

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้เพื่อลดปริมาณน้ำมัน
ในกล้วยแขกทอดและการประเมินคุณภาพน้ำมันที่ใช้ทอด

Edible coatings for reducing oil uptake in deep-fried banana
(Klauy Kak) and quality evaluation of frying oils



รายงานผลงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ของ
โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

RCH สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
TP
A51
E3
ประจำปีงบประมาณ 2546

เลขหมู่ พ485ก

เลขทะเบียน 58918

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี
17 ก.พ. 2549

b. 11485906
i.

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้ฟิล์มที่รับประทานได้เพื่อลดการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอด พบว่า ระดับความสุกที่เหมาะสมของกล้วยน้ำว้าที่นำมาผลิตกล้วยทอด คือ ระดับความสุกระยะที่ 4 และจากการศึกษาผลของกรรมวิธีการเคลือบฟิล์ม พบว่า การเคลือบฟิล์มทุกวิธีสามารถลดการดูดซึมน้ำมันได้ 12-25 เปอร์เซ็นต์ โดยการเคลือบฟิล์มแบบผสมผงฟิล์มที่รับประทานได้ลงในน้ำแป้ง (Incorporated In Breeding, IIB) มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดทั้งในชั้นกล้วยและชั้นแป้งแต่การเคลือบฟิล์มด้วยวิธีนี้ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค สำหรับการเคลือบฟิล์มแบบเคลือบฟิล์มก่อนการชุบแป้ง (Coating Before Breeding, CBB) พบว่า ชั้นกล้วยมีปริมาณไขมันต่ำที่สุด คือ 2.44 เปอร์เซ็นต์ และเลือกการเคลือบฟิล์มวิธีนี้เพื่อศึกษาต่อไป ในการทดลองเปรียบเทียบผลของฟิล์มที่รับประทานได้ชนิดต่าง ๆ พบว่า สามารถลดการดูดซึมน้ำมันได้ 8.5-28 เปอร์เซ็นต์ และการเคลือบฟิล์มเพคตินแบบ IIB มีค่าการลดปริมาณไขมันสูงที่สุด คือ 28.01 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มปริมาณฟิล์มเพคตินโดยใช้อัตราส่วนระหว่างผงฟิล์มต่อแป้งเป็น 4:50 w/w พบว่า ลดปริมาณไขมันได้สูงที่สุดคือ 30.38 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Application of edible film to reduced oil-uptake in Thai traditional snack; deep-fried banana product (Klauy-Kak) was investigated. The optimum ripening stage of banana for production the deep-fried banana product is stage 4. All three coating methods; incorporated in breading (IIB), coating before breading (CBB) and coating after breading (CAB) could reduced oil-uptake of the product about 12-25%. IIB method made the product relatively high in moisture content both in core and crust. But IIB method obtained significant low overall acceptability score. CBB method made the product had the lowest fat content in core about 2.44% and CBB method is the most suitable coating method. Methyl cellulose (MC), Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and Pectin; applying by CBB method, together with Pectin applying by IIB method could reduced product oil-uptake from 8.5-28% with non-significant different of acceptability seen from control sample. And Pectin applying by IIB method reduced the highest oil-uptake about 28.01%. Increasing of Pectin incorporated in breading with ratio of Pectin : Breading was 4:50 w/w reduced the highest oil-uptake about 30.38%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูปภาพ	VI
บทที่	1
1. บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	2
วัตถุประสงค์	3
2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 फिल्मหรือสารเคลือบที่รับประทานได้	4
2.2 องค์ประกอบของฟิล์มที่รับประทานได้	9
2.3 สารปรุงแต่งในฟิล์ม	12
2.4 การเกิดฟิล์ม	13
2.5 วิธีการใช้ฟิล์มที่รับประทานได้กับผลิตภัณฑ์อาหาร	15
2.6 เมทริลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลส	17
2.7 เพคติน	18
2.8 การทอด	21
2.9 การประยุกต์ใช้ฟิล์มที่รับประทานได้กับผลิตภัณฑ์อาหารทอด	24
3. อุปกรณ์และวิธีการ	24
3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกล้วยทอด	24
3.2 สารเคมีที่สำคัญ	24
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	25
3.4 สถานที่ทำการทดลอง	25
3.5 วิธีการทดลอง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 ระดับความสูงที่เหมาะสมของกล้วยน้ำว้าที่นำมาผลิตกล้วยทอด	30
4.2 ผลของกรรมวิธีการเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอด	31
4.3 ผลของชนิดของฟิล์มที่รับประทานได้ต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอด	35
4.4 ผลของปริมาณผงฟิล์มที่รับประทานได้ที่มีต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอด	38
4.5 ผลของฟิล์มที่รับประทานได้ต่อการเสื่อมเสียของน้ำมันที่ใช้ในการทอด	41
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แนวทางการใช้ประโยชน์จากฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้ชนิดต่าง ๆ	4
2.2 ปริมาณเพคตินในเนื้อเยื่อพืชบางชนิด	17
4.1 ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกต่าง ๆ	30
4.2 ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์กล้วยทอด ที่เคลือบฟิล์มด้วยกรรมวิธีการต่าง ๆ	32
4.3 สมบัติทางกายภาพของสารละลายฟิล์มที่ 25 องศาเซลเซียส	35
4.4 ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์กล้วยทอด ที่เคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่าง ๆ	36
4.5 ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์กล้วยทอด ที่ผสมผงฟิล์มที่รับประทานได้ลงในน้ำแป้งด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 (a) โครงสร้างของกดีเซอร์คอล	10
(b) โครงสร้างของซอร์บิทอล	10
4.1 ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ก๊วยทอด ที่ผลิตจากกล้วยน้ำว้าระดับความสุกต่าง ๆ	31
4.2 ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ก๊วยทอด ที่เคลือบฟิล์มด้วยกรรมวิธีการต่าง ๆ	34
4.3 ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ก๊วยทอด ที่เคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่าง ๆ	38
4.4 ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ก๊วยทอด ที่ผสมผงฟิล์มที่รับประทานได้ลงในน้ำแป้งด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ	41
4.5 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันที่ใช้ทอดตัวอย่าง	42
4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันที่ใช้ทอดตัวอย่าง	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนี้ผู้บริโภคเริ่มให้ความสนใจในเรื่องของสุขภาพและโภชนาการมากขึ้น โดยมีแนวโน้มต้องการอาหารประเภทไขมันต่ำ เนื่องจากการรับประทานอาหารที่มีปริมาณไขมันมากจะทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารประเภทไขมันมากเกินไปจนเกิดความจำเป็นและเกิดปัญหาสุขภาพ เช่น ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดสูง หลอดเลือดหัวใจตีบตัน หรือโรคอ้วน เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีแนวโน้มต้องการอาหารไขมันต่ำ แต่อาหารประเภททอดซึ่งมีไขมันสูงยังคงเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เช่น ผลิตภัณฑ์ไก่ทอด ไก่ทอด นมฝรั่งทอด เป็นต้น หรือแม้แต่อาหารว่างแบบไทยเช่น กุ้งทอด ก็เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมเช่นกัน แม้ว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะมีปริมาณไขมันสูงเนื่องจากการอมน้ำมันในระหว่างการทอดก็ตาม ดังนั้นจึงมีการศึกษาและวิจัยหาวิธีการลดปริมาณไขมันในอาหารประเภททอดดังกล่าว เพื่อให้ได้อาหารทอดที่มีไขมันต่ำตรงตามความต้องการของผู้บริโภค แต่สิ่งหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือการรักษาคุณลักษณะที่ดีของอาหารทอดไว้แม้จะลดปริมาณไขมันลงก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นลักษณะภายนอก เนื้อสัมผัส รสชาติและกลิ่นรส การลดปริมาณน้ำมันอันเนื่องมาจากการดูดซึมของอาหารในขณะที่ทอดเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณไขมันในอาหารทอดได้ และจากการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างน้ำมันและชิ้นอาหารในขณะที่ทอด พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นที่มีอยู่ในชิ้นอาหารจะเคลื่อนที่ออกมาจากชิ้นอาหารในรูปของไอน้ำ ทำให้เกิดช่องว่างในชิ้นอาหารนั้น น้ำมันที่อยู่โดยรอบจะแทรกซึมเข้าไปอยู่ในช่องว่าง เป็นการสะสมน้ำมันในชิ้นอาหารหรือที่เรียกว่า การอมน้ำมัน ทำให้มีการศึกษาใช้ฟิล์มที่รับประทานได้เคลือบชิ้นอาหารก่อนที่จะนำไปทอด เนื่องจากฟิล์มที่รับประทานได้บางชนิดมีคุณสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านไขมันและน้ำมัน จึงสามารถต้านทานการดูดซึมน้ำมันไม่ให้อาหารทอดดูดซึมน้ำมันมากเกินไป ซึ่งเป็นวิธีลดปริมาณไขมันในอาหารทอดอีกทางหนึ่ง โดยยังคงลักษณะที่ดีของอาหารทอดไว้ได้

จากสาเหตุดังที่กล่าวมาข้างต้น การทดลองประยุกต์ใช้ฟิล์มที่รับประทานได้ที่ผลิตจากเพคตินและฟิล์มที่ผลิตจากอนุพันธ์ของเซลลูโลส 2 ชนิดคือ เมทิลเซลลูโลส (Methyl cellulose) และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl methylcellulose) ในผลิตภัณฑ์กุ้งทอด จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่อาจ

เป็นไปได้เพื่อการลดปริมาณน้ำมันส่วนเกินในผลิตภัณฑ์อาหารทอด การศึกษาความเป็นไปได้ในครั้งนี้ได้วางแผนการดำเนินงานทดลองไว้ 4 ขั้นตอน คือ

1. ศึกษาระดับความสูงที่เหมาะสมของก้นถ้วยน้ำว่าที่นำมาผลิตถ้วยทอด
 2. ศึกษาผลของกรรมวิธีการเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ที่มีต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ถ้วยทอด
 3. ศึกษาผลของชนิดฟิล์มที่รับประทานได้ที่มีต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ถ้วยทอด
 4. ศึกษาผลของปริมาณผงฟิล์มที่รับประทานได้ที่มีต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ถ้วยทอด
 5. ศึกษาผลของฟิล์มที่รับประทานได้ที่มีต่อการเสื่อมเสียของน้ำมันที่ใช้ในการทอด
- ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการทดลอง

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการทดลองมีดังนี้

1. เพื่อทราบถึงระดับความสูงที่เหมาะสมของก้นถ้วยน้ำว่าที่นำมาผลิตถ้วยทอด
2. เพื่อทราบถึงกรรมวิธีการเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ถ้วยทอดและการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ถ้วยทอด
3. เพื่อทราบถึงชนิดของฟิล์มที่รับประทานได้ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ถ้วยทอดและการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ถ้วยทอด
4. เพื่อทราบถึงความเป็นไปได้ในการใช้ฟิล์มที่รับประทานได้เพื่อลดการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ถ้วยทอด

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 फिल्मหรือสารเคลือบที่รับประทานได้ (Edible film or coating material)

