การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

Development of High Lycopene Edible Film from Gac Aril

ณัฐชยา บัวดิลก และ อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์*

Natchaya Buadilok and Orawan Oupathumpanont*

ภาควิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Department of Home Economics Technology, Faculty of Home Economics Technology,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received : 16 February 2021

Revised : 7 May 2021

Accepted : 14 May 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา สูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางกล และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว การศึกษาแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตาโดยใช้แบบสอบถาม ศึกษาสูตรที่เหมาะสมปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณแป้งสาลี (ร้อยละ 5, 10 และ 15) ปริมาณซอร์บิทอล (ร้อยละ 10, 20 และ 30) และปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลัง (ร้อยละ 5, 10 และ15) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ผลการวิจัย พบว่า การศึกษาแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคอยากให้มีมากที่สุด คือ รูปแบบของแผ่นฟิล์มที่สามารถละลายในปาก มีลักษณะเป็นแผ่นบางคล้ายขนมละลายในปาก สูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว คือ สูตรที่ 8 โดยมีส่วนประกอบ คือ ปริมาณเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ร้อยละ 100 ปริมาณแป้งสาลี ร้อยละ 10 ปริมาณซอร์บิทอล ร้อยละ 30 และปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 10 ได้คะแนนในด้านความหวานและความชอบโดยรวมสูงสุด ซึ่งการยอมรับของผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านการละลายในปากมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.80 ± 0.74 รองลงมา คือ ด้านลักษณะปรากฏ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.76 ± 0.82 ระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.12 ± 0.41 เมื่อให้ข้อมูลประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 90.00

คำสำคัญ : แผ่นฟิล์มบริโภคได้ ; เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ; เบต้าแคโรทีน

Abstract

This research aimed to study develop the eye care food products. By studying the possibility of producing high lycopene edible film from gac aril, optimal formula for producing high lycopene edible film from gac aril, physical properties, chemical properties, mechanical properties, and consumer acceptance of high lycopene edible film products from gac aril. The concepts on the development of eye care food products were for finding guidelines for developing eye care food products and studying the optimal formula. The studied factors are (5%, 10% and 15%) wheat starch content (10%, 20% and 30%) sorbitol and (5%, 10% and 15%) cassava starch. These experiments used factorial in CRD. The results revealed that in the study of the concept on the development of eye care food products, the product most demanded by the consumers was a food in the form of film that can melt in a mouth. The optimum formula for producing synthetic fiber sheets to obtain high lycopene from gac hard tube is formula 8, with ingredients: 100% insulation content, 10% wheat starch, 30% sorbitol and 30% sorbitol. 10% cassava starches were scored for sweetness and overall, The consumer acceptance rated the mouth dissolving preference the most. The mean was 7.80 ± 0.74, followed by the appearance. The mean was 7.76 ± 0.82. The product acceptance level was moderate. The mean value was 3.12 ± 0.41 when providing information on benefits and nutritional value of the product, causing consumers to make a 90.00% purchase decision.

Keywords : edible film ; gac aril ; beta carotene

***Corresponding author. E-mail :** orawan_o@rmutt.ac.th

บทนำ

โลกในยุคปัจจุบันเป็นการสื่อสารที่ไร้พรมแดน (Globalization) เทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนทุกเพศทุกวัยจนกลายเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของคนในสังคม ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารได้หลากหลาย สะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะระบบไร้สายอย่างอินเตอร์เน็ต (Internet) ในยุคของการติดต่อสื่อสาร สมาร์ทโฟนได้กลายมาเป็นปัจจัยที่ 5 เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เนื่องจากมีความสามารถเหนือกว่าโทรศัพท์มือถือทั่วไป ทำให้มีผู้ใช้สมาร์ทโฟนเป็นจำนวนมากสามารถเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา อุปกรณ์เหล่านี้ทำให้มีการใช้สายตาเป็นอย่างมากเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความล้าของสายตาของผู้ใช้งานมักนั่งทำงานหน้าจอภาพตลอดเวลาหรือเกือบตลอดเวลา (Wasana, 2018) ซึ่งในปี 2560 มีผู้ป่วยโรคตาจากความผิดปกติของสายตาและการเพ่งมองถึง 3,844 ราย สาเหตุการเกิดโรคมาจากการใช้สายตาเพ่งหน้าจอมากเกินไป แม้จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายอย่างอย่างเฉียบพลันแต่ส่งผลให้ผู้ใช้งานมีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาทางสุขภาพทางสายตา ซึ่งส่งผลเสียหากไม่มีการป้องกันที่ดี (Sasitorn, 2015) อาหารมีส่วนสำคัญในการบำรุงรักษาสุขภาพป้องกันโรคและช่วยลดระยะเวลาหรือเสริมผลการรักษาให้หายดีขึ้น ทำให้เกิดการวิจัยนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมต่างๆ เกิดขึ้น ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ เป็นต้น (Premchit, 1995) ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เช่น แบรนด์วีต้าเบอร์รี่ มีวิตามินเอสูงช่วยในการมองเห็น สารอาหารเหล่านี้มีประโยชน์ต่อดวงตาเหมาะสำหรับวัยทำงานหรือผู้ที่ต้องใช้สายตาอยู่หน้าจอเป็นเวลานานและผู้ที่ทำงานกลางแจ้งต้องเจอกับแสงแดดนักเรียน นักศึกษาหรือผู้ที่อ่านหนังสือเป็นประจำ (Brand world, 2020)

