska, M., Luchowska-Kocot, D., Kurzepa, J., & Musik, I. (2018). Antioxidant potential of propolis, bee pollen, and royal jelly: Possible medical application. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 7074209.
<https://doi.org/10.1155/2018/7074209>
- Kumar, R., Thakur, A., Kumar, S., & Hajam, Y. A. (2024). Royal jelly a promising therapeutic intervention and functional food supplement: A systematic review. *Heliyon*, 10(17), Article e37138.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37138>
- Kunugi, H., & Mohammed Ali, A. (2019). Royal jelly and its components promote healthy aging and longevity: From animal models to humans. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(19), 4662.
<https://doi.org/10.3390/ijms20194662>
- Li, J. D., Cui, L., Xu, Y. Y., & Guan, K. (2021). A Case of anaphylaxis caused by major royal jelly protein 3 of royal jelly and its cross-reactivity with honeycomb. *Journal of Asthma and Allergy*, 14, 1555–1557. <https://doi.org/10.2147/JAA.S346045>
- Li, Q., Zhang, W., Zhou, E., Tao, Y., Wang, M., Qi, S., . . . Wu, L. (2023). Integrated microbiomic and metabolomic analyses reveal the mechanisms by which bee pollen and royal jelly lipid extracts ameliorate colitis in mice. *Food Research International*, 171, 113069. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113069>

- Lin, X. M., Liu, S. B., Luo, Y. H., Xu, W. T., Zhang, Y., Zhang, T., . . . Jin, C. H. (2020). 10-HDA Induces ROS-Mediated Apoptosis in A549 human lung cancer cells by regulating the MAPK, STAT3, NF- κ B, and TGF- β 1 signaling pathways. *BioMed Research International*, 2020, 3042636. <https://doi.org/10.1155/2020/3042636>
- Maeda, Y., Fujikura, C., Asama, T., Yagi, M., Okumura, N., Yamaki, A., . . . Numano, K. (2022). Effect of facial application of essence containing royal jelly extract on stratum corneum moisture content: A placebo-controlled, double-blind, parallel-group study. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 21(11), 5747–5754. <https://doi.org/10.1111/jocd.15168>
- Mishima, S., Suzuki, K. M., Isohama, Y., Kuratsu, N., Araki, Y., Inoue, M., . . . Miyata, T. (2005). Royal jelly has estrogenic effects in vitro and in vivo. *Journal of Ethnopharmacology*, 101(1-3), 215–220. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.04.012>
- Muresan, C. I., Dezmirean, D. S., Marc, B. D., Suharoschi, R., Pop, O. L., & Buttstedt, A. (2022). Biological properties and activities of major royal jelly proteins and their derived peptides. *Journal of Functional Foods*, 98, Article 105286. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105286>
- Oršolić, N., & Jazvinščak Jembrek, M. (2024). Royal Jelly: Biological Action and Health Benefits. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(11), 6023. <https://doi.org/10.3390/ijms25116023>
- Parhizkari, N., Eidi, M., Mahdavi-Ortakand, M., Ebrahimi-Kia, Y., Zarei, S., & Pazoki, Z. (2023). The effect of oral treatment of royal jelly on the expression of the PDGF- β gene in the skin wound of male mice. *Journal of Tissue Viability*, 32(4), 536–540. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2023.09.001>
- Park, H. M., Hwang, E., Lee, K. G., Han, S. M., Cho, Y., & Kim, S. Y. (2011). Royal jelly protects against ultraviolet B-induced photoaging in human skin fibroblasts via enhancing collagen production. *Journal of Medicinal Food*, 14(9), 899–906. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.1363>
- Pattamayutanon, P., Peng, C. C., Sinpoo, C., & Chantawannakul, P. (2018). Effects of pollen feeding on quality of royal jelly. *Journal of Economic Entomology*, 111(6), 2974–2978. <https://doi.org/10.1093/jee/toy251>

