การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

DEVELOPMENT OF HIGH LYCOPENE EDIBLE FILM FROM GAC ARIL

ณัฐชยา บัวดิลก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ณัฐชยา บัวดิลก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
	Development of High Lycopene Edible Film from Gac Aril
ชื่อ – นามสกุล	นางสาวณัฐชยา บัวดิลก
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์กุลวดี สังข์สนิท, Ph.D.
ปีการศึกษา	2563

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์สุภา จุฬคุปต์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์สุภาพร พาเจริญ, Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์กุลวดี สังข์สนิท, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.)
วันที่ 31 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2564

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
ชื่อ – นามสกุล	นางสาวณัฐชยา บัวดิลก
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์กุลวดี สังข์สนิท, Ph.D.
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางกล และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

การศึกษาแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 150 คน โดยใช้แบบสอบถาม การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 5, 10 และ 15 และปริมาณซอร์บิทอล ร้อยละ 10, 20 และ 30 วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าการละลายน้ำ สมบัติทางกล ได้แก่ ค่าการต้านแรงดึงขาดและการยืดตัว และการทดสอบความชอบของผู้บริโภค จำนวน 100 คน โดยวิธี 9 Point Hedonic Scale ทำการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวตามสูตรที่เหมาะสม เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางโภชนาการ ทางกายภาพ ทางจุลินทรีย์ และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ผลการวิจัย พบว่า การศึกษาแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ คือ รูปแบบของแผ่นฟิล์มที่สามารถละลายในปาก ร้อยละ 31.40 วิตามินที่มีความจำเป็นในการบำรุงสายตา คือ เบต้าแคโรทีน ร้อยละ 41.70 หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นแผ่นบางคล้ายขนม ละลายในปากและช่วยบำรุงสายตาผู้บริโภคให้ความสนใจ ร้อยละ 76.00 จากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว พบว่า สูตรที่ 8 เป็นสูตรที่เหมาะสมซึ่งประกอบด้วย แป้งสาลี สตาร์ชมันสำปะหลังและซอร์บิทอล ร้อยละ 10, 10 และ 30 ของปริมาณเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ตามลำดับ และเมื่อนำมาศึกษาสมบัติทางโภชนาการ พบว่า

มีปริมาณเบต้าแคโรทีน เท่ากับ 15,906.77 ไมโครกรัม และปริมาณไลโคปีน เท่ากับ 17,017.69 ไมโครกรัม สมบัติทางกายภาพ ค่าปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.54 สมบัติทางจุลินทรีย์ พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ฉบับที่ 420 พ.ศ.2563 และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.61 ± 0.08 และเมื่อผู้บริโภคได้รับข้อมูลประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์คิดจะซื้อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ร้อยละ 90.00

คำสำคัญ: แผ่นฟิล์มบริโภคได้ เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน

Thesis Title	Development of High Lycopene Edible Film from Gac Aril
Name – Surname	Miss Natchaya Buadilok
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Assistant Professor Orawan Oupathumpanont, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Miss Kullawadee Sungsanit, Ph.D.
Academic Year	2020

ABSTRACT

This research aimed to study the concept development for eye health supplements; the optimal formula of high lycopene edible film products made from gac aril; the physical, chemical, and mechanical properties as well as the consumer acceptance of high lycopene edible film products made from gac aril.

Regarding the concept development for eye health supplements, a sample group of 150 consumers was surveyed through questionnaires. In addition, the optimal formula of high lycopene edible film products made from gac aril was investigated. The factors included 5%, 10% and 15% of cassava starch content and 10%, 20% and 30% of sorbitol were studied in factorial CRD experiments. Next, the optimal formula was selected based on the physical properties (film solubility), the mechanical properties (the tensile strength and the elongation at break) together with the consumer acceptance. The 9-point hedonic scale was used to measure 100 consumers' preference. After that, the optimal formula of high lycopene edible film products was developed. Then, the nutritional, physical, and microbiological properties of the products were examined. Later, the consumer acceptance of high lycopene edible film products made from gac aril was studied.

According to the concept development for eye health supplements, 31.40% of the consumers wanted instantly melting in the mouth films. 41.70% of the consumers believed that the compound helping maintain eye health was Beta-Carotene. Moreover, if the instantly melting in the mouth that could help maintain eye health were developed, 76.00% of the consumers would be interested. Furthermore, it was found

that the optimal formula of high lycopene edible film products was the 8th formula. It included wheat flour (10%), cassava starch content (10%), and sorbitol (30%) of gac aril. The study of the product nutritional properties pointed out that the products contained 15,906.77 μg of Beta-Carotene and 17,017.69 μg of lycopene. The product physical property indicated the water activity of 0.54. The microbiological property of the product passed the requirement of the Notification of the Ministry of Public Health No.420 B.E. 2563 (2020) entitled “Food in a Hermetically Sealed Container”. The average consumer acceptance of high lycopene edible film products made from gac aril was at 7.61 ± 0.08. Finally, when the consumers learned benefits and nutritional information of the product, 90% of them decided to buy the product.

Keywords: edible film, gac aril, Beta-Carotene, lycopene

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.กุลวดี สังข์สนิท อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.สุภา จุฬคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และดร.สุภาพร พาเจริญ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในกระบวนการจัดทำวิทยานิพนธ์เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณบริษัท ซี.วาย.บอสส์ ฟู้ด จำกัด ที่สนับสนุนและจัดหาเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวในการจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ นักศึกษาปริญญาโททุกท่านในหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ที่ให้ความสนับสนุนช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการศึกษาวิจัยและทดสอบในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ ขอขอบพระคุณพ่อ แม่ ครอบครัว และผู้มีพระคุณทุกท่านที่สนับสนุนกำลังทรัพย์และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย รวมทั้งขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนให้ความสนับสนุนช่วยเหลือที่ไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ด้วย

ณัฐชยา บัวดิลก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (5)

กิตติกรรมประกาศ..... (7)

สารบัญ..... (8)

สารบัญตาราง..... (10)

สารบัญรูป..... (11)

บทที่ 1 บทนำ..... 12

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 12

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 14

1.3 สมมติฐานของการวิจัย..... 14

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 14

1.5 กรอบแนวคิดของการวิจัย..... 15

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 15

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16

2.1 ฟิล์มบริโภคได้..... 17

2.2 พลาสติไซเซอร์..... 28

2.3 ฟักข้าว..... 31

2.4 แป้งสาลี..... 37

2.5 แป้งดัดแปร..... 39

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 43

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 47

3.1 วัตถุดิบ..... 47

3.2 อุปกรณ์..... 47

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 48

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง..... 56

3.5 สถานที่ทำการวิจัย..... 56

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล..... 57

4.1 การทดสอบแนวความคิดของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา..... 57

4.2 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว..... 67

4.3 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางจุลินทรีย์ และการยอมรับของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว..... 81

4.4 การศึกษาต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว 89

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 91

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 91

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 93

บรรณานุกรม..... 94

ภาคผนวก..... 109

ภาคผนวก ก แบบสอบถามความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค..... 110

ภาคผนวก ข ขั้นตอนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว.. 123

ภาคผนวก ค รายงานผลการวิเคราะห์..... 127

ภาคผนวก ง แบบตอบรับการตีพิมพ์เผยแพร่..... 131

ประวัติผู้เขียน..... 135

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	องค์ประกอบที่ใช้ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้.....	24
ตารางที่ 2.2	ข้อมูลโภชนาการผลอ่อนฟักข้าว.....	34
ตารางที่ 2.3	ปริมาณไลโคปีนและเบต้าแคโรทีนในเนื้อผลและเมล็ดฟักข้าว.....	36
ตารางที่ 2.4	องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวสาลี.....	39
ตารางที่ 3.1	สูตรในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวทั้ง 9 สูตร...	52
ตารางที่ 4.1	ผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดมุ่งหมายของผู้เชี่ยวชาญ...	59
ตารางที่ 4.2	ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค.....	60
ตารางที่ 4.3	ผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค.....	62
ตารางที่ 4.4	ผลการสำรวจแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์.....	65
ตารางที่ 4.5	ผลการศึกษาลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว...	68
ตารางที่ 4.6	สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว	72
ตารางที่ 4.7	สมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว	75
ตารางที่ 4.8	ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค.....	78
ตารางที่ 4.9	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว..	80
ตารางที่ 4.10	ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว.....	81
ตารางที่ 4.11	ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค.....	84
ตารางที่ 4.12	คะแนนความชอบในด้านต่างๆต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว.....	86
ตารางที่ 4.13	ระดับการยอมรับของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว..	86
ตารางที่ 4.14	การคำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว.....	89

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย..... 15
รูปที่ 2.1 ลักษณะลำต้นของฟักข้าว (ก) การเลี้ยเถาต้นฟักข้าว และ (ข) ลักษณะเถาของต้นฟักข้าว.. 31
รูปที่ 2.2 ลักษณะใบของต้นฟักข้าว..... 32
รูปที่ 2.3 ลักษณะดอกของฟักข้าว (ก) ดอกฟักข้าวตัวผู้ และ(ข) ดอกฟักข้าวตัวเมีย..... 32
รูปที่ 2.4 ผลฟักข้าว (ก) ผลฟักข้าวอ่อน (ข) ภายในผลฟักข้าวอ่อน (ค) ผลฟักข้าวสุก และ (ง) ภายในผลฟักข้าวสุก..... 33
รูปที่ 2.5 ลักษณะเมล็ดฟักข้าว..... 34
รูปที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของไลโคปีน..... 35
รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในเมล็ดข้าวสาลี..... 38
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม..... 49
รูปที่ 3.2 การเตรียมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว..... 51
รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว..... 53
รูปที่ 4.1 แผนผังการแบ่งกลุ่ม..... 76
รูปที่ 4.2 ผู้บริโภคต่อการซื้อผลิตภัณฑ์..... 87
รูปที่ 4.3 เหตุผลที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์..... 88
รูปที่ 4.4 บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว..... 90
รูปที่ ข.1 การเตรียมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว..... 124
รูปที่ ข.2 การกวนส่วนผสมแผ่นฟิล์ม..... 125
รูปที่ ข.3 การปาดแผ่นฟิล์ม..... 125
รูปที่ ข.4 ผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว..... 126

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกในยุคปัจจุบันเป็นการสื่อสารที่ไร้พรมแดน (Globalization) เทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนทุกเพศทุกวัยจนกลายเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของคนในสังคม [1] ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารได้หลากหลาย สะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะระบบไร้สายอย่างอินเตอร์เน็ต (Internet) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีความทันสมัยและมีการพัฒนาตลอดเวลาทั้งทางระบบเครือข่ายและอุปกรณ์รับส่งข้อมูลให้มีขนาดย่อมพกพาง่าย สะดวก สามารถเชื่อมต่อไปยังอินเตอร์เน็ตรับส่งข้อมูล เรียกว่า สมาร์ทโฟน (Smart Phone) [2] ในยุคการติดต่อสื่อสารสมาร์ทโฟนได้กลายมาเป็นปัจจัยที่ 5 เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เนื่องจากมีความสามารถเหนือกว่าโทรศัพท์มือถือทั่วไป เช่น ถ่ายภาพ บันทึกภาพและเสียง ธุรกรรมการเงิน การติดตามข่าวสาร เตือนความจำ เป็นต้น ทำให้มีผู้ใช้สมาร์ทโฟนเป็นจำนวนมากสามารถเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา โดยจากการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พ.ศ. 2561 พบว่า ประชากรอายุ 6 ปีขึ้นไป ประมาณ 63.3 ล้านคน ใช้คอมพิวเตอร์ ร้อยละ 28.30 สมาร์ทโฟน ร้อยละ 89.60 อินเทอร์เน็ต ร้อยละ 56.80 อุปกรณ์เหล่านี้ทำให้มีการใช้สายตาเป็นอย่างมากเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความล้าของสายตาของผู้ใช้งานมักนั่งทำงานหน้าจอภาพตลอดเวลาหรือเกือบตลอดเวลา [3, 131] ซึ่งในปี 2560 มีผู้ป่วยโรคตาจากความผิดปกติของสายตาและการเพ่งมองถึง 3,844 ราย สาเหตุการเกิดโรคมาจากการใช้สายตาเพ่งหน้าจอมากเกินไป แม้จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายอย่างอย่างเฉียบพลันแต่ทำให้เกิดความไม่สบายตาซึ่งเป็นปัญหารบกวนการใช้สายตาอยู่เสมอ [132] ส่งผลให้ผู้ใช้งานมีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาทางสุขภาพทางสายตาในระยะสั้น ได้แก่ ระคายเคืองแสบตา น้ำตาไหล ปวดตา เป็นต้น ในระยะยาว เกิดแผลที่กระจกตา เยื่อบุตาอักเสบ วุ้นในตาเสื่อม เป็นต้น ซึ่งส่งผลเสียหากไม่มีการป้องกันที่ดี [4] อาหารมีส่วนสำคัญในการบำรุงรักษาสุขภาพป้องกันโรค ช่วยลดระยะเวลาหรือเสริมผลการรักษาให้หายดีขึ้น ทำให้เกิดการวิจัยนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมต่างๆ เกิดขึ้น ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุต่างๆ เป็นต้น [5-6] ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เช่น แบรนด์วีต้าเบอร์รี่ มีวิตามินเอสูงช่วยในการมองเห็น วิตามินซี วิตามินอี ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ แอนโธไซยานินและไบโอฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นพฤกษเคมีตามธรรมชาติ สารอาหารเหล่านี้มีประโยชน์ต่อดวงตาเหมาะสำหรับคนวัยทำงานหรือผู้ที่ต้องใช้สายตาอยู่หน้าจอเป็นเวลานาน นักเรียน นักศึกษาหรือผู้ที่อ่านหนังสือเป็นประจำ [7]

ฟักข้าวเป็นผักพื้นบ้านที่มีมานานทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีชื่อเรียกตามแต่ละท้องถิ่น เช่น จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดตาก เรียกผักข้าว จังหวัดแพร่ เรียก มะข้าว จังหวัดปัตตานี เรียกว่า ขี้กาเครือ ในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียก ฟักค้าว เป็นต้น ลักษณะลำต้นเป็นเถา มีมือเกาะเหมือนตำลึง ผลฟักข้าวจะมีรูปร่างกลมและรี มีหนามเล็กๆรอบผล เมื่อสุกจะมีผลสีแดงหรือแดงอมส้ม ภายในมีเมล็ดจำนวนมากเรียงกันคล้ายเมล็ดแตง ฟักข้าวมีแคลเซียม วิตามินซีและเส้นใย [8-9] จากงานวิจัยด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลฟักข้าว พบว่า ในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสุกมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากกว่าแครอท 10 เท่า ไลโคปีนมากกว่ามะเขือเทศ 12 เท่า และไขมัน ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันสายยาว ประมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก [10] จากงานวิจัยศึกษาสรรพคุณทางยาของฟักข้าว พบว่า มีโปรตีนที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อเอชไอวีและเซลล์มะเร็ง [11] นอกจากนี้ยังพบโปรตีนหลายชนิดในผลฟักข้าวที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งในหลอดทดลอง [12] มีคุณสมบัติช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจและเบาหวานจึงมีการนำเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวไปสกัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและยารักษาโรค เป็นต้น ซึ่งประเทศเวียดนามเป็นผู้ผลิตและส่งออกรายใหญ่ของโลก ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารสกัดไลโคปีน เป็นผงบรรจุแคปซูลเนื้อเข้มข้น (Gac Fruit Puree) รวมทั้งในลักษณะเนื้อเข้มข้นแช่แข็ง (Frozen Gac Puree) ประเทศไทยได้นำเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมาใช้เป็นส่วนผสมสำคัญในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มาจากส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการบริโภคและเพื่อการค้าเชิงพาณิชย์ เช่น การสกัดทำเป็นน้ำผลไม้ การทำเป็นอาหารเสริมรูปแบบแท่งข้าวหอมมะลิเคลือบสารสกัดฟักข้าวและใช้เป็นสารแต่งสีในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เป็นต้น [13] ปัจจุบันการรักษาสุขภาพได้รับความสนใจจากคนทั่วโลก ซึ่งกำลังตื่นตัวในการนำผลผลิตทางธรรมชาติมาใช้ประโยชน์เพื่อสุขภาพ โดยหลีกเลี่ยงในการใช้สารเคมีและสารสังเคราะห์ในการผลิตอาหาร [77]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการนำฟักข้าวจากบริษัท ซี.วาย.บอสส์ ฟู้ด จำกัด โดยนำเมล็ดฟักข้าวที่มีเยื่อหุ้มฟักข้าวที่เหลือจากบริษัทเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยแปรรูปให้เป็นแผ่นคล้ายขนมขบเคี้ยวพร้อมรับประทาน สะดวกปลอดภัย นอกจากนี้แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวยังมีใยอาหารและสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายบริโภคได้ทันที สามารถตอบสนองต่อปัญหาสำหรับผู้สูงอายุ วัยทำงานหรือผู้ที่ใช้สายตาเป็นเวลานาน เช่น นักศึกษาหรือผู้ที่ใช้สายตาเป็นประจำ เป็นต้น มีส่วนช่วยบำรุงสายตาเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของฟักข้าวและส่งเสริมผักพื้นบ้านให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา

1.2.2 เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

1.2.3 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

1.2.4 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังและปริมาณซอร์บิทอลมีผลต่อการผลิตคุณภาพของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีขอบเขตในการวิจัย ดังนี้

1.4.1 ขอบเขตเนื้อหาการวิจัย

1.4.1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและออกแบบแบบสอบถาม จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถาม ปรับปรุงและแก้ไขแบบสอบถาม

1.4.1.2 สำรวจผู้บริโภค จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และประเมินผล

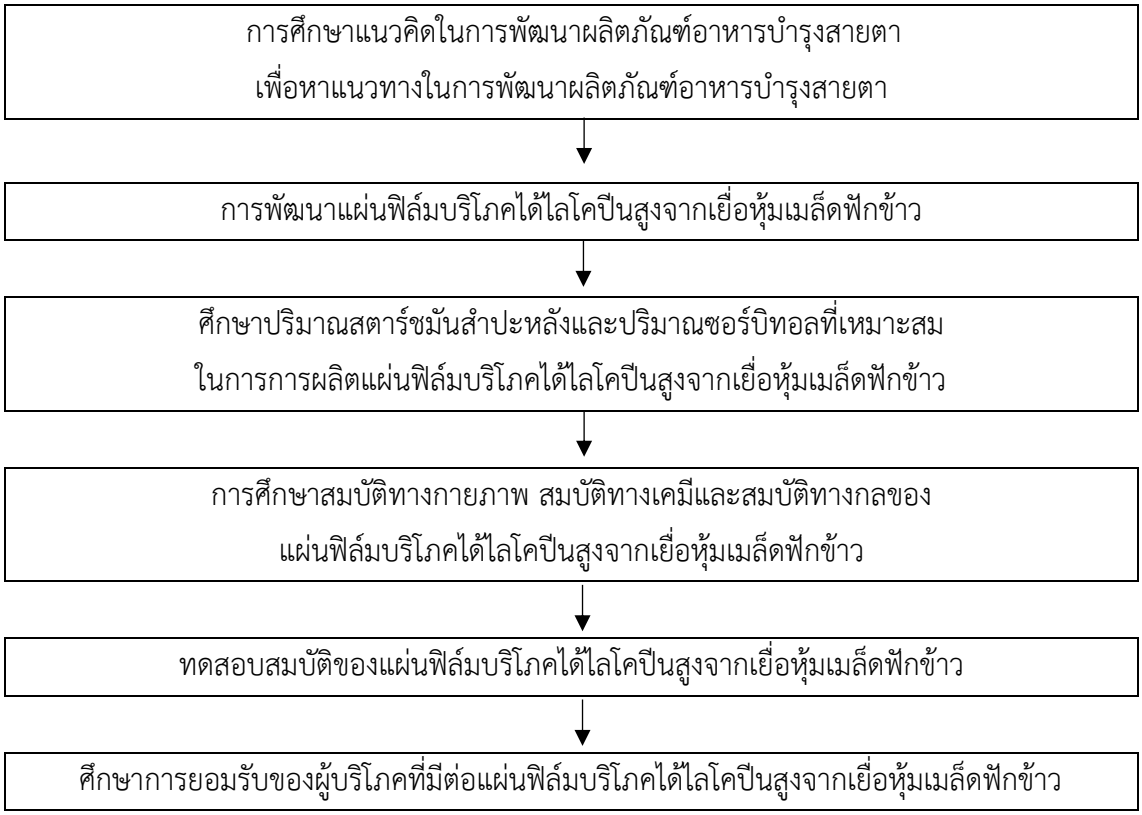
1.4.1.3 เตรียมวัตถุดิบในการผลิตแผ่นฟิล์ม

1.4.1.4 ผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 5, 10 และ 15 และปริมาณซอร์บิทอล ร้อยละ 10, 20 และ 30 (ของน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว 100 มิลลิลิตร) โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง

1.4.1.5 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางกลของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมและศึกษาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

1.4.1.6 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

1.5 กรอบแนวคิดของการวิจัย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ทราบถึงสูตรและกระบวนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

1.6.2 เพิ่มมูลค่าให้กับฟักข้าว

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา สูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ฟิล์มบริโภคได้

- 2.1.1 ความหมายฟิล์มบริโภคได้และสารเคลือบที่บริโภคได้
- 2.1.2 ชนิดของฟิล์มบริโภคและการใช้ประโยชน์
- 2.1.3 กระบวนการผลิตฟิล์มบริโภคได้
- 2.1.4 องค์ประกอบที่ใช้ในการผลิตฟิล์มบริโภคได้
- 2.1.5 สมบัติของฟิล์มที่บริโภคได้
- 2.1.6 การใช้ประโยชน์ของฟิล์มบริโภคได้
- 2.1.7 การทดสอบสมบัติของฟิล์มบริโภคได้

2.2 พลาสติไซเซอร์

- 2.2.1 ความหมายและสมบัติของพลาสติไซเซอร์
- 2.2.2 ชนิดของพลาสติไซเซอร์
- 2.2.3 หลักในการใช้พลาสติไซเซอร์
- 2.2.4 ข้อดีและข้อเสียของการใช้พลาสติไซเซอร์

2.3 ฟักข้าว

- 2.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์
- 2.3.2 ถิ่นกำเนิด
- 2.3.3 ลักษณะของฟักข้าว
- 2.3.4 สารสำคัญที่พบในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
- 2.3.5 การใช้ประโยชน์จากฟักข้าวในอุตสาหกรรมอาหาร

2.4 แป้งสาลี

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.4.2 ถิ่นกำเนิด

2.4.3 ประเภทของแป้งสาลี

2.4.4 ส่วนประกอบเมล็ดข้าวสาลี

2.4.5 กระบวนการผลิต

2.4.6 องค์ประกอบของแป้งสาลี

2.5 แป้งดัดแปร

2.5.1 ความหมายของแป้งดัดแปร

2.5.2 วัตถุประสงค์ของการดัดแปร

2.5.3 วิธีการดัดแปร

2.5.4 การใช้ประโยชน์จากแป้งดัดแปร

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฟิล์มบริโภคได้

2.1.1 ความหมายฟิล์มบริโภคได้และสารเคลือบที่บริโภคได้

ฟิล์มบริโภคได้ (Edible Film) คือ ชั้นบางของวัสดุพอลิเมอร์ชีวภาพ ถ้ามีความหนาต่ำกว่า 0.3 มิลลิเมตร เรียกว่า ฟิล์ม (Film) หากมีความหนามากกว่า 0.3 มิลลิเมตร เรียกว่า แผ่น (Sheet) [14, 90] โดยการใช้วัสดุที่บริโภคได้ เช่น คาร์ไฮเดรต โปรตีน ไขมันและส่วนผสมของการค้า ทำเป็นวัสดุแผ่นบางที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการบรรจุห่อหุ้มอาหารหรือนำมาวางบนอาหาร สามารถรับประทานพร้อมอาหารโดยไม่ต้องทิ้งบรรจุภัณฑ์หรือสามารถปรุงไปพร้อมกับอาหารซึ่งฟิล์มจะกลายเป็นส่วนหนึ่งของอาหาร ซึ่งหากไม่บริโภคสามารถลอกออกทิ้ง โดยสามารถย่อยสลายได้ง่าย นิยมใช้กับอาหาร เช่น การห่อหุ้ม (Enrobing) การจุ่ม (Dipping) การแปรง (Brushing) และการพ่นฝอย (Spraying) เพื่อป้องกันไม่ให้แก๊ส ไอระเหยและสารถูกละลาย (Solute) เข้าหรือออกจากอาหารได้ การใช้บรรจุภัณฑ์บริโภคได้มีส่วนช่วยในการลดปริมาณขยะจากบรรจุภัณฑ์ โดยฟิล์มบริโภคได้สามารถใช้เป็นประโยชน์ต่อการจัดเก็บได้หลากหลาย เช่น ชะลอการถ่ายเทสารระหว่างอาหารที่มีสมบัติต่างกัน เช่น ความชื้น ไขมัน กลิ่น เป็นต้น ซึ่งฟิล์มสามารถใช้เป็นตัวนำสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามิน วัตถุเจือปนอาหาร วัตถุกันเสีย วัตถุกันหืน เป็นต้น ทำให้สามารถช่วยชะลอการเสื่อมเสียของอาหารโดยไม่ต้องใส่ลงโดยตรงในอาหาร ฟิล์มสามารถใช้ในการบรรจุแยกผลิตภัณฑ์ชิ้นเล็กๆได้ง่าย สะดวกต่อการเก็บรักษา ลดการเสียหายจากการขนส่ง โดยสามารถคงคุณภาพตลอดอายุการเก็บ ซึ่งบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้อาจจะไม่สามารถใช้แทน

พลาสติกได้แต่สามารถใช้ร่วมกันเพื่อประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้ควรใช้ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ในชั้นที่ 2 เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม เนื่องจากบรรจุภัณฑ์บริโภคได้เป็นส่วนหนึ่งของอาหารด้วย [14-16, 24-25]

2.1.2 ชนิดของฟิล์มบริโภคและการใช้ประโยชน์ [14-15]

2.1.2.1 ฟิล์มโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides Film)

สามารถใช้โพลีแซคคาไรด์บางชนิดผลิตฟิล์มหรือสารเคลือบที่สามารถรับประทานได้ เช่น แอลจิเนท เพคติน คาราจิแนน สตาร์ช สตาร์ชไฮโดรไลเซต (Hydrolysate) อนุพันธุ์ของเซลลูโลส เป็นต้น เนื่องจากธรรมชาติเหล่านี้ชอบรวมตัวกับน้ำ (Hydrophilic) จึงไม่เหมาะที่จะนำฟิล์มชนิดนี้มาใช้ป้องกันการซึมผ่านความชื้น โพลิแซคคาไรด์บางตัวที่ใช้เคลือบมีลักษณะเหมือนวุ้น (Gelatinous) มีความชื้นสูง ชะลอการสูญเสียความชื้นของอาหารบางอย่างได้ ในช่วงอายุการเก็บสั้นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อ สารเคลือบเจลทำหน้าที่เป็นตัวเก็บอาหาร (Sacrifying Agent) มากกว่าเป็นตัวกลางขวางกั้นการส่งผ่านความชื้น ซึ่งนอกจากนี้ฟิล์มโพลีแซคคาไรด์ยังช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจนในลิพิด (Lipid Oxidation) และองค์ประกอบอื่นในอาหารซึ่งจะทำให้อาหารเหม็นหืน

1) สตาร์ช (Starch) สตาร์ชประกอบด้วยอะมิโลสและอะมิโลเพคตินในปริมาณอัตราส่วนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์พืช อะมิโลสเป็นพอลิเมอร์เส้นตรง มีลักษณะที่สามารถ ทำเป็นฟิล์มในตัวเองจึงใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมฟิล์มได้เช่นกัน แต่เป็นฟิล์มที่มีข้อจำกัดในการใช้งานจึงต้องมีการแยกส่วน (Fractionation) อะมิโลสจากสตาร์ช เพื่อนำมาเตรียมฟิล์ม ลักษณะของฟิล์มอะมิโลส ไม่มีสี ไม่มีรส ไม่เป็นพิษ แข็งแรง ยืดหยุ่น เป็นมันวาว ต้านทานกรีส (Grease) ได้สูง และออกซิเจนซึมผ่านฟิล์มได้ต่ำ ข้อเสีย คือ ปัญหาของการละลายอะมิโลสเพื่อเตรียมฟิล์ม เมื่อเตรียมฟิล์มจะต้องใช้อุณหภูมิสูงภายใต้ความดัน จึงนิยมใช้อนุพันธุ์ของอะมิโลสซึ่งละลายน้ำได้ดีกว่า โดยการนำไปใช้งานฟิล์มอะมิโลส เช่น ถุงบรรจุกาแฟ ชา ซุปสำเร็จรูป ผลิตไส้เทียมสำหรับทำไส้กรอก ใช้เคลือบผลไม้ เช่น ลูกพรุน ลูกกวาดผลไม้ ทำให้ผลไม้ไม่เหนียวติดกันเป็นก้อน

2) แอลจิเนต (Alginate) นิยมใช้รูปของโซเดียมแอลจิเนตสกัดจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล การเกิดฟิล์มของโซเดียมแอลจิเนตเป็นผลจากการเกิดเจล โดยเมื่อทำปฏิกิริยากับ (Polyvalent Cation) แคลเซียมเป็นอิออนที่ทำให้เกิดเจลที่มีประสิทธิภาพสูงสุด นิยมใช้ในรูปเกลือแคลเซียมคลอไรด์ เพราะทำให้เจลวุ้นแน่นเนื้อ คุณภาพดี การเคลือบด้วยฟิล์มแอลจิเนต โดยส่วนใหญ่นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อ เช่น ชิ้นส่วนเนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อไก่ ซึ่งการเคลือบชิ้นเนื้อทำให้มีการสูญเสียน้ำน้อยกว่าชิ้นเนื้อที่ไม่ได้เคลือบ ฟิล์มแอลจิเนตจะยอมให้ความชื้นซึมผ่านได้สูงแต่การเคลือบกลับให้ผลดี เนื่องจากเจลในฟิล์มมีปริมาณความชื้นสูง ความชื้นในเจลจะระเหยออกไปก่อนที่ชิ้นเนื้อที่เจลห่อหุ้มไว้จะสูญเสียความชื้น นอกจากนี้ฟิล์มเจลยังช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวเนื้อ รักษาสีแดงของเนื้อได้นาน

กว่าปกติ ป้องกันการเกิดลิพิดออกซิเดชัน (Lipid Oxidation) ในอาหารและช่วยให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น

3) เพคติน (Pectin) เป็นกลุ่มสารประกอบเชิงซ้อนของโพลิแซคคาไรด์ พบในชั้นลาเมลลา (Lamella) ส่วนกลางของพืช เพคตินที่ใช้เคลือบชนิดที่มีจำนวนของเม็ททๅอกซิลต่ำ (Low Methoxyl) ซึ่งทำให้เกิดเจลขึ้นได้เมื่อสารละลายเพคตินทำปฏิกิริยากับแคลเซียม อิออนหลังจากทำให้เจลแห้งจะเกิดเป็นฟิล์มเพคติน มักใช้เคลือบบนผิวอาหารโดยตรง ฟิล์มนี้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บรักษาอาหาร (Sacrify Agent) ป้องกันอาหารที่ห่อหุ้มไม่ให้สูญเสียน้ำ เนื่องจากฟิล์มเพคติเนทยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้สูง ดังนั้นจึงต้องทำให้ฟิล์มยอมให้การซึมผ่านไอน้ำลดลง โดยการเคลือบฟิล์มลิพิดทับบนฟิล์มเพคติเนทก่อนเพื่อให้ฟิล์มแห้งจึงจะใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้กว้างขึ้น

4) คาราจีแนน (Carrageenan) เป็นกลุ่มสารโพลิแซคคาไรด์ซัลเฟต สกัดจากสาหร่ายสีแดง เมื่อนำสารละลายคาราจีแนนร้อนแล้วทำให้เย็นจะเกิดเป็นเจล เจลคาราจีแนนที่ใช้เคลือบอาหารจะทำหน้าที่เป็นตัวเก็บรักษาอาหาร (Sacrifying Agent) โดยป้องกันการสูญเสียความชื้นในอาหารที่ห่อหุ้มไว้ มักใช้เคลือบชิ้นเนยแข็งเทียมกึ่งชื้น (Intermediate Moisture Cheese Analog) ด้วยเจลผสมกับคาราจีแนนและวุ้น (Agarose) ที่มีกรดซอร์บิคอยู่ด้วย มีผลทำให้จุลินทรีย์เติบโตบนผิวผลิตภัณฑ์ไม่ได้

2.1.2.2 ฟิล์มลิพิด (Lipid Film)

การใช้ไขมันห่อหุ้มผลิตภัณฑ์อาหารมีการใช้เป็นเวลามานาน โดยนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน (Confectionary) เช่น การเคลือบช็อคโกแลตหรือผักผลไม้ เช่น ผลไม้ด้วยไข (Wax) ไขธรรมชาติ (Natural Wax) สารตึงผิว (Surfactant) การเคลือบสารประกอบลิพิดหลายชนิด (Acetylate Monoglyceride) และนำมาใช้เป็นสารเคลือบ โดยทั่วไปการเคลือบอาหารด้วยลิพิดเพื่อป้องกันการถ่ายเทความชื้น แต่การเคลือบด้วยผลไม้ โดยลิพิดจะให้ผลอย่างอื่น เช่น ลดการเสียดสีของผิวผลไม้ในระหว่างการขนถ่าย เพื่อไม่ให้เกิดรอยช้ำ (Soft Scald) หรือเคลือบผลแอปเปิลทันทีหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสีน้ำตาลด้วย เมทธิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน เช่น ลอริก ปาล์มิทิก สเทียริก โอเลอิก ลิโนเลอิก ลิโนเลนิก เป็นต้น หรือน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าวและเลซิทิน ฟิล์มลิพิดได้แก่

