



การพัฒนาเม็ดปิดสั้กเก็บพรอพโพลิสเพื่อเพิ่มความสดชื่นและลดการระคายคอ
DEVELOPMENT OF PROPOLIS ENCAPSULATED BEADS FOR ENHANCING
FRESHNESS AND REDUCING THROAT IRRITATION

ศศิวิมล นาคสุริยวงษ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2567

การพัฒนาเม็ดปดส์กักเก็บพรอพโพลิสเพื่อเพิ่มความสดชื่นและลดการระคายคอ



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมอาหารและการเป็นผู้ประกอบการ
คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF PROPOLIS ENCAPSULATED BEADS FOR ENHANCING
FRESHNESS AND REDUCING THROAT IRRITATION



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF SCIENCE
(Food Innovation and Entrepreneurship)

Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University

2024

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนาเม็ดปิดสีกักเก็บพรอพโพลิสเพื่อเพิ่มความสดชื่นและลดการระคายคอ
ของ
ศศิวิมล นาคสุริยวงษ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมอาหารและการเป็นผู้ประกอบการ
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก	 ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิฐฐ์ ธรรมวิถี)	(รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนี เจริญ)
..... ที่ปรึกษาร่วม	 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรรัตน์ อธิธิโสภณกุล)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนี จันทร์นวล)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาเม็ดบีดส์กักเก็บพรอพโพลิสเพื่อเพิ่มความสดชื่นและลดการระคายคอ
ผู้วิจัย	ศศิวิมล นาคสุริยวงษ์
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2567
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิสิฐฐ์ ธรรมวิทย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรารัตน์ อธิธิโสภณกุล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารสำคัญในพรอพโพลิส และเพื่อพัฒนาการห่อหุ้มสารออกฤทธิ์โดยใช้พอลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บสารสำคัญ รวมทั้งพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค การทดลองประกอบด้วยการเตรียมเม็ดบีดส์พรอพโพลิสโดยใช้สารห่อหุ้ม 3 ชนิด ได้แก่ อัลจิเนต เจลาติน และกัมอารบิก รวมทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 (อัลจิเนต:เจลาติน 1:0.5), สูตรที่ 2 (อัลจิเนต:เจลาติน 1:1), สูตรที่ 3 (อัลจิเนต:กัมอารบิก 1:0.5) และสูตรที่ 4 (อัลจิเนต:กัมอารบิก 1:1) โดยแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) เป็นเวลา 5 และ 10 นาที เพื่อผลิตเม็ดบีดส์ จากนั้นวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ ผลการศึกษาพบว่า สูตรที่ 2 ซึ่งแช่ใน CaCl_2 เป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด (3,453.75 $\mu\text{g GAE/g}$) และมีประสิทธิภาพในการกักเก็บร้อยละ 81.83 ขณะที่สูตรที่ 1 ที่แช่ใน CaCl_2 เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงสุด (1,630.61 $\mu\text{g QE/g}$) และมีประสิทธิภาพการกักเก็บร้อยละ 76.64 พร้อมทั้งมีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดร้อยละ 89.56 ในด้านกายภาพ พบว่า สูตรที่ 3 ซึ่งแช่ใน CaCl_2 เป็นเวลา 5 นาที มีค่าความสว่างของสี (L^* , a^* , b^*) สูงสุด เม็ดบีดส์มีลักษณะกลม ผิวเรียบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.95 มิลลิเมตร ค่า water activity อยู่ในช่วง 0.79–0.82 โดยการเพิ่มเวลาแช่ใน CaCl_2 มีผลต่อความแข็งของเม็ดบีดส์ โดยเม็ดที่แช่นานจะมีความแข็งมากขึ้น ค่าร้อยละผลผลิต (%yield) สูงสุดคือสูตรที่ 1 ที่แช่ใน CaCl_2 10 นาที มีค่าร้อยละ 95.27 จากการศึกษาลักษณะโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM) พบว่า เม็ดบีดส์ที่ผลิตจากอัลจิเนตร่วมกับเจลาตินมีโครงสร้างหนาแน่นและมีรูพรุนเล็กน้อย ส่งผลให้สามารถกักเก็บสารสำคัญได้ดี ในขณะที่เม็ดบีดส์จากอัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิกมีผิวขรุขระและรูพรุนมากทำให้ประสิทธิภาพการกักเก็บลดลง เม็ดบีดส์สูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ สูตรที่ 1 ที่แช่ใน CaCl_2 เป็นเวลา 10 นาที จึงนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์เจลลี่พร้อมดื่มผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิส จำนวน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ รสลิ้นจี่ รสส้ม รสมิ้นท์เบอร์รี่ จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เจลลี่รสลิ้นจี่ผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิส ได้รับคะแนนสูงสุดในด้านรสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยเฉพาะความชอบในด้านกลิ่น รสหวาน รสชม ความสดชื่น และเนื้อสัมผัส ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับจึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้

คำสำคัญ : พรอพโพลิส , เอนแคปซูเลชัน, เม็ดบีดส์, การระคายคอ, อาหารโมเลกุล

Title	DEVELOPMENT OF PROPOLIS ENCAPSULATED BEADS FOR ENHANCING FRESHNESS AND REDUCING THROAT IRRITATION
Author	SASIWIMON NAKSURIYAWONG
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2024
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Pisit Dhamvithee
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Teerarat Itthisoponkul

This study aimed to investigate the active compounds in propolis and to develop an encapsulation system using natural polymers to enhance the retention efficiency of these bioactive components. Additionally, the study involved the development of a prototype product, and sensory qualities were evaluated to assess consumer satisfaction. Propolis beads were prepared using three types of encapsulating agents: alginate, gelatin, and gum arabic, in four formulations: Formula 1 (alginate to gelatin 1:0.5), Formula 2 (alginate to gelatin 1:1), Formula 3 (alginate to gum arabic 1:0.5), and Formula 4 (alginate to gum arabic 1:1). The formulations were immersed in calcium chloride (CaCl_2) solution for 5 and 10 minutes to form beads, which were then analyzed for their chemical and physical properties. The results indicated that Formula 2 immersed in CaCl_2 for 5 minutes exhibited the highest total phenolic content (3,453.75 μg GAE/g) with an encapsulation efficiency of 81.83%. Meanwhile, Formula 1 immersed in CaCl_2 for 10 minutes provided the highest flavonoid content (1,630.61 μg QE/g) and flavonoid encapsulation efficiency of 76.64%, with the highest antioxidant activity at 89.56%. Regarding physical characteristics, Formula 3 (5-minute immersion) showed the highest color lightness (L^* values). The beads were spherical with smooth surfaces, averaging 0.95 mm in diameter. The water activity ranged from 0.79 to 0.82. Increasing immersion time in CaCl_2 improved the hardness of the beads. The highest percentage yield was found in Formula 1 (10-minute immersion), with a yield of 95.27%. Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis revealed that beads formed from alginate and gelatin had a compact structure with minimal porosity, which contributed to improved encapsulation performance. In contrast, beads made from alginate and gum arabic had rougher surfaces and greater porosity, which may reduce their encapsulation efficiency. Formula 1 (10-minute immersion) was selected as the optimal formulation and was further developed into three variations of ready-to-drink jelly beverages containing propolis beads: lychee, orange, and mixed berry flavors. According to the results of the sensory evaluation, the lychee-flavored jelly beverage (Sample 1) had the highest scores in taste, aroma, texture, and overall liking. Specifically, consumer satisfaction scores for aroma, sweetness, bitterness, freshness, and mouthfeel were within an acceptable range, indicating its potential for commercialization.

Keyword : Propolis Encapsulation Beads Throat irritation Molecular gastronomy



กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในหัวข้อ “การพัฒนาเม็ดปิดสักรักเก็บพรอพโพลิสเพื่อเพิ่มความสดชื่นและลดระคายเคือง” นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องของหลายท่าน ข้าพเจ้าขอขอบคุณผู้ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิสิฐฐ์ ธรรมวิทย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรารัตน์ อธิธิโสภณกุล อาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า สำหรับการให้คำแนะนำ ความรู้ ความเข้าใจ และความอดทน ในการให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัยนี้ ด้วยความเมตตาและการสนับสนุนของอาจารย์เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าพเจ้าสามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จได้

ขอขอบคุณคณาจารย์และกรรมการบริหารหลักสูตรสาขานวัตกรรมการอาหารและการเป็นผู้ประกอบการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลและทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีคุณค่าในการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณเกวลิ นิลกำแหง ศุลยวิศวกรรมและเทคโนโลยีนิวเคลียร์ชั้นสูง จากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือในการถ่ายภาพเม็ดปิดสักรักเก็บพรอพโพลิสด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM) เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลสำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อน ๆ สาขานวัตกรรมการอาหารและการเป็นผู้ประกอบการ รวมถึงบุคคลอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ ให้คำแนะนำที่ดีในการทำงานตลอดมา รวมถึงครอบครัวที่คอยให้การสนับสนุนทางจิตใจและกำลังใจตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษา

สุดท้าย ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงหรือโดยอ้อมในการทำงานวิจัยครั้งนี้ข้าพเจ้าจะไม่สามารถสำเร็จการศึกษาครั้งนี้ได้หากปราศจากความช่วยเหลือจากทุกท่าน

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง

ศศิวิมล นาคสุริยวงษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 คำสำคัญ (Keywords).....	3
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.4 สมมติฐานการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 พรอพโพลิส (propolis).....	5
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของพรอพโพลิส	6
2.3 คุณสมบัติทางชีวภาพของพรอพโพลิส	9
2.3.1 คุณสมบัติต้านจุลชีพ (Antimicrobial Activity).....	9
2.3.2 คุณสมบัติต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory Activity).....	10
2.3.3 คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Activity).....	11
2.3.4 คุณสมบัติเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน (Immunomodulatory Activity)	12
2.4 การขึ้นรูปเม็ดยาด้วยเทคนิคเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation)	12

2.5 กลไกการหล่อหุ้มของอัลจินต	15
2.6 อาการระคายคย	18
2.7 อาหารโมเลกุล	19
2.8 กลุ่มผู้บริโภคคนวัยทำงาน	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	25
3.1 วัตถุประสงค์	26
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	26
3.3 สารเคมี.....	26
3.4 วิธีดำเนินการวิจัย	27
3.4.1 ศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของกลุ่มเป้าหมาย	27
3.4.2 ศึกษาการเอนแคปซูเลชันพวอฟโฟลิส	27
3.4.3 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเม็ดปิดส์พวอฟโฟลิส	29
3.4.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดปิดส์เพื่อให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค	32
3.4.5 Business Model Canvas.....	33
3.4.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	33
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	34
4.1 ผลการศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของกลุ่มเป้าหมาย.....	34
4.1.1 ผลการศึกษาศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคการสัมภาษณ์เชิงลึก	34
4.2 ผลการศึกษาศึกษาการเอนแคปซูเลชันพวอฟโฟลิส	38
4.2.1 ผลการศึกษาศึกษาการเอนแคปซูเลชันพวอฟโฟลิส โดยศึกษาปัจจัยความเข้มข้นของโซเดียมอัลจินตที่มีผลต่อความคงตัวของเม็ดปิดส์	38
4.3 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเม็ดปิดส์พวอฟโฟลิส	40
4.3.1. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์.....	40

4.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก	41
4.3.3 การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ.....	42
4.3.4 ประสิทธิภาพของการกักเก็บ	43
4.3.5 จากการศึกษาคูณภาพทางกายภาพของเม็ดบีดส์พรอพโพลิส	46
4.4 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์.....	49
4.5 Business Model Canvas	54
บทที่ 5 สรุปผลวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	57
5.1 ศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของกลุ่มเป้าหมาย	57
5.2 การศึกษาการเอนแคปซูเลชันพรอพโพลิสโดยศึกษาปัจจัยความเข้มข้นของโซเดียมอัลจีเนต ที่มีผลต่อความคงตัวของเม็ดบีดส์.....	57
5.3 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเม็ดบีดส์พรอพโพลิส	58
5.4 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์เพื่อให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค	59
บรรณานุกรม	60
ประวัติผู้เขียน.....	62
ภาคผนวก.....	69
ภาคผนวก ก	70
ภาคผนวก ข	73
ภาคผนวก ค	Error! Bookmark not defined.

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ตัวอย่างรายงานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของพรอพโพลิส	10
ตาราง 2 ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเม็ดบีดส์.....	27
ตาราง 3 สัดส่วนของสารให้ความคงตัวและระยะเวลาในการขึ้นรูปเม็ดบีดส์.....	28
ตาราง 4 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	34
ตาราง 5 พฤติกรรมการบริโภคพรอพโพลิส.....	35
ตาราง 6 ทศนคติและการตัดสินใจเลือกซื้อ	37
ตาราง 7 ความต้องการและข้อเสนอแนะ.....	38
ตาราง 8 แสดงร้อยละประสิทธิภาพการกักของโซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้นเหมาะสมในการขึ้นรูปเม็ดบีดส์.....	39
ตาราง 9 ค่าสีของเม็ดพรอพโพลิสในทั้ง 4 สูตร	46
ตาราง 10 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเม็ดพรอพโพลิสในทั้ง 4 สูตร.....	48
ตาราง 11 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบชิม.....	50
ตาราง 12 การประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์พรอพโพลิสในผลิตภัณฑ์รูปแบบเจลลี่พร้อมดื่ม โดยใช้ 9-point hedonic scale.....	51
ตาราง 13 การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้ทดสอบชิม	54

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 พรอพโพลิส.....	5
ภาพประกอบ 2 องค์ประกอบทางเคมีของพรอพโพลิส	6
ภาพประกอบ 3 โครงสร้างทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในพรอพโพลิส.....	9
ภาพประกอบ 4 แผนภาพแสดงวงจรของกระบวนการ Encapsulation.....	13
ภาพประกอบ 5 การเตรียมเม็ดปิดสัโดยวิธีเอ็กซ์ทรูชันเทคนิค	14
ภาพประกอบ 6 โครงสร้างของอัลจินตและการเกิดไฮโดรเจลของแคลเซียมอัลจินต.....	16
ภาพประกอบ 7 โครงสร้างทางเคมีของอัลจินตกับเจลาติน	17
ภาพประกอบ 8 อาหารโมเลกุล (molecular gastronomy) ในรูปแบบต่าง ๆ	20
ภาพประกอบ 9 โครงสร้างของประชากรไทยในปี 2563 (67 ล้านคน).....	21
ภาพประกอบ 10 กรอบแนวคิดโครงการวิจัย	25
ภาพประกอบ 11 การขึ้นรูปเม็ดปิดสัพรอพโพลิสทั้งหมด 4 สูตร.....	40
ภาพประกอบ 12 เปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่วัดได้ในการแช่สารละลาย CaCl_2 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ในทั้ง 4 สูตรการทดลอง.....	41
ภาพประกอบ 13 เปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่วัดได้ในช่วงเวลาการแช่สารละลาย CaCl_2 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ในทั้ง 4 สูตรการทดลอง.....	42
ภาพประกอบ 14 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่วัดได้จากทั้ง 4 สูตรการทดลอง โดยแช่ใน สารละลาย CaCl_2 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที	43
ภาพประกอบ 15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการห่อหุ้มของสารฟีนอลิก (%) ที่วัดได้ในช่วงเวลาแช่ CaCl_2 เป็นเวลา 5 และ 10 นาทีในแต่ละสูตรทั้ง 4 สูตร	44
ภาพประกอบ 16 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการห่อหุ้มของสารฟลาโวนอยด์ (%) ที่วัดได้ใน ช่วงเวลาแช่ CaCl_2 เป็นเวลา 5 และ 10 นาทีในแต่ละสูตรทั้ง 4 สูตร.....	44

ภาพประกอบ 17 การศึกษาลักษณะของเมดปิดส์พรอพโพลิส สูตรที่ 1 ระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่ 10 นาที ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM) โดยมีกำลังขยาย (a) 40X (b) 1000X (c) 5000X.....	49
ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เจลลี่พร้อมดื่มทั้ง 3 รสชาติ	50
ภาพประกอบ 19 การประเมินความพอดีของเจลลี่พร้อมดื่มผสมเมดปิดส์พรอพโพลิสทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยใช้ Just About Right scale a) ตัวอย่างที่ 1 b) ตัวอย่างที่ 2 c) ตัวอย่างที่ 3	53
ภาพประกอบ 20 แบบจำลองธุรกิจ Business Model Canvas (BMC)	56



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและที่มาของงานวิจัย

การระคายเคืองคอเป็นปัญหาสุขภาพที่พบบ่อยในทุกช่วงวัย ไม่ว่าจะเป็นเด็ก ผู้ใหญ่ หรือ ผู้สูงอายุ โดยเฉพาะในยุคที่การติดต่อในระบบทางเดินหายใจเพิ่มสูงขึ้น การดูแลสุขภาพลำคอจึงกลายเป็นเรื่องสำคัญ โดยอาการดังกล่าวมักเกิดจากปัจจัยแวดล้อม เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) หรือการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศอย่างฉับพลัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและก่อให้เกิดการระคายเคืองในลำคอกลุ่มวัยทำงานที่มักมีกิจกรรมกลางแจ้งหรือต้องเดินทางเป็นประจำเผชิญความเสี่ยงเพิ่มขึ้น เนื่องจากอาจไม่มีเวลาที่จะดูแลสุขภาพช่องปากอย่างเหมาะสม เช่น การทำความสะอาดหลังมื้ออาหาร การกลืนน้ำลายเข้าไปสู่ปัญหาสุขภาพช่องปาก เช่น กลืนปากที่ลดความมั่นใจ หรือการสะสมของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของอาการระคายเคืองในลำคอ ปัญหาเหล่านี้หากปล่อยไว้ อาจเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดโรคอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับลำคอและระบบทางเดินหายใจได้ในระยะยาว (ฟาร์มาซูติคอล, 2024) ด้วยเหตุนี้ผู้คนเริ่มมองหาวิธีการดูแลและบรรเทาอาการระคายเคืองที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อสุขภาพ ในขณะเดียวกันความนิยมในผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติก็เพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคเริ่มตระหนักถึงผลกระทบของสารเคมีที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพในระยะยาว การใช้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถบรรเทาอาการเหล่านี้ได้จึงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในยุคนี้ความสนใจในผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพในการดูแลสุขภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สถานวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2565)

พรอพโพลิสเป็นสารสกัดจากธรรมชาติที่มีความน่าสนใจในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ในการลดการระคายเคืองทั้งยังสามารถเพิ่มความสดชื่นโดย พรอพโพลิส (Propolis) ผลิตโดยผึ้ง ประกอบไปด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพและด้านการอักเสบ (Wagh, 2013) จึงได้รับความสนใจเป็นอย่างมากด้านการดูแลสุขภาพทางปากและลำคอ จากการศึกษาวิจัยในหลายประเทศ พบว่าพรอพโพลิสมีประสิทธิภาพในการลดการระคายเคืองของคอที่เกิดจากการติดเชื้อหรือการอักเสบ อีกทั้งยังช่วยสร้างความรู้สึกลดชื่นในลำคอและช่องปาก (Zulhendri, Felitti, Fearnley, & Ravalia, 2021) ซึ่งประเด็นปัญหาสุขภาพช่องปากที่เกิดขึ้น พบว่าหนึ่งในสาเหตุของการขาดสารอาหารของผู้สูงอายุมาจากปัญหาสุขภาพช่องปาก เช่น ฟันผุ รากฟันผุ เหงือกอักเสบ ฟันล้ม แผลในช่องปาก เป็นต้น อาการเรื้อรังทำให้เกิดอาการปวด ติดเชื้อ และสูญเสียฟัน ส่งผลต่อการบริโภคอาหารที่ลดลง โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับ อาหาร โภชนาการและสุขภาพช่องปากในผู้สูงอายุมีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกันโดยการได้รับสารอาหารไม่เพียงพอและพฤติกรรมกาารกินที่ไม่ดี

จะเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคในช่องปาก (Chan et al., 2023) ด้วยคุณสมบัติของพรอพโพลิสจะสามารถช่วยในการป้องกันประเด็นปัญหาสุขภาพช่องปากที่จะเกิดขึ้นก่อนจะถึงวัยผู้สูงอายุได้

พรอพโพลิส เป็นสารที่ผึ้งเก็บมาจากเกสรและเรซินของพืช รวมถึงส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ เช่น ดอกไม้ กลิบบ่อนใบไม้ และผสมกับเอนไซม์ในน้ำลายของผึ้ง พรอพโพลิสอาจมีส่วนประกอบของไขผึ้งและสารอื่น ๆ ปนอยู่ โดยในพรอพโพลิสมีสารสำคัญมากกว่า 300 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มฟีนอลิก (Phenolic compounds) ที่มีโครงสร้างหมู่ไฮดรอกซีเชื่อมอยู่กับวงแหวนเบนซีน สารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้สามารถแบ่งได้เป็นหลายกลุ่ม (Park, Alencar, & Aguiar, 2002) เช่น ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เป็นกลุ่มสารที่มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการอักเสบและต้านเชื้อโรค เช่น เชื้อไวรัส แบคทีเรีย และเชื้อรา, กรดฟีนอลิก (Phenolic acids) มีคุณสมบัติในการต้านการอักเสบและช่วยลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรังหลายชนิด, สติลเบินส์ (Stilbenes) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เข้มข้น ซึ่งช่วยปกป้องเซลล์จากการถูกทำลาย, แทนนินส์ (Tannins) เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการฝาดสมาน (astringent) ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย, และคูมารินส์ (Coumarins) มีคุณสมบัติในการต้านการอักเสบและอาจช่วยในการยับยั้งการแข็งตัวของเลือด ตัวอย่างของสารประกอบที่สำคัญในพรอพโพลิสคือกาแลนจิน (Galangin) และกรดคาเฟอิก (Caffeic acid phenethyl ester หรือ CAPE) ซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ ลดการอักเสบ และยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์ (Zulhendri et al., 2021) พรอพโพลิสมีการวิจัยอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับคุณสมบัติต่าง ๆ ทั้งในการลดการอักเสบและการต้านเชื้อแบคทีเรีย โดยเฉพาะการใช้เพื่อรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับช่องปาก (Koru et al., 2007) เช่น บรรเทาอาการเจ็บคอที่เกิดจากการติดเชื้อหรือการอักเสบในลำคอและระงับกลิ่นปากซึ่งมีสาเหตุมาจากปัญหาภายในช่องปากและระบบทางเดินหายใจ พรอพโพลิสเป็นสารสกัดจากธรรมชาติที่มีความปลอดภัยและมีประโยชน์มาก นอกจากความสามารถในการลดการอักเสบและการติดเชื้อแล้ว พรอพโพลิสยังช่วยเสริมความสดชื่นให้กับผู้ใช้ จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ปัญหาเรื่องคอแห้งหรือรู้สึกไม่สบายคอ พรอพโพลิสจึงถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลช่องปากและลำคอหลายประเภท (Zulhendri et al., 2021) เช่น สเปรย์พ่นคอ ยาสีฟัน และน้ำยาบ้วนปาก เป็นต้น เพื่อช่วยดูแลสุขภาพภายในช่องปากและลำคอเพื่อเพิ่มความสดชื่นและลดการระคายเคืองได้ในชีวิตประจำวันโดยไม่ต้องกังวลถึงผลข้างเคียงที่เป็นอันตราย

การผลิตเม็ดปิดส์เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation technique) โดยสารที่ห่อหุ้ม (shell material) จะปกป้องสารสำคัญ (core material) ภายในเม็ดปิดส์ ทั้งนี้เพื่อการรักษาคุณภาพ (Alu'datt et al., 2022) เช่น รสชาติหรือเนื้อสัมผัส และสามารถควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญไปยังอวัยวะเป้าหมาย เช่น ปาก กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนากาหรอห่มเพื่อกักเก็บสารสำคัญให้คงสภาพในระหว่างกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความปลอดภัยและผลกระทบต่อเนื้อสัมผัสหรือรสชาติของอาหารที่มีการเติมเม็ดบีดส์อีกทั้งมีความสนใจในด้านอาหารโมเลกุล (Molecular Gastronomy) ซึ่งเน้นการสร้างประสบการณ์บริโภคที่แปลกใหม่แก่ผู้บริโภค (Saqib, Khaled, Liu, & Zhong, 2022) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของพวพโพลิสในการลดการระคายเคืองและเพิ่มความสดชื่นในการพัฒนาเม็ดบีดส์กักเก็บพวพโพลิสที่สามารถควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญอย่างเหมาะสมจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีระยะเวลาในการออกฤทธิ์ที่ยาวนานและมีความเสถียรในการใช้งานมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ เทคโนโลยีการห่อหุ้มพวพโพลิสในเม็ดบีดส์ยังสามารถช่วยลดการเสื่อมสภาพของสารสำคัญและเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์พวพโพลิสในเชิงพาณิชย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์พวพโพลิสในรูปแบบที่มีอยู่ในตลาดปัจจุบันยังมีทางเลือกให้ผู้บริโภคค่อนข้างน้อยเนื่องจากผู้บริโภคจำนวนมากยังไม่รู้จักพวพโพลิสและยังไม่ทราบถึงคุณสมบัติและประโยชน์ที่ของพวพโพลิสทำให้พวพโพลิสยังเป็นสารสกัดที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาเม็ดบีดส์กักเก็บพวพโพลิสเพื่อเพิ่มความสดชื่นและลดการระคายเคืองโดยศึกษาสารสำคัญในพวพโพลิสและการเอนแคปซูเลชันพวพโพลิส อีกทั้งศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเม็ดบีดส์ในสภาวะที่เหมาะสมเพื่อตอบใจห้ความต้องการของผู้บริโภค

1.2 คำสำคัญ (Keywords)

พวพโพลิส , เอนแคปซูเลชัน, เม็ดบีดส์, การระคายเคือง, อาหารโมเลกุล

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1.3.1 เพื่อศึกษาสารสำคัญในตัวอย่างพวพโพลิสทางการค้า
- 1.3.2 เพื่อศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารห่อหุ้มสำหรับการเอนแคปซูเลชันพวพโพลิส
- 1.3.3 ศึกษาความคงตัวและความสามารถในการกักเก็บสารสำคัญของเม็ดบีดส์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์พวพโพลิส
- 1.3.4 เพื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้งในด้านรสชาติ กลิ่น และความพึงพอใจของผู้บริโภค

1.4 สมมติฐานการวิจัย

1.4.1 ชนิดและความเข้มข้นของสารหล่อหุ้มจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเอนแคปซูเลชันพรอพโพลิสทั้งในแง่ของประสิทธิภาพการกักเก็บสารสำคัญและการป้องกันการเสื่อมสลายของสารสำคัญ

1.4.2 เม็ดบีดส์ที่พัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีเอนแคปซูเลชันสามารถกักเก็บสารสำคัญในพรอพโพลิสได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแสดงความคงตัวสูง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับสารสำคัญในพรอพโพลิสและเทคนิคการหล่อหุ้มด้วยพอลิเมอร์ธรรมชาติ

1.5.2 สามารถพัฒนาเม็ดบีดส์พรอพโพลิสที่มีประสิทธิภาพในการกักเก็บสารสำคัญและมีความคงตัวสูง

1.5.3 ได้ข้อมูลที่ช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพทั้งด้านประสาทสัมผัสและความพึงพอใจของผู้บริโภค

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พรอพโพลิส (propolis)

พรอพโพลิส (Propolis) หรือที่เรียกกันว่า "กาวผึ้ง" เป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ได้จากผึ้ง โดยผึ้งงานจะรวบรวมยางไม้และสารเหนียวจากพืชผสมกับน้ำลายและเอนไซม์ของผึ้งเอง เพื่อสร้างพรอพโพลิสสำหรับใช้ในรังผึ้ง โดยมีหน้าที่สำคัญ เช่น ป้องกันการติดเชื้อภายในรัง และรักษาสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยสำหรับผึ้งอาศัยอยู่ โดยมีประวัติการใช้งานที่ยาวนานตั้งแต่อดีต โดยเฉพาะในยุโรปและแอฟริกา ซึ่งชาวกรีก โรมัน และอียิปต์โบราณต่างรู้จักประโยชน์ของพรอพโพลิสมาเป็นเวลานานนับพันปี พวกเขานำพรอพโพลิสมาใช้เป็นยาสมานแผล โดยเฉพาะแผลเปิดและแผลอักเสบ เพราะพรอพโพลิสมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคและเร่งกระบวนการหายของแผล นอกจากนี้ยังมีการบันทึกว่า พรอพโพลิสถูกใช้ในการรักษาอาการติดเชื้อในช่องปากและลำคอ (Athikomkulchai, 2008) ลักษณะตัวอย่างพรอพโพลิส ดังแสดงตามภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 พรอพโพลิส