- Saad Al Shehri, Z., Alanazi, A. D., & Alnomasy, S. F. (2023). Anti-cancer effects of queen bee acid (10-Hydroxy-2-Decenoic Acid) and its cellular mechanisms against human hepatoma cells. *Molecules*, 28(4), 1972. <https://doi.org/10.3390/molecules28041972>
- Sharif, S. N., & Darsareh, F. (2019). Effect of royal jelly on menopausal symptoms: A randomized placebo-controlled clinical trial. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 37, 47-50. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2019.08.006>
- Uthaibutra, V., Kaewkod, T., Prapawilai, P., Pandith, H., & Tragoolpua, Y. (2023). Inhibition of skin pathogenic bacteria, antioxidant and anti-inflammatory activity of royal jelly from northern Thailand. *Molecules*, 28(3), 996. <https://doi.org/10.3390/molecules28030996>
- Wang, Y., Ma, L., Zhang, W., Cui, X., Wang, H., & Xu, B. (2016). Comparison of the nutrient composition of royal jelly and worker jelly of honey bees (*Apis mellifera*). *Apidologie*, 47, 48–56. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0374-x>
- Yamaguchi, K. (2004). *Food and drug containing royal jelly*. <https://europepmc.org/article/PAT/KR20050107772>
- Yang, X. Y., Yang, D. S., Wang, J. M., Li, C. Y., Lei, K. F., Chen, X. F., . . . Wang, J. G. (2010). 10-Hydroxy-2-decenoic acid from Royal jelly: A potential medicine for RA. *Journal of Ethnopharmacology*, 128(2), 314–321. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.01.055>
- Yang, Y. C., Chou, W. M., Widowati, D. A., Lin, I. P., & Peng, C. C. (2018). 10-hydroxy-2-decenoic acid of royal jelly exhibits bactericide and anti-inflammatory activity in human colon cancer cells. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 18(1), 202. <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2267-9>
- Zhou, E., Wang, Q., Li, X., Zhu, D., Niu, Q., Li, Q., . . . Wu, L. (2023). Effects of bee pollen derived from *acer mono* maxim. or *Phellodendron amurense* Rupr. on the lipid composition of royal jelly secreted by honeybees. *Foods*, 12(3), 625. <https://doi.org/10.3390/foods12030625>

Zhou, J., Xue, X., Li, Y., Zhang, J., & Zhao, J. (2007). Optimized determination method for trans-10-Hydroxy-2-decenoic acid content in royal jelly by high-performance liquid chromatography with an internal standard. *Journal of AOAC International*, 90(1), 244–249. <https://doi.org/10.1093/jaoac/90.1.244>



ภาคผนวก ก

เอกสารรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มผึ้ง : มกษ. 8200-2559


กรมปศุสัตว์
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
 ให้ใบรับรองฉบับนี้เพื่อแสดงว่า
ฟาร์มผึ้งสิทธิชัย 531
 เลขที่ 143 หมู่ที่ 8 ตำบลบ้านด้าย อำเภอมะนัง จังหวัดยะลา
ได้รับการรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มผึ้ง : มกษ. 8200-2559
 หมายเลขการรับรอง กษ 02-8200-57-501-050193 GAP
 รับรอง ณ วันที่ 8 ตุลาคม 2567 (ต่ออายุ)
 ถึง วันที่ 7 ตุลาคม 2570