1) ไข (Wax) ฟิล์มไขที่รับประทานได้ความชื้นจะซึมผ่านได้ต่ำกว่าฟิล์มลิพิดโดยเฉพาะไขพาราฟิน (Paraffin Wax) ขี้ผึ้ง (Bee Wax) ฟิล์มไขยังลดอัตราการแพร่กระจายของเกลือเบนโซเอทเข้าสู่อาหารได้ดี เช่น ฟิล์มไขพาราฟินและคาร์นูบา (Carnuba) ฟิล์มจากขี้ผึ้งให้ผลต่ำกว่าจึงสามารถใช้ฟิล์มไขในการรักษาความเข้มข้นของสารกันเสียที่ผิวของผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน การเคลือบไขมักใช้กับผักผลไม้สด เช่น ส้ม แอปเปิล กล้วย มันเทศ มะนาว เป็นต้น เพื่อยืดอายุการเก็บหลังเก็บเกี่ยว

โดยเคลือบฟิล์มลิพิดเสริมที่ผิวผักผลไม้แทนสารเคลือบผิวซึ่งเป็นไขธรรมชาติถูกชะล้างได้ง่าย มีผลให้เนื้อเยื่อมีอัตราการสูญเสียน้ำเพิ่มอีกหลายเท่า ทำให้อัตราการหายใจของผักผลไม้สูงขึ้นเก็บได้นานขึ้น นอกจากนี้มีการเคลือบผลไม้บางชนิดด้วยไขหรือน้ำมัน เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ เช่น การเคลือบลูกกวาด เพราะการสูญเสียน้ำทำให้น้ำตาลที่ผิวตกผลึกหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส ซึ่งทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

2) สารตึงผิว (Surfactant) การเคลือบอาหารด้วยสารตึงผิวโดยจะลดค่าของ a_w ที่ผิวหน้า (Superficial Water Activity) ลดอัตราการระเหย โดยสารเคลือบที่ให้ผลดีที่สุด ได้แก่ แอลกอฮอล์ไขมัน (Fatty Alcohol) กลีเซอรอลโมโนพอลมิเทรด (Glyceralmonopalmitate) และกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (Glyceralmonostearate) a_w ที่ผิวหน้ามีผลต่อการเสื่อมสภาพของอาหาร เช่น ถ้าอาหารมี a_w ที่ผิวหน้าต่ำจะชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ ลดปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วย ดังนั้นสารตึงผิวจึงสามารถป้องกันการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ในมันฝรั่ง สาเหตุของการเกิดสารพิษไกลโคแอลคาลอยด์ (Glycoalkloid) สารตึงผิวช่วยลดการคายคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณของเปลือกมันฝรั่ง ทำให้คลอโรพลาส เกิดการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์จนถึงระดับที่จะยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ได้ เช่น การเคลือบในมันฝรั่งด้วยสารตึงผิวจำพวกเลซิทิน (Lecithin) ไฮดรอกซี่เลทเลซิทิน (Hydroxylated Lecitin) หรือทวีน (Tween) เป็นต้น [14-15]

2.1.2.3 ฟิล์มโปรตีน (Protein Film)

โปรตีนที่นิยมนำมาขึ้นรูปฟิล์มและสารเคลือบบริโภคได้จากข้าวโพด ถั่วเหลือง กลูเทนข้าวสาลี นม ได้แก่ เวย์โปรตีนและเคซีน เป็นต้น รำ เจลาติน เคราติน คอลลาเจน กล้ามเนื้อปลา ข้าว ถั่ว ไข่ขาวและไหมเรชิน เป็นต้น [14] มีโครงสร้างเฉพาะของโปรตีนที่แตกต่างจากโพลีแซคคาไรด์ ทำให้ได้ฟิล์มและสารเคลือบบริโภคได้จากโปรตีนที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยการดัดแปรโครงสร้างโปรตีน (Protein Structure) ระดับทุติยภูมิ (Secondary Structure) ระดับตติยภูมิ (Tertiary Structure) ระดับจตุรภูมิ (Quarternary Structure) วิธีทางกายภาพ เช่น ความร้อน ทางกล ความดัน การฉายรังสี วิธีทางเคมี เช่น กรด ด่าง โลหะหนัก เกลือ วิธีทางเอนไซม์และสารเชื่อมข้าม (Cross-Linker) ทำให้สมบัติของฟิล์มเปลี่ยนไปเช่นกัน ได้แก่ สมบัติทางกลด้านแรงดึง สมบัติการป้องกันไอน้ำของฟิล์มเวย์โปรตีนดีขึ้น เมื่อโปรตีนผ่านการให้ความร้อนทำให้เสียสภาพเกิดการสร้างพันธะไดซัลไฟด์ ทำให้ฟิล์มมีความแข็งแรงและป้องกันน้ำได้เพิ่มขึ้น [14, 18]

1) ฟิล์มจากโปรตีนข้าวสาลี กลูเตนเป็นโปรตีนข้าวสาลีที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งจะประกอบด้วย ไกลอะดิน ร้อยละ 75 ที่เหลือเป็นกลูเทนนิน ส่วนประกอบทั้งสองนี้มีพันธะของไดซัลไฟด์ (Disulfide) มีบทบาทในการเกิดฟิล์มกลูเตน ทำให้มีลักษณะการยืดเกาะความยืดหยุ่นดี ฟิล์มกลูเตนมีความแข็งแรง ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านได้น้อย แต่ขึ้นง่ายจึงมีการใช้กลูเตนใช้ร่วมกับ

สารอื่นเพื่อใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ ทำให้เพิ่มมูลค่าได้มากขึ้น เช่น ใช้เคลือบถั่วลิสงอบแห้งก่อนที่เติมเกลือ ใช้ทำแคปซูลบรรจุสีและสารให้กลิ่นรส เพื่อใช้เติมในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น

2) ฟิล์มจากโปรตีนข้าวโพด ซีน (Zein) เป็นโปรตีนกลุ่มที่ละลายในแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 เรียกว่า โพรลามีน (Prolamine) ในทางการค้าซีนยังประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ไม่มีขั้ว ไม่ชอบรวมตัวกับน้ำ (Hydrophobic) เช่น ลูซีน อะลานีน โพรลีน เป็นต้น ในปริมาณสูงทำให้ซีนไม่ละลายน้ำและแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ ซึ่งจะประกอบด้วยกรดกลูทามิกในรูปกลูทามีน ส่วนใหญ่ใช้ในการเคลือบเม็ดยาและผลิตภัณฑ์ขนมหวาน เช่น ถั่ว ผลไม้แห้ง เยลลี่ การเคลือบด้วยซีนแบบแซลแลคจะให้ผลดี เพราะมีอัตราการแห้งเร็วกว่าทำให้ความคงตัวเพิ่มขึ้น สามารถเก็บได้นานในสภาพที่มีความชื้นสูง นอกจากนี้ยังใช้เคลือบเปลือกไข่เพื่อรักษาคงคุณภาพของไข่ ทำให้ไข่มีความต้านทานจุลินทรีย์สูงขึ้น การเคลือบซีนบนผิวอาหารกึ่งชื้น (Intermediate Moisture Food) ได้เติมสารกันเสียลงไป เพื่อไม่ให้จุลินทรีย์เติบโตที่ผิวอาหาร ลดอัตราการแพร่กระจายของสารเคมีเข้าสู่อาหารและรักษาความเข้มข้นของสารที่ผิวนานขึ้น [14-15]

2.1.2.4 ฟิล์มคอมโพสิต (Composite Film)

ฟิล์มจากโปรตีนและโพลิแซคคาไรด์ มีสมบัติป้องกันก๊าซออกซิเจนที่ดีมีสมบัติทางกลปานกลางถึงดีที่ความชื้นสัมพันธ์ มีสมบัติของการป้องกันน้ำต่ำ [19] การผสมกันระหว่างไฮโรคอลลอยด์กับไขมันเพื่อผลิตฟิล์มคอมโพสิต ทำให้ฟิล์มมีโครงสร้างเหมาะกับการใช้งานฟิล์มคอมโพสิตขึ้นรูปได้จากอิมัลชันที่เสถียรหรือการขึ้นรูปเป็นสองชั้นหรือไบไลเยอร์ ฟิล์มในรูปของอิมัลชันขึ้นรูปด้วยการกระจายของเม็ดโมเลกุลไขมันในโครงสร้างเมตริกซ์ไฮโดรคอลลอยด์ [20] โดยในบางครั้งจะต้องอาศัยอิมัลซิไฟเออร์ในการขึ้นรูปแบบซึ่งอิมัลชันที่เสถียร โดยเกิดการกระจายของเม็ดโมเลกุลไขมันในโครงสร้างเมติชริซ์พอลิเมอร์ การขึ้นรูปฟิล์มแบบอิมัลชันเป็นวิธีง่ายกว่าฟิล์มแบบสองชั้น โดยแม้ว่าฟิล์มแบบอิมัลชันมีค่าการป้องกันน้ำต่ำกว่าฟิล์มแบบสองชั้น [21-22] ขนาดอนุภาคไขมันที่เล็กและการกระจายอย่างทั่วถึงในโครงสร้างเมตริกซ์ของพอลิเมอร์ ทำให้ฟิล์มแบบอิมัลชันป้องกันน้ำได้ [23]

2.1.2.5 ฟิล์มพูเรจากผลไม้และผัก (Fruit and Vegetable Purees)

พูเรจากผลไม้และผักมีองค์ประกอบที่ดีในการเป็นวัสดุสำหรับผลิตเป็นฟิล์มและสารเคลือบบริโภคได้ สามารถนำผลไม้ที่สุกเกินบริโภค ผลไม้ที่มีคุณภาพต่ำหรือผลไม้ที่มีตำหนิมาใช้เป็นวัตถุดิบเป็นการลดปริมาณการสูญเสียผลิตผลทางเกษตร โดยนำผักและผลไม้มาผลิตเป็นฟิล์มบริโภคได้ เช่น สตอเบอร์รี่ แอปริคอต แอปเปิล แพร์ แครอท บร็อกโคลี่ มะม่วง เป็นต้น [24-26, 28-29] พอลิเมอร์ชีวภาพที่พบในพูเรผักและผลไม้ส่วนใหญ่เป็นโพลิแซ็คคาร์ไรด์ ได้แก่ เพคติน สตาร์ช อนุพันธ์เซลลูโลส โปรตีนและไขมันบางชนิด [27] โดยเป็นองค์ประกอบหลักสำหรับการทำฟิล์มบริโภคได้ นอกจากนี้ฟิล์มบริโภคได้จากพืชเขตร้อนมีการวิจัย เช่น กล้วย [28] และมะม่วง [26, 28-30] ฟิล์มจากผักและผลไม้

ไม่เพียงแต่มีสมบัติทางกลและการป้องกันก๊าซออกซิเจน นอกจากนี้ยังให้สี กลิ่น รสจากเม็ดสี (Pigment) และสารประกอบระเหยง่าย (Volatile Compound) ของผักและผลไม้ที่ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพอาหาร [14]

2.1.3 กระบวนการผลิตฟิล์มบริโภคได้

กระบวนการผลิตฟิล์มบริโภคได้ สามารถจำแนกได้ 2 ขั้นตอน คือ กระบวนการหลังการอบแห้งและกระบวนการก่อนการอบแห้ง [31] กระบวนการก่อนการอบแห้งได้มีการใช้ส่วนประกอบสำคัญเป็นส่วนผสมและใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมมาช่วยในการรวมตัวเป็นโครงสร้างของแผ่นฟิล์ม รวมทั้งการพัฒนาโดยใช้องค์ประกอบของพลาสติไซเซอร์ (Plasticizers) มาช่วยลดความตึงบริเวณผิวแผ่นฟิล์มระหว่างทำการอบแห้ง ทำให้มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปผลิตเป็นแผ่นฟิล์มได้ด้วยกรรมวิธีต่างๆ กระบวนการอบแห้งจะทำให้แผ่นฟิล์มปราศจากความชื้นซึ่งอาจใช้กระบวนการทางความร้อนเป็นผลให้แผ่นฟิล์มที่ได้ มีคุณสมบัติไม่ตรงตามต้องการ ดังนั้นกระบวนการผลิตจึงจำเป็นต้องใช้องค์ประกอบจากพลาสติกไซเซอร์หรือองค์ประกอบอื่นๆเพิ่มเข้าไป ทำให้โครงสร้างของแผ่นฟิล์มมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีลักษณะการเปราะลดลงและสามารถยืดหยุ่นได้

2.1.3.1 กลไกการเกิดฟิล์ม [14, 16]

การเกิดฟิล์มโดยทั่วไปเกิดขึ้นจากการทำให้สารที่สามารถเกิดฟิล์มละลายหรือกระจายตัวแล้วใช้วิธีต่างๆในการแยกสารนั้นออกจากตัวทำละลายระเหยไป การปรับความเป็นกรด-เบส หรือการทำให้สารที่เกิดฟิล์มที่หลอมเหลวแข็งตัว ฟิล์มบริโภคได้มีองค์ประกอบหลัก คือ ตัวทำละลายและสารเจือปนที่เติมลงไปเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์ม ซึ่งในการเตรียมฟิล์มนั้นมักจะมีแรง ที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 แรง คือ แรงโคฮีชัน (Cohesion) และแรงแอดฮีชัน (Adhesion)

1) แรงโคฮีชัน (Cohesion) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลระหว่างพอลิเมอร์ด้วยกัน ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการเกิดฟิล์ม ทำให้เกิดการเชื่อมของผิววัตถุเดียวกันแล้วสร้างพันธะที่แข็งแรงป้องกันหรือต้านทานการแยกออกจากกัน แรงโคฮีชันมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุล โดยความสม่ำเสมอของโครงสร้างสายโซ่ การแผ่กิ่งก้านสาขาและการกระจายของกลุ่มที่มีขั้วบนสายพอลิเมอร์สายพอลิเมอร์ยาว ทำให้เกิดการยึดเกาะกันได้ดี การกระจายของกลุ่มที่มีขั้วอย่างมีระเบียบในสายพอลิเมอร์ช่วยให้เกิดพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิกระหว่างสายโซ่ ทำให้มีความแข็งแรง ระดับของโคฮีชันมีผลต่อคุณสมบัติของฟิล์ม ได้แก่ ความสามารถในการซึมผ่าน (Permeability) ความยืดหยุ่น (Flexity) ความอัดแน่น (Compactness) ความโปร่งรูพรุน (Porosity) ความหนาแน่น (Density) ความเปราะ (Vulnerability) เป็นต้น

2) แรงแอดฮีชัน (Adhesion) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์กับสารอื่นๆ เกี่ยวกับการเตรียมฟิล์ม ทำให้เกิดโครงร่างของฟิล์ม เช่น แรงระหว่างโมเลกุลพอลิเมอร์กับพลาสติไซเซอร์ ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆของฟิล์ม

2.1.3.2 การขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม [36]

การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ต้องควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม เพื่อให้ฟิล์มขึ้นรูปไม่เร็วเกินไปเพราะฟิล์มจะไม่สม่ำเสมอ ผิวหน้าขรุขระ แตกง่าย

1) วิธีการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม

(1) การขึ้นรูปโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent Casting) เป็นการทำฟิล์มด้วยการนำสารละลายผสมของฟิล์มที่เตรียมไว้ ทาแผ่เป็นแผ่นบางลงบนถาดหรือภาชนะที่ใช้ในการเตรียมฟิล์ม โดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้แห้ง แล้วลอกออกเป็นแผ่นฟิล์ม อาจมีการเคลือบฟิล์มซ้ำด้วยสารที่มีคุณสมบัติในด้านการปรับปรุงคุณภาพของฟิล์ม เช่น เคลือบทับด้วยไขพาราฟิน เพื่อช่วยให้ฟิล์มมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านไอน้ำได้ดีขึ้น เป็นต้น

(2) การขึ้นรูปด้วยเอ็กซ์ทรูดเดอร์ (Extruder) เป็นการทำให้เกิดฟิล์มโดยการใช้เครื่องมือในการทำให้ฟิล์มขึ้นรูปเป็นแผ่นบางด้วยการผสม จากนั้นทำแห้ง พร้อมทั้งฉีดพ่นออกมาเป็นแผ่นจากเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์ คล้ายกับวิธีการผลิตฟิล์มพลาสติกทั่วไป

(3) การขึ้นรูปบนลูกกลิ้ง (Celenderling) เป็นวิธีที่ทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มด้วยลูกกลิ้ง โดยผ่านแผ่นฟิล์มเข้าไปยังลูกกลิ้งร้อนเพื่อรีดให้ฟิล์มเรียบและแห้ง ความหนาของฟิล์มที่ได้ขึ้นอยู่กับแรงกดอัดของลูกกลิ้งบนแผ่นฟิล์มและระยะห่างระหว่าง 2 ลูกกลิ้งที่ฟิล์มผ่านเข้าไป

สารที่ใช้ทำฟิล์มมีหลายชนิด โดยอาจใช้สารชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดรวมกัน โดยนำลักษณะเด่นของแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์ ซึ่งประสิทธิภาพของฟิล์มแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตที่ต้องมีการควบคุมวิธีการให้เหมาะสม การเพิ่มความร้อนหรืออัตราการระเหยของสารละลายที่ใช้ฟิล์มและความเข้มข้นของตัวกลางที่ใช้มีผลต่อแรงในการเกาะตัวของแผ่นฟิล์ม ทำให้เกิดฟิล์มที่มีลักษณะไม่เกาะตัวหรือเกิดรูพรุนในฟิล์ม แรงในการเกาะตัวของฟิล์มทั้งแรงโคฮีชันและแรงแอดฮีชัน ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของฟิล์ม โดยขึ้นอยู่กับโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีของสารพอลิเมอร์ที่ผลิตได้

2.1.4 องค์ประกอบที่ใช้ในการผลิตฟิล์มบริโภคได้

การทำฟิล์มบริโภคได้ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบ เช่น ไบโอพอลิเมอร์ (Biopolymers), โปรตีน (Proteins), โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides), ไขมัน (Lipids) สารสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติคล้ายยาง (Resin) สามารถนำมาใช้ได้เพียงชนิดเดียวหรือนำมาผสมกันได้ เช่น ไบโอพอลิเมอร์มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี สามารถทำให้คุณสมบัติของฟิล์มหรือสารเคลือบมีความเหมาะสม [32] ซึ่งการเก็บรักษาหรือการใช้ประโยชน์ของฟิล์มบริโภคต้องมีการป้องกันความชื้นเป็นอย่างดี ฟิล์มบริโภคที่ใช้องค์ประกอบจาก

โปรตีนซึ่งได้มาจากโปรตีนที่ได้จากสัตว์และโปรตีนที่ได้จากพืช เช่น เนื้อเยื่อสัตว์ นมและไขมัน การปรับปรุงคุณสมบัติของโปรตีนทำได้ง่ายด้วยวิธีทางความร้อน ความดันการฉายรังสีและกรรมวิธีทางเครื่องจักร โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อโครงสร้างของโปรตีน เช่น ความหนืด ความสมดุลระหว่างไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) และไฮโดรโฟบิค (Hydrophobic) ปัจจัยดังกล่าวเป็นการทำให้แผ่นฟิล์มที่รับประทานได้มีคุณสมบัติตามต้องการ [31, 33]

การผลิตฟิล์มบริโภคได้ต้องใช้ส่วนประกอบต่างชนิดกันอาจใช้องค์ประกอบอื่นเป็นส่วนช่วยในการยับยั้งกระบวนการออกซิเดชั่น ยับยั้งกลิ่นทำให้ฟิล์มมีคุณสมบัติที่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของอาหารและความปลอดภัย ฟิล์มบริโภคได้สามารถแบ่งตามองค์ประกอบของแผ่นฟิล์มได้หลากหลายตามวัตถุดิบตั้งต้นที่นำมาผลิตแผ่นฟิล์ม ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบที่ใช้ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้

องค์ประกอบ		วัตถุดิบ
วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นฟิล์ม	โปรตีน	คอลลาเจน, เจลาติน, เคซีน, เคราติน, โปรตีน, โปรตีนหางนม, โปรตีนข้าวสาลี, โปรตีนถั่วเหลือง, โปรตีนจากไข่ขาว, โปรตีนจากข้าวฟ่าง, โปรตีนจากถั่ว, โปรตีนจากถั่วลิสง
	โพลีแซคคาไรด์	แป้ง, แป้งดัดแปร, เซลลูโลสดัดแปร, สาหร่ายทะเล, เพคติน
	ไขมัน	ขี้ผึ้ง, เรซิน
พลาสติไซเซอร์		กลีเซอรีน, ซอร์บิทอล, โพรไพลีนไกคอล, พอลิเอทิลีนไกลคอล, น้ำ, ซูโครส
องค์ประกอบอื่น		อิมัลซิฟายเออร์ที่ใช้ไขมันเป็นส่วนผสม

ที่มา : [34]

2.1.5 สมบัติของฟิล์มที่บริโภคได้

คุณสมบัติของฟิล์มที่บริโภคได้และสารเคลือบที่บริโภคได้มีลักษณะขึ้นอยู่กับชนิดของสภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยอาหารต่างชนิดกันใช้ฟิล์มหรือสารเคลือบที่แตกต่างกัน พิจารณาจากคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพทางผลิตภัณฑ์ เช่น คุณสมบัติในการป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้นและแก๊ส รวมถึงสภาพการเก็บ การขนส่ง กระบวนการผลิตและวัตถุประสงค์ในการผลิต เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีกรดไขมันสูงมากจำเป็นต้องใช้ฟิล์มที่มีความต้านทานการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนสูง ผักและผลไม้สดจำเป็นต้องเคลือบฟิล์ม เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นในปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Enzymatic Browning Reaction) ผลิตภัณฑ์ขนมอบจำเป็นที่จะต้องเคลือบฟิล์ม เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Caramelization)

ในผลิตภัณฑ์ดีขึ้น โดยในผลิตภัณฑ์แช่แข็งสำเร็จรูปต้องการให้ผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดรวมกันจึงใช้ฟิล์มหรือสารเคลือบบริโภคได้ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ซึ่งไม่มีผลต่อรสชาติและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ในด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า ปัญหาของเสียที่มาจากภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้มีการค้นคว้าและพัฒนาถึงภาชนะบรรจุที่ย่อยสลายหรือบริโภคได้มากขึ้น [35]

2.1.6 การใช้ประโยชน์ของฟิล์มบริโภคได้ [14, 15]

การใช้ฟิล์มบริโภคได้สามารถนำมาใช้ในรูปของการเคลือบผิวของอาหาร เช่น การจุ่ม (Dipping) การแปรง (Brushing) การพ่นฝอย (Spraying) และการผลิตเป็นฟิล์มบริโภคได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ดังนี้

2.1.6.1 ตัวกันก๊าซ

คุณสมบัติเป็นตัวกั้นก๊าซของฟิล์มทำให้สามารถนำฟิล์มที่มีคุณสมบัติกั้นก๊าซได้ดีใช้เป็นภาชนะบรรจุภัณฑ์ในการป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นในอาหาร ในทางตรงกันข้ามความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซในฟิล์มบางชนิด ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเคลือบผักและผลไม้สด โดยเฉพาะความสามารถในการผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากผักและผลไม้ยังคงมีชีวิต เมื่อเก็บเกี่ยวจะมีอัตราการหายใจลดลง มีการสูญเสียน้ำหนัก การชะลอการสุกหรือชะลอการเสื่อมสภาพของผักและผลไม้เนื่องจากความสามารถในการซึมผ่านก๊าซและไอน้ำที่แตกต่างกันของสารเคลือบ ทำให้เกิดสภาพของบรรยากาศภายในมีการดัดแปลงไป โดยมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำลงเป็นผลให้อัตราการหายใจ การสร้างก๊าซเอทิลีนและการสูญเสียน้ำลดลง ดังนั้นการพัฒนาฟิล์มบริโภคได้ให้มีคุณสมบัติให้ก๊าซบางชนิดซึมผ่าน สามารถช่วยควบคุมอัตราการหายใจและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้

2.1.6.2 ตัวกั้นความชื้น

ผลิตภัณฑ์อาหารอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์อาหาร เพราะมีการแพร่ของความชื้นแตกต่างกัน ความดันไอน้ำหรือความเข้มข้นขององค์ประกอบ เช่น ในผลิตภัณฑ์ลูกอม ลูกกวาดและผลิตภัณฑ์ที่เคลือบในช็อคโกแลต แครกเกอร์ เป็นต้น ลักษณะที่ไม่ต้องการเป็นผลจากปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงใช้ สารเคลือบแป้งข้าวโพดและอัลจิเนตในผลิตภัณฑ์เนื้อ พบว่า สามารถลดการสูญเสียความชื้นได้ ร้อยละ 40-48 การใช้ฟิล์มลิพิด-เซลลูโลส เพื่อป้องกันการซึมผ่านความชื้นระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แช่แข็ง พบว่าแผ่นฟิล์มมีประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านความชื้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แช่แข็งที่ไม่ใช้แผ่นฟิล์ม ซึ่งในการใช้สารเคลือบระหว่างโซเดียม เคซีเนตและกรดสเทียริกกับแครอทที่ปอกเปลือกแล้ว พบว่า สารเคลือบจะทำให้เกิดความคงตัวในช่วงระยะการเก็บและลดการสูญเสียความชื้น

2.1.6.3 ตัวกั้นไขมันและน้ำมัน

การเสื่อมเสียในอาหารที่เกิดจากไขมันและน้ำมันนั้น จึงทำให้ฟิล์มเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นส่งผลให้อาหารมีกลิ่นหืน จึงต้องมีการป้องกันและรักษาคุณภาพอาหาร

2.1.6.4 การห่อหุ้มผิวหน้าอาหาร

การควบคุมการแพร่กระจายของวัตถุเจือปนอาหาร (Food Additive) เข้าสู่ภายในส่วนกลางของอาหาร ปรับปรุงความคงทนของอาหารด้านจุลินทรีย์ โดยพื้นที่ผิวจุลินทรีย์เจริญเติบโตเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด การใช้ฟิล์มบริโภคได้จึงถูกนำมาใช้การปรับปรุงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในอาหาร โดยสามารถใช้ร่วมกับวิธีอื่น เช่น การแช่เย็น การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ เป็นต้น

2.1.6.5 ประโยชน์ของฟิล์มบริโภคได้ที่นำมาใช้ในปัจจุบัน [17]

1) การบริโภคฟิล์มบริโภคได้พร้อมกับผลิตภัณฑ์บรรจุเป็นการลดปัญหามลพิษ

2) ในการที่ไม่บริโภคฟิล์มบริโภคได้ ซึ่งฟิล์มที่ทิ้งไปสามารถย่อยสลายได้

3) เพื่อเพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแผ่นฟิล์มช่วยในการเก็บรักษาสารประกอบที่ให้กลิ่น รสชาติ เป็นต้น

4) เมื่อใช้งานเนื้อฟิล์มจะเข้ากันได้ดีกับสารประกอบให้กลิ่นรส และความหวาน

5) เสริมคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะฟิล์มที่ทำจากโปรตีน

6) การใช้ห่อหุ้มผลิตภัณฑ์อาหาร โดยแยกแต่ละชั้นและใช้เป็นแผ่นกันระหว่างอาหารที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ

7) ใช้หุ้มอาหาร โดยแยกออกเป็นชิ้น เช่น สตอเบอร์รี่ แอปเปิล แครอท แพร์ เป็นต้น เพื่อไม่ให้เป็นก้อนติดกันหรือเกิดรอยช้ำ

8) ทำหน้าที่เก็บจุลินทรีย์และสารกันหืน โดยควบคุมอัตราการเคลื่อนที่ของสารกันเสียจากฟิล์มที่เข้าสู่อาหาร

9) สามารถทำฟิล์มให้เป็นแคปซูล บรรจุสารให้กลิ่นหรือรส สารที่ทำให้ฟู เพื่อควบคุมการเติมสารที่ใส่ลงไปในอาหารให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

10) สามารถใช้ร่วมกันกับฟิล์มพลาสติก หรือใช้ฟิล์มบริโภคได้สัมผัสกับอาหารได้โดยตรง

2.1.7 การทดสอบสมบัติของฟิล์มบริโภคได้ [14-15, 37-38, 61]

การใช้พอลิเมอร์ธรรมชาติ เช่น โปรตีน โพลิแซคคาไรด์ขึ้นรูปฟิล์มหรือสารเคลือบเพื่อป้องกันการเสื่อมเสีย ยืดอายุผลิตภัณฑ์อาหารที่คงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความปลอดภัยเป็นหลักสำคัญ โดยทั่วไปฟิล์มและสารเคลือบมีสมบัติการป้องกันไอน้ำก๊าซมาจากพอลิเมอร์และสารอื่นที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพหรือสมบัติทางกล ปฏิกิริยาเคมีและการเติบโตของจุลินทรีย์ สมบัติของฟิล์มบอกถึงสภาวะของสารเคลือบผิวบริโภคได้จึงต้องตรวจสอบสมบัติของฟิล์มบริโภคได้ก่อนนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารและผลิตผลทางการเกษตรต่อไป โดยการทดสอบคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้มีดังนี้

2.1.7.1 การวัดความหนา (Thickness) มาตรฐาน ASTM D 654-92 ตัดแผ่นฟิล์มขนาด 12×12 ตารางเซนติเมตร โดยวัดด้วยเครื่องไมโครมิเตอร์ในตำแหน่งต่างๆของแผ่นฟิล์มประกอบด้วยมุมทั้ง 4 มุม และตรงกลางของแผ่นฟิล์ม จากนั้นหาค่าเฉลี่ยความหนาของแผ่นฟิล์ม

2.1.7.2 การวัดการต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัว (Tensile Strength and Elongation) มาตรฐาน ASTM D 882-95a โดยนำฟิล์มขนาด 6.5×2.4 เซนติเมตร ความลึกกว้าง 1.2 เซนติเมตร ตัดเป็นรูปดรัมเบล (Dumbbell) วัดค่าการต้านทานแรงดึงและร้อยละความยืดตัวด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT.plus ที่มีการปรับระยะห่างของ grip separation load 27 มิลลิเมตร คำนวณค่าการต้านทานแรงดึง (Tensile Strength:TS) และร้อยละความยืดตัว (Elongation:%E)

2.1.7.3 การวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Transmission Rate) มาตรฐาน ASTM E 96-95 เตรียมฟิล์มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร วางผนึกบนปากถ้วย โดยหาความชื้นที่บรรจุซิลิกาเจลไว้ 15 กรัม ปิดผนึกด้วยตัวยึด หล่อด้วยพาราฟินเหลวจนกระทั่งแข็งตัว ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นแล้วใส่ในโถดูดความชื้น ปรับค่าความชื้นสัมพันธ์ ร้อยละ 75 เก็บรักษาที่ตู้อบอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ตรวจสอบน้ำหนักของถ้วยทุกๆ 24 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ จากนั้นคำนวณหาอัตราการซึมผ่านไอน้ำ

2.1.7.4 การวัดการต้านทานน้ำมัน (Oil Resistance) มาตรฐาน มอก. 654-2549 โดยนำตัวอย่างฟิล์มขนาด 7×10 เซนติเมตร วางบนกระดาษขาวจากนั้นนำทรายหนัก 2 กรัม วางบนแผ่นฟิล์มจากนั้นหยดน้ำมันพืช ลงบนกองทรายจนชุ่ม สังเกตการณ์ซึมผ่านได้ของน้ำมันไปยังกระดาษขาวทุกๆ 24 ชั่วโมง บันทึกเวลาทั้งหมดที่น้ำมันซึมผ่านกระดาษขาว โดยเป็นค่าในการต้านทานน้ำมันของฟิล์ม

2.1.7.5 การวัดค่าสี (BYK-Gardner) วัดค่าสี โดยวางตัวอย่างบนแผ่นมาตรฐานสีขาว

2.2 พลาสติไซเซอร์

2.2.1 ความหมายและสมบัติของพลาสติไซเซอร์

พลาสติไซเซอร์ (Plasticizer) ตามนิยามของ IUPAC หมายถึง สารที่เข้าไปรวมอยู่กับพลาสติกหรืออีลาสโตเมอร์ (Elastomer) ช่วยเพิ่มความอ่อนตัว ความคงทนต่อการใช้งาน การยืดตัว [39] เป็นสารจำเป็นในการผลิตฟิล์ม มีหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพของฟิล์มให้มีความยืดหยุ่น ไม่แตกหักระหว่างการนำไปใช้และการเก็บรักษา การเติมสารพลาสติไซเซอร์ในฟิล์มบริโภคนั้นใช้วิธีการละลาย พลาสติไซเซอร์และพอลิเมอร์ในตัวทำละลายพร้อมกันระหว่างการละลายมีการกวนผสมให้ความร้อนแล้วนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม จากนั้นระเหยตัวทำละลายออก เนื่องจากพลาสติไซเซอร์ลดแรงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์จึงเพิ่มปริมาตรอิสระและเพิ่มการเคลื่อนตัวของสายโซ่พอลิเมอร์โดยทั่วไปวัตถุประสงค์การใช้พลาสติไซเซอร์มีดังนี้ ช่วยในกระบวนการผลิต ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ลดอุณหภูมิในกระบวนการผลิตและลดการติดกับแม่พิมพ์และเพิ่มความชื้นบนพื้นผิว เป็นต้น [36, 40-43]

คุณสมบัติของพลาสติไซเซอร์ต้องรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิเมอร์ที่ใช้ทำฟิล์ม โดยมีแรงระหว่างโมเลกุลของสารทั้งสองคล้ายคลึงกัน มีจุดเดือดสูง ระเหยยาก ละลายในตัวทำละลายได้ดี นอกจากนี้ พลาสติไซเซอร์ควรจะไม่มีกลิ่น รส ไม่เป็นพิษและไม่ติดไฟ [55] โดยพลาสติไซเซอร์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมจะช่วยป้องกันไม่ให้ฟิล์มเกิดการแยกตัวระหว่างการทำให้ฟิล์มแห้ง ทำให้ฟิล์มที่ได้มีลักษณะทางกายภาพที่ดี คงความยืดหยุ่นตลอดการใช้งาน [56]

2.2.2 ชนิดของพลาสติไซเซอร์

2.2.2.1 พอลิออล (Polyols) หรือพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลซึ่งมีหมู่คีโตนหรือแอลดีไฮด์ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล พอลิออลจึงมีเสถียรภาพสูงต่อสารเคมีและความร้อนได้ดีจึงสลายตัวได้ยาก นอกจากนี้ยังดูดซับ เก็บความชื้นและละลายน้ำได้ดี มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาล การนำพอลิออลมาใช้เป็นสารพลาสติไซเซอร์ในฟิล์มบริโภคได้มีหลายชนิด ได้แก่ [44]