ฟักข้าวเป็นผักพื้นบ้านที่มีมานานทั่วทุกภาคของประเทศไทย ผลฟักข้าวจะมีรูปร่างกลมและรี มีหนามเล็กๆ รอบผล เมื่อสุกจะมีผลสีแดงหรือแดงอมส้ม จากงานวิจัยด้านคุณค่าทางโภชนาการของฟักข้าว พบว่า ในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสุกมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากกว่าแครอท 10 เท่า ไลโคปีนมากกว่ามะเขือเทศ 12 เท่า (Aoki, 2002) จากงานวิจัยศึกษาของฟักข้าว มีโปรตีนที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อเอชไอวีและเซลล์มะเร็ง (Wichet, 2014) ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจและเบาหวาน จึงนำเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวไปสกัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและยารักษาโรค เป็นต้น ปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มาจากส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการบริโภคในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ (Wanapa, 2011) ปัจจุบันการรักษาสุขภาพได้รับความสนใจจากคนทั่วโลกซึ่งกำลังตื่นตัวในการนำผลผลิตทางธรรมชาติมาใช้ประโยชน์เพื่อสุขภาพ โดยหลีกเลี่ยงในการใช้สารเคมีและสารสังเคราะห์ในการผลิตอาหาร (Jittana, 2017)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยนำเมล็ดฟักข้าวที่มีเยื่อหุ้มฟักข้าวที่เหลือมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยแปรรูปให้เป็นแผ่นคล้ายขนมขบเคี้ยวพร้อมรับประทาน สะดวกและปลอดภัย นอกจากนี้ยังมีใยอาหารและสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายบริโภคได้ทันที สามารถตอบสนองต่อปัญหาสำหรับผู้สูงอายุ วัยทำงานหรือผู้ที่ใช้สายตาเป็นเวลานาน เช่น นักศึกษาหรือผู้ที่ใช้สายตาเป็นประจำ เป็นต้น มีส่วนช่วยบำรุงสายตาเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของฟักข้าวและส่งเสริมผักพื้นบ้านให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาแนวความคิดในการผลิตภัณฑ์

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

2. ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาณเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ร้อยละ 100 ปริมาณแป้งสาลี ร้อยละ 5, 10 และ 15 (ของน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว 100 มิลลิลิตร) ปริมาณซอร์บิทอล ร้อยละ 10, 20 และ 30 (ของน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว 100 มิลลิลิตร) ปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 5, 10 และ 15 (ของน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว 100 มิลลิลิตร) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จากนั้นทำการผลิตแผ่นฟิล์ม โดยนำผสมทั้งหมดกวนสารละลายด้วยเครื่อง Hotplate ความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที ทิ้งให้เย็น 10 นาที เทส่วนผสมลงกระดาษไขในเครื่องปาดฟิล์ม กำหนดความหนา 0.020-0.030 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ลอกแผ่นฟิล์มออกจะได้แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว จากนั้นนำแผ่นฟิล์มวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางกล การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 สมบัติทางกายภาพ ได้แก่

2.1.1 การวัดความหนา โดยใช้เครื่องวัดความหนา (Thickness) ตามขั้นตอนมาตราฐาน โดยใช้มาตรฐาน ASTM D 654-92 ตัดแผ่นฟิล์ม 9 เซนติเมตร วัด 5 จุดของแผ่นฟิล์ม จากนั้นหาค่าเฉลี่ย (Tunyaporn, 2011)

2.1.2 การวัดค่าสี โดยใช้เครื่อง (Hunter Lab Lovibond รุ่น SP 60) วัดค่า L* a* b*

2.1.3 การวัดการละลายน้ำของฟิล์ม (Film Solubility) โดยทดสอบตามวิธีของ Ekthamasut and Akesowan นำแผ่นฟิล์มอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก (W) นำไปละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร กวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 ที่ชั่งน้ำหนักแล้ว (a1) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที ชั่งน้ำหนักของกระดาษกรอง (a2) บันทึกผล

$$\% \text{ Solubility in water} = \{\{W - (a2 - a1)\} / W\} \times 100 \quad \text{(Ekthamasut, 2001)} \quad (1)$$

2.2 สมบัติทางเคมี ได้แก่

2.2.1 การวัดความชื้น โดยใช้เครื่องวัดความชื้น (Moisture Analyzer) ตามมาตรฐาน (AOAC, 2012)

2.2.2 การวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH- Meter) ชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์มและน้ำกลั่น โดยปริมาณ 1:1 คนให้เข้ากันจากนั้นวัดค่าด้วยเครื่องแล้วอ่านผล (Ubonrat, 2009)