 (นายศราวุธ เขียวศรี)
 นายสัตวแพทย์ชำนาญการพิเศษ รักษาการแทน
 ปศุสัตว์เขต 5




ภาคผนวก ข

ประกาศนียบัตรอบรมความปลอดภัยทางชีวภาพเบื้องต้น



ภาคผนวก ค

ประกาศนียบัตรอบรมความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี



ภาคผนวก ง

รายงานผลการทดสอบตัวอย่างนมผง

ตัวอย่างที่ 1

 ต้นฉบับ สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000 โทรศัพท์ 0 2951 0000 ต่อ 99561, 99510 โทรสาร 0 2951 1021 http://bqsfdm.dmsc.moph.go.th		
เลขที่รายงาน R68050200377 รายงานผลการทดสอบ หน้า 1 ของ 1 หน้า		
หนังสืออ้างอิงที่ -	ผู้ส่งตัวอย่าง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	
ลงวันที่ -	ที่อยู่ 333 หมู่ 1	
วันที่รับตัวอย่าง 03/04/2568	ตำบลท่าสุต อำเภอเมืองเชียงราย	
	จังหวัดเชียงราย 57100	
หมายเลขตัวอย่าง 68041676001	วันที่เก็บตัวอย่าง -	
ชนิดตัวอย่าง นมผง	ปริมาณที่รับ 1 กระปุก กระปุกละ 500 กรัม	
ชื่อตัวอย่าง นมผง RJ - 01		
ลักษณะตัวอย่าง • ขอบเหลวข้นสีเหลืองอ่อน • ภาชนะบรรจุ : กระปุกพลาสติกพร้อมฝาไนและฝากล้วยพลาสติกหุ้มปิดสนิทด้วยฟิล์มพลาสติก • ฉลาก : ระบุ ชื่อตัวอย่าง วันผลิต 200125 วันหมดอายุ 190127 รุ่นการผลิต 1-20-J และน้ำหนักสุทธิ • แบบฟอร์มส่งตัวอย่าง : ระบุสถานที่ผลิต เลขที่ 143 หมู่ 8 ตำบลบ้านด้าย อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย 57220		
รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ
โปรตีน (ร้อยละของน้ำหนัก)	14.15	In-house method based on AOAC 2019 (991.20)
10-ไฮดรอกซี-2-ดีซีโนอิกแอซิด (กรัมต่อ 100 กรัม)	1.98	In-house method based on J AOAC Int 1995;78(4):1019-1023 by HPLC
หมายเหตุ -		
ผู้ทดสอบ นางสาววิศิษฐ์ ศิริทองกลาง นางสาวณัฏฐนันท์ คูลิน	 (นางสาววันิดา ยुरาวาดิ) นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการพิเศษ รักษาราชการแทน ผู้อำนวยการสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์	
ผู้ตรวจสอบ นางจิราภา อุณหเลขกะ		
วันที่ทดสอบ 08/04/2568		
วันที่ออกรายงาน 02/05/2568		
รายงานนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น ห้ามนำรายงานไปคัดลอกหรือทำสำเนาบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร		