ฟิล์มหรือสารเคลือบที่รับประทานได้ หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่บริโภคได้และนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารโดยการเคลือบผิวของอาหารหรือเตรียมแผ่นฟิล์มขึ้นมาก่อนแล้วจึงนำมาใช้กับอาหาร โดยการห่อหุ้มอาหารหรือนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อชะลอการผ่านเข้าออกของความชื้น ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนและไขมันหรือสารอื่น ๆ จากอาหาร และมีส่วนช่วยทำให้ส่วนผสมของอาหาร เช่น สารกันหืน (antioxidants) สารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (antimicrobials) และสารแต่งกลิ่นรส (flavor) ยึดติดกับอาหารได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้อาหารทนต่อแรงกลที่มากกระทบได้ดีขึ้นอีกด้วย ส่วนฟิล์มที่รับประทานได้ซึ่งผลิตให้มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี อาจใช้แทนพลาสติกสังเคราะห์ได้ในระดับหนึ่ง (Krochta and Johnston, 1997)

การประยุกต์ใช้ฟิล์มที่รับประทานได้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่าง ๆ อาจจะยังไม่แพร่หลายนักในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตาม การห่อหุ้มอาหารด้วยฟิล์มหรือสารเคลือบที่รับประทานได้เป็นครั้งแรกมีมานับศตวรรษแล้ว ในช่วงศตวรรษที่ 12 และ 13 ในประเทศจีน มีการจุ่มส้มและมะนาวลงในแว็กซ์เพื่อชะลอการสูญเสียน้ำ (Hardenberg, 1967) จนถึงปัจจุบันนี้นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่า ฟิล์มที่รับประทานได้มีคุณสมบัติเด่นหลายประการและจัดเป็นข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพลาสติกสังเคราะห์ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

2.1.1 ผู้บริโภคสามารถบริโภคฟิล์มได้พร้อมกับผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและในกรณีที่ไมบริโภคฟิล์ม ฟิล์มที่เหลือทิ้งสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้โดยง่าย

2.1.2 ช่วยเพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสและลักษณะปรากฏที่น่ารับประทานให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร

2.1.3 ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากฟิล์มบางชนิดผลิตจากโปรตีน

2.1.4 ใช้กันระหว่างอาหารที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากการถ่ายเทความชื้นและไขมันของอาหาร เช่น การวางแผ่นฟิล์มไว้ระหว่างชั้นแป้งและหน้าพิซซ่าเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เป็นต้น

2.1.5 ทำหน้าที่เป็นชั้นป้องกันจุลินทรีย์ การเกิดกลิ่นหืนและควบคุมอัตราการซึมผ่านเข้าออกของสารต่าง ๆ เช่น ในผลิตภัณฑ์ nutmeat มีการเคลือบด้วยฟิล์มที่ผลิตจากโปรตีนข้าวโพดหรือซีน (zein) และผสมสาร

กันหืนคือ BHA และ BHT จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้เพิ่มขึ้น 2 เดือน ที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮด์ เพราะนอกจากจะมีสารกันหืนแล้ว ฟิล์มจากซินยังมีคุณสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนอีกด้วย

2.1.6 สามารถใช้ร่วมกับฟิล์มพลาสติก โดยใช้ฟิล์มที่รับประทานได้สัมผัสกับอาหารโดยตรง

จากข้อดีดังกล่าวมา จะเห็นว่าฟิล์มที่รับประทานได้มีคุณสมบัติเด่นหลายประการทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดหรือองค์ประกอบหลักของฟิล์มนั้น ๆ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แนวทางการใช้ประโยชน์จากฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้ชนิดต่าง ๆ

Use	Appropriate Types of Film
Retard moisture migration	Lipid, composite
Retard gas migration	Hydrocolloid, lipid or composite
Retard oil and fat migration	Hydrocolloid
Retard solute migration	Hydrocolloid, lipid or composite
Improve structural integrity or handling properties	Hydrocolloid, lipid or composite
Retain volatile flavor compounds	Hydrocolloid, lipid or composite
Convey food additives	Hydrocolloid, lipid or composite

ที่มา: Donhowe and Fennema (1994)

2.2 องค์ประกอบของฟิล์มที่รับประทานได้

องค์ประกอบของฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) ลิปิด (Lipid) และแบบผสม (Composites) สำหรับกลุ่มของไฮโดรคอลลอยด์ประกอบด้วย โปรตีน อนุพันธ์ของเซลลูโลส อัลจิเนต เพคติน สตาร์ช และโพลีแซคคาไรด์อื่น ๆ ส่วนกลุ่มของลิปิดประกอบด้วย แวกซ์ เอซิลกลีเซอรอล (acylglycerols) และกรดไขมัน ส่วนกลุ่มสุดท้ายเป็นแบบผสม โดยเป็นการผสมไฮโดรคอลลอยด์กับลิปิด อาจเคลือบฟิล์ม 2 ชั้น (bilayer) คือ ฟิล์มชั้นหนึ่งเป็นกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์และฟิล์มอีกชั้นหนึ่งเป็นกลุ่มลิปิด หรืออาจเคลือบฟิล์มเพียงชั้นเดียว (monolayer) โดยผสมไฮโดรคอลลอยด์และลิปิดเข้าด้วยกัน

2.2.1 ฟิล์มจากไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid films) ฟิล์มชนิดนี้ใช้ประโยชน์ได้หลายประการ ยกเว้นการต้านทานการซึมผ่านน้ำหรือความชื้น ส่วนมากฟิล์มชนิดนี้มีคุณสมบัติต้านทานการซึมผ่านก๊าซได้ดี เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และยังมีคุณสมบัติต้านทานการซึมผ่านไขมันได้ดีอีกด้วย แต่ฟิล์มไฮโดรคอลลอยด์โดยทั่วไปต้านทานการซึมผ่านน้ำหรือความชื้นได้ต่ำมาก เนื่องจากมีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) ตามธรรมชาติ มีเพียงบางชนิดละลายน้ำได้ปานกลาง (moderately soluble in water) เช่น ฟิล์มจากเอทิลเซลลูโลส กลูเตน และซีน สามารถต้านทานไอน้ำได้ดีกว่าบางชนิดที่ละลายน้ำได้อย่างสมบูรณ์ (water soluble hydrocolloid)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ผลิตเป็นฟิล์มที่รับประทานได้อาจแบ่งตามองค์ประกอบ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) และโปรตีน ฟิล์มที่ผลิตจากโพลีแซคคาไรด์ อาทิเช่น สตาร์ช กัมจากพืช และสตาร์ชตัดแปร ส่วนฟิล์มที่ผลิตจากโปรตีน อาทิเช่น เจลาติน เคซีน เวย์โปรตีน โปรตีนถั่วเหลือง กลูเตน และซีน ซึ่งฟิล์มต่าง ๆ เหล่านี้ มีข้อดีแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาผลิตฟิล์ม

2.2.1.1 ฟิล์มสตาร์ช (starch film) สตาร์ชเป็นโพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งที่สะสมไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของพืช นิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเพราะมีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย ตามธรรมชาติแล้วเม็ดสตาร์ชจะไม่ละลายในน้ำเย็นเนื่องจากจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน แต่เมื่อให้ความร้อน เม็ดสตาร์ชจะบวมเนื่องจากดูดซึมน้ำและพันธะไฮโดรเจนจะแตกออก ในเม็ดสตาร์ชประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ อะมิโลส (amylose) และอะมิโลเพคติน (amylopectin) โครงสร้างของอะมิโลสเป็นเส้นตรงสายยาว มีคุณสมบัติในการเกิดฟิล์มและเจลได้ดี ในขณะที่อะมิโลเพคตินเหมาะกับการใช้เป็นส่วนเพิ่มความข้นเหนียว สารเพิ่มความคงตัว เป็นต้น ฟิล์มที่ผลิตจากอะมิโลสมีลักษณะไม่มีกลิ่น ไม่มีรสชาติ ไม่มีสีและไม่เป็นอันตราย มีความแข็งแรง ยืดหยุ่นได้ดี และมีลักษณะเชิงกลเหมือนกับฟิล์มพลาสติกสังเคราะห์ (Wolff et al, 1951) แต่การเตรียมฟิล์มจากอะมิโลสจะต้องใช้อุณหภูมิสูงภายใต้ความดัน การเคลือบฟิล์มอะมิโลสบนมันฝรั่งพบว่า ช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติและความคงตัว นอกจากนี้ยังมีการผลิตไส้เทียมสำหรับทำไส้กรอกจากฟิล์มอะมิโลสด้วย

2.2.1.2 ฟิล์มอัลจิเนต (alginate film) อัลจิเนตเป็นกัมจากธรรมชาติที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล นิยมใช้ในรูปแบบของโซเดียมอัลจิเนต ฟิล์มจากอัลจิเนตผลิตจากสารละลายโซเดียมอัลจิเนตด้วยการทำปฏิกิริยากับแคลเซียมที่อุณหภูมิต่ำ (Nisperos-carriedo, 1994) การเคลือบฟิล์มอัลจิเนตส่วนใหญ่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ พบว่าการเคลือบฟิล์มมีผลทำให้ขึ้นเนื้อสูญเสียรสน้ำน้อยกว่าขึ้นเนื้อที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม ถึงแม้ว่าฟิล์มอัลจิเนตจะต้านทานการซึมผ่านความชื้นได้ต่ำมาก แต่การเคลือบฟิล์มก็ให้ผลดี เนื่องจากเจลในฟิล์มมีความชื้นสูง ความชื้นจากเจลจะระเหยออกไปก่อนที่ขึ้นเนื้อภายในจะสูญเสียความชื้น และฟิล์มอัลจิเนตยังช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์บนผิวหน้าของขึ้นเนื้ออีกด้วย นอกจากนี้การเคลือบฟิล์มอัลจิเนตมีคุณสมบัติต้านทานการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนได้ดีมาก (Conca and Yang, 1993) จึงช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเดชันของไขมัน (lipid oxidation) ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ยังไม่ผ่านการให้ความร้อน ซึ่งการเคลือบฟิล์มพบว่าตัวอย่างไม่เกิดกลิ่นปกติ (warmed-over flavor) ซึ่งเป็นกลิ่นที่บ่งบอกการเกิดการเหม็นหืนและการเคลือบฟิล์มยังทำให้คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม

2.2.1.3 ฟิล์มเพคติน (pectin film) เพคตินเป็นกลุ่มของสารประกอบเชิงซ้อนของโพลีแซคคาไรด์พบในพืชทั่วไปโดยเฉพาะ เปลือกของพืชตระกูลส้มและกากแอปเปิ้ล เพคตินที่ใช้ผลิตฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้นั้น เป็นเพคตินชนิดที่มีจำนวนหมู่เมทอกซิลต่ำ (low methoxyl pectin) ซึ่งทำให้เกิดเจลได้เมื่อมีแคลเซียมไอออนเป็นองค์ประกอบ เมื่อทำแห้งแล้วจะได้ฟิล์มเพคติน ได้มีการศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากเพคตินมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 (Henglein and Schneider, 1936; Maclay and Owens, 1948; Schultz et al, 1948, 1949; Swenson et al, 1953; Brake and Fennema, 1993) โดยมีขั้นตอนการผลิตฟิล์ม 2 ขั้นตอนหลัก คือ การผสมสารละลายเพคตินชนิดจำนวนหมู่เมทอกซิลต่ำก่อน จากนั้นจึงผสมสารละลายแคลเซียมลงไปเพื่อทำให้เกิดเจล พบว่า ฟิล์มชนิดนี้ยอมให้น้ำซึมผ่านได้สูง การเคลือบฟิล์มลิดทับบนฟิล์มเพคตินจะช่วยให้ฟิล์มเพคตินต้านทานการซึมผ่านของน้ำหรือไอน้ำได้มากขึ้น นิยมใช้ฟิล์มเพคตินเคลือบบนผิวอาหารโดยตรงทำหน้าที่เก็บรักษาอาหาร (sacrificial agent) ป้องกันอาหารที่ห่อหุ้มไว้ไม่ให้สูญเสียน้ำ

2.2.1.4 ฟิล์มอนุพันธ์ของเซลลูโลส (cellulose derivative film) โดยทั่วไปแล้วเซลลูโลสจะไม่ละลายน้ำเนื่องจากสายโพลีเมอร์ยึดตัวกันแน่นด้วยพันธะไฮโดรเจนจำนวนมากและเกิดโครงร่างผลึกทำให้สมบัติการละลายลดลง ดังนั้นจึงมีการปรับโครงสร้างของเซลลูโลสซึ่งมีผลกระทบต่อเกิดโครงร่างผลึกและทำให้เซลลูโลสละลายได้ง่ายขึ้น การปรับโครงสร้างดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมของหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ด้วยหมู่เมทิล หมู่คาร์บอกซีเมทิล หมู่ไฮดรอกซีเมทิล และหมู่ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิล เป็นต้น ได้เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เมทิลเซลลูโลส (Methylcellulose, MC) ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl methylcellulose, HPMC) ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl cellulose, HPC) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose, CMC) อนุพันธ์เหล่านี้จะมีสมบัติทางเคมีและกายภาพแตกต่างกันไป การผลิตฟิล์มจากอนุพันธ์ของเซลลูโลส ผลิตได้จากสารละลายเอทานอลของอนุพันธ์ต่าง ๆ ด้วยความเข้มข้นที่เหมาะสม ฟิล์มที่ได้มีลักษณะใสและโปร่งแสง มีความยืดหยุ่นดี ไม่มีรสและกลิ่น ละลายน้ำได้ (Anonymous, 1990; Hagenmaier and Shaw, 1990; Hanlon, 1992; Kester and Fennema, 1986; Nisperos-Carriedo, 1994) ฟิล์มมีคุณสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของความชื้นและก๊าซได้ไม่ด้นักแต่สามารถต้านทานการซึมผ่านของไขมันและน้ำมันได้ดี

2.2.1.5 फिल्मเจลาติน (gelatin film) เจลาตินได้มาจากปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์คอลลาเจน फिल्मเจลาตินสามารถลดการเคลื่อนที่ของก๊าซออกซิเจน ความชื้นและน้ำมันผ่านแผ่นฟิล์มได้ นอกจากนี้ยังสามารถผสมสารอื่น ๆ เช่น สารกันหืน สารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เป็นต้น เป็นส่วนประกอบในฟิล์มได้อีกด้วย ปัจจุบันมีการนำฟิล์มเจลาตินมาใช้ในการผลิตยาชนิดแคปซูล รวมทั้งสารอื่น ๆ ในรูปแบบแคปซูล โดยผ่านกระบวนการเอนแคปซูลเลชัน (encapsulation) และสามารถใช้ฟิล์มเจลาตินกับอาหารแห้ง เช่น ถั่วและลูกกวาด หรือผลิตภัณฑ์เนื้อ เพื่อป้องกันการเหม็นหืน (oxidative rancidity)

2.2.1.6 फिल्मโปรตีนน้ำนม (milk protein film) โปรตีนจากน้ำนมแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ เคซีนและเวย์โปรตีน ซึ่งเคซีนจัดเป็นโปรตีนหลัก มีประมาณ 80% ของโปรตีนน้ำนมทั้งหมด เคซีนที่ถูกนำมาใช้เตรียมฟิล์มทำได้หลังจากการทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายต่าง จากนั้นนำไปทำแห้ง ฟิล์มเคซีนนั้นใช้ผสมกับลิปิดเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในผลิตภัณฑ์ผักผลไม้สดและปลาแช่แข็ง ส่วนเวย์โปรตีนมีอยู่ประมาณ 20% ของโปรตีนน้ำนมทั้งหมด การใช้ฟิล์มเวย์โปรตีนในผลิตภัณฑ์ปลาแช่แข็งช่วยลดการดูดซึมน้ำออกซิเจนและป้องกันการเหม็นหืน นอกจากนี้ยังช่วยลดการดูดซึมน้ำในผลิตภัณฑ์อาหารเข้าอีกด้วย

2.2.1.7 फिल्मโปรตีนถั่วเหลือง (soy protein film) फिल्मชนิดนี้เตรียมได้จากวัตถุดิบหลัก คือน้ำนมถั่วเหลือง เตรียมจากการให้ความร้อนกับนมถั่วเหลืองจนเกิดแผ่นฟิล์มขึ้นบนผิวหน้า จากนั้น นำฟิล์มขึ้นมาตากแห้ง ฟิล์มที่ได้ค่อนข้างนุ่ม มีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและก๊าซได้ดี เมื่อมีการเติมสารพลาสติกไซเซอร์ที่เหมาะสม นอกจากนี้อาจเตรียมฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (isolated soya) ฟิล์มที่ได้จะมีสมบัติเชิงกลดีแต่ต้านทานการซึมผ่านของน้ำได้ไม่ดีนักเพราะความมีขั้วสูง นิยมใช้ฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองห่อเนื้ออบหรือผักให้ดูรูปร่างที่ต้องการ เช่น ไล้กรอก หอยจ๊อ เป็นต้น

2.2.1.8 फिल्मโปรตีนข้าวโพดหรือซีน (corn protein or zein film) โปรตีนจากข้าวโพดนิยมเรียกว่าซีน เป็นโปรตีนกลุ่มหนึ่งที่ละลายในแอลกอฮอล์ 70% ที่เรียกว่า โปรลามีน (prolamine) สามารถผลิตได้ในเชิงการค้า ซีนเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำเนื่องจากมีองค์ประกอบเป็นกรดอะมิโนที่ไม่มีขั้วจำนวนมาก นอกจากนี้ ยังไม่ละลายในแอลกอฮอล์บริสุทธิ์อีกด้วย ตัวทำละลายที่เหมาะสมของซีนได้แก่ ส่วนผสมระหว่างน้ำและสารประกอบอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ อะซิโตนและอะซิโตนอะซิโตน (acetonylacetone) หรือส่วนผสมระหว่างสารประกอบแอนไฮดรัส (anhydrous organic) 2 ชนิด เช่น แอลกอฮอล์กับคลอริเนทไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbon) หรือกลีเซอรอล (Pomes, 1971) การเกิดฟิล์มทำได้โดยการระเหยตัวทำละลาย แต่ฟิล์มจะมีลักษณะเปราะและแตกง่ายจึงมีการใช้สารพลาสติกไซเซอร์ที่เหมาะสม เช่น กลีเซอรอล ไตรเอทิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไกลคอล (tri-ethylene glycol) กรดไขมัน กลีเซอรอลโมโนเอสเทอร์ (glyceryl monoester) และอะซิทิลเลทโมโนกลีเซอไรด์ (acetylated monoglyceride) พอลิเมอร์ที่ผลิตจากซินสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเคลือบผลิตภัณฑ์ขนมหวาน อาจทำได้โดยการพ่นฝอยหรือการจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในสารละลายซิน นอกจากนี้ยังใช้เคลือบผิวแก้วเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 3-5 เท่า

2.2.2 พอลิเมอร์ลิปิด (lipid films) พอลิเมอร์ลิปิดไม่นิยมขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มแต่นิยมใช้ในรูปแบบของสารละลายเคลือบบนผิวของอาหาร เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ในกรณีของผักและผลไม้ การเคลือบพอลิเมอร์ลิปิดนั้นมีความสำคัญเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำหนัก อันเนื่องมาจากความชื้นระเหยออกไป ช่วยชะลอความสุกและทำให้ผิวของผักและผลไม้เป็นมันวาวดูน่ารับประทาน อีกทั้งยังช่วยลดรอยขีดข่วนบนผิวของผลไม้ระหว่างการขนส่งอีกด้วย สารประกอบลิปิดหลายชนิด เช่น อะซิทิลเลทโมโนกลีเซอไรด์ แวกซ์และสารลดแรงตึงผิว (surfactant) สามารถผลิตเป็นสารเคลือบได้ ไซหรือแว็กซ์จากธรรมชาติชนิดต่าง ๆ เช่น ไซพาราฟิน (paraffin wax) ไซผึ้ง (bee wax) ไซรำข้าว (rice bran wax) และไซคาร์บูบา (camuba wax) เมื่อนำมาผลิตฟิล์มพบว่า มีคุณสมบัติต้านทานการซึมผ่านของความชื้นได้ดีมาก นิยมใช้เคลือบผักและผลไม้สด เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งตามธรรมชาติผักและผลไม้จะมีสารเคลือบผิว (cuticle) ที่ผลิตขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่ในระหว่างกระบวนการล้างทำความสะอาดสารเคลือบผิวดังกล่าวจะถูกชะล้างออกไปได้ง่าย การเคลือบพอลิเมอร์ลิปิดจะช่วยให้มีสารเคลือบผิวผักและผลไม้เพิ่มขึ้น จึงเก็บรักษาได้นานขึ้น ส่วนพอลิเมอร์ลิปิดอีกชนิดหนึ่งที่มีความนิยมนิยมใช้ คือ สารลดแรงตึงผิว ซึ่งมีส่วนช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) ที่ผิวหน้าของอาหาร เป็นการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์และลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ ช่วยป้องกันการเสื่อมเสียได้ โดยสารที่ให้ผลดีที่สุดคือ แอลกอฮอล์ที่มีกรดไขมันในโมเลกุล (fatty alcohol) และโมโนกลีเซอไรด์ (monoglycerides) โดยทั่วไปกรดไขมันและโพลีกลีเซอไรด์รวมถึงอนุพันธ์ นิยมใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และสารที่ช่วยในการกระจายตัว (dispersing agents) ในผลิตภัณฑ์อาหาร และเมื่อผลิตสารเคลือบที่รับประทานได้ก็ควรมีคุณสมบัติที่เหมาะสม เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวสูงและมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic properties) แอลกอฮอล์สายยาว อาทิเช่น สเตียริล แอลกอฮอล์ รวมถึงกรดไขมันสายยาว เช่น สเตียริก และปาล์มิติก นิยมใช้ผลิตสารเคลือบที่รับประทานได้ (Hagenmaier and Shaw, 1990) การปรับปรุงคุณสมบัติการต้านทานการซึมผ่านของความชื้นสามารถทำได้โดยการเพิ่มความยาวของสายไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้การใช้ฟิล์มจากโปรตีนหรือโพลีแซคคาไรด์ร่วมกับลิปิดจะทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้น