2.3 สมบัติทางกล ได้แก่

2.3.1 การวัดการต้านแรงดึงขาด โดยใช้เครื่อง (Texture Analyzer) ตามขั้นตอนมาตราฐาน ASTM method D882-91 (1991) โดยใช้หัวทดสอบชนิดหัวหนีบ 2 หัว ตัดฟิล์มตัวอย่างขนาด 2.5×5 ตารางเซนติเมตร ใช้ Load Cell ขนาด 1 N ความเร็วในการดึง 5 มิลลิเมตรต่อนาที ยึดปลายข้างหนึ่งของชิ้นตัวอย่างกับหัวหนีบให้แน่นแล้วยึดปลายอีกข้างหนึ่ง อัตราเร็วในการวัดเป็น 20 มิลลิเมตร/วินาที และมีค่า เท่ากับ 5 นิวตัน อ่านค่าที่ได้ (Arunya, 2007)

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

2.4 ศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

โดยนำแผ่นฟิล์มที่ได้คัดเลือกมาศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ระดับคะแนน 1 ถึง 9 (1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสสตอเบอรี่ รสหวาน การละลายในปาก และความชอบโดยรวม ทดสอบความชอบของผู้บริโภค จำนวน 100 คน ในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

3. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ดังนี้

3.1 คุณภาพทางโภชนาการ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสาร (Proximate Composition) (AOAC, 2020), ปริมาณเบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene) (AOAC, 2020) และปริมาณไลโคปีน (Lycopene) (AOAC, 2020)

3.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม (AOAC, 2020)

3.2.1 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ การวัดความชื้น (AOAC, 2020)

3.2.2 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity a_w) (AOAC, 2020)

3.2.2 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคมีที่ต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยใช้แบบสอบถามแบบ Central Location Test (CLT) จำนวน 100 คน ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ผลการวิจัย

1. การศึกษาแนวความคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา

จากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพอยู่ในงานที่ต้องปฏิบัติโดยใช้คอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟนเป็นระยะเวลายาวติดต่อกันนาน เช่น งานบัญชี งานเอกสาร เป็นต้น เวลาในการใช้งานต่อวัน คือ ประมาณ 5-6 ชั่วโมงต่อวัน โดยใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศมากที่สุด คือ สมาร์ทโฟน รองลงมา คือ คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ทำให้มีอาการเจ็บป่วยด้วยลักษณะของงานที่ต้องปฏิบัติงานตลอดทั้งวัน อวัยวะที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ ดวงตา วิธีในการป้องกันสายตาต่อการใช้งาน คือ พักสายตา รองลงมา คือ บริโภคอาหารเสริมหรือวิตามิน รูปแบบการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่ผู้บริโภคอยากให้มี คือ รูปแบบของแผ่นฟิล์มที่สามารถละลายในปาก วิตามินที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่คิดว่ามีความจำเป็นในการบำรุง

สายตามากที่สุด คือ เบต้าแคโรทีน หากพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตาผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจมากที่สุด ร้อยละ 76.00

2. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

จากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

แป้งสาลี (ร้อยละ)	ซอร์บิทอล (ร้อยละ)	สตาร์ชมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	ชิ้นงานทดสอบ	ลักษณะสิ่งทดลอง
5	10	5		แผ่นฟิล์มมีสีแดงอมส้ม มีความบางมาก ลอกออกได้ยาก ไม่ยืดหยุ่น เปราะแตกหักค่อนง่าย ผิวบาง
10	10	10		แผ่นฟิล์มมีสีแดงอมส้มคล้ำ มีความแข็งและบาง ยืดหยุ่นเล็กน้อย เปราะแตกง่าย ผิวหยาบลอกออกได้
15	10	15		แผ่นฟิล์มมีสีแดงอมส้มอ่อน มีความแข็งบางกรอบ ไม่ยืดหยุ่น เปราะหักแตก ผิวด้านลอกออกได้ยาก
5	20	5		แผ่นฟิล์มมีสีแดงอมส้ม มีความบาง หนานุ่ม มันเงา ยืดหยุ่น ผิวเรียบลอกออกง่าย
10	20	10		แผ่นฟิล์ม สีแดงอมส้มมีความบางหนาขึ้น นุ่มมันเงายืดหยุ่น ผิวเรียบลอกออกง่าย

ตารางที่ 1 (ต่อ) ผลการศึกษาลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

แป้งสาลี (ร้อยละ)	ซอร์บิทอล (ร้อยละ)	สตาร์ชมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	ชิ้นงานทดสอบ	ลักษณะสิ่งทดลอง
15	20	15		แผ่นฟิล์มมีสีแดงอมส้ม มีความบางหนามากขึ้น นุ่มมันเงา ยืดหยุ่น ผิวเรียบ ลอกออกง่าย
5	30	5		แผ่นฟิล์มมีสีแดงอมส้ม มีความบางนุ่ม มันเงาค่อนข้างลื่นเหนียวจากซอร์บิทอลที่เคลือบผิว ยืดหยุ่นมาก ผิวเรียบลอกออกง่าย
10	30	10		แผ่นฟิล์มมีสีแดงอมส้ม มีความบางเรียบ เหนียว อ่อนนุ่ม มันเงา ยืดหยุ่นได้ค่อนข้างดี ผิวเรียบ ลอกออกง่าย
15	30	15		แผ่นฟิล์ม มีสีแดงอมส้ม มีความบางเรียบ เหนียวนุ่ม มันเงา ยืดหยุ่นได้ดีขึ้น ผิวเรียบ ลอกออกค่อนข้างง่าย