ตัวอย่างที่ 2

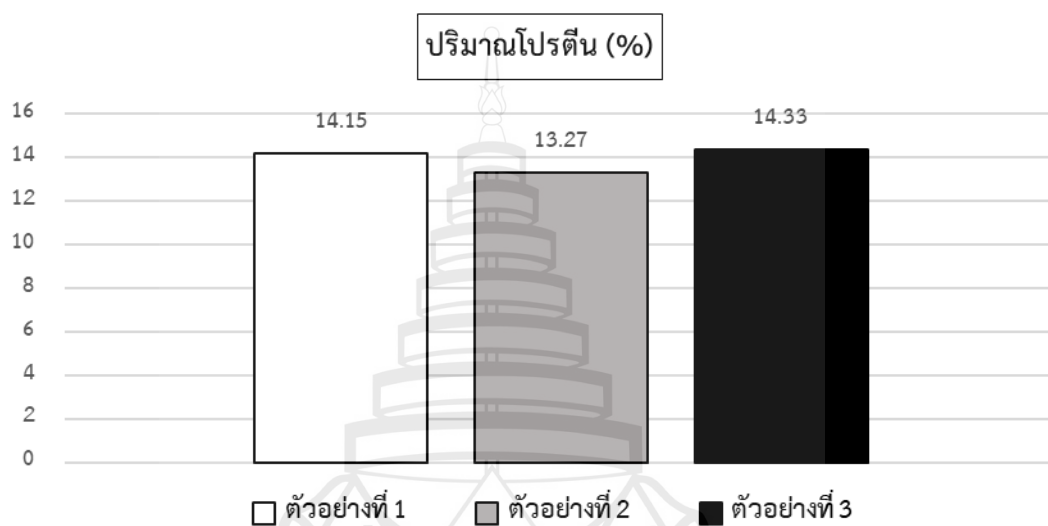
 ต้นฉบับ สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000 โทรศัพท์ 0 2951 0000 ต่อ 99561, 99510 โทรสาร 0 2951 1021 http://bqsfdmsc.moph.go.th		
รายงานผลการทดสอบ		
เลขที่รายงาน	R68050200376	หน้า 1 ของ 1 หน้า
หนังสือนำส่งที่ - ลงวันที่ - วันที่รับตัวอย่าง 03/04/2568	ผู้ส่งตัวอย่าง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่อยู่ 333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุต อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100	
หมายเลขตัวอย่าง	68041676002	วันที่เก็บตัวอย่าง -
ชนิดตัวอย่าง	นมผง	ปริมาณที่รับ 1 กระปุก กระปุกละ 500 กรัม
ชื่อตัวอย่าง	นมผง RJ - 02	
ลักษณะตัวอย่าง	• ของเหลวข้นสีเหลืองอ่อน • ภาชนะบรรจุ : กระปุกพลาสติกพร้อมฝาในและฝาเกลียวพลาสติกหุ้มปิดสนิทด้วยฟิล์มพลาสติก • ผลการ : ระบุ ชื่อตัวอย่าง วันผลิต 200125 วันหมดอายุ 190127 รุ่นการผลิต 1-20-J และน้ำหนักสุทธิ • แบบฟอร์มส่งตัวอย่าง : ระบุสถานที่ผลิต เลขที่ 143 หมู่ 8 ตำบลบ้านด้าย อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย 57220	
รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ
โปรตีน (ร้อยละของน้ำหนัก)	13.27	In-house method based on AOAC 2019 (991.20)
10-ไฮดรอกซี-2-ดีซีโนอิกแอซิด (กรัมต่อ 100 กรัม)	1.99	In-house method based on J AOAC Int 1995;78(4):1019-1023 by HPLC
หมายเหตุ	-	
ผู้ทดสอบ นางสาววิศิษฐ์ ศิริทองกลาง นางสาวณัฏฐนันท์ คูลิน ผู้ตรวจสอบ นางจิราภา อุนนทะเกษ วันที่ทดสอบ 24/04/2568 วันที่ออกรายงาน 02/05/2568	 (นางสาวนิดา ยुरยาดี) นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการพิเศษ วิชาการอาหารและโภชนาการ ผู้อำนวยการสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์	
รายงานนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น ห้ามนำรายงานไปคัดลอกหรือทำสำเนาบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร		