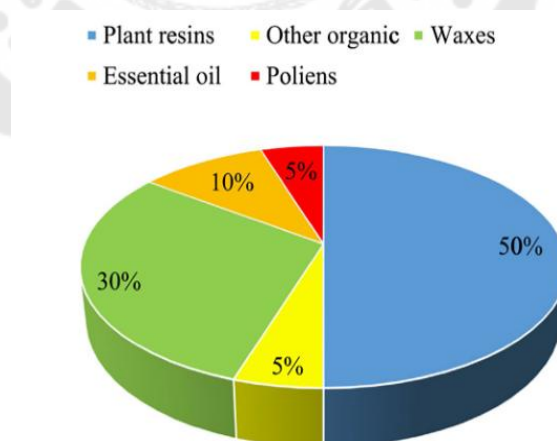
ที่มา: Adapted from Vitor Moreira Rocha et al (2023)

ปัจจุบันมีการนำพรอพโพลิสมาใช้เป็นสมุนไพรและในบางประเทศทำเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีการกล่าวอ้างว่าสามารถใช้สมานแผล และรักษาโรคผิวหนังต่างๆ นอกจากนี้ ยังมีฤทธิ์เป็นยาชา (anaesthetic) และใช้รักษาโรคเหงือกอักเสบ (gingivitis) ได้ ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางเครื่องอุปโภคบริโภคก็นำพรอพโพลิสมาเป็นส่วนประกอบด้วยเช่น ผลิตภัณฑ์รักษาผิว สบู่ ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก หรือยาสระผม โดยมุ่งเน้นคุณสมบัติด้านจุลชีพของพรอพโพลิสเป็นสำคัญ พรอพโพลิสเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ได้จากผึ้ง ที่ไม่ใช่นมผึ้ง (royal jelly) เกสรผึ้ง (bee pollen) น้ำผึ้ง (honey) หรือไขผึ้ง (beewax) แต่อาจมีส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ลักษณะ

โดยทั่วไปของพรอพโพลิสเป็นยางเหนียว ซึ่งผึ้งเก็บมาจากส่วนต่างๆ ของพืชจากแหล่งที่แตกต่าง กันแล้วเก็บสะสมไว้ที่รังผึ้ง คำว่า “propolis” มาจากภาษากรีกโดย pro- หมายถึง ป้องกัน ส่วน - polis หมายถึง เมือง รวมแล้วหมายถึง ป้องกันเมือง ซึ่งคำว่าเมืองในที่นี้ ก็คือรังผึ้งนั่นเองหน้าที่ ของพรอพโพลิส คือ ใช้อุดรูรั่วที่รัง และป้องกันไม่ให้ศัตรูหรือเชื้อโรคเข้ามารุกรานในรังได้ ผึ้งเก็บ สะสมสารหลังจากส่วนที่เป็นแผล ส่วนที่แตกออกของเปลือกไม้ หรือส่วนใบอ่อนโดยสารดังกล่าว อาจเป็นเรซิน กัม หรือสารอื่นๆ หลังจากผึ้งนำส่วนที่ได้จากพืชแล้วนำมาผสมกับเอนไซม์ใน น้ำลายโดยอาจจะมิใช่ผึ้งและส่วนประกอบอื่นๆ ปนเข้ามาเล็กน้อย ดังนั้นพรอพโพลิสจึงประกอบ ไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ เรซินของพืช สารหลังจากผึ้งและส่วนประกอบอื่นๆ ระหว่างกระบวนการ ผลิตพรอพโพลิส (Athikomkulchai, 2008)

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของพรอพโพลิส

องค์ประกอบทางเคมีของพรอพโพลิสประกอบด้วย เรซิน (50%) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารฟลาโวนอยด์และกรดฟีนอลิก ขี้ผึ้ง (สูงสุด 30%) น้ำมันหอมระเหย (10%) เกสร (5%) และสารอินทรีย์อื่น ๆ (5%) ทั้งพรอพโพลิสดิบสารสกัดที่ใช้น้ำและสารสกัดที่ใช้เอทานอลได้รับการพิสูจน์แล้วว่า มีคุณสมบัติในการต้านจุลชีพเนื่องจากมีสารประกอบฟีนอลิกที่มีขั้ว โดยเฉพาะส่วนของฟลาโวนอยด์ (El-Sakhawy, Salama, & Mohamed, 2023) ภาพประกอบ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของพรอพโพลิส



ภาพประกอบ 2 องค์ประกอบทางเคมีของพรอพโพลิส

ที่มา: (El-Sakhawy et al., 2023)

งานวิจัยล่าสุดพบว่าพรอฟโพลีมีส่วนประกอบมากกว่า 300 ชนิด (Anjum et al., 2019) กิจกรรมทางชีวภาพของพรอฟโพลีมาจากสารที่มีประสิทธิภาพ เช่น ฟลาโวนอยด์ เทอร์พีน กรดคาเฟอิก กรดเฟอรูลิก และกรดคูมาริก รวมถึงเอสเทอร์ของกรดเหล่านี้ โดยสารเหล่านี้มีคุณสมบัติที่โดดเด่นในการต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และต้านจุลชีพ ซึ่งมีประโยชน์ในหลายด้าน ดังนี้

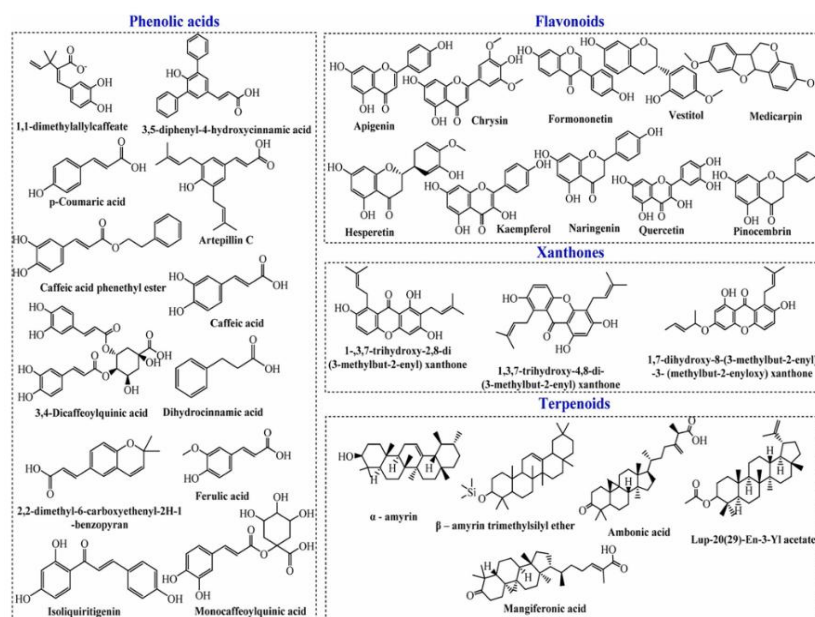
ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids): เป็นสารประกอบที่พบได้มากในพรอฟโพลี มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูง ช่วยปกป้องเซลล์จากการถูกทำลายและลดการอักเสบ นอกจากนี้ ฟลาโวนอยด์ยังมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อราหลายชนิด ซึ่งช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อเหล่านี้และป้องกันการติดเชื้อในระบบต่าง ๆ ของร่างกาย งานวิจัยหลายฉบับได้ยืนยันถึงคุณสมบัติการต้านเชื้อจุลชีพของฟลาโวนอยด์ เช่น งานวิจัยโดย (Cushnie & Lamb, 2005) ที่พบว่าฟลาโวนอยด์สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ รวมถึงเชื้อราที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อในคน ฟลาโวนอยด์ยังช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันให้แข็งแรงขึ้น โดยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคและการลดการอักเสบของเนื้อเยื่อในร่างกาย ฟลาโวนอยด์มีบทบาทในการยับยั้งการสร้างสารเคมีที่ทำให้เกิดการอักเสบ เช่น โปรสตาแกลนดิน (Prostaglandin) และไซโตไคน์ (Cytokines) ซึ่งทำให้ฟลาโวนอยด์ช่วยบรรเทาอาการเจ็บป่วยที่เกิดจากการอักเสบและการติดเชื้อ เช่น การเจ็บคอหรือไข้หวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เทอร์พีน (Terpenes): เป็นกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในพืชและสัตว์บางชนิด โดยมีโครงสร้างพื้นฐานเป็นไฮโดรคาร์บอน ซึ่งพบมากในเรซินและน้ำมันหอมระเหยของพืช เช่น สน ยูคาลิปตัส และพืชสมุนไพรต่างๆ เทอร์พีนมีคุณสมบัติที่โดดเด่นหลายด้าน ซึ่งทำให้มีประโยชน์ในการแพทย์และเภสัชกรรม เนื่องจากมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น ต้านการอักเสบ ต้านเชื้อรา และต้านจุลชีพ งานวิจัยหลายชิ้นได้ยืนยันคุณสมบัติของเทอร์พีนที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งได้สรุปถึงคุณสมบัติของเทอร์พีนในการต้านเชื้อราและการอักเสบ รวมถึงการรักษาบาดแผลและบรรเทาอาการปวด ซึ่งสนับสนุนการนำเทอร์พีนมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ช่วยบรรเทาอาการเจ็บป่วย

กรดคาเฟอิก (Caffeic acid): เป็นสารในกลุ่มฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติทางชีวภาพที่สำคัญหลายประการ ซึ่งทำให้มันได้รับการศึกษามากมายในด้านการแพทย์และเภสัชกรรม โดยเฉพาะในเรื่องของการต้านอนุมูลอิสระและการต้านการอักเสบ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับความเครียดจากอนุมูลอิสระ (oxidative stress) และการอักเสบเรื้อรังที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ เบาหวาน และมะเร็ง

กรดเฟอรูลิก (Ferulic acid): มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง ช่วยปกป้องเซลล์จากการถูกทำลายโดยรังสี UV และมลภาวะต่าง ๆ นอกจากนี้ยังช่วยชะลอการเกิดริ้วรอยและเสริมสร้างสุขภาพผิว อีกทั้งยังมีฤทธิ์ด้านการอักเสบและช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยมีการวิจัยที่กล่าวถึงคุณสมบัติของกรดเฟอรูลิกดังนี้ กรดเฟอรูลิกเป็นสารธรรมชาติที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและด้านการอักเสบที่เด่นชัด ซึ่งอาจมีประโยชน์ในการรักษาโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ การศึกษาเน้นไปที่บทบาทของกรดเฟอรูลิกในการปรับโมเดลการอักเสบโดยการปรับเส้นทางทางชีวเคมี เช่น เส้นทาง p38 MAPK และ NF- κ B ซึ่งมักจะถูกกระตุ้นในระหว่างการตอบสนองต่อการอักเสบ กลไกเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า กรดเฟอรูลิกอาจมีประโยชน์ในการลดการอักเสบที่เกี่ยวข้องกับโรคต่าง ๆ เช่น โรคหอบหืด โรคปอด และภาวะอักเสบอื่น (Singh Tuli et al., 2022)

กรดคูมาริก (Coumaric acid): เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชหลายชนิด เช่น ผลไม้ ผัก และธัญพืช มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยปกป้องเซลล์จากการทำลายของอนุมูลอิสระที่เกิดจากมลภาวะและกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกาย การทำลายนี้มักเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจและโรคกระดูกพรุน กรดคูมาริกจึงมีบทบาทสำคัญในการป้องกันและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเรื้อรังและโรคเสื่อมสภาพต่าง ๆ นอกจากนี้ กรดคูมาริกยังมีคุณสมบัติด้านการอักเสบ โดยการยับยั้งการสร้างสารที่กระตุ้นการอักเสบ เช่น ไซโตไคน์และโปรสตาแกลนดิน ซึ่งเป็นสารเคมีที่ร่างกายผลิตขึ้นเมื่อมีการบาดเจ็บหรือติดเชื้อ การยับยั้งการผลิตสารเหล่านี้ช่วยบรรเทาอาการอักเสบและลดการระคายเคืองในเนื้อเยื่อ ซึ่งมีประโยชน์ในด้านการลดอาการเจ็บปวดและการบวมที่เกี่ยวข้องกับภาวะอักเสบเรื้อรัง เช่น ข้ออักเสบและโรคกล้ามเนื้ออักเสบ ฤทธิ์ต้านจุลชีพ ของกรดคูมาริกยังมีความสำคัญในด้านการป้องกันการติดเชื้อที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ทำให้สารนี้มีศักยภาพในการใช้เป็นสารเสริมในการรักษาการติดเชื้อในร่างกาย นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในด้านการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน โดยช่วยให้ร่างกายสามารถต่อสู้กับเชื้อโรคได้ดีขึ้น จึงช่วยลดโอกาสในการเกิดการติดเชื้อซ้ำซ้อนและช่วยฟื้นฟูเนื้อเยื่อที่เสียหายได้อย่างรวดเร็ว จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถแสดงโครงสร้างทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในพรอพโพลิส ได้ตามภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 โครงสร้างทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในพรอพโพลิส

ที่มา: (El-Sakhawy et al., 2023)

ด้วยสารประกอบเหล่านี้ พรอพโพลิสจึงมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันโรค และบรรเทาอาการต่าง ๆ ที่เกิดจากการอักเสบและการติดเชื้อ นอกจากนี้ ยังมีการนำพรอพโพลิสไปใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ยารักษาโรค เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพอื่น ๆ เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากคุณสมบัติทางชีวภาพที่หลากหลายของสารสกัดจากธรรมชาติ

2.3 คุณสมบัติทางชีวภาพของพรอพโพลิส

เนื่องจากพรอพโพลิสมีคุณสมบัติทางชีวภาพที่มีประโยชน์ในหลายด้าน โดยเฉพาะในทางการแพทย์และการบำรุงสุขภาพ ดังนี้

2.3.1 คุณสมบัติต้านจุลชีพ (Antimicrobial Activity)

พรอพโพลิสได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะประสิทธิภาพต่อเชื้อโรคต่างๆ เช่น แบคทีเรียและเชื้อรา ตัวอย่างเช่น พรอพโพลิสแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อโรคแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มาและปริมาณของสารออกฤทธิ์ ตัวอย่างที่ชัดเจน เช่น พรอพโพลิสสีแดงจากบราซิล ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Candida* ได้ดีกว่าพรอพโพลิสสีเขียว

เนื่องจากพอลิฟีนอลมีสารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ในปริมาณสูง ซึ่งสารฟลาโวนอยด์เหล่านี้มีฤทธิ์ต้านเชื้อราโดยช่วยขัดขวางการเจริญเติบโตของเชื้อรา รวมทั้งยับยั้งการสร้างเส้นใยที่เชื้อราใช้ในการยึดเกาะและแพร่กระจาย (Ożarowski, Karpiński, Alam, & Lochyńska, 2022) นอกจากนี้ พอลิฟีนอลยังมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียโดยเฉพาะแบคทีเรียแกรมบวก เช่น เชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มักก่อให้เกิดการติดเชื้อในระบบผิวหนังและระบบทางเดินหายใจ การที่พอลิฟีนอลสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้ได้ เป็นผลมาจากการมีสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ที่มีคุณสมบัติในการทำลายโครงสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้แบคทีเรียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ รวมทั้งมีสารประกอบเช่นคาเฟอิกแอซิด (caffeic acid) และกรดฟีรูลิก (ferulic acid) ซึ่งมีบทบาทในการลดความสามารถของแบคทีเรียในการสร้างเยื่อเมือก (biofilm) ที่เป็นสาเหตุให้แบคทีเรียสามารถทนต่อยาปฏิชีวนะได้ ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ตัวอย่างรายงานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของพอลิฟีนอล

แหล่งกำเนิดพอลิฟีนอล	กลุ่มสารที่ออกฤทธิ์	เชื้อจุลินทรีย์ที่ยับยั้งได้	คณะวิจัย
บราซิล	Phenolic compound	<i>Staphylococcus aureus</i>	Bankova et al. (1995)
	Labdane-type diterpenes	<i>Staphylococcus aureus</i>	Bankova et al. (1996)
	Phenolic compounds	<i>Helicobacter pylori</i>	Hashimoto et al. (1998)
	Phenolic compounds	<i>Trypanosoma cruzi</i>	Macucci et al. (2001)
ชิลี	Phenolic compounds	<i>Mycobacterium spp.</i>	Valcic et al. (1999)
บัลแกเรีย	Ester of substituted cinnamic acid	A/H1N1, A/H3N2 (influenza virus)	Serkedjieva et al. (1992)

ที่มา: (Athikomkulchai, 2008)

2.3.2 คุณสมบัติด้านการอักเสบ (Anti-inflammatory Activity)

สารฟลาโวนอยด์และกรดฟีนอลิกในพอลิฟีนอลช่วยลดการสร้างสารที่ก่อให้เกิดการอักเสบในร่างกาย การใช้พอลิฟีนอลสามารถช่วยบรรเทาอาการอักเสบที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อและการบาดเจ็บ เช่น การอักเสบของเยื่อข้อ หรือการอักเสบของผิวหนัง (Zullkiflee, Taha, & Usman, 2022) โดยเราสามารถนำพอลิฟีนอลไปใช้ช่วยในการลดการอักเสบในร่างกายได้ โดยเฉพาะการอักเสบของเยื่อข้อ พอลิฟีนอลสามารถใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์บรรเทาอาการเจ็บข้อ โดยเฉพาะในกรณีที่มีการติดเชื้อ เช่น ไขข้ออักเสบและการติดเชื้อในลำคอ หรือแม้กระทั่ง

การอักเสบของผิวหนัง พรอพโพลิสสามารถนำใช้ดูแลผิวที่ช่วยบรรเทาอาการระคายเคืองของผิวหนัง และลดการอักเสบจากสาเหตุต่างๆ เช่น ผื่นภูมิแพ้ (eczema) หรือการติดเชื้อของผิวหนัง มีงานวิจัยค่อนข้างมากที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติในการต้านการอักเสบของพรอพโพลิสอย่างเช่น ในประเทศอินโดนีเซียได้ศึกษาคุณสมบัติทางชีวภาพของสารสกัดพรอพโพลิสเพื่อเน้นย้ำถึงศักยภาพของพรอพโพลิสในด้านสุขภาพและการแพทย์ (Abduh, Shafitri, & Elfahmi, 2024)

2.3.3 คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Activity)

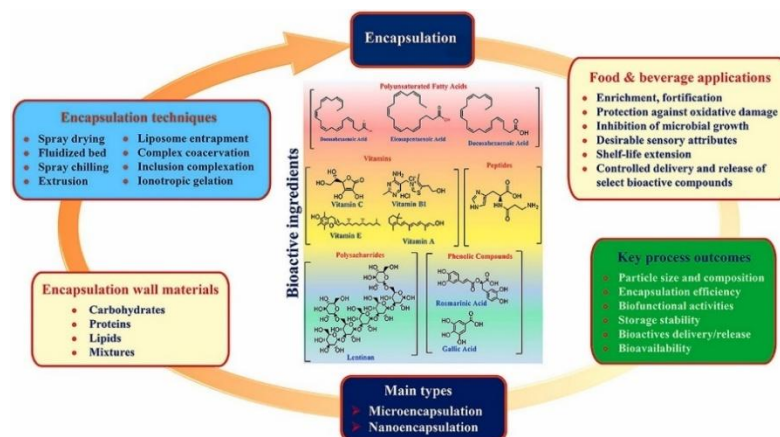
พรอพโพลิสถือเป็นสารจากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการปกป้องเซลล์จากการถูกทำลายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระคือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนไม่ครบคู่ ทำให้มีความไม่เสถียรและสามารถทำลายโครงสร้างเซลล์ โปรตีน และดีเอ็นเอของเซลล์ ซึ่งการสะสมของอนุมูลอิสระในร่างกายเป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่การเสื่อมสภาพของเซลล์และเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจ มะเร็ง และโรคที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมของระบบประสาท เช่น อัลไซเมอร์ สารต้านอนุมูลอิสระในพรอพโพลิสที่สำคัญ ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และ กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ซึ่งสารเหล่านี้สามารถยับยั้งกระบวนการออกซิเดชันในเซลล์และลดการสะสมของอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฟลาโวนอยด์และกรดฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติที่สามารถทำให้อนุมูลอิสระเสถียร ลดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายและป้องกันความเสียหายที่เกิดกับเซลล์ได้ จากการศึกษาโดย (Can, Kara, Kolayli, & Çakmak, 2024) ซึ่งได้ทำการวิจัยคุณสมบัติของพรอพโพลิสในภูมิภาคมาร์มารา ประเทศตุรกี พบว่าพรอพโพลิสจากภูมิภาคนี้มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งสามารถยับยั้งกระบวนการที่ทำให้เซลล์ถูกทำลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการศึกษายังได้ชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของพรอพโพลิสที่มีศักยภาพในการลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรังที่เกิดจากการสะสมของอนุมูลอิสระในร่างกาย นอกจากนี้ การบริโภคพรอพโพลิสที่มีสารต้านอนุมูลอิสระเป็นประจำสามารถช่วยในการชะลอการเสื่อมสภาพของร่างกายที่มาจากอายุที่เพิ่มขึ้น การมีสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายที่เพียงพอจึงมีความสำคัญ เนื่องจากสามารถช่วยป้องกันความเสียหายของเซลล์และสนับสนุนให้ร่างกายคงความแข็งแรง ป้องกันไม่ให้เซลล์ถูกทำลายได้ง่าย คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของพรอพโพลิสทำให้พรอพโพลิสเป็นส่วนผสมที่น่าสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระ และยังเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้ที่ต้องการดูแลสุขภาพในระยะยาว

2.3.4 คุณสมบัติเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน (Immunomodulatory Activity)

พรอปโพลิสมีคุณสมบัติในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโดยช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับร่างกายในการต่อสู้กับเชื้อโรค นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มการผลิตแอนติบอดีในร่างกาย ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันมีความพร้อมในการรับมือกับการติดเชื้อ โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของพรอปโพลิสที่มีผลกับระบบภูมิคุ้มกันของหนู ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าสารสกัดพรอปโพลิสร่วมกับวัคซีน มีส่วนช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของหนูให้ดีขึ้นได้ (Fischer et al., 2007) นอกจากนี้พรอปโพลิสยังมียาคุณสมบัติในการลดการอักเสบ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การอักเสบที่เกิดจากการติดเชื้อหรือบาดเจ็บมักทำให้เซลล์ภูมิคุ้มกันไม่สามารถทำงานได้เต็มที่ แต่พรอปโพลิสช่วยลดการอักเสบนี้ได้ ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันสามารถทำงานได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ เราสามารถใช้ประโยชน์จากพรอปโพลิสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ช่วยในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน เช่น อาหารเสริม เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในทางการแพทย์ ซึ่งจะเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้บริโภคที่มีความสนใจในสุขภาพและต้องการเพิ่มความแข็งแรงให้กับระบบภูมิคุ้มกันของตน การมีภูมิคุ้มกันที่แข็งแรงไม่เพียงแต่ช่วยลดความเสี่ยงในการติดเชื้อ แต่ยังช่วยให้ร่างกายฟื้นตัวได้เร็วขึ้นเมื่อเกิดการเจ็บป่วยอีกด้วย นี่คือการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันด้วยพรอปโพลิสเป็นทางเลือกที่น่าสนใจและมีศักยภาพในอนาคต

2.4 การขึ้นรูปเม็ดบีดส์ด้วยเทคนิคเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation)

เทคนิคเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation) เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการบรรจุสารออกฤทธิ์ เช่น วิตามิน สารต้านอนุมูลอิสระ เอนไซม์ หรือจุลินทรีย์ โดยเคลือบหรือห่อหุ้มสารเหล่านั้นไว้ในวัสดุคลุมเพื่อปกป้องและควบคุมการปลดปล่อยของสารที่บรรจุ การใช้ Encapsulation ช่วยปกป้องสารจากปัจจัยที่อาจทำลาย เช่น ออกซิเจน แสง ความร้อน ความชื้น หรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่อาจทำให้สารเสื่อมคุณภาพ นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถปลดปล่อยสารได้อย่างช้า ๆ ตามความต้องการ เช่น ในผลิตภัณฑ์อาหาร หรือการส่งเสริมการทำงานของสารในผลิตภัณฑ์สุขภาพและยา ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ดียิ่งขึ้น (Zabot et al., 2022) วิธีการ Encapsulation มีหลายเทคนิค เช่น การห่อหุ้มด้วยวัสดุธรรมชาติ เช่น แอลจิเนตและกัมอารบิก ซึ่งช่วยควบคุมการปลดปล่อยสารอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่วัสดุชีวภาพบางชนิด เช่น ไคโตซาน (chitosan) จะช่วยป้องกันสารที่บรรจุจากจุลินทรีย์และการออกซิเดชัน ซึ่งทำให้เหมาะสำหรับการใช้ในอาหารและอุตสาหกรรม (Chaudhary, Thakur, Kajla, Thakur, & Punia, 2021) แสดงวงจรของกระบวนการ Encapsulation ตามภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แผนภาพแสดงวงจรของกระบวนการ Encapsulation

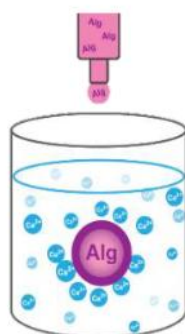
ที่มา: (Alu'datt et al., 2022)

จากภาพจะเห็นได้ว่า การห่อหุ้มเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรักษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ห่อหุ้มไว้จากสภาพแวดล้อมโดยรอบ ขณะเดียวกันก็ช่วยในการนำส่งและการปล่อยสารออกฤทธิ์ที่ขนส่งไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในรูปแบบและการใช้งานต่าง ๆ ของการห่อหุ้ม การห่อหุ้มด้วยไมโครและนาโนของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้จากอาหารซึ่งจะเห็นได้ว่าเทคนิคการห่อหุ้มสารสำคัญมีหลายวิธีการ ซึ่งกล่าวถึงหลักการพื้นฐาน การพัฒนาเทคโนโลยี ตลอดจนการใช้งานในปัจจุบันและในอนาคตที่มุ่งเป้าไปที่การปกป้องและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของส่วนผสมที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในระบบอาหาร

เทคนิคการขึ้นเม็ดปิดส์ (Bead Formation) มีหลายรูปแบบที่ใช้ในการห่อหุ้มสารสำคัญ ซึ่งในงานวิจัยจะกล่าวถึงเทคนิคเอนแคปซูเลชันแบบเอ็กสตรูชัน (Extrusion) ซึ่งเลือกใช้ในงานวิจัยนี้โดยมีหลักการดังนี้

เอ็กสตรูชัน (Extrusion) เป็นเทคนิคที่ทำได้ไม่ยาก ในการห่อหุ้มสารที่เป็นของเหลวอยู่ภายในโดยส่วนที่ห่อหุ้มเรียกว่า wall material และส่วนสารที่ถูกยัดไว้หรือของเหลวด้านในเรียก core materials ซึ่งวัสดุที่นิยมใช้ในการเคลือบหรือห่อหุ้ม ได้แก่ alginate, gum (xanthan gum หรือ gellan gum), k-carrageenan, chitosan, carboxymethyl cellulose, gelatin, pectin, whey protein และ แป้ง (maltodextrin หรือ modified starch) สารที่ใช้ในการเคลือบแต่ละชนิดจะให้คุณสมบัติเฉพาะที่แตกต่างกันออกไปแล้วแต่การใช้งาน (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2565) โดยสามารถเตรียมจากไซลิ่งค์ เข้มหรือปิเปต โดยการปล่อยสารละลายของพอลิเมอร์ เช่น แอลจีเนต (alginate) ลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพื่อให้เกิดการก่อตัวเป็นเม็ดปิดส์เมื่อเกิดการทำปฏิกิริยากัน เทคนิคนี้เหมาะสำหรับการผลิตเม็ดปิดส์ขนาด

ใหญ่และการใช้สารออกฤทธิ์ที่ต้องการการปล่อยอย่างช้า ๆ วิธีนี้ใช้มากในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อผลิตเม็ดปิดสัที่สามารถห่อหุ้มวิตามินและสารอาหารได้อย่างปลอดภัย เพราะการทำงานของแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะช่วยป้องกันการเสื่อมของสารอาหารจากสภาพแวดล้อมภายนอก โดยมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลต่อขนาดและความแข็งแรงของเม็ดปิดสั ช่วยให้การห่อหุ้มสารสำคัญมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Jirayu Musika, 2020) นอกจากนี้เป็นเทคนิคที่ง่ายและประหยัดต้นทุน การเตรียมเม็ดปิดสัโดยวิธีเอ็กซ์ทรูชันเทคนิค ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 การเตรียมเม็ดปิดสัโดยวิธีเอ็กซ์ทรูชันเทคนิค

ที่มา: (Jirayu Musika, 2020)

มีตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชันแบบเอ็กซ์ทรูชันซึ่งหัวข้องานวิจัยคือ การผลิตเม็ดปิดสัน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน โดยวัตถุประสงค์การวิจัยนี้เพื่อพัฒนาการผลิตเม็ดปิดสัน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน การดำเนินงานประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้ การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองสุกหอม โดยศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการเติมเอนไซม์อะไมเลสที่ระดับความเข้มข้นต่างกับการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดปิดสัน้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง โดยใช้สารละลายโซเดียมอัลจิเนต 3 ความเข้มข้นคือร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 ตามลำดับ แขนงสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.1 ระยะเวลา 10 นาที พบว่าเมื่อความเข้มข้นของอัลจิเนตเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าทางกายภาพ-เคมี ได้แก่ ขนาด น้ำหนัก ความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ในทางกลับกันปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรตลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อนำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคน (n=50) ให้คะแนนความชอบในทุก