จากตารางที่ 1 พบว่า ลักษณะที่ปรากฏของแผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตร มีความแตกต่างกัน โดยแผ่นฟิล์มมีปริมาณของแป้งสาลี สตาร์ชมันสำปะหลังและซอร์บิทอลที่แตกต่างกันทำให้แผ่นฟิล์มแต่ละสูตรมีความหนาต่างกัน แผ่นฟิล์มที่มีปริมาณซอร์บิทอลเป็นส่วนผสมอยู่น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 10 แผ่นฟิล์มมีลักษณะเป็นแผ่นบาง มีความยืดหยุ่นน้อย โปร่งใสและเปราะหักง่าย เนื่องจากมีปริมาณที่น้อยทำให้ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มสภาพของแผ่นฟิล์มให้ยืดหยุ่นได้ดี แผ่นฟิล์มจึงเปราะแตกหักง่าย ไม่ยืดหยุ่น แผ่นฟิล์มที่มีปริมาณซอร์บิทอล ร้อยละ 20 มีความหนาขึ้น มีความยืดหยุ่นได้ดี นุ่มและมันวาว เมื่อมีซอร์บิทอลในปริมาณที่มากขึ้นทำให้แผ่นฟิล์มมีความยืดหยุ่น นุ่มเหนียว มันวาวและหนาขึ้นและแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณซอร์บิทอล ร้อยละ 30 แผ่นฟิล์มมีความยืดหยุ่นได้มาก นุ่ม ลื่นมันวาวและเหนียวมากขึ้นตามปริมาณซอร์บิทอลที่เพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

สูตร	ความหนา (มิลลิเมตร)	ค่าสี (L*)	ค่าสี (a*)	ค่าสี (b*)	ความชื้น (%)	กรด-ด่าง (pH)
1	0.022	$28.42^{h} \pm 0.12$	$19.03^{g} \pm 0.04$	$15.04^{g} \pm 0.03$	$5.50^{d} \pm 0.16$	$4.78^{f} \pm 0.07$
2	0.025	$28.84^{f} \pm 0.22$	$23.45^{d} \pm 0.03$	$18.78^{d} \pm 0.09$	$5.51^{d} \pm 0.32$	$4.71^{g} \pm 0.01$
3	0.027	$35.02^{a} \pm 0.03$	$28.29^{a} \pm 0.15$	$21.58^{a} \pm 0.04$	$5.32^{d} \pm 0.23$	$5.61^{a} \pm 0.04$
4	0.023	$31.39^{i} \pm 0.03$	$18.47^{h} \pm 0.03$	$14.67^{h} \pm 0.02$	$6.42^{c} \pm 0.21$	$5.47^{e} \pm 0.01$
5	0.025	$32.92^{d} \pm 0.18$	$22.96^{e} \pm 0.04$	$17.67^{e} \pm 0.02$	$6.75^{c} \pm 0.07$	$5.56^{bc} \pm 0.01$
6	0.026	$34.83^{b} \pm 0.18$	$26.56^{b} \pm 1.02$	$12.95^{b} \pm 0.03$	$6.42^{c} \pm 0.21$	$5.60^{ab} \pm 0.01$
7	0.022	$30.61^{g} \pm 0.03$	$17.80^{i} \pm 0.01$	$13.53^{i} \pm 0.03$	$8.83^{a} \pm 0.10$	$5.53^{cd} \pm 0.01$
8	0.025	$32.45^{e} \pm 0.02$	$20.10^{f} \pm 0.01$	$16.21^{f} \pm 0.01$	$8.41^{b} \pm 0.23$	$5.51^{de} \pm 0.01$
9	0.027	$34.21^{c} \pm 0.02$	$24.54^{c} \pm 0.04$	$19.52^{c} \pm 0.01$	$8.22^{b} \pm 0.12$	$5.53^{cd} \pm 0.01$

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

2.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางกล การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตร มีความหนาตามมาตราฐานของแผ่นฟิล์มห่ออาหารต้องมีความหนาไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร การใส่แป้งสาลี สตาร์ชมันสำปะหลังและซอร์บิทอลที่แตกต่างกันจึงทำให้แผ่นฟิล์มแต่ละสูตรมีความหนาต่างกัน โดยอัตราส่วนที่ใช้ในการวิจัยอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้แผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตร มีความหนาไม่เกินที่มาตรฐานกำหนดไว้

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแผ่นฟิล์มจากการวิเคราะห์ค่า L* ทั้ง 9 สูตร มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) พบว่า สูตรที่มีค่า L* มากที่สุด คือ สูตรที่ 3 คือ 35.02 ซึ่งมีผลมาจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีสีแดงออกไปในทิศทางของค่า L* เพิ่มขึ้น ค่าสี a* และ b* ทั้ง 9 สูตร มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) พบว่า จากการวิเคราะห์ค่า a* มีค่าอยู่ในช่วง 28.29-17.80 โดยค่า a* มีค่าเป็น + ทำให้ค่าสีเป็นไปในทิศทางสีแดง ค่า b* มีค่าอยู่ในช่วง 21.58-13.53 โดยค่า b* มีค่าเป็น + ทำให้ค่าสีเป็นไปในทิศทางสีเหลือง