ตัวอย่างที่ 3

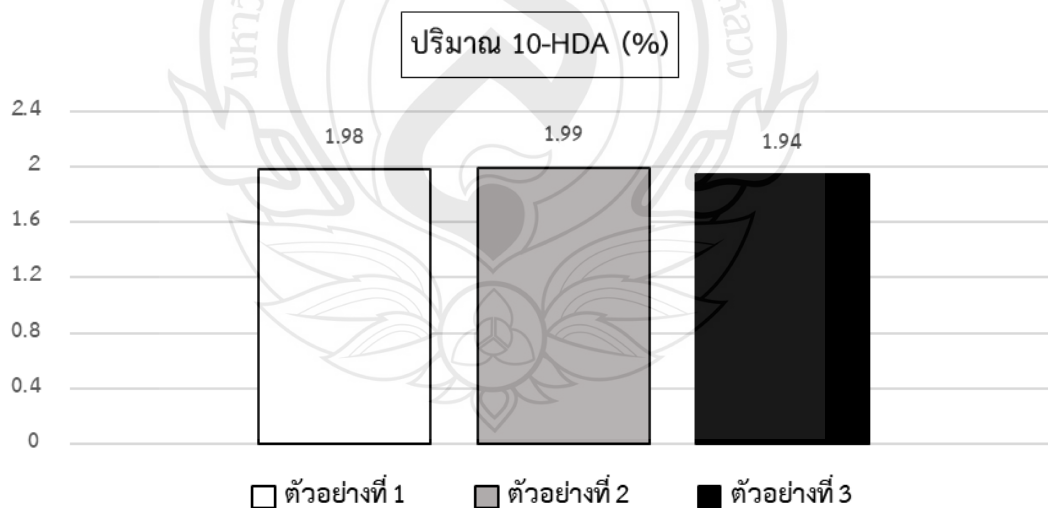
 ต้นฉบับ สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000 โทรศัพท์ 0 2951 0000 ต่อ 99561, 99510 โทรสาร 0 2951 1021 http://bqsfdmsc.moph.go.th		
รายงานผลการทดสอบ เลขที่รายงาน R68050200375 หน้า 1 ของ 1 หน้า		
หนังสือนำส่งที่ - ลงวันที่ - วันที่รับตัวอย่าง 03/04/2568	ผู้ส่งตัวอย่าง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่อยู่ 333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุต อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100	
หมายเลขตัวอย่าง 68041676003	วันที่เก็บตัวอย่าง -	
ชนิดตัวอย่าง นมผง	ปริมาณที่รับ 1 กระปุก กระปุกละ 500 กรัม	
ชื่อตัวอย่าง นมผง RJ - 03		
ลักษณะตัวอย่าง	• ของเหลวข้นสีเหลืองอ่อน • ภาชนะบรรจุ : กระปุกพลาสติกพร้อมฝาในและฝาเกลียวพลาสติกหุ้มปิดสนิทด้วยฟิล์มพลาสติก • ฉลาก : ระบุ ชื่อตัวอย่าง วันผลิต 200125 วันหมดอายุ 190127 รุ่นการผลิต 1-20-J และน้ำหนักสุทธิ • แบบฟอร์มส่งตัวอย่าง : ระบุสถานที่ผลิต เลขที่ 143 หมู่ 8 ตำบลบ้านด้าย อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย 57220	
รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ
โปรตีน (ร้อยละของน้ำหนัก)	14.33	In-house method based on AOAC 2019 (991.20)
10-ไฮดรอกซี-2-ดีซีโนอิกแอซิด (กรัมต่อ 100 กรัม)	1.94	In-house method based on J AOAC Int 1995;78(4):1019-1023 by HPLC
หมายเหตุ -		
ผู้ทดสอบ นางสาววิศิษฐ์ ศรทองกลาง นางสาวณัฏฐนันท์ คูลิน ผู้ตรวจสอบ นางจิราภา อุณหเลขกะ วันที่ทดสอบ 08/04/2568 วันที่ออกรายงาน 02/05/2568	 (นางสาววนิดา ยุธยาดี) นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการพิเศษ รักษาราชการแทน ผู้อำนวยการสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์	
รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น ห้ามนำรายงานไปคัดลอกหรือทำสำเนาบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร		

ภาคผนวก จ

กราฟแสดงปริมาณโปรตีนและ 10-HDA ของตัวอย่างนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่า



ภาพที่ จ1 ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าแต่ละตัวอย่าง



ภาพที่ จ2 ปริมาณ 10-HDA ของตัวอย่างนมผึ้งจากเกสรดอกไม้ป่าแต่ละตัวอย่าง

ประวัติผู้ประพันธ์

ชื่อ	กมลภพ เสาวกุล
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี เกษศาสตร์บัณฑิต สาขาการบริบาลทางเกษตรกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประวัติการทำงาน	เกษตรกรชำนาญการ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดชลบุรี
2562 - ปัจจุบัน	เกษตรกรปฏิบัติการ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดชลบุรี
2558 - 2562	