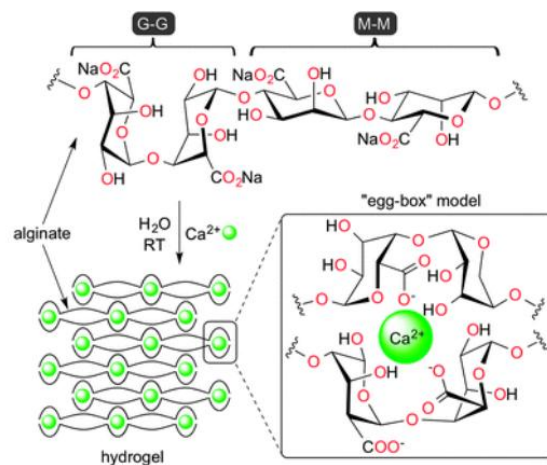
คุณลักษณะของเม็ดปิดสัณฐานความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มากที่สุด เท่ากับ 7.33 ± 0.89 คะแนน ($p \leq 0.05$) (Jirayu Musika, 2020)

ส่วนอีกหนึ่งตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชันแบบเอ็กซ์ทรูชันมาใช้ในการกักเก็บสารสำคัญคืองานวิจัย ไมโครเอนแคปซูเลชันของไฟโคไซยานินด้วยอัลจิเนต โดยวัตถุประสงค์ในการศึกษาคือเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการห่อหุ้มไฟโคไซยานินด้วยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันโดยเลือกใช้อัลจิเนตซึ่งเป็นวัสดุห่อหุ้มที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ จากนั้นศึกษาคุณสมบัติทางสัณฐานวิทยาของไฟโคไซยานิน-เอนจิเนตไมโครแคปซูล และศึกษาคุณสมบัติในการปลดปล่อยของสารไฟโคไซยานิน-เอนจิเนตไมโครแคปซูลในสภาวะจำลองของทางเดินอาหาร (Chaiyanurak, 2017)

โดยจากทั้ง 2 งานวิจัยดังกล่าวมีการศึกษาด้วยเทคนิคเอนแคปซูเลชันแบบเอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion) เหมือนกันโดยศึกษาในส่วนของการหาปริมาณความเข้มข้นของสารห่อหุ้มที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพรวมถึงความสามารถในการปลดปล่อยสารสำคัญในสภาวะจำลองของระบบย่อยอาหาร ความต่างคือศึกษาในตัวอย่างหรือสารที่ต้องการห่อหุ้มแตกต่างกัน จากการศึกษาทางผู้วิจัยจึงเลือกเทคนิคและวิธีการดังกล่าวมาใช้ศึกษาในการพัฒนางานต่อไป

2.5 กลไกการห่อหุ้มของอัลจิเนต

1. **อัลจิเนต (Alginate)** เป็นพอลิแซ็กคาไรด์สายตรงที่สกัดได้จากสาหร่ายน้ำทะเล โดยเฉพาะสาหร่ายสีน้ำตาล มีโครงสร้างประกอบด้วยหน่วยโมโนเมอร์หลัก 2 ชนิด ได้แก่ β -D-mannuronic acid (M) และ α -L-guluronic acid (G) จัดเรียงสลับกันเป็นบล็อกแบบ MM, GG และ MG (Eiselt, 2000) อัลจิเนตสามารถสร้างเจลได้เมื่อสัมผัสกับไอออนแคลเซียม (Ca^{2+}) ผ่านกระบวนการที่เรียกว่า Ionic Gelation หมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COO}^-$) บนหน่วย G จะจับกับไอออนแคลเซียม ทำให้เกิดโครงสร้างเจลสามมิติที่มีความแข็งแรง โครงสร้างนี้มักอธิบายด้วยโมเดล "Egg-box" ซึ่งเปรียบเหมือนไข่เรียงในกล่อง โดย Ca^{2+} ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างสายโพลิเมอร์อัลจิเนตหลายสาย การสร้างเจลนี้ช่วยกักเก็บสารสำคัญไว้ภายใน ไม่ว่าจะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ น้ำมัน จุลินทรีย์ หรือสารออกฤทธิ์อื่น ๆ โครงสร้างเจลจะช่วยป้องกันสารจากความร้อน กรดออกซิเดชัน หรือสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ในกระบวนการปลดปล่อยสาร เจลจะเกิดการบวม (swelling) หรือคลายตัว (relaxation) ทำให้สารภายในค่อย ๆ ถูกปล่อยออกอย่างช้า ๆ ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการห่อหุ้ม ได้แก่ ความเข้มข้นของอัลจิเนต ความเข้มข้นของแคลเซียม ระยะเวลาในการสร้างเจล และค่า pH ของสภาวะแวดล้อม ดังแสดงในภาพประกอบ 6 โครงสร้างของอัลจิเนตและการเกิดไฮโดรเจลของแคลเซียมอัลจิเนต



ภาพประกอบ 6 โครงสร้างของอัลจิเนตและการเกิดไฮโดรเจลของแคลเซียมอัลจิเนต

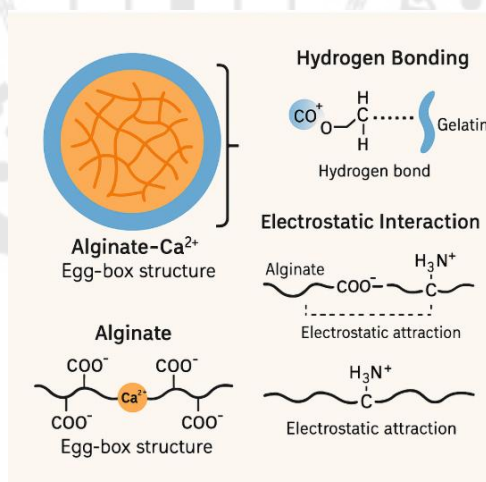
ที่มา : (Eiselt, 2000)

2. เจลาติน เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ได้จากการไฮโดรไลซ์คอลลาเจน พบมากในหนังกระดูก และเนื้อเยื่อของสัตว์ โครงสร้างของเจลาตินประกอบด้วยสายพอลิเปปไทด์ยาว ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนหลากหลายชนิด เมื่อเจลาตินละลายในน้ำร้อน สายพอลิเปปไทด์จะคลายตัวเป็นโซ่เดี่ยว เมื่อลดอุณหภูมิลง สายพอลิเปปไทด์เหล่านี้จะเริ่มจัดเรียงตัวใหม่ เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างสาย ส่งผลให้เกิดโครงสร้างแบบ triple helix บางส่วน และสร้างโครงข่ายเจลสามมิติ การเกิดเจลนี้มีลักษณะเป็น "physical gel" ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงเจลจะละลาย และเมื่อเย็นลงจะกลับมาแข็งตัวอีกครั้ง โครงสร้างเจลของเจลาตินสามารถกักเก็บน้ำหรือสารละลายไว้ภายในได้ดี จึงนิยมใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มสารออกฤทธิ์ในอาหาร เครื่องสำอาง และยา ความแข็งแรงของเจลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจลาติน อุณหภูมิ ความดัน และองค์ประกอบของสารที่อยู่รวมในระบบ (Kommarreddy, Shenoy, & Amiji, 2007)

3. กัมอารบิก เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ธรรมชาติที่มีโครงสร้างซับซ้อน ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด เช่น อาราบิโนส แรมโนส และกรดกลูคูโรนิก รวมถึงมีส่วนของโปรตีนประมาณ 1-3% ที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการเกิดอิมัลชัน โครงสร้างของกัมอารบิกมีลักษณะเป็นโครงข่ายของสายพอลิแซ็กคาไรด์ที่แตกแขนงสูง ทำให้มีความสามารถในการละลายน้ำดีเยี่ยมและสร้างฟิล์มบางที่ยืดหยุ่น ในกระบวนการห่อหุ้ม กัมอารบิกทำหน้าที่เป็นตัวลดแรงตึงผิว ช่วยสร้างชั้นฟิล์มรอบอนุภาคหรือหยดน้ำมันโดยเกิดพันธะไฮโดรเจนและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล นอกจากนี้หมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COO}^-$) ในโครงสร้างยังสามารถเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าสถิตกับประจุบวกจากสารอื่น

เช่น โปรตีน หรือโลหะบางชนิด ทำให้เกิดโครงสร้างแบบ complex coacervation ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการสร้างแคปซูลหรือเปลือกหุ้ม กัมอารบิกช่วยเพิ่มความเสถียรของอนุภาค ป้องกันการจับตัวเป็นก้อน และลดการตกตะกอน จึงนิยมใช้ในการห่อหุ้มสารออกฤทธิ์ กลิ่น น้ำมัน และสารต้านอนุมูลอิสระในอุตสาหกรรมอาหารและเภสัชกรรม

4. การรวมตัวของอัลจิเนตกับเจลาติน อัลจิเนตเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ประจุลบที่สามารถเกิดเจลผ่านกลไก Egg-box เมื่อทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ทำให้เกิดโครงสร้างสามมิติที่มีรูพรุน ขณะที่เจลาตินเป็นโปรตีนที่มีหมู่ฟังก์ชันแอมิโน ($-\text{NH}_2$) และคาร์บอกซิล ($-\text{COOH}$) ซึ่งมีศักยภาพในการเกิดพันธะไฮโดรเจนและพันธะไฟฟ้าสถิต เมื่อผสมเจลาตินเข้ากับอัลจิเนตที่มีประจุลบ จะเกิดแรงยึดเหนี่ยวแบบไฟฟ้าสถิตระหว่างหมู่แอมิโนที่มีประจุบวกของเจลาตินกับหมู่คาร์บอกซิเลตของอัลจิเนต นอกจากนี้ยังเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิล ($-\text{OH}$) และหมู่ฟังก์ชันอื่น ๆ ในโครงสร้างร่วมกัน ส่งผลให้โครงสร้างของเจลมีความหนาแน่นและแข็งแรงมากขึ้น เจลาตินสามารถแทรกตัวเข้าไปในโครงข่ายของอัลจิเนต หรือก่อตัวเป็นชั้นฟิล์มเคลือบบริเวณผิวของเม็ดปิดส์ ช่วยลดรูพรุนและลดการซึมผ่านของความชื้น ออกซิเจน และสารต่าง ๆ ความร่วมมือของทั้งสองวัสดุช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปกป้องและควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 โครงสร้างทางเคมีของอัลจิเนตกับเจลาติน

5. การรวมตัวของอัลจิเนตกับกัมอารบิก เมื่อผสมอัลจิเนตกับกัมอารบิกเข้าด้วยกันในสารละลายก่อนหยดลงอ่าง CaCl_2 อัลจิเนตจะเกิดเจลผ่านกลไก Egg-box โดยแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) จะจับกับหมู่คาร์บอกซิเลต ($-\text{COO}^-$) ของอัลจิเนตจนเกิดโครงข่ายสามมิติ ขณะเดียวกันกัมอารบิกซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล ($-\text{OH}$) และหมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COOH}$) จะไม่เกิด cross-

link โดยตรงกับ Ca^{2+} แต่จะ แทรกตัวเข้าไปในโครงสร้างเจลของอัลจิเนต ผ่านแรงยึดเหนี่ยวแบบ พันธะไฮโดรเจนและแรงแวนเดอร์วาลส์ นอกจากนี้ ในกัมอาร์บิกปริมาณเล็กน้อยอาจช่วยเสริมแรง ยึดเหนี่ยวกับโครงสร้างบางส่วน ส่งผลให้โครงสร้างของเจลมีความหนาแน่นและแข็งแรงเพิ่มขึ้น การผสมพร้อมกันแบบนี้จะสร้างโครงสร้างแบบ Semi-Interpenetrating Polymer Network (semi-IPN) ที่โครงข่ายอัลจิเนตทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลัก ส่วนกัมอาร์บิกช่วยเติมเต็มช่องว่าง และลดความพรุนของเจล ทำให้เพิ่มความสามารถในการป้องกันสารออกฤทธิ์ ลดการซึมผ่านของ ออกซิเจนและน้ำ และช่วยควบคุมการปลดปล่อยสารอย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 อาการระคายคอ

ปัญหาระคายคอ คอแห้ง จนทำให้ไอถี่หรือต้องกระแอมอยู่บ่อยครั้งเพื่อช่วยลดอาการ ระคายคอ โดยปัญหาระคายคอ คอแห้ง คั้นคอกที่เกิดขึ้นภายในลำคอเหล่านี้มีความคล้ายคลึงกัน กับอาการคัน และยิ่งหากปล่อยให้ปัญหาระคายคอ คั้นคอเอาไว้เนิ่นนานวันก็อาจทำให้เกิดภาวะ ข้างเคียงอื่นๆ ตามมาทั้งอาการคอกอักเสบวมแดง มีเสมหะขึ้นเหนียวหรืออาการเจ็บคอชนิดเรื้อรัง ที่จัดการได้ยากจนส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน เมื่อมีอาการระคายคอ ไอ คอแห้ง หรือมี เสมหะจึงควรรีบหาสาเหตุที่ถูกต้องเพื่อการรักษาได้อย่างทันท่วงที อาการคันคอ ระคายคอ คอแห้ง อาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ (ฟาร์มาซูติคอล, 2024)

อาการแพ้หรือโรคภูมิแพ้ เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการคันคอ ระคายคอ ที่พบได้บ่อย โดยอาการแพ้จะมีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อร่างกายได้รับสารก่อภูมิแพ้ เช่น ขนสัตว์ เชื้อรา ฝุ่น ควัน ละอองเกสรดอกไม้ การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศรวมไปจนถึงอาการแพ้อาหาร เครื่องดื่มและ ยารักษาโรคบางชนิด ซึ่งอาการแพ้หรืออาการภูมิแพ้จะมีตั้งแต่อาการที่ไม่รุนแรงไปจนถึงรุนแรง มากโดยอาการระคายคอ คั้นคอจะเป็นกลุ่มอาการที่ไม่รุนแรงแต่จะก่อให้เกิดความรำคาญเพราะ ทำให้รู้สึกคันคอ คอแห้ง กลืนน้ำลายและกลืนอาหารได้ลำบาก

การสูดมลพิษที่อยู่ในอากาศ เช่น การสูดดมสารเคมีจากแหล่งต่างๆ เช่น ยาฆ่าแมลง ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และควันบุหรี่ รวมถึงการหายใจรับฝุ่นละอองและมลพิษขนาดเล็ก เช่น PM 2.5 เป็นระยะเวลานาน มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของเราอย่างชัดเจน โดยมลพิษ เหล่านี้สามารถก่อให้เกิดอาการระคายเคืองในลำคอและทางเดินหายใจส่วนบน อาการที่พบได้ บ่อย ได้แก่ ความรู้สึกระคายเคืองหรือคันในลำคอ แสบคอ แสบจมูก และอาจเกิดอาการไอแห้ง หากได้รับมลพิษต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน หรือในปริมาณที่มากขึ้น อาจทำให้เกิดอาการอื่นๆ เช่น การจามบ่อยครั้ง มีน้ำมูกใสหรือมีเสมหะร่วมด้วย อาจทำให้รู้สึกอึดอัด หรือหายใจติดขัดได้อีกด้วย ในผู้ที่มีความไวต่อสารก่อภูมิแพ้หรือเป็นโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหอบหืด หรือโรคจมูก

อักเสบจากภูมิแพ้ การสัมผัสมลพิษในอากาศจะทำให้มีอาการแสดงออกได้รุนแรงกว่าคนทั่วไป อาจเกิดอาการหายใจลำบาก แน่นหน้าอก หรือหายใจเสียงดัง (wheezing) ได้ และหากการสัมผัสมลพิษนี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในระยะยาว อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพในระยะยาว ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคทางเดินหายใจเรื้อรัง เช่น โรคหอบหืดอักเสบเรื้อรัง และอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD)

อาการระคายคอ คันคอ จากการติดเชื้อ ที่เกิดจากการติดเชื้อไวรัสและแบคทีเรียมักเป็นอาการเริ่มแรกตามมาด้วยอาการเจ็บคอที่รุนแรงขึ้น ซึ่งเชื้อไวรัสเช่นไข้หวัดหรือไข้หวัดใหญ่ และเชื้อแบคทีเรีย เช่น สเตรปโตคอกคัส (สาเหตุของคออักเสบหรือ Strep throat) เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการติดเชื้อในลำคอและมีการอักเสบในทางเดินหายใจส่วนบนอาการที่พบบ่อยคือ คันหรือระคายคอ น้ำมูกไหล ไอ จาม และมีไข้สูง บางครั้งอาจมีอาการปวดเมื่อยตามกล้ามเนื้อและข้อรวมถึงอ่อนเพลียและเบื่ออาหาร หากการติดเชื้อเป็นการติดเชื้อไวรัส เช่น ไข้หวัด การรักษาเน้นการดูแลตามอาการ เช่น การดื่มน้ำอุ่น พักผ่อน และใช้น้ำเกลือกลั้วคอเพื่อบรรเทาอาการ แต่ในกรณีการติดเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้มีอาการรุนแรงขึ้น เช่น การติดเชื้อสเตรปโตคอกคัส แพทย์อาจพิจารณาจ่ายยาปฏิชีวนะเพื่อช่วยรักษาและลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อน เช่น ไข้รูมาติกหรือติดเชื้อในกระแสเลือด

เกิดจากไซนัสอักเสบ เป็นอาการอักเสบหรือติดเชื้อของเยื่อจมูกและไซนัสซึ่งเกิดจากการติดเชื้อไวรัส แบคทีเรียหรือเชื้อรา โดยในระยะเริ่มต้นผู้ป่วยจะมีเสมหะ คัดจมูกและมีน้ำมูกสีเขียว มีอาการปวดหน่วงๆ ที่บริเวณหน้าผาก หัวตาและโหนกแก้ม รวมถึงมีอาการคันคอ ระคายคอเนื่องจากมีเสมหะไหลลงมาที่บริเวณลำคอโดยจะเป็นมากขึ้นในช่วงเวลาเช้านอน

เกิดจากการใช้เสียงมากเกินไป เมื่อไหร่ก็ตามที่ต้องใช้เสียงเยอะมากเป็นพิเศษ ใช้เสียงผิดวิธีอาจส่งผลให้เกิดอาการระคายคอ คันคอ คอแห้งได้โดยง่าย เนื่องจากกล่องเสียงและสายเสียงถูกใช้งานอย่างหนักจนเกิดอาการระคายเคือง คอแห้ง เสียงแหบและพูดไม่มีเสียง

จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดเป็นสาเหตุและปัจจัยต่างๆที่ส่งผลให้เกิดอาการระคายคอ ไม่ว่าจะ โรคภูมิแพ้ การสูดดมพิษที่อยู่ในอากาศ อาการระคายคอ คันคอ จากการติดเชื้อ เกิดจากไซนัสอักเสบ หรือเกิดจากการใช้เสียงมากเกินไป ทั้งนี้ด้วยสถานการณ์ความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศหรือโรคอุบัติใหม่เพิ่มขึ้นก็ส่งผลให้เกิดการระคายคอและการอักเสบในลำคอขึ้นได้

2.7 อาหารโมเลกุล

อาหารโมเลกุล (molecular gastronomy) หรือเรียกได้ว่า Emotional cuisine , Experimental cuisine, Modern cuisine, Molecular cooking, New cuisine คือการนำหลักการ

ทาง วิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการประกอบอาหาร โดยมีเทคนิคการปรุงหรือการประกอบอาหารหลากหลาย รูปแบบ เพื่อสร้างอาหารรูปแบบแปลกใหม่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ที่ต้องการรับประทาน อาหารที่ทั้งอร่อยและแปลกตา หลายคนอาจสงสัยว่าแล้วอาหารพวกนี้รับประทานได้จริงไหม หรือจริงๆ แล้ว ทำออกมาโชว์แค่สวยงาม แต่จริงๆ แล้วบางเทคนิคที่ใช้ในอาหารโมเลกุลก็เป็นเทคนิคที่ใช้ในอุตสาหกรรม อาหารกันอยู่แล้ว (สถาบันอาหาร, 2022) ภาพอาหารโมเลกุล (molecular gastronomy) ในรูปแบบต่างๆ แสดงตามภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 อาหารโมเลกุล (molecular gastronomy) ในรูปแบบต่าง ๆ

ที่มา: (สถาบันอาหาร, 2022)

โดยที่อาหารโมเลกุล เป็นศาสตร์ที่ผสมผสานระหว่างการทำอาหาร ศิลปะ และ วิทยาศาสตร์ โดยเน้นการใช้กระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์เพื่อปรับปรุงรสชาติ เนื้อสัมผัส รูปลักษณะ และการนำเสนออาหารให้น่าสนใจยิ่งขึ้น เป็นการสร้างประสบการณ์ใหม่ให้ผู้บริโภค โดยอาศัยการทำความเข้าใจปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุดิบ

โดยหลักการพื้นฐานของอาหารโมเลกุล

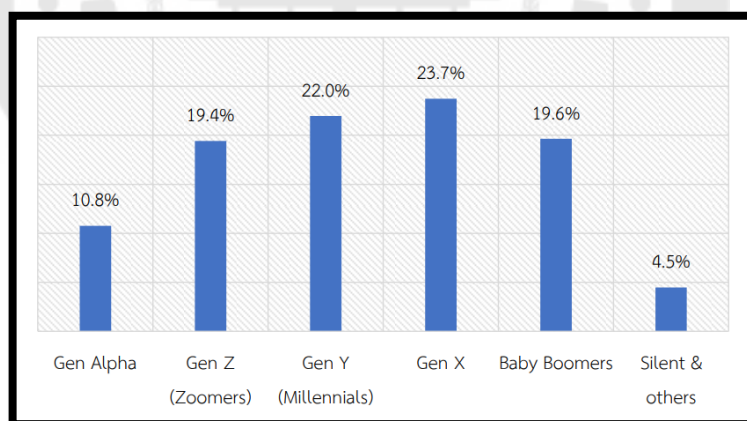
1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในอาหาร คือ การปรับอุณหภูมิ ความดัน หรือใช้สารเติมแต่งเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของวัตถุดิบ
2. การสร้างเนื้อสัมผัสที่แปลกใหม่ การใช้เทคนิคเช่น Spherification (การสร้างทรงกลมเจลที่ภายในยังคงเป็นของเหลว) เพื่อสร้างรสชาติและสัมผัสใหม่ เช่น คาร์เวียร์จากน้ำผลไม้
3. การปรับรสชาติและกลิ่น การเพิ่มกลิ่นหรือรสผ่านการใช้เทคนิค เช่น Foaming (โฟม) หรือ Infusion (การแช่วัตถุดิบในของเหลวเพื่อดึงรสชาติออกมา)

ประโยชน์และความสำคัญของอาหารโมเลกุล

1. สร้างประสบการณ์การรับประทานใหม่ ผู้บริโภคได้รับประสบการณ์ที่เหนือความคาดหมาย เช่น การรับรู้รสชาติที่เปลี่ยนไปตามสัมผัส
2. เพิ่มมูลค่าให้อาหาร อาหารโมเลกุลมักมีการนำเสนอที่โดดเด่น ซึ่งช่วยเพิ่มมูลค่าในเชิงพาณิชย์
3. ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เป็นพื้นที่สำหรับนักวิทยาศาสตร์อาหารและเชฟในการทดลองสร้างนวัตกรรมใหม่

2.8 กลุ่มผู้บริโภคคนวัยทำงาน

กลุ่มผู้บริโภคคนวัยทำงาน ส่วนมากจะอยู่ในช่วงอายุประมาณ 28 - 50 ปี ซึ่งถ้าแบ่งเป็นช่วงจะเป็นช่วงของ Generation Y และ Generation X โดยพฤติกรรมของผู้บริโภคทั้ง 2 Generation นี้มีความเหมือนและความแตกต่างกันไปโดยทำการศึกษาพฤติกรรมแต่ละเจนดังนี้ (แสดงโครงสร้างของประชากรไทยในปี 2563 ตามภาพประกอบ 9)



ภาพประกอบ 9 โครงสร้างของประชากรไทยในปี 2563 (67 ล้านคน)

ที่มา: (สถาบันอาหาร, 2563)

ผู้บริโภคเจนเนอเรชัน Y (Generation Y consumer) หรือ Millennials เป็นผู้ที่เกิดในช่วง พ.ศ. 2524 - 2539 (ช่วงอายุ 28 - 43 ปี) เป็นกลุ่มที่คนที่เติบโตมาในยุคในการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัล ทำให้มีความเข้าใจและปรับตัวเข้ากับเทคโนโลยี และ IT ต่างๆ พฤติกรรมผู้บริโภคชอบช้

อปปีงออนไลน์ ชอบความเร็วและความสะดวกสบาย คน Gen Y ให้ความสำคัญกับความ
จริงใจ และความซื่อสัตย์ของแบรนด์ชัดเจน วิถีชีวิต ค่อนข้างเร่งรีบไม่ค่อยมีเวลาในการกินหรือ
บริโภคอาหารให้ครบ 5 หมู่ ทำให้ส่งผลต่อสุขภาพในระยะยาว ทำให้คนในเจนนี้เริ่มหันมาให้ความสำคัญเรื่องสุขภาพจิตและคุณภาพชีวิตที่ดีกันมากขึ้น เพราะมีถึงร้อยละ 41 ของคนกลุ่มนี้ มี
อาการเครียดสะสมตลอดเวลา (ไวซ์ไชท์, 2023) พวกเขาจึงพยายามหากิจกรรมที่ช่วยสร้างสมดุล
ในชีวิตและหลีกเลี่ยงความเครียด เช่น ออกกำลังกาย ฟิตเนส อาหารคลีน ท่องเที่ยว จึงต้องการผ่อน
คลายขอบบริการที่รวดเร็วเพื่อให้ตอบสนองต่อวิถีชีวิตในปัจจุบัน อีกทั้งคนเจนนี้กลุ่มคนที่ได้รับ
ผลกระทบเรื่องการทำงานมากที่สุดจากวิกฤตการณ์โควิด-19 ที่ผ่านมา ทำให้คนส่วนใหญ่เริ่มเป็น
ห่วงสุขภาพกันมากขึ้น

ผู้บริโภคเจนเอเรชั่น X (Generation X consumer) เป็นผู้ที่เกิดในช่วง พ.ศ. 2510 -
2523 (ช่วงอายุ 44 - 57 ปี) ผู้บริโภคกลุ่มนี้เป็นกลุ่มคนที่เกิดมาในยุคที่มีการแข่งขันทางด้าน
เศรษฐกิจสูง กำลังอยู่ในจุดที่เป็นกำลังหลักของครอบครัวและเติบโตมาพร้อมกับการพัฒนาของ
เทคโนโลยี ทำให้คน Gen นี้ค่อนข้างคุ้นเคยกับคอมพิวเตอร์ ปรับตัวเข้ากับสมาร์ทโฟนได้เป็นอย่างดี
ดี จะพิถีพิถันในการเลือกซื้อสินค้า ต้องศึกษาข้อมูลและรีวิวกจากผู้ใช้งานจริงเพื่อประกอบการตัดสินใจ
เน้นย้ำถึงคุณภาพ ความทนทาน และความคุ้มค่าของสินค้า พฤติกรรมผู้บริโภคออนไลน์หนักมาก
คนในเจนนี้เริ่มมีความ ใส่ใจสุขภาพและรูปร่าง มองหาผลิตภัณฑ์สุขภาพและวิตามิน และการดูแล
สุขภาพร่างกายมากขึ้นกว่าคน Gen Y เพราะเป็นวัยที่เริ่มเข้าสู่ช่วงวัยก่อนที่จะเป็นผู้สูงอายุ ตั้งแต่
เกิดวิกฤตการณ์โควิด-19 ผู้ที่อยู่ในช่วงอายุ 45 ปีขึ้นไป หรือคน Gen X มองหาผลิตภัณฑ์ที่ช่วย
เพิ่มภูมิต้านทานโรคมากขึ้น เช่น วิตามิน แคลเซียม ผลิตภัณฑ์พรีไบโอติกส์ (Prebiotics) ช่วย
บำรุงระบบทางเดินหายใจและการดูแลรูปร่าง ยอมลงทุนเพื่อให้ตัวเองมีสุขภาพที่ดีมากขึ้น (ไวซ์
ไชท์, 2023)

จากข้อมูลและพฤติกรรมดังกล่าว เราสามารถสรุปได้ว่าพฤติกรรมที่เหมือนและแตกต่าง
กันในการดูแลสุขภาพของทั้ง 2 เจเนอเรชั่น Y และ เจเนอเรชั่น X ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มเป็นผู้บริโภควัย
ทำงาน

2.8.1 พฤติกรรมด้านสุขภาพที่เหมือนกันระหว่าง Generation Y และ X

การใส่ใจสุขภาพเพิ่มขึ้นหลังวิกฤตการณ์โควิด-19 ทั้ง Generation Y และ X แสดง
พฤติกรรมการใส่ใจสุขภาพที่เพิ่มมากขึ้นหลังวิกฤตการณ์โควิด-19 โดยมีความตื่นตัวในการดูแล
สุขภาพร่างกายเพื่อป้องกันการเกิดโรคและเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แข็งแรงยิ่งขึ้น