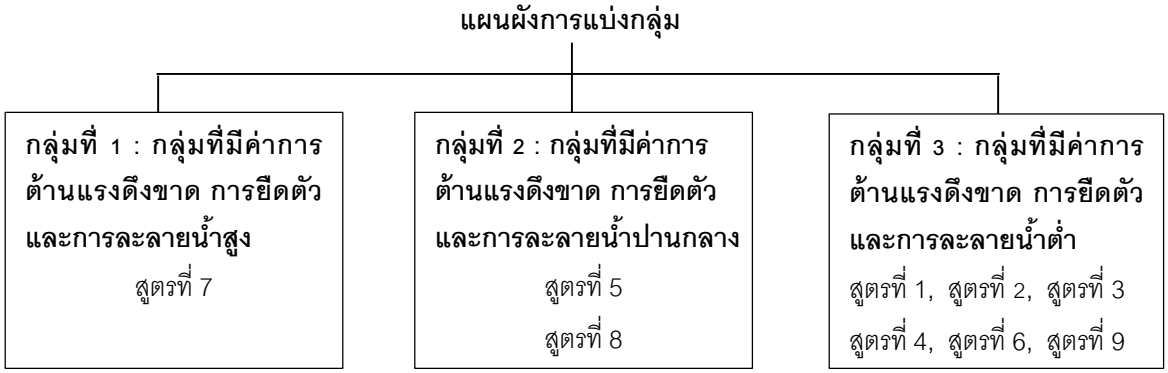
ในการวัดความเป็นกรด-ด่างของฟิล์มของแผ่นฟิล์มที่ได้จากกระบวนการผลิตทั้ง 9 สูตร พบว่ามีค่าเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 4.71-5.60 ซึ่งเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.6 (pH>4.6) หมายถึง อาหารที่ผ่านกรรมวิธีที่ใช้ทำลายหรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ด้วยความร้อน ภายหลังหรือก่อนบรรจุปิดผนึก รวมถึงอาหารอื่นที่มีกระบวนการผลิตในทำนองเดียวกันที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.6 ซึ่งเก็บรักษาไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่สามารถป้องกันมิให้อากาศเข้าไปในภาชนะบรรจุได้และสามารถเก็บรักษาไว้ได้ในอุณหภูมิปกติ

2.2 การจัดกลุ่มสูตรในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวตามความสามารถในการต้านแรงดึงขาด การยืดตัว และการละลายน้ำ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

สูตร	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

จากตารางที่ 3 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มตามความสามารถ เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภค โดยใช้วิธี Cluster Analysis แบบ K-Means Cluster (KMO) โดยการกำหนดจำนวนกลุ่มเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งมีเป้าหมายในกลุ่มเดียวกัน มีความคล้ายกันในปัจจัยหรือตัวแปร 3 ตัว ดังแสดงใน ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังการแบ่งกลุ่ม

จากภาพที่ 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

2.3 การศึกษาความชอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรที่ 5	สูตรที่ 8
ลักษณะปรากฏ*	7.68 ± 0.71	7.37 ± 0.77
สี*	7.71 ± 0.73	8.18 ± 0.83
กลิ่นรสสตอเบอรี่^{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 : ตัวอักษร ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p>0.05$)
ตัวอักษร * คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่า แผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวทั้ง 2 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ สี รสหวาน การละลายในปากและความชอบโดยรวม โดยสูตรที่ 8 ได้คะนนสูงที่สุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี รสหวาน การละลายในปากและความชอบโดยรวมตามลำดับ

3. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูง จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว 100 กรัม

คุณภาพ	ปริมาณ
คุณค่าทางโภชนาการ	
- พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	145.31
- โปรตีน (กรัม)	1.02
- คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	0.12
- ไขมัน (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 (aw)	0.54
คุณภาพทางจุลินทรีย์	
- ยีสต์,รา (CFU/g)	2.5×10^2
- โคลิฟอร์ม, (MPN/g)	<3.0

ที่มา : จากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 5 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 และเบต้าแคโรทีน 15,906.77 ไมโครกรัม ไลโคปีน 17,01769 ไมโครกรัม

ค่า Water Activity (aw) ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีค่าเท่ากับ 0.54 ซึ่งมาตรฐานอาหารแห้งได้กำหนดค่าปริมาณน้ำอิสระ Water Activity ในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 0.6

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว พบว่า จำนวนของยีสต์และราได้เท่ากับ 2.5×10^2 โคโลนีต่อกรัม โคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPNต่อมิลลิกรัม โดยแผ่นฟิล์มมีคุณภาพจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทจึงมีความปลอดภัยไม่ก่อให้เกิดโรค

3.1 การศึกษาความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ยความชอบ	การแปลผลค่าเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏ	7.76 ± 0.82	ชอบมาก
สี	7.69 ± 0.80	ชอบ
กลิ่นรสสตอเบอร์รี่	7.46 ± 0.90	ชอบ
รสชาติหวาน	7.73 ± 0.76	ชอบมาก
การละลายภายในปาก	7.80 ± 0.74	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	7.61 ± 0.08	ชอบ

จากตารางที่ 9 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสสตอเบอร์รี่ รสหวาน การละลายในปาก และความชอบโดยรวม 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 กลิ่นรสสตอเบอร์รี่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.46 ± 0.90 ตามลำดับ โดยระดับในการยอมรับของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.12 ± 0.41