2.2.3 พอลิเมอร์ผสม (composite films) เป็นการรวมข้อดีของฟิล์มไฮโดรคอลลอยด์และลิปิดเข้าด้วยกัน และลดข้อเสียของฟิล์มแต่ละชนิดให้น้อยลง หากต้องการสมบัติการต้านทานการซึมผ่านไอน้ำหรือความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบที่เป็นลิปิดจะช่วยให้ฟิล์มมีสมบัติดังกล่าว ในขณะที่องค์ประกอบที่เป็นคอลลอยด์จะช่วยในเรื่องความทนทานของฟิล์ม ที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มผสมระหว่างไฮโดรคอลลอยด์และลิปิดอยู่มาก ในปี 1990 Krochta et al ศึกษาฟิล์มผสมระหว่างเคยซีนและอะซิทิลเลทโมโนกลีเซอไรด์ ฟิล์มชนิดนี้สามารถเคลือบผักและผลไม้ได้ นอกจากนี้ ยังมีฟิล์มผสมระหว่างกัมอาคาเซีย (gum acacia) กับกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (glycerolmonostearate) พบว่า ฟิล์มมีสมบัติต้านทานไอน้ำได้ดี (Martin-Polo and Voilley, 1990)

2.3 สารปรุงแต่งในฟิล์ม (Film additives)

หน้าที่และคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มที่รับประทานได้ อาจมีการเปลี่ยนแปลงหากมีการเติมสารเคมีลงไป ในปริมาณเล็กน้อย สารที่นิยมเติมลงไปเรียกว่า สารพลาสติกไซเซอร์ (plasticizers) สารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับสารโพลิเมอร์ที่ใช้ผลิตฟิล์ม โดยมีหน้าที่ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของสารโพลิเมอร์ที่อยู่ติดกันอ่อนลง เป็นผลให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) ลดลง ฟิล์มจะมีความยืดหยุ่นมากขึ้นและช่วยปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์ม แต่อย่างไรก็ตามการเติมสารพลาสติกไซเซอร์จะมีผลต่อคุณสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของสารต่าง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของสารพลาสติกไซเซอร์ ซึ่งอาจมีผลปรับปรุงหรือลดประสิทธิภาพในการต้านทานการซึมผ่านของฟิล์ม สารพลาสติกไซเซอร์ส่วนใหญ่เป็นสารโพลีออล (polyol) ซึ่งมีผลทำลายพันธะไฮโดรเจนของสารโพลิเมอร์ จึงมีแนวโน้มทำให้ค่าการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor permeability, WVP) ของฟิล์มเพิ่มขึ้น และค่าการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (oxygen permeability) มีค่าต่ำมากที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ๆ (McHugh and Krochta, 1994) สารพลาสติกไซเซอร์จะไม่ให้กลิ่นรสหรือให้กลิ่นรสน้อยมาก และจะต้องเป็นสารที่ได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการอาหารและยา (FDA) โดยมีการพิสูจน์และยอมรับแล้วว่าไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคทั้งในระยะเฉียบพลันและระยะยาว

สารพลาสติกไซเซอร์ที่นิยมใช้กับฟิล์มที่รับประทานได้มีหลายประเภท ได้แก่ โมโน, ได หรือโอลิโกแซคคาไรด์ โพลีออล และลิปิดหรืออนุพันธ์ของลิปิด สำหรับสารโพลีออลหรือโพลีไฮดริกแอลกอฮอล์ เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาล ซึ่งหมู่คีโตนหรืออัลดีไฮด์ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล การนำโพลีออลมาใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์ในฟิล์มที่รับประทานได้มีหลายชนิด ได้แก่

กลีเซอรอล (glycerol) หรือกลีเซอริน (glycerine) เป็นโพลิเมอร์ที่มีคาร์บอน 3 อะตอม มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_3H_8O_3$ โครงสร้างโมเลกุลดังรูปที่ 2.1(a) กลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้จากการผลิตสบู่อและกรดไขมัน เป็นของเหลวที่มีความหนืด มีรสหวานเป็น 0.6 เท่าของน้ำตาล สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำและแอลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ดีมาก ดูดความชื้นจากอากาศได้ปานกลาง นอกจากนี้ซอร์บิทอล (sorbitol) เป็นสารโพลีออลอีกชนิดหนึ่งมีคาร์บอน 6 อะตอมและมีโครงสร้างโมเลกุลดังรูปที่ 2.2 (b) พบได้ในผักและผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล แพร์ เชอร์รี่ เป็นต้น ในทางการค้า ผลิตจากการเร่งปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนของกลูโคสซึ่งได้จากการย่อยสแตร์ช ด้วยเอนไซม์ ซอร์บิทอลมีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาลครึ่งหนึ่ง ละลายน้ำได้ดีแต่ละลายในน้ำมันได้ไม่มากนัก



รูปที่ 2.1 (a) โครงสร้างของกลีเซอรอล

(b) โครงสร้างของซอร์บิทอล

ที่มา: ประภาพร แซ่หลิม (2543)

โพลีเอทิลีนไกลคอล (polyethylene glycol) มีสูตรทั่วไปคือ $H(OCH_2CH_2)_nOH$ ค่า n มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 4 เป็นโพลีออลอีกชนิดหนึ่งที่มีความนิยมนำมาใช้กับฟิล์มที่รับประทานได้ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวหรืออยู่ในรูปของของเหลวใส ชันเหนียว สามารถละลายน้ำได้

สารในกลุ่มโพลีออลเมื่อนำมาใช้ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้นั้น นิยมใช้วิธีการละลายในตัวทำละลายพร้อมกับโพลิเมอร์ที่ใช้ผลิตฟิล์ม ระหว่างการละลายมีการกวนผสมพร้อมทั้งให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม โพลีออลแต่ละชนิดจะให้ผลแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีและชนิดของโพลิเมอร์ที่ใช้ผลิตฟิล์ม นอกจากนี้ความเข้มข้นของโพลีออลยังมีผลต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มอีกด้วย

Park et al (1993) ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอรัทต่อฟิล์มเมทิลเซลลูโลสและฟิล์มไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส โดยใช้พลาสติกไซเซอรัท 3 ชนิด คือ โพลีเอทิลีนไกลคอล โพรพิลีนไกลคอล และกลีเซอรอล ที่ความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0.17, 0.33, 0.50 และ 0.66 มิลลิลิตรต่อกรัมเซลลูโลส พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อความเข้มข้นของพลาสติกไซเซออร์เพิ่มขึ้น ค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มลดลง และค่าการยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของโพรพิลีนไกลคอล ค่าการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนของฟิล์มทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้น ส่วนโพลีเอทิลีนไกลคอลที่ความเข้มข้น 0.33 มิลลิลิตรต่อกรัมเซลลูโลส ทำให้คุณสมบัติทั้งสองมีค่าสูงที่สุด สำหรับกลีเซอรอลค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นแต่เมื่อค่าความเข้มข้นสูงกว่า 0.33 มิลลิลิตรต่อกรัมเซลลูโลส พบว่า ค่าการซึมผ่านไอน้ำลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า ความเข้มข้นของกลีเซอรอลไม่มีผลต่อค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์มทั้งสองชนิด

McHugh and Krochta (1994) ศึกษาผลของพลาสติกไซเซออร์ต่อการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มเวียโปรตีน โดยใช้พลาสติกไซเซออร์ 3 ชนิด คือ โพลีเอทิลีนไกลคอล กลีเซอรอลและซอร์บิทอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 37.5 และ 50 ของน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในสารละลาย พบว่า ที่ความเข้มข้นของพลาสติกไซเซออร์เท่ากัน ฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์มีค่าการซึมผ่านไอน้ำต่ำกว่าพลาสติกไซเซออร์ชนิดอื่น ๆ และกรณีที่เป็นพลาสติกไซเซออร์ชนิดเดียวกัน การเพิ่มความเข้มข้นของพลาสติกไซเซออร์พบว่า ค่าการซึมผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้น

Gennadios et al (1996) ศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มที่เตรียมจากโปรตีนไข่ขาว (egg albumin) ซึ่งผสมกลีเซอรอลร้อยละ 30 40 และ 50 หรือโพลีเอทิลีนไกลคอลหรือซอร์บิทอลร้อยละ 50 และ 60 โดยน้ำหนักของโปรตีน พบว่า ฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลร้อยละ 50 มีค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำที่สุด ฟิล์มที่ใช้โพลีเอทิลีนไกลคอลมีค่าการยืดตัวสูงที่สุด และฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลมีค่าความต้านทานแรงดึงขาดต่ำที่สุด

นอกจากสารในกลุ่มของโพลีออลแล้วยังมีสารประเภทลิปิดที่ใช้เป็นสารพลาสติกไซเซออร์ ได้แก่ กรดไขมัน ซึ่งตามธรรมชาติจะอยู่ในรูปที่เป็นองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์ในไขมันและน้ำมัน ที่พบในรูปของกรดไขมันอิสระมีน้อย การเติมกรดไขมันในสารละลายฟิล์มมีผลต่อการซึมผ่านของสารต่าง ๆ ผ่านแผ่นฟิล์ม Park et al (1994) ศึกษาผลของฟิล์มระหว่างเมทิลเซลลูโลสและซีซีที่มีการเติมกรดไขมัน พบว่าความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำลดลงเมื่อความยาวของสายไซและเพิ่มความเข้มข้นของกรดไขมันเพิ่มขึ้น ค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มมีค่าสูงที่สุดเมื่อเติมกรดลอริก ร้อยละ 30 และค่าการยืดตัวของแผ่นฟิล์มแปรผกผันกับค่าการต้านทานแรงดึงขาด

ในการเตรียมฟิล์มบางชนิด นอกจากจะใช้สารพลาสติกไซเซออร์อาจจำเป็นต้องใช้สารให้ความชุ่มชื้น (wetting agent) เพื่อช่วยให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ฟิล์มที่ได้มีความสม่ำเสมอ หรืออาจใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ เพื่อให้เกิดความคงตัวของฟิล์มอิมัลชัน แต่อย่างไรก็ตาม การเติมสารทั้งสองชนิดมีผลทำให้สารหรือตัวถูกละลายบางชนิดเคลื่อนที่ผ่านแผ่นฟิล์มที่เตรียมไว้ได้มากขึ้น นอกจากนี้อาจเติมสารอื่น ๆ ลงไปในสาร