การปรับตัวเข้ากับเทคโนโลยีเพื่อสุขภาพ

ทั้งสองกลุ่มมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการดูแลสุขภาพ เช่น การใช้สมาร์ทโฟน และอุปกรณ์ติดตามสุขภาพ ไม่ว่าจะเป็นการวัดก้าวเดิน อัตราการเต้นของหัวใจ หรือการจัดการข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคล นอกจากนี้ยังใช้เทคโนโลยีเพื่อเลือกซื้อผลิตภัณฑ์และบริการที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพอย่างสะดวกสบาย

พฤติกรรมเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

Generation Y และ X ให้ความสำคัญกับการเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่ตอบโจทย์การดูแลสุขภาพ เช่น การบริโภคอาหารคลีน การเสริมวิตามิน และการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่มีคุณภาพ เพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีและป้องกันโรคในระยะยาว

2.8.2 พฤติกรรมด้านสุขภาพที่แตกต่างกันระหว่าง Generation Y และ X

เหตุผลในการดูแลสุขภาพ

Generation Y หรือผู้ที่อยู่ในช่วงอายุ 28-43 ปี ให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพเพื่อสร้างสมดุลในชีวิตและลดความเครียดจากการทำงานและการใช้ชีวิตประจำวัน ในขณะที่ Generation X หรือผู้ที่มีอายุ 44-57 ปี มุ่งเน้นการป้องกันโรคและการดูแลสุขภาพในระยะยาว เพื่อลดความเสี่ยงจากโรคเรื้อรังและการเสื่อมสภาพของร่างกาย

การบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ

Gen Y นิยมการบริโภคอาหารคลีน พร้อมทั้งปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการกินให้เหมาะสมกับไลฟ์สไตล์ เช่น การลดน้ำตาลหรือการเลือกอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วน ในขณะที่ Gen X ให้ความสำคัญกับการเสริมสุขภาพผ่านผลิตภัณฑ์อาหารเสริม เช่น วิตามิน แคลเซียม และพรีไบโอติกส์ เพื่อช่วยดูแลสุขภาพในระยะยาว

กิจกรรมเพื่อสุขภาพ

สำหรับ Gen Y กิจกรรมออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมคือการออกกำลังกายที่ช่วยลดความเครียด เช่น การเล่นฟิตเนสและโยคะ ส่วน Gen X มุ่งเน้นกิจกรรมที่เสริมสุขภาพโดยตรง เช่น การเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน การดูแลสุขภาพระบบทางเดินหายใจ และการบำรุงร่างกายให้พร้อมรับมือกับวัยที่เปลี่ยนไป

ลักษณะการเลือกซื้อสินค้า

Generation Y ชื่นชอบความสะดวกสบายและความรวดเร็วในการซื้อสินค้า มักเลือกใช้บริการออนไลน์เพื่อประหยัดเวลา ในขณะที่ Generation X ให้ความสำคัญกับคุณภาพและความคุ้มค่า จึงมีความพิถีพิถันในการเลือกซื้อสินค้ามากกว่า

เป้าหมายสุขภาพ

Gen Y ให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพจิตและการปรับสมดุลชีวิตเพื่อรองรับความเครียดและความท้าทายในแต่ละวัน ขณะที่ Gen X มุ่งดูแลสุขภาพร่างกายเพื่อชะลอความเสื่อมสภาพ และรักษาคุณภาพชีวิตในระยะยาว

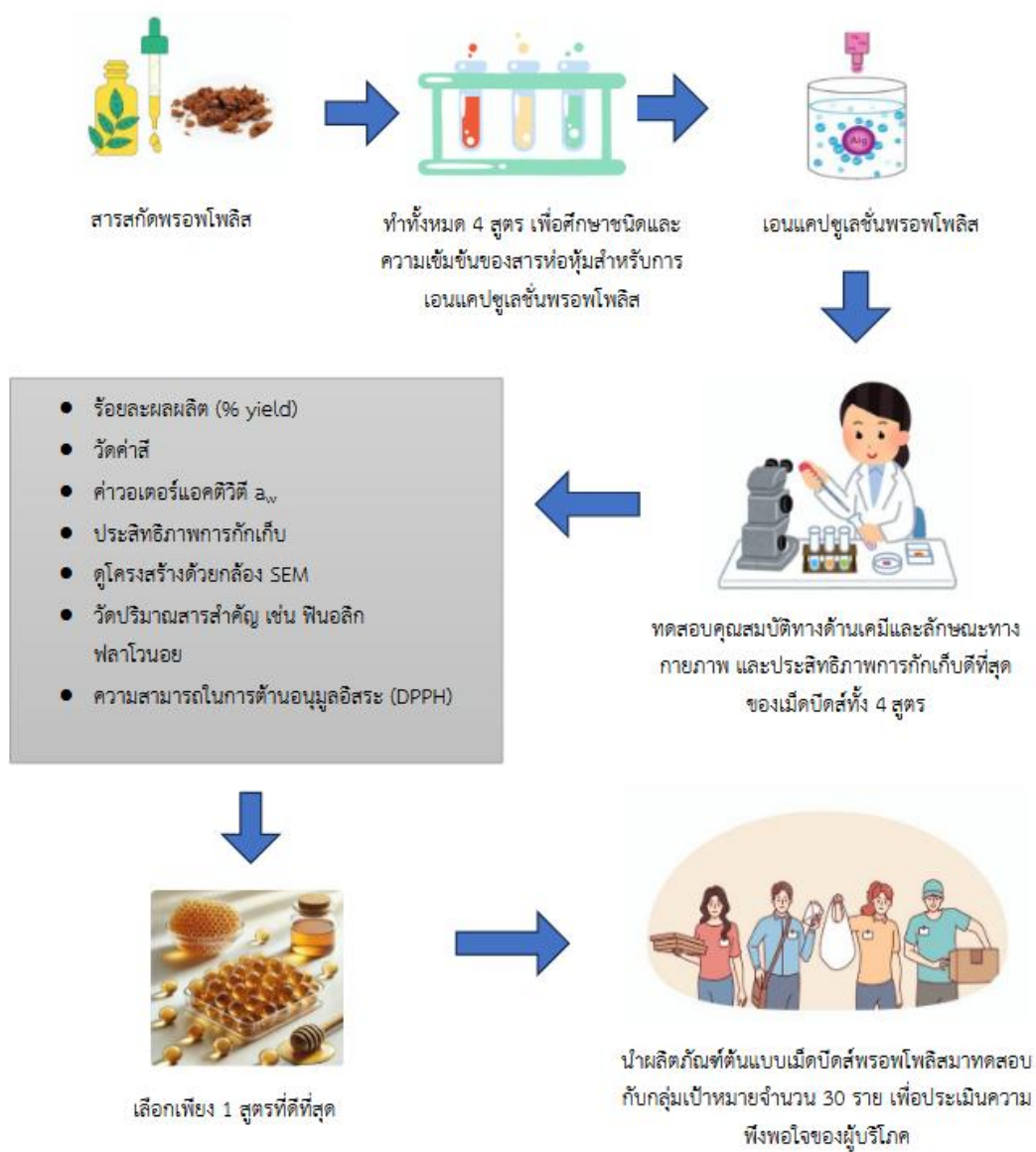
จากข้อมูลกล่าวโดยสรุปคือ Gen Y มุ่งเน้นการลดความเครียดและสร้างสมดุลในชีวิต พร้อมทั้งเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมกับไลฟ์สไตล์ที่เร่งรีบ ในส่วน Gen X ใส่ใจสุขภาพร่างกายเพื่อชะลอความเสื่อมของวัย เน้นความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์และการดูแลสุขภาพเชิงลึก

การพัฒนาลิขสิทธิ์ของคนทั้ง 2 เจนเป็นกลุ่มของวัยทำงานด้วยเหตุผลนี้คนในวัยนี้จึงให้ความสำคัญเกี่ยวกับสุขภาพกันมากขึ้นด้วยสถานการณ์โลกปัจจุบันที่กำลังเผชิญกับปัญหาสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศที่มีทั้ง ฝุ่น คาร์บอน และมลพิษทางอากาศ ส่งผลให้คนในกลุ่มนี้ต้องเจอกับเจ็บป่วย เช่น ภูมิแพ้กำเริบ อาการหวัด เจ็บคอ ระบายคอ อาการไอ ยิ่งทำให้ทราบว่าควรจะพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองโจทย์กลุ่มนี้ต้อง เจาะกลุ่มผลิตภัณฑ์สุขภาพเป็นหลัก อีกทั้งต้องทำให้ผู้บริโภคมั่นใจได้ว่าคุณค่าของสินค้าและบริการที่จะได้รับมันคุ้มค่าที่จะจ่ายและดีจริง ต้องงานและสะดวกรวดเร็วในการใช้บริการ

จากข้อมูลกล่าวโดยสรุปคือ Gen Y มุ่งเน้นการลดความเครียดและสร้างสมดุลในชีวิต พร้อมทั้งเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมกับไลฟ์สไตล์ที่เร่งรีบ ในส่วน Gen X ใส่ใจสุขภาพร่างกายเพื่อชะลอความเสื่อมของวัย เน้นความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์และการดูแลสุขภาพเชิงลึก

การพัฒนาลิขสิทธิ์ของคนทั้ง 2 เจนเป็นกลุ่มของวัยทำงานด้วยเหตุผลนี้คนในวัยนี้จึงให้ความสำคัญเกี่ยวกับสุขภาพกันมากขึ้นด้วยสถานการณ์โลกปัจจุบันที่กำลังเผชิญกับปัญหาสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศที่มีทั้ง ฝุ่น คาร์บอน และมลพิษทางอากาศ ส่งผลให้คนในกลุ่มนี้ต้องเจอกับเจ็บป่วย เช่น ภูมิแพ้กำเริบ อาการหวัด เจ็บคอ ระบายคอ อาการไอ ยิ่งทำให้ทราบว่าควรจะพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองโจทย์กลุ่มนี้ต้อง เจาะกลุ่มผลิตภัณฑ์สุขภาพเป็นหลัก อีกทั้งต้องทำให้ผู้บริโภคมั่นใจได้ว่าคุณค่าของสินค้าและบริการที่จะได้รับมันคุ้มค่าที่จะจ่ายและดีจริง ต้องงานและสะดวกรวดเร็วในการใช้บริการ

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย



ภาพประกอบ 10 กรอบแนวคิดโครงการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 ตัวอย่างสารสกัดพอฟโฟลิส ชนิดผงที่ใช้ในการศึกษานี้ได้มาจากบริษัท Chanjao Longevity Co., Ltd. (กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย) วัตถุดิบอาหาร food grade
- 3.1.2 น้ำผึ้ง จากบริษัท เวชพงศ์มาร์เก็ตติ้ง จำกัด

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.2.1 หัวบีบหรือหัวฉีด (Syringe or Dropper) ขนาด 10 มิลลิลิตร
- 3.2.2 เครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)
- 3.2.3 กระชอนหรือกระดาษกรอง (Strainer or Filter Paper)
- 3.2.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Mettler Toledo, ME Precision ME303)
- 3.2.5 เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของสาร (ultra violet -visible spectrophotometer, UV-VIS)
- 3.2.6 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy, SEM)
- 3.2.7 อุปกรณ์และเครื่องแก้ว food grade
- 3.2.8 อุปกรณ์เครื่องครัว
- 3.2.9 เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer)
- 3.2.10 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge)

3.3 สารเคมี

- 3.3.1 วัตถุดิบอาหาร (food grade)
 - 3.3.1.1 โซเดียมอัลจิเนต (Sodium Alginate)
 - 3.3.1.2 แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium Chloride)
 - 3.3.1.3 เจลาติน (Gelatin)
 - 3.3.1.4 กัมอารบิก (Gum Arabic)
 - 3.3.1.5 สเปียร์มินต์ (Spearmint)
 - 3.3.1.6 คาราจีแนน (Caragenan)
 - 3.3.1.7 ผงบุก
 - 3.3.1.8 Citric acid

3.3.2 สารเคมีเกรดวิเคราะห์ (analytical grade)

3.3.2.1 อะลูมิเนียมคลอไรด์ AlCl_3 (analytical grade)

3.3.2.2 สารละลาย DPPH (analytical grade)

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของกลุ่มผู้บริโภคในวัยทำงานช่วงอายุ 28 - 50 ปี เพื่อนำไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์ มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์พรอพโพลิสเพื่อให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค และศึกษาคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดและวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.4.1 ศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของกลุ่มเป้าหมาย

3.4.1.1 การศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคด้วยวิธีการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative research)

การใช้เทคนิคการสัมภาษณ์แบบเชิงลึกรายบุคคล (In-depth interview) การค้นหาความต้องการเชิงลึกของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์พรอพโพลิส ด้วยเทคนิคการสัมภาษณ์เชิงลึกรายบุคคล (In-depth interview) จะใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็น โดยมีหัวข้อคำถามเพื่อให้ทราบข้อมูลทั่วไป ทัศนคติ ประสิทธิภาพ และพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์จากพรอพโพลิส ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ และข้อเสนอแนะหรือสิ่งที่อยากให้อัปเกรดเพิ่มเติม โดยเก็บข้อมูลจาก วัยทำงานกลุ่มผู้บริโภค Gen Y และ Gen X (อายุ 28 - 50 ปี) จำนวน 6 - 12 คน การเก็บข้อมูลใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึก ระหว่างการสนทนา และนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ต่อไป

3.4.2 ศึกษาการเอนแคปซูเลชันพรอพโพลิส

3.4.2.1 การเอนแคปซูเลชันพรอพโพลิส

ศึกษาปัจจัยความเข้มข้นของไซโตสเตียมอัลจินตที่มีผลต่อความคงตัวของเม็ดบีดส์

ตาราง 2 ความเข้มข้นของไซโตสเตียมอัลจินตที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเม็ดบีดส์

การทดลอง	อัลจินต (%w/v)	พรอพโพลิส (%v/v)	แคลเซียมคลอไรด์ (%w/v)
1	1.0	5.0	1.0
2	2.0	5.0	1.0

จากตาราง 2 เมื่อทำการทดลองจะได้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตที่เหมาะสมการขึ้นรูปเม็ดปิดส์ เลือกมา 1 ค่าความเข้มข้น จากนั้นนำมาทดสอบตามตาราง 3 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต เจลาติน กัมอาราบิก และระยะเวลาในการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ดังสูตรที่ใช้ในการศึกษา ตามตาราง 3

ตาราง 3 สัดส่วนของสารให้ความคงตัวและระยะเวลาในการขึ้นรูปเม็ดปิดส์

สูตร	เจลาติน (%w/v)	กัมอารา (%w/v)	พวพโฟลิส (%v/v)	น้ำผึ้ง (%v/v)	สเปียร์มินต์ (%v/v)	ระยะเวลาในการแช่ สารละลาย CaCl ₂ (นาท)	
1	0.5	-	5.0	2.0	1.0	5	10
2	1.0	-	5.0	2.0	1.0	5	10
3	-	0.5	5.0	2.0	1.0	5	10
4	-	1.0	5.0	2.0	1.0	5	10

ขั้นตอนในการเอนแคปซูเลชันพวพโฟลิสเพื่อให้เป็นเม็ดปิดส์ดัดแปลงจากวิธีของ (Jirayu Musika et al., 2020) มีดังนี้

- 1.เตรียมสารละลายโซเดียมอัลจิเนต
ละลายโซเดียมอัลจิเนตในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ความเข้มข้นประมาณ 1, 2 % (w/v) (1, 2 กรัมต่อน้ำ 100 มล.) คนให้สารละลายเข้ากันดีด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก 1-2 ชั่วโมงจนได้สารละลายที่มีความหนืดสม่ำเสมอ
- 2.เตรียมสารละลายสำหรับเพิ่มความคงตัว ได้แก่ เจลาตินและกัมอาราบิก
ละลายสำหรับเพิ่มความคงตัว ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ความเข้มข้น 0.5, 1% (w/v) (0.5, 1 กรัมต่อน้ำ 100 มล.) คนให้สารละลายเข้ากันดีด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก 1-2 ชั่วโมงจนได้สารละลายที่มีความหนืดสม่ำเสมอ
- 3.ผสมสารละลายในข้อ 1 และ 2 เข้าด้วยกันและเติม สารสกัดพวพโฟลิส 5 % น้ำผึ้ง 2 % สเปียร์มินต์ 1% คนให้เข้ากันดีจนสารสกัดกระจายตัวสม่ำเสมอ
- 4.จากนั้นเตรียมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใช้ดรอปปเปอร์ดูดสารละลายในข้อ 3 แต่ละความเข้มข้น เพื่อให้เกิดเจลที่มีลักษณะ เป็นทรงกลม ซึ่งจะทำให้สารละลายจับตัวกันเป็นเจลปล่อยให้เม็ดปิดส์เจลดั้งตัวในสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ที่เวลา 5, 10 นาที เพื่อให้เจลมีความคงตัวเย้าเบาๆ หลังจากนั้นนำเม็ดปิดส์ที่ได้ล้าง ด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง เก็บรักษาตัวอย่างในภาชนะบรรจุ น้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 5±2 องศา

เซลเซียส ทำการเก็บเป็นเวลา 5 วัน เพื่อให้ระบบเข้าสู่ สภาวะสมดุล (Equilibration) และเพื่อให้กระบวนการ การเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล (Cross-linking) เป็นไปอย่างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเสถียรของโครงสร้างเมดปีดส์ จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพ โดยนำตัวอย่างเมดปีดส์ทั้ง 3 ความเข้มข้นมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และชีวภาพ

3.4.3 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเมดปีดส์พรอพโพลิส

3.4.3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเมดปีดส์พรอพโพลิส

1. การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetry ดัดแปลงจากวิธีของ (Mouhoubi-Tafinine, Ouchemoukh, & Tamendjari, 2016)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมใช้สารควอซิทินเป็นสารมาตรฐาน โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นที่ 40 ไมโครกรัมต่อลิตร จากนั้นเจือจางให้ได้ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 1.25 2.5 20 30 และ 50 ไมโครกรัม ต่อมิลลิลิตร ในตัวทำละลายเอทานอล และเตรียมสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในตัวทำละลายเอทานอล ในการทดสอบเติมสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยมวลต่อปริมาตร ในน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายมาตรฐานหรือสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร จากนั้น เก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 437 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer และบันทึกผลแต่ละตัวอย่างจะถูกทดสอบซ้ำ 3 ครั้งและรายงานผลให้อยู่ในรูปมิลลิกรัมควอซิทินเทียบเท่า 100 กรัม ของสารสกัด (mg QE/100g extract) โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน คำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ดัดแปลงจากวิธีของ (Mouhoubi-Tafinine et al., 2016)

ในการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวมใช้สารกรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน โดยเตรียมสารละลายมาตรฐาน ความเข้มข้นที่ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในตัวทำละลายเอทานอลเจือจางให้ได้ความเข้มข้นต่างๆได้แก่ 6.25 12.5 25 50 และ 75 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในตัวทำละลายเอทานอล และเตรียมสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในตัวทำละลายเอทานอลในการทดสอบเติมสารละลายฟอลิน ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตรผสมกับสารละลายตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐาน ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้น เติม

2.5 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร ในน้ำปราศจากไอออน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตรด้วยเครื่อง UV vis spectrophotometer และ บันทึกผลแต่ละตัวอย่างจะถูกทดสอบซ้ำ 3 ครั้งและรายงานผลให้อยู่ในรูปมิลลิกรัมกรดแกลลิกเทียบเท่า 100 กรัม ของ สารสกัด (mg GAE/100g extract) โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานและคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

3. การศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ดัดแปลงจากวิธีของ (Kumazawa et al., 2007)

นำผงของสารสกัดที่ได้มาละลาย 70% เอทานอล โดยมีความเข้มข้นที่ต่างกัน นำสารสกัดปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมสารละลาย DPPH ที่มีความเข้มข้น 300 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร และเติม 70% เอทานอล ปริมาตร 2.4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ในที่ไม่มีแสง เมื่อครบเวลา นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการบันทึกผล โดยใช้ α -tocopherol และ ascorbic acid ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ เป็น positive control นำค่าที่ได้มาคิดเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระได้ และ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ

4. ประสิทธิภาพของการกักเก็บ (Encapsulation efficiency)

ประสิทธิภาพการกักเก็บสารสำคัญ (Encapsulation efficiency, EE) ดัดแปลงตามวิธีของ (Ratanasirawat, 2017) คือร้อยละของสารประกอบฟีนอลิกที่ถูกกักเก็บไว้ในเม็ดยาเม็ดปิดสฟรอฟโพลิส โดยการนำปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content: TPC) ในเม็ดยาเม็ดปิดสฟรอฟโพลิส และปริมาณฟีนอลิกที่ผิวเม็ดยาเม็ดปิดสฟรอฟโพลิส (Surface Phenolic Content: SPC) เพื่อนำมาคำนวณสัดส่วนของสารฟีนอลิกที่ถูกห่อหุ้มภายในเม็ดยาเม็ดปิดสฟรอฟโพลิส ในทำนองเดียวกัน ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมทั้งหมด (Total Flavonoid Content: TFC) และปริมาณฟลาโวนอยด์บนผิวเม็ดยาเม็ด (Surface Flavonoid Content: SFC) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการห่อหุ้มของฟลาโวนอยด์ ที่สกัดได้คำนวณตามสมการที่ (1) และ(2)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ดำเนินการดังนี้

ในการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก (TPC) และฟลาโวนอยด์ (TFC) ทั้งหมดในเม็ดยาเม็ดปิดสฟรอฟโพลิส โดยนำเม็ดยาเม็ดปิดสฟรอฟโพลิสปริมาณ 1 กรัม เติมน้ำทำละลาย 10 มิลลิลิตร (ตัวทำละลายในอัตราส่วน 50 : 8 : 42 ประกอบด้วย เอทานอล กรดอะซิติกและน้ำกลั่น) ทำการ

กวนบนเครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer) เป็นเวลา 1 นาที นำไปใส่เครื่องปั่นเหวี่ยงเป็น เวลา 15 นาที ที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที จากนั้นนำส่วนที่เป็นของเหลวไปวิเคราะห์หาปริมาณ กลุ่มสารฟีนอลิก (TPC) และฟลาโวนอยด์ (TFC) ทั้งหมดในเมตบีดส์พรอพโพลิส

การหาปริมาณฟีนอลิก (SPC) และฟลาโวนอยด์ (SFC) ที่ผิวเมตบีดส์พรอพโพลิส ได้ทำการดัดแปลงตามวิธีของ (T. Swain, 1959) โดยนำเมตบีดส์พรอพโพลิส ปริมาณ 1 กรัม เติมตัวทำละลาย 10 มิลลิลิตร (ตัวทำละลายประกอบด้วยเมทานอล และเอทานอล ใน อัตราส่วน 1 ต่อ 1) เพื่อทำลายโครงสร้างไมเมตบีดส์พรอพโพลิสทำการผสมสารตัวอย่างด้วยเครื่อง ผสมสารละลาย (Vortex mixer) เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปใส่เครื่องปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 15 นาที ที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที และแยกส่วนที่เป็นของแข็งออกด้วยตัวกรองขนาด 0.45 ไมครอน จากนั้นนำส่วนที่เป็นของเหลวไปวิเคราะห์หาปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิก (SPC) และฟลาโวนอยด์ (SFC) ที่ผิวเมตบีดส์พรอพโพลิส

$$\text{Encapsulation efficiency \%} = [(TPC - SPC) / TPC] \quad (1)$$

$$\text{Encapsulation efficiency \%} = [(TFC - SFC) / TFC] \quad (2)$$

5. วิเคราะห์ลักษณะของเมตบีดส์พรอพโพลิส

ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy, SEM) โดยทำการดัดแปลงตามวิธีของ (ถาวรจิรา, 2554)

1. นำตัวอย่างเมตบีดส์พรอพโพลิสที่เก็บไว้ Fixed ด้วย 1% osmium tetroxide ใน 0.1 M PBS, pH 7.4 ที่ 4°C นาน 2 hrs.
2. ล้างด้วย 0.1M PBS, pH 7.4 ที่ 4°C 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที
3. Dehydrated ด้วย ethyl alcohol (70%, 80%, 90%, 95% 2 ครั้ง และ 100% 2 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที ตามลำดับ)
4. นำไปตัวอย่างไปอบให้แห้ง
5. ติดตัวอย่างบน stub + เคลือบด้วยโลหะหนัก

6. วัดค่าสี

โดยใช้เครื่อง Hunter Lab ได้แก่ ค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และ b* (+ หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน)

7. วัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity; a_w)

ทำการวัดปริมาณน้ำอิสระในตัวอย่างโดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี

8. วัดค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ (% yield)

ทำการนำตัวอย่างที่ได้ไปวัดเพื่อหาค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ ตามสมการที่ (3)

$$\text{ร้อยละผลผลิตที่ได้ (\% yield)} = (M_0 / M_1) \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ M_0 = น้ำหนักแคปซูลที่ได้

M_1 = น้ำหนักของแข็งทั้งหมดที่ใช้กักเก็บ

9. วัดขนาด

วัดขนาด นำตัวอย่างเม็ดบีดส์แต่ละความเข้มข้นมา 3 เม็ด วัดขนาดของเม็ดบีดส์ทีละตัวอย่าง โดยใช้ Vernier caliper แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยด้านยาว ด้านสั้น และอัตราส่วนระหว่างด้านยาวและด้านสั้น (Ratio) เพื่อดูความกลมของเม็ดบีดส์ โดยค่าอัตราส่วนจะมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเม็ดบีดส์มีความกลมมาก

10. วัดค่าความแข็ง

การวัดความแข็งของเม็ดบีดส์ดัดแปลงจาก Belscak-Cvitanovic นำเม็ดบีดส์แต่ละตัวอย่างมา 5 เม็ด ที่ผ่านการแช่น้ำกลั่นเช่นเดียวกับการทดสอบการบวมน้ำ มาวัดค่าความแข็งโดยใช้ เครื่อง texture analyzer ใช้หัววัด P/0.5 ที่อุณหภูมิห้องกำหนดค่า pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 10.0 mm/s, trigger force 5 g, 95 % strain โดยทดลอง 3 ซ้ำ

3.4.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์เพื่อให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

นำเม็ดบีดส์ที่พัฒนามาจากสูตรที่ดีที่สุดเพียง 1 สูตร โดยเลือกจากผลทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ที่มีคุณสมบัติในการคงตัวและมีความสามารถในการกักเก็บสารสำคัญไว้ได้มากที่สุด จากนั้นได้เป็นผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์พรอฟโฟลิสส์สำหรับผู้บริโภคทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) โดยจัดทำเป็นแบบสอบถามสำหรับผู้เข้าร่วมทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส จำนวน 30 คน การประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ Self-Assessment ใช้แบบทดสอบ 9 – point hedonic scale ระดับคะแนน 1-9 โดย 1 คือไม่

ชอบมากที่สุด และ 9 คือชอบมากที่สุด เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเมดปิดส์พรอพโพลิส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภค

โดยวิธีการเก็บข้อมูลทางประสาทสัมผัส

1. ก่อนทำการชิมให้ผู้ทดสอบกลืนน้ำเปล่าและให้ชิมอาหารคาว เช่น ปลาแห้ง หลังจากนั้น 2 นาที ให้ผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เมดปิดส์พรอพโพลิส โดยให้ผู้ทดสอบประเมินความรู้สึกก่อนและหลังการชิมผลิตภัณฑ์เมดปิดส์พรอพโพลิสเริ่มรู้สึกเมื่อไหร่และหมดความรู้สึกภายในช่องปากเมื่อไหร่
2. ให้ผู้ทดสอบมีการทำแบบประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ Self-Assessment ใช้แบบทดสอบ 9 – point hedonic scale ระดับคะแนน 1-9 โดย 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือชอบมากที่สุด

3.4.5 Business Model Canvas

การวางแผนและวิเคราะห์รูปแบบธุรกิจ (Business Model Canvas : BMC) ใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางธุรกิจของผลิตภัณฑ์เจลลี่พร้อมดื่มผสมเมดปิดส์พรอพโพลิส โดยทำการอ้างอิงแนวคิดของ Alexander Osterwalder ประกอบด้วย 9 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ กลุ่มลูกค้า (Customer Segments), คุณค่าเสนอ (Value Propositions), ช่องทาง (Channels), ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer Relationships) และกระแสรายได้ (Revenue Streams) รวมถึง ทรัพยากรหลัก (Key Resources), กิจกรรมหลัก (Key Activities), พันธมิตรหลัก (Key Partnerships) และโครงสร้างต้นทุน (Cost Structure) เพื่อช่วยให้ธุรกิจสร้างคุณค่าและเติบโตอย่างยั่งยืน.