1) กลีเซอรีล (Glycerin) หรือกลีเซอรอล (Glycerol) เป็นพอลิออลที่มีคาร์บอน 3 อะตอม มีโครงสร้าง $C_3H_8O_3$ มีคุณสมบัติเป็นของเหลวที่มีความหนืด มีรสหวาน 0.6 เท่าของน้ำตาล ผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำและแอลกอฮอล์ เป็นสารละลายน้ำมันได้ดีพอสมควร ดูดความชื้นจากอากาศได้ปานกลาง

2) ซอร์บิทอล (Sorbitol) เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ มีคาร์บอน 6 อะตอม พบได้ในผักและผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิล แพร์ เชอร์รี่ พลัม พีช เป็นต้น หรือวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีสตาร์ช (Starch) เป็นส่วนประกอบ ได้แก่ พืชหัว เช่น มันสำปะหลัง มันฝรั่ง เป็นต้น เมล็ดธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี เป็นต้น โดยกระบวนการผลิตซอร์บิทอลเริ่มจากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ชให้เป็นโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส เรียกว่า (Starch Hydrolysis) เมื่อได้สารตั้งต้น คือ น้ำเชื่อมกลูโคสแล้วจึงทำปฏิกิริยา

กระบวนการไฮโดรจีเนชั่น (Hydrogenation) ด้วยการเติมไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส โดยมีนิเกิลเป็นแคตะลิส (Catalyst) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยลักษณะของซอร์บิทอลมี 2 รูปแบบ คือ ผงบริสุทธิ์และน้ำเชื่อม ซอร์บิทอลสามารถละลายในน้ำได้ดี ซึ่งละลายน้ำมันไม่ดีเป็นสารละลายที่มีความหนืดต่ำเมื่อใช้ความเข้มข้น ร้อยละ 3-60 ซึ่งสามารถรักษาความชื้นและคงลักษณะความยืดหยุ่นได้ โดยการใช้ซอร์บิทอลในปริมาณต่ำ ไม่ทำให้ทำลายสุขภาพ เนื่องจากซอร์บิทอลเป็นอนุพันธ์ของน้ำตาล มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาลครึ่งหนึ่งให้พลังงาน 2.6 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม เมื่อเทียบกับน้ำตาลทราย 4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม จึงเป็นสารให้ความหวานพลังงานต่ำและมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Glycemic Index) โดยไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงสามารถใช้แทนน้ำตาลได้ (Sugar Substitute) เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารหรือผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อาหารให้พลังงานต่ำหรือไม่มีน้ำตาลหรือใช้ในอาหารผู้ป่วยโรคเบาหวาน นิยมใช้เป็นสารแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ซึ่งในอุตสาหกรรมอาหารได้มีการนำซอร์บิทอลมาใช้ในอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋องแทนน้ำตาลเทียม ได้แก่ ซัคคารีน นอกจากนี้ยังถูกใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ลูกอม ลูกกวาด หมากฝรั่ง ช็อกโกแลต แยม คุกกี้ ไอศกรีม ยาสีฟัน เครื่องดื่ม เป็นต้น [44-45, 52, 129]

3) พอลิเอทิลีนไกลคอล (Polyethylene Glycol) เป็นผลึกขาวอยู่ในรูปของเหลวใส มีความข้นหนืด ละลายน้ำได้ให้สารละลายใส เสื่อมเสียยาก เนื่องจากเชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ความเป็นพิษต่ำ [45]

2.2.3 หลักในการใช้พลาสติไซเซอร์

การเลือกใช้พลาสติไซเซอร์ นอกเหนือจากเรื่องของราคา พิจารณาตามหลักเกณฑ์ ดังนี้

2.2.3.1 ความเข้ากันได้ (Compatibility) โดยต้องเลือกใช้พลาสติไซเซอร์ที่เข้าได้กับพอลิเมอร์ความเข้ากันได้ขึ้นอยู่กับขั้วโครงสร้างหรือรูปร่าง ขนาดหรือมวลโมเลกุลของพลาสติไซเซอร์ ความเข้ากันได้ดีเกิดจากการที่พลาสติไซเซอร์และพอลิเมอร์มีความคล้ายกันทางด้านโครงสร้างทางเคมี [41, 57-58] พอลิเมอร์ต่างชนิดกันต้องการพลาสติไซเซอร์ที่ต่างกันด้วย นอกจากนั้นพลาสติไซเซอร์ต้องมีการระเหยต่ำ ไม่เป็นพิษและไม่มีกลิ่น [43]

2.2.3.2 ประสิทธิภาพ (Efficiency) พลาสติไซเซอร์ที่ดีจะให้ค่าพลาสติไซเซชันสูงที่ระดับความเข้มข้นต่ำ แพร่ผ่านแทรกตัวภายในพอลิเมอร์อย่างรวดเร็ว ค่าประสิทธิภาพพลาสติไซเซอร์ คือ ปริมาณของพลาสติไซเซอร์ที่ต้องการให้ฟิล์มมีสมบัติทางกลตามที่ต้องการ วิธีการหาค่าประสิทธิภาพพิจารณาจากการลดลงของค่า T_g (Glass Transition Temerature) ที่ปริมาณหรือสัดส่วนปริมาตรพลาสติไซเซอร์ที่กำหนดไม่มีตัวเลขที่แน่นอนในการชี้ถึงประสิทธิภาพของพลาสติไซเซอร์ของแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับสมบัติของพอลิเมอร์ นอกจากนี้ขนาดหรือมวลโมเลกุลของพลาสติไซเซอร์อัตราการแพร่ของพลาสติไซเซอร์เข้าสู่เมตริกซ์ของพอลิเมอร์เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดประสิทธิภาพของพลาสติไซเซอร์ ซึ่งอัตรา

การแพร่ที่สูงหมายถึงประสิทธิภาพของพลาสติไซเซอร์ที่สูง โมเลกุลขนาดเล็กมีอัตราการแพร่ที่สูงอาจระเหยได้มากจึงเกิดการสูญเสียพลาสติไซเซอร์ไประหว่างกระบวนการผลิต

2.2.3.3 ความถาวร (Permanence) ความถาวรของพลาสติไซเซอร์ในพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับขนาดของมวลโมเลกุลพลาสติไซเซอร์และอัตราการแพร่เข้าสู่พอลิเมอร์ พลาสติไซเซอร์มีขนาดใหญ่การระเหยต่ำ ทำให้มีความถาวรสูง นอกจากนี้มีขั้วและจำนวนพันธะไฮโจรเจนก็มีผลต่อการระเหยของพลาสติไซเซอร์ ประสิทธิภาพของพลาสติไซเซอร์ที่ดีขึ้นกับการแพร่ที่รวดเร็วจะเข้าสู่เมตริกซ์ พอลิเมอร์อาจส่งผลต่อความถาวรของพลาสติไซเซอร์ที่ต่ำกว่า เนื่องจากมีการแพร่ออกจากเมตริกซ์ของพอลิเมอร์ จึงมีความจำเป็นต้องเลือกชนิดของพลาสติไซเซอร์ที่เหมาะสมกับพอลิเมอร์แต่ละชนิด [14]

2.2.4 ข้อดีและข้อเสียของการใช้พลาสติไซเซอร์

โดยทั่วไปฟิล์มและสารเคลือบบริโภคได้ หรือพอลิเมอร์ชีวภาพมีความเปราะ เนื่องจากแรงระหว่างโมเลกุล เช่น พันธะไฮโดรเจน แรงอิเล็กโตรสเตติก พันธะไฮโรโฟบิก และพันธะไดซัลไฟด์ มีความจำเป็นต้องเติมสารพลาสติไซเซอร์ เพื่อลดแรงกระทำระหว่างโมเลกุลเป็นการลดค่า T_g ทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นและเหนียว โดยพลาสติไซเซอร์จะไปเพิ่มค่าการแพร่ผ่านของความชื้น ออกซิเจน กลิ่นและน้ำมัน การใช้สารพลาสติไซเซอร์ในปริมาณที่เหมาะสมจะได้ประโยชน์ในการเสริมสมบัติของฟิล์มและสารเคลือบ ซึ่งการใช้พลาสติไซเซอร์ในฟิล์มและสารเคลือบบริโภคได้จึงมีทั้งข้อดีและข้อเสีย [60, 67]

2.2.4.1 ข้อดีในการใช้พลาสติไซเซอร์ คือ เพิ่มความเหนียว (Resiliency) โดยเพิ่มความยืดหยุ่น ลดความแข็งแรงและการเพิ่มการยืดตัว ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในฟิล์มและสารเคลือบ [59-66]

2.2.4.2 ข้อเสียในการใช้พลาสติไซเซอร์ คือ การเพิ่มค่าการแพร่ของฟิล์มขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติไซเซอร์ เช่น พลาสติไซเซอร์ที่ชอบน้ำจะเพิ่มค่าการแพร่ผ่านของไอน้ำมากกว่า ค่าการแพร่ผ่านของออกซิเจน ส่วนพลาสติไซเซอร์ที่ไม่ชอบน้ำจะเพิ่มค่าการแพร่ผ่านของออกซิเจน กลิ่นและน้ำมันมากกว่าค่าการแพร่ผ่านของไอน้ำและต้องคำนึงถึงสภาวะการเก่าเก็บ (Aging) การสกัด (Extraction) การย้ายออก (Migration) การระเหย (Volatility) และการไหลซึม (Exudation) [42]

2.3 ฟักข้าว

2.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Momordica cochinchinensis (Lour.) Spreng*

ชื่อวงศ์ : Cucurbitaceae

ชื่อภาษาอังกฤษ : Gac, Spring Bitter Cucumber, Baby Jackfruit, Cochinchin Gourd, Spiny Bitter Gourd, Sweet Gourd

ชื่ออื่น : ขี้กาเครือ (ปัตตานี), ขี้พร้าไฟ (ภาคใต้), ผักข้าว (ตาก ภาคเหนือ), มะข้าว (แพร่), พุกู้ต๊ะ (แม่ฮ่องสอน)

2.3.2 ถิ่นกำเนิด

ประเทศจีน พม่า ไทย ลาว บังกลาเทศ มาเลเซียและฟิลิปปินส์ [48]

2.3.3 ลักษณะของฟักข้าว

2.3.3.1 ลำต้น ฟักข้าวเป็นไม้เถาเลื้อยพัน พันยาวได้กว่า 20 เมตร มีมือเกาะออกตามง่ามใบ เถาแก่มีลักษณะกลม เปลือกมีสีเทาและมีปมสีน้ำตาลแกมเทา เถาแก่ไม่มีขน เถาอ่อนมีลักษณะสี่เหลี่ยมเปลือกมีสีเขียวและไม่มีปม มีเหง้าใต้ดิน กลมมีขนนุ่มเป็นไม้เถาเลื้อย คล้ายพืชตระกูลแตงแตกต่างกัน คือ มีขนาดใหญ่ ชอบพันต้นไม้ใหญ่ มีอายุยืนยาวได้ถึง 50 ปี ดังแสดงในรูปที่ 2.1

(ก)

(ข)

รูปที่ 2.1 ลักษณะลำต้นของฟักข้าว (ก) การเลื้อยเถาต้นฟักข้าว และ (ข) ลักษณะเถาของต้นฟักข้าว
ที่มา : [46, 70]

2.3.3.2 ใบ เป็นใบเลี้ยงเดี่ยวคล้ายใบตำลึง แผ่นใบไม่มีแฉกหรือมีแฉก 3-5 แฉก รูปไข่หรือเกือบกลม ปลายแฉกแหลม โคนเว้าคล้ายหัวใจ ขอบเรียบหรือกึ่งหยัก [49] ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 ลักษณะใบของต้นฟักข้าว
ที่มา : [69]

2.3.3.3 ดอก เป็นดอกเดี่ยวพบที่บริเวณซอกใบ กลีบดอกสีเหลืองอ่อน โคนมีสีน้ำตาลเข้มออกม่วง กลีบเลี้ยงและกลีบดอกทั้งตัวผู้และตัวเมีย ซึ่งดอกตัวเมียมีจะมีขนาดเล็กกว่าดอกตัวผู้ฟักข้าวออกดอกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม ดังแสดงในรูปที่ 2.3

(ก)

(ข)

รูปที่ 2.3 ลักษณะดอกของฟักข้าว (ก) ดอกฟักข้าวตัวผู้ และ(ข) ดอกฟักข้าวตัวเมีย
ที่มา : [46, 68]

2.3.3.4 ผลของฟักข้าวมี 2 ลักษณะ ได้แก่ ผลกลมและผลรียาว ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อผลสุกจะมีสีส้มหรือแดง น้ำหนัก 0.5-2 กิโลกรัมต่อผล สามารถเก็บผลได้ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ภายในมีเมล็ดเรียงเป็นระเบียบ โดยเมล็ดจะถูกห่อหุ้มด้วยสารที่มีลักษณะเป็นเมือกสีแดงหรือเยื่อหุ้มสีแดง ซึ่งอุดมไปด้วยสารสำคัญ ได้แก่ เบต้าแคโรทีนและไลโคปีน ดังแสดงในรูปที่ 2.4

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

รูปที่ 2.4 ผลฟักข้าว (ก) ผลฟักข้าวอ่อน, (ข) ภายในผลฟักข้าวอ่อน, (ค) ผลฟักข้าวสุก และ (ง) ภายในผลฟักข้าว

ที่มา : [72-75]

ในประเทศเอเชียตะวันออกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นำผลฟักข้าวมาทำเป็นอาหารและยา ประเทศจีนนำเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมาเป็นส่วนประกอบของยา ประเทศเวียดนามใช้ฟักข้าวเป็นพืชสมุนไพร โดยนำเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมาใช้บรรเทาอาการตาแห้ง ใช้เป็นสีผสมอาหารในการหุงข้าวให้เป็นสีแดงในเทศกาลเฉลิมฉลอง เช่น งานแต่งงาน งานปีใหม่ เป็นต้น [90] ประเทศไทยใช้ผลอ่อนเป็นอาหาร ได้แก่ ต้มใส่แกง ลวกจิ้มน้ำพริก เป็นต้น โดยในผลฟักข้าวให้สารอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลโภชนาการผลอ่อนฟักข้าว

องค์ประกอบ	ปริมาณ
มวลแห้ง	7.00 กรัม
ใยอาหาร	1.03 กรัม
น้ำตาล	1.80 กรัม
โปรตีน	0.94 กรัม
วิตามินซี	0.94 มิลลิกรัม
เบต้าแคโรทีน	91.00 มิลลิกรัม
แคลเซียม	23.00 มิลลิกรัม

ที่มา : [47]

2.3.3.5 เมล็ด เมล็ดอ่อนมีสีขาว เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ผิวขรุขระ ขนาด 2-2.5 เซนติเมตร หนา 0.2-0.3 เซนติเมตร เยื่อหุ้มเมล็ดผลอ่อนมีสีขาวเมื่อผลแก่จะเปลี่ยนเป็นสีส้ม ผลสุกจะเป็นสีแดง การขยายพันธุ์ฟักข้าวทำได้ทั้งด้วยการเพาะเมล็ด การชำกิ่งและการเสริมราก [49] ดังแสดงในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ลักษณะเมล็ดฟักข้าว

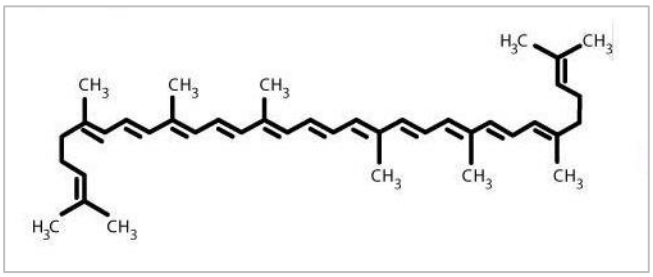
ที่มา : [71]

2.3.3.6 การขยายพันธุ์ วิธีที่นิยมในการขยายพันธุ์ มี 2 วิธี คือ วิธีปักชำหรือเพาะเมล็ด วิธีปักชำโดยนำเถาแก่ที่มีรากเลื้อยอยู่ตามพื้นดิน ตัดให้พอเหมาะนำมาชำในถุงดิน วิธีเพาะเมล็ดโดยในเมล็ดฟักข้าวจะมีเปลือกหุ้มที่แข็งและหนา ควรทุบเปลือกหุ้มให้แตกหรือแกะเปลือกที่หุ้มออกก่อนที่จะนำไปเพาะในถุงดิน รดน้ำให้ชุ่ม เมื่อเมล็ดงอกแตกใบออกจึงย้ายปลูกในบริเวณที่ต้องการ พร้อมทั้งจัดทำค้างเพื่อให้ต้นได้เลื้อย [90]

2.3.4 สารสำคัญที่พบในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

2.3.4.1 ไลโคปีน (Lycopene) ไลโคปีนเป็นสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) กระจายอยู่ทั่วไปในร่างกาย มีลักษณะโครงสร้างแคโรทีนอยด์ชนิดไม่เป็นวง (Acyclic Carotenoid) ประกอบด้วยพันธะคู่ 11 ตำแหน่งปกติในธรรมชาติจะอยู่ในรูปทรานส์-คอนฟิกคูเรชั่น (Trans-Configuration) โดยสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแบบคิส-ไอโซเมอร์ (Cis-isomer) ได้ส่วนใหญ่แล้วไลโคปีนที่ได้จากธรรมชาตินั้นพันธะคู่ทั้งหมดอยู่ในรูปทรานส์ (Trans) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูป ซึ่งมักพบไลโคปีน ไอโซเมอร์ในรูปคริส (Cis) ร้อยละ 1.7-10.1 ปะปนอยู่เสมอ การดูดซึมไลโคปีนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยไลโคปีนที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน (Heat Processed-Lycopene) จะสามารถดูดซึมได้ดีกว่าไลโคปีนในธรรมชาติ เนื่องจากแบบคิส-ไอโซเมอร์ (Cis-Isomer) สามรถดูดซึมได้ดีกว่าแบบออลทรานส์-คอนฟิกคูเรชั่น (All Trans-Configuration) และแบบคิส-ไอโซเมอร์ (Cis-Isomer) สามารถละลายและรวมตัวกับน้ำดี (Bile Acid Micells) ได้ดีกว่าของแบบออลทรานส์-คอนฟิกคูเรชั่น (All Ttrans-Configuration) [50] ดังแสดงในรูปที่ 2.6

ไลโคปีนพบได้ในผักและผลไม้ โดยเฉพาะในผลมะเขือเทศสุก แตงโมและพืชจำพวกส้ม โดยทำหน้าที่เป็นรงควัตถุรวบรวมแสงให้แก่พืช ป้องกันพืชจากออกซิเจนโมเลกุลเดี่ยว (อนุมูลอิสระ) ไลโคปีนที่มีฤทธิ์ของการต่อต้านออกซิเดชั่นได้รับการพิสูจน์ว่ามีผลลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอดและมะเร็งกระเพาะอาหาร โดยในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีไลโคปีนมากกว่าผักและผลไม้ชนิดอื่นเป็นอาหารต้านมะเร็งที่ดีที่สุดชนิดหนึ่งจากฤทธิ์ของไลโคปีน



รูปที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของไลโคปีน
ที่มา : [46]

2.3.4.2 เบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene) [50]

เบต้าแคโรทีนเป็นชื่อเรียกทางเคมีของสารชนิดหนึ่ง พบในพืชหลายชนิด โดยเฉพาะในพืชที่มีสีเหลืองและสีส้ม ซึ่งเมื่อรับประทานเข้าไปในร่างกายจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นโมเลกุลของเบต้าแคโรทีนให้กลายเป็นวิตามินเอ (Vitamin A) ซึ่งมีประโยชน์หลายประการ เช่น ช่วยกระตุ้นเซลล์ภูมิต้านทานในร่างกายชื่อ ที-เฮลเปอร์ (T Helper Cell) โดยทำหน้าที่ต้านสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาภายในหรือลดความเสี่ยงต่อเซลล์มะเร็ง ช่วยลดความเสื่อมของเซลล์อนุมูลอิสระ ทำให้ผิวพรรณให้สดใส ชะลอความแก่ ช่วยให้เมือกตาชุ่มชื้น บำรุงสายตาและดวงตาจึงช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคที่ดวงตา เช่น โรคตาพร่า โรคตาบอดกลางคืน การเกิดต้อกระจก เป็นต้น [50, 109] ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณไลโคปีนและเบต้าแคโรทีนในเนื้อผลและเมล็ดฟักข้าว

สารอาหาร	ไมโครกรัม/กรัม ของน้ำหนักผล
ไลโคปีน	380
เบต้าแคโรทีน	101

ที่มา : [47]

2.3.5 การใช้ประโยชน์จากฟักข้าวในอุตสาหกรรมอาหาร

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฟักข้าว ซึ่งมีการยืนยันว่าฟักข้าวเป็นพืชที่อุดมไปด้วยสารสำคัญ โดยเฉพาะไลโคปีนและเบต้าแคโรทีน ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจและโรคเบาหวาน ดังนั้นจึงมีการนำเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวไปสกัดทำผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและยารักษาโรค เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารสกัดไลโคปีนผงบรรจุแคปซูลเนื้อเข้มข้น (Gac Fruit Puree) หรือลักษณะเนื้อแช่เยือกแข็ง (Frozen Gac Puree) ตลาดส่งออกที่สำคัญ คือ สหรัฐอเมริกา ยุโรป และรัสเซีย

ในประเทศไทยได้นำเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมาใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ โดยมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มาจากส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว แปรรูปให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการบริโภค เพื่อการค้าเชิงพาณิชย์มากขึ้น เช่น การสกัดทำเป็นน้ำผลไม้ อาหารเสริมในรูปแบบแท่งข้าวหอมมะลิเคลือบสารสกัดจากฟักข้าวและใช้ในสารแต่งสีในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆเป็นต้น

.

2.4 แป้งสาลี

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [77-78]

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Triticum aestivum L.*

ชื่อวงศ์ : Poaceae

ชื่อภาษาอังกฤษ : Wheat Flour

2.4.2 ถิ่นกำเนิด ประเทศอิหร่าน อียิปต์และในทวีปยุโรป

2.4.3 ประเภทของแป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เนื่องจากแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิด รวมกัน คือ กลูเตนิน (Glutenin) และไกลอะดิน (Gliadin) เมื่อผสมแป้งกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม จะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่ง เรียกว่า กลูเตน (Gluten) ซึ่งมีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้ โดยกลูเตนเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ ทำให้เกิดโครงร่างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์ เมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบจะเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำ

2.4.3.1 ข้าวสาลีชนิดแข็ง (Hard Wheat) เป็นแป้งที่มีโปรตีนสูงเหมาะสำหรับใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ประเภทขนมปัง แป้งชนิดนี้มีโปรตีนที่มีคุณภาพจึงสามารถนวดผสมเป็นก้อนแป้งที่มีความยืดหยุ่นทนต่อสภาพการผสม การหมัก อุณหภูมิของห้องและเครื่องผสมมีคุณสมบัติในการอุ้มก๊าซซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาตรดี มีรูเนื้อสัมผัสที่ดีและสามารถดูดซึมน้ำได้สูงอีกด้วย

2.4.3.2 ข้าวสาลีชนิดอ่อน (Soft Wheat) เป็นแป้งที่มีโปรตีนต่ำ มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ต่ำ แป้งมีความทนทานต่อการผสมและการหมักต่ำ สามารถใช้ทำผลิตภัณฑ์ขนมเค้กหรือคุกกี้ ไม่เหมาะใช้ทำขนมปัง เพราะไม่สามารถผสมเป็นก้อนโดได้

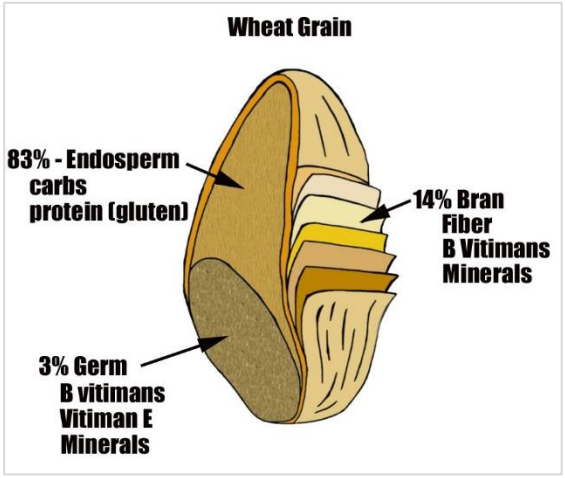
2.4.4 ส่วนประกอบเมล็ดข้าวสาลี

เมล็ดข้าวสาลีนั้นประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

2.4.4.1 ส่วนที่เป็นรำ (Bran) เป็นส่วนแข็งอยู่ด้านนอกสุดของเมล็ด ประกอบด้วยเซลล์หลายชั้น มีอยู่ประมาณ ร้อยละ 14.20 ของเมล็ด

2.4.4.2 เอนโดสเปอร์ม (Endosperm) เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางของเมล็ด ประกอบด้วยเม็ดสตาร์ชมากมากมาย มีโปรตีนที่ทำให้เกิดกลูเตน มีอยู่ประมาณ ร้อยละ 83.00 ของเมล็ด

2.4.4.3 คัพภะหรือจมูกข้าว (Embryo or Germ) เป็นส่วนที่อยู่ตอนล่างของเมล็ด ซึ่งจะเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ต่อไป เมื่อเมล็ดได้รับอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ประกอบด้วยไขมันเป็นส่วนใหญ่และมีวิตามิน แร่ธาตุ ส่วนนี้มีอยู่ประมาณ ร้อยละ 2-5 ของเมล็ด ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในเมล็ดข้าวสาลี
ที่มา : [80]

2.4.5 กระบวนการผลิต [79]

การโม่ข้าวสาลี เพื่อแยกเปลือกออกจากเนื้อเมล็ดและบดเนื้อเมล็ดให้ละเอียดเป็นแป้งที่มีขนาดสม่ำเสมอ ซึ่งการโม่ข้าวสาลีประกอบด้วยเครื่อง 3 ระบบ ดังนี้

2.4.5.1 ระบบการบด มี 2 ลักษณะ คือ ลูกกลิ้งบดแตกมีลักษณะผิวลูกกลิ้งคล้ายฟันเลื่อยเป็นคู่หมุนเข้าหากันด้วยอัตราเร็วต่างกัน ทำให้เกิดแรงดึงฉีกเมล็ดให้แตกออก ส่วนเนื้อที่แยกจากเปลือกเข้าสู่คู่ลูกกลิ้งบดละเอียดซึ่งมีผิวเรียบ มีอัตราการหมุนเข้าหากันต่างกันน้อยกว่าคู่ลูกกลิ้งบดแตก เพื่อทำการบดเนื้อเมล็ดให้ละเอียดจนเป็นแป้ง

2.4.5.2 ระบบการร่อน เพื่อคัดแยกขนาดของแป้งที่บดจากลูกกลิ้งบดละเอียดแล้วไปยังคู่ลูกกลิ้งที่เหมาะสมหรือแยกเป็นแป้ง

2.4.5.3 ระบบการทำให้บริสุทธิ์ เป็นการแยกผงรำที่ปนอยู่กับแป้งออก โดยใช้ลมเป่าในขณะร่อนแยกขนาดทำให้ได้แป้งบริสุทธิ์

2.4.6 องค์ประกอบของแป้งสาลี [78]

ในยุคอียิปต์โบราณนำแป้งจากข้าวสาลีมาใช้เคลือบผ้าลินินให้แข็งทำมัมมี่ ปัจจุบันได้มีการนำแป้งสาลีมาใช้ เช่น อุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งแปรรูป เช่น ไดแอลดีไฮด์สตาร์ช (Dialdehyde Starch) สตาร์ชแซนไทด์ (Starch Xanthine) หรือการหมักกรดอินทรีย์ต่างๆเป็นต้น โดยในเมล็ดข้าวสาลีมีองค์ประกอบ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวสาลี

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	14.00
แป้ง	64.00
โปรตีน	12.50
ไขมัน	1.65
เยื่อใย	2.50
เถ้า	1.75
น้ำตาลและกัม	3.60

ที่มา : [78]

2.5 แป้งดัดแปร

2.5.1 ความหมายของแป้งดัดแปร

แป้งดัดแปร (Modified Starch) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง (Starch) เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง และแป้งสาลี เป็นต้น โดยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีทางกายภาพ ทางฟิสิกส์จากเดิมด้วยความร้อน เอนไซม์หรือสารเคมี เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยการใช้แป้งดัดแปรในอุตสาหกรรมนั้นมีกฎเกณฑ์ที่กำหนดลักษณะข้อบ่งชี้ของแป้งดัดแปรแต่ละประเภทต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1073-2523 [78, 81] ลักษณะจำเพาะของแป้งอาจเป็นลักษณะพิเศษจากแหล่งผลิต เช่น แป้งที่ได้จากมันสำปะหลังซึ่งมีลักษณะจำเพาะ เช่น ขนาด รูปร่าง การพองตัว เป็นต้น สิ่งที่แป้งทุกชนิดมีคล้ายกัน คือ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อมีปัจจัยอื่น เช่น ความร้อน แรงเฉือน เวลาที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น แป้งแต่ละชนิดจะเปลี่ยนแปลงคล้ายๆกัน โดยสามารถตรวจสอบด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) หรือเครื่อง Barbender Viscoamylograph

2.5.2 วัตถุประสงค์ของการดัดแปร

แป้งดิบ (Native Starch) โดยทั่วไปมีสมบัติบางประการที่ไม่เหมาะสมกับการผลิตในอุตสาหกรรม เช่น ช่วงความหนืดที่แคบ มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี มีความคงทนต่อแรงเฉือนในกระบวนการผลิตหรือความคงทนต่อสภาวะต่างๆต่ำ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำและสิ้นเปลืองงบประมาณในการผลิตโดยไม่จำเป็น ดังนั้นจึงมีการดัดแปรคุณสมบัติบางประการของแป้งดิบ เพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น คงทนต่อสภาวะการผลิตได้ [82] การเกิดเจลาติไนซ์ (Gelatinization) การคืนตัว (Retrogradation) การสูญเสียน้ำของเจลลดลง มีความคงตัว

ในการคืนรูปจากเยือกแข็งเพิ่มขึ้น (Freeze-Thaw) ลักษณะของเนื้อเจลดีขึ้น ซึ่งมีความเป็นกาวเพิ่มขึ้น โดยมีสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) หรือความสามารถในการผสมกับตัวทำละลายอื่นเพิ่มขึ้น [83]

2.5.3 วิธีการดัดแปร

การแบ่งการดัดแปรแป้งเป็น 3 วิธี ดังนี้

2.5.3.1 การดัดแปรเพื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณอะมิโลสหรืออะมิโลเพคติน

อะมิโลสหรืออะมิโลเพคติน มีคุณสมบัติในการใช้งานต่างกัน โดยสัดส่วนของพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดต่างกันซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติของแป้ง แป้งที่มีอะมิโลสสูงมีคุณสมบัติที่จะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ได้ดี ซึ่งมีความสำคัญในการนำแป้งไปใช้ เพื่อเคลือบผิวหรือเป็นกาวติดวัสดุต่างๆ ชรวมถึงการทำวัสดุเพื่อใช้บรรจุอาหารที่รับประทานได้ ส่วนแป้งที่มีอะมิโลเพคตินสูง เมื่ออยู่ในสภาพ แป้งสุกจะมีความอยู่ตัวภายใต้สภาวะการแช่แข็งและการคืนตัว [81]

2.5.3.2 การดัดแปรโดยวิธีทางกายภาพ (Physical Modification) การแปรรูปวิธีนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างน้ำหนักโมเลกุลของแป้งหรือมีการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของแป้ง โดยสารเคมี ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพเท่านั้น เช่น แป้งดัดแปร เรียกว่า พรีเจลาติไนซ์สตาร์ช (Pregelatinized Starch) หรือแอลฟาสตาร์ช (Alpha Starch) สามารถเตรียมได้โดยการทำให้แป้งสุกหรือเจลาติไนซ์ด้วยการให้ความร้อนแก่แป้งในสภาพที่มีน้ำแล้วทำให้แห้ง โดยผ่านเครื่องทำให้แห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum Dryer) ความร้อนจากผิวหน้าของลูกกลิ้งที่ได้จากไอน้ำทำให้เกิดการระเหยไอน้ำออกไป แป้งที่ได้จะมีลักษณะเป็นแผ่นบางฉาบบนผิวหน้าลูกกลิ้งและถูกขูดออกด้วยใบมีดนำไปอบแห้งและบดละเอียด นอกจากนี้การผลิตเจลาติไนซ์สตาร์ชอีกวิธีหนึ่ง คือ การเตรียมเป็นน้ำแป้งที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 40-50 แล้วส่งเข้าเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งความร้อน ทำให้เกิดแป้งเจลาติไนซ์และทำให้แห้งพร้อมกันแป้งที่จะนำมาผลิตเป็นแป้งพรีเจลนอกจากแป้งดิบแล้ว แป้งดัดแปรโดยวิธีการเคมีชนิดต่างๆ สามารถนำมาทำได้เช่นกัน นอกจากนี้การผลิตพรีเจลาติไนซ์สตาร์ชอาจทำได้โดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spary Dryer) หรือเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์ (Extruder) การใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเป็นวิธีการผลิตพรีเจลาติไนซ์สตาร์ชที่นิยมและเหมาะสมมากที่สุด [81]

2.5.3.3 การดัดแปรโดยวิธีทางเคมี (Chemical Modification) เป็นวิธีการดัดแปรที่มีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเคมีที่นำมาใช้ในแต่ละปฏิกิริยาให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะสามารถเลือกได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การดัดแปรโดยวิธีทางเคมีแบ่งได้ 2 ดังนี้

1) การทำให้แตกตัวอย่างมีการควบคุม (Controlled Degradation) โดยการดัดแปลง ซึ่งโมเลกุลของแป้งจะถูกไฮโดรไลส์ทำให้มีโมเลกุลขนาดเล็กลง การไฮโดรไลส์มักเกิดที่ตำแหน่ง a- 1, 4 รวมทั้งการเกิดออกซิเดชันของหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่แอลดีไฮด์ คีโตนหรือคาร์บอกซิล แบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