ละลายฟิล์มเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่ออาหารที่เคลือบฟิล์มโดยตรง เช่น สารกันหืน (antioxidant) สารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (antimicrobial) สารแต่งกลิ่นรส สีสผสมอาหาร หรือสารที่มีคุณค่าทางอาหาร เช่น วิตามิน เป็นต้น แต่การเติมสารต่าง ๆ เหล่านี้ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของสารเจือปนเหล่านั้นด้วย เพราะอาจทำให้ฟิล์มลดความสามารถในการต้านทานไอรระเหย ก๊าซหรือสารอื่น ๆ นอกจากนั้น อิทธิพลของสารเจือปนที่มีต่อคุณสมบัติของฟิล์ม ยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารเจือปนที่ใช้ โครงสร้างทางเคมีและประสิทธิภาพในการกระจายตัวของสารในแผ่นฟิล์มด้วย (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2535)

2.4 การเกิดฟิล์ม (Film formation)

ฟิล์มที่รับประทานได้เกิดจากการละลายหรือกระจายตัวของโพลิเมอร์ที่สามารถเกิดฟิล์มได้รวมทั้งสารปรุงแต่งต่าง ๆ โดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม กลไกการเกิดฟิล์มอาจทำได้ 2 วิธี คือ

2.4.1 วิธีการใช้ความร้อน เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายฟิล์มจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่โครงสร้างของโพลิเมอร์ที่นำมาผลิตฟิล์ม เช่น ในส่วนของโกลบูลาร์โปรตีน (globular protein) ซึ่งมีหมู่ของไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) ที่ไม่ละลายน้ำและจะฝังตัวอยู่ด้านในของโมเลกุล เมื่อได้รับความร้อนที่เหมาะสมทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพบางส่วน (partially denature) เป็นผลให้หมู่ไฮโดรโฟบิกเคลื่อนที่ออกมาอยู่ด้านนอกโมเลกุล จึงทำให้โปรตีนละลายน้อยลง และเกิดการรวมตัวเป็นกลุ่มโปรตีนโดยพันธะไฮโดรเจนและพันธะไดซัลไฟด์ (Kohyama, 1995) ส่วนคาร์โบไฮเดรตจะเกิดเจลาติไนส์ (gelatinization) เมื่อได้รับความร้อนและเกิดเป็นโครงร่างแหได้ด้วยพันธะเชื่อมข้าม (cross link) ซึ่งในกรณีของการใช้พลาสติกไฮเซออร์จะพบว่าสารพลาสติกไฮเซออร์แทรกตัวอยู่ระหว่างสายโพลิเมอร์ที่เกิดการเชื่อมข้ามนี้ จึงส่งผลให้ฟิล์มเกิดความยืดหยุ่นและมีความอ่อนตัว

2.4.2 วิธีการใช้เอนไซม์ เอนไซม์ที่ใช้ ได้แก่ เอนไซม์ทรานสกลูตามิเนส (transglutaminase) ฟิล์มที่ผลิตจากโปรตีนเคซีน ซึ่งมีส่วนประกอบของกลูตามิเนส (glutaminase) และไลซีน (lysine) เมื่อทำปฏิกิริยากับเอนไซม์จะเกิดการสร้างพันธะและเกิดโครงร่างแห ทำให้เกิดลักษณะฟิล์มขึ้น

เมื่อโพลิเมอร์ต่าง ๆ ละลายหรือกระจายตัวในตัวทำละลายและเกิดลักษณะฟิล์มขึ้นแล้วจะใช้วิธีต่าง ๆ ในการแยกสารนั้นออกจากตัวทำละลาย เช่น การปรับความเป็นกรดเบส หรือการเปลี่ยนแปลงค่า pH ซึ่งเรียกว่า โคแอกเซอเวชัน (coacervation) วิธีนี้เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมทางยา โดยเฉพาะการเคลือบเม็ดแคปซูล แต่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารน้อยมาก ในกรณีที่โพลิเมอร์ที่สามารถเกิดฟิล์มได้กระจายตัวอยู่ในสารละลาย อาจกำจัดตัวทำละลายออก (solvent removal) เพื่อให้ฟิล์มแข็งตัว โดยการระเหยตัวทำละลายอัตราและอุณหภูมิของการทำแห้งจะมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มที่ได้ นอกจากนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจทำให้สารละลายฟิล์มแข็งตัวด้วยความเย็น (solidification of melt) ซึ่งเป็นเทคนิคทั่วไปในการเตรียมฟิล์มลิปิด และเช่นเดียวกันอัตราการทำให้เย็นจะมีผลต่อโครงสร้างผลึกของแผ่นฟิล์มที่ได้ นอกจากนี้คุณสมบัติการต้านทานไอน้ำและออกซิเจนของฟิล์มลิปิดที่ผ่านกระบวนการมาแล้วยังมีการเปลี่ยนแปลงได้อีกขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

การเตรียมฟิล์มจะมีแรง 2 ชนิดที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ แรงโคฮีชัน (cohesion) และแรงแอดฮีชัน (adhesion) สำหรับแรงโคฮีชันเป็นแรงระหว่างโมเลกุลของโพลิเมอร์ เกิดขึ้นระหว่างการเกิดฟิล์มทำให้เกิดการเชื่อมข้ามระหว่างผิววัตถุเดียวกัน สร้างพันธะที่แข็งแรงป้องกันการแยกออกจากกัน ปัจจัยที่มีผลต่อแรงโคฮีชัน ได้แก่ โครงสร้างของโพลิเมอร์ รวมถึงการแกว่งกิ่งก้านสาขาและการกระจายของกลุ่มที่มีขั้วอย่างมีระเบียบในสายโพลิเมอร์ จะช่วยให้เกิดพันธะไฮโดรเจนและพันธะไดอานิกระหว่างสายโซ่ทำให้มีความแข็งแรง การละลายของโพลิเมอร์ในการเตรียมฟิล์มยังมีผลต่อแรงโคฮีชัน คือ ถ้าโมเลกุลของโพลิเมอร์ละลายหรือขยายตัวได้มากที่สุด จะได้โครงสร้างซึ่งเชื่อมกันด้วยแรงโคฮีชันที่มาก ฟิล์มจะมีความแข็งแรง ส่วนสภาวะในการเตรียมฟิล์มควรเตรียมฟิล์มโดยใช้สารละลายที่อุ่นและขณะทำแห้งต้องให้ความร้อนที่เหมาะสม หากใช้ความร้อนสูงเกินไป จะทำให้อัตราการระเหยตัวทำละลายเร็วเกินไป โมเลกุลของโพลิเมอร์ถูกตรึงก่อนที่จะเชื่อมกันอย่างสมบูรณ์ ทำให้เกิดรูเข็ม (pinholes) ระดับของแรงโคฮีชันมีผลต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์ม ได้แก่ ความหนาแน่น ความโปร่งเป็นรูพรุน (porosity) ความสามารถในการซึมผ่าน (permeability) ความยืดหยุ่น (flexibility) และความเปราะ เป็นต้น ส่วนแรงแอดฮีชัน เป็นแรงระหว่างโมเลกุลของโพลิเมอร์กับสารอื่น เช่น พลาสติกเซเซอร์ซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มเช่นกัน

2.5 วิธีการใช้ฟิล์มที่รับประทานได้กับผลิตภัณฑ์อาหาร (Film application)

จากเทคนิคการเกิดฟิล์มดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถนำฟิล์มมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายวิธี ดังนี้

2.5.1 การจุ่มหรือการชุบเคลือบ (dipping)

เป็นการเคลือบฟิล์มบนผิวของผลิตภัณฑ์อาหารโดยการจุ่มหรือชุบชิ้นอาหารลงในสารละลายฟิล์มภายหลังการจุ่มแล้วจะต้องกำจัดสารละลายฟิล์มส่วนเกินออกจากผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงทำแห้งหรือทำให้เกิดการแข็งตัว ในกรณีที่เป็นฟิล์มลิปิด วิธีการนี้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นผิวไม่สม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมเคลือบฟิล์มด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ผักและผลไม้

ที่ผ่านมา มีรายงานเกี่ยวกับการใช้สารเคลือบที่รับประทานได้กับผักและผลไม้ในระดับอุตสาหกรรม (Long, 1964; Newhall and Grierson, 1956; Van Doren, 1944) พบว่า การจุ่มผักผลไม้ลงในถังที่บรรจุสารเคลือบเหมาะสำหรับผลิตผลที่มีปริมาณน้อย ขั้นตอนเริ่มจากล้างผลิตผลที่ต้องการเคลือบและทำให้แห้ง จากนั้นจึงจุ่มลงในถังที่บรรจุสารเคลือบซึ่งอาจเป็นเรซินหรืออิมัลชัน ซึ่งในการจุ่มนั้นจะต้องทำให้เปียกทั่วถึง โดยไม่ต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการเคลือบเพื่อให้เกิดการห่อหุ้มที่ดี สำหรับวิธีการนี้จะได้ชั้นฟิล์มที่หนาหลังจากเคลือบแล้วจะล้างผลผลิตด้วยสายพานไปยังเครื่องเป่าลมร้อน หรืออาจทำแห้งที่อุณหภูมิปกติ ผลจากการจุ่มผลผลิตลงในถังดังกล่าวหลายครั้ง ทำให้เกิดการสะสมของจุลินทรีย์ รวมทั้งเศษดินและสิ่งสกปรกที่ติดมากับผลผลิต จึงมีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยกรองเศษสิ่งสกปรกออกจากสารเคลือบ นอกจากนี้ก่อนการจุ่มผลผลิตลงในถัง ต้องทำให้ผิวของผลผลิตแห้งสนิทเพื่อป้องกันการเจือจางของสารเคลือบ

2.5.2 การทำให้เกิดฟอง (foaming)

สำหรับสารเคลือบที่เป็นอิมัลชันสามารถเคลือบผิวผลิตภัณฑในรูปของฟอง โดยการเติมสารที่ทำให้เกิดฟอง (foaming agent) ลงในสารละลายฟิล์ม หรือโดยการอัดอากาศที่ค่าความดันต่ำกว่า 35 กิโลปาสคาล เข้าไปในถังที่บรรจุอิมัลชัน และหยดโฟมที่ได้ลงบนผิวผลิตภัณฑที่เคลือบที่อยู่บนลูกกลิ้งหมุน อาจใช้แปรงหรือเครื่องพัดโบก ช่วยให้สารเคลือบกระจายตัวทั่วถึงและกำจัดสารเคลือบส่วนเกินออก ผิวของผลิตภัณฑที่เคลือบแล้วจะมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากผลิตภัณฑต้องกลิ้งไปมาบนลูกกลิ้ง เพื่อให้สารเคลือบกระจายตัว

2.5.3 การพ่นฝอย (spraying)