3.4.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการทดสอบทางกายภาพและเคมี สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดสอบแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Duncan's multiple range test เพื่อเปรียบเทียบค่าตัวแปรของแต่ละ treatment และใช้ T-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของกลุ่มเป้าหมาย

4.1.1 ผลการศึกษาการศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคการ สัมภาษณ์เชิงลึก

การศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคด้วยวิธีการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการสัมภาษณ์แบบเชิงลึกรายบุคคล (In-depth interview) เพื่อค้นหาความต้องการเชิงลึกของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากพรอพโพลิส โดยมีหัวข้อคำถามเพื่อให้ทราบถึงข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมการบริโภคพรอพโพลิส ทัศนคติและการตัดสินใจเลือกซื้อพรอพโพลิส และข้อเสนอแนะ โดยเก็บข้อมูลจาก กลุ่มวัยทำงาน ช่วงอายุ 28-50 ปี จำนวน 12 คน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของ (Guest, Bunce, & Johnson, 2006) ที่ระบุว่า การสัมภาษณ์จำนวนระหว่าง 6-12 คนสามารถให้ข้อมูลที่ครอบคลุมและเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ โดยเฉพาะในกรณีที่กลุ่มเป้าหมายมีลักษณะเฉพาะและเน้นการวิเคราะห์เชิงลึก

ตาราง 4 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไป		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	4	33.0
	หญิง	8	67.0
อายุ	28-37	6	50.0
	38-50	6	50.0
ภูมิลำเนา	ภาคกลาง	10	83.0
	ภาคใต้	1	8.5
	ภาคตะวันออก	1	8.5
อาชีพ	พนักงานบริษัทเอกชน	6	50.0
	พนักงาน/ข้าราชการ	5	42.0
	ธุรกิจส่วนตัว	1	8.0

ในตารางที่ 4 จากการศึกษา พฤติกรรมการบริโภคพรอพโพลิส ของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความรู้จักและคุ้นเคยกับพรอพโพลิส โดยร้อยละ 100 ระบุว่าเคยได้ยินหรือรู้จักผลิตภัณฑ์พรอพโพลิส และในจำนวนนี้มีมากถึงร้อยละ 92 ที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์พรอพโพลิส มาก่อน สะท้อนให้เห็นว่าพรอพโพลิสเป็นผลิตภัณฑ์ที่เริ่มได้รับความสนใจและยอมรับใน

กลุ่มผู้บริโภค สำหรับรูปแบบของผลิตภัณฑ์พรอพโพลิสที่ผู้บริโภคเคยใช้มากที่สุดคือ สเปรย์สำหรับลำคอ ซึ่งมีอัตราการใช้งานสูงถึงร้อยละ 83 ขณะที่อีกร้อยละ 17 เคยบริโภคในรูปแบบของยาสีฟันหรือน้ำยาบ้วนปาก โดยรูปแบบสเปรย์ได้รับความนิยมเนื่องจากมีความสะดวกในการใช้งาน พกพาง่าย และสามารถออกฤทธิ์เฉพาะจุดได้ดี โดยเฉพาะในช่องปากและลำคอ เมื่อพิจารณาถึง แรงจูงใจที่ทำให้ผู้บริโภคเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พรอพโพลิส พบว่า เหตุผลสำคัญที่สุดคือความต้องการบรรเทาอาการเจ็บคอ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 58 รองลงมาคือ ความต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ (ร้อยละ 25) และการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่วางกาย (ร้อยละ 17) ปัจจัยเหล่านี้สะท้อนถึงแนวโน้มของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพและความปลอดภัยจากธรรมชาติมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ จากข้อมูลยังพบว่า ผู้บริโภคมีความสนใจในผลิตภัณฑ์พรอพโพลิสในรูปแบบต่าง ๆ โดย ร้อยละ 50 ให้ความสนใจในรูปแบบยาอมหรือสเปรย์พ่นคอ ซึ่งเป็นรูปแบบที่คุ้นเคยและใช้งานง่าย ขณะที่อีกร้อยละ 50 สนใจใน ผลิตภัณฑ์พรอพโพลิสที่สามารถผสมในอาหารหรือเครื่องดื่ม ซึ่งสะท้อนถึงความต้องการผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างสะดวกและหลากหลายมากยิ่งขึ้น

จากข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์พรอพโพลิสได้ว่า ควรมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาในรูปแบบที่ผู้บริโภคนิยม ได้แก่ ยาอมหรือสเปรย์พ่นคอ ควบคู่กับการออกแบบผลิตภัณฑ์ผสมในอาหารหรือเครื่องดื่มเพื่อเพิ่มทางเลือกใหม่ พร้อมทั้งสื่อสารคุณสมบัติที่โดดเด่นของพรอพโพลิส เช่น การต้านการอักเสบ เสริมภูมิคุ้มกัน และเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เพื่อสร้างความมั่นใจและขยายฐานผู้บริโภคในวงกว้างยิ่งขึ้น

ตาราง 5 พฤติกรรมการบริโภคพรอพโพลิส

พฤติกรรมการบริโภคพรอพโพลิส	จำนวน (คน)	ร้อยละ
รู้จักพรอพโพลิสหรือไม่		
รู้จัก	12	100.0
ไม่รู้จัก	0	0.0
เคยบริโภคพรอพโพลิสหรือไม่		
เคย	12	92.0
ไม่เคย	1	8.0
ท่านบริโภคพรอพโพลิสรูปแบบใด		
สเปรย์สำหรับลำคอ	10	83.0
ยาสีฟันน้ำยาบ้วนปาก	2	17.0

ตาราง 5 พฤติกรรมการบริโภคพรอพโพลิส (ต่อ)

พฤติกรรมการบริโภคพรอพโพลิส	จำนวน (คน)	ร้อยละ
สาเหตุที่เลือกบริโภคพรอพโพลิส		
เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน	2	17.0
บรรเทาอาการเจ็บคอ	7	58.0
เป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ	3	25.0
รูปแบบผลิตภัณฑ์พรอพโพลิสที่สนใจ		
แบบผสมในเครื่องดื่ม/อาหาร	6	50.0
ยาอม/สเปรย์พ่นคอ	6	50.0

จากการศึกษาในตารางที่ 5 เรื่อง ทศนคติและการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์พรอพโพลิส พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความเชื่อมั่นในประสิทธิภาพของพรอพโพลิสในระดับสูง โดยมากถึงร้อยละ 58 เชื่อว่าผลิตภัณฑ์พรอพโพลิสมีประสิทธิภาพจริง ทั้งนี้ ความถี่ในการบริโภคมักเกิดขึ้นเมื่อมีอาการเจ็บป่วย เช่น เจ็บคอหรือเจ็บปาก โดยไม่ได้บริโภคเป็นประจำหรือเชิงป้องกัน ในด้านปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์พรอพโพลิส พบว่า กลุ่มผู้บริโภคให้ความสำคัญกับ คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ เป็นลำดับแรก คิดเป็นร้อยละ 33 รองลงมาคือปัจจัยด้าน ราคา และ ส่วนผสมจากธรรมชาติ ซึ่งมีสัดส่วนเท่ากันที่ร้อยละ 25 สะท้อนให้เห็นว่าผู้บริโภคยังให้ความสำคัญกับคุณภาพและแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ยังมี ปัญหาบางประการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและการตัดสินใจซื้อ โดยเฉพาะเรื่อง รสชาติที่ไม่ดี และ ทางเลือกของผลิตภัณฑ์ที่มีจำกัด ซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคบางส่วนรู้สึกลังเลหรือลดความถี่ในการบริโภค

แม้จะมีข้อจำกัดบางประการ แต่ภาพรวมของผู้ใช้พรอพโพลิสยังถือว่าเป็นบวก เพราะกว่า ร้อยละ 67 เคยแนะนำผลิตภัณฑ์พรอพโพลิสให้ผู้อื่น แสดงถึงระดับความพึงพอใจและความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ที่เพียงพอต่อการบอกต่อและแนะนำต่อไปในวงกว้าง

ตาราง 6 ทศนคติและการตัดสินใจเลือกซื้อ

ทศนคติและการตัดสินใจเลือกซื้อ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ท่านเชื่อมั่นในประสิทธิภาพของพรอพโพลิส		
มาก	7	58.0
ปานกลาง	5	42.0
ความถี่ในการบริโภค		
3-4 เดือนครั้ง	2	17.0
เฉพาะเมื่อมีอาการเจ็บป่วย	7	58.0
นานๆ ครั้ง	3	25.0
ท่านเคยแนะนำพรอพโพลิสให้ผู้อื่นหรือไม่		
เคย	8	67.0
ไม่เคย	4	33.0
ปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์พรอพโพลิส		
แบรนด์	2	17.0
ราคา	3	25.0
ส่วนผสมจากธรรมชาติ	3	25.0
คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ แพทย์,เภสัช	4	33.0
ปัญหาที่ท่านพบหลังจากใช้พรอพโพลิส		
รสชาติไม่ดี,ตัวเลือกผลิตภัณฑ์ไม่หลากหลาย	6	50.0
ไม่มีปัญหา	4	33.0
ราคาแพง	2	17.0

จากผลการสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มผู้บริโภคเกี่ยวกับความต้องการและข้อเสนอแนะต่อผลิตภัณฑ์พรอพโพลิสตารางที่ 6 พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มี ความหลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยมีสัดส่วนสูงถึง ร้อยละ 58 ขณะที่ ร้อยละ 42 ของผู้ตอบแบบสอบถามแสดงความต้องการให้ ปรับปรุงรสชาติ ของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับการบริโภคในชีวิตประจำวันและเพิ่มความน่าสนใจในการเลือกซื้อ ในด้านความคาดหวังต่อผลิตภัณฑ์พรอพโพลิสในอนาคต กลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ โดย ร้อยละ 50 ต้องการบริโภคพรอพโพลิสเพื่อ เสริมภูมิคุ้มกันและต้านทานโรค และอีก ร้อยละ 50 ต้องการให้ผลิตภัณฑ์พรอพโพลิสนั้น มีรสชาติที่อร่อยและให้

คุณค่าทางสุขภาพควบคู่กัน สะท้อนให้เห็นว่าผู้บริโภคในปัจจุบันมองหาแนวทางการบริโภคที่สมดุลระหว่างความอร่อยและประโยชน์ทางสุขภาพ

ตาราง 7 ความต้องการและข้อเสนอแนะ

ความต้องการและข้อเสนอแนะ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ท่านต้องการให้มีการพัฒนาพรอพโพลิสในด้านใดมากที่สุด		
มีตัวเลือกผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย	7	58.0
รสชาติดีขึ้น	5	42.0
ท่านมีความต้องการและความคาดหวังต่อผลิตภัณฑ์พรอพโพลิสอย่างไรในอนาคต		
ผลิตภัณฑ์สำหรับบริโภคเพื่อมีฤทธิ์เสริมภูมิและต้านทานโรค	6	50.0
ต้องการผลิตภัณฑ์ที่อร่อยและมีประโยชน์	6	50.0

4.2 ผลการศึกษาการเอนแคปซูเลชันพรอพโพลิส

4.2.1 ผลการศึกษาการเอนแคปซูเลชันพรอพโพลิส โดยศึกษาปัจจัยความเข้มข้นของไซเดียมอัลจิเนตที่มีผลต่อความคงตัวของเม็ดบีดส์

จากตารางที่ 8 พบว่าค่าร้อยละประสิทธิภาพการกักเก็บความเข้มข้นของไซเดียมอัลจิเนตที่ 1% มีประสิทธิภาพในการกักเก็บได้ 63.74 % ในขณะที่ความเข้มข้นของไซเดียมอัลจิเนตที่ 2 % มีประสิทธิภาพของการกักเก็บได้เพียง 29.12 % ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณของไซเดียมอัลจิเนตที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ทดสอบในสูตรต่างๆ คือที่ ไซเดียมอัลจิเนตที่ 1 % เนื่องจากไซเดียมอัลจิเนตที่ 2% ไม่เหมาะสมสาเหตุมาจากมีปริมาณสารมากเกินไป เพราะเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไซเดียมอัลจิเนต 2% ความหนืดของสารละลายจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้หยดของเหลวที่ฉีดลงใน CaCl_2 แข็งตัวช้า เกิดเม็ดบีดส์ขนาดใหญ่และไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตไม่คงที่สอดคล้องกับงานวิจัยของคุณ Muhammad Azam และคณะพบว่า ไซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 1–1.5% มีความเหมาะสมในการกักเก็บสารสำคัญมากกว่าความเข้มข้นที่สูงกว่า เช่น 2% เนื่องจากความหนืดที่สูงเกินไปส่งผลต่อรูปร่าง ความกลม และการเกิดการรวมตัวเป็นก้อนของเม็ดบีดส์ ซึ่งลดประสิทธิภาพการกักเก็บและความสามารถในการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์อย่างมีประสิทธิภาพ (Muhammad Azam, 2022) อีกทั้ง ไซเดียมอัลจิ

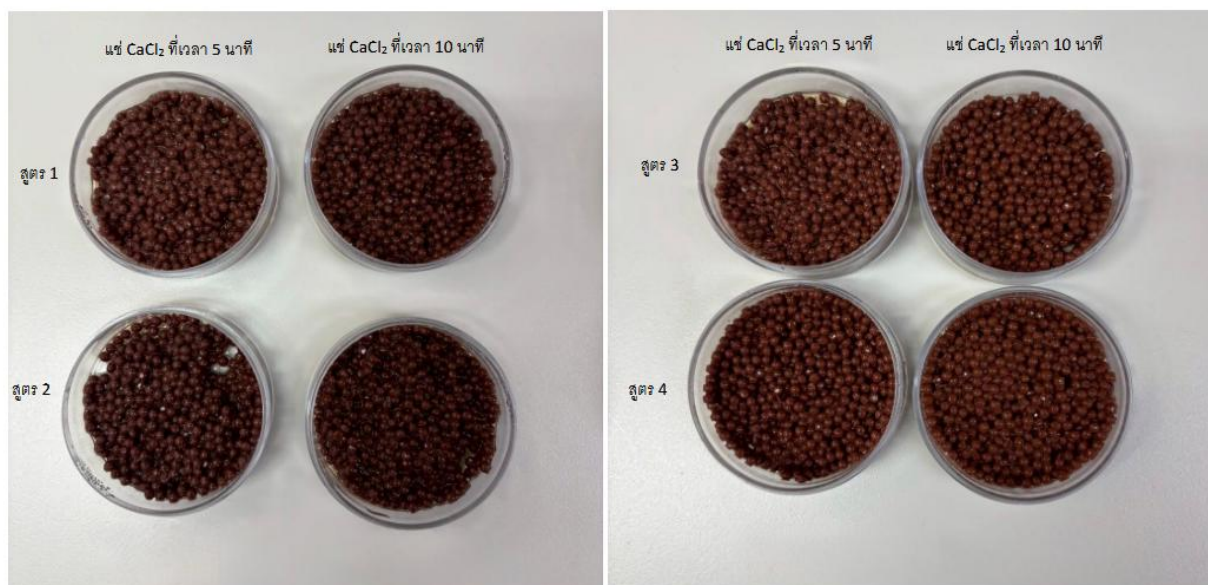
เนตความเข้มข้นสูงสามารถสร้างเมทริกซ์ที่แข็งแรงแต่กักตัวสารมากเกินไป ทำให้เม็ดบีดส์มีโครงสร้างหนาแน่นจนไม่สามารถปลดปล่อยสารสำคัญตามที่ต้องการได้ โดยความแข็งและความคงตัวจะลดประสิทธิภาพการปลดปล่อยสาร (Miastkowska, 2022)

จากผลการศึกษาความเข้มข้นของอัลจินตที่ 1 % ให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บได้สูง ดังนั้นทางผู้วิจัยต้องการเพิ่มความสามารถในการกักเก็บสารสำคัญให้มากขึ้นจึงทำการเลือกวัสดุห่อหุ้มชนิดที่ 2 ได้แก่ เจลาติน กัมอารบิก มาใช้เป็นวัสดุเพื่อเพิ่มความคงตัวและเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บสารสำคัญในเม็ดบีดส์พอร์พอลิสให้ดียิ่งขึ้น

ตาราง 8 แสดงร้อยละประสิทธิภาพการกักของโซเดียมอัลจินตที่ความเข้มข้นเหมาะสมในการขึ้นรูปเม็ดบีดส์

การทดลอง	โซเดียมอัลจินต (%w/v)	ประสิทธิภาพของการกักเก็บ (%)
1	1.0	63.74
2	2.0	29.12

หลังจากได้ผลค่าความเข้มข้นของโซเดียมอัลจินตที่ 1% เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับในการขึ้นรูปเม็ดบีดส์แล้วนั้น จากนั้นได้ทดสอบตามตาราง 3 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนความเข้มข้นของโซเดียมอัลจินต เจลาติน กัมอารบิก และระยะเวลาในการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ดังสูตรที่ใช้ในการศึกษา ผลการขึ้นรูปเม็ดบีดส์พอร์พอลิสเป็นไปตาม ภาพประกอบ 11 หลังจากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเม็ดบีดส์พอร์พอลิสต่อไป



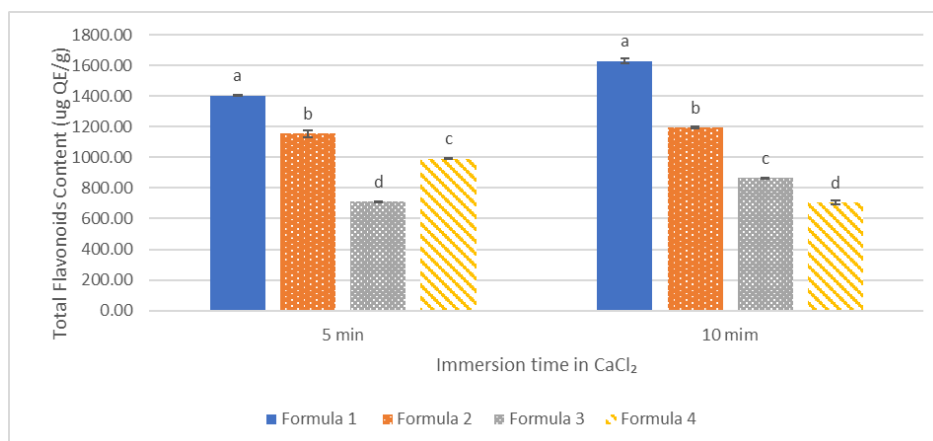
ภาพประกอบ 11 การขึ้นรูปเม็ดบีดส์พรอพโพลิสทั้งหมด 4 สูตร

4.3 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเม็ดบีดส์พรอพโพลิส

4.3.1. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ ดังภาพประกอบ 12 ผลการวัดค่าปริมาณฟลาโวนอยด์โดยรวมจากทั้ง 4 สูตร ที่ระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่เวลา 5 และ 10 นาที พบว่าสูตรที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุดคือสูตรที่ 1 ซึ่งแช่ใน CaCl_2 เป็นเวลา 10 นาที โดยมีความเข้มข้นของฟลาโวนอยด์รวมอยู่ที่ $1630.61 \mu\text{g QE/g}$ ขณะที่สูตรที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ต่ำสุดคือสูตรที่ 3 ซึ่งแช่ใน CaCl_2 เป็นเวลา 5 นาที โดยมีความเข้มข้นของฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ $1117.96 \mu\text{g QE/g}$ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสูตรที่ 1 (สัดส่วนแอลจินเต:เจลาติน = 1:0.5 แช่ใน CaCl_2 นาน 10 นาที) มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุดในบรรดาทุกสูตร แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของสารห่อหุ้มมีผลต่อประสิทธิภาพการกักเก็บสารออกฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่า เจลาตินมีหมู่แอมิโน ($-\text{NH}_2$) และหมู่ข้างแบบไม่มีขั้ว จึงสามารถจับและกักเก็บสารออกฤทธิ์ได้ทั้งแบบมีขั้ว (polar compounds) เช่น ฟลาโวนอยด์ และแบบไม่มีขั้ว (non-polar compounds) ได้ดี โดยจะเห็นว่าอัตราส่วนของสารห่อหุ้มนี้จะช่วยให้โครงสร้างเจลมีความพรุนและยืดหยุ่นสูง เพื่อต่อการดูดซึมและเก็บรักษาฟลาโวนอยด์ได้ดี (Patel, 2012) ขณะที่เจลาตินมีบทบาทสำคัญในการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับสารฟลาโวนอยด์ ช่วยเพิ่มความคงตัวของสารออกฤทธิ์ อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนเจลาตินที่สูงเกินไป (1:1) อาจทำให้โครงสร้างเจลหนาแน่นเกินไป จนลดประสิทธิภาพใน

การกักเก็บ (Wang, 2019) นอกจากนี้ การแช่ใน CaCl_2 นาน 10 นาที ยังช่วยเสริมการเกิด cross-linking ของอัลจิเนต ส่งผลให้โครงสร้างเจลมีความคงตัวและกักเก็บสารได้ดียิ่งขึ้น (Sreekumar, 2018) ซึ่งแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

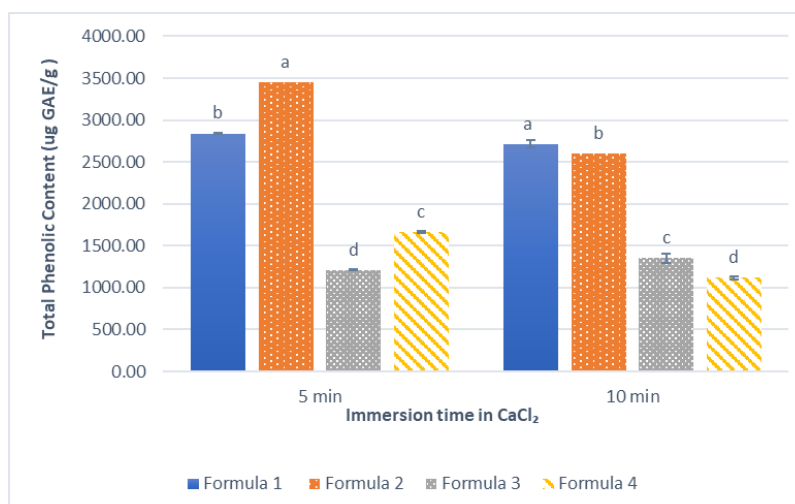


ภาพประกอบ 12 เปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่วัดได้ในการแช่สารละลาย CaCl_2 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ในทั้ง 4 สูตรการทดลอง

ตัวอักษร ^{a-d} ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิก ดังภาพประกอบ 13 ผลการวัดค่าปริมาณฟีนอลิกโดยรวมจากทั้ง 4 สูตร ที่ระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่เวลา 5 และ 10 นาที พบว่าปริมาณค่าฟีนอลิกสูงที่สุดอยู่ที่ สูตร 2 ที่ระยะเวลาการแช่ CaCl_2 ที่ 5 นาที มีความเข้มข้นของฟีนอลิกรวมทั้งหมด 3453.75 ug GAE/g และสูตรที่มีค่าปริมาณฟีนอลิกต่ำที่สุดอยู่ที่ สูตร 4 ที่ระยะเวลาการแช่ CaCl_2 ที่ 10 นาที มีความเข้มข้นของฟีนอลิกรวมทั้งหมด 1117.96 ug GAE/g เนื่องจากสูตรที่ 2 ซึ่งใช้เวลาในการ สร้างพันธะเชื่อมระหว่างโมเลกุล เพียง 5 นาที แสดงค่าปริมาณฟีนอลิกรวม (TPC) สูงที่สุดในบรรดาสูตรทั้งหมด เนื่องจากระยะเวลา สร้างพันธะเชื่อมระหว่างโมเลกุล ที่สั้น ช่วยลดการสูญเสียสารฟีนอลิกออกสู่สารละลายภายนอกระหว่างการก่อตัวของเม็ดบีดส์ โดยเฉพาะสารฟีนอลิกที่มีโมเลกุลเล็กและละลายน้ำได้ดี การ สร้างพันธะเชื่อมระหว่างโมเลกุล ที่นานเกินไปอาจทำให้สารออกฤทธิ์แพร่ออกไปมากขึ้น ขณะที่ระยะเวลาด้านช่วยจำกัดการสูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บภายในเม็ดบีดส์ ทั้งนี้ สอดคล้องกับรายงานของ (Ćorković, 2021) ที่ชี้ว่าการลดระยะเวลาสามารถสร้างพันธะเชื่อมระหว่างโมเลกุล สามารถเพิ่มการกักเก็บสารฟีนอลิกได้อย่างมีนัยสำคัญ.



ภาพประกอบ 13 เปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่วัดได้ในระหว่างการแช่สารละลาย CaCl_2 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ในทั้ง 4 สูตรการทดลอง

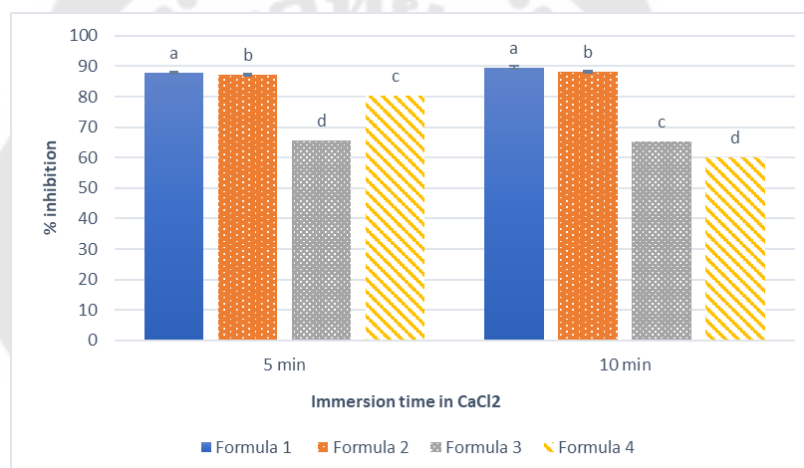
ตัวอักษร ^{a-d} ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3.3 การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

จากผลวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระ ดังภาพประกอบ 14 โดยรายงานเป็นค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ (% inhibition) ผลการวัดค่าการต้านอนุมูลอิสระจากทั้ง 4 สูตร ที่ระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่เวลา 5 และ 10 นาที พบว่าเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระของสูตร 1 ระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่เวลา 10 นาที มีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดถึงร้อยละ 89.56 และค่าต้านอนุมูลอิสระที่ต่ำที่สุดร้อยละ 60.07 อยู่ที่สูตรที่ 4 ที่ระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่เวลา 10 นาที จากข้อมูลสามารถสรุปได้ว่า สูตร 1 และ 2 ที่ระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่เวลา 5 และ 10 นาที ซึ่งมีส่วนประกอบของผนังเมดปิดส์เป็น อัลจิเนตและเจลาติน มีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตร 3 และ 4 โดยซึ่งมีส่วนประกอบของผนังเมดปิดส์เป็น อัลจิเนตและกัมอาราบิกโดยสอดคล้องกับงานวิจัย (Nooeaid, 2017) ที่อธิบายได้ว่า เจลาตินเป็นโปรตีนที่มีคุณสมบัติในการสร้างเจลและสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับสารฟีนอลิกได้ดี ซึ่งช่วยในการกักเก็บสารต้านอนุมูลอิสระภายในเมดปิด ในขณะที่กัมอาราบิกเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากยางไม้มีความสามารถในการสร้างเจลต่ำกว่าเจลาติน (Essifi, 2023) ส่งผลให้เมดปิดที่มีส่วนผสมของเจลาตินสามารถกักเก็บสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่า เนื่องจากการผสมระหว่างอัลจิเนต (พอลิแซ็กคาไรด์ที่มีขั้วสูง) กับเจลาติน (พอลิเมอร์โปรตีนแบบ amphiphilic) สามารถสร้างโครงสร้างเมดปิดส์ที่แข็งแรง หนาแน่น และมีความสามารถในการกักเก็บสารออกฤทธิ์ได้ดี ด้วยกลไกต่อไปนี้ พันธะไฮดรอนิก พันธะไฮโดรเจน พันธะโควาเลนต์แบบ Schiff base รวมถึงคุณสมบัติ amphiphilic ของเจลาติน ช่วยให้จับกับสารต้านอนุมูลอิสระทั้งชนิดที่มีขั้ว (เช่น สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์) และไม่มีขั้วได้ดี ลดการ

ร่วไหลออกจากโครงสร้างเมดปิดส์ โครงสร้างที่ได้จากการรวมกันของอัลจินต-เจลาตินจึงมี ความหนาแน่นสูง แข็งแรง และมีความสามารถในการกักเก็บสารต้านอนุมูลอิสระไว้ในเมดปิดส์ได้ดี ทำให้ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระสูง

ดังนั้นข้อมูลจากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่า โครงสร้างของวัสดุห่อหุ้มมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะความสามารถในการเกิดพันธะที่แข็งแรง ความเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ และลักษณะ polarity ของวัสดุ ซึ่งล้วนส่งผลต่อการควบคุมการแพร่รั่วของสารสำคัญสูตรที่ใช้อัลจินตร่วมกับเจลาตินจึงได้เปรียบอย่างชัดเจน ทั้งในแง่ของกลไกทางโครงสร้าง ความสามารถในการกักเก็บสารออกฤทธิ์ที่มีขั้ว และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่า ส่งผลให้เหมาะสมสำหรับการพัฒนาในผลิตภัณฑ์ชีวเภสัชภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์สุขภาพที่เน้นการนำส่งสารต้านอนุมูลอิสระอย่างมีประสิทธิภาพ