3.2 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
1. เมื่อท่านได้รับข้อมูลประโยชน์ของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่		
ซื้อแน่นอน	90	90.00
ไม่แน่ใจ	8	8.00
ไม่ซื้อแน่นอน	2	2.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
2. เหตุผลใดท่านจึงสนใจรับประทานผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว		
เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่	23	23.00
มีคุณค่าทางโภชนาการสูง	6	6.00
เป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งเสริมวัตถุดิบในประเทศ	56	56.00
เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ	15	15.00
อื่นๆ	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

จากตารางที่ 7 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า เมื่อผู้บริโภคได้รับข้อมูลประโยชน์ของผลิตภัณฑ์จึงเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ จำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 90.00 โดยเหตุผลที่ผู้บริโภคสนใจรับประทานผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งเสริมวัตถุดิบในประเทศ จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 56.00 รองลงมา คือ เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่ จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 23.00 ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

จากตารางที่ 1 พบว่า ลักษณะที่ปรากฏของแผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตร มีความแตกต่างกัน โดยแผ่นฟิล์มมีปริมาณของแป้งสาลี สตาร์ชมันสำปะหลังและซอร์บิทอลที่แตกต่างกันจึงทำให้แผ่นฟิล์มแต่ละสูตรมีความหนาต่างกัน ซึ่งแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณซอร์บิทอลเป็นส่วนผสมอยู่น้อยที่สุด 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 (Sinsawad, 2012) ทั้งนี้เนื่องจากสารพลาสติไซเซอร์จำพวกซอร์บิทอลเป็นสารที่ดูดความชื้น (Hydroscopic) ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจรของพลาสติไซเซอร์กับพอลิเมอร์ ซึ่งทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของแป้งทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มสภาพของพลาสติไซเซอร์จึงทำให้แผ่นฟิล์มความยืดหยุ่นได้แตกต่างกัน จนเกิดฟิล์มมีลักษณะเป็นสารละลายที่มีความหนืดใสมันวาวทั้งสองด้านต่างกัน (Sopida, 2016) โดยปัจจัยที่ทำให้แผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตรมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ คือ สตาร์ชมันสำปะหลัง ซึ่งคุณสมบัติของสตาร์ชมันสำปะหลังทำให้ฟิล์มมีลักษณะของเนื้อเจลดีขึ้น มีความเป็นกาวเพิ่มขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) หรือทำให้ความสามารถในการผสมกับตัวทำละลายอื่นดีมากขึ้น (BeMiller, 1997) นอกจากปริมาณของซอร์บิทอลแล้วแป้งสาลีและสตาร์ชมันสำปะหลังยังมีผลในด้านลักษณะปรากฏ เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสาลีเมื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมทำให้เกิดกลูเตน (Gluten) เกิดโครงร่างเมื่อได้รับความร้อน (Klanarong, 2003) สตาร์ชมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อนจนเกิดการเจลาติไนซ์เป็นสารละลายมีความหนืดและใส โดยแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณของแป้งสาลี และสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 5 แผ่นฟิล์มมีความบาง แตกหักได้ง่าย เนื่องจากมีปริมาณน้อยเกินไปจึงทำให้ไม่สามารถพองตัวแป้งได้ดี แผ่นฟิล์มที่มีปริมาณแป้งสาลีและสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 10 แผ่นฟิล์มมีความนุ่มหยืดหยุ่นเรียบใส และแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณแป้งสาลีและสตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 15 ฟิล์มที่จึงมีลักษณะเรียบทั้งสองด้านหนานุ่ม ดังนั้นส่วนผสมทั้ง 3 ชนิดจึงทำให้แผ่นฟิล์มทั้ง 9 สูตร มีลักษณะปรากฏแตกต่างกัน

2. ผลจากการแบ่งกลุ่ม โดยใช้ Cluster Analysis แบบ K-Means Cluster

จากการศึกษา 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 โดยมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Glycemic Index) จึงไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงจึงนิยมใช้เป็นสารแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Sinsawad J, 2012) พบว่า ฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมสารพอลิแซคคาไรด์ และการใช้ซอร์บิทอลร้อยละ 30 ในฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง ทำให้ฟิล์มมีความทนต่อแรงยืดและการยืดตัวของฟิล์มสูงกว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังชนิดอื่น

ผลการศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อแผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวทั้ง 2 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ สี รสหวาน การละลายในปากและความชอบโดยรวม โดยสูตรที่ 8 ที่ประกอบด้วยอัตราส่วนแป้งสาลี 10 กรัม ซอร์บิทอล 30 กรัม สตาร์ชมันสำปะหลัง 10 กรัม ได้คะแนนสูงที่สุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี รสหวาน การละลายในปากและความชอบโดยรวม เนื่องจากแผ่นฟิล์มมีความเรียบเนียนเป็นแผ่นสม่ำเสมอ สีแดงอมส้มโดยเป็นสีตามธรรมชาติของส่วนผสมที่ใช้อาจมีสีต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากปริมาณของซอร์บิทอลที่แตกต่างกัน นุ่มยืดหยุ่น มีรสหวานและละลายในปากได้ค่อนข้างไว เนื่องจากมีปริมาณซอร์บิทอลมากกว่าสูตรที่ 5 ทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยในด้านกลิ่นรสสตอเบอรี่ผู้บริโภคไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งให้กลิ่นรสที่ดีใกล้เคียงคล้ายธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นหืน ปราศจากกลิ่นรสอื่นๆ ที่ไม่พึงประสงค์ (Kanyaphat, 2012) ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย พบว่า อัตราการบริโภคน้ำตาลของคนไทยนั้นเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 7.00 ต่อปีเป็น 9.00 และ 24.00 กิโลกรัมต่อคนต่อปีตามลำดับ (Diabetes Association of Thailand, 2020) แสดงให้เห็นว่าคนไทยมีการบริโภครสหวานจึงทำให้สูตรที่ 8 ได้คะแนนในด้านความหวานสูงที่สุด แต่การใช้ซอร์บิทอลในการผลิตเป็นแผ่นฟิล์มบริโภคนั้นไม่ก่อให้เกิดการทำลายสุขภาพ เนื่องจากซอร์บิทอลเป็นอนุพันธ์ของน้ำตาล โดยมีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาลครึ่งหนึ่ง โดยมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Glycemic Index) จึงไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง ซอร์บิทอลจึงนิยมใช้เป็นสารแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ โดยจากผลการทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า แผ่นฟิล์มในสูตรที่ 8 มีคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรอื่นจึงนำไปศึกษาปริมาณของสารเบต้าแคโรทีน ศึกษาอายุการเก็บแผ่นฟิล์มและศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยาต่อไป

3. ผลการศึกษาคุณทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มบริโภคได้ไลโคปีนสูงจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยปริมาณที่ควรได้รับต่อวัน คือ 800 mcg แต่ไม่ควรเกิน 3000 mcg ซึ่งเบต้าแคโรทีนสามารถพบได้ในผักและผลไม้ โดยเฉพาะในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว เมื่อรับประทานร่างกายจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นโมเลกุลเบต้าแคโรทีนให้เป็นวิตามินเอ (Vitamin A) เบต้าแคโรทีนช่วยให้เมือกตาชุ่มชื้น บำรุงสายตาและดวงตา ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคที่ดวงตา เช่น โรคตาพร่า โรคตาบอดกลางคืน การเกิดต้อกระจก เป็นต้น (Sirirat, 2014) ไลโคปีนเป็นสารแคโรทีนอยด์ ทำหน้าที่เป็นรงควัตถุ มีฤทธิ์ของการต่อต้านออกซิเดชั่น ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งปอด เป็นต้น ช่วยกระตุ้นเซลล์ภูมิต้านทานในร่างกาย ที-เฮลเปอร์ (T-Helper Cell) ทำหน้าที่ต้านสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาภายในร่างกายหรือลดความเสี่ยงต่อเซลล์มะเร็ง ช่วยลดความเสื่อมของเซลล์อนุมูลอิสระ ทำให้ผิวพรรณให้สดใส ชะลอความแก่ ปัจจุบันคนส่วนใหญ่ใช้ชีวิตอยู่กับหน้าจอโทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ตและหน้าจอคอมพิวเตอร์ไม่ต่ำกว่า 6-8 ชั่วโมง

จึงเป็นปัจจัยเสี่ยงที่นำมาสู่โรคจอประสาทตาเสื่อมก่อนวัยอันควร ดังนั้นควรพักสายตาจากการใช้งาน รับประทานอาหารที่ช่วยบำรุงสายตาและช่วยชะลอการเกิดโรคจอประสาทตาเสื่อมอีกด้วย ซึ่งในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวจึงอุดมซึ่งไปด้วยสารเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนมากกว่าผักผลไม้ชนิดอื่นจึงเป็นอาหารต้านมะเร็งที่ดีที่สุดชนิดหนึ่ง

ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เมื่อผู้บริโภคได้รับข้อมูลประโยชน์ของผลิตภัณฑ์จึงเลือกซื้อ โดยเหตุผลเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งเสริมวัตถุดิบในประเทศ รองลงมาคิดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่ ปัจจุบันคนส่วนใหญ่มีวิถีชีวิตเปลี่ยนไปจากสังคมชนบทเป็นสังคมเมือง ประกอบอาชีพที่อยู่ในงานที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟนเป็นระยะเวลานานส่งผลให้ผู้คนหันมาสนใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น เพื่อป้องกันและรักษาสุขภาพของตนเอง (Tanyawong, 2015) นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากการบริโภคอาหารไม่ครบตามที่ร่างกายต้องการหรือการบริโภคที่ไม่ถูกต้องตามหลักโภชนาการ ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการรักษา ดังนั้นการผลิตอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารสำคัญที่ช่วยส่งเสริม ป้องกันและบำรุงสุขภาพ ไม่มีสารปนเปื้อนจึงมีส่วนสำคัญต่อสุขอนามัยของผู้บริโภค โดยการเชื่อมโยงระหว่างภาคเกษตรกรรมและเรื่องสุขภาพจึงความสำคัญอย่างยิ่ง ส่งผลให้คนไทยมีสุขภาพที่ดี มีอายุยืนยาว ส่งเสริมผลผลิตทางเกษตรกรรมให้เป็นที่รู้จักแพร่หลายและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกด้วย (Patcharin, 2012)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาแนวความคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงสายตา ผู้บริโภคอยากให้ผลิตภัณฑ์มีรูปแบบของแผ่นฟิล์มที่สามารถละลายในปาก มีส่วนช่วยบำรุงสายตา โดยสูตรที่เหมาะสม คือ สูตรที่ 8 ประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ร้อยละ 100 แป้งสาลี ร้อยละ 10 ซอร์บิทอล ร้อยละ 20 สตาร์ชมันสำปะหลัง ร้อยละ 10 คุณภาพของผลิตภัณฑ์เน้นคุณทางโภชนาการในการบำรุงสายตา โดยมีปริมาณเบต้าแคโรทีน เท่ากับ 15,906.77 ไมโครกรัม และปริมาณไลโคปีน เท่ากับ 17,017.69 ไมโครกรัม การยอมรับของผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านการละลายในปากมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.80 ± 0.74 รองลงมา คือ ด้านลักษณะปรากฏ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.76 ± 0.82 โดยระดับในการยอมรับคือ ชอบปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.12 ± 0.41 ซึ่งผู้บริโภคจะซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 90.00