การพ่นฝอยเป็นการพ่นสารละลายฟิล์มในลักษณะของละอองขนาดเล็กลงบนผิวของผลิตภัณฑอาหาร ชั้นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบางและมีความสม่ำเสมอมากกว่าการจุ่ม อีกทั้งยังสามารถเคลือบผลิตภัณฑเพียงด้านใดด้านหนึ่งได้ เช่น การเคลือบฟิล์มบนผิวหน้าของแป้งพิชชาบริเวณที่สัมผัสกับหน้าพิชชา เป็นการป้องกันความชื้นจากหน้าพิชชาซึมผ่านไปยังชั้นแป้งมากเกินไป แต่ดั้งเดิมมา การพ่นฝอยเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการเคลือบผักและผลไม้ ในอดีตใช้การพ่นฝอยที่ความดันต่ำ ซึ่งปริมาณของสารละลายฟิล์มจะออกมาเยอะ ทำให้มีการกำจัดสารละลายฟิล์มส่วนเกินออกและวนนำกลับมาใช้ใหม่จึงเกิดปัญหาจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ สิ่งสกปรก และการเจือจางของสารละลายฟิล์ม ต่อมาจึงมีการพัฒนาใช้การพ่นฝอยที่ความดันสูงระหว่าง 414-553 กิโลปาสคาล ซึ่งปริมาณสารละลายฟิล์มน้อยลงแต่สามารถเคลือบได้อย่างทั่วถึงและไม่ต้องวนนำสารละลายฟิล์มส่วนเกินกลับมาใช้อีก (Grant and Burns, 1994) แต่อย่างไรก็ตาม ในการใช้งานต้องคำนึงถึงขนาดของหัวฉีด (nozzle) อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม (casting)

เป็นการผลิตฟิล์มโดยขึ้นรูปเป็นแผ่นก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งวิธีการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ วิธีเทสารละลายฟิล์มลงบนวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้เป็นแม่พิมพ์ (solvent casting) วิธีเอ็กทรูชัน (extrusion) และวิธีการทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง (drum drier) ในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มนั้นจะต้องควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม เพื่อไม่ให้ฟิล์มขึ้นรูปเร็วเกินไป ซึ่งอาจทำให้ฟิล์มมีผิวไม่สม่ำเสมอและผิวหน้าขรุขระ วิธีการนี้รวดเร็วและเป็นที่ต้องการในแง่อุตสาหกรรม

2.6 เมทิลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Methyl cellulose and Hydroxypropyl methylcellulose)

เมทิลเซลลูโลสเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่เตรียมได้โดยใช้เซลลูโลสทำปฏิกิริยากับสารละลายต่าง ๆ เช่น ไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 30-60% ซึ่งจะใช้เวลาไฮดรอกไซด์ 3 หน่วย ต่อแอนไฮโดรกลูโคส 1 หน่วย โมเลกุลของเซลลูโลสได้เป็นสารละลายเซลลูโลสในต่าง แล้วนำไปทำปฏิกิริยากับเมทิลคลอไรด์ ได้เป็นเมทิลเซลลูโลสอีเทอร์ ดังสมการ



เมทิลเซลลูโลสเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีสมบัติพิเศษต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น คือ จะเกิดเป็นเจลได้เมื่อได้รับความร้อนและจะกลับเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดเมื่อปล่อยให้เย็นลง ความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายได้รับความร้อน และจะเกิดเป็นเจลได้ที่อุณหภูมิประมาณ 50-55 องศาเซลเซียส ถ้ามีอิเล็กโทรไลต์ น้ำตาลซูโครส กลีเซอรอล และซอร์บิทอล ปนอยู่ด้วย จะทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลลดลง แต่เมื่อเติมเอทานอลหรือโพรพิลีนไกลคอลลงไป อุณหภูมิในการเกิดเจลจะสูงขึ้น ส่วนไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีสมบัติเกิดเป็นเจลได้เมื่อได้รับความร้อนและจะกลับเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดเมื่อปล่อยให้เย็นลง

เมทริลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลสมีสมบัติหลายประการคล้ายคลึงกัน ดังนี้

2.6.1 สมบัติเมื่อเป็นสารละลาย

เมทริลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลส เมื่อละลายน้ำ ให้สารละลายใส มีความหนืดและไหลได้เป็นสายต่อเนื่องกัน เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นหรือความหนืดสูงขึ้น จะแสดงพฤติกรรมกาวไหลแบบ Pseudoplastic คือ ความหนืดลดลงเมื่อเพิ่มอัตราการเขย่า โดยไม่ขึ้นกับเวลา แต่พฤติกรรมกาวไหลเข้าใกล้แบบนิวโตเนียน (Newtonian) มากขึ้นเมื่อสารละลายมีความหนืดและความเข้มข้นต่ำ

2.6.2 สมบัติการเกิดเจลเมื่อได้รับความร้อน

สารละลายเมทริลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลส สามารถเกิดเจลได้เมื่อได้รับความร้อนและเมื่อปล่อยให้เย็นกลับเป็นสารละลายที่มีความหนืดคงเดิม อุณหภูมิการเกิดเจลและความแน่นเนื้อของเจลขึ้นอยู่กับ ชนิดและปริมาณหมู่แทนที่ เช่น เมทริลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลส มีอุณหภูมิการเกิดเจลในช่วง 50-85 องศาเซลเซียส และความแข็งแรงของเจล (gel strength) มีลักษณะตั้งแต่เนื้อแน่นจนถึงอ่อนนุ่ม ความแข็งแรงของเจลในเมทริลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลส เมื่อปริมาณเมทอกซิลสูงขึ้น ความแข็งแรงของเจลมีมากขึ้น ลักษณะเนื้อจะแน่น ในทางกลับกันถ้าปริมาณไฮดรอกซีโพรพิลสูงขึ้น จะได้ลักษณะเนื้อเจลที่อ่อนนุ่ม

2.6.3 สมบัติเมื่อเป็นผงและฟิล์ม

เมทริลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลส มีสถานะเป็นของแข็ง มักบดเป็นผงขนาดอนุภาคเล็กกว่า 40 ไมครอน เพื่อให้ง่ายต่อการละลาย โพลีเมอร์ทั้งสองไม่ละลายในน้ำร้อน ละลายได้ในน้ำเย็น การละลายโดยไม่ทำให้ผงโพลีเมอร์นี้กระจายในน้ำอย่างทั่วถึงก่อน อาจทำให้ผงรวมกันเป็นก้อนและการละลายไม่สมบูรณ์ โดยทั่วไปควรโรยผงโพลีเมอร์ในน้ำร้อนอุณหภูมิสูงกว่าการเกิดเจลพร้อมทั้งกวน เพื่อให้กระจายในน้ำร้อนอย่างทั่วถึงแล้วจึงค่อย ๆ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง จะได้สารละลายใสและไม่เป็นก้อน

ฟิล์มเมทริลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลส มีความใส ไม่มีสี ไม่มีรสและกลิ่น มีความแข็งแรงสูง ผนึกด้วยความร้อนได้ แต่มีความยืดหยุ่นต่ำ ซึ่งสามารถปรับปรุงได้โดยการเติมพลาสติกไซเซอร์ ส่วนการต้านทานการซึมผ่านไอน้ำสามารถปรับปรุงได้โดยทำให้เกิดโครงร่างตาข่าย นอกจากนี้ฟิล์มทั้งสองชนิดนี้มีความต้านทานต่อน้ำมันและไขมันบางชนิดได้อีกด้วย

2.7 เพคติน (Pectin)

เพคตินเป็นโพลีแซคคาไรด์เชิงซ้อนที่พบในผนังเซลล์ของพืชชั้นสูง เป็นสารอาหารที่สำคัญและมีความสำคัญเกี่ยวกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เพราะมีคุณสมบัติในการเกิดเจลได้ เพคตินที่ใช้ในทางการค้ามาจากเปลือกของแอปเปิ้ลที่คั้นน้ำออกแล้วและเนื้อของผลไม้จำพวกส้ม แหล่งสำคัญของเพคตินอื่น ๆ ได้แก่ หัวบีทที่ใช้ทำน้ำตาล กากของส่วนหัวของเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น ปริมาณเพคตินในเนื้อเยื่อพืชบางชนิดแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณเพคตินในเนื้อเยื่อพืชบางชนิด

ชนิดของพืช	เปอร์เซ็นต์เพคติน
มันฝรั่ง	2.3
มะเขือเทศ	3.0
แอปเปิ้ล	5-7
แครอท	7-10
เทอร์นิพ	10
กากแอปเปิ้ลที่เหลือจากการคั้นน้ำ	15-18
Sugar beet pulp	25-30
เปลือกส้ม	30-40
เลมอน	30-35
เกรฟฟรุต	1.6-4.5

ที่มา: นิธิยา (2545)

เพคตินสามารถแบ่งกลุ่มได้โดยใช้ระดับการเอสเทอร์ไฟต์ (degree of esterification) ทำให้แบ่งเพคตินออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ เพคตินที่มีระดับการแทนที่ด้วยหมู่เมทิลสูง (High-methoxy pectin, HM) และเพคตินที่มีระดับการแทนที่ด้วยหมู่เมทิลต่ำ (Low-methoxy pectin, LM)

กลไกการเกิดเจลของเพคตินทั้ง 2 กลุ่มสามารถเกิดขึ้นได้ที่สายโพลีแซคคาไรด์มาต่อกันคล้ายกับการเกิดเจลของอัลจินต เจลของเพคตินชนิด HM สามารถคงตัวได้โดยพันธะไฮโดรโฟบิกของกลุ่มเมทิลเอสเทอร์ที่มากเกาะเกี่ยวกันพร้อมกับที่พันธะไฮโดรเจนก็มากเกาะเกี่ยวกัน การเกิดเจลของเพคตินชนิด HM จะมีความเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดต่างต่ำ เนื่องจากประจุบวกของกลุ่มคาร์บอกซิเลต การผลักกันของประจุบนสายโซ่ตรงจะลดลงและพันธะไฮโดรเจนจะมารวมตัวกันเพิ่มมากขึ้น ส่วนการเจลของเพคตินชนิด LM จะเกิดได้เมื่อมี divalent cation เช่น แคลเซียมไอออน จะเกิดการเชื่อมข้ามระหว่างอิเล็คตรอนคู่อิสระของกลุ่มคาร์บอกซิลของโมเลกุลเพคติน เจลที่เกิดขึ้นไม่จำเป็นต้องมีน้ำตาลและเกิดเจลได้ในช่วง pH กว้างกว่าเพคตินชนิด HM จึงทำให้เพคตินชนิด LM มีประโยชน์ในการทำแยมหรือเจลลี่ที่ให้พลังงานหรือแคลลอรี่ต่ำ

2.8 การทอด (Frying)

การทอดเป็นกรรมวิธีหนึ่งในการปรุงอาหารที่ได้รับความนิยม เนื่องจากเป็นวิธีการปรุงอาหารเพื่อให้เกิดกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวของอาหารทอด ซึ่งจะแตกต่างไปจากวิธีการปรุงอาหารแบบอื่น ๆ กระบวนการทอดระดับอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว นิยมใช้การทอดแบบที่เรียกว่า การทอดแบบน้ำมันท่วม (deep-fat frying) การถ่ายเทความร้อนในการทอดแบบน้ำมันท่วม เป็นทั้งการพาความร้อนในน้ำมันร้อน และการนำความร้อนสู่ภายในชิ้นอาหาร