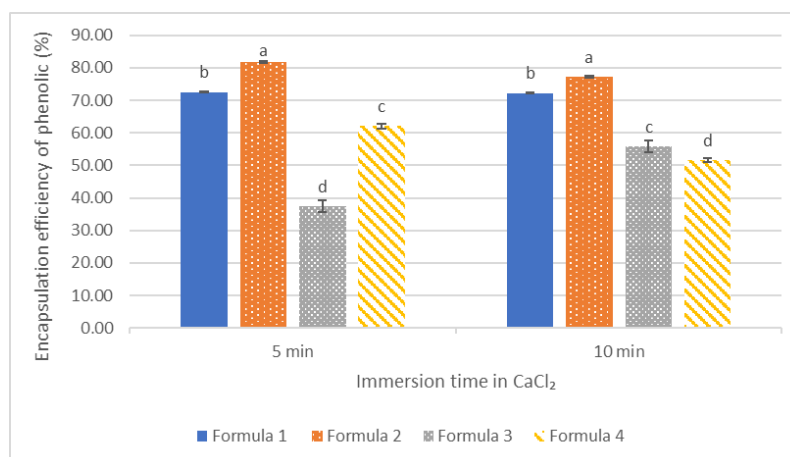


ภาพประกอบ 14 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่วัดได้จากทั้ง 4 สูตรการทดลอง โดยแช่ในสารละลาย CaCl_2 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที

ตัวอักษร ^{a-d} ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

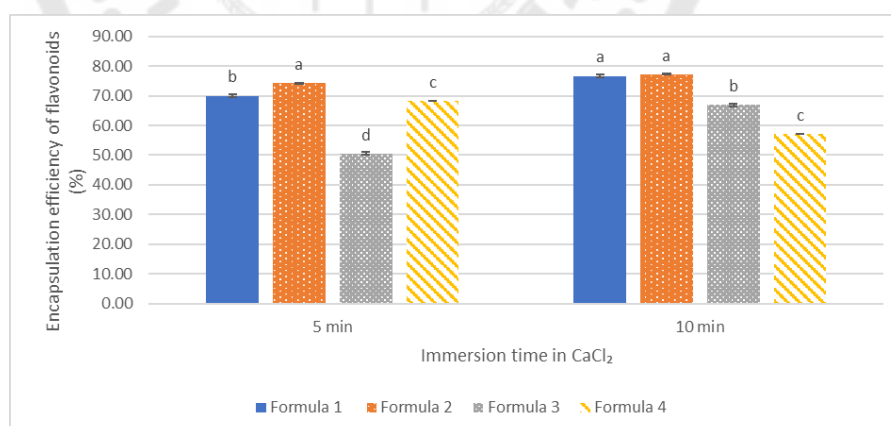
4.3.4 ประสิทธิภาพของการกักเก็บ

ผลการวัดค่าประสิทธิภาพการกักเก็บปริมาณฟีนอลิกในเมดปิดส์พรอพโพลิส อธิบายได้ตาม ภาพประกอบ 15 แสดงให้เห็นว่า ค่าประสิทธิภาพการกักเก็บปริมาณฟีนอลิกในเมดปิดส์พรอพโพลิส ที่ดีที่สุดอยู่ที่ สูตร 2 ทั้งที่ระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่เวลา 5 และ 10 นาที กักเก็บได้มากที่สุด 81.86% และกักเก็บได้น้อยที่สุดคือ สูตร 3 ที่เวลา 5 นาที กักเก็บได้เพียง 37.39% จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า สูตร 1 และ 2 มีประสิทธิภาพในการกักเก็บฟีนอลิกสูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กักเก็บได้ดีกว่าสูตร 3 และ 4



ภาพประกอบ 15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการห่อหุ้มของสารฟีนอลิก (%) ที่วัดได้ในช่วงเวลาแช่ CaCl_2 เป็นเวลา 5 และ 10 นาทีในแต่ละสูตรทั้ง 4 สูตร

ผลการวัดค่าประสิทธิภาพการกักเก็บปริมาณฟลาโวนอยด์ในเม็บบีดส์พรอพโพลิส อธิบายได้ตาม ภาพประกอบที่ 16 แสดงให้เห็นว่า ค่าประสิทธิภาพการกักเก็บปริมาณฟลาโวนอยด์ในเม็บบีดส์พรอพโพลิส ที่ดีที่สุดอยู่ที่ สูตร 1 และ สูตร 2 ที่ระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่เวลา 10 นาที กักเก็บได้มากที่สุด 76.64% และ 77.21% และกักเก็บได้น้อยที่สุดคือ สูตร 3 ที่เวลา 5 นาที กักเก็บได้เพียง 50.51% จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า สูตร 1 และ 2 มีประสิทธิภาพในการกักเก็บฟลาโวนอยด์ได้ ดีกว่าสูตร 3 และ 4



ภาพประกอบ 16 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการห่อหุ้มของสารฟลาโวนอยด์ (%) ที่วัดได้ในช่วงเวลาแช่ CaCl_2 เป็นเวลา 5 และ 10 นาทีในแต่ละสูตรทั้ง 4 สูตร

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกักเก็บโดยใช้วัสดุห่อหุ้มเพื่อกักเก็บสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ในรูปแบบเม็บบีดส์ ข้อมูลเป็นไปใน

ทิศทางเดียวกันโดยพบว่าที่สูตร 1 และ 2 ของทั้งคู่มีประสิทธิภาพการกักเก็บสูงสุดโดยที่สูตร 1 และสูตร 2 ผสมห่อหุ้มประกอบไปด้วย อัลจิเนตและเจลาติน มีคุณสมบัติในการกักเก็บได้มากกว่าสูตร 3 และ 4 ซึ่งมีส่วนของผนังห่อหุ้มประกอบไปด้วยอัลจิเนตและกัมอารบิก พบว่าสูตรที่ใช้ อัลจิเนตร่วมกับเจลาติน แสดงประสิทธิภาพในการกักเก็บสารออกฤทธิ์ได้สูงกว่าสูตรที่ใช้ อัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิก อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในด้านปริมาณสารที่กักเก็บได้ และเสถียรภาพของโครงสร้างเมดปีดส์ (Varunya Fuangchoom, 2023)

กลไกที่อยู่เบื้องหลังประสิทธิภาพนี้สามารถอธิบายได้จาก ลักษณะการเชื่อมโยงของพอลิเมอร์ที่ใช้ในวัสดุห่อหุ้ม โดยในกรณีของอัลจิเนตร่วมกับเจลาติน อัลจิเนตสามารถสร้างพันธะไฮดรอกซิดกับไอออนแคลเซียม (Ca^{2+}) ผ่านกลไก Egg-box model ก่อให้เกิดโครงสร้างเจลแบบตาข่ายที่แข็งแรง นอกจากนี้เจลาตินยังมีหมู่ฟังก์ชันจำพวกแอมิโน ($-\text{NH}_2$), คาร์บอกซิล ($-\text{COOH}$) และไฮดรอกซิล ($-\text{OH}$) ซึ่งสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหมู่คาร์บอกซิลของอัลจิเนต รวมถึงอาจเกิดพันธะโควาเลนต์แบบ Schiff base กับหมู่แอลดีไฮด์ของอัลจิเนตที่ผ่านการออกซิไดซ์ได้อีกด้วย ทำให้โครงสร้างเมดปีดส์มีความหนาแน่นและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Varunya Fuangchoom, 2023) นอกจากนี้ ระบบอัลจิเนต-เจลาตินยังสามารถสร้างโครงสร้างแบบ Semi-interpenetrating Polymer Network (Semi-IPN) ซึ่งช่วยลดช่องว่างภายในโครงข่าย และส่งเสริมการกักเก็บสารออกฤทธิ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการรั่วไหล (leaching) ออกสู่ภายนอก สมบัติทางเคมีของเจลาตินซึ่งเป็น พอลิเมอร์ชนิด amphiphilic (มีทั้งหมู่ขั้วและไม่มีขั้วในโมเลกุลเดียว) ยังส่งผลต่อการกักเก็บสารออกฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถโอบล้อมและจับกับสารที่มีขั้ว (เช่น ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์) และไม่มีขั้วได้ดี ส่งผลให้มีการรั่วไหลออกจากโครงสร้างน้อยลง

ในทางตรงข้าม สูตรที่ใช้ อัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิก แม้จะสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนและแรงยึดเหนี่ยวทางกายภาพได้ แต่เนื่องจากทั้งอัลจิเนตและกัมอารบิกเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีขั้วสูงเหมือนกัน และไม่มีหมู่แอมิโนหรือหมู่ไม่มีขั้วในโครงสร้าง จึงไม่สามารถสร้างพันธะโควาเลนต์ที่แข็งแรง หรือมีลักษณะ amphiphilic ได้เช่นเดียวกับเจลาติน ส่งผลให้โครงสร้างเจลมีความแข็งแรงทางกลต่ำ และประสิทธิภาพในการกักเก็บสารออกฤทธิ์ต่ำกว่า (Feraru et al., 2023)

การใช้วัสดุห่อหุ้มแบบผสม ไม่ว่าจะเป็นอัลจิเนตร่วมกับเจลาติน หรืออัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิก ต่างก็ให้โครงสร้างเมดปีดส์ที่ดีกว่าการใช้อัลจิเนตเพียงอย่างเดียว เนื่องจากสามารถเสริมความแข็งแรง ลดช่องว่างในโครงสร้าง และเพิ่มความสามารถในการกักเก็บสารออกฤทธิ์ได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาทั้งในแง่ กลไกการเชื่อมโยงโครงสร้าง, สมบัติทางเคมี,

และ การเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ พบว่าสูตรที่ใช้อัลจิเนตร่วมกับเจลาตินแสดงประสิทธิภาพโดยรวมได้ดีกว่าอย่างชัดเจน ทั้งในแง่โครงสร้าง ความแข็งแรง และการกักเก็บสารที่มีขี้และไม่มีขี้

4.3.5 จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของเม็ดบีดส์พรอพโพลิส

ทั้ง 4 สูตร ที่แช่สารละลาย CaCl_2 ที่ระยะเวลา 5 และ 10 นาที ได้ผลดังตาราง 9 พบว่าค่าสี $L^* a^* b^*$ ของเม็ดบีดส์พรอพโพลิส ทั้ง 4 สูตร มีค่าแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 3 แช่ CaCl_2 5 นาที มีค่า $L^* a^* b^*$ สูงสุด แสดงว่ามีสีสว่างและสดที่สุด ส่วนสูตรที่มีค่า $L^* a^* b^*$ ต่ำที่สุด แสดงว่ามีสีเข้มและทึบที่สุด คือสูตรที่ 2 แช่ CaCl_2 10 นาที โดยพบว่า สูตรที่มีเจลาตินจะมีค่าสี L^* ต่ำกว่า สะท้อนว่าโครงสร้างดูดซับแสงและมีความหนาแน่นมากกว่าเป็นตัวบ่งชี้ว่าการสร้างตาข่ายเจลมีประสิทธิภาพ (Łopusiewicz et al., 2022) ขณะที่สูตรที่มีอัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิกมีค่า L^* สูงกว่า แสดงว่าโครงสร้างมีความโปร่งแสงมากกว่า อาจมีช่องว่างในโครงสร้างสูงกว่า

ตาราง 9 ค่าสีของเม็ดพรอพโพลิสในทั้ง 4 สูตร

สูตร	วัสดุที่หุ้ม	สัดส่วน (กรัม)	เวลาในการแช่ CaCl_2 (นาที)	สี		
				L^*	a^*	b^*
1	Alginate: Gelatin	1:0.5	5	32.72 ± 0.12^c	20.34 ± 0.04^c	17.45 ± 0.11^c
	Alginate: Gelatin	1:0.5	10	36.98 ± 0.05^e	22.08 ± 0.01^e	20.58 ± 0.10^e
2	Alginate: Gelatin	1:1	5	30.09 ± 0.11^b	16.51 ± 0.03^a	14.45 ± 0.02^b
	Alginate: Gelatin	1:1	10	27.52 ± 0.09^a	17.28 ± 0.05^b	14.07 ± 0.09^a
3	Alginate: Gum Arabic	1:0.5	5	46.25 ± 0.05^h	24.95 ± 0.02^h	24.99 ± 0.07^h
	Alginate: Gum Arabic	1:0.5	10	39.77 ± 0.05^g	23.15 ± 0.04^f	21.30 ± 0.08^f
4	Alginate: Gum Arabic	1:1	5	37.80 ± 0.04^f	24.33 ± 0.03^g	24.04 ± 0.01^g
	Alginate: Gum Arabic	1:1	10	33.11 ± 0.11^d	21.52 ± 0.06^d	19.35 ± 0.10^d

*คอลลัมน์ที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 10 จะแสดงค่า วอเตอร์แอคติวิตี , ขนาด, ความแข็ง,ร้อยละผลผลิตที่ได้ โดยค่าวอเตอร์แอคติวิตี อยู่ในช่วง 0.79 - 0.82 ซึ่งอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี ระหว่าง 0.6-

0.85 จัดเป็นอาหารกึ่งแห้ง ขนาดของเม็ดปิดส์ที่อัลจินตความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีลักษณะเป็นทรงกลม ผิวภายนอกค่อนข้างเรียบไม่หดตัว มีค่าอัตราส่วนด้านยาวและด้านสั้น (Ratio) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียง กับงานวิจัยการผลิตเม็ดปิดส์น้ำเสาวรสดด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียไรฟิเคชัน (Kamprawet, 2018) ที่รายงานไว้ว่า อัตราส่วนระหว่างด้านยาวและด้านสั้น (Ratio) ที่เหมาะสมจะมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเม็ดปิดส์มีความกลมมากโดยขนาดเม็ดปิดส์ ทั้ง 4 สูตร มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนค่าความแข็ง พบว่าสูตรที่ 1 และ 2 ที่มีอัตราส่วนของเจลาตินที่ 0.5 และ 1 กรัม ที่ระยะเวลาการแช่ CaCl_2 ที่ 5 นาที ค่าความแข็งของเม็ดปิดส์น้อยกว่า เมื่อเทียบกับสูตรเดียวกันระยะเวลาการแช่ CaCl_2 ที่ 10 นาที เห็นได้ชัดว่าเม็ดปิดส์มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่เดียวกัน พบว่าสูตรที่ 3 และ 4 ที่มีอัตราส่วนของเจลาตินที่ 0.5 และ 1 กรัม ที่ระยะเวลาการแช่ CaCl_2 ที่ 5 และ 10 นาที ความแข็งที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในส่วนของค่าผลผลิตร้อยละ หมายถึงผลผลิตรวมของวัสดุที่ห่อหุ้มได้ทั้งหมด ที่ใช้ในการห่อหุ้ม ค่าที่ได้อยู่ในช่วง 95.05 -95.34 ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จึงสรุปได้ว่า การเติมเจลาตินที่ 0.5, 1 กรัมร่วมกับระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่ 5 และ 10 นาที ส่งผลต่อคุณสมบัติของเม็ดปิดส์ทำให้มีความแข็งแรงมากขึ้น จะเห็นได้ว่าค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นที่เมื่อระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 นานขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัย (Mahdavi, 2016) เมื่อระยะเวลาในการแช่ในสารละลาย CaCl_2 ที่ยาวนานขึ้นส่งผลให้โครงสร้างของปิดส์มีความแน่นและแข็งแรงขึ้น ซึ่งช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพในการกักเก็บสารออกฤทธิ์ โดยกลไกการเชื่อมโยงระหว่างอัลจินตกับเจลาติน อัลจินตเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COO}^-$) ซึ่งสามารถเกิดพันธะกับไอออนแคลเซียม (Ca^{2+}) ผ่านกระบวนการ crosslinking แบบไอออนิก ทำให้เกิดโครงสร้างเจลที่แข็งแรง เจลาตินเป็นโปรตีนที่มีหมู่อะมิโน ($-\text{NH}_2$) ซึ่งสามารถเกิดพันธะกับหมู่แอลดีไฮด์ของอัลจินตที่ถูกออกซิไดส์ (alginate dialdehyde) ผ่านปฏิกิริยา Schiff base ทำให้เกิดโครงสร้างพอลิเมอร์ที่มีความแข็งแรงและเสถียร (Zhang, 2016) ในส่วนของกลไกการเชื่อมโยงระหว่างอัลจินตกับกัมอาราบิก กัมอาราบิกเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COO}^-$) เช่นเดียวกับอัลจินต ทำให้ทั้งสองมีประจุลบและไม่สามารถเกิดพันธะไอออนิกโดยตรงได้ (Maleki, 2012) ดังนั้น การเชื่อมโยงระหว่างอัลจินตและกัมอาราบิกก็มีความแข็งแรงน้อยกว่าการเชื่อมโยงของอัลจินตกับเจลาติน เนื่องจากขาดพันธะโควาเลนต์ที่แข็งแรง ค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ จากทั้ง 4 สูตร มีค่าตั้งแต่ 95.05 ถึง 95.34 โดย สูตรที่ 1 5 นาทีกับ สูตรที่ 2 5 นาที และ สูตรที่ 1 10 นาทีกับ สูตรที่ 4 10 นาที มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตาราง 10 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเม็ดยาพอลิเมอร์ในทั้ง 4 สูตร

สูตร	วัสดุห่อหุ้ม	สัดส่วน (กรัม)	เวลา แช่ CaCl ₂ (นาทีก)	Water activity (aw)	ขนาด (mm)	เนื้อสัมผัส (N)	ผลผลิตร้อยละ (%)
1	Alginate: Gelatin	1:0.5	5	0.79 ± 0.01 ^b	0.96 ± 0.01 ^a	7.40 ± 0.32 ^c	95.17 ± 0.01 ^b
	Alginate: Gelatin	1:0.5	10	0.81 ± 0.01 ^b	0.96 ± 0.01 ^a	22.80 ± 2.10 ^a	95.34 ± 0.01 ^a
2	Alginate: Gelatin	1:1	5	0.81 ± 0.01 ^a	0.95 ± 0.01 ^{ab}	9.62 ± 1.04 ^b	95.27 ± 0.01 ^a
	Alginate: Gelatin	1:1	10	0.82 ± 0.00 ^{ab}	0.94 ± 0.01 ^b	15.12 ± 1.06 ^b	95.17 ± 0.01 ^b
3	Alginate: Gum Arabic	1:0.5	5	0.82 ± 0.00 ^a	0.96 ± 0.01 ^a	10.73 ± 0.71 ^a	95.09 ± 0.01 ^c
	Alginate: Gum Arabic	1:0.5	10	0.82 ± 0.01 ^{ab}	0.95 ± 0.01 ^{ab}	12.43 ± 0.46 ^c	95.14 ± 0.01 ^c
4	Alginate: Gum Arabic	1:1	5	0.81 ± 0.01 ^a	0.96 ± 0.01 ^a	10.70 ± 0.47 ^{ab}	95.05 ± 0.01 ^d
	Alginate: Gum Arabic	1:1	10	0.82 ± 0.01 ^{ab}	0.95 ± 0.01 ^{ab}	11.62 ± 0.75 ^c	95.09 ± 0.01 ^d

* คอลัมน์ที่มีตัวอักษร ^{a-d} ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)

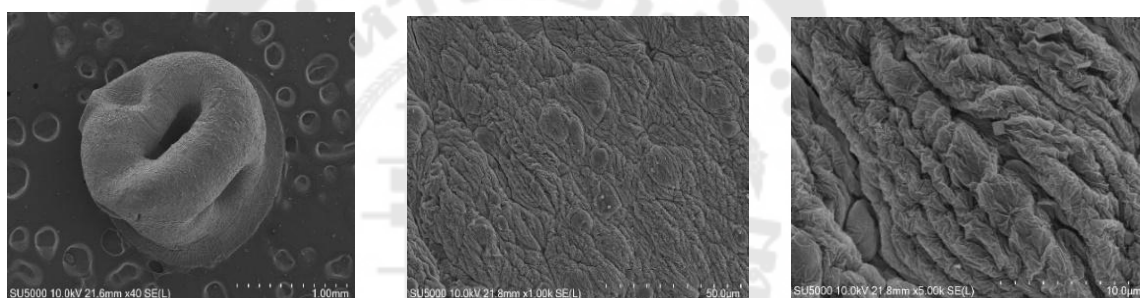
จากภาพประกอบที่ 17 ผลการศึกษาลักษณะของเม็ดยาพอลิเมอร์ทั้ง 4 สูตร ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM) การศึกษาเม็ดยาที่กำลังขยาย ทั้งหมด 3 ช่วง คือที่กำลังขยาย 40, 1000, 5000 เพื่อทำการดูลักษณะพื้นผิวของเม็ดยา รูปทรงเม็ดยา ลักษณะรูพรุน เพื่อทำการ อธิบายลักษณะสารห่อหุ้มที่ใช้ อัลจิเนตร่วมกับเจลาตินและอัลจิเนตกับกัมอาราบิกหลังจากที่ผ่านการทำให้แห้ง ได้ผลวิเคราะห์ดังนี้

จากการศึกษาพบว่า สูตรที่ 1 (อัลจิเนต:เจลาติน 1:0.5) และ สูตรที่ 2 (อัลจิเนต:เจลาติน 1:1) เมื่อแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂) เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ให้เม็ดยาที่มีลักษณะเป็นทรงกลมมากกว่าสูตรที่ 3 (อัลจิเนต:กัมอาราบิก 1:0.5) และสูตรที่ 4 (อัลจิเนต:กัมอาราบิก 1:1) โดยพิจารณาจากภาพถ่ายที่กำลังขยาย 40 เท่า

นอกจากนี้ เม็ดยาจากสูตรที่ 1 และ 2 ยังมี พื้นผิวเรียบเนียน โครงสร้างแข็งแรงและจับตัวแน่น ขณะที่สูตรที่ 3 และ 4 มีลักษณะพื้นผิว ขรุขระ มีรอยร้าว และรูพรุนจำนวนมาก ตามที่เห็นในภาพที่กำลังขยาย 1,000 และ 5,000 เท่า ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งผลต่อ ความสามารถในการกักเก็บสารสำคัญ โดยสูตรที่ 1 และ 2 สามารถกักเก็บได้ดีกว่าสูตรที่ 3 และ 4 ผลการทดสอบสอดคล้องกับภาพถ่าย SEM โดยชี้ให้เห็นว่า สูตรที่มีส่วนผสมของ อัลจิเนตและเจลาติน ให้

โครงสร้างที่แน่นหนาและมีรูพรุนเล็กน้อย จึงสามารถกักเก็บสารสำคัญได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Moradi Pour, Saber Riseh, & Skorik, 2022) ขณะที่สูตรที่เม็ดปิดส์ที่ประกอบด้วยอัลจิเนตและกัมอารบิกมีพื้นผิวขรุขระและมีรูพรุนมาก ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บสารสำคัญลดลง (Nayak, Das, & Maji, 2012)

จากผลการทดลองการศึกษาลักษณะของเม็ดปิดส์พวอฟโพลิส ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM) สอดคล้องกับผลของค่าประสิทธิภาพการกักเก็บ ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้เลือกสูตรที่ 1 ระยะเวลาการแช่ CaCl_2 ที่เวลา 10 นาที มาพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป เพื่อทดสอบเพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ข้อเสนอแนะ นอกจากนี้ การเลือกใช้วิธีการทำแห้งแบบ Freeze Dry ยังช่วยรักษารูปร่างและโครงสร้างของเม็ดปิดส์ได้ดีกว่าการอบแห้งด้วยความร้อน (KuČuk, Primožič, Knez, & Leitgeb, 2024)



(a)

(b)

(c)

ภาพประกอบ 17 การศึกษาลักษณะของเม็ดปิดส์พวอฟโพลิส สูตรที่ 1 ระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่ 10 นาที ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM) โดยมีกำลังขยาย (a) 40X (b) 1000X (c) 5000X

4.4 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เม็ดปิดส์

จากได้ทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเม็ดปิดส์ ทั้ง 4 สูตร พบว่า สูตรที่ดีที่สุด ที่เหมาะสำหรับนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อคือ สูตรที่ 1 ระยะเวลาในการแช่ CaCl_2 ที่ 10 นาที เนื่องจากเป็นสูตรที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ สูงที่สุดมีปริมาณฟีนอลิกมากเป็นอันดับ 3 โดยมีประสิทธิภาพการกักเก็บสูงและค่าเปอร์คาร์บอนอนุมูลอิสระสูงที่สุดอีกด้วย จากนั้นได้นำเม็ดปิดส์พวอฟโพลิส ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์เจลลี่พร้อมดื่มผสมเม็ดปิดส์พวอฟโพลิสทั้งหมด 3 รสชาติ ได้แก่ รสลิ้นจี่ รสส้ม รสมิ้นท์เบอร์รี่ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 18 จากนั้นให้ผู้บริโภคทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) โดยจัดทำเป็นแบบสอบถามสำหรับผู้

ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยใช้ 9 – point hedonic scale เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เจลลี่พร้อมดื่มผสมเม็ดปิดส์พรอฟโพลิส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีการเก็บข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบชิมในตารางที่ 11 ดังต่อไปนี้

ตาราง 11 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบชิม

ข้อมูลทั่วไป		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	14	46.7
	หญิง	16	53.3
อายุ	28-37	11	33.7
	38-50	19	63.3
สถานภาพ	โสด	16	53.3
	สมรส	14	46.7
อาชีพ	พนักงานบริษัทเอกชน	13	43.3
	พนักงาน/ข้าราชการ	8	26.7
	ธุรกิจส่วนตัว	9	30.0
การศึกษา	จบสายอาชีพ	4	13.3
	จบระดับปริญญาตรี	18	60.0
	สูงกว่าระดับปริญญาตรี	8	26.7



(a) ตัวอย่าง 1



(b) ตัวอย่าง 2



(c) ตัวอย่าง 3

ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เจลลี่พร้อมดื่มทั้ง 3 รสชาติ

จากตาราง 12 การประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดปิดส์พรอฟโพลิสในผลิตภัณฑ์รูปแบบเจลลี่พร้อมดื่ม โดยใช้ 9-point hedonic scale โดย 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด โดยประเมิน ลักษณะปรากฏ (ความขุ่น/ใส), สี, รสชาติ (โดยรวม), กลิ่นรส (กลิ่นพรอฟ

โพลิส), เนื้อสัมผัส (ความแข็ง), และความชอบโดยรวม โดยที่ตัวอย่างที่ 1 เจลลี่พร้อมดื่มรสลิ้นจี่ผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิสรส ตัวอย่างที่ 2 เจลลี่พร้อมดื่มรสส้มผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิส ตัวอย่างที่ 3 เจลลี่พร้อมดื่มรสมิกเบอรี่ผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิส เนื่องจากลักษณะปรากฏและสีของตัวอย่างของทั้ง 3 สิ่งทดลองเมื่อได้รับการประเมินจากผู้ทดสอบโดยมีการทดสอบทางสถิติพบว่าทั้ง 3 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ ($P > 0.05$) ตัวอย่างที่ 1 เป็นตัวอย่างที่ 1 ได้รับความชอบสูงสุดในคุณสมบัติ ด้านความชอบโดยรวม โดยมีรสชาติที่ดี กลิ่นพรอพโพลิสที่ดีและเนื้อสัมผัสที่ดี ในตัวอย่างที่ 2 มีคะแนนต่ำที่สุด ในทุกคุณลักษณะ โดยเฉพาะในเรื่องของ ความชอบโดยรวม, รสหวาน, และ กลิ่นรส(พรอพโพลิส) ซึ่งสาเหตุอาจจะมาจากการใช้น้ำส้มที่ไม่สามารถเข้ากันได้กับ กลิ่นพรอพโพลิสได้เท่ากับน้ำผลไม้ชนิดอื่นจึงทำให้ความชอบโดยรวม รสชาติและกลิ่นรส ยังไม่เป็นที่ชื่นชอบของกลุ่มผู้ทดสอบตัวอย่างที่ 3 ได้ระดับปานกลาง ยังได้รับความนิยมและเป็นที่ชื่นชอบรองจากตัวอย่างที่ 1 ที่เป็นสูตรที่ดีที่สุดในกลุ่ม ทั้งในเรื่องของรสชาติ, ความชอบโดยรวม, กลิ่นรส, และเนื้อสัมผัส

ตาราง 12 การประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์พรอพโพลิสในผลิตภัณฑ์รูปแบบเจลลี่พร้อมดื่ม โดยใช้ 9-point hedonic scale