(1) การดัดแปรโดยใช้กรด (Acid Modification) แป้งดัดแปรที่ได้ เรียกว่า แป้งย่อยด้วยกรด (Acid Modified Starch) หรือทินบอยลิงสตาร์ช (Thin-Boiling Starch) [78, 81]

(2) การดัดแปรโดยใช้วิธีออกซิเดชัน (Oxidation) เป็นการทำปฏิกิริยากับสารเคมีมีผลทำให้โครงสร้างทางเคมีและขนาดของโมเลกุลเปลี่ยนแปลงไป แป้งดัดแปรที่ได้ เรียกว่า ออกซิไดส์สตาร์ช (Oxidized Starch)

(3) การดัดแปรโดยใช้วิธีไพโรคอนเวอร์ชัน (Pyroconversion) เดกซ์ทริไนเซชัน (Dextrinization) ซึ่งเป็นกระบวนการให้ความร้อนกับแป้งแห้ง ในสภาพเป็นกรดในระหว่างที่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดยทำให้เกิดเดกซ์ทริน (Dextrin) ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) และรีพอลิเมอไรเซชัน (Repolymerization) ในเม็ดแป้ง

2) การเกิดอนุพันธ์ โดยเรียกแป้งดัดแปรที่ได้ว่า อนุพันธ์ของแป้ง (Starch Derivatives) แบ่งชนิดของปฏิกิริยาการดัดแปรได้ 3 แบบ ดังนี้

(1) อีเทอริฟิเคชัน (Etherification) เป็นปฏิกิริยาอีเทอริฟิเคชันระหว่างแป้งกับสารเคมีที่มีหมู่อีเทอร์ แป้งดัดแปรที่ได้ เรียกว่า สตาร์ชอีเทอร์ (Starch Ether)

(2) เอสเทอริฟิเคชัน (Esterification) เป็นแป้งดัดแปรที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างแป้งกับสารเคมีที่หมู่เอสเทอร์ชนิดที่นิยมผลิตในทางการค้า เช่น สตาร์ชแอซีเทต (Starch Acetate) สตาร์ชฟอสเฟตโมโนเอสเทอร์ (Starch Phosphate Monoester) เป็นต้น

(3) ครอสส์ลิงกิง (Cross-Linking) เป็นแป้งดัดแปรที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างแป้งกับสารเคมีที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่ โดยแป้งดัดแปรที่ได้ เรียกว่า ครอสส์ลิงก์สตาร์ช (Cross-Linked Starch) [78,81] ชีทแป้งดัดแปร

2.5.4 การใช้ประโยชน์จากแป้งดัดแปร

แป้งดัดแปรใช้ในอุตสาหกรรม ดังนี้

2.5.4.1 อุตสาหกรรมอาหาร โดยใช้แป้งดัดแปรเพื่อช่วยทำให้ข้นเหนียวแต่ไม่เป็นวุ้น ช่วยให้คงสภาพให้เหมาะกับลักษณะอาหารที่ต้องการ เช่น การทำขนมหวานจำพวกลูกกวาดชนิดแข็งหรือชนิดอ่อน การทำไส้พาย พุดดิ้งสำเร็จรูป การทำน้ำสลัด ซุปกึ่งสำเร็จรูป น้ำซอส น้ำเกรวี่และวัสดุห่อผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นต้น

2.5.4.2 อุตสาหกรรมทำกระดาษ โดยใช้แป้งดัดแปรเพื่อทำหน้าที่เป็นกาวเพิ่มความแข็งของกระดาษระหว่างรีดเป็นแผ่นและเพิ่มความคงทนต่อการเปียกน้ำของกระดาษ ใช้เคลือบแผ่นกระดาษเพื่อให้แข็ง ป้องกันการขูดลอก การเป็นขุยของกระดาษและป้องกันการซึมของน้ำหมึก ทำให้กระดาษมีพื้นผิวที่มั่นคงแข็งแรงเหมาะในการเขียนและพิมพ์

2.5.4.3 อุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยใช้แป้งดัดแปรเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งและทนต่อการขูดระหว่างการทอผ้า การเคลือบผ้าที่ทอแล้ว การพิมพ์สีผ้าและใช้เป็นส่วนผสมของสารละลายที่ใช้เคลือบด้ายเย็บ

2.5.4.4 อุตสาหกรรมกาว โดยใช้แป้งดัดแปรเพื่อผลิตกาวที่มีอายุการเก็บรักษานานใช้สำหรับกระดาษลูกฟูก ซึ่งจะได้กาวที่ติดง่ายและทนทานมากขึ้น

2.5.4.5 อุตสาหกรรมการเกษตร เช่น เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำให้แก่ดินใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ เป็นต้น

2.5.4.6 อุตสาหกรรมเภสัชกรรม เช่น ช่วยในการแตกตัวในการผลิตยาเม็ด เป็นต้น

2.5.4.7 อุตสาหกรรมคอนกรีต เช่น การเซ็ตตัวของคอนกรีตและในทางตรงข้ามในบางผลิตภัณฑ์ของแป้งช่วยลดเวลาในการเซ็ตตัวของคอนกรีต

2.5.4.8 อุตสาหกรรมการขุดเจาะน้ำมัน เช่น เพิ่มความหนืดและช่วยลดการสูญเสียน้ำมัน โดยแป้งจะทำหน้าที่เคลือบบนผิวของผนังบ่อที่ถูกขุดเจาะ ซึ่งแป้งครอสส์ลิงจะทนทานต่ออุณภูมิสูงได้ดี

การใช้ประโยชน์จากแป้งดัดแปรในด้านอื่น เช่น ใช้ในการตกตะกอนของแข็งจากน้ำทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรมใช้ผลิตฟิล์มประกอบด้วยเจลตินและกลีเซอรอล การหล่อโลหะ เหมืองแร่ เป็นต้น [84]

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 อรัญญา มิ่งเมือง [76] ศึกษาเรื่องผลของส่วนผสมและกระบวนการผลิตต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากฟักทอง จากการศึกษาพบว่า ผลของปัจจัย ได้แก่ ปริมาณกลีเซอรอล ร้อยละ 2, 3, 4 และ 6 โดยน้ำหนักของส่วนผสม ปริมาณเพคติน ร้อยละ 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนักของส่วนผสมและเวลาในการให้ความร้อนสารละลายฟิล์ม 10, 20 และ 30 นาที อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ต่อคุณภาพทางกายภาพของฟิล์มปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น ทำให้ฟิล์มมีร้อยละการยืดตัวและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการป้องกันไอน้ำลดลง ปริมาณเพคติน ร้อยละ 3 และ 5 ในส่วนผสมไม่ทำให้คุณภาพของฟิล์มแตกต่างกัน แต่การใช้ปริมาณเพคติน ร้อยละ 7 ทำให้ฟิล์มมีความต้านทานต่อแรงดึงขาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การให้ความร้อนละลายฟิล์มเป็นเวลานานทำให้ฟิล์มมีความแข็งแรงมากขึ้น

2.6.2 อรวินท์ ชยาภัม [51] ศึกษาเรื่องการปรับปรุงคุณภาพแป้งแหนมเนืองโดยการให้แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้ากับแป้งพุทธรักษา จากการศึกษาพบว่า การใช้แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้ากับแป้งพุทธรักษา โดยใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนแป้งข้าวเจ้า ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ในผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งแหนมเนืองเพื่อปรับปรุงคุณภาพและสมบัติบางประการของแผ่นแป้ง โดยการวิเคราะห์คุณภาพของแผ่นแป้งที่ได้ทางด้านคุณลักษณะที่ปรากฏ สมบัติทางเคมี ทางกายภาพ ทางกล การทดสอบทางประสาทสัมผัส นอกจากนี้ยังศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและพฤติกรรมความหนืดของแป้งที่เปลี่ยนไปในระหว่างขั้นตอนการผลิต พบว่าแป้งที่ผสมแป้งพุทธรักษามีความเรียบของผิวมากขึ้น มีรอยร้าวลดลง การละลายของแผ่นแป้งในน้ำลดลง ค่าปริมาณอิสระทั้งหมดที่มีอยู่ในช่วง 0.05-0.51 ในการวิเคราะห์เนื้อผสม พบว่า แป้งพุทธรักษาทดแทนบางส่วนส่งผลให้ความต้านทานดึงขาดของแผ่นแป้งสูงขึ้นจาก 0.14 เมกะปาสคาล เป็น 0.29-0.32 เมกะปาสคาล ค่าการยืดตัวสูงขึ้นจากร้อยละ 41 เป็นร้อยละ 55-57 แรงต้านการตัดขาด มีค่าลดลงจาก 7.2 นิวตัน เป็น 3.1-3.5 นิวตัน เมื่อทดแทนด้วยแป้งพุทธรักษาร้อยละ 20, 30 และ 40 ส่วนแรงที่เกิดจากการแตกหักมีค่าไม่แตกต่างจากแป้งข้าวเจ้าล้วน เมื่อเก็บไว้ในช่วงเวลา 10 เดือน พบว่า แป้งสูตรที่ใช้ข้าวเจ้าล้วนมีปริมาณการแตกหักมากกว่าสูตรที่ใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนบางส่วน การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่มากกว่าของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคยอมรับตัวอย่างแผ่นแป้งที่เติมแป้งพุทธรักษาในระดับที่ไม่แตกต่างกันจากแผ่นแป้งที่ทำจาก แป้งข้าวเจ้าล้วน โดยสมบัติของแป้ง พบว่า แป้งข้าวเจ้าโม่เปียกที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 18 ชั่วโมง มีปริมาณโปรตีน ไขมันและอะไมโลสลดลง การแช่น้ำเกลือส่งผลให้แป้งข้าวเจ้าและแป้งพุทธรักษามีความหนืดลดลง

2.6.3 ภูริสา ทัศวิล และคณะ [53] ศึกษาเรื่องคุณสมบัติของฟิล์มประกอบไบโอพอลิเมอร์จากแป้งและเพคติน จากการศึกษาพบว่า ฟิล์มประกอบแป้งและเพคติน มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มที่ทั้งสองด้านแตกต่างกัน ด้านหนึ่งเรียบและมันวาว อีกด้านเป็นปุ่มเล็กๆขรุขระความหนาของแผ่นฟิล์มเท่ากับ 86.33-95.67 ไมโครเมตร ส่วนด้านคุณสมบัติทางกล ได้แก่ การต้านแรงดึงขาดและการยืดตัวของฟิล์ม แป้ง เพคติน โดยทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและฟิล์มประกอบแป้งข้าวเจ้าและเพคติน ความเข้มข้น ร้อยละ 3 มีค่าการซึมผ่านไอน้ำและการละลายน้ำของฟิล์มต่ำที่สุด

2.6.4 Fama et. al [54] ศึกษาเรื่องผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังและศึกษาค่าพีเอชที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์ม จากการศึกษาพบว่า ในระยะเวลาการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้องปกติ สีและปริมาณซอเบสของแผ่นฟิล์มไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ปริมาณความชื้นมีค่าลดลงและการเกิดผลึกของฟิล์มเพิ่มสูงขึ้น

2.6.5 ปิยนุสร์ น้อยด้วง และคณะ [85] ศึกษาเรื่องการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากสตาร์ชแห้วจีน จากการศึกษาพบว่า ฟิล์มสตาร์ชจากแห้วจีน โดยแปรปริมาณสตาร์ชแห้วจีนเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5, 7.5 และ 10 โดยน้ำหนัก กลีเซอรอล 3 ระดับ คือ ร้อยละ 30, 60 และ 90 โดยน้ำหนักของแป้งทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ทดสอบคุณสมบัติ ได้แก่ การละลาย ความหนา ความทนต่อแรงยืดการยืดตัว อัตราการซึมผ่านไอน้ำและความสามารถในการต้านทานน้ำมัน พบว่าความหนาของฟิล์มมีค่าระหว่าง 0.06-0.09 มิลลิเมตร โดยความหนาของฟิล์มและการยืดตัว มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของแป้ง ปริมาณกลีเซอรอลมากขึ้น โดยทดสอบความต้านทานน้ำมัน พบว่าฟิล์มทุกสูตรสามารถต้านทานน้ำมันได้มากกว่า 30 วัน

2.6.6 รัตนา จินดาพรรณ และวิไลลักษณ์ ไฝเพชร [86] ศึกษาเรื่องอิทธิพลพลาสติไซเซอร์ต่อการต้านแรงดึง การซึมผ่านของน้ำมันและความสามารถในการละลายฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว จากการศึกษาพบว่า ฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว ใช้พลาสติไซเซอร์ คือ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล โพลีเอทธิลีนไกลคอล อัตราส่วนปริมาณโปรตีนถั่วเขียวต่อปริมาณพลาสติไซเซอร์ 3 ระดับ คือ 70:30 60:40 50:50 พบว่าฟิล์มที่ผลิตโดยใช้โพลีเอทธิลีนไกลคอลสามารถขึ้นรูปได้ทุกอัตราส่วน ซึ่งฟิล์มมีลักษณะเปราะบางแตกหักเป็นชิ้นเล็กๆส่วนฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอล สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ทุกอัตราส่วน เมื่อวัดค่าความหนา การต้านแรงดึง การซึมผ่านน้ำมันและความสามารถในการละลาย พบว่า ฟิล์มมีความหนาไม่แตกต่างกัน ค่าการต้านแรงดึงจะลดลง เมื่อปริมาณพลาสติไซเซอร์เพิ่มขึ้น

2.6.7 จุฑาทิพย์ สินสวัสดิ์ และคณะ [87] ศึกษาเรื่องการศึกษาคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมสารพอลิแซคคาไรด์ จากการศึกษาพบว่า อาการ์ ไคโตซาน คาราจีแนน เพคตินและเมธิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.25 เติมซอร์บิทอลและกลีเซอรอล ร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้ง อบที่อุณหภูมิ 50 องซาเซลเซียส 12 ชั่วโมง ทดสอบคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พบว่า สารพอลิแซคคาไรด์และพลาสติไซเซอร์ไม่มีอิทธิพลต่อการซึมผ่านของออกซิเจน โดยฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมอาการ์โดยใช้กลีเซอรอลเป็น พลาสติไซเซอร์มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำน้อยที่สุด ซึ่งการใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติไซเซอร์ในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีความทนต่อแรงยืดและการยืดตัวของฟิล์มสูงกว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังชนิดอื่น

2.6.8 ยุทธนา งามวงศ์ และคณะ [88] ศึกษาเรื่องผลของพลาสติไซเซอร์และอุณหภูมิอบแห้งต่อสมบัติของฟิล์มย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจากแป้งบุก จากการศึกษาพบว่า ผลกระทบของพลาสติไซเซอร์ได้แก่ ซูโครส ซอร์บิทอลและโพลีเอทิลีนไกลคอล อุณหภูมิในการอบคือ 45, 55 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่า ซูโครสส่งผลให้ค่าความหนา การต้านทานแรงดึงและการละลายน้ำสูงกว่าการใช้พลาสติไซเซอร์ชนิดอื่น โดยเฉพาะโพลีเอทิลีนไกลคอลมีค่าการยืดตัวของฟิล์มสูงที่สุด สำหรับค่าการต้านแรงดึง การยืดตัวและการละลายน้ำของฟิล์มอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีค่าสูงกว่าการอบแห้งที่อุณภูมิมีค่าสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงอย่างมีนัยสำคัญ

2.6.9 จุฑามาศ พิสมัย และคณะ [89] ศึกษาเรื่องการศึกษาแผ่นฟิล์มบริโภคได้จากผงมะม่วง จากการศึกษาพบว่า ผงมะม่วง ร้อยละ 5,10 และ 15 สารพลาสติไซเซอร์ ได้แก่ กลีเซอรอลและซอร์บิทอล ร้อยละ 60 ของน้ำหนักผงมะม่วง จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส คนให้เข้ากันจนกว่าสารละลายจะเกิดเจล ตั้งทิ้งไว้เทลงถาด อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ลอกฟิล์มออกเป็นแผ่น แผ่นฟิล์มผงมะม่วงความเข้มข้น ร้อยละ 10 โดยใช้กลีเซอรอลเป็นสารพลาสติไซเซอร์ทำให้แผ่นฟิล์มมีลักษณะดีที่สุด สามารถขึ้นรูปได้ดี มีความยืดหยุ่น ลอกออกได้ง่าย ลักษณะแผ่นสีเหลืองและพื้นผิวขรุขระเล็กน้อย

2.6.10 กษิดิศ อิ่มประไพ และคณะ [91] ศึกษาเรื่องการศึกษาสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง จากการศึกษาพบว่า ฟิล์มทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติทางกลและกายภาพ ได้แก่ ความขุ่น การละลายน้ำ การยืดตัวและการต้านทานแรงดึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีคุณสมบัติโดยรวมดีกว่าฟิล์มแป้งข้าวเจ้า ได้แก่ ความใส การยืดตัว การละลายน้ำและการต้านทานแรงดึงขาด ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 5 สามารถละลายน้ำ ป้องกันการซึมผ่านไอน้ำ ความสามารถในการยืดตัวและการต้านทานแรงดึงสูงที่สุดได้ดีที่สุด

2.6.11 อันนิสา เจราแว [92] ศึกษาเรื่องการพัฒนาฟิล์มที่บริโภคได้จากแป้งกล้วยน้ำว้า จากการศึกษาพบว่า แป้งกล้วยความเข้มข้น ร้อยละ 8 มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม โดยสารพลาสติไซเซอร์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงสมบัติของฟิล์ม คือ ซอร์บิทอล ร้อยละ 80 และกลีเซอรอล ร้อยละ 60 ฟิล์มที่ได้มีความหนา 0.239 และ 0.267 มิลลิเมตร การยืดตัว ร้อยละ 22.12 และ 34.45 ความชื้น 0.223 และ 0.349 การต้านทานแรงดึงขาด ร้อยละ 9.78 และ 8.92 และค่า a_w 0.418 และ 0.516 ตามลำดับ เมื่อนำฟิล์มมาประยุกต์ใช้กับการเคลือบไข่ต้มสุกเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของจุลินทรีย์ ผลการตรวจวิเคราะห์พื้นที่ผิวฟิล์มที่เคลือบไข่เค็มด้วยกล้องจุลทรรศน์สำหรับการตรวจสอบงานโลหะวิทยาและวัสดุศาสตร์กำลัง 500 เท่า ไม่พบรูพรุน แสดงว่าส่วนผสมจากพิวรีกล้วยสามารถเคลือบปิดรูพรุนเปลือกไข่ได้ดี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา สูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ฟักข้าว พันธุ์ KKU ac.10-098-8 จากบริษัท ซี.วาย.บอสส์ ฟู้ด จำกัด

3.1.2 ซอร์บิทอล จากบริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

3.1.3 แป้งสาลีอเนกประสงค์ ตราบัวแดง

3.1.4 สตาร์ชมันสำปะหลัง จากบริษัท ไทยโพลีเคมิคอล จำกัด

3.1.5 กลิ่นผสมอาหาร กลิ่นสตรอว์เบอร์รี ตรา วินเนอร์

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์สำหรับผลิตฟิล์มบริโภคได้

3.2.1.1 เครื่องกวนสาร (Hot Plate Stirrer) ยี่ห้อ IKA รุ่น C-MAG S 4 Digital

3.2.1.2 แท่งคนสารอัตโนมัติ (Magnetic Stirrer) ขนาด 5 เซนติเมตร

3.2.1.3 ตู้อบลมร้อน (Oven Dryer) ยี่ห้อ Patch รุ่น OV 663

3.2.1.4 เครื่องปั่นอเนกประสงค์ ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2118

3.2.1.5 กระชอนกรอง ขนาด 40 เมช

3.2.1.6 ถาดเคลือบเทฟลอน

3.2.1.7 กระดาษไข

3.2.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.2.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1) เครื่องวัดความหนา (Thickness) ยี่ห้อ Teclock รุ่น SM-112

2) เครื่องวัดค่าสีอาหาร (Hunter Lab) ยี่ห้อ Lovibond รุ่น SP60

3) เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity a_w) ยี่ห้อ Decagon รุ่น HB43-S

3.2.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1) เครื่องวัดความชื้น (Moisture Analyzer) ยี่ห้อ Ohaus รุ่น MB23

2) เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH Meter) ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น FE20

3.2.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์สมบัติทางกล

1) เครื่องวัดแรงดึงขาด (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT Plus

3.2.2.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์จุลินทรีย์

1) อาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์และรา (Yeast and Mold)

2) อาหารเลี้ยงเชื้อโคลิฟอร์ม (Coliform)

3.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.3.1 แบบทดสอบการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส

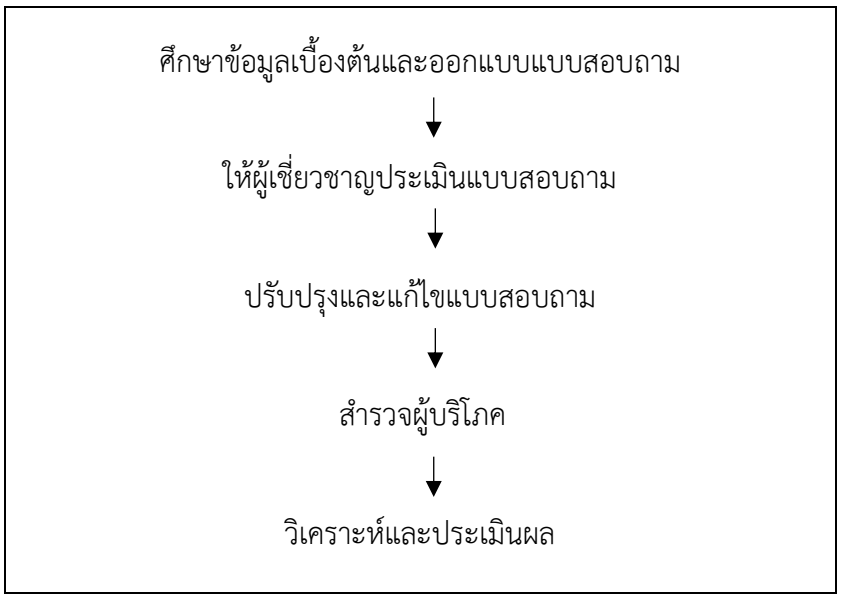
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนการทดลองได้ดำเนินการตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมีวิธีการวางแผนการทดลอง ดังนี้

3.3.1 การศึกษาแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

การศึกษาแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา โดยการตั้งคำถามในแบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้สายตาในแต่ละวัน แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา โดยใช้ผู้บริโภคในเขตคันนายาว จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวนทั้งสิ้น 150 คน ที่มีอายุตั้งแต่ 15-60 ปีขึ้นไป โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสอบถามการสำรวจแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงสายตา

3.3.1.1 ขั้นการสร้างแบบสอบถาม มีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม

1) ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

โดยการสืบค้นข้อมูลจากงานวิจัย หนังสือ อินเตอร์เน็ต รวมถึงเอกสารหรือสิ่งพิมพ์ต่างๆแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามศึกษาแนวคิดจากพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media)

2) ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

โดยการออกแบบแบบสอบถามซึ่งข้อคำถามต่างๆให้สอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการศึกษาและคำตอบเหล่านั้นจะตอบสนองวัตถุประสงค์ของการวิจัย อาจใช้คำถามปลายปิดหรือปลายเปิดก็ได้ขึ้นอยู่ตามความเหมาะสม จากนั้นเรียงลำดับคำถามอาจเรียงตามหมวดหมู่ของคำถาม เช่น ข้อมูลส่วนตัว คำถามเกี่ยวกับทัศนคติ หรือเรียงจากความยากง่าย เพื่อทดสอบแนวคิดของผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย

(1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นปัจจัยประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ เป็นต้น

(2) การสำรวจข้อมูลพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ได้แก่ เวลาในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์สูงสุดต่อวัน ความถี่ในการเข้าใช้สื่อสังคมออนไลน์ต่อวัน การใช้สื่อสังคมออนไลน์ส่วนใหญ่ อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศที่ใช้ การใช้งานในลักษณะสื่อสังคมออนไลน์ อวัยวะที่ได้รับผลกระทบจากการใช้สื่อโซเชียลมากที่สุด

(3) ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ สอบถามระดับความสำคัญปัจจัยด้านการตลาด คือ รูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ช่วยบำรุงสายตาผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการวิตามินที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่คิดว่ามีความจำเป็นในการบำรุงสายตา หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตาลักษณะเป็นแผ่นคล้ายขนมผู้บริโภคสนใจซื้อหรือไม่

3) ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินและตรวจสอบแบบสอบถาม

โดยให้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาแบบสอบถาม การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านขึ้นไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามเป็นรายข้อ ซึ่งความถูกต้องตามองค์ประกอบที่ต้องการศึกษาและภาษาที่ใช้ ข้อคำถามแต่ละข้อวัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัดเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้ คะแนน +1 แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ คะแนน 0 ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ คะแนน -1 แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม แต่ละข้อ (Index of Item-Objective Congruence of IOC) ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 มีค่าความเที่ยงตรงใช้ได้ ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ยังต้องปรับปรุงแก้ไขใช้ไม่ได้

4) ปรับปรุงแบบสอบถาม

เมื่อได้ข้อแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ผ่านการประเมินและการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน เรียบร้อยแล้วให้ดำเนินการปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ มีความถูกต้องเที่ยงตรงตามโครงสร้างเนื้อหา ครอบคลุมเนื้อหา ใช้ภาษาได้ถูกต้องเหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่มีความสมบูรณ์ที่สุด

5) สำรวจผู้บริโภค

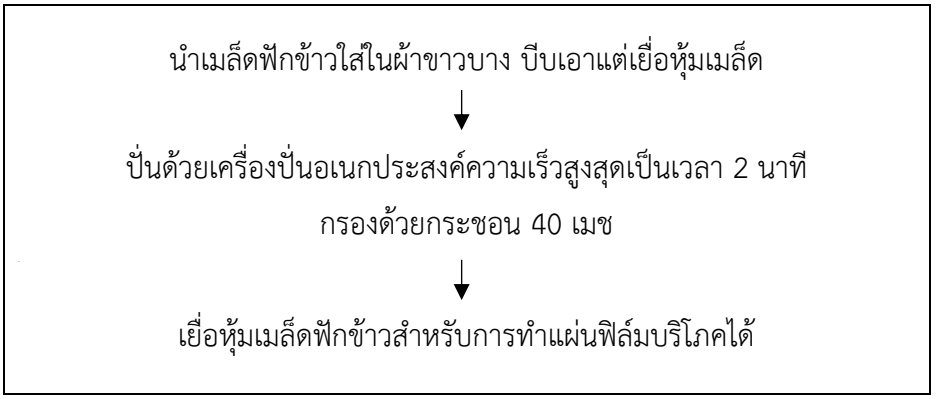
การสำรวจผู้บริโภคดำเนินการแจกแบบสอบถามเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา โดยการแจกแบบสอบถามไปยังกลุ่มตัวอย่าง 150 คน เพื่อสำรวจข้อมูลจากและรวบรวมข้อมูลนำมาสร้างแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากนั้นดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

6) การวิเคราะห์และประเมินผล

จากกนั้นนำข้อมูลจากแบบสอบถามประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS (Statistical for Social Sciences) for Window โดยใช้คำนวณค่าทางสถิติต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลเพื่อการพัฒนา โดยใช้การวัดข้อมูลแบบนามบัญญัติ (Nominal Scale) สถิติที่ใช้ คือ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละและส่วนที่ 3 ใช้วิธีการวัดแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) สถิติที่ใช้ คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน

3.3.2 การเตรียมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

การเตรียมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเพื่อใช้ในการผลิตฟิล์มบริโภคได้ โดยนำเมล็ดฟักข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่บรรจุในถุงซิปล็อกแช่เย็นที่ได้รับจากบริษัท ซี.วาย.บอสส์ ฟู้ด จำกัด ระยะเวลาในการจัดเก็บเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่ได้รับ คือ แช่ในช่องแช่เย็นปกติระยะเวลา 1 สัปดาห์ หรือในช่องฟรีซระยะเวลา 1 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การเตรียมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

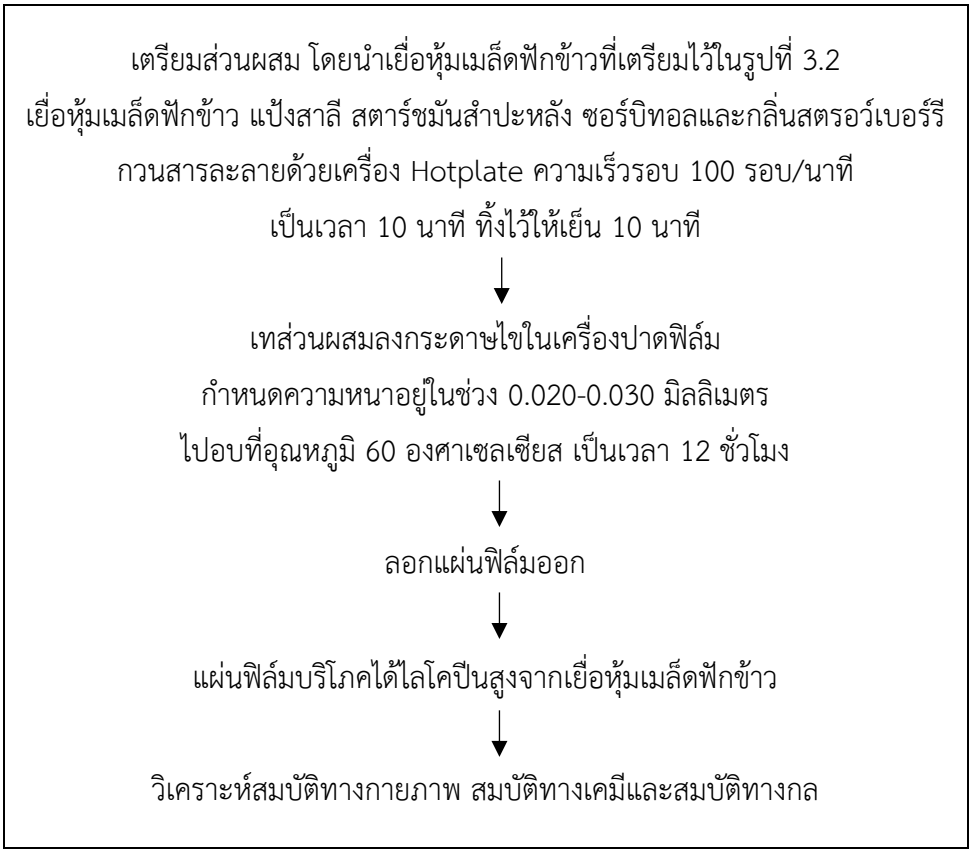
3.3.3 ศึกษาสูตรการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

โดยทำการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังร้อยละ 5, 10 และ 15 (ของน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว 100 มิลลิลิตร) และปริมาณซอร์บิทอล ร้อยละ 10, 20 และ 30 (ของน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว 100 มิลลิลิตร) โดยการจัดสิ่งทดลองแบบ Factorial in CRD ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวทั้ง 9 สูตร

สูตรที่	เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว (ร้อยละ)	แป้งสาลี (ร้อยละของน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว)	สตาร์ชมันสำปะหลัง (ร้อยละของน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว)	ซอร์บิทอล (ร้อยละของน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว)
1	100	10	5	10
2	100	10	10	10
3	100	10	15	10
4	100	10	5	20
5	100	10	10	20
6	100	10	15	20
7	100	10	5	30
8	100	10	10	30
9	100	10	15	30

จากตารางที่ 3.1 ทำการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และวิเคราะห์คุณภาพของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวทั้ง 9 สูตร



รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
ที่มา : ดัดแปลงจาก [76, 89]

นำแผ่นฟิล์มที่ได้จากทั้ง 9 สูตร มาทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางกล การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.3.1 สมบัติทางกายภาพ ได้แก่

1) การวัดความหนา โดยใช้เครื่องวัดความหนา (Thickness Meter)

ตามขั้นตอนมาตรฐาน (ASTM D 654-92) ตัดแผ่นฟิล์มขนาด 9 เซนติเมตร วัดด้วยความหนาด้วยเครื่องในตำแหน่ง 5 จุดของแผ่นฟิล์ม ซึ่งประกอบด้วยมุมทั้ง 4 มุมและตรงกลางของแผ่นฟิล์ม จากนั้นหาค่าเฉลี่ยความหนาของแผ่นฟิล์ม [38]

2) การวัดค่าสี โดยใช้เครื่อง (Hunter Lab Lovibond รุ่น SP 60) [95]

วัดค่า L* a* b* กำหนดให้ L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0-100

a* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีแดง

a* ที่เป็น – สีจะเป็นไปในทิศทางสีเขียว

b* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีเหลือง

b* ที่เป็น – สีจะเป็นไปในทิศทางสีน้ำเงิน

3) การวัดการละลายน้ำของฟิล์ม (Film Solubility)

ทดสอบตามวิธีของ Ekthamasut and Akesowan โดยนำแผ่นฟิล์มมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 3 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก (W) จากนั้นนำไปละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร กวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 ที่ชั่งน้ำหนักแล้ว (a_1) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที ชั่งน้ำหนักของกระดาษกรอง (a_2) บันทึกผลการทดลองและวิเคราะห์ ดังแสดงในสมการที่ 3.1

$$\% \text{ Solubility in water} = \{\{W - (a_2 - a_1)\} / W\} \times 100 \quad (3.1)$$

3.3.3.2 สมบัติทางเคมี ได้แก่

1) การวัดความชื้น โดยใช้เครื่องวัดความชื้น (Moisture Analyzer)

ตามขั้นตอนมาตรฐาน (AOAC, 2012) การชั่งน้ำหนักตัวอย่าง บันทึกน้ำหนักก่อนการอบและบันทึกน้ำหนักที่น้อยที่สุดของถ้วยอลูมิเนียมและน้ำหนักตัวอย่างหลังจากอบแห้ง [106] แล้วทำการคำนวณหาร้อยละความชื้น ดังแสดงในสมการที่ 3.2