2.8.1 กระบวนการทอด

ในกระบวนการทอด อุณหภูมิภายในชิ้นอาหารจะมีค่าต่ำกว่าจุดเดือดของของเหลวหรือสารละลายอื่น ๆ ที่มีในอาหาร เนื่องจากของเหลวส่วนใหญ่ที่มีในอาหารเป็นน้ำ จุดเดือดของของเหลวภายในชิ้นอาหารจึงใกล้เคียงกับจุดเดือดของน้ำ เมื่อกระบวนการทอดเริ่มขึ้น น้ำจำนวนมากจะระเหยโดยเริ่มตั้งแต่ชั้นเปลือกนอกของอาหาร ซึ่งสัมผัสกับน้ำมันร้อน นักวิทยาศาสตร์ได้แบ่งกระบวนการทอดออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.8.1.1 Initial heating ในขั้นตอนนี้เกิดขึ้นนาน 2-3 วินาที ผิวหน้าของชิ้นอาหารที่จุ่มอยู่ในน้ำมันที่ร้อน จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเท่ากับระดับจุดเดือดของของเหลว ลักษณะของการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำมันและชิ้นอาหารในช่วงเวลาสั้น ๆ นี้เนื่องมาจากการพาความร้อน และยังไม่มีการระเหยของน้ำปรากฏที่ผิวหน้าของอาหาร

2.8.1.2 Surface boiling การระเหยจะบ่งบอกถึงการเริ่มเดือดที่ชั้นผิวหน้า ลักษณะการพาความร้อนโดยธรรมชาติจะเปลี่ยนเป็นการพาความร้อนแบบออกแรงกระทำ (forced convection) เพราะเกิดความแปรปรวนอย่างมากในน้ำมันที่อยู่โดยรอบชิ้นอาหาร ในระหว่างขั้นตอนนี้ ผิวหน้าของอาหารจะเริ่มเกิดลักษณะแข็งเป็นเปลือกนอก (crust)

2.8.1.3 Falling rate สำหรับขั้นตอนนี้เกิดขึ้นนานช่วงเวลาหนึ่งเมื่อความชื้นจากภายในเริ่มออกจากชิ้นอาหารและอุณหภูมิภายในใจกลาง (core) สูงถึงจุดเดือดของของเหลว สมบัติทางเคมีกายภาพของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น การเกิดเจลาตินในตัวของแป้ง การสุกของอาหาร เป็นต้น ชั้นเปลือกนอกของอาหารจะหนามากขึ้น และหลังจากผ่านไประยะเวลาหนึ่งพร้อมกับความชื้นเคลื่อนที่ออกไปมาก จะพบว่าการถ่ายเทไอน้ำจะเริ่มลดลงที่ชั้นผิวหน้า

2.8.1.4 Bubble end-point หากทอดชิ้นอาหารต่อไปเป็นระยะเวลานาน อัตราของการเคลื่อนที่ของไอน้ำจะลดลง และฟองที่ออกจากผิวหน้าของอาหารจะลดลง ชั้นเปลือกนอกของอาหารจะเริ่มหนาและแข็งมากขึ้น

2.8.2 การถ่ายเทมวลในระหว่างการทอด

เมื่ออาหารถูกนำไปทอด จะมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างที่สำคัญเกิดขึ้นในน้ำมัน จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและทางเคมีของน้ำมัน เช่น ความหนืดของน้ำมันเพิ่มขึ้น ความตึงผิวของน้ำมันลดลงเมื่อถูกให้ความร้อนนานขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ปฏิกริยาออกซิเดชันและปฏิกริยาระหว่างน้ำมันกับน้ำรวมถึงส่วนประกอบอื่น ๆ ของอาหาร

การถ่ายเทมวลในระหว่างการทอดเกิดขึ้นในลักษณะที่มีการเคลื่อนที่ของน้ำมันเข้าไปในอาหารและน้ำภายในอาหารจะเคลื่อนที่ออกมาในรูปของไอน้ำไปยังน้ำมัน มีการทดลองมากมายรายงานว่า ปริมาณของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด และยังสัมพันธ์กับปริมาณของน้ำในอาหารด้วย ได้มีการแบ่งพื้นผิวของชิ้นอาหารทอดออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของผิวหน้าระหว่างอาหารกับน้ำมันที่ร้อน ส่วนของเปลือกชั้นนอกซึ่งเป็นรูพรุนและมีน้ำมันอยู่ (crust) และส่วนของใจกลางของชิ้นอาหาร (core) มีการทดลองใช้สีย้อม (dye) ที่ละลายได้ในน้ำมัน ศึกษาการแทรกซึมของน้ำมันที่ผ่านเข้าไปในชิ้นมันฝรั่งทอดพบว่า ชั้นที่น้ำมันแทรกซึมเข้าไบนั้น ไม่เกินเปลือกชั้นนอก ความลึกประมาณ 1-2 มิลลิเมตร น้ำมันที่ใช้ในการทอดจะเสื่อมเสียโดยถูกปนเปื้อนด้วยองค์ประกอบของอาหารและน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำ นอกจากนี้ น้ำมันยังถูกทำลายด้วยความร้อนและการดูดซึมออกซิเจนที่ผิวหน้าของน้ำมันที่สัมผัสกับอากาศ เมื่อมีการถ่ายเทมวลจะเป็นผลให้ผิวหน้าของอาหารทอดชุ่มไปด้วยน้ำมันที่มีการเสื่อมเสียระหว่างการทอดดังกล่าว

2.8.3 การดูดซึมน้ำมันในระหว่างการทอดแบบน้ำมันท่วม

น้ำมันที่ใช้ในการทอดซึ่งแทรกซึมไปในชิ้นอาหารทอดจะมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างไปจากองค์ประกอบอื่น ๆ ของอาหาร โดยทำให้เกิดกลิ่นรสและความรู้สึกลิ้นภายในปาก (smooth mouth feel) ช่วยทำให้อาหารมีรสอร่อยมากขึ้น กระบวนการผลิตอาหารจำนวนมากใช้การทอดแบบน้ำมันท่วม ปัจจัยที่สำคัญอย่าง

หนึ่งของผลิตภัณฑ์ คือ ปริมาณน้ำมันที่ดูดซึมในระหว่างกระบวนการทอด ปัจจุบันนี้ผู้บริโภคมีแนวโน้มต้องการผลิตภัณฑ์ที่ลดไขมัน แต่อย่างไรก็ตาม ในตลาดทุกระดับยังมีการขายผลิตภัณฑ์อาหารทอดที่มีปริมาณน้ำมันจำนวนมาก ถึงประมาณ 45% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด จะเห็นว่าอาหารประเภททอดยังคงได้รับความนิยมเป็นจำนวนมาก แม้การบริโภคไขมันและน้ำมันมากเกินไปจะเป็นสาเหตุของโรคภัยต่าง ๆ ก็ตามดังนั้นในระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมาจึงเริ่มมีแนวโน้มความต้องการให้ลดการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด แทนที่จะลดการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารทอด มีรายงานถึงปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด ดังนี้

2.8.3.1 คุณภาพและองค์ประกอบของน้ำมัน

การดูดซึมน้ำมันและการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการทอด จุดหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจกันมากคือ น้ำมันที่สกัดมาจากผลิตภัณฑ์ที่ทอดแล้วพบว่า มีปริมาณของโพลีเมอร์มากกว่าน้ำมันที่เหลืออยู่ในเครื่องทอด มีสารลดแรงตึงผิวหลายชนิดที่เกิดขึ้นในน้ำมันที่ร้อนอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารเหล่านี้จะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนที่ผิวหน้าระหว่างน้ำมันและอาหารแต่อย่างไรก็ตาม สารเหล่านี้เกิดขึ้นในปริมาณจำกัด โดยเฉพาะในน้ำมันใหม่จะเกิดขึ้นน้อยมาก

2.8.3.2 อุณหภูมิในการทอด ระยะเวลาในการทอด และรูปร่างของผลิตภัณฑ์

การเพิ่มอุณหภูมิในการทอดไม่ได้มีผลเสมอไป และระยะเวลาในการทอดก็ไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำมันในช่วง 155-200 องศาเซลเซียสอีกด้วย มีกระบวนการทอดแบบพิเศษ คือ ใช้ความดันสูงช่วยให้อาหารดูดซึมน้ำมันน้อยลง นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างผิวน้ำกับมวลของอาหารที่มีค่าสูง จะทำให้การดูดซึมน้ำมันลดลง ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสกับปริมาณน้ำมันที่ดูดซึมมีลักษณะเป็นเส้นตรง พื้นที่ผิวที่ขรุขระจะทำให้พื้นที่ผิวทั้งหมดเพิ่มขึ้นทำให้การดูดซึมน้ำมันมากขึ้น

2.8.3.3 ปริมาณความชื้น

มีการศึกษามากมายที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการทอด ซึ่งพบว่า จะเกิดการดูดซึมน้ำมันเมื่อความชื้นเคลื่อนที่ออกจากอาหารในระหว่างการทอด ยิ่งปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูงจะเป็นผลให้การดูดซึมน้ำมันมากยิ่งขึ้น การที่มีปริมาณความชื้นตั้งต้นต่ำคาดว่าจะทำให้มีปริมาตรภายในอาหารอยู่น้อย ซึ่งจะเป็นส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยน้ำมันในระหว่างการทอด และจะทำให้ระยะเวลาการทอดนั้นลดลง ในกรณีที่มีการใช้สารปรุงแต่งอาหารจะมีผลอย่างมากต่อการเก็บกักความชื้น

2.8.3.4 องค์ประกอบของอาหาร

สำหรับบางผลิตภัณฑ์ มีปริมาณไขมันเริ่มต้นอยู่สูง ส่วนมากจะเป็นไขมันที่ถูกดูดซึมเอาไว้ มักพบในอาหารประเภทพายและโดนัท แต่อย่างไรก็ตาม ในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น เนื้อและปลาจะให้ผลตรงข้าม การเติมโปรตีนถั่วเหลืองลงในโดนัทจะช่วยลดการดูดซึมน้ำมัน นอกจากนี้การใช้ผงเซลลูโลสและอนุพันธ์ยังช่วยลดการดูดซึมน้ำมันอีกด้วย มีรายงานว่าเมทิลเซลลูโลสให้ผลดีกว่าผงเซลลูโลสในการลดปริมาณน้ำมันในโดนัทและ falafel balls ส่วนประกอบที่เป็นไอออนิกในมันฝรั่งมีผลต่อการดูดซึมน้ำมันในระหว่างการทอด จากการใส่สารละลายโซเดียมคลอไรด์หรือแคลเซียมคลอไรด์ที่ร้อนกับมันฝรั่งก่อนจะนำไปทอดพบว่าช่วยลดการดูดซึมน้ำมันในระหว่างที่ทอดได้

2.8.3.5 กระบวนการก่อนการทอด

การลวกหรือการลดปริมาณความชื้นในอาหารก่อนที่จะนำไปทอดสามารถลดการดูดซึมน้ำมันได้ การล้างผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำมันผสมอิมัลชันไฟเออร์หรือการใช้น้ำมันทำให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ชุ่มชื้นและใช้ไอน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้งจะช่วยลดการดูดซึมน้ำมัน นอกจากนี้การแช่แข็งก่อนที่จะนำมันฝรั่งไปทอดสามารถลดการดูดซึมน้ำมันได้