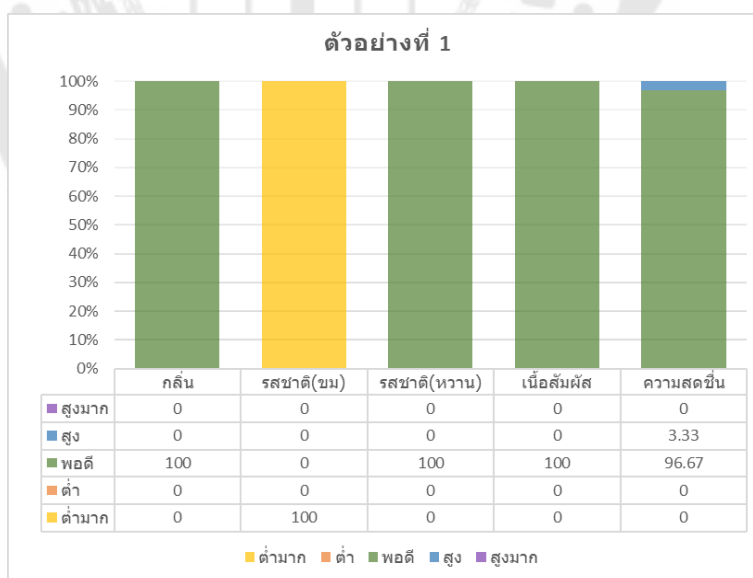
ตัวอย่าง	คะแนนความชอบ					
	ความชอบโดยรวม	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี ^{ns}	รสชาติ (หวาน)	กลิ่นรส (พรอพโพลิส)	เนื้อสัมผัส (ความแข็ง)
1	7.77 ± 0.50 ^a	6.10 ± 1.37 ^a	6.67 ± 0.96 ^a	7.00 ± 0.74 ^a	7.17 ± 0.53 ^a	7.13 ± 0.68 ^a
2	6.43 ± 0.77 ^c	6.13 ± 1.33 ^a	6.73 ± 1.08 ^a	5.10 ± 0.66 ^c	5.33 ± 1.56 ^c	6.27 ± 0.69 ^b
3	7.33 ± 0.54 ^b	6.20 ± 1.44 ^a	6.77 ± 1.04 ^a	6.23 ± 0.77 ^b	6.73 ± 0.98 ^b	7.10 ± 0.80 ^a

*คอลัมน์ที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

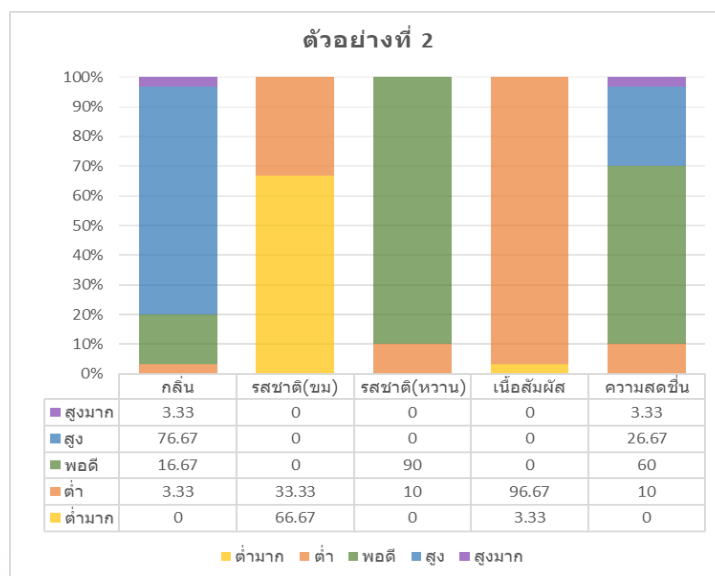
ns: non significant ไม่แตกต่างทางสถิติ

จากภาพประกอบ 19 การประเมินทางประประสาธสัมผัสดของเจल्लीพร้อมดื่มผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิสโดยใช้ Just About Right Scale เป็นการประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับทิศทางความพอดีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เจल्लीพร้อมดื่มผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิสโดยใช้ สเกลวัดความพอดี (Just about right scale :JAR) สเกล 5 ระดับ เพื่อหาทิศทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เจल्लीพร้อมดื่มผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิส โดยประเมิน สี, กลิ่นรส (กลิ่นพรอพโพลิส), รสชาติ (รสหวานและขม), และเนื้อสัมผัส (ความแข็ง) จากกราฟจะแสดงให้เห็นว่า ในด้านของสี ตัวอย่างที่ 1 อ่อนกว่าตัวอย่างที่ 2 และ 3 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้คะแนน “พอดี” (คะแนน 3) ซึ่งถือเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคหลายคนสามารถยอมรับได้ ในส่วนของกลิ่น(พรอพโพลิส) ในตัวอย่างที่ 1 และ 3 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้คะแนน 3 เป็นกลิ่นที่กำลังพอดีเหมาะสำหรับผู้ที่ชอบแต่ไม่ต้องการกลิ่นพรอพโพลิสที่แรงเกินไป ต่างจากตัวอย่างที่ 2 ที่มีค่าคะแนนที่ได้ 4 ซึ่งอาจจะเหมาะกับบุคคลที่ชื่นชอบกลิ่นพรอพโพลิสในผลิตภัณฑ์ ในด้านรสชาติ(ขม) ตัวอย่างที่ 1,2 และ 3 เป็นผลิตภัณฑ์ที่รสชาติไม่ขมเหมาะกับคนที่ไม่ชอบรสขม (คะแนน 3) ในส่วนของรสชาติ (หวาน) , ความสดชื่น และเนื้อสัมผัส (ความแข็ง) พบว่าในตัวอย่างที่ 1,2 และ 3 ได้คะแนนผลิตภัณฑ์ที่พอดี (3 คะแนน) ซึ่งเป็นคะแนนในความพอดีของผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านความหวาน ความสดชื่นและเนื้อสัมผัสทำให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

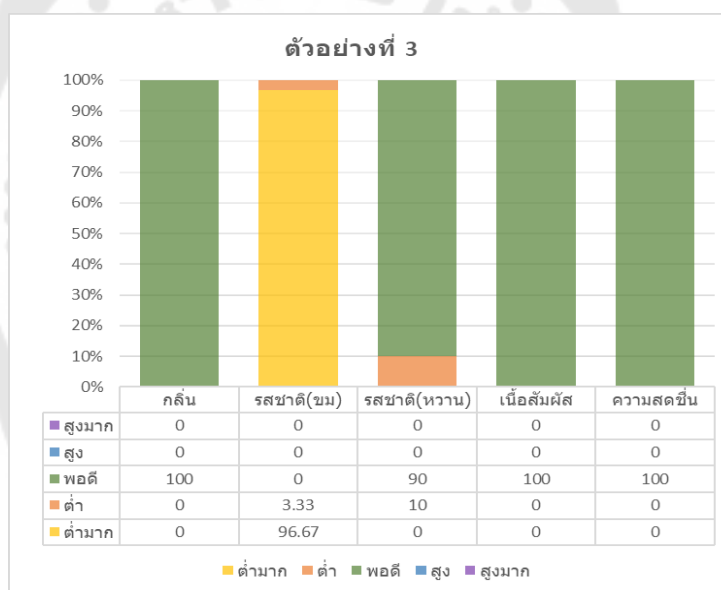
a)



b)



c)



ภาพประกอบ 19 การประเมินความพอดีของเจลลี่พร้อมดื่มผสมเม็ดปิดส์พรอฟโพลิสทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยใช้ Just About Right scale a) ตัวอย่างที่ 1 b) ตัวอย่างที่ 2 c) ตัวอย่างที่ 3

จากการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคพบว่ากลุ่มผู้บริโภคมีความชื่นชอบในตัวอย่างที่ 1 มากที่สุด ลองลงมาเป็นตัวอย่างที่ 3 และ 2 ตามลำดับ จากตารางที่ 13 เมื่อมีการสอบถามผู้ทดสอบทั้ง 30 ราย ถึงการซื้อผลิตภัณฑ์เจลลี่พร้อมดื่มผสมเม็ดปิดส์พรอฟโพลิส มีผู้ตัดสินใจซื้อ

27 คนคิดเป็นร้อยละ 90 มี 3 รายที่ยังไม่แน่ใจ คิดเป็นร้อยละ 10 โดยส่วนใหญ่ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อหากผลิตภัณฑ์นี้มีราคาที่เหมาะสมและมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียและลดการอักเสบ

ตาราง 13 การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้ทดสอบชิม

การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
หากผลิตภัณฑ์มีราคาและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมและเป็นทางเลือกที่ช่วยเพิ่มความสดชื่นและลดการระคายเคืองมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียและลดการอักเสบ		
ซื้อ	27	90.0
ไม่แน่ใจ	3	10.0
ไม่ซื้อ	0	0.0

4.5 Business Model Canvas

เพื่อประเมินศักยภาพทางธุรกิจของผลิตภัณฑ์เจลลี่พร้อมดื่มผสมเม็ดบีดส์พรวพโพลีสมิ การประยุกต์ใช้แบบจำลองธุรกิจ Business Model Canvas (BMC) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของธุรกิจ 9 ด้านหลักอย่างเป็นระบบโดยผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่ต้องการตอบใจผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับสุขภาพและความยั่งยืน ดังภาพประกอบ 20

กลุ่มเป้าหมายหลัก (Customer Segment) ของผลิตภัณฑ์นี้ถูกออกแบบมาเพื่อตอบใจของกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ โดยเฉพาะคนทำงานโดยเฉพาะผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับการระคายเคืองจากมลภาวะหรือการใช้เสียง องค์ประกอบสำคัญเริ่มต้นจาก Value Proposition ที่เน้นการนำเสนอเครื่องดื่มสุขภาพรูปแบบใหม่ มีความโดดเด่นด้วยเม็ดบีดส์พรวพโพลีสมิที่ช่วยเพิ่มความสดชื่น ลดอาการระคายเคือง และให้สารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งแตกต่างจากเครื่องดื่มทั่วไปในตลาด นอกจากนี้ยังใช้พอลิเมอร์ธรรมชาติซึ่งปลอดภัยและไม่ตกค้างในร่างกาย

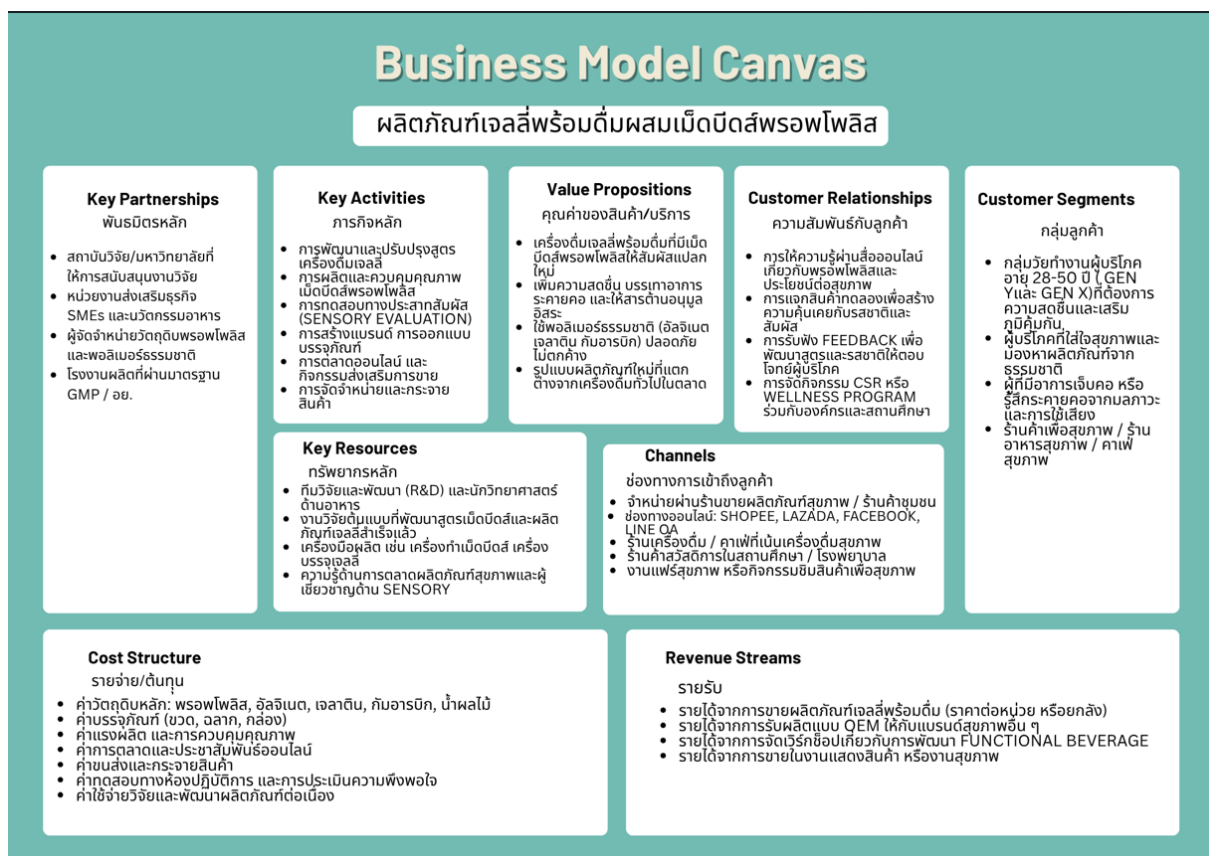
เพื่อให้คุณค่านี้เข้าถึงลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเลือกใช้ Channels ที่หลากหลาย ทั้งร้านสุขภาพ คาเฟ่สุขภาพ ช่องทางออนไลน์ เช่น Shopee Lazada และ Line OA รวมถึงการขายในงานแฟร์สุขภาพ ซึ่งช่วยขยายการเข้าถึงลูกค้าได้ทั้งออฟไลน์และออนไลน์ ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer Relationships) ถูกสร้างผ่านการให้ความรู้เกี่ยวกับพรวพโพลีสมิผ่านสื่อออนไลน์ การแจกสินค้าทดลอง และการรับฟังความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงสูตรและรสชาติให้ตอบใจ

Revenue Streams หรือกระแสรายได้หลัก มาจากการขายผลิตภัณฑ์ทั้งปลีกและส่ง การรับผลิตแบบ OEM และการจัดเวิร์กช็อปเกี่ยวกับเครื่องดื่ม Functional Beverage เพื่อสร้างรายได้เสริม ในด้าน Key Activities มุ่งเน้นที่การพัฒนาสูตรเจลลี่ให้มีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดีและการผลิตและควบคุมคุณภาพเม็ดบีดส์ รวมถึงการสร้างแบรนด์ การตลาดออนไลน์ และการกระจายสินค้า

ความสำเร็จของธุรกิจนี้ขึ้นอยู่กับ Key Resources เช่น สูตรต้นแบบที่ผ่านการวิจัย เครื่องมือการผลิตที่ได้มาตรฐาน และทีมวิจัย R&D ที่เชี่ยวชาญด้านอาหารและสุขภาพ รวมถึงความรู้ด้านการตลาดที่สามารถเชื่อมโยงผู้บริโภคกับแบรนด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกัน Key Partnerships มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการดำเนินงาน ตั้งแต่การวิจัยที่ช่วยพัฒนาสูตร ผู้จำหน่ายวัตถุดิบพรอพโพลิสและพอลิเมอร์ธรรมชาติ ไปจนถึงโรงงานผลิตที่ได้มาตรฐาน GMP

ความสัมพันธ์ของทุกองค์ประกอบจะเชื่อมโยงกันผ่าน Cost Structure หรือโครงสร้างต้นทุน ที่ประกอบด้วยค่าวัตถุดิบ ค่าแรงผลิต ค่าบรรจุภัณฑ์ ค่าการตลาด และค่าขนส่ง ซึ่งทั้งหมดต้องบริหารจัดการอย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าและสามารถรักษาคุณภาพสินค้า ควบคู่ไปกับการสร้างประสบการณ์ที่ดีให้กับลูกค้า ความเชื่อมโยงนี้ทำให้โมเดลธุรกิจมีความยั่งยืน สนับสนุนทั้งด้านสุขภาพของผู้บริโภค และความเติบโตของธุรกิจในระยะยาวอย่างต่อเนื่อง

สรุปคือ Value Proposition, Key Activities และ Key Resources มีความเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ โดยคุณค่าหลักของผลิตภัณฑ์ที่เน้นสุขภาพและนวัตกรรมจากเม็ดบีดส์พรอพโพลิส ได้ส่งผลโดยตรงต่อกิจกรรมหลักของธุรกิจ ซึ่งต้องมุ่งพัฒนาสูตร ผลิตเม็ดบีดส์ที่มีคุณภาพ และสร้างการรับรู้แบรนด์อย่างมีประสิทธิภาพ กิจกรรมเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยทรัพยากรสำคัญ เช่น สูตรต้นแบบที่ผ่านการวิจัย เครื่องมือการผลิตที่แม่นยำ และทีมวิจัยที่มีความรู้เฉพาะทาง ดังนั้นทั้ง 3 หัวข้อนี้จึงมีบทบาทร่วมกันในการผลักดันธุรกิจให้สามารถสร้างความแตกต่างและตอบโจทย์ตลาดได้อย่างยั่งยืน



ภาพประกอบ 20 แบบจำลองธุรกิจ Business Model Canvas (BMC)

บทที่ 5

สรุปผลวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 ศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของกลุ่มเป้าหมาย

จากการศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์พรอปโพลิส โดยทำการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มตัวอย่างวัยทำงาน อายุระหว่าง 28-50 ปี จำนวน 12 คน พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความรู้จักและคุ้นเคยกับพรอปโพลิสอยู่แล้ว และเกือบทั้งหมดเคยบริโภคผลิตภัณฑ์พรอปโพลิสอย่างน้อยหนึ่งรูปแบบ โดยรูปแบบที่นิยมที่สุดคือ สเปรย์พ่นลำคอ ซึ่งให้ความสะดวกในการใช้งานและสามารถออกฤทธิ์เฉพาะจุดได้ดีแรงจูงใจหลักในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์พรอปโพลิสคือ การบรรเทาอาการระคายคอ รองลงมาคือความต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติและการเสริมภูมิคุ้มกัน สะท้อนให้เห็นว่าแนวโน้มของผู้บริโภคในปัจจุบันให้ความสำคัญกับสุขภาพและการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จากแหล่งธรรมชาติเพื่อความปลอดภัย แม้จะมีความเชื่อมั่นในประสิทธิภาพของพรอปโพลิส แต่การบริโภคยังคงอยู่ในลักษณะตามอาการ เช่น เมื่อรู้สึกเจ็บคอหรือเจ็บปาก มากกว่าการบริโภคเป็นประจำเพื่อการป้องกัน ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ ได้แก่ คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ เช่น แพทย์หรือเภสัชกร ตามด้วยราคาและส่วนผสมจากธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม มีข้อจำกัดบางประการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจ เช่น รสชาติที่ไม่ดีและรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีจำกัด นอกจากนี้ ผู้บริโภคยังมีข้อเสนอแนะให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลาย และ รสชาติที่ดีขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับการบริโภคในชีวิตประจำวัน และเพิ่มความน่าสนใจในการเลือกซื้อ โดยเฉพาะรูปแบบที่สามารถผสมในอาหารหรือเครื่องดื่ม ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวกและความยืดหยุ่นในการใช้ผลิตภัณฑ์สุขภาพในชีวิตประจำวัน ข้อเสนอแนะเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบของเจลาตินเป็นองค์ประกอบอาจไม่เหมาะกับผู้บริโภคที่นับถือศาสนาอิสลาม อีกทั้งมีส่วนประกอบของอัลจินเตและพรอปโพลิส ผู้ที่แพ้อัลจินเตและแพ้เกสรดอกไม้ไม่ควรรับประทานผลิตภัณฑ์นี้

5.2 การศึกษาการเอนแคปซูเลชันพรอปโพลิสโดยศึกษาปัจจัยความเข้มข้นของไซเตียมอัลจินเตที่มีผลต่อความคงตัวของเม็ดยัด

จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของไซเตียมอัลจินเตมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บสารสำคัญ (encapsulation efficiency) และคุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดยัดพรอปโพลิส โดยเมื่อใช้ไซเตียมอัลจินเตที่ความเข้มข้น 1% (w/v) พบว่าเม็ดยัดสามารถกักเก็บพรอปโพลิสได้ในระดับสูงสุดที่ 63.74% และยังมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม คือ เม็ดยัดมีความ

ยืดหยุ่นพอเหมาะ ไม่แข็งหรือเปราะเกินไปในขณะที่โซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้นสูงขึ้น คือ 2% (w/v) แม้ว่าจะสามารถขึ้นรูปเม็ดบีดส์ได้ แต่พบว่าความหนืดของสารละลายเพิ่มสูงขึ้นมากจนส่งผลให้เม็ดบีดส์มีลักษณะแข็ง ไม่สามารถกักเก็บพรอพโพสิสได้ดีนัก โดยมีค่าการกักเก็บอยู่เพียง 29.12% ซึ่งต่ำกว่าความเข้มข้น 1% อย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การใช้โซเดียมอัลจิเนตในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการเอนแคปซูเลชัน และความคงตัวของเม็ดบีดส์ โดยความเข้มข้นที่มากเกินไปแม้จะช่วยให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรง แต่กลับลดทอนประสิทธิภาพในการกักเก็บสารสำคัญ และอาจกระทบต่อคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ต้องทำการใช้วัสดุห่อหุ้มตัวที่ 2 มาผสมร่วมด้วยเพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการกักเก็บและเพิ่มความแข็งแรงให้กับเม็ดบีดส์ หลังจากได้สูตรความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตที่เหมาะสมแล้ว (1%) จึงมีการนำไปศึกษาเพิ่มเติมโดยการ ปรับสัดส่วนของโซเดียมอัลจิเนตร่วมกับพอลิเมอร์ธรรมชาติอื่น ได้แก่ เจลาติน และกัมอารบิก รวมถึงการปรับ ระยะเวลาในการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) เพื่อให้ได้สูตรที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการขึ้นรูปเม็ดบีดส์พรอพโพสิส ทั้งในด้านความคงตัว และความสามารถในการกักเก็บสารออกฤทธิ์ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ กล่าวโดยสรุป การศึกษานี้ยืนยันได้ว่า ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่กำหนดคุณภาพของเม็ดบีดส์ และการเลือกใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสมประกอบกับการเสริมด้วยพอลิเมอร์ธรรมชาติอื่น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการเอนแคปซูเลชันได้อย่างชัดเจน เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริม หรือผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีพรอพโพสิสเป็นส่วนประกอบหลัก

5.3 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเม็ดบีดส์พรอพโพสิส

การศึกษานี้ได้ทำการห่อหุ้มพรอพโพสิสโดยใช้วัสดุผนังสองชนิด ได้แก่ อัลจิเนตร่วมกับเจลาติน และอัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิก โดยแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) เป็นระยะเวลา 5 และ 10 นาที พบว่าทั้งชนิดของวัสดุผนังและระยะเวลาในการแช่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเม็ดบีดส์พรอพโพสิสชนิดของวัสดุผนังส่งผลโดยตรงต่อความแข็งแรงของเม็ดบีดส์ โดยอัลจิเนตร่วมกับเจลาตินสามารถสร้างพันธะโควาเลนต์ซึ่งมีความแข็งแรงและเสถียรมากกว่าพันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นระหว่างอัลจิเนตกับกัมอารบิก ส่งผลให้โครงสร้างของผนังห่อหุ้มที่แข็งแรงกว่าสามารถเก็บรักษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ดียิ่งขึ้นผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สูตรที่ใช้เจลาตินร่วมกับอัลจิเนต (สูตรที่ 1 และ 2) มีความสามารถในการเก็บรักษาสารออกฤทธิ์ ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้ดีกว่าสูตรที่ใช้อัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิก (สูตรที่ 3 และ 4) นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มระยะเวลา

ในการแช่ในสารละลาย CaCl_2 ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเม็ดบีดส์ได้ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การเลือกใช้วัสดุผนังที่เหมาะสม โดยเฉพาะการใช้อัลจิเนตร่วมกับเจลาติน และการควบคุม เวลาในการแช่สารละลาย CaCl_2 อย่างเหมาะสม มีบทบาทสำคัญต่อ คุณภาพของเม็ดบีดส์พรอพโพลิส ทั้งในด้านความแข็งแรงและความสามารถในการเก็บรักษาสารสำคัญทางชีวภาพ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถนำไปประยุกต์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพ หรือในอุตสาหกรรมอาหารฟังก์ชันในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.4 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์เพื่อให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

จากการศึกษาการพัฒนาเม็ดบีดส์พรอพโพลิสโดยใช้วัสดุผนัง 2 ชนิด ได้แก่ อัลจิเนตร่วมกับเจลาติน และอัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิก พร้อมกับทดสอบระยะเวลาในการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ที่ 5 และ 10 นาที พบว่าสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นการใช้ อัลจิเนตร่วมกับเจลาติน และแช่ใน CaCl_2 เป็นเวลา 10 นาที ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในด้านคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ กล่าวคือ มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด มีสารประกอบฟีนอลิกในระดับสูง และมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เมื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบในรูปแบบเจลลี่พร้อมดีมผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิส 3 รสชาติ ได้แก่ รสลิ้นจี่ รสส้ม และรสมิกซ์เบอร์รี่ ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคจำนวน 30 คน โดยใช้แบบสอบถาม 9-point Hedonic Scale และ Just About Right (JAR) Scale พบว่าตัวอย่างที่ 1 เจลลี่พร้อมดีมรสลิ้นจี่ผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิสได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ทั้งในด้านรสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ตัวอย่างที่ 3 เจลลี่พร้อมดีมรสมิกซ์เบอร์รี่ผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิส ได้รับคะแนนความชอบรองลงมา โดยยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ดี ตัวอย่างที่ 2 เจลลี่พร้อมดีมรสส้มผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิส ได้คะแนนต่ำสุด โดยเฉพาะในด้านรสชาติ กลิ่นพรอพโพลิส และความชอบโดยรวม ซึ่งอาจเกิดจากการที่น้ำส้มไม่สามารถเข้ากันได้กับกลิ่นพรอพโพลิสได้ดีเท่าที่น้ำผลไม้ชนิดอื่น ดังนั้นด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เจลลี่พร้อมดีมที่ผสมเม็ดบีดส์พรอพโพลิสสูตรที่ 1 (รสลิ้นจี่) เป็นสูตรที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ดีที่สุด โดยเฉพาะในด้านรสชาติ กลิ่นพรอพโพลิสที่ไม่แรงจนเกินไป และเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม ในขณะที่รสส้มอาจยังไม่เหมาะสมในการใช้ร่วมกับพรอพโพลิส หากไม่ได้มีการปรับกลิ่นหรือลดกลิ่นพรอพโพลิสที่แรงลง จากการสอบถามความตั้งใจซื้อ พบว่า ร้อยละ 90 ของผู้ทดสอบมีความตั้งใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ หากมีราคาที่เหมาะสมและมีสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียและลดการอักเสบ

บรรณานุกรม



ประวัติผู้เขียน



- Abduh, M. Y., Shafitri, T. R., & Elfahmi, E. (2024). Chemical profiling, bioactive compounds, antioxidant, and anti-inflammatory activities of Indonesian propolis extract produced by *Tetragonula laeviceps*. *Heliyon*, 10(19), e38736.
- Alu'datt, M. H., Alrosan, M., Gammoh, S., Tranchant, C. C., Alhamad, M. N., Rababah, T., . . . Tan, T.-C. (2022). Encapsulation-based technologies for bioactive compounds and their application in the food industry: A roadmap for food-derived functional and health-promoting ingredients. *Food Bioscience*, 50, 101971.
- Anjum, S. I., Ullah, A., Khan, K. A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., . . . Dash, C. K. (2019). Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1695-1703.
- Athikomkulchai, S. (2008). Propolis A Gift from Nature. *Thai Pharmaceutical and Health Science* 290.
- Can, Z., Kara, Y., Kolayli, S., & Çakmak, I. (2024). Antioxidant activity and phenolic composition of propolis from Marmara region, Turkey. *Journal of Apicultural Research*, 63(3), 542-548.
- Chaianurak, P. (2017). *Microencapsulation of Phycocyanin Using Alginate*. Thammasat University. file:///C:/Users/Admin/Downloads/sp4917%20(1).pdf
- Chan, A. K. Y., Tsang, Y. C., Jiang, C. M., Leung, K. C. M., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2023). Diet, Nutrition, and Oral Health in Older Adults: A Review of the Literature. *Dent J (Basel)*, 11(9).
- Chaudhary, V., Thakur, N., Kajla, P., Thakur, S., & Punia, S. (2021). Application of Encapsulation Technology in Edible Films: Carrier of Bioactive Compounds. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5.
- Ćorković, I., Pichler, A., Ivić, I., Šimunović, J., & Kopjar, M. . (2021). Microencapsulation of Chokeberry Polyphenols and Volatiles: Application of Alginate and Pectin as Wall Materials. *Gels*, 7(4).