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100 \quad (3.2)$$

2) การวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH- Meter)

ชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์มและน้ำกลั่น โดยปริมาณ 1:1 คนให้เข้ากันจากนั้นวัดค่าด้วยเครื่องแล้วอ่านผล [94]

3.3.3.3 สมบัติทางกล ได้แก่

1) การวัดการต้านแรงดึงขาด โดยใช้เครื่อง (Texture Analyzer)

ตามขั้นตอนมาตรฐาน ASTM method D882-91 (1991) โดยใช้หัวทดสอบชนิดหัวหนีบ 2 หัว ตัดฟิล์มตัวอย่างขนาด 2.5×5 ตารางเซนติเมตร ใช้ Load Cell ขนาด 1 นิวตัน ความเร็วในการดึง 5 มิลลิเมตรต่อนาที ยึดปลายข้างหนึ่งของชิ้นตัวอย่างกับหัวหนีบให้แน่นแล้วยึดปลายอีกข้างหนึ่งเริ่มทดสอบโดยปรับเครื่องทดสอบให้มีอัตราเร็วในการวัดเป็น 20 มิลลิเมตร/วินาที และมีค่า เท่ากับ 5 นิวตัน อ่านค่าที่ได้จากคอมพิวเตอร์ [76]

จากนั้นทำการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากผลการศึกษาสมบัติทางกล ได้แก่ ค่าการต้านแรงดึงขาดและค่าการยืดตัว โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แบ่งกลุ่มตามความสามารถเพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

โดยใช้วิธี Cluster Analysis แบบ K-Means Cluster (KMO) โดยกำหนดจำนวนกลุ่มเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งมีเป้าหมายในกลุ่มเดียวกัน มีความคล้ายกันในปัจจัยหรือตัวแปร 3 ตัว คือ การต้านแรงดึงขาด การยืดตัว และการละลายน้ำเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

3.3.3.4 ศึกษาความชอบต่อแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

โดยนำแผ่นฟิล์มที่ได้คัดเลือกมาศึกษาความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ระดับการให้คะแนน 1 ถึง 9 (1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นสตรอว์เบอร์รี รสหวาน การละลายในปาก และความชอบโดยรวม ผู้บริโภคที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 100 คน ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

3.3.4 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางจุลินทรีย์ และการยอมรับของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

3.3.4.1 คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณเบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene) และปริมาณไลโคปีน (Lycopene)

3.3.4.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม

1) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โดยใช้เครื่อง Moisture Analyzer

2) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ Water Activity (a_w)

3.3.4.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคมีที่ต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

โดยนำแผ่นฟิล์มที่ได้คัดเลือกมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ระดับการให้คะแนน 1 ถึง 9 (1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นสตรอว์เบอร์รี รสหวาน การละลายในปากและความชอบโดยรวม โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผู้บริโภคที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 100 คน ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

3.3.5 ศึกษาต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

โดยใช้การคำนวณตามวิธีของจิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ [143] ประกอบด้วยวัตถุดิบทางตรง และค่าโสหุ้ย ร้อยละ 35 ของราคาวัตถุดิบ และกำไร ร้อยละ 30 ของราคาวัตถุดิบ

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2562 – กุมภาพันธ์ พ.ศ.2564

3.5 สถานที่ทำการวิจัย

3.5.1 ห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.5.2 ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา สูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีผลการทดลองและการวิจารณ์ผล ดังนี้

4.1 การทดสอบแนวความคิดของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา

4.1.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ผลจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อสืบค้นข้อมูลจากหนังสือ การศึกษาแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารสิ่งพิมพ์ต่างๆเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติ พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา สามารถรับประทานได้ง่าย หาซื้อได้ง่าย ราคาถูกซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีราคาค่อนข้างสูง มีลักษณะเป็นแคปซูลจึงอยากให้มีการพัฒนารูปแบบอื่นที่สามารถรับประทานได้ง่ายกว่าแคปซูล มีประโยชน์และมีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น

4.1.2 การสร้างแบบสอบถาม

จากผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น พบว่า โดยทั่วไปแบบสอบถามมี 3 ส่วน ดังนี้

4.1.2.1 ประชากรศาสตร์

ลักษณะทางประชากรศาสตร์จะประกอบไปด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา ครอบครัว สถานภาพ อาชีพ รายได้ต่อเดือน เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้เป็นเกณฑ์ที่นิยมนำมาใช้ในการแบ่งส่วนการตลาด เนื่องจากลักษณะประชากรศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญและสถิติที่วัดได้ของประชากร สามารถช่วยในกำหนดตลาดของกลุ่มเป้าหมายนั้น ข้อมูลด้านประชากรสามารถเข้าถึงและมีประสิทธิผลต่อการกำหนดตลาดเป้าหมาย โดยมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคซึ่งจะมีผลต่อการตัดสินใจในรูปแบบของอุปสงค์และปริมาณการซื้อผลิตภัณฑ์ต่างๆ [117]

4.1.2.2 ทัศนคติและพฤติกรรมของผู้บริโภค

การวิเคราะห์พฤติกรรมเพื่อศึกษาหรือวิจัยพฤติกรรมการซื้อและการใช้สินค้าเพื่อให้ทราบถึงลักษณะความต้องการ รวมถึงพฤติกรรมการใช้งานของผู้บริโภค ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะช่วยทำให้สามารถกำหนดกลยุทธ์การตลาด (Marketing Mix) เพื่อที่จะสามารถตอบสนองต่อความต้องการและความพึงพอใจของผู้บริโภคได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม [118, 124] โดยคำถามส่วนใหญ่จะถามเกี่ยวกับเวลาในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์สูงสุดประมาณกี่ชั่วโมงต่อวัน ความถี่ในการเข้าใช้สื่อสังคมออนไลน์ใน 1 สัปดาห์ ท่านใช้สื่อสังคมออนไลน์จำนวนกี่วัน ใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศชนิดใดที่มากที่สุด การใช้งานในลักษณะใด อวัยวะใดที่ได้รับผลกระทบ วิธีในการป้องกันสายตาต่อการใช้งานอย่างไรบ้าง

4.1.2.3 ความต้องการของผู้บริโภค

การศึกษาความต้องการของผู้บริโภคเป็นการค้นหาวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อและการใช้ของผู้บริโภคทั้งที่เป็นบุคคล กลุ่มหรือองค์การ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะความต้องการและพฤติกรรมการซื้อ การใช้ การเลือกบริการ แนวคิดหรือประสบการณ์ที่จะทำให้ผู้บริโภคพึงพอใจ ซึ่งคำตอบที่ได้ฃสามารถช่วยให้นักการตลาดสามารถกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด (Market Strategies) ที่สามารถตอบสนองต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคได้อย่างเหมาะสม [125] โดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับความต้องการของผู้บริโภค เช่น ท่านคิดว่ารูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่บำรุงสายตาควรเป็นแบบใด วิตามินประเภทใดมีความจำเป็นในการบำรุงสายตา หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงสายตามีลักษณะเป็นแผ่นคล้ายขนม มีประโยชน์ซึ่งช่วยบำรุงสายตาจากเบต้าแคโรทีนรับประทานได้ง่ายท่านสนใจซื้อหรือไม่ คำถามเหล่านี้มีความสำคัญในการกำหนดรูปแบบของผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค

4.1.3 การประเมินแบบสอบถาม

การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านขึ้นไป โดยใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามเป็นรายข้อ ซึ่งความถูกต้องตามองค์ประกอบที่ต้องการศึกษาและภาษาที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดมุ่งหมายของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ			ผลรวม	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2	1	0	1	2	1.00	ใช้ได้
3	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
4	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
7	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
8	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
9	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
11	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
12	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
13	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
14	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้

ที่มา : จากการทำแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญ

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ข้อคำถามสอดคล้องกับเกณฑ์จำนวน 15 ข้อ ซึ่งผลคะแนนค่าความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบถาม มีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามเท่ากับ 0.85 (มีค่า IOC มากกว่า 0.50) หมายถึง มีความเที่ยงตรงใช้ได้ โดยผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะว่า ควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของประโยค การจัดเรียงประโยคคำถาม การตรวจคำ เพื่อความสมบูรณ์ของแบบสอบถามจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะที่ได้รับให้สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลซึ่งสามารถนำข้อคำถามไปใช้ได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน เพื่อให้แบบสอบถามฉบับนี้มีข้อคำถามและเนื้อหาที่สมบูรณ์ให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ มีความถูกต้องเที่ยงตรงตามโครงสร้างเนื้อหา ครอบคลุมเนื้อหาและใช้ภาษาได้ถูกต้องเหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่มีความสมบูรณ์ที่สุดดังแสดงในภาคผนวก ก และสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริโภค

4.1.4 การสำรวจแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา

ผลการสำรวจแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา โดยการสำรวจกลุ่มผู้บริโภคที่ใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศในชีวิตประจำวัน จำนวน 150 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.2 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	53	35.30
หญิง	97	64.70
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
2. อายุ		
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี	20	13.30
21 - 30 ปี	65	43.30
31 - 40 ปี	34	22.70
มากกว่า 40 ปีขึ้นไป	31	20.70
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
3. ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย	15	10.00
มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.	23	15.30
อนุปริญญา / ปวส.	21	14.00
ปริญญาตรี	75	50.00
ปริญญาโท	16	10.70
ปริญญาเอก	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	150	100.00

ตารางที่ 4.2 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
4. อาชีพ		
นักเรียนหรือนักศึกษา	40	26.70
ข้าราชการหรือพนักงานรัฐวิสาหกิจ	12	8.00
พนักงานบริษัทเอกชน	47	31.30
เจ้าของกิจการ	16	10.70
อาชีพอิสระ	29	19.30
อื่นๆ (โปรดระบุ)	6	4.00
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน		
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท	35	23.30
10,001 - 20,000 บาท	40	26.70
20,001 - 30,000 บาท	37	24.70
30,001 - 40,000 บาท	18	12.00
40,001 - 50,000 บาท	11	7.30
มากกว่า 50,001 บาท	9	6.00
รวมทั้งสิ้น	150	100.00

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในเขตคันนายาว จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 150 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 97 ราย ร้อยละ 64.70 โดยส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 21-30 ปี มากที่สุด ร้อยละ 43.30 รองลงมา คือ มีอายุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 31-40 ปี จำนวน 34 ราย ร้อยละ 22.70 การศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า ร้อยละ 50.00 รองลงมา คือ มัธยมศึกษาตอนปลายหรือปวช. ร้อยละ 15.30 ส่วนใหญ่มีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชนมากที่สุด ร้อยละ 31.30 รองลงมา คือ นักเรียนหรือนักศึกษา ร้อยละ 26.70 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธันยวงศ์ เศรษฐ์พิทักษ์ [113] พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ที่ใช้คอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟนมากที่สุด คือ พนักงานเอกชน โดยทำงานเกี่ยวกับงานบัญชี งานออกแบบ งานเอกสาร รวมไปถึงงานอิสระ (Freelance) เป็นต้น โดยส่วนใหญ่มีระยะเวลายาวใน

การใช้งานติดต่อกันนาน และผู้บริโภคส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,001-20,000 บาท มากที่สุด ร้อยละ 26.70 รองลงมา คือ 20,001-30,000 บาท ร้อยละ 24.70 ตามลำดับ

การสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค

พฤติกรรมของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
6. ท่านใช้เวลาในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์สูงสุดประมาณกี่ชั่วโมงต่อวัน		
น้อยกว่า 1 ชั่วโมงต่อวัน	6	4.00
ประมาณ 1 - 2 ชั่วโมงต่อวัน	12	8.00
ประมาณ 3 - 4 ชั่วโมงต่อวัน	35	23.30
ประมาณ 5 - 6 ชั่วโมงต่อวัน	36	24.00
ประมาณ 7 - 8 ชั่วโมงต่อวัน	32	21.30
มากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน	29	19.30
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
7. ความถี่ในการเข้าใช้สื่อสังคมออนไลน์ต่อวัน		
1 - 3 ครั้ง	8	5.30
4 - 6 ครั้ง	21	14.00
7 - 9 ครั้ง	28	18.70
เปิดตลอดทั้งวัน	93	62.00
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
8. ใน 1 สัปดาห์ท่านใช้สื่อสังคมออนไลน์จำนวนกี่วัน		
1 วัน	1	0.70
2 วัน	1	0.70
3 วัน	4	2.70
4 วัน	3	2.20

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค (ต่อ)

พฤติกรรมของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
5 วัน	0	0.00
6 วัน	1	0.70
ทุกวัน	140	93.30
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
9. ท่านใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศชนิดใดที่มากที่สุด		
คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	23	15.30
โน้ตบุ๊ค	3	2.00
สมาร์ทโฟนเช่น iPhone เป็นต้น	113	75.30
แท็บเล็ต	11	7.30
อื่นๆ (โปรดระบุ)	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
10. ท่านมักใช้อินเตอร์เน็ตเพื่อใช้งานในลักษณะใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทำงาน เช่น Word เป็นต้น	39	8.60
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น E-mail เป็นต้น	33	7.20
การสืบค้นข้อมูล เช่น www.google.co.th เป็นต้น	51	11.20
สื่อสังคมออนไลน์ เช่น Line, Facebook เป็นต้น	136	29.80
เพื่อความบันเทิง เช่น ดูหนัง ฟังเพลงเป็นต้นเล่นเกมล์	130	28.50
สั่งซื้อสินค้าหรือประมูลสินค้าออนไลน์	67	14.70
อื่นๆ (โปรดระบุ)	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	456	100.00
11. อวัยวะใดที่ท่านได้รับผลกระทบจากการใช้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ศีรษะ	52	15.90
ดวงตา	130	39.80
คอ	36	11.00

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค (ต่อ)

พฤติกรรมของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
ข้อมือ-ฝ่ามือ	68	20.80
ไหล่-บ่า	26	8.00
หลัง	15	4.60
รวมทั้งสิ้น	327	100.00

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่ใช้เวลาในการใช้งานสูงสุดต่อวัน คือ ประมาณ 5-6 ชั่วโมงต่อวัน ร้อยละ 24.00 รองลงมา คือ ประมาณ 7-8 ชั่วโมงต่อวัน ร้อยละ 21.30 โดยส่วนใหญ่มีความถี่ในการเข้าใช้งานผ่านแอพพลิเคชั่นต่างๆ ต่อวันมากที่สุด คือ การเปิดใช้งานแอพพลิเคชั่นตลอดทั้งวัน ร้อยละ 62.00 รองลงมา คือ 7-9 ครั้งต่อวัน ร้อยละ 18.70 ซึ่งใน 1 สัปดาห์ โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่เปิดเข้าใช้งานในทุกวัน ร้อยละ 95.30 โดยใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศมากที่สุด คือ สมาร์ทโฟน ร้อยละ 75.30 รองลงมา คือ คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ร้อยละ 15.30 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธันยวงศ์ เศรษฐ์พิทักษ์ [113] พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระยะเวลาการใช้คอมพิวเตอร์ติดต่อกันเป็นเวลานานสูงสุดถึงวันละ 7-9 ชั่วโมง ทำให้มีอาการเจ็บป่วยด้วยลักษณะของงานที่มีความจำเป็นต้องปฏิบัติงานตลอด ทั้งวันจึงมีแนวโน้มของสัดส่วนผู้ที่มีอาการเจ็บป่วยที่ค่อนข้างสูง การใช้งานส่วนใหญ่ใช้การติดต่อสื่อสารผ่านแอพพลิเคชั่น (Applications) ได้แก่ Line, Facebook, Instagram และTwitter เป็นต้น มากที่สุด ร้อยละ 29.80 รองลงมา คือ เพื่อความบันเทิง เช่น ภาพยนตร์ ฟังเพลง เล่นเกมส์ เป็นต้น ร้อยละ 28.50 ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่คิดว่าอวัยวะที่ได้รับผลกระทบจากการใช้งานมากที่สุด คือ ดวงตา ร้อยละ 29.80 รองลงมา คือ ข้อมือหรือ ฝ่ามือ ร้อยละ 20.80 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เนสินี ไชยเอียและคณะ [114] และปาจรา โพธิหัง [115] พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานเกิน 5 ชั่วโมงขึ้นไป โดยพบกลุ่มอาการต่อดวงตาและระบบการมองเห็นอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ แสบตา ระคายเคืองตา ตาสู้แสงไม่ได้ น้ำตาไหล ปวดตา ตาพร่ามัว เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่มีวิธีในการป้องกันสายตาในการใช้งานมากที่สุด คือ พักสายตาจากการใช้งาน และงานวิจัยของวาสนา ฯาวิน [120] พบว่า กลุ่มอาการตาล้าจากการใช้งานสมาร์ทโฟน มีอาการตาล้าจำนวน 460 คน คิดเป็นร้อยละ 94.84 ซึ่งเกิดจากปัจจัยการใช้งาน โดยระยะที่ควรห่างจากตากับหน้าจอของสมาร์ทโฟนน้อยกว่า 34 เซนติเมตร และปัจจัยจากการใช้งานสมาร์ทโฟนต่อวันตั้งแต่ 2 ชั่วโมงขึ้นไป ร้อยละ 70-88 มีระยะห่างจากอุปกรณ์และดวงตาขณะใช้งานน้อยกว่า 34 เซนติเมตร ซึ่งไม่คำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการใช้งานและการใช้งานสมาร์ทโฟนทุกครั้ง

ก่อนนอน ดังนั้นจึงต้องมีการพักสายตาเมื่อใช้งานนานกว่า 2 ชั่วโมงติดต่อกัน ระยะห่างจากอุปกรณ์กับดวงตาและการใช้งานในห้องที่มีแสงสว่างที่เหมาะสมเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับดวงตาในระยะยาว

การสำรวจแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ผลการสำรวจแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการสำรวจแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์	ความถี่	ร้อยละ
12. ท่านมีวิธีในการป้องกันสายตาต่อการใช้งานอย่างไรบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ติดฟิล์มกรองแสง	46	13.90
สวมแว่นตากรองแสง	58	17.60
รับประทานผลิตภัณฑ์บำรุงสายตา เช่น วีต้าเบอร์รี่	59	17.90
ใช้โหมดแอปพลิเคชั่นการลดแสงสีฟ้า	43	13.00
พักสายตาจากการใช้งาน	118	35.80
อื่นๆ (โปรดระบุ)	6	1.80
รวมทั้งสิ้น	330	100.00
13. รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่บำรุงสายตาท่านคิดว่าควรเป็นแบบใด		
แคปซูล	44	29.30
แผ่นฟิล์มละลายในปาก	48	32.00
เยลลี่	14	9.30
เครื่องดื่ม	32	21.30
กัมมี่	9	6.00
อื่นๆ (โปรดระบุ)	3	2.00
รวมทั้งสิ้น	150	100.00

ตารางที่ 4.4 ผลการสำรวจแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (ต่อ)

แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์	ความถี่	ร้อยละ
14. วิตามินประเภทใดที่จำเป็นในการบำรุงสายตา (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
เบต้าแคโรทีน	118	41.70
ไลโคปีน	35	12.40
ลูทีน	17	6.00
สารสกัดบิลเบอรร์รี่	12	4.20
ซีแซนทีน	7	2.50
วิตามิน A	49	17.30
วิตามิน C	22	7.80
โอเมก้า	23	8.10
อื่นๆ (โปรดระบุ)	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	283	100.00
15. ถ้ามีการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงสายตาลักษณะเป็นแผ่นคล้ายขนมมีประโยชน์ช่วยบำรุงสายตาจากเบต้าแคโรทีน รับประทานได้ง่ายท่านสนใจซื้อหรือไม่		
สนใจ	114	76.00
ไม่สนใจ	36	24.00
รวมทั้งสิ้น	150	100.00

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้ใช้คอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟนส่วนใหญ่ มีวิธีในการป้องกันสายตาต่อการใช้งานมากที่สุด คือ พักสายตาจากการใช้งาน ร้อยละ 35.80 รองลงมา คือ รับประทานผลิตภัณฑ์บำรุงสายตาหรือวิตามิน ร้อยละ 17.90 โดยรูปแบบผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่ผู้บริโภคอยากให้มีมากที่สุด คือ รูปแบบของแผ่นฟิล์มที่สามารถละลายในปาก คือ ร้อยละ 31.40 รองลงมา คือ แคปซูล ร้อยละ 28.80 ซึ่งวิตามินที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่คิดว่ามีความจำเป็นในการบำรุงสายตามากที่สุด คือ เบต้าแคโรทีน ร้อยละ 41.70 รองลงมา คือ วิตามิน A ร้อยละ 17.30 โดยหากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตาลักษณะเป็นแผ่นบางคล้ายขนม ละลายในปาก รับประทานได้ง่ายมีประโยชน์ช่วยบำรุงสายตาจากเบต้าแคโรทีนสูง

ซึ่งช่วยในการมองเห็นและช่วยบำรุงสายตารวมทั้งช่วยให้ผิวเยื่อเมือกในตาชุ่มชื่นมากขึ้น ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจมากที่สุด ร้อยละ 76.00 แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีการรับรู้ถึงประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ที่สามารถช่วยแก้ปัญหาสุขภาพและหันมาบริโภคจึงทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ที่ช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าว [116, 119] เมื่อผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์จึงแนะนำหรือบอกต่อให้แก่คนใกล้ชิด เช่น ครอบครัว กลุ่มเพื่อน เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันคนไทยส่วนใหญ่ใช้ชีวิตอยู่กับหน้าจอมือถือแท็บเล็ตหรือหน้าจอคอมพิวเตอร์ไม่ต่ำกว่าวันละ 6-8 ชั่วโมง จึงเป็นปัจจัยเสี่ยงที่นำมาสู่โรคจอประสาทตาเสื่อมก่อนวัยอันควร ทำให้ต้องดูแลรักษาสายตา เช่น พักสายตาจากการใช้งาน รับประทานอาหารที่ช่วยบำรุงสายตาและช่วยชะลอการเกิดโรคจอประสาทตาเสื่อม ดังนี้ เบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene) พบได้ในผักและผลไม้สีส้ม ได้แก่ แครอท ฟักทอง ฟักข้าว เป็นต้น ลูทีน (Lutein) พบในผักสีเขียวเข้ม ได้แก่ คะน้า ผักโขม ผักบุ้ง บรอกโคลี เป็นต้น ไลโคปีน (Lycopene) สารต้านอนุมูลอิสระพบในฟักข้าว มะเขือเทศ เป็นต้น [122-123]

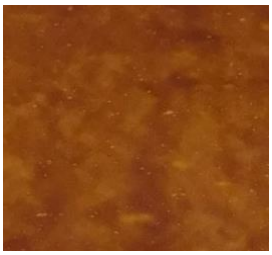
4.2 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ 2 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลัง แปรเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 5, 10 และ 15 และปริมาณซอร์บิทอลแปรเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยการจัดสิ่งทดลองแบบ Factorial in CRD ได้สูตรในการผลิตทั้งหมด 9 สูตร และเมื่อนำไปทำการวัดค่าคุณภาพได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5 โดยผลที่ได้ทำให้แผ่นฟิล์มมีลักษณะที่ปรากฏแตกต่างกัน

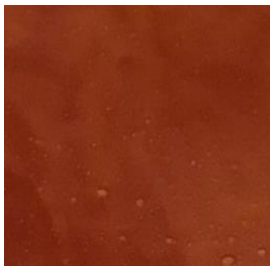
4.2.1 การศึกษาลักษณะปรากฏ

จากการศึกษาลักษณะปรากฏของฟิล์มที่ได้ทั้ง 9 สูตร ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

สูตรที่	สตาร์ชมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	ซอร์บิทอล (ร้อยละ)	ชิ้นงานทดสอบ	ลักษณะสิ่งทดลอง
1	5	10		- แผ่นฟิล์มมีสีแดงส้ม - บางมาก ลอกออกยาก - ไม่ยืดหยุ่น แตกหัก - เปราะง่าย ผิวบาง
2	10	10		- แผ่นฟิล์มมีสีแดงส้ม - มีความแข็งบาง ยืดหยุ่นเล็กน้อย ลอกออกได้ - เปราะแตกง่าย ผิวหยาบ
3	15	10		- แผ่นฟิล์มมีสีแดงส้มอ่อน - มีความแข็ง บางกรอบ - ไม่ยืดหยุ่น เปราะแตก - ผิวด้านลอกออกได้ยาก

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว (ต่อ)

สูตรที่	สตาร์ชมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	ซอร์บิทอล (ร้อยละ)	ชิ้นงานทดสอบ	ลักษณะสิ่งทดลอง
4	5	20		- แผ่นฟิล์มมีสีแดงส้ม - มีความบางนุ่ม มันเงา - ยืดหยุ่น - ผิวเรียบลอกออกได้
5	10	20		- แผ่นฟิล์มสีแดงส้ม - แผ่นหนาขึ้นเล็กน้อย - นุ่มมันเงา ยืดหยุ่นได้ - ผิวเรียบลอกออกง่าย
6	15	20		- แผ่นฟิล์มมีสีแดงส้ม - แผ่นหนามากขึ้น - นุ่มมันเงา ยืดหยุ่น - ผิวเรียบลอกออกง่าย

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว (ต่อ)

สูตรที่	สตาร์ชมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	ซอร์บิทอล (ร้อยละ)	ชิ้นงานทดสอบ	ลักษณะสิ่งทดลอง
7	5	30		- แผ่นฟิล์มมีสีแดงส้ม - มีความบางนุ่ม - มันเงา ลื่นเหนียวจากซอร์บิทอลที่เคลือบผิว - ยืดหยุ่นมาก - ผิวเรียบ ลอกออกง่าย
8	10	30		- แผ่นฟิล์มมีสีแดงส้ม - แผ่นมีความหนาขึ้น - เหนียว อ่อนนุ่ม มันเงา - ยืดหยุ่นได้ค่อนข้างดี - ผิวเรียบลอกออกง่าย
9	15	30		- แผ่นฟิล์มมีสีแดงส้ม - แผ่นมีความหนามากขึ้น - เหนียวอ่อนนุ่ม มันเงา - ยืดหยุ่นได้ดี - ผิวเรียบ ลอกออกง่าย

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ลักษณะที่ปรากฏของแผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตร มีความแตกต่างกัน โดยแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังและซอร์บิทอลที่แตกต่างกันจึงทำให้แผ่นฟิล์มแต่ละสูตรมีความหนาต่างกัน แผ่นฟิล์มที่มีปริมาณซอร์บิทอลเป็นส่วนผสมอยู่น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 10 แผ่นฟิล์มมีลักษณะเป็นแผ่นบาง มีความยืดหยุ่นน้อย โปร่งใสและเปราะหักง่าย เนื่องจากมีปริมาณที่น้อยเกินไป ซึ่งทำให้ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มสภาพของแผ่นฟิล์มให้ยืดหยุ่นได้ดีขึ้น แผ่นฟิล์มจึงเปราะแตกหักง่าย ไม่ยืดหยุ่น สำหรับแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณซอร์บิทอล ร้อยละ 20 แผ่นฟิล์มมีความหนาขึ้น มีความยืดหยุ่นได้ดี นุ่มและมันวาว เมื่อมีซอร์บิทอลในปริมาณที่มากขึ้นทำให้แผ่นฟิล์มมีความยืดหยุ่นมาก นุ่มเหนียว มันวาวและหนาขึ้น และในส่วนของแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณซอร์บิทอล ร้อยละ 30 แผ่นฟิล์มมีความยืดหยุ่นได้มาก นุ่ม ลื่นมันวาวและเหนียวมากขึ้นตามปริมาณซอร์บิทอลที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีความเหนียวมากกว่าสูตรอื่น ทั้งนี้เนื่องจากสารพลาสติไซเซอร์จำพวกซอร์บิทอลเป็นสารที่ดูดความชื้น (Hydroscopic) ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจนของพลาสติไซเซอร์กับพอลิเมอร์ ซึ่งทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของแป้งทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มสภาพของพลาสติไซเซอร์จึงทำให้แผ่นฟิล์มความยืดหยุ่นได้แตกต่างกันจนเกิดฟิล์มมีลักษณะเป็นสารละลายที่มีความหนืดใสมันวาวทั้งสองด้านต่างกัน [87, 103-104, 106, 110] โดยปัจจัยที่ทำให้แผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตรมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ คือ สตาร์ชมันสำปะหลัง ซึ่งคุณสมบัติของสตาร์ชมันสำปะหลังทำให้ฟิล์มมีลักษณะของเนื้อเจลดีขึ้น มีความเป็นกาวเพิ่มขึ้น มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) หรือทำให้ความสามารถในการผสมกับตัวทำละลายอื่นดีมากยิ่งขึ้น [83, 101] นอกจากนี้ปริมาณของซอร์บิทอลและสตาร์ชมันสำปะหลังแล้ว แป้งสาลียังมีผลในด้านลักษณะปรากฏ เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสาลีเมื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมทำให้เกิดกลูเตน (Gluten) ซึ่งจะเกิดโครงร่างเมื่อได้รับความร้อน [77-78, 96-99] โดยเมื่อสตาร์ชมันสำปะหลังได้รับความร้อนเกิดการเจลาติไนซ์เป็นสารละลายมีความหนืดและใส แผ่นฟิล์มที่มีปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 5 แผ่นฟิล์มมีความบาง แตกหักได้ง่าย เนื่องจากมีปริมาณน้อยเกินไปจึงทำให้ไม่สามารถพองตัวแป้งได้ดี แผ่นฟิล์มที่มีสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 10 แผ่นฟิล์มมีความนุ่มหยืดหยุ่นเรียบใส และแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 15 ฟิล์มที่จึงมีลักษณะเรียบทั้งสองด้านหนานุ่ม ดังนั้นส่วนผสมทั้ง 3 ชนิด จึงทำให้แผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตร มีลักษณะปรากฏแตกต่างกัน

4.2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางกลของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

การวิเคราะห์คุณภาพของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ประกอบด้วย การวัดความหนา การวัดค่าสี การวัดความชื้น และการวัดความเป็นกรด-ด่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

สตาร์ชมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	ซอร์บิทอล (ร้อยละ)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ค่าสี			ความชื้น (ร้อยละ)	กรด-ด่าง (pH)
			L*	a*	b*		
5	10	0.022 ± 0.01	28.42^{h} ± 0.12	19.03^{g} ± 0.04	15.04^{g} ± 0.03	5.50^{d} ± 0.16	4.78^{f} ± 0.07
10	10	0.025 ± 0.01	28.84^{f} ± 0.22	23.45^{d} ± 0.03	18.78^{d} ± 0.09	5.51^{d} ± 0.32	4.71^{g} ± 0.01
15	10	0.027 ± 0.01	35.02^{a} ± 0.03	28.29^{a} ± 0.15	21.58^{a} ± 0.04	5.32^{d} ± 0.23	5.61^{a} ± 0.04
5	20	0.023 ± 0.01	31.39^{i} ± 0.03	18.47^{h} ± 0.03	14.67^{h} ± 0.02	6.42^{c} ± 0.21	5.47^{e} ± 0.01
10	20	0.025 ± 0.01	32.92^{d} ± 0.18	22.96^{e} ± 0.04	17.67^{e} ± 0.02	6.75^{c} ± 0.07	5.56^{bc} ± 0.01
15	20	0.026 ± 0.01	34.83^{b} ± 0.18	26.56^{b} ± 1.02	12.95^{b} ± 0.03	6.42^{c} ± 0.21	5.60^{ab} ± 0.01
5	30	0.022 ± 0.01	30.61^{g} ± 0.03	17.80^{i} ± 0.01	13.53^{i} ± 0.03	8.83^{a} ± 0.10	5.53^{cd} ± 0.01
10	30	0.025 ± 0.00	32.45^{e} ± 0.02	20.10^{f} ± 0.01	16.21^{f} ± 0.01	8.41^{b} ± 0.23	5.51^{de} ± 0.01
15	30	0.027 ± 0.01	34.21^{c} ± 0.02	24.54^{c} ± 0.04	19.52^{c} ± 0.01	8.22^{b} ± 0.12	5.53^{cd} ± 0.01

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ความหนาของแผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตร มีความหนาตามมาตรฐานของแผ่นฟิล์มห่ออาหาร โดยมีความหนาไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร [90] การใส่สตาร์ชมันสำปะหลังและซอร์บิทอลที่แตกต่างกันทำให้แผ่นฟิล์มแต่ละสูตรมีความหนาต่างกัน โดยอัตราส่วนที่ใช้ในการวิจัยอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้แผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตร มีความหนาไม่เกินที่มาตรฐานกำหนดไว้ สูตรที่แผ่นฟิล์มที่มีปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังและซอร์บิทอลน้อยจะมีความหนาน้อย เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งที่มีการพองตัวเป็นสองชั้น ทำให้ภายในโมเลกุลเม็ดแป้งต่างกัน คือ บริเวณผลึกและบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้งมีกำลังการพองตัวแตกต่างกัน ทำให้มีปริมาณอะมิโลสสูงจึงเกิดโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงทั้งสองด้าน การเติมซอร์บิทอลและการเจลาติไนซ์ของแป้งทำให้ภายในเม็ดแป้งเกิดการพองตัวมากยิ่งขึ้น แผ่นฟิล์มมีความหนาต่างกัน [87, 110] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปิยนุสร์ น้อยด้วงและคณะ [85] พบว่า ฟิล์มสตาร์ชจากแห้วจีนมีค่าความหนาของฟิล์มเพิ่มมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของปริมาณแป้งและปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแผ่นฟิล์มจากการวิเคราะห์ ค่า L* ทั้ง 9 สูตร มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) พบว่า สูตรที่มีค่า L* มากที่สุด คือ สูตรที่ 3 คือ 35.02 ซึ่งมีผลมาจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีสีแดงออกไปในทิศทางของค่า L* เพิ่มขึ้น ปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังมีสีขาว โดยในสูตรมีปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 15 และมีปริมาณซอร์บิทอล ร้อยละ 10 เมื่อผสมกันและเกิดการเจลาติไนซ์ทำให้แผ่นฟิล์มในสูตรนี้แผ่นฟิล์มมีสีออกไปทางสีส้มมากกว่าสูตรอื่นจึงทำให้แผ่นฟิล์มในสูตรนี้มีค่าความสว่างมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ค่าสี a* และ b* ทั้ง 9 สูตร แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) พบว่า จากการวิเคราะห์ค่า a* มีค่าอยู่ในช่วง 28.29-17.80 โดยค่า a* มีค่าเป็น + ทำให้ค่าสีเป็นไปในทิศทางสีแดง ค่า b* มีค่าอยู่ในช่วง 21.58-13.53 โดยค่า b* มีค่าเป็น + ทำให้ค่าสีเป็นไปในทิศทางสีเหลือง ทั้งนี้มีผลมาจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning Rection) โดยโครงสร้างทางเคมีของซอร์บิทอลมีลักษณะคล้ายน้ำตาล เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนสีเข้มขึ้นและสารแคโรทีนอยด์เป็นสารสีแดงในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวจึงส่งผลให้แผ่นฟิล์มมีสีแดงอมส้ม แผ่นฟิล์มจึงมีสีออกไปในทิศทางสีแดงและทิศทางสีเหลือง [44, 102, 106-107, 111]