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ซี.วาย.บอสส์ ฟู้ด จำกัด ที่สนับสนุนและจัดหาเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวในการจัดทำวิทยานิพนธ์

เอกสารอ้างอิง

Aoki, H., Kieu, MTN., Kuze, N., Tomisaka, K., Chuyen, VN., (2002). Carotenoid pigments in gac fruit *(Momordica cochinchinenensis Spreng)*. Biosci Biotech and Biochem. 66 (11), pp. 2479–2482. (in Thai)

Arunya, M., (2007). Effects of components and processes on physical properties of pumpkin edible films. *Food Journal (Thailand), 37* (4), 353-359. (in Thai)

Brand world. (2020). *Brand veta berry plus.* Retrieved March 29, 2020, from https://www.brandsworld.co.th/th/products/vetaberry-essence.html (in Thai)

BeMiller, J.N., (1997). Starch Modification : challenges and prospects. *Starch/Stark, 49*, 127-131.

Diabetes Association of Thailand under The Patronage of Her Royal Highness Princess MahaChakri Sirindhorn. (2020). Retrieved March 29, 2020, from http://www.dmthai.org/index.php/understand-diabetes/sugar1/544-article-sugar (in Thai)

Ekthamasut, K. & Akesowan, A., (2001). Effect of Vegetable Oils on Physical Characteristics of Edible Konjac Films. *AU Journal of Technology*, *5*, 73-78. (in Thai)

Jittana, C. & Onanong N., (2017). Bakery Technology Introduction. Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai)

Kanyaphat, M., Bevelopment of food wrapping seets from Jackfruit Fiber. (2012). Master of Home Economics. Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)

Klanarong, S., & Keawkoon P., (2003).*The Technology of Flour.* Edition 4: Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Premchit, S, & Sutinketkaew., (1995). *Eat-Live for Health.* Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Sasitorn, C., Jaroon, C., & Ananya K., (2015). Risk Factors for Computer Visual Syndrome and Prevalence of Vision Problems in Nursing Students at Borommarajonani College of Nursing, Uttaradit Nursing. *Public Health and Education Journal, 16*, (2). (in Thai)

Sirirat, S., (2014). Eye Health. Online Health Science Brochure. Health Sciences Program. Sukhothai Thammathirat Open University. 2. (in Thai)

Sinsawad, J.1., Kerdchoechuen, O.1., & Laohakunjit, N., (2012). Physical and Mechanical Properties of Edible Film from Cassava Starch Mixed with Polysaccharide. *Agricultural Science Journal, 43,* (2), 501-504. (in Thai)

Sopida, W., Orawan, O., Kullawadee, S., Supa C., & Sutusanee, B., (2016). Development Production of Bioplastics from Jackfruit Seeds Starch. *Burapha Science Journal*, *21*, (2), 216-228. (in Thai)

Tanyaporn, S., & Wannisa, K., (2011). Development of Chitosan Film Laminated with Paper material for Food Packaging forming. *Journal of Food Technology, 6*, (1), 2011. (in Thai)

Tanyawong, S., (2015). The Study of Work Conditions That Contribute to The Severity of Computer Syndrome. Master of Business Administration. Faculty of Commerce and Accountancy. Thammasat University. (in Thai)

Ubonrat, Si., & Suwassa, P., & Supaporn, D.G., (2009). Edible chitosan film coating for shelf life extension of a refrigerated read-to-eat food product. Master's thesis. Department of Food Technology. Faculty of Science. Chulalongkorn University. (in Thai)

Wanapa, S., (2011). Superfruit Gac Fruit is the best local crop. *Agricultural Housing Journal*, *35*, (4), 75-90. (in Thai)

Wasana, S., (2018). Dangers of Smartphone Addiction. *HUC Journal of Health Science, 22*, 43-44. (in Thai)

Wichet, L., (2014). A useful protein in the treatment of HIV infection and cancer of the gac. Retrieved March 29, 2020, from https://pharmacy.mahidol.ac.th/knowledge/files/0223.pdf (in Thai)