- Cushnie, T. P. T., & Lamb, A. J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 26(5), 343-356.
- Eiselt, P., Yeh, J., Latvala, R. K., Shea, L. D., & Mooney, D. J. (2000). Porous carriers for biomedical applications based on alginate hydrogels. *Biomaterials*, 21, 1921-1927.
- El-Sakhawy, M., Salama, A., & Mohamed, S. A. A. (2023). Propolis applications in food industries and packaging. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(13), 13731-13746.
- Essifi, I., Nasri, R., Hajji, M., Jridi, M., Nasri, M., & Gharsallah, N. (2023). Optimization of encapsulation of phenolic-rich extract from pomegranate peel using alginate and gum arabic: physicochemical properties and antioxidant activity. *Gels*, 11(3), 172.
- Feraru, A., Tóth, Z.-R., Mureşan-Pop, M., Baia, M., Gyulavári, T., Páll, E., . . . Baia, L. (2023). Anionic Polysaccharide Cryogels: Interaction and In Vitro Behavior of Alginate–Gum Arabic Composites. *Polymers*, 15(8), 1844.
- Fischer, G., Conceição, F. R., Leite, F. P. L., Dummer, L. A., Vargas, G. D. A., Hübner, S. d. O., . . . Vidor, T. (2007). Immunomodulation produced by a green propolis extract on humoral and cellular responses of mice immunized with SuHV-1. *Vaccine*, 25(7), 1250-1256.
- Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How Many Interviews Are Enough?: An Experiment with Data Saturation and Variability. *Field Methods*, 18(1), 59-82.
- Jirayu Musika, T. A. (2020). Producing golden banana syrup beads by extrusion technique. *Agriculture and Technology Journal*, 1(3), 73-80. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/atj/article/view/246767>
- Kamprawet, P., & Vatthanakul, S. . (2018). Producing passion fruit beads by reverse spherification technique. . *Journal of Science and Technology*,, 26(8).
- Kommareddy, S., Shenoy, D., & Amiji, M. (2007). Nanotechnologies for the life sciences. In.

- Koru, O., Toksoy, F., Acikel, C. H., Tunca, Y. M., Baysallar, M., Uskudar Guclu, A., . . . Salih, B. (2007). In vitro antimicrobial activity of propolis samples from different geographical origins against certain oral pathogens. *Anaerobe*, 13(3), 140-145.
- Kučuk, N., Primožič, M., Knez, Ž., & Leitgeb, M. (2024). Alginate Beads with Encapsulated Bioactive Substances from *Mangifera indica* Peels as Promising Peroral Delivery Systems. *Foods*, 13(15).
- Kumazawa, S., Ueda, R., Hamasaka, T., Fukumoto, S., Fujimoto, T., & Nakayama, T. (2007). Antioxidant prenylated flavonoids from propolis collected in Okinawa, Japan. *J Agric Food Chem*, 55(19), 7722-7725.
- Łopusiewicz, Ł., Macieja, S., Śliwiński, M., Bartkowiak, A., Roy, S., & Sobolewski, P. (2022). Alginate Biofunctional Films Modified with Melanin from Watermelon Seeds and Zinc Oxide/Silver Nanoparticles. *Materials (Basel)*, 15(7).
- Mahdavi, S. A., Jafari, S. M., Assadpoor, E., & Dehnad, D. . (2016). Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. . *International Journal of Biological Macromolecules*, , 85, 379-385.
- Moradi Pour, M., Saberi Riseh, R., & Skorik, Y. A. (2022). Sodium Alginate-Gelatin Nanoformulations for Encapsulation of *Bacillus velezensis* and Their Use for Biological Control of Pistachio Gummosis. *Materials (Basel)*, 15(6).
- Mouhoubi-Tafnine, Z., Ouchemoukh, S., & Tamendjari, A. (2016). Antioxydant activity of some algerian honey and propolis. *Industrial Crops and Products*, 88, 85-90.
- Muhammad Azam, M. S., Tanveer Ahmad, Iqra Yamin, Wahab Ali Khan. (2022). Characterization of biopolymeric encapsulation system for improved survival of *Lactobacillus brevis*. *Journal of Food Measurement and Characterization*.
- Nayak, A. K., Das, B., & Maji, R. (2012). Calcium alginate/gum Arabic beads containing glibenclamide: Development and in vitro characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 51(5), 1070-1078.
- Nooeaid, P., Chonhenchob, V., & Devahastin, S. . (2017). Encapsulation of gallic acid in gelatin–alginate complex coacervate particles: Effect of gelatin type and ratio. . *Packaging Technology and Science*,, 30(9), 515-525.

- Ożarowski, M., Karpiński, T. M., Alam, R., & Łochyńska, M. (2022). Antifungal Properties of Chemically Defined Propolis from Various Geographical Regions. *Microorganisms*, 10(2).
- Park, Y. K., Alencar, S. M., & Aguiar, C. L. (2002). Botanical Origin and Chemical Composition of Brazilian Propolis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(9), 2502-2506.
- Patel, A. R., et al. . (2012). Microencapsulation of flavonoids in alginate-gelatin systems. *Journal of Microencapsulation*, 29(5), 485-495.
- Ratanasiriwat, P., Paingam, K., Sangonwong, R., Chaonatri, W., & Pienchob,. (2017). Encapsulation of Crude Extracts from Pomelo Peel. *Rmutto*
- Saqib, M. N., Khaled, B. M., Liu, F., & Zhong, F. (2022). Hydrogel beads for designing future foods: Structures, mechanisms, applications, and challenges. *Food Hydrocolloids for Health*, 2, 100073.
- Singh Tuli, H., Kumar, A., Ramniwas, S., Coudhary, R., Aggarwal, D., Kumar, M., . . . Sak, K. (2022). Ferulic Acid: A Natural Phenol That Inhibits Neoplastic Events through Modulation of Oncogenic Signaling. *Molecules*, 27(21).
- Sreekumar, P. A., et al. (2018). Effect of crosslinking time on encapsulation efficiency in alginate matrices. . *International Journal of Biological Macromolecules*, 116, 774-781.
- T. Swain, W. E. H. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1).
- Varunya Fuangchoom, N. N., Somkiat Jaturonglumlert, Jaturapatr Varith, Kanjana Narkprasom. (2023). Energy-efficient extraction and environmental impact of the kinetic release of total phenolic compounds from longan extract beads. *Maejo International Journal of Energy and Environmental Communication*.
- Wagh, V. D. (2013). Propolis: a wonder bees product and its pharmacological potentials. *Adv Pharmacol Sci*, 2013, 308249.

- Wang, W., et al. . (2019). Gelatin-based encapsulation and release behavior of polyphenolic compounds. *Food Chemistry*, 278, 189-195.
- Zabot, G. L., Schaefer Rodrigues, F., Polano Ody, L., Vinícius Tres, M., Herrera, E., Palacin, H., . . . Olivera-Montenegro, L. (2022). Encapsulation of Bioactive Compounds for Food and Agricultural Applications. *Polymers*, 14(19).
- Zhang, Z., Zhang, R., Zou, L., Chen, L., Ahmed, Y., Bishri, W. A., Balamash, K., & McClements, D. J. . (2016). Encapsulation of curcumin in polysaccharide-based hydrogel beads: Impact of bead type on lipid digestion and curcumin bioaccessibility. . *Food Hydrocolloids*, 58, 160-170.
- Zulhendri, F., Felitti, R., Fearnley, J., & Ravalía, M. (2021). The use of propolis in dentistry, oral health, and medicine: A review. *Journal of Oral Biosciences*, 63(1), 23-34.
- Zulkiflee, N., Taha, H., & Usman, A. (2022). Propolis: Its Role and Efficacy in Human Health and Diseases. *Molecules*, 27(18).
- ถาวรวิธา, จ. (2554, 17 มิถุนายน). การเตรียมตัวอย่างทางชีววิทยาสำหรับศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน.
<https://science.buu.ac.th/mc/uploads/home/Sample%20Prepare.pdf>
- ฟาร์มมาชู้ติคอด, ท. แ. (2024). ระบายคอ มีสาเหตุจากอะไร.
<https://www.propolizspray.com/category/blog/>
- ไวซ์ไซท์, บ. (2023). Customer Generations 2023 เจาะ Insight พฤติกรรมตามช่วงวัย แต่ละ Generation มีพฤติกรรมอย่างไร <https://wisesight.com/th/news/customer-generations-2023/>
- สถานวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. (2565, 5 พฤษภาคม). ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Natural Product) โอกาสของพืชท้องถิ่นบนพื้นที่สูง. <https://www.hrdi.or.th/articles/Detail/1516>
- สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2565). เทคนิคเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation).
<https://www3.rdi.ku.ac.th/cl/knowledge/2565/jun/Encapsulation.pdf>
- สถาบันอาหาร. (2022). อาหารโมเลกุล.
https://fic.nfi.or.th/futurefood/novel_research_detail.php?id=27

สถาบันอาหาร. (2563). การจัดทำรายงานกลยุทธ์การพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพและโภชนาการ
สมัย.

https://www.oie.go.th/assets/portals/1/files/study_report/Healthyfood_Strategy.pdf

f





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แนวทางการสัมภาษณ์เชิงลึกและแบบสอบถามทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์



แนวทางทบทวนสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview)

สำหรับการเชิงลึกจะมีขั้นตอนและแนวทางในการสัมภาษณ์ดังนี้

1. Introduction session (5 นาที)

- ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดโครงการวิจัย จุดประสงค์ของการสัมภาษณ์เชิงลึก รวมถึงลำดับขั้นตอน รายละเอียดของการสัมภาษณ์ และวิธีการเก็บข้อมูลในเอกสารสมัครเข้าร่วมการวิจัย
- อาสาสมัครที่เข้าร่วมการสัมภาษณ์เชิงลึก แนะนำตนเอง และทำความรู้จักกับผู้เข้าร่วมการสัมภาษณ์เชิงลึก ทานอื่นๆ
- เปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมการสัมภาษณ์สอบถามข้อสงสัยก่อนเริ่มการสัมภาษณ์

2. General discussion session (10 นาที)

ทำการพูดคุย สอบถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวันของอาสาสมัคร เช่น

- ลักษณะพฤติกรรม การใช้โทรศัพท์มือถือ
- พฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์และรับประทานอาหาร

3. Detail questioning session (20 นาที)

พูดคุย สอบถาม และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มความเสี่ยงและลดการระคายเคือง และผลิตภัณฑ์จากสารสกัดจากพืช เช่น

- เล่าเรื่องราวประสบการณ์การรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์จากพืช
- เหตุผล หรือปัจจัยที่ทำให้ผู้เข้าร่วมการสัมภาษณ์เลือกรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์จากพืช
- คุณลักษณะ หรือลักษณะของผลิตภัณฑ์จากพืชที่พึงประสงค์สำหรับผู้เข้าร่วมการสัมภาษณ์
- นำเสนอผลิตภัณฑ์จากพืชที่มีวางขายในท้องตลาดปัจจุบันให้แก่ผู้เข้าร่วมการสัมภาษณ์
- สอบถามความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมการสัมภาษณ์
 - สอบถามความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมการสัมภาษณ์
 - ปัญหาหรือข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชที่วางขายตามท้องตลาดในปัจจุบัน
- ความต้องการและความคาดหวังต่อผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับพืชในอนาคต

6. ท่านทราบถึงประโยชน์ของพืชสมุนไพรชนิดใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ 1. ด้านการอักเสบ ☐ 2. แก้ไข้และไข้หวัด ☐ 3. กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน
- ☐ 4. ด้านอนุมูลอิสระ ☐ 5. บำรุงสุขภาพและฟัน ☐ 5. อื่น.....

7. คุณสนใจหรือไม่กับความเป็นตัวของตัวเองของคุณมากน้อยเพียงใด

คุณลักษณะ	ตรงมากที่สุด	ตรงมาก	ตรงบางส่วน	ไม่ตรง	ไม่ตรงมากที่สุด
ดูแลตัวเองด้วยการออกกำลังกายสม่ำเสมอ					
รับประทานอาหารนอกบ้านเป็นประจำ					
ชอบทำอาหารรับประทานเอง					
ชอบซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพบ่อยครั้ง					
ชอบท่องเที่ยวเพื่อหาประสบการณ์ใหม่ๆ					
ชอบเดินทางสำรวจสินค้าเพื่อสุขภาพใหม่ๆ					
ชอบทดลองรับประทานอาหารที่ไม่เคยชิม					
ติดตามข่าวสารและเทรนด์ใหม่ๆอยู่เสมอ					
อื่นๆ					
โปรดระบุ.....					

ตัวชี้แจง ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากพืช 3 ตัวอย่าง โปรดกรอกหมายเลขผู้ทดสอบที่ได้รับและทำเครื่องหมาย X ลงในช่องคำตอบที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด โปรดทำเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างระหว่างคำตอบ

หมายเลขผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

กรุณาตอบคำถามโดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) ในช่อง ที่ตรงกับความรู้สึกของคุณ

8. เมื่อพิจารณา ตัวอย่างโดยรวม คุณชอบ หรือไม่ชอบ ตัวอย่างนี้มากน้อยเพียงใด

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด



แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

แบบสอบถามคัดกรองผู้ทดสอบและสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตัวชี้แจง โปรดตอบแบบสอบถาม โดยทำเครื่องหมาย X ที่ช่อง ☐ เลือกตัวเลือกที่ตรงกับความเป็นจริงเกี่ยวกับท่านมากที่สุด และโปรดตอบทุกข้อคำถาม

หมายเลขผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

- อายุ

☐ 1. 28-30 ปี ☐ 2. 31- 35 ปี ☐ 3. 37- 45 ปี ☐ 4. 46-50 ปี
- คุณมีประวัติแพ้อาหารหรือเกสรดอกไม้หรือไม่ หากแพ้โปรดระบุ

☐ 1. ไม่แพ้อาหาร.....
☐ 2. แพ้อาหารหรือมีอาการแพ้พืชจากสิ่งและอื่นใด โปรดระบุ.....
- คุณรู้จักพืชสมุนไพรหรือไม่

☐ 1. รู้จัก ☐ 2. ไม่รู้จัก
- ใน 12 เดือนที่ผ่านมาเคยใช้ผลิตภัณฑ์จากพืชหรือไม่

☐ 1. เคย ☐ 2. ไม่เคย
- คุณเคยใช้ผลิตภัณฑ์จากพืชเป็นรูปแบบใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ 1. ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารแบบแคปซูล ☐ 2. สบู่สำหรับล้างมือและล้างผิว
☐ 3. ยาสมุนไพรและน้ำมันจากพืช ☐ 4. เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ
☐ 5. ครีมหรือผลิตภัณฑ์ดูแลผิว ☐ 6. อื่น.....

9. เมื่อพิจารณาตัวอย่าง คุณชอบ หรือไม่ชอบ ตัวอย่างนี้มากน้อยเพียงใด

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

10. คุณคิดว่า ตัวอย่างนี้เป็นอย่างไร

1	2	3	4	5
สั้นน้อยที่สุด	สั้นเล็กน้อย	สั้นพอดี	สั้นมาก	สั้นมากที่สุด

11. เมื่อพิจารณาตัวอย่าง คุณชอบ หรือไม่ชอบ ผลิตภัณฑ์จากพืช ของตัวอย่างนี้มากน้อยเพียงใด

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

12. คุณคิดว่า ผลิตภัณฑ์จากพืช ของตัวอย่างนี้เป็นอย่างไร

1	2	3	4	5
สั้นน้อยที่สุด	สั้นเล็กน้อย	สั้นพอดี	สั้นมาก	สั้นมากที่สุด

13. คุณคิดว่า รสชาติ (โดยรวม) ของตัวอย่างนี้เป็นอย่างไร

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

14. คุณคิดว่า รสชาติ ของตัวอย่างนี้เป็นอย่างไร

1	2	3	4	5
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบที่สุด

15. เมื่อชิมตัวอย่าง คุณชอบ หรือไม่ชอบ **เนื้อสัมผัส (ความแข็ง)** ของตัวอย่างนี้มากน้อยเพียงใด

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

16. คุณคิดว่า **เนื้อสัมผัส (ความแข็ง)** ของตัวอย่างนี้เป็นอย่างไร

1	2	3	4	5
แข็งน้อยที่สุด	แข็งเล็กน้อย	แข็งปานกลาง	แข็งมาก	แข็งมากที่สุด

17. คุณมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้สึกกลิ่นหนึ่ง รับประทานตัวอย่างโรบ้าง

1	2	3	4	5
ไม่สดชื่นเลย	สดชื่นเล็กน้อย	สดชื่นพอใช้	สดชื่นเกินไปเล็กน้อย	สดชื่นเกินไปมาก

18. คุณมีอาการและความรู้สึกอย่างไรภายหลังจากที่รับประทานผลิตภัณฑ์นี้ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

- | | | | |
|---|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
| ☐ สุกใส | ☐ เปื่อย/แข็ง | ☐ สดชื่น | ☐ มีกลิ่น |
| ☐ ปลอดภัย | ☐ ประหลาดใจ | ☐ กังวล | ☐ เสียใจ |
| ☐ ประทับใจ | ☐ ว่าง | ☐ คิดหวัง | ☐ ขยะแฉะ |
| ☐ หวังพอใจ | ☐ มีความสุข | ☐ กระฉับกระเฉง | ☐ ดีขึ้นตัว |
| ☐ กระฉือหรือร้อน | ☐ รู้สึกดี | ☐ หงุดหงิด | ☐ อื่นๆ โปรดระบุ..... |

19. ท่านจะตัดสินใจซื้อหรือไม่ หากตัวอย่างมีบรรจุภัณฑ์ และราคาที่เหมาะสม

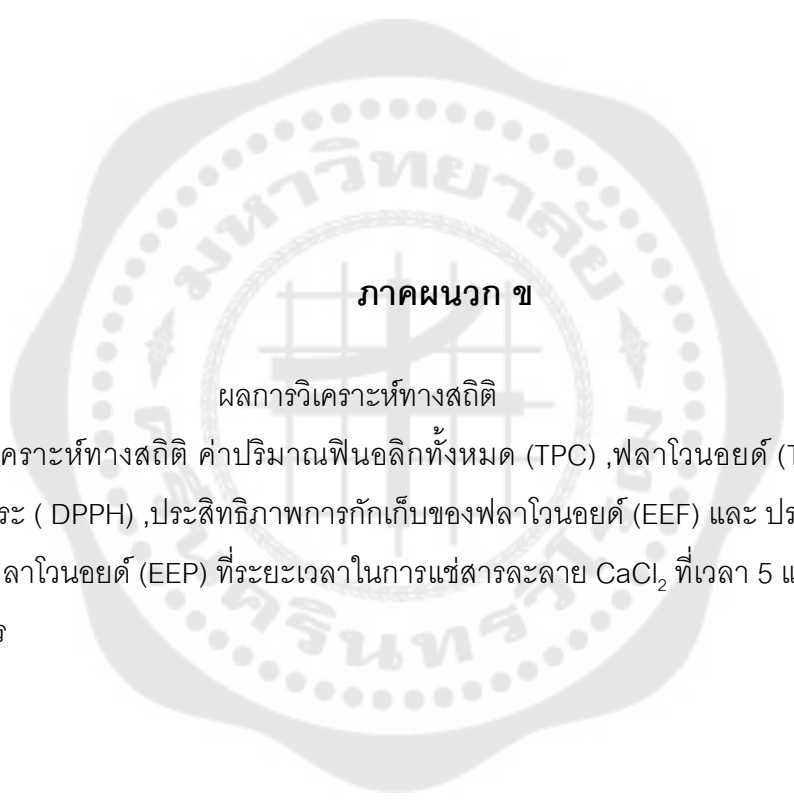
ซื้อ	ไม่แน่ใจต้องการข้อมูลมากขึ้น เช่น ราคา และคุณค่าทางโภชนาการต่างๆ	ไม่ซื้อ
------	--	---------

20. ท่านจะตัดสินใจซื้อหรือไม่ หากผลิตภัณฑ์มีคีย์การ์ดที่มีพร็อพเพอร์ตี้เป็นส่วนประกอบซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่ช่วยเพิ่มความสดชื่นและลดการระคายเคืองอีกด้วยซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียและลดการอักเสบ

ซื้อ	ไม่แน่ใจต้องการข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ราคา และคุณค่าทางโภชนาการต่างๆ	ไม่ซื้อ
------	--	---------

21. ข้อเสนอแนะอื่นๆ





ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ,ฟลาโวนอยด์ (TFC), ค่าการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ,ประสิทธิภาพการกักเก็บของฟลาโวนอยด์ (EEF) และ ประสิทธิภาพการกักเก็บของฟลาโวนอยด์ (EEP) ที่ระยะเวลาในการแช่สารละลาย CaCl_2 ที่เวลา 5 และ 10 นาที ในทั้ง 4 สูตรการ

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: TPC

(I) Formular	(J) Formular	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-615.285 [*]	18.806	.000	-656.260	-574.310
	3	1629.012 [*]	18.806	.000	1588.037	1669.988
	4	1174.017 [*]	18.806	.000	1133.042	1214.993
2	1	615.285 [*]	18.806	.000	574.310	656.260
	3	2244.297 [*]	18.806	.000	2203.322	2285.273
	4	1789.303 [*]	18.806	.000	1748.327	1830.278
3	1	-1629.012 [*]	18.806	.000	-1669.988	-1588.037
	2	-2244.297 [*]	18.806	.000	-2285.273	-2203.322
	4	-454.995 [*]	18.806	.000	-495.970	-414.020
4	1	-1174.017 [*]	18.806	.000	-1214.993	-1133.042
	2	-1789.303 [*]	18.806	.000	-1830.278	-1748.327
	3	454.995 [*]	18.806	.000	414.020	495.970

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

TPC

Formular	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey B ^{a,b}	3	4	1209.4525		
	4	4		1664.4475	
	1	4			2838.4650
	2	4			3453.7500
Duncan ^{a,b}	3	4	1209.4525		
	4	4		1664.4475	
	1	4			2838.4650
	2	4			3453.7500
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 707.343.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. Alpha = .05.

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: TPC

(I) Formular	(J) Formular	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	119.513 [*]	25.767	.001	63.371	175.654
	3	1365.290 [*]	25.767	.000	1309.149	1421.431
	4	1596.620 [*]	25.767	.000	1540.479	1652.761
2	1	-119.513 [*]	25.767	.001	-175.654	-63.371
	3	1245.777 [*]	25.767	.000	1189.636	1301.919
	4	1477.108 [*]	25.767	.000	1420.966	1533.249
3	1	-1365.290 [*]	25.767	.000	-1421.431	-1309.149
	2	-1245.777 [*]	25.767	.000	-1301.919	-1189.636
	4	231.330 [*]	25.767	.000	175.189	287.471
4	1	-1596.620 [*]	25.767	.000	-1652.761	-1540.479
	2	-1477.108 [*]	25.767	.000	-1533.249	-1420.966
	3	-231.330 [*]	25.767	.000	-287.471	-175.189

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

TPC

Formular	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey B ^{a,b}	4	4	1117.9625		
	3	4		1349.2925	
	2	4			2595.0700
	1	4			2714.5825
Duncan ^{a,b}	4	4	1117.9625		
	3	4		1349.2925	
	2	4			2595.0700
	1	4			2714.5825
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1327.855.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. Alpha = .05.

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: TFC

(I) Formular	(J) Formular	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	249.547 [*]	9.665	.000	228.490	270.605
	3	690.815 [*]	9.665	.000	669.758	711.872
	4	412.892 [*]	9.665	.000	391.835	433.950
2	1	-249.547 [*]	9.665	.000	-270.605	-228.490
	3	441.268 [*]	9.665	.000	420.210	462.325
	4	163.345 [*]	9.665	.000	142.288	184.402
3	1	-690.815 [*]	9.665	.000	-711.872	-669.758
	2	-441.268 [*]	9.665	.000	-462.325	-420.210
	4	-277.923 [*]	9.665	.000	-298.980	-256.865
4	1	-412.892 [*]	9.665	.000	-433.950	-391.835
	2	-163.345 [*]	9.665	.000	-184.402	-142.288
	3	277.923 [*]	9.665	.000	256.865	298.980

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

TFC

Formular	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey B ^{a,b}	3	4	714.2650		
	4	4		992.1875	
	2	4			1155.5325
	1	4			1405.0800
Duncan ^{a,b}	3	4	714.2650		
	4	4		992.1875	
	2	4			1155.5325
	1	4			1405.0800
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 186.810.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. Alpha = .05.

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: TFC

(I) Formular	(J) Formular	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	434.047 [*]	10.680	.000	410.779	457.316
	3	766.340 [*]	10.680	.000	743.071	789.609
	4	926.613 [*]	10.680	.000	903.344	949.881
2	1	-434.047 [*]	10.680	.000	-457.316	-410.779
	3	332.293 [*]	10.680	.000	309.024	355.561
	4	492.565 [*]	10.680	.000	469.296	515.834
3	1	-766.340 [*]	10.680	.000	-789.609	-743.071
	2	-332.293 [*]	10.680	.000	-355.561	-309.024
	4	160.273 [*]	10.680	.000	137.004	183.541
4	1	-926.613 [*]	10.680	.000	-949.881	-903.344
	2	-492.565 [*]	10.680	.000	-515.834	-469.296
	3	-160.273 [*]	10.680	.000	-183.541	-137.004

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

TFC

Formular	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey B ^{a,b}	4	704.0000	864.2725	1196.5650	1630.6125
	3				
	2				
	1				
Duncan ^{a,b}	4	704.0000	864.2725	1196.5650	1630.6125
	3				
	2				
	1				
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 228.105.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. Alpha = .05.

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: EEP

(I) Formular	(J) Formular	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-9.377 [*]	.871	.000	-11.386	-7.367
	3	35.097 [*]	.871	.000	33.087	37.106
	4	10.430 [*]	.871	.000	8.420	12.440
2	1	9.377 [*]	.871	.000	7.367	11.386
	3	44.473 [*]	.871	.000	42.464	46.483
	4	19.807 [*]	.871	.000	17.797	21.816
3	1	-35.097 [*]	.871	.000	-37.106	-33.087
	2	-44.473 [*]	.871	.000	-46.483	-42.464
	4	-24.667 [*]	.871	.000	-26.676	-22.657
4	1	-10.430 [*]	.871	.000	-12.440	-8.420
	2	-19.807 [*]	.871	.000	-21.816	-17.797
	3	24.667 [*]	.871	.000	22.657	26.676

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

EEP

Formular	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey HSD ^{a,b}	3	37.3933	62.0600	72.4900	81.8667
	4				
	1				
	2				
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000
Duncan ^{a,b}	3	37.3933	62.0600	72.4900	81.8667
	4				
	1				
	2				
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.139.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: EEP

(I) Formular	(J) Formular	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-4.963 [*]	.456	.000	-6.015	-3.912
	3	16.420 [*]	.456	.000	15.369	17.471
	4	20.543 [*]	.456	.000	19.492	21.595
2	1	4.963 [*]	.456	.000	3.912	6.015
	3	21.383 [*]	.456	.000	20.332	22.435
	4	25.507 [*]	.456	.000	24.455	26.558
3	1	-16.420 [*]	.456	.000	-17.471	-15.369
	2	-21.383 [*]	.456	.000	-22.435	-20.332
	4	4.123 [*]	.456	.000	3.072	5.175
4	1	-20.543 [*]	.456	.000	-21.595	-19.492
	2	-25.507 [*]	.456	.000	-26.558	-24.455
	3	-4.123 [*]	.456	.000	-5.175	-3.072

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

EEP

Formular	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey HSD ^{a,b}	4	51.6633	55.7867	72.2067	77.1700
	3				
	1				
	2				
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000
Duncan ^{a,b}	4	51.6633	55.7867	72.2067	77.1700
	3				
	1				
	2				
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .312.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: EEF

(I) Formular	(J) Formular	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-4.287 [*]	.272	.000	-4.914	-3.659
	3	19.437 [*]	.272	.000	18.809	20.064
	4	1.653 [*]	.272	.000	1.026	2.281
2	1	4.287 [*]	.272	.000	3.659	4.914
	3	23.723 [*]	.272	.000	23.096	24.351
	4	5.940 [*]	.272	.000	5.313	6.567
3	1	-19.437 [*]	.272	.000	-20.064	-18.809
	2	-23.723 [*]	.272	.000	-24.351	-23.096
	4	-17.783 [*]	.272	.000	-18.411	-17.156
4	1	-1.653 [*]	.272	.000	-2.281	-1.026
	2	-5.940 [*]	.272	.000	-6.567	-5.313
	3	17.783 [*]	.272	.000	17.156	18.411

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

EEF

Formular	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey B ^{a,b}	3	50.5067			
	4		68.2900		
	1			69.9433	
	2				74.2300
Duncan ^{a,b}	3	50.5067			
	4		68.2900		
	1			69.9433	
	2				74.2300
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .111.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: EEF

(I) Formular	(J) Formular	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.370	1.334	.788	-3.445	2.705
	3	9.930 [*]	1.334	.000	6.855	13.005
	4	19.897 [*]	1.334	.000	16.821	22.972
2	1	.370	1.334	.788	-2.705	3.445
	3	10.300 [*]	1.334	.000	7.225	13.375
	4	20.267 [*]	1.334	.000	17.191	23.342
3	1	-9.930 [*]	1.334	.000	-13.005	-6.855
	2	-10.300 [*]	1.334	.000	-13.375	-7.225
	4	9.967 [*]	1.334	.000	6.891	13.042
4	1	-19.897 [*]	1.334	.000	-22.972	-16.821
	2	-20.267 [*]	1.334	.000	-23.342	-17.191
	3	-9.967 [*]	1.334	.000	-13.042	-6.891

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

EEF

Formular	N	Subset		
		1	2	3
Tukey B ^{a,b}	4	56.9633		
	3		66.9300	
	1			76.8600
	2			77.2300
Duncan ^{a,b}	4	56.9633		
	3		66.9300	
	1			76.8600
	2			77.2300
Sig.		1.000	1.000	.788

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 2.668.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