ความชื้นของฟิล์มของแผ่นฟิล์มที่ได้จากกระบวนการผลิตทั้ง 9 สูตร มีค่าอยู่ระหว่าง 5.50-8.22 ซึ่งไม่เกินมาตรฐานอาหารแห้ง คือ ร้อยละ 15 โดยปัจจัยที่มีผลต่อความชื้น คือ ซอร์บิทอล เนื่องจากมีหน้าที่ช่วยเพิ่มความชื้นบนพื้นผิว ช่วยในกระบวนการผลิต ปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์และลดการติดกับแม่พิมพ์ [36, 40-43] ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปริมาณของซอร์บิทอล เพื่อไม่ให้เกิดความชื้นในแผ่นฟิล์ม โดยแผ่นฟิล์มในสูตรที่ 7 คือ ปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 5 ปริมาณซอร์บิทอล ร้อยละ 30 มีค่าความชื้นมากที่สุด คือ 8.83 ซึ่งมีผลมาจากซอร์บิทอลที่เป็นสารพลาสติไซเซอร์จำพวก

สารดูดความชื้น (Hydroscopic) สมบัติในการรวมตัวกับน้ำไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) โดยมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลพันธะไฮโดรเจน ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของสตาร์ชมันสำปะหลัง โดยเมื่อปริมาณซอร์บิทอลมากขึ้นจึงทำให้แผ่นฟิล์มมีความเป็นไฮโดรฟิลิกสูงขึ้น ทำให้สามารถดูดซับความชื้นไว้ภายในแผ่นฟิล์ม ทำให้มีค่าความชื้นสูงขึ้นตามปริมาณของซอร์บิทอลที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย [106-108] โดยในมาตรฐานอาหารแห้งควรมีค่าความชื้นต่ำกว่า ร้อยละ 15 เพื่อป้องกันและควบคุมการเกิดจุลินทรีย์ในอาหารซึ่งจะทำให้อาหารเสื่อมเสีย ได้แก่ ยีสต์ ราและแบคทีเรีย เป็นต้น [52, 112]

การวัดความเป็นกรด-ด่างของฟิล์มของแผ่นฟิล์มที่ได้จากกระบวนการผลิตทั้ง 9 สูตร พบว่ามีค่าเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 4.71-5.60 ซึ่งเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low Acid Food) คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.6 (pH>4.6) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 420 พ.ศ.2563 กำหนดไว้อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่มีความเป็นกรดต่ำ หมายถึง อาหารที่ผ่านกรรมวิธีที่ใช้ทำลายหรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ด้วยความร้อน ภายหลังหรือก่อนบรรจุปิดผนึก รวมถึงอาหารอื่นที่มีกระบวนการผลิตในทำนองเดียวกันที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.6 ซึ่งเก็บรักษาไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่เป็นโลหะหรือวัตถุอื่นที่คงรูปหรือไม่คงรูปที่สามารถป้องกันมิให้อากาศเข้าไปในภาชนะบรรจุได้และสามารถเก็บรักษาไว้ได้ในอุณหภูมิปกติ โดยจะช่วยถนอมอาหารให้มีอายุการเก็บนานขึ้น [105] ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อความหนืดของแผ่นฟิล์ม เมื่อฟิล์มมีค่ากรดสูงจะทำให้ความหนืดของฟิล์มลดลงเกิดการไฮโดรไลซ์สตาร์ช (Starch Hydrolysis) ทำให้พอลิเมอร์สั้นลงความข้นหนืดของฟิล์มจะลดลง [130] ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของแผ่นฟิล์มที่วัดได้มีสภาวะเป็นกรดต่ำทำให้ฟิล์มฟิล์มมีความหนืดที่ดี ช่วยในการถนอมอาหาร ทำให้มีอายุในการเก็บรักษาได้นานขึ้น เนื่องจากเป็นอาหารที่มีกรดต่ำ [141] โดยในโมเลกุลของแป้งมีปริมาณอะมิโลสสูง ทำให้ฟิล์มสามารถละลายหรือกระจายตัวได้ดี ซึ่งการผลิตฟิล์มทำให้คุณสมบัติในการเกิดเจลสูงขึ้นทำให้สามารถดูดน้ำได้ดี เพื่อควบคุมความข้นหนืดจึงต้องมีการทำแห้งซึ่งมีผลต่อสมบัติของฟิล์ม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Graham [127, 145] พบว่า เมื่อละลายเมทิลเซลลูโลสสารละลายจะเกิดการพองตัว เนื่องจากมีโมเลกุลของสารจะเข้าไปแทรกอยู่ ขณะเดียวกันความข้นหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้น เมื่อพันธะระหว่างพอลิเมอร์ถูกทำลายทำให้ความหนืดลดลง เมื่อเติมสารพลาสติไซเซอร์ทำให้แผ่นฟิล์มมีความหยืดหยุ่นดีขึ้น

4.2.3 การจัดกลุ่มสูตรในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ตามความสามารถในการต้านแรงดึงขาด การยืดตัวและการละลายน้ำ

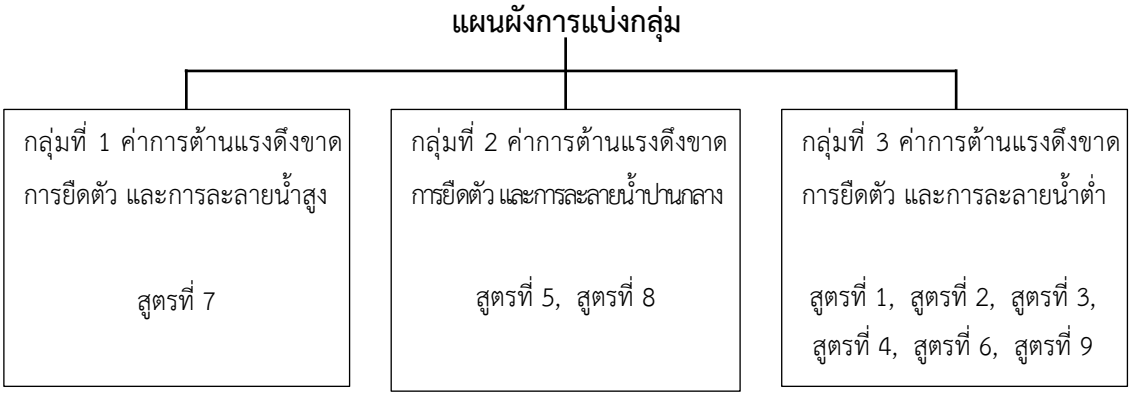
การจัดกลุ่มสูตรในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ตามความสามารถ โดยผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าการละลายน้ำ ผลการศึกษาสมบัติทางกล ได้แก่ ค่าการต้านแรงดึงขาดและค่าการยืดตัว จากนั้นทำการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาจากการจัดกลุ่มที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

สูตรที่	การละลายน้ำ Solubility (%)	การต้านแรงดึงขาด Tensile Strength (MPa)	การยืดตัว Elongation (%E)
1	111.09	1.14	8.68
2	109.00	2.57	12.80
3	110.07	2.39	3.51
4	105.25	1.49	14.87
5	105.46	1.42	36.53
6	109.91	1.38	17.03
7	108.37	0.51	55.60
8	104.92	0.91	35.67
9	103.31	1.33	19.23

ที่มา : จากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.7 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มตามความสามารถ เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภค โดยใช้วิธี Cluster Analysis แบบ K-Means Cluster (KMO) โดยการกำหนดจำนวนกลุ่มเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งมีเป้าหมายในกลุ่มเดียวกัน มีความคล้ายกันในปัจจัยหรือตัวแปร 3 ตัว คือ ค่าการต้านแรงดึงขาด ค่าการยืดตัวและค่าการละลายน้ำ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาขั้นตอนต่อไปดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนผังการแบ่งกลุ่ม

หมายเหตุ : ค่าการละลายน้ำสูงเกิดจากแป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบในการบวมน้ำและการละลายแตกต่างกัน โดยแป้งมันสำปะหลังจะมีการบวมน้ำและการละลายสูงกว่าแป้งจากธัญพืช คุณสมบัติการบวมน้ำและการละลายของแป้งจึงเปลี่ยนไปเมื่อมีการดัดแปรทางเคมี เมื่อแป้งเกิดการพองตัวพันธะภายในร่างแหทำให้เม็ดแป้งกระจายออกเป็นชิ้นเล็กเม็ดแป้งจึงเกิดการดูดน้ำมากขึ้น ทำให้เกิดการอิ่มตัวของน้ำเกิดกระบวนการครอสลิงค์ (Cross-Linking) ทำให้แป้งไม่สามารถละลายได้หมด เมื่อเติมซอร์บิทอลซึ่งเป็นสารพลาสติไซเซอร์มีความเข้ากันได้ดีกับน้ำ ทำให้กำลังการบวมน้ำของแป้งส่งผลให้ความแข็งแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายจึงลดลง [149]

กลุ่มสูง หมายถึง กลุ่มที่มีค่าการต้านแรงดึงขาด การยืดตัวและการละลายน้ำระดับสูง คือ มีคุณสมบัติที่ดีในการต้านแรงดึงขาดได้สูงที่สุด ยืดหยุ่นยืดตัวได้ดีมาก แผ่นฟิล์มหนานุ่ม มีความเหนียว เมื่อละลายสามารถละลายได้เร็ว

กลุ่มปานกลาง หมายถึง กลุ่มที่มีค่าการต้านแรงดึงขาด การยืดตัวและการละลายน้ำระดับปานกลาง คือ มีคุณสมบัติที่ดีในการต้านแรงดึงขาด ยืดหยุ่นปานกลางได้ แผ่นหนานุ่ม เมื่อละลายสามารถละลายได้ปานกลาง

กลุ่มต่ำ หมายถึง กลุ่มที่มีค่าการต้านแรงดึงขาด การยืดตัวและการละลายน้ำระดับต่ำ คือ มีคุณสมบัติที่ดีในการต้านแรงดึงขาดได้สูงที่ต่ำสุด ยืดหยุ่นได้ค่อนข้างน้อย แผ่นบางเปราะแตกหักง่าย เมื่อละลายสามารถละลายได้ช้า

จากรูปที่ 4.1 แผนผังการแบ่งกลุ่ม โดยใช้ Cluster Analysis แบบ K-Means Cluster พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มการต้านแรงดึงขาด การยืดตัวและการละลายน้ำได้เป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ผู้ศึกษาสนใจ คือ กลุ่มที่มีค่าการต้านแรงดึงขาด การยืดตัว และการละลายน้ำปานกลาง ซึ่งมีอยู่ 2 สูตร คือ สูตรที่ 5 และสูตรที่ 8 มีค่าการต้านแรงดึงขาด คือ 1.42 และ 0.91 ตามลำดับ ร้อยละของการยืดตัว คือ 36.53 และ 35.67 ตามลำดับ และค่าการละลายน้ำ คือ ร้อยละ 105.46 และ 104.92 ตามลำดับ โดยจากการศึกษา พบว่า แผ่นฟิล์มในกลุ่มที่ 1 มีลักษณะมันเงา ค่อนข้างลื่นเหนียวมาก เนื่องจากปริมาณของซอร์บิทอลที่มากเกินไป ในกลุ่มที่ 3 มีลักษณะผิวบาง เปราะแตกหักง่าย ลอกออกได้ยาก ไม่ยืดหยุ่นเนื่องจากมีปริมาณของซอร์บิทอลที่น้อยเกินไป จึงเลือกกลุ่มที่ 2 เนื่องจากฟิล์มมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบยืดหยุ่นได้ดี ไม่เปราะแตกหักง่าย ไม่เหนียว ซึ่งทำให้ฟิล์มที่ได้มีลักษณะทางกายภาพที่ดี โดยปริมาณซอร์บิทอลสามารถละลายน้ำได้ดีเมื่อใช้ความเข้มข้น ไม่เกินร้อยละ 60 ซึ่งทำให้สามารถรักษาความชื้นคงลักษณะของความยืดหยุ่นได้ โดยมีการใช้ซอร์บิทอลในปริมาณที่ต่ำได้ ไม่ทำให้เกิดการทำลายสุขภาพเนื่องจากซอร์บิทอลเป็นอนุพันธ์ของน้ำตาล มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาลครึ่งหนึ่ง [43-44] โดยมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Glycemic Index) จึงไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงจึงนิยมใช้เป็นสารแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ [43-44, 100, 129] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจุฑาทิพย์ สินสวัสดิ์ และคณะ [87] พบว่า ฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมสารพอลิแซคคาไรด์และการใช้ซอร์บิทอลร้อยละ 30 ในฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง ทำให้ฟิล์มมีความทนต่อแรงยืดและการยืดตัวของฟิล์มสูงกว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังชนิดอื่น

4.2.4 การศึกษาการความชอบของผู้บริโภคต่อแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

โดยนำผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มที่ได้คัดเลือกทั้ง 2 สูตร ศึกษาการความชอบของผู้บริโภค โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นสตรอว์เบอร์รี รสหวาน การละลายในปากและความชอบโดยรวม โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน ในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาจากคะแนนสูงสุดที่ได้ โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และ 4.9 ดังนี้

4.2.4.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	29	29.00
หญิง	71	71.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
2. อายุ		
15 – 24 ปี	17	17.00
25 – 34 ปี	39	39.00
35 – 44 ปี	28	28.00
45 ปีขึ้นไป	16	16.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
3. ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย	4	4.00
มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.	9	9.00
อนุปริญญา / ปวส.	10	10.00
ปริญญาตรี	71	71.00
ปริญญาโท	6	6.00
ปริญญาเอก	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
4. อาชีพ		
นักเรียนหรือนักศึกษา	14	14.00
ข้าราชการหรือพนักงานรัฐวิสาหกิจ	10	10.00
พนักงานบริษัทเอกชน	38	38.00
เจ้าของกิจการหรือ ค้าขาย	17	17.00
อาชีพอิสระ	13	13.00
อื่นๆ (โปรดระบุ)	8	8.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

ตารางที่ 4.8 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน		
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท	16	16.00
15,001 - 20,000 บาท	29	29.00
20,001 - 25,000 บาท	17	17.00
25,001 - 30,000 บาท	26	26.00
30,001 บาทขึ้นไป	12	12.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.8 ผลการศึกษาข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 71.00 โดยส่วนใหญ่มีอายุในช่วง 25-34 ปี มากที่สุด ร้อยละ 39.00 รองลงมา คือ 35-44 ปี ร้อยละ 28.00 การศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 71.00 รองลงมา คือ อนุปริญญาหรือปวส. ร้อยละ 10.00 ส่วนใหญ่มีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 38.00 รองลงมา คือ เจ้าของกิจการหรือค้าขาย ร้อยละ 17.00 และผู้บริโภคส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000-20,000 บาท มากที่สุด ร้อยละ 29.00 รองลงมา คือ 25,001-30,000 บาท ร้อยละ 26.00 ตามลำดับ

4.2.4.2 การศึกษาความชอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การศึกษาความชอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรที่ 5	สูตรที่ 8
ลักษณะปรากฏ*	7.68 ± 0.71	7.37 ± 0.77
สี*	7.71 ± 0.73	8.18 ± 0.83
กลิ่นสตรอว์เบอร์รี^{ns}	7.71 ± 0.77	7.29 ± 0.86
รสหวาน*	8.18 ± 0.74	8.24 ± 0.70
การละลายในปาก*	7.20 ± 0.93	7.30 ± 0.75
ความชอบโดยรวม*	8.14 ± 0.82	8.26 ± 0.78

หมายเหตุ : สูตรที่ 5 : อัตราส่วน แป้งสาลี 10 กรัม ซอร์บิทอล 20 กรัม สตาร์ชมันสำปะหลัง 10 กรัม
สูตรที่ 8 : อัตราส่วน แป้งสาลี 10 กรัม ซอร์บิทอล 30 กรัม สตาร์ชมันสำปะหลัง 10 กรัม
ตัวอักษร ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)
ตัวอักษร * คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.9 พบว่า แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ทั้ง 2 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ สี รสหวาน การละลายในปากและความชอบโดยรวม โดยสูตรที่ 8 ที่ประกอบด้วยอัตราส่วนสตาร์ชมันสำปะหลัง 10 กรัม ซอร์บิทอล 30 กรัม ได้คะแนนสูงที่สุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี รสหวาน การละลายในปาก และความชอบโดยรวม เนื่องจากแผ่นฟิล์มมีความเรียบเนียนเป็นแผ่นสม่ำเสมอ สีแดงอมส้ม โดยเป็นสีตามธรรมชาติของส่วนผสมที่ใช้อาจมีสีต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากปริมาณของซอร์บิทอลที่แตกต่างกัน นุ่ม ยืดหยุ่น มีรสหวานและละลายในปากได้ค่อนข้างไว เนื่องจากมีปริมาณของซอร์บิทอลมากกว่าแผ่นฟิล์มสูตรที่ 5 โดยซอร์บิทอลที่เป็นสารพลาสติไซเซอร์มีสมบัติในการรวมตัวกับน้ำไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) เมื่อมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลพันธะไฮโดรเจนทำให้เกิดการละลาย โดยซอร์บิทอลสามารละลายในน้ำได้ดีเมื่อใช้ในปริมาณมาก [44, 106-107] ทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดในด้านกลิ่นสตรอว์เบอร์รี ผู้บริโภคไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งให้กลิ่นรสที่ดีใกล้เคียงคล้ายธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นหืนปราศจากกลิ่นรสอื่นๆที่ไม่พึงประสงค์ [126] จากข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย พบว่า อัตราการบริโภคน้ำตาลของคนไทยนั้นเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 7.00 ต่อปีเป็น 9.00 และ 24.00 กิโลกรัมต่อคนต่อปีตามลำดับ [128] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคนไทยมีการบริโภครสหวานอย่างเห็นได้ชัด จึงทำให้สูตรที่ 8 ได้คะแนนในด้านความหวานสูงที่สุด แต่การใช้ซอร์บิทอลในการผลิตเป็นแผ่นฟิล์มบริโภคนั้นไม่ก่อให้เกิดการทำลายสุขภาพ เนื่องจากซอร์บิทอลเป็นอนุพันธ์ของน้ำตาล มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาลครึ่งหนึ่ง โดยมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Glycemic Index) จึงไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง

ซอร์บิทอลจึงนิยมใช้เป็นสารแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ [43-44, 129] โดยจากผลการทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า แผ่นฟิล์มในสูตรที่ 8 มีคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรอื่น จึงนำไปศึกษาปริมาณของสารเบต้าแคโรทีน ไลโคปีนและศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยาต่อไป

4.3 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางจุลินทรีย์และการยอมรับของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

4.3.1 จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณพลังงานทั้งหมด โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร วิตามินเอ วิตามินซี เบต้าแคโรทีน และค่าความชื้น คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าปริมาณน้ำอิสระ Water Activity (a_w) ทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม และการยอมรับของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

คุณภาพ	ปริมาณ
คุณค่าทางโภชนาการ	
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	145.31
โปรตีน (กรัม)	1.02
ไขมัน (กรัม)	0.12
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	15.98
ใยอาหาร (กรัม)	0.88
วิตามินเอ (ไมโครกรัม)	22.00
วิตามินซี (ไมโครกรัม)	3.30
เบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัม)	15,906.77
ไลโคปีน (ไมโครกรัม)	17,017.69
ค่าความชื้น (ร้อยละ)	10.12
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่า Water Activity (a_w)	0.54

ตารางที่ 4.10 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว (ต่อ)

คุณภาพ	ปริมาณ
คุณภาพทางจุลินทรีย์	
ยีสต์,รา (CFU/g)	2.5×10^2
โคลิฟอร์ม, (MPN/g)	<3.0

ที่มา : จากการวิเคราะห์และตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของไทย [121,144]

จากตารางที่ 4.10 การศึกษาคุณทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว พบว่า แผ่นฟิล์มในปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงานทั้งหมด 145.31 กิโลแคลอรี โปรตีน 1.02 กรัม ไขมัน 0.12 กรัม คาร์โบไฮเดรต 15.98 กรัม ใยอาหาร 0.88 กรัม วิตามินเอ 22.00 ไมโครกรัม วิตามินซี 3.30 ไมโครกรัม เบต้าแคโรทีน 15,906.77 ไมโครกรัม และไลโคปีน 17,017.69 ไมโครกรัม โดยปริมาณเบต้าแคโรทีนที่ควรได้รับต่อวัน คือ 800 ไมโครกรัม ไม่ควรเกิน 3000 ไมโครกรัม และปริมาณไลโคปีนไม่เกิน 75 มิลลิกรัมต่อวัน [142, 146] ซึ่งเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนสามารถพบได้ในผักและผลไม้โดยเฉพาะในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว เมื่อรับประทานร่างกายจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นโมเลกุลเบต้าแคโรทีนให้เป็นวิตามินเอ (Vitamin A) ช่วยให้เมือกตาชุ่มชื้น บำรุงสายตาและดวงตา ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคที่ดวงตา เช่น โรคตาพร่า โรคตาบอดกลางคืน การเกิดต้อกระจก เป็นต้น [50] ซึ่งในปัจจุบันคนส่วนใหญ่ใช้ชีวิตอยู่กับหน้าจอโทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ตและหน้าจอคอมพิวเตอร์ไม่ต่ำกว่า 6-8 ชั่วโมง โดยเป็นปัจจัยเสี่ยงที่นำมาสู่โรคจอประสาทตาเสื่อมก่อนวัยอันควร ดังนั้นจึงควรพักสายตาจากการใช้งานและรับประทานอาหารที่ช่วยบำรุงสายตา ซึ่งจะช่วยชะลอการเกิดโรคจอประสาทตาเสื่อมอีกด้วย โดยไลโคปีนเป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ทำหน้าที่เป็นรงควัตถุ มีฤทธิ์การต่อต้านออกซิเดชั่น ช่วยกระตุ้นเซลล์ภูมิต้านทานในร่างกายที-เฮลเปอร์ (T Helper Cell) ทำหน้าที่ต้านสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาภายในร่างกาย ช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกันให้แข็งแรงหรือลดความเสี่ยงต่อเซลล์มะเร็ง ช่วยลดความเสื่อมของเซลล์อนุมูลอิสระ ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งปอด เป็นต้น ทำให้ผิวพรรณให้สดใส ชะลอความแก่ [109, 122-123] ดังนั้นในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวอุดมซึ่งไปด้วยสารเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนมากกว่าผักผลไม้ชนิดอื่น จึงเป็นอาหารต้านมะเร็งที่ดีที่สุดชนิดหนึ่ง [50]

ค่า Water Activity (a_w) ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีค่าเท่ากับ 0.54 ซึ่งมาตรฐานอาหารแห้งได้กำหนดค่าปริมาณน้ำอิสระ Water Activity ในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 0.6 ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 420 พ.ศ.2563 กำหนดไว้อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่มีความเป็นกรดต่ำ หมายถึง อาหารที่ผ่านกรรมวิธีที่ใช้ทำลายหรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ด้วยความร้อน ภายหลังหรือก่อนบรรจุปิดผนึก รวมถึงอาหารอื่นที่มีกระบวนการผลิตในทำนองเดียวกันที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.6 ซึ่งเก็บรักษาไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่เป็นโลหะหรือวัตถุอื่นที่คงรูปหรือไม่คงรูปที่สามารถป้องกันมิให้อากาศเข้าไปในภาชนะบรรจุได้และสามารถเก็บรักษาไว้ได้ในอุณหภูมิปกติ ซึ่งอาหารกลุ่มนี้จะช่วยถนอมอาหารให้มีอายุการเก็บนานขึ้น [105] โดยค่าปริมาณน้ำอิสระ Water Activity เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียทั้งยีสต์ ราและแบคทีเรีย โดยอาหารที่มีความชื้นปานกลางจะมีค่าปริมาณน้ำอิสระ Water Activity ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ [133]

การศึกษาคุณภาพทางเคมีของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ได้แก่ ความชื้น พบว่า แผ่นฟิล์มมีค่าความชื้น ร้อยละ 10.12 ซึ่งไม่เกินมาตรฐานอาหารแห้ง คือ ร้อยละ 15 ของปริมาณอาหาร สามารถเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องปกติเป็นเวลา 1 เดือน โดยไม่เน่าเสีย ไม่แช่เย็น ควรเก็บในที่แห้งและอุณหภูมิห้องปกติ เพื่อรักษาคุณภาพและต้องเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม [112]

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว พบว่า จำนวนของยีสต์และราได้เท่ากับ 2.5×10^2 โคโลนีต่อกรัม โคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN ต่อมิลลิกรัม โดยแผ่นฟิล์มมีคุณภาพจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท [53,134] จึงมีความปลอดภัยไม่ก่อให้เกิดโรค ซึ่งการใช้ความร้อนในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยความร้อนที่ทำให้โปรตีนและส่วนประกอบภายในเซลล์ของจุลินทรีย์เสียสภาพไป ซึ่งอุณหภูมิที่ฆ่าจุลินทรีย์ได้อยู่ในช่วง 60-100 องศาเซลเซียส [111]

4.3.2 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

4.3.2.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปการยอมรับของแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค จำนวน 100 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	18	18.00
หญิง	82	82.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
2. อายุ		
15 – 24 ปี	15	15.00
25 – 34 ปี	53	53.00
35 – 44 ปี	14	14.00
45 ปีขึ้นไป	18	18.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
3. ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย	1	1.00
มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.	12	12.00
อนุปริญญา / ปวส.	5	5.00
ปริญญาตรี	70	70.00
ปริญญาโท	11	1.00
ปริญญาเอก	1	1.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
4. อาชีพ		
นักเรียนหรือนักศึกษา	24	24.00
ข้าราชการหรือพนักงานรัฐวิสาหกิจ	12	12.00
พนักงานบริษัทเอกชน	41	41.00
เจ้าของกิจการหรือค้าขาย	12	12.00
อาชีพอิสระ	9	9.00
อื่นๆ (โปรดระบุ)	2	2.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

ตารางที่ 4.11 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน		
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท	17	17.00
15,001 - 20,000 บาท	24	24.00
20,001 - 25,000 บาท	28	28.00
25,001 - 30,000 บาท	17	17.00
30,001 บาทขึ้นไป	14	14.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.11 ผลการศึกษาข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 82.00 มีอายุอยู่ในช่วง 25-34 ปี มากที่สุด ร้อยละ 53.00 รองลงมา คือ 15-24 ปี ร้อยละ 15.00 โดยการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 70.00 รองลงมา คือ มัธยมศึกษาตอนปลายหรือปวช. ร้อยละ 12.00 มีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชนมากที่สุด ร้อยละ 41.00 รองลงมา คือ นักเรียนหรือนักศึกษา ร้อยละ 24.00 ส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001-25,000บาท ร้อยละ 28.00 รองลงมา คือ 15,001-20,000 บาท ร้อยละ 24.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเพศหญิงมีการบริโภคผลิตภัณฑ์เสริมอาหารประเภทวิตามินมากกว่าเพศชาย ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่อยู่ในวัยทำงานจะต้องการการดูแลสุขภาพและความสวยงาม [138]

4.3.2.2 การศึกษาความชอบและระดับการยอมรับของผู้บริโภค

จากการศึกษาความชอบและการระดับการยอมรับของผู้บริโภค โดยได้ผลวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.12 - 4.14

ตารางที่ 4.12 คะแนนความชอบในด้านต่างๆต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ยความชอบ	การแปลผลค่าเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏ	7.76 ± 0.82	ชอบปานกลาง
สี	7.69 ± 0.80	ชอบปานกลาง
กลิ่นสตรอว์เบอร์รี	7.46 ± 0.90	ชอบปานกลาง
รสหวาน	7.73 ± 0.76	ชอบปานกลาง
การละลายภายในปาก	7.80 ± 0.74	ชอบปานกลาง
ความชอบโดยรวม	7.61 ± 0.08	ชอบปานกลาง

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.12 การศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นสตรอว์เบอร์รี รสหวาน การละลายในปากและความชอบโดยรวม โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผู้บริโภคจำนวน 100 คน ในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ รสชาติหวานและการละลายในปากอยู่ในระดับชอบมากที่สุด ในด้านลักษณะปรากฏผู้บริโภคคำนึงถึงรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่รับประทานง่าย ไม่จำเจ มีจุดเด่นหรือเอกลักษณ์เพื่อให้เกิดความแปลกใหม่ สามารถดึงดูดผู้บริโภคซึ่งคะแนนด้านนี้เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ [148] ด้านรสหวานเกิดจากความชอบของผู้โภคและด้านการละลายในปากซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ต้องมีคุณสมบัติสามารถละลายได้ดีซึ่งทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนมากกว่าด้านอื่นๆ ตามลำดับ

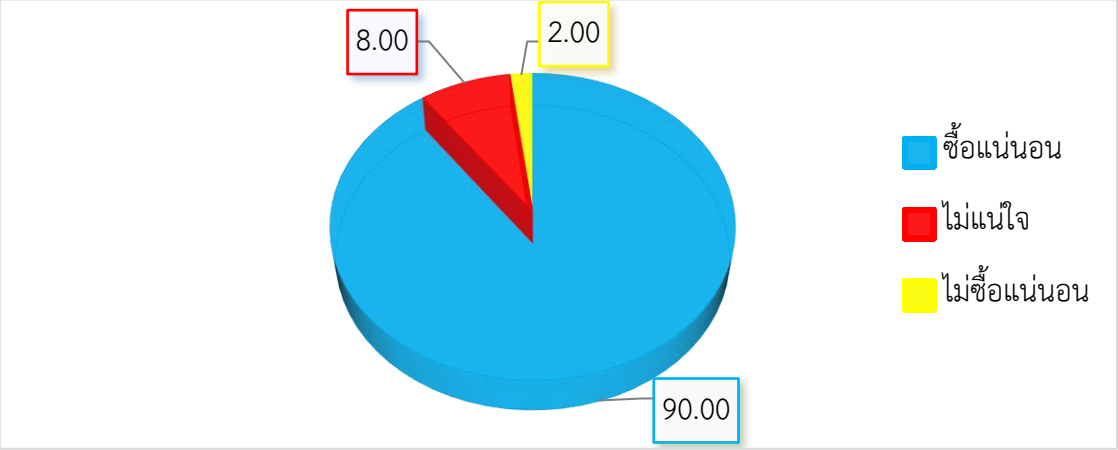
ตารางที่ 4.13 ระดับการยอมรับของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

การยอมรับของผู้บริโภค	$\bar{x}$ ± S.D.	การแปลผลค่าเฉลี่ย
การยอมรับของผู้บริโภค	3.12 ± 0.41	ปานกลาง

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามผู้บริโภค

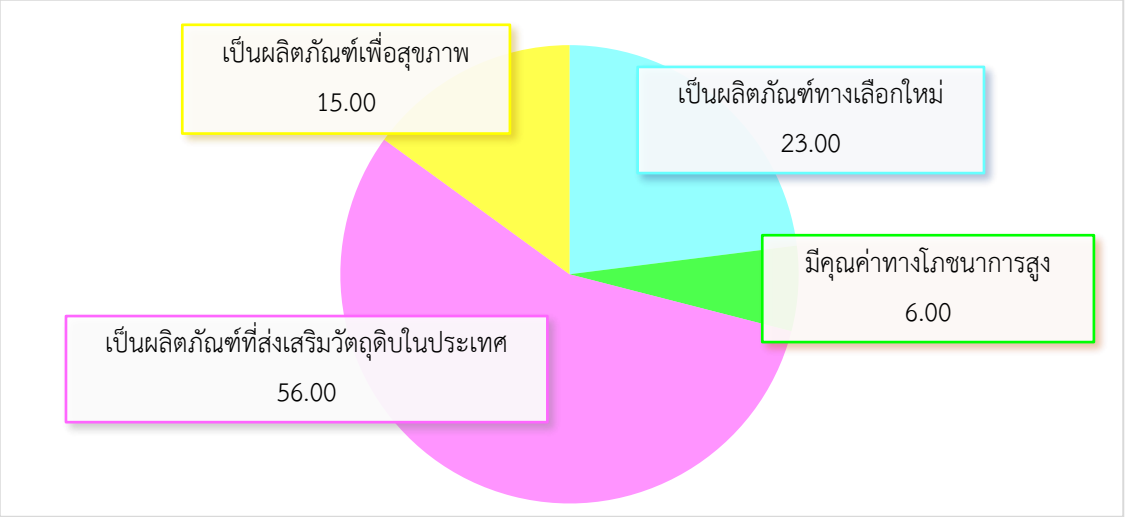
จากตารางที่ 4.13 ระดับการยอมรับของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ซึ่งผู้บริโภคโดยส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.12 ± 0.41

จากนั้นทำการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค โดยให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แล้วสอบถามการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ผู้บริโภคต่อการซื้อผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.2 โดยให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภค คือ เมื่อได้รับข้อมูลประโยชน์ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่ พบว่าเมื่อผู้บริโภคได้รับข้อมูลประโยชน์ผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์มากที่สุด จำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 90.00 รองลงมา ไม่แน่ใจ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 8.00 และไม่ซื้อแน่นอน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.00 โดยความสำคัญของฉลากโภชนาการ การระบุรายละเอียดของชนิดและปริมาณสารอาหารต่างๆที่มีในอาหารชนิดนั้นซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่ใส่ใจและสนใจสุขภาพ เพราะจะช่วยให้ทราบถึงประโยชน์ของชนิดและปริมาณของสารที่จะได้รับทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกอาหารได้ตรงตามภาวะโภชนาการของแต่ละบุคคลสามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่ให้ประโยชน์มากที่สุดได้อีกด้วย [147] ซึ่งผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวประกอบด้วยเบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene) เมื่อรับประทานร่างกายจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นโมเลกุลของเบต้าแคโรทีนให้เป็นวิตามินเอ (Vitamin A) ซึ่งมีประโยชน์มากมาย เช่น ลดความเสี่ยงต่อเซลล์มะเร็ง ช่วยดูแลผิวพรรณ ชะลอความแก่ บำรุงสายตาและดวงตา เป็นต้น และไลโคปีน (Lycopene) มีอนุมูลอิสระช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็งต่อมลูกหมาก เป็นต้น ซึ่งในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนมากกว่าผักและผลไม้ชนิดอื่นเป็นอาหารต้านมะเร็งที่ดีที่สุดชนิดหนึ่ง [109, 122-123] โดยเหตุผลที่ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 เหตุผลที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.3 ผู้บริโภคได้ให้เหตุผลที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งเสริมวัตถุดิบในประเทศ จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 56.00 รองลงมาผู้บริโภคคิดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่ จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 23.00 ในปัจจุบันคนส่วนใหญ่มีวิถีชีวิตเปลี่ยนไปจากสังคมชนบทเป็นสังคมเมือง [139] ซึ่งประกอบอาชีพที่อยู่ในงานที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟนเป็นระยะเวลานาน เช่น งานบัญชี งานออกแบบงานเอกสาร เป็นต้น ซึ่งใช้เวลานานสูงสุดถึงวันละ 7-9 ชั่วโมง ทำให้มีอาการเจ็บป่วย เนื่องจากลักษณะของงานที่มีความจำเป็นต้องปฏิบัติงานตลอดทั้งวันหรือการใช้งานในการติดต่อสื่อสารกันผ่านแอพพลิเคชั่น (Applications) ได้แก่ Line, Facebook, Twitter, Instagram เป็นต้น หรือเพื่อความบันเทิง เช่น ภาพยนตร์ ฟังเพลง เล่นเกมส์ เป็นต้น ทำให้มีแนวโน้มของผู้ที่มีอาการเจ็บป่วยที่ได้รับผลกระทบจากการใช้งาน คือ ดวงตา จึงส่งผลให้หันผู้คนมาสนใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น เพื่อป้องกันและรักษาสุขภาพของตนเอง [113, 131-132] นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากการบริโภคอาหารไม่ครบตามที่ร่างกายต้องการหรือการบริโภคที่ไม่ถูกต้องตามหลักโภชนาการ ซึ่งปัญหาสุขภาพดังกล่าวก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการรักษา ดังนั้นการผลิตอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสาระสำคัญที่ช่วยส่งเสริมป้องกัน บำรุงสุขภาพ ไม่มีสารปนเปื้อนจึงมีส่วนสำคัญต่อสุขอนามัยของผู้บริโภค โดยการเชื่อมโยงระหว่างภาคเกษตรกรรม เรื่องสุขภาพจึงความสำคัญอย่างยิ่ง ส่งผลให้คนไทยมีสุขภาพที่ดี มีอายุยืนยาว มีความสุข ยังช่วยส่งเสริมผลผลิตทางเกษตรกรรมให้เป็นที่รู้จักแพร่หลายและสร้างรายได้ให้กับเกษตร กรอีกด้วย [140]

4.4 การศึกษาต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

จากการศึกษาต้นทุนในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยมีการคำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ประกอบด้วยวัตถุดิบทางตรง ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และคำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยมีค่าโสหุ้ย ร้อยละ 35 ราคาวัตถุดิบ และกำไร ร้อยละ 30 ของราคาวัตถุดิบ

ตารางที่ 4.14 การคำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

วัตถุดิบ	ปริมาณเต็ม (กรัม)	ราคาซื้อ (บาท)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคา (บาท)
ฟักข้าว	3000	30	100	90.00
ซอร์บิทอล	1000	98	30	2.94
แป้งสาลี	1000	80	10	0.80
สตาร์ชมันสำปะหลัง	1000	40	10	0.40
กลิ่นสตรอว์เบอร์รี	60	29	3	1.45
			รวม	95.59

โดยมีการคำนวณต้นทุนในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ดังนี้

ราคาต้นทุนวัตถุดิบ = 95.59 บาท

คิดค่าโสหุ้ย ร้อยละ 35 ราคาวัตถุดิบ $= \frac{95.59 \times 35}{100} = 33.46$ บาท

ค่าโสหุ้ย + กำไร ร้อยละ 30 ราคาวัตถุดิบ $= \frac{33.46 \times 30}{100} = 10.39$ บาท

ต้นทุนวัตถุดิบ + ค่าโสหุ้ย + กำไร = 95.59 + 33.46 + 10.39

ผลรวมต้นทุนการผลิต = 140 บาท ต่อจำนวน 5 แผ่นขนาด A4
หรือตัดขนาด 2.5 ซม. × 4 ซม.= 280 ชิ้น

จากตารางที่ 4.14 การคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว พบว่า ในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเท่ากับ 140 บาท มีปริมาณเบต้าแคโรทีน 15.91 มิลลิกรัม โดยผลิตภัณฑ์บรรจุ 20 ชิ้น น้ำหนักรวม 3.75 กรัม มีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดในปริมาณ 14 แคปซูล ราคา 289 บาท ซึ่งมีปริมาณเบต้าแคโรทีน 13 มิลลิกรัมต่อกระปุก โดยมีส่วนผสมของเบต้าแคโรทีนและแคโรทีนอยด์อื่นๆจากการ

เจือสีสังเคราะห์ตามที่ระบุไว้ในฉลาก ซึ่งจะได้วิตามินในการบำรุงสายตาจากเบต้าแคโรทีนอย่างเดียว โดยหากจะรับประทานวิตามินหรือแร่ธาตุต้องซื้อผลิตภัณฑ์หรือสินค้าชนิดอื่นควบคู่กันไป ซึ่งแตกต่างจากแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเนื่องจากมีส่วนผสมที่ได้จากธรรมชาติ ปราศจากสารเจือปนซึ่งในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีสารเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนสูงผ่านกระบวนการผลิตที่น้อยกว่าการสกัดในรูปแบบของแคปซูล ทำให้ผลิตภัณฑ์มีต้นทุนการผลิตถูกกว่าและบรรจุผลิตภัณฑ์ที่พกพาได้สะดวก สามารถรับประทานได้ทุกที่ โดยผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนช่วยบำรุงสายตาจึงจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่มีประโยชน์ มีส่วนช่วยในการบำรุงสายตา ทำหน้าที่ต้านสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาภายในร่างกาย ช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกันให้แข็งแรงหรือลดความเสี่ยงต่อเซลล์มะเร็ง ช่วยลดความเสื่อมของเซลล์อนุมูลอิสระ ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งปอด เป็นต้น ทำให้ผิวพรรณให้สดใส ชะลอความแก่ ซึ่งการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพของผู้บริโภคโดยการรับรู้คุณค่าของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผู้บริโภคเกิดความซาบซึ้งในคุณภาพและยินดีจ่ายเงินซื้อผลิตภัณฑ์นั้นมากกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ซึ่งการรับรู้ถึงคุณค่าของผลิตภัณฑ์นั้นมีอิทธิพลเพิ่มขึ้นต่อความตั้งใจในการซื้อผลิตภัณฑ์เป็นการตัดสินใจของผู้บริโภค [135-137, 139] ในปัจจุบันการรักษาสุขภาพได้รับความสนใจจากคนทั่วโลก ซึ่งกำลังตื่นตัวกับการนำผลผลิตทางธรรมชาติมาใช้ประโยชน์เพื่อสุขภาพ เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีและสารสังเคราะห์เป็นทางเลือกให้คนที่รักสุขภาพ ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ กำลังเป็นที่นิยมและได้รับความสนใจอย่างมาก ทำให้ผู้คนหันมาใส่ใจและรักสุขภาพมากขึ้น [92, 137] บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ดังแสดงในรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา สูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1.1 การทดสอบแนวความคิดของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา

ผู้ตอบแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในเขตคันนายาว จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 150 คน พบว่า รูปแบบการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่ผู้บริโภคอยากให้มี คือ รูปแบบของแผ่นฟิล์มที่สามารถละลายในปาก วิตามินที่ผู้บริโภคคิดว่ามีความจำเป็นในการบำรุงสายตา คือ เบต้าแคโรทีน หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตาลักษณะเป็นแผ่นบางคล้ายขนมละลายในปาก รับประทานง่ายมีประโยชน์ ช่วยบำรุงสายตาจากเบต้าแคโรทีนสูง มีส่วนช่วยในการมองเห็นและช่วยให้ผิวเยื่อเมือกในตาชุ่มชื่นมากขึ้น ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจมากที่สุด ร้อยละ 76.00

5.1.2 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

จากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยใช้วิธี Cluster Analysis แบบ K-Means Cluster กำหนดเป็น 3 กลุ่ม โดยคัดเลือกกลุ่มที่ 2 ได้แก่ สูตรที่ 5 และสูตรที่ 8

5.1.3 การศึกษาการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

จากการศึกษาการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว พบว่า สูตรที่ 8 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี รสหวาน การละลายในปากและความชอบโดยรวม

5.1.4 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ผลจากการศึกษาคุณทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูง จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว พบว่า การศึกษาปริมาณเบต้าแคโรทีนในแผ่นฟิล์มมีปริมาณเท่ากับ 15,906.77 ไมโครกรัม และไลโคปีน 17,017.69 ไมโครกรัม

ผลจากการศึกษาคุณภาพทางเคมีของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ได้แก่ ค่า Water Activity (a_w) ของผลิตภัณฑ์ มีค่าเท่ากับ 0.54 และค่าความชื้นแผ่นฟิล์มมีค่าเท่ากับร้อยละ 10.12 ซึ่งไม่เกินมาตรฐานอาหารแห้ง

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว พบว่า จำนวนของยีสต์และราได้เท่ากับ 2.5×10^2 โคโลนีต่อกรัม โคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN ต่อมิลลิกรัม โดยแผ่นฟิล์มมีคุณภาพจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผลจากการศึกษา โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นสตรอว์เบอร์รี รสหวาน การละลายในปากและความชอบโดยรวม ผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 100 คน ในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านการละลายในปากมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.80 ± 0.74 รองลงมา คือ ด้านลักษณะปรากฏ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.76 ± 0.82 รสชาติหวาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.73 ± 0.76 สี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.69 ± 0.80 ความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.61 ± 0.08 กลิ่นสตรอว์เบอร์รี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.46 ± 0.90 ตามลำดับ โดยระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ยอมรับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.12 ± 0.41 เมื่อผู้ตอบแบบสอบถามได้รับข้อมูลประโยชน์ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวจึงเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 90.00 โดยเหตุผลที่ผู้ตอบแบบสอบถามสนใจรับประทานผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งเสริมวัตถุดิบในประเทศ คิดเป็นร้อยละ 56.00

5.1.5 การศึกษาต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ผลการศึกษาต้นทุนการผลิต พบว่า การผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว เท่ากับ 140 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยมีข้อเสนอแนะในขั้นตอนการดำเนินงานและส่วนที่น่าจะปฏิบัติ เพื่อให้ผลการทดลองที่ได้ครบถ้วนสมบูรณ์มากขึ้น

5.2.1 ควรเพิ่มอุณหภูมิในการอบผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยใช้เวลาการอบให้สั้นลง เพื่อลดการสูญเสียปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีน

5.2.2 ควรศึกษาอายุในการเก็บรักษา เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

บรรณานุกรม

[1] ขนิษฐา จิตแสง, “พฤติกรรมและรูปแบบการใช้บริการบนสื่ออินเตอร์เน็ตของนักเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดขอนแก่น,” *วารสารมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์,* ปีที่ 30, เล่มที่ 2, พฤษภาคม-สิงหาคม, นน. 217-224, 2013.

[2] มารุต คล่องแคล่ว, “การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการเรียนผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ของนักเรียนระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยการศึกษาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ” *วารสารวิชาการ,* ฉบับภาษาไทย มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ, ปีที่ 8, เล่มที่ 2,พฤษภาคม-สิงหาคม, 2558.

[3] จามรี สอนบุตร, พิชญา พรรคทองสุข และสุภาภรณ์ เต็งไตรสรณ์, “ความชุกและปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของสายตาในผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ของ คณะแพทย์ศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,” *สงขลานครินทร์เวชสาร,* ปีที่ 27, ฉบับที่ 2, นน. 91-104, 2552.

[4] ศศิธร ชิดนายี, จรูญ ชิดนายี และอนัญญา คูอาริยะกุล, “ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดกลุ่มอาการจอภาพคอมพิวเตอร์และความชุกปัญหาทางสายตาของนักศึกษาพยาบาล วิทยาลัยบรมราชชนนี อุตรดิตถ์,” *วารสารการพยาบาล การสาธารณสุขและการศึกษา,* ปีที่ 16, ฉบับที่ 2, พฤษภาคม-สิงหาคม, นน. 13-22, 2558.

[5] รักษ์เกียรติ จิรันธร, ณรงค์ศักดิ์ สิงห์ไพบูลย์พร, ภัทราภรณ์ เงาดุลยวัต, ศิวพร มงคลสุข และศรีวิมล มหัทธโนบล, “ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพของผู้บริโภคในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา,” *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์,* ปีที่ 13, ฉบับที่ 2, เมษายน-มิถุนายน, นน. 219-231, 2550.

[6] เปรมจิตต์ สิทธิศิริ และสุทิน เกตุแก้ว, *กิน–อยู่เพื่อสุขภาพ,* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

[7] ประโยชน์แบรนด์วีต้าเบอร์รี่ (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก : https://www.brandsworld.co.th/th/products/vetaberry-essence.html, (29 มีนาคม 2561).

[8] Lim TK, Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants, *Fruits,* Vol. 2, 2012.

[9] สุธาทิพ ภมรประวัติ, “ฟักข้าวอาหารต้านมะเร็ง,” *วารสารหมอชาวบ้าน,* ปีที่ 29, ฉบับที่ 340, สิงหาคม, นน. 28-31, 2550.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[10] Aoki H, Kieu MTN, Kuze N, Tomisaka K, Chuyen VN. “Carotenoid pigments in gac fruit (Momordica cochinchinenensis Spreng*),” Biosci Biotech and Biochem,* Vol. 66, No. 11, pp. 2479–2482, 2002.

[11] วิเชษฐ์ ลีลานิตย์, โปรตีนที่มีประโยชน์ในการรักษาเชื้อเอชไอวี (HIV) และโรคมะเร็งจากต้นฟักข้าว *(Momordica cochichinensis),* (ออนไลน์), 2557, สืบค้นได้จาก : https://pharmacy.mahidol.ac.th/knowledge/files/0223.pdf, (29 มีนาคม 2561).

[12] เยาวลักษณ์ ชัยพลเดช, ผลของการเสริมเปลือกฟักข้าว *(Momordica cochichinensis)* ในอาหารต่อสมรรถนะในการเจริญเติบโต ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของนกกระทาญี่ปุ่น,” *วารสารแก่นเกษตร,* ปีที่ 44, ฉบับพิเศษ 2, นน. 554-562, 2559.

[13] วรรณภา เสนาดี, “ฟักข้าวซุปเปอร์ฟรุ๊ตสุดยอดพืชพื้นบ้าน,” *วารสารเคหะการเกษตร,* ปีที่ 35, ฉบับที่ 4, เมษายน, นน. 75-90, 2554.

[14] รังสินี โสธรวิทย์, *“ฟิล์มและสารเคลือบพอลิเมอร์ชีวภาพสำหรับระบบอาหาร,”* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2560.

[15] มณฑา ยุ่นฉลาด, “ฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้,” *วารสารอาหาร*, ปีที่ 22, ฉบับที่ 1, มกราคม-มีนาคม, นน. 1-6, 2535.

[16] Kester J.J. and Fennema, “O.R. Edible films and coating: a review,” *Food Technology,* Vol. 40, pp. 47-59, 1986.

[17] Krochta J.M., and C.D. Mulder-Johnston, “Edible Films Solve Problems,” *Food Technology,* 1997.

[18] Krochta J.M., Protein as raw materials for film and coating: Definitions, current status, and opportunities. In Protein-based Films and Coatings; Gennadios A.; Ed., CRC Press Publishing Companies, pp. 239-305, 2002.

[19] Janjarasskul T., and Krochata J.M., “Edible packaging materials,” *Annual Review of Food Science and Technology,* Vol. 1, pp. 415-448, 2010.

[20] Perez-Gago M.B. and Krochta J.M., “Emulsion and bi-layer edible films In Innovations in Food Packaging,” Han, J.H. Ed., *Elsevier Science Journal,* pp. 348-402, 2005.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[21] Falguera v., Quintero J.P., Jimenez A., Munoz J.A., and Ibarz, A., "Edible films and coatings: strucres active functions and trends in their use," *Trends in Food Science and Technology,* Vol. 22, pp. 292-303, 2011.

[22] Perez-Gago M.B. and Krochta J.M., "Water vapor permeability of whey protein emulsion films as affected by pH," *Journal of Food Science*, Vol. 64, pp. 695-698, 1999.

[23] Perez-Gago M.B. and Krochta J.M., "Lipid particle size effect on water vapor permeability and mechanical properties of whey protein-beeswax emulsion films," *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* Vol. 49, pp. 996-1002, 2001.

[24] McHugh T.H., Huxsoll C.C. and Krochta J.M., "Permeability properties of fruit puree edible films," *Journal of Food Science,* Vol. 61, pp. 88-91, 1996.

[25] McHugh T.H. and Olsen C.W., "Tensile properties of fruit and vegetable edible films," United State-Japan Cooperative Program in Natural Resources, Food and Ag Panel Meeting, *Section Food and Non-Food Processing,* pp. 104-108, 2004.

[26] Sothornvit R. and Rodsamran P., "Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes," *Postharvest Biology and Technology,* Vol. 47, pp. 407-415, 2008.

[27] Kaya S. and Maskan A. "Water vapor permeability of pestill (a fruit leather) made from boiled grape juice with starch," *Journal of Food Engineering,* Vol. 57, pp. 295-299, 2003.

[28] Sothornvit R. and Pitak N., "Oxygen permeability and mechanical properties of banana films, Food Research International," Vol. 40, pp. 365-370, 2007.

[29] Sothornvit R. and Rodsamran P., "Fresh-cut mango coated with mango film in modified atmosphere," *Acta Horticulturae,* Vol. 857, pp. 359-366, 2010.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[30] Sothornvit R. and Rodsamran P., “Mango film coated for fresh-cut mango in modified atmosphere International,” *Journal of Food Science and Technology,* Vol. 45, pp. 1689-1695, 2010.

[31] Gennadios A., Hanna M. A. and Kurth L.B., “Application of edible coatings on meats poultry and seafoods: a review,” Lebensm, Wiss, U, *Journal Technol,* Vol. 30, No. 4, pp. 337-350, 1997.

[32] Sothornvit R., and Krochta J.M., Plasticizer effect on oxygen permeability of lactoglobulin films, I Agric, *Food Chem,* Vol. 48, pp. 6298-6302, 2000.

[33] Perez-Gago M.B. and Krochta J.M., *Formation and properties of whey protein films and coatings, In Protein-based Films and Coating,* A. Gennadios, ed. CRC Press Publishing Companies, pp. 159-180, 2002.

[34] Wu Y., Weller C.L., Hamouz F., Cuppett S. L. and Schnepf M., “Development and application of multicomponent edible coatings and film: a review,” *Advances in Food and Nutrition Research,* Vol. 44, pp. 347-394, 2002.

[35] Gennadios A., Weller C.L. and Anna M.A., “Mechanical and Barrie properties of egg albumen films,” *Journal of Food Science.* 1996.

[36] Cuq B, Gontard N., Cuq J. and Guilbert S, “Functional properties of myofibrillar protein based bio packaging as affected by film thickness,” *J Food Sci,* Vol. 6, pp. 580-584, 1996.

[37] Guilbert S., Gontard N. and Leon G.M., “Prolongation of the shelf-life of perishable Food products using biodegradable films and coatings,” *Journal LWT,* Vol. 29, pp. 10-17, 1996.

[38] ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ และวรรณิศา กิจไธสง, “การพัฒนากระดาษลามิเนตด้วยฟิล์มไคโตซานต่อการขึ้นรูปกล่องบรรจุอาหาร,” *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร,* ปีที่ 61, ฉบับที่ 1, นน. 55-63, มิถุนายน 2553-พฤษภาคม, 2554.

[39] Bakker M., The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology, John Wiley and Sons Publishing, pp. 746, 1986.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[40] Sothornvit R. and Krochta J.M., “Plasticizer in edible films and coating. In Innovations in Food Packaging,” *Journal Elsevier Science,* pp. 403-433, 2005.

[41] Immergut E.H., and Mark F., *Principle of plasticization. In Plasticization and Plasticizer Processes,* Gould, R.F. Ed., American Chemical Society, Washington D.C., pp. 1-26, 1965.

[42] Daniels C.A., *Polymers: Structure and properties, Pennsylvania,* Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, 1989.

[43] Sears J.K., and Darby J.R., *Mechanism of Plasticizer Action,* John Wiley and Sons Publishing, 1982.

[44] Kearsley M.W. and Dziedzic S.Z., *Handbook Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives,* Chapman and Hall (CRC Press), 1 St edition, pp. 157-177, 1995.

[45] ปนัดดา พวงเกษม, “การเตรียมฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแนวทางการใช้ประโยชน์,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

[46] ฟักข้าว (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: https://health.kapook.com/view40767.html (29 มีนาคม 2561)

[47] กองโภชนาการ กรมอนามัย, *ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม,* กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์กรสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2554.

[48] กรณ์กาญจน์ ภมรประวัติ, *ฟักข้าว*, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน, 2556.

[49] ใบฟักข้าว (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=253, (29 มีนาคม 2561).

[50] ธงทอง วิมลธรรม, “ผลของปริมาณเยื่อฟักข้าวและไนไตรท์ต่อลักษณะคุณภาพของไส้กรอกเวียนนาจากเนื้อปลานิลที่มีส่วนผสมของน้ำมันพืช.,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2557.

[51] อรวินท์ ชยาภัม, “การปรับปรุงคุณภาพแป้งแหนมเนืองโดยการให้แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้ากับแป้งพุทธรักษา,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2550.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[52] มันตา โอมะคุปต์, “การออกแบบการควบคุมคุณภาพการผลิตแผ่นแป้ง,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2538.

[53] ภูริสา ทัศวิมล, อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์“คุณสมบัติของฟิล์ม Biopolymer จากแป้งและเพคติน,” วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 41, ฉบับที่ 3/1 ภาคพิเศษ, นน. 597-600, กันยายน-ธันวาคม 2553.

[54] FAMA L., Goyanes S. and Gerschenson L., “Influence of storage time at room temperature on the Physiochemical properties of cassava starch films”, *Journal Carbohydrate Polymers,* 2007.

[55] Beerler A.D. and. Fimney D.C, *Plasticizers In Modern Plastics Encyclopedia,* A McGraw-Hill Publication, pp. 193-195, 1986.

[56] Mathlouthi M.*, Food Packaging and Preservation Theory and Practice,* 1 St edition. Elsevier Applied Science Publisher, pp. 1371-394, 1986.

[57] Banker G.S., “Film coating theory and practice,” *Journal of Pharmaceutical Sciences,* Vol. 55, pp. 81-89, 1966.

[58] Willson A.S., “Plasticizers: Principles and Practice,” *The Institute of Material London,* 1995.

[59] Donhowe I.G. and Fennema. O., “The effects of plasticizer on crystallinity permeability and mechanical properties of methylcellulose films,” *Journal of Food Processing and Preservation,* Vol. 17, pp. 247-257, 1993.

[60] Guo J.H., “Effects of plasticizers on water permeation and mechanical properties of cellulose acetate: antiplasticization in slightly plasticized polymer,” *Drug Development and Industrial Pharmacy,* Vol. 19, pp. 1541-1555, 1993.

[61] Park H.J., weller C.L., Vergano P.J. and Testin R.F., “Permeability and Mechanical properties of cellulose-base edible films,” *Journal of Food science,* Vol. 58, pp. 1361-1364, 1993.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[62] Gontard N., Duchez C., Cuq J.L. and Guilbert S., “Edible composite films of wheat gluten and Lipids: water vapor permeability and other physical properties,” *International Journal of Food Science and Technology,* Vol. 29, pp. 39-50, 1994.

[63] Galietta G., Gioia L.D., Guilbert S. and Cuq B., “Mechanical and Thermomechanical properties of film based on whey protein as affected by plasticizer and crosslinking agents,” *Journal of Dairy Science,* Vol. 81, pp. 3123-3130, 1998.

[64] Anker M, Standing M. and Hermansson A.M., “Effects of pH and the gel state on the mechanical properties, moisture contents, and glass transition temperature of whey protein films,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* Vol. 47, pp. 1878-1886, 1999.

[65] Sothornvit R. and Krochta J.M., “Oxygen permeability and Mechanical properties of films from hydrolyzed whey protein,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* Vol. 48, pp. 3913-3916, 2000.

[66] Sothornvit R., and Krochta J.M., “Plasticizer effect on mechanical properties of beta-lactoglobulin (β-Lg) films*,” Transactions of the American Society of Agricultural Engineers,* Vol. 45, pp. 1479-1484, 2001.

[67] Seow C.C., Cheah P.B., and Chang Y.P., “Ant plasticization by water in reduced-moisture Food systems,” *Journal of Food Science,* Vol. 64, pp. 576-581, 1999.

[68] ดอกฟักข้าว (ออนไลน์), 2553, สืบค้นได้จาก: https://www.bloggang.com/mainblog.php?id=pandi-ting&group=1&month=06-06-2010&gblog=18, (2 เมษายน 2561).

[69] ใบฟักข้าว (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=253, (2 เมษายน 2561).

[70] ลำต้นฟักข้าว (ออนไลน์), 2554, สืบค้นได้จาก: https://www.bansuanporpeang.com/node/9809, (2 เมษายน 2561).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[71] ลักษณะเมล็ดฟักข้าว (ออนไลน์), 2554, สืบค้นได้จาก: https://www.nanagarden.com/product/139964, (2 เมษายน 2561).

[72] ผลฟักข้าวอ่อน (ออนไลน์), 2559, สืบค้นได้จาก: https://www.winnews.tv/news/7173, (2 เมษายน 2561).

[73] ภายในผลฟักข้าวอ่อน (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=253, (2 เมษายน 2561).

[74] ผลฟักข้าวสุก (ออนไลน์), 2556, สืบค้นได้จาก: https://www.gotoknow.org/posts/544451, (2 เมษายน 2561).

[75] ภายในผลฟักข้าวสุก (ออนไลน์), 2561, สืบค้นได้จาก: https://www.nfc.or.th/content/7470, (2 เมษายน 2561).

[76] อรัญญา มิ่งเมือง, "ผลของส่วนผสมและกระบวนการการผลิตต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากฟักทอง," *วารสารอาหาร,* ปีที่ 37, ฉบับที่ 4, 2550.

[77] จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, *เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น,* พิมพ์ครั้งที่ 13, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2560.

[78] กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, *เทคโนโลยีของแป้ง,* พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

[79] คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เล่ม 2,* พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2559.

[80] Wheat Grain (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://scoobysworkshop.com/all-about-bread/, (29 มีนาคม 2561)

[81] กล้าณรงค์ ศรีรอต และสิทธิโชค วัลลภาทิพย์, "แป้งดัดแปร," *วารสารอุตสาหกรรมเกษตร,* ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, นน. 46-51, 2539.

[82] Light J.M., "Modified food starches: why, what, where and how," *Cereal Foods World,* Vol 35, no 11, pp. 1081-1092, 1990.

[83] BeMiller J.N., "Starch Modification : challenges and prospects," *Starch/Starke,* Vol. 49, pp. 127-131, 1997.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[84] การใช้ Modified Starch ในอุตสาหกรรม (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2529_110_10.pdf, (29 มีนาคม 2561)

[85] ปิยนุสร์ น้อยด้วง, ลลิตา ท้าวลา และอรพรรณ ปะอ้าย, "ศึกษาเรื่องการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากสตาร์ชแห้วจีน," *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,* ปีที่ 46, ฉบับที่ 3, 2558.

[86] รัตนา จินดาพรรณ และวิไลลักษณ์ ไฝเพชร, "อิทธิพลของพลาสติไซเซอร์ต่อการต้านแรงดึง การซึมผ่านของน้ำมันและความสามารถในการละลายฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว," *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร,* ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, มิถุนายน 2548-พฤษภาคม, 2549.

[87] จุฑาทิพย์ สินสวัสดิ์, อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, "การศึกษาคุณสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมสารพอลิแซคคาไรด์," *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,* ปีที่ 43, ฉบับที่ 2, 2555.

[88] ยุทธนา งามวงศ์, ละมุล วิเศษ และณัฐพล ภูมิสะอาด, "ผลของพลาสติไซเซอร์และอุณหภูมิอบแห้งต่อสมบัติของฟิล์มย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจากแป้งบุก," *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* ปีที่ 18, ฉบับที่ 2, พฤษภาคม-สิงหาคม, 2559.

[89] จุฑามาศ พิสมัย, อารยา ยงกสิการณ์, ชลลดา สังเวียน และนันท์ชนก นันทะไชย, "การศึกษาแผ่นฟิล์มบริโภคได้จากผงมะม่วง," *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,* ปีที่ 43, ฉบับที่ 2, นน. 89-92, 2555.

[90] Kubola J, Siriamornpun S, "Phytochemicals and antioxidant activity fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica cohinchinesis Spreng),*" *Food Chem,* Vol. 127, pp. 1138-1145, 2011.

[91] กษิดิศ อิ่มประไพ, อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, "การศึกษาสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง," *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,* ปีที่ 41, ฉบับที่ 3, นน. 609-612, 2553.

[92] อันนิสา จาราแว, "การพัฒนาฟิล์มบริโภคได้จากกล้วยน้ำว้า," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

[93] Ekthamasut K. and Akesowan A., "Effect of Vegetable Oils on Physical Characteristics of Edible Konjac Films," *AU Journal of Technology,* Vol. 5, pp. 73-78, 2001.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[94] อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ, สุวัสสา พงษ์อำไพ และสุภาภรณ์ ดั๊กกลาส, “การใช้ฟิล์มเคลือบบริโภคได้จากไคโตซานเพื่อยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป,” รายงานการวิจัยภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

[95] ภัคนัย ทองทิอัมพร, การมองเห็นและการวัดสี (ออนไลน์), 2550, สืบค้นได้จาก: http://www.dss.go.th/images/st-article/pep_7_2550_Color_Measurement.pdf, (25 กันยายน 2562).

[96] สมศักดิ์ ภักดีวราภรณ์, “การผลิตฟิล์มที่รับประทานได้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจาคุณทหารลาดกระบัง, 2544.

[97] ปนัดดา พวงเกษม, “การเตรียมฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแนวทางการใช้ประโยชน์,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

[98] Mellan I., “Properties of plasticizer, In The Behavior of Plasticizer,” *Journal Pergammon Press,* pp. 1-25, 1961.

[99] Bechtold D.H., H.J. Seppala, P.W. Spink and W.F. Waychoff, *Plasticizers, In Modern Plastics Encyclopedia,* Hildreth Press, Inc., pp. 394-397, 1963.

[100] พรพรรณ จันทร์ไตร, “การปรับปรุงสมบัติความคงทนต่อการดูดซับน้ำของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและการใช้ประโยชน์,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

[101] มณฑา ยุ่นฉลาด, “การเตรียมฟิล์มอะมิโลสจากสตาร์ชมันเทศที่แยกส่วนแล้ว,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534.

[102] หยาดฝน ทะนงการกิจ, ฟกาญจนา นาคประสม และนักรบ นาคประสม, “ผลกระบวนการต่อสมบัติทางกายภาพและปริมาณแคโรทีนอยด์ในสีผสมอาหารธรรมชาติจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมหาวิทยาลัยสยาม,” *วารสารเทคโรโลยีการอาหาร,* ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, มกราคม-ธันวาคม, นน. 47-57, 2559.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[103] นัฐพร สุรพัฒน์, “อิทธิพลของ Clay ที่มีต่อสมบัติและความว่องไวต่อความชื้นของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปกร, 2549.

[104] ขนิดา ญาณถวิล, อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, “ผลของไคโตซานและน้ำตาลซูโครสต่อสมบัติทางกล-ทางกายภาพของแป้งฟิล์ม,” *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,* ปีที่ 43, เล่ม 2, นน. 357-360, 2555.

[105] เกณฑ์มาตรฐานอาหารบรรจุปิดสนิท (ออนไลน์), 2556, สืบค้นได้จาก: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2564/E/031/T_0024.PDF, (26 เมษายน 2564).

[106] โสภิดา วิศาลศักดิ์กุล, “การพัฒนาบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขุนนสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา,” วิทยานิพนธ์ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2558.

[107] นัสวัล บุญวงศ์, “การศึกษาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและผลของกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสัตวศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2557.

[108] Cricle S.J., and Whitney R.W., “Rheology of Soy Protein Dispersion Effect of Heat and other Factors on Gelation,” *Journal Cereal Chem,* Vol. 41, pp. 154-152, 1964.

[109] นิธิยา รัตนาปนนท์, *เคมีอาหาร,* พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โอเดียนสตาร์, นน. 161-163, 2549.

[110] Arvanitoyannis C.G., Biliaderis H. and Kawasaki N., “Biodegradable Films Made From Low Density Polyethylene (LDPE) Rice Starch and Potato Starch for Food Packaging Applications,” *Journal Carbohydrate Polymers*, Vol. 36, No. 2, pp. 89-104, 1999.

[111] จุลินทรีย์ในอาหาร (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://www.swbvc.ac.th/pdf/Chapter%204%20microorganisms.pdf, (20 พฤษภาคม 2563).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[112] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, อาหารแห้ง (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1327/dried-food, (20 พฤษภาคม 2563).

[113] ธันยวงศ์ เศรษฐ์พิทักษ์, "ปัจจัยที่ส่งผลให้พนักงานออฟฟิศทำงานติดต่อกันเป็นระยะเวลานานและเป็นโรคคอมพิวเตอร์ซินโดรม," วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2558.

[114] เนสินี ไชยเอีย และคณะ, "ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ คอมพิวเตอร์ของพนักงานธนาคารพาณิชย์ในอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น," *ศรีนครินทร์เวชสาร,* 2548.

[115] ปาจรา โพธิหัง, "ปัจจัยที่เสี่ยงของกลุ่มอาการจอภาพคอมพิวเตอร์ในพนักงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลและสารสนเทศ," *วารสารการพยาบาลและการศึกษา,* ปีที่ 9, ฉบับที่ 2, เมษายน-มิถุนายน, 2559.

[116] ธนิดา แสงทอง, นพพร จิ๋วประดิษฐกุล, อดุลย์ โมฮารา และอรชา กำเนิด, "ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกรตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ยาจากสมุนไพร กรณีศึกษา:อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา," วิทยานิพนธ์ปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2545.

[117] ศิริวรรณ เสรีรัตน์, *ทฤษฎีด้านประชากรศาสตร์,* พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์พัฒนาการศึกษา, นน. 41-42, 2538.

[118] ศิริวรรณ เสรีรัตน์, *การบริหารการตลาด,* พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา, นน. 193-199 , 2546.

[119] ยุพา แซ่ตั้ง, "พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพของผู้บริโภคในเขตอำเภอหาดใหญ่สงขลา," วิทยานิพนธ์ปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ , 2542.

[120] วาสนา ฬาวิน, "ตาล้าและความเข้มของแสงสว่างสำหรับผู้ใช้สมาร์ทโฟนในวัยรุ่นตอนต้น," วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2560.

[121] กระทรวงสาธารณสุข, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (ออนไลน์), 2544, สืบค้นได้จาก: http://nutrition.anamai.moph.go.th/ewt_news.php?nid=492, (20 พฤษภาคม 2563).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[122] รัชรี แสงบุดดี, อาหารบำรุงสายตา (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: https://thainakarin.co.th/news.php?p=knowledge_detail&id=16, (20 พฤษภาคม 2563).

[123] สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ, "สุขภาพตา," *จุลสารสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพออนไลน์*, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช**,** ฉบับที่ 2, 2557.

[124] ศิริวรรณ เสรีรัตน์, *พฤติกรรมผู้บริโภค,* พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์วิสิทย์พัฒนา, นน. 53-55, 2550.

[125] ศิริวรรณ เสรีรัตน์, *การตลาดเพื่อสิ่งแวดล้อม,* พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา, นน. 192, 2546.

[126] กัญญาภัทร มองพิมาย, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นห่ออาหารจากซังขนุน," วิทยานิพนธ์ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555.

[127] สุพรรณิภา กันธิมา, "อิทธิพลของกลีเซอรอลและโปแตสเซียมซอร์เบทจต่อสมบัติของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสีไวโอเลต," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2555.

[128] สถิติการบริโภคน้ำตาลของคนไทย (ออนไลน์), 2555, สืบค้นได้จาก: http://www.dmthai.org/index.php/understand-diabetes/sugar1/544-article-sugar, (20 พฤษภาคม 2563).

[129] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, ซอร์บิทอล (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1212/sorbitol-, (20 พฤษภาคม 2563).

[130] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, การไฮโรไลซ์ของแป้ง (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3045/starch-hydrolysis-, (20 พฤษภาคม 2563).

[131] วาสนา ศิลางาม, "อันตรายของการเสพติดสมาร์ทโฟน," *วารสาร มฉก.วิชาการ,* ปีที่ 22, ฉบับที่ 43-44, กรกฎาคม-ธันวาคม, นน. 193-204, 2561.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[132] ปวดตาใช้สมาร์ทโฟน (ออนไลน์), 2561, สืบค้นได้จาก: https://www.it24hrs.com/2018/eye-disease-warning/, (20 พฤษภาคม 2563).

[133] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์, บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารแห้ง (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1598/packaging-for-dried-food, (20 พฤษภาคม 2563).

[134] อาหารในภาชนะที่ปิดสนิท (ออนไลน์), 2556, สืบค้นได้จาก: http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P355.pdf, (20 พฤษภาคม 2563).

[135] ปาริชาติ ประภาสัย, "การรับรู้ถึงความเสี่ยงและการรับรู้คุณค่าผลิตภัณฑ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร," วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, 2557.

[136] Wang S.T., & Edward. "The influence of visual packaging design on perceived food product quality, value, and brand preference," *International Journal of Retail & Distribution Management,* Vol 41, No. 10, pp. 805-816, 2013.

[137] หฤทัย นามมัน, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมถั่วแดงเพาะงอก," วิทยานิพนธ์ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2562.

[138] สุขุมาลย์ ธีระสมบูรณ, "การตัดสินใจซื้อและพฤติกรรมการบริโภค ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อการควบคุมน้ำหนักของผู้บริโภค ในเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร," วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, 2550.

[139] วีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์, "การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน," วิทยานิพนธ์ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2562.

[140] พัชริน ส่งศรี, "ฟักข้าว พืชพื้นบ้านคุณค่าสูงเพื่อสุขภาพ", *วารสารแก่นเกษตร,* ปีที่ 40, ฉบับที่ 1, มกราคม-มีนาคม, นน. 1-6, 2555.

[141] ลินจง สุขลำภู, จิราภรณ์ เตชะสหะพัฒนา และสุวิมล เลาหะคุณากร, "การทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยซอร์บิทอลในสับประรสเต็มแว่นบรรจุกระป๋อง," *วารสารอาหาร,* ปีที่ 31, ฉบับที่ 4, ตุลาคม-ธันวาคม, 2544.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[142] แหล่งวิตามินเอ (ออนไลน์), 2556, สืบค้นได้จาก: https://www.nestle.co.th/th/nhw/news/แหล่งอาหารวิตามิน-a, (20 พฤษภาคม 2563).

[143] จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์, *การวิเคราะห์ต้นทุนอุตสาหกรรมและการจัดทำงบประมาณ,* พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.

[144] กระทรวงสาธารณสุข, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (ออนไลน์), 2544, สืบค้นได้จาก: http://nutrition.anamai.moph.go.th/ewt_news.php?nid=492, (20 พฤษภาคม 2563).

[145] Graham H.D., "Food Colloids (Lebensmittelkolloide)," *Journal Starch,* Vol. 30, No. 5, pp. 588, 1977.

[146] ปริมาณไลโคปีนที่ควรบริโภค (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://asp.plastics.or.th:8001/files/article_file/20181016075354u.pdf (21 มกราคม 2564).

[147] ความสำคัญของฉลากโภชนาการ (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://pca.fda.moph.go.th/public_media_detail.php?id=6&cat=26&content_id=9, (21 มกราคม 2564).

[148] ยุวดี มหาวีโร, "พฤติกรรมการบริโภคไอศกรีมของผู้บริโภคในอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร," วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547.

[149] ณัฐฐา กล้าณรงค์, "การเตรียมแป้งมันสำปะหลังออกซิไดซ์ด้วยกระบวนการพลาสมาวัฏภาคของเหลวสำหรับใช้งานด้านฟิล์มห่อหุ้มอาหารที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค

แบบสอบถาม

แนวความคิดผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media)

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นประโยชน์ในการสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์สำหรับงานวิจัยในการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนึ่งผู้วิจัยใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อความถูกต้องของผลการศึกษา โดยข้อมูลของท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับไม่มีการเปิดเผยชื่อ-สกุลของผู้ทำแบบสอบถามและใช้ประโยชน์เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ซึ่งแบบสอบถามจะประกอบด้วย 4 ส่วน จำนวนทั้งหมด 4 หน้า โดยแบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 คือ ชุดคำถามเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 คือ ชุดคำถามเกี่ยวกับคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์

ตอนที่ 3 คือ ชุดคำถามเกี่ยวกับคำถามเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ตอนที่ 4 คือ ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ท่านเลือกในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

นางสาวณัฐชยา บัวดิลก

ผู้ดำเนินการวิจัย

แบบสอบถามผู้บริโภค

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง A ☐

2. อายุ

☐ ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี ☐ 21 - 30 ปี B ☐

☐ 31 - 40 ปี ☐ มากกว่า40 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษา

☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. C ☐

☐ อนุปริญญา / ปวส. ☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

4. อาชีพ

☐ นักเรียน / นักศึกษา ☐ ข้าราชการ / พนักงานรัฐวิสาหกิจ D ☐

☐ พนักงานบริษัทเอกชน ☐ เจ้าของกิจการ / ค้าขาย

☐ อาชีพอิสระ ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

☐ น้อยกว่าหรือเท่ากับ10,000 บาท ☐ 10,001 - 20,000 บาท E ☐

☐ 20,001 - 30,000 บาท ☐ 30,001 - 40,000 บาท

☐ 40,001 - 50,000 บาท ☐ มากกว่า 50,001 บาท

ตอนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์

สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) หมายถึงรูปแบบการสื่อสารข้อมูลที่มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามี ส่วนเกี่ยวข้องได้แก่ คอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊คสมาร์ทโฟน อุปกรณ์พกพา เช่น ไอแพด แท็บเล็ต เป็นต้น ซึ่งเป็นความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน

6. ท่านใช้เวลาในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์สูงสุดประมาณกี่ชั่วโมงต่อวัน

☐ น้อยกว่า 1 ชั่วโมงต่อวัน ☐ ประมาณ 1 - 2 ชั่วโมงต่อวัน F ☐

☐ ประมาณ 3 - 4 ชั่วโมงต่อวัน ☐ ประมาณ 5 - 6 ชั่วโมงต่อวัน

☐ ประมาณ 7 - 8 ชั่วโมงต่อวัน ☐ มากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน

7. ความถี่ในการเข้าใช้สื่อสังคมออนไลน์ต่อวัน

☐ 1 - 3 ครั้ง ☐ 4 - 6 ครั้ง G ☐

☐ 7 - 9 ครั้ง ☐ เปิดตลอดทั้งวัน

8. ใน 1 สัปดาห์ท่านใช้สื่อสังคมออนไลน์จำนวนกี่วัน

☐ 1 วัน ☐ 2 วัน ☐ 3 วัน H ☐

☐ 4 วัน ☐ 5 วัน ☐ 6 วัน

☐ ทุกวัน

9. ท่านใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology : IT) ชนิดใดที่มากที่สุด

☐ คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ☐ โน้ตบุ๊ค I ☐

☐ สมาร์ทโฟนเช่น iPhone เป็นต้น ☐ แท็บเล็ต

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

10. ท่านมักใช้อินเตอร์เน็ตเพื่อใช้งานในลักษณะใด (ตอบได้มากกว่า1 ข้อ)

☐ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทำงาน เช่น Word, PowerPoint, Excel เป็นต้น J1 ☐

☐ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น E-mail เป็นต้น J2 ☐

☐ การสืบค้นข้อมูล เช่น www.google.co.th เป็นต้น J3 ☐

☐ สื่อสังคมออนไลน์ เช่น Line ,Facebook, Instagram, Twitter เป็นต้น J4 ☐

☐ เพื่อความบันเทิง เช่น ดูหนัง, ฟังเพลง, เล่นเกม เป็นต้น J5 ☐

☐ สั่งซื้อสินค้าหรือประมูลสินค้าออนไลน์ J6 ☐

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... J7 ☐

11. อวัยวะใดที่ท่านได้รับผลกระทบจากการใช้สื่อโซเชียล (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ศีรษะ	☐ ดวงตา	K1 ☐ K2 ☐
☐ คอ	☐ ข้อมือ-ฝ่ามือ	K3 ☐ K4 ☐
☐ ไหล่-บ่า	☐ หลัง	K5 ☐ K6 ☐

ตอนที่ 3 คำถามเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

12. ท่านมีวิธีในการป้องกันสายตาต่อการใช้งานอย่างไรบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ติดฟิล์มกรองแสง	L1 ☐
☐ สวมแว่นตากรองแสง	L2 ☐
☐ รับประทานผลิตภัณฑ์บำรุงสายตาหรือวิตามิน เช่น วีต้าเบอร์รี่ เป็นต้น	L3 ☐
☐ ใช้โหมดแอปพลิเคชันการลดแสงสีฟ้า	L4 ☐
☐ พักสายตาจากการใช้งาน	L5 ☐
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....	L6 ☐

13. รูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่บำรุงสายตาท่านคิดว่าควรเป็นแบบใด

☐ แคปซูล	☐ แผ่นฟิล์มละลายในปาก	M1 ☐ M2 ☐
☐ เยลลี่	☐ เครื่องดื่ม	M3 ☐ M4 ☐
☐ กัมมี่	☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....	M5 ☐ M6 ☐

14. วิตามินประเภทใดที่ต้องการในการบำรุงสายตา (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ เบต้าแคโรทีน	☐ ไลโคปีน	N1 ☐ N2 ☐
☐ ลูทีน	☐ สารสกัดบิลเบอร์รี่	N3 ☐ N4 ☐
☐ ซีแซนทีน	☐ วิตามิน A	N5 ☐ N6 ☐
☐ วิตามิน C	☐ โอเมก้า	N7 ☐ N8 ☐
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....		N9 ☐

15. ถ้ามีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตาลักษณะเป็นแผ่นคล้ายขนมมีประโยชน์ช่วยบำรุงสายตาจากเบต้าแคโรทีน รับประทานได้ง่ายท่านสนใจซื้อหรือไม่

☐ สนใจ	☐ ไม่สนใจ เพราะเหตุใด..... O ☐

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

แบบสอบถามความชอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบความชอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว เพื่อทดสอบความชอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ อนึ่งผู้วิจัยใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อความถูกต้องของผลการศึกษา โดยข้อมูลของท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับไม่มีการเปิดเผยชื่อ-สกุลของผู้ทำแบบสอบถามและใช้ประโยชน์เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น อันเป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์แห่งปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ของนางสาวณัฐชยา บัวดิลก นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งแบบสอบถามจะประกอบด้วย 3 ส่วน จำนวนทั้งหมด 2 หน้า โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ท่านเลือกในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

นางสาวณัฐชยา บัวดิลก

ผู้ดำเนินการวิจัย

แบบสอบถามผู้บริโภค

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง A ☐

2. อายุ

☐ 15 - 24 ปี ☐ 25 - 34 ปี B ☐

☐ 35 - 44 ปี ☐ ตั้งแต่ 45 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษา

☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. C ☐

☐ อนุปริญญา / ปวส. ☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

4. อาชีพ

☐ นักเรียน / นักศึกษา ☐ ข้าราชการ / พนักงานรัฐวิสาหกิจ D ☐

☐ พนักงานบริษัทเอกชน ☐ เจ้าของกิจการ / ค้าขาย

☐ อาชีพอิสระ ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

☐ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท ☐ 15,001 - 20,000 บาท E ☐

☐ 20,001 - 25,000 บาท ☐ 25,001 - 30,000 บาท

☐ มากกว่า 30,001 ขึ้นไป

ตอนที่ 2 ความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

คำชี้แจง กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้ตามลำดับของรหัสในตารางจากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนตามความชอบในแต่คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยมีระดับคะแนนดังต่อไปนี้

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

คำแนะนำ : กรุณาดื่มน้ำเปล่าก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	**คะแนนความชอบของตัวอย่าง**	
	รหัส 936	**รหัส 258**
ลักษณะปรากฏ		
สี		
กลิ่นสตรอว์เบอร์รี		
รสชาติหวาน		
การละลายภายในปาก		
ความชอบโดยรวม		

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว เพื่อทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว อนึ่งผู้วิจัยใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อความถูกต้องของผลการศึกษา โดยข้อมูลของท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับไม่มีการเปิดเผยชื่อ-สกุลของผู้ทำแบบสอบถามและใช้ประโยชน์เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น อันเป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์แห่งปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ของนางสาวณัฐชยา บัวดิลก นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งแบบสอบถามจะประกอบด้วย 3 ส่วน จำนวนทั้งหมด 3 หน้า โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

กรุณาระบุคำตอบโดยทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ท่านเลือกในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

นางสาวณัฐชยา บัวดิลก

ผู้ดำเนินการวิจัย

แบบสอบถามผู้บริโภค

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง A ☐

2. อายุ

☐ 15 - 24 ปี ☐ 25 - 34 ปี B ☐

☐ 35 - 44 ปี ☐ ตั้งแต่ 45 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษา

☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. C ☐

☐ อนุปริญญา / ปวส. ☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

4. อาชีพ

☐ นักเรียน / นักศึกษา ☐ ข้าราชการ / พนักงานรัฐวิสาหกิจ D ☐

☐ พนักงานบริษัทเอกชน ☐ เจ้าของกิจการ / ค้าขาย

☐ อาชีพอิสระ ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

☐ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท ☐ 15,001 - 20,000 บาท E ☐

☐ 20,001 - 25,000 บาท ☐ 25,001 - 30,000 บาท

☐ มากกว่า 30,001 ขึ้นไป

ตอนที่ 2 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

คำชี้แจง โดยกรุณาระบุคำตอบโดยทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ท่านเลือกในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

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

2.1 คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

คุณลักษณะ	**คะแนนความชอบของตัวอย่าง**
ลักษณะปรากฏ	
สี	
กลิ่นสตรอว์เบอร์รี	
รสชาติหวาน	
การละลายภายในปาก	
ความชอบโดยรวม	

2.2 ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเพียงใด กรุณาระบุการยอมรับ

ระดับการยอมรับ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	F

คุณค่าทางโภชนาการของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีลักษณะเป็นแบบแผ่นฟิล์มบางคล้ายขนม สามารถละลายในปาก รับประทานได้ง่าย มีส่วนประกอบจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวซึ่งมีประโยชน์และมีสารอาหารจากเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนสูง โดยเป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับผู้ที่ใช้สายตาเป็นเวลานาน เช่น นักเรียน นักศึกษา ผู้ที่ทำงานผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟนหรือผู้ที่ใช้สายตาเป็นประจำ ช่วยในการมองเห็นและช่วยบำรุงสายตา รวมทั้งช่วยให้ผิวเยื่อเมือกในตาชุ่มชื่นมากขึ้น

เบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene) พบได้ในพืชหลากหลายชนิด โดยเฉพาะสีเหลืองและสีส้ม เมื่อรับประทานร่างกายจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นโมเลกุลของเบต้าแคโรทีนให้เป็นวิตามินเอ ซึ่งมีประโยชน์มากมาย เช่น ช่วยดูแลผิวพรรณให้สดใส ลดความเสี่ยงต่อภาวะมะเร็ง ช่วยชะลอความแก่ บำรุงสายตาและดวงตา เป็นต้น

ไลโคปีน (Lycopene) เป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ พบได้ในผักและผลไม้ มีอนุมูลอิสระช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด เป็นต้น ในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีสารไลโคปีนมากกว่าผักและผลไม้ชนิดอื่นซึ่งเป็นอาหารต้านมะเร็งที่ดีที่สุดชนิดหนึ่ง

2.2 เมื่อท่านได้รับข้อมูลประโยชน์ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่

☐ ซื้อแน่นอน ☐ ไม่แน่ใจ ☐ ไม่ซื้อแน่นอน G ☐

2.3 เหตุผลใดท่านจึงสนใจรับประทานผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

☐ เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่ ☐ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง H ☐

☐ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งเสริมวัตถุดิบในประเทศ ☐ เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

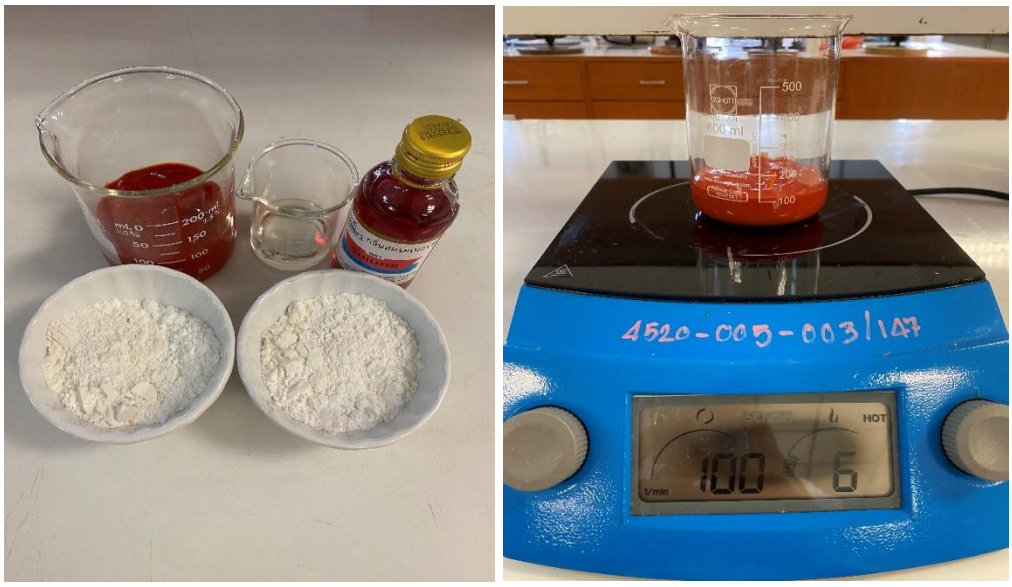
ขั้นตอนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ขั้นตอนการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

1. การเตรียมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ดังแสดงในรูปที่ ข.1

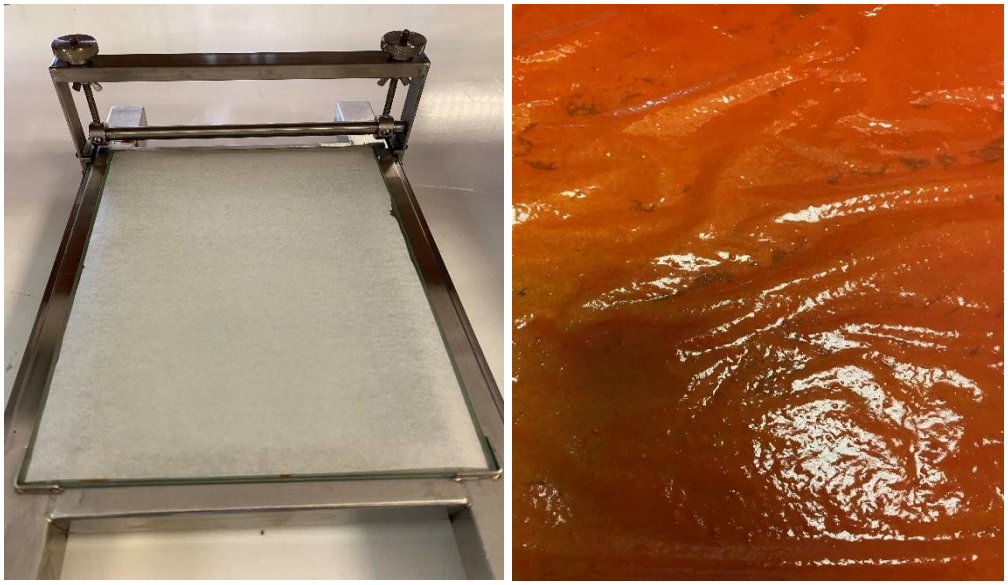
รูปที่ ข.1 การเตรียมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

2. นำส่วนผสมทั้งหมด กวนด้วยเครื่อง Hot Plate ความเร็วรอบ 100 ต่อนาที ความร้อนระดับ 6 เป็นเวลา 10 นาที และพักให้เย็น 10 นาที ดังแสดงในรูปที่ ข.2



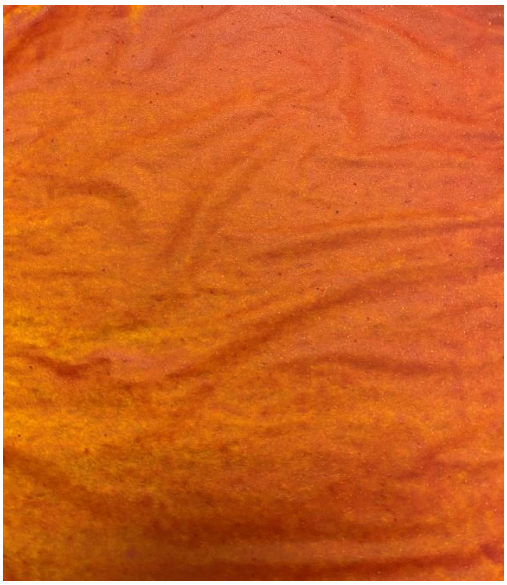
รูปที่ ข.2 การกวนส่วนผสมแผ่นฟิล์ม

3. ตวงฟิล์มปริมาณ 20 มิลลิลิตร เทลงเครื่องปาดฟิล์มและทำการปาด ดังแสดงในรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.3 การปาดแผ่นฟิล์ม

4. นำแผ่นฟิล์มเข้าอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะได้ผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ดังแสดงในรูปที่ ข.4



รูปที่ ข.4 ผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ภาคผนวก ค

รายงานผลการวิเคราะห์

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขากรุงเทพฯ : 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Bangkok Branch : 50 Phaholyathin Rd., Ladyao, Jatujak, Bangkok 10900 Thailand
Tel : (662) 561 4387-8, (662) 940 6881-3 Ext. 164, 218 Fax : (662) 579 4895, (662) 940 6881-3 Ext. 209
http://www.centrallabthai.com

Accreditation No. 1051/47

Central Lab
One Stop & Fast Services

รายงานผลการทดสอบ

วันที่ออกรายงาน 30 กรกฎาคม 2563
เลขที่รายงาน TRBK63/26027
หน้า 01/01

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า ณัฐชยา บัวดิลก
(ข้อมูลจากลูกค้า) 117/1 ซอยคู้บอน 40 ถนนคู้บอน แขวงบางชัน เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร 10510
รายละเอียดตัวอย่าง แผ่นฟิล์มจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
(ข้อมูลจากลูกค้า)
รหัสตัวอย่าง BK63/12177-001
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง ประเภทตัวอย่าง : แผ่นฟิล์มจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
ภาชนะบรรจุ : ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ปิดสนิท, จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 400 กรัม.
อุณหภูมิ : อุณหภูมิห้อง, สภาพตัวอย่างปกติ

วันที่รับตัวอย่าง 23 กรกฎาคม 2563
วันที่ทดสอบ 24 กรกฎาคม 2563 - 29 กรกฎาคม 2563

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Coliforms	<3.0	MPN/g	-	FDA BAM Online, 2017 (Chapter 4)
Yeasts and Molds	2.5×10est.	cfu/g	-	AOAC (2019) 997.02

หมายเหตุ: est : Estimated Counts

~End of Report~

(นางวนิสา มีเจริญ)
ผู้มีอำนาจลงนาม
บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขากรุงเทพ

CERTIFIED

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

Food and Nutrition Laboratory
Institute of Nutrition, Mahidol University
Salaya, Phuttamonthon, Nakhon Pathom 73170, THAILAND
ห้องปฏิบัติการ สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล
999ถนนพุทธมณฑล สาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

รายงานผลการทดสอบ

ตัวอย่างอาหาร: แผ่นฟิล์มจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

เลขที่บริการ: SFC 1520/2563

รายละเอียดของตัวอย่างอาหาร: เป็นผงละเอียดสีส้มเข้ม บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์ จำนวน 1 ถุง (ไม่มีฉลาก)

ผู้ขอรับบริการ: นางสาวณัฐชยา บัวดิลก
117/1 ซอยคู้บอน 40 ถนนคู้บอน แขวงบางชัน เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ 10510

วันที่รับตัวอย่าง: 7 สิงหาคม 2563

วันที่ทดสอบตัวอย่าง: 2 กันยายน 2563

วิธีทดสอบ: In-house method based on Speek AJ, et al. Food Chem. 1986, 19: 65-74

ผลการทดสอบ: (ต่อ 100 กรัม)

	A	B	Average
β-carotene (mcg)	15,880.44	15,933.09	15,906.77

ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา
PROHIBITED FOR ADVERTISING

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชลัท ศานติวรางคณา)
ผู้อำนวยการสถาบันโภชนาการ

รายงานผลการทดสอบ ตามหนังสือเลขที่ อว 78.21/1294 ลงวันที่ 9 กันยายน 2563

The analytical results reported in this document are valid for the submitted sample only.
This document is prohibited for use in any type of advertising without written permission.
ผลการทดสอบใช้ได้กับตัวอย่างนี้เท่านั้น ห้ามนำเอกสารนี้ไปประกาศโฆษณาก่อนได้รับอนุญาต

งานบริการวิชาการ Tel. 02 441 9346, 02 800 2380 ext. 406, 418; Fax. 02 441 9344

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขาเชียงใหม่ : 164/86 หมู่ที่ 3 ต.ดอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180
Chiangmai Branch : 164/86 Moo 3 Donkaew, Maerim, Chiangmai 50180 Thailand
Tel : (66) 0 5389 6131, (66) 0 5389 6133 Fax : (66) 0 5389 6052, (66) 0 5389 6131 ต่อ 705
http://www.centrallabthai.com

Central Lab
One Stop & Fast Services

รายงานผลการทดสอบ

วันที่ออกรายงาน 18 มกราคม 2564
เลขที่รายงาน TRCM64/00961
หน้า 01/01

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า นางสาวฉัฐชยา บัวดิลก
(ข้อมูลจากลูกค้า) 117/1 ซ. คู้บอน 40 ถ. คู้บอน แขวงบางชัน เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร 10510
รายละเอียดตัวอย่าง แผ่นฟิล์มจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
(ข้อมูลจากลูกค้า)
รหัสตัวอย่าง CM64/00543-001
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง ประเภทตัวอย่าง : แผ่นฟิล์มเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
ภาชนะบรรจุ : ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 74 กรัม
อุณหภูมิขณะรับ : อุณหภูมิห้อง, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง 12 มกราคม 2564
วันที่ทดสอบ 13 มกราคม 2564 - 15 มกราคม 2564

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Lycopene	17017.69	ug/100g	-	KHON KAEN AGR. J. 42 SUPPL. 1 : (2014)

~End of Report~

(นางสาวศิริวรรณา ฟักน้อย)
ผู้มีอำนาจลงนาม
บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่

CERTIFIED

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

ภาคผนวก ง
แบบตอบรับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น
WESTERN UNIVERSITY

๖๐๐ ตำบลสระลงเรือ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี ๗๑๑๗๐
๖๐๐ SRALONGRUA, HUAYKRACHAO, KANCHANABURI ๗๑๑๗๐
TEL. ๐-๓๕๖๕-๑๐๐๐ FAX. ๐-๓๕๖๕-๑๑๔๔ http://www.western.ac.th

ที่ มท.๐๓๐๐/ว.๒๖๗/๒๕๖๓

๓๐ เมษายน ๒๕๖๓

เรื่อง รับรองการส่งบทความเข้าร่วมนำเสนอในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ ๑๖

เรียน นางสาวณัฐชยา บัวดิลก

ตามที่มหาวิทยาลัยเวสเทิร์นร่วมกับสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ มหาวิทยาลัยเนชั่นและวิทยาลัยนอร์ทเทิร์น ได้จัดการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ ๑๖ ในวันเสาร์ที่ ๖ และวันอาทิตย์ที่ ๗ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๓ เวลา ๐๘.๓๐ - ๑๗.๐๐ น. ณ อาคารคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น วิทยาเขตวัชรพล นั้น

ในการนี้มหาวิทยาลัยเวสเทิร์นในฐานะผู้จัดงานขอรับรองว่าบทความเรื่อง **การสำรวจแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา** ได้ผ่านการพิจารณาให้เข้าร่วมนำเสนอในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ ๑๖ และจะได้ลงตีพิมพ์ ในเอกสารรวบรวมบทความต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัครดา เกิดประทุม)
รองอธิการบดี

สำนักวิจัยและบริการวิชาการ
โทรศัพท์. ๐-๒๕๖๓-๕๒๕๒ ต่อ ๕๐๑๗

มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเนชั่น และวิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

นางสาวณัฐชยา บัวดิลก

ได้นำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ ๑๖

วันที่ ๖ – ๗ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๓

ณ.อาคารคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น

ให้ไว้ ณ วันที่ ๗ เดือน มิถุนายน พุทธศักราช ๒๕๖๓

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัครดา เกิดประทุม)

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น

ที่ ววบ/๒๕๖๔-๐๙๕

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๔ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

เรื่อง แจ้งตอบรับบทความเพื่อออกเผยแพรในวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา
เรียน คุณณัฐชยา บัวดิลก และ คุณอรวัลภ์ อุปถัมภานนท์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัยเพื่อเข้ารับการพิจารณากลั่นกรองคุณภาพบทความในวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา บัดนี้ ขั้นตอนได้ดำเนินการเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว จึงขอแจ้งผลการตอบรับบทความ ดังนี้

บทความ ID : 3858
ชื่อเรื่องภาษาไทย : การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ : Development of High Lycopene Edible Film from Gac Aril
ฉบับที่ออกเผยแพร่ : วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ ๒๗ (ฉบับที่ ๑)
มกราคม – เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๕

และในโอกาสนี้กองบรรณาธิการวารสาร ฯ ขอขอบคุณที่ท่านได้ให้ความไว้วางใจในการส่งบทความเพื่อเข้ารับการพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะให้ความสนใจส่งบทความในโอกาสต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มัณฑะจิตร)
บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา

งานวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา
โทรศัพท์ ๐๓๘-๑๐๓๐๓๔
อีเมล์ buscij@buu.ac.th
เว็บไซต์ http://science.buu.ac.th/part/buuscij/

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวณัฐชยา บัวดิลก
วัน เดือน ปีเกิด	19 กันยายน 2536
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 117/1 ซอยคู้บอน 40 ถนนคู้บอน แขวงบางชัน เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10510
การศึกษา	ระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สาขาอาหารและโภชนาการเกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช พ.ศ. 2555 – 2558
เบอร์โทรศัพท์	080-778-7787
อีเมล์	natchaya_b@mail.rmutt.ac.th