2.8.3.6 Surface Treatments

ในบางการทดลองได้นำสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์มาเคลือบอาหารเพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำมันและในบางกรณีจะผสมไฮโดรคอลลอยด์ลงไปในแป้งเคลือบ (breading coating or batter) ส่วนการศึกษาอื่น ๆ มีการนำอะมิโลสมาเคลือบมันฝรั่งเพื่อดำเนินงานการดูดซึมน้ำมัน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำฟิล์มที่รับประทานได้เข้ามาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารทอด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินงานการซึมผ่านน้ำมันเป็นการลดการดูดซึมน้ำมันอีกแนวทางหนึ่ง

2.9 การประยุกต์ใช้ฟิล์มที่รับประทานได้กับผลิตภัณฑ์อาหารทอด

ที่ผ่านมานักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ทำการทดลองใช้ฟิล์มที่รับประทานได้ชนิดต่าง ๆ เคลือบอาหารก่อนการนำไปทอด ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์มที่รับประทานได้บางชนิดมีคุณสมบัติในการดำเนินงานการดูดซึมน้ำมันได้เป็นอย่างดี จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารทอด เพื่อเป็นวิธีลดการดูดซึมน้ำมันในระหว่างการทอดอาหารอีกแนวทางหนึ่ง

Olson และคณะ (US patent 4,588,503) ศึกษาวิธีการลดการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการขูดแป้งและคลุกเกล็ดขนมปัง โดยการใส่สารละลายฟิล์มที่ผลิตจากเจลาตินหรือสตาร์ช ความเข้มข้น 25-35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ เคลือบอาหารในปริมาณที่เหมาะสม ให้มีน้ำหนักของสารเคลือบต่ออาหาร 1 ชิ้น เท่ากับ 0.15-0.55 กรัม และทำแห้งสารเคลือบโดยใช้ลมร้อนอุณหภูมิ 121-371 องศาเซลเซียส เมื่อทำแห้งแล้วนำอาหารไปทอดในน้ำมันที่ร้อน นาน 15-40 วินาที พบว่าสามารถลดการดูดซึมน้ำมันได้ประมาณ 25-50 เปอร์เซ็นต์

Balasubramaniam และคณะ (1996) ศึกษาประสิทธิภาพของฟิล์มจากไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสในการเก็บกักความชื้นและลดปริมาณไขมัน โดยทำการทดสอบกับผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ 2 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 และ 47 มิลลิเมตร วิเคราะห์ปริมาณความชื้นและไขมันของชั้นผิวหน้า (crust) และเนื้อส่วนใน (core) ของลูกชิ้นไก่ที่เคลือบฟิล์มเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่ที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม หลังจากทอดแล้วพบว่า ปริมาณความชื้นของลูกชิ้นไก่เคลือบฟิล์มเพิ่มขึ้น 16.4 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณไขมันลดลง 33.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่ที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม

Huse และคณะ (1997) ประเมินผลของฟิล์มที่รับประทานได้ 4 ชนิด คือ ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส เมทิลเซลลูโลส โปรตีนข้าวโพดและอะไมโลส ที่มีต่อการยับยั้งการดูดซึมน้ำมันในระหว่างการทอดผลิตภัณฑ์อะคารา (Akara) และศึกษามลของวิธีการเคลือบฟิล์ม 2 วิธี คือ วิธีการพ่นฝอย (spraying) และการจุ่ม (dipping) พบว่า วิธีการเคลือบฟิล์มทั้ง 2 วิธีมีผลแนวโน้มเหมือนกัน คือ อะคาราที่เคลือบฟิล์มมีปริมาณความชื้นทั้งหมดมากกว่าและมีปริมาณไขมันน้อยกว่า อะคาราที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม และนอกจากนี้ยังพบว่า อะคาราที่เคลือบฟิล์มมีลักษณะชุ่มกว่า (soggy) และมีสีน้ำตาลอ่อนกว่า Akara ที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม

Rayner และคณะ (2000) ศึกษาผลของฟิล์มที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเหลือง 3 ชนิด คือ แป้งถั่วเหลืองไขมันต่ำ (Low fat soy flour, SPF) โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Soy protein concentrate ,SPC) และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy protein isolate ,SPI) และชนิดของสารพลาสติกไซเซอร์ 2 ชนิด คือ กลีเซอริน (glycerin) และ เจลแลน กัม (gellan gum) ที่มีต่อการลดการดูดซึมน้ำมันของผลิตภัณฑ์โดนัทและมันฝรั่งที่ทอดแบบน้ำมันท่วม Rayner และคณะ รายงานว่า โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 2 ชนิด คือ Ardex F และ Profam 981 เป็นสารละลายที่เกิดฟิล์มได้ เพราะประกอบด้วยโปรตีน 90 เปอร์เซ็นต์ หากใช้แป้งถั่วเหลืองที่มีโปรตีนเข้มข้นเพียง 46 เปอร์เซ็นต์ จะไม่เกิดฟิล์ม ส่วนโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น 3 ชนิด คือ Supro M57, Supro M9 และ Arcon S มีปริมาณโปรตีนอยู่มาก แต่เมื่อผลิตเป็นฟิล์มแล้วพบว่า ฟิล์มเปราะและไม่ยึดเกาะกับอาหารและเมื่อนำฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Ardex F และ Profam 981) ไปทดสอบเก็บที่อุณหภูมิต่ำ พบว่า โปรตีนถั่วเหลืองสกัดชนิด Profam 981 เกิดลักษณะเป็นเจล ในขณะที่ โปรตีนถั่วเหลืองสกัด ชนิด Ardex F ยังคงอยู่ในรูปสารละลาย ดังนั้นจึงใช้ฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองสกัดชนิด Ardex F ทดลองเคลือบกับผลิตภัณฑ์โดนัทและมันฝรั่ง เพื่อลดการดูดซึมน้ำมันในขณะทอด พร้อมกับทดสอบการใช้สารพลาสติกไซเซอร์ พบว่าฟิล์มโปรตีนถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกัด ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ลดปริมาณไขมันได้ 40.7 ± 17.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟิล์มที่ผสมกลีเซอริน 3 เปอร์เซ็นต์ ลดปริมาณไขมันได้ 54.4 ± 7.5 เปอร์เซ็นต์ และฟิล์มที่ผสมเจลาเลน กัม 0.05 เปอร์เซ็นต์ ลดปริมาณไขมันได้ 55.1 ± 6.0 เปอร์เซ็นต์

Holownia และคณะ (2000) ทดลองใช้ฟิล์มที่รับประทานได้ 2 ชนิด คือ ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสและเมทิลเซลลูโลสเคลือบผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ก่อนจะนำไปทอด โดยศึกษาผลของชนิดและตำแหน่งของฟิล์มที่รับประทานได้ ที่มีต่อการดูดซึมน้ำมันของไก่ทอดและวิเคราะห์การเสื่อมคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด โดยตำแหน่งของฟิล์มที่รับประทานได้มี 3 ตำแหน่งคือ เคลือบฟิล์มที่ชั้นเนื้อไก่ก่อนคลุกกับเกล็ดขนมปัง เคลือบฟิล์มหลังจากคลุกเกล็ดขนมปังและผสมผงฟิล์มในเกล็ดขนมปังและนำชิ้นเนื้อไก่มาคลุกก่อนนำไปทอด พบว่าเปลือกชั้นนอก (crust) ของเนื้อไก่ที่ทำการเคลือบฟิล์มก่อนจะคลุกเกล็ดขนมปังมีปริมาณไขมันสูงกว่าและปริมาณความชื้นต่ำกว่า และเมื่อทอดเนื้อไก่ที่เคลือบด้วยฟิล์มไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส พบว่า น้ำมันที่ใช้ทอดนั้นเสื่อมคุณภาพน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ใช้ทอดเนื้อไก่ที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม

Albert และ Mittal (2002) ทดลองเปรียบเทียบสมบัติการเกิดฟิล์ม ความเหมาะสมกับอาหารทอดและสมบัติการถ่ายเทน้ำและน้ำมันของสารไฮโดรคอลลอยด์ 11 ชนิด ซึ่งประกอบด้วยเจลาติน (gelatine) เจลาเลน กัม (gellan gum) คาราจีแนน (K-carrageenan-kinjac-blend) โลคัสบีน กัม (locust bean gum) เมทิลเซลลูโลส ไมโครคริสตัลลีน เซลลูโลส (microcrystalline cellulose) เพคติน โซเดียม เคซิเนท (sodium caseinate) โปรตีนถั่วเหลืองสกัด โปรตีนข้าวสาลี และโปรตีนเวย์สกัด (whey protein isolate) โดยศึกษาถึงผลที่เกิดขึ้นจากสูตรและวิธีการเตรียมฟิล์มแต่ละชนิด และศึกษาถึงการทนความร้อนบนผิวของผลิตภัณฑ์ของสารไฮโดรคอลลอยด์เหล่านี้ด้วย พบว่า ฟิล์มจากเจลาติน โปรตีนข้าวสาลีและโซเดียม เคซิเนท ไม่เหมาะสมในการเคลือบแบบชั้นเดียว ส่วนโปรตีนถั่วเหลืองสกัด โปรตีนเวย์สกัด และเมทิลเซลลูโลส เป็นสารที่ดีที่สุดสำหรับการเคลือบเพื่อลดการดูดซึมน้ำมันในระหว่างที่ทอด นอกจากนี้การศึกษาระหว่างการเคลือบแบบหลายชั้นซึ่งใช้สาร 2-3 ชนิดกับการเคลือบแบบชั้นเดียวแต่ผสมสารหลายชนิดเข้าด้วยกัน พบว่า การเคลือบแบบหลายชั้นจะทำให้ฟิล์มมีความหนามาก สารเคลือบที่ผสมระหว่าง โปรตีนถั่วเหลืองสกัดกับโปรตีนเวย์สกัด และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดกับโปรตีนเวย์สกัด ให้ค่า index value สูง (index value = reduction in fat uptake/decrease of water loss) และสามารถลดการดูดซึมน้ำมันได้ถึง 99.8 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกล้วยทอด

- 3.1.1 กล้วยน้ำว้า
- 3.1.2 แป้งข้าวเจ้า
- 3.1.3 แป้งสาลี
- 3.1.4 น้ำตาลทราย
- 3.1.5 น้ำปูนใส
- 3.1.6 เกลือ
- 3.1.7 มะพร้าวขูด
- 3.1.8 งาขาว
- 3.1.9 น้ำมันมะพร้าว

3.2 สารเคมีที่สำคัญ

- 3.2.1 แอลกอฮอล์ เข้มข้น 95%
- 3.2.2 แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride, food grade)
- 3.2.3 โพลีเอทิลีนไกลคอล (Polyethylene glycol, food grade)
- 3.2.4 เมทิลเซลลูโลส (Methylcellulose)
- 3.2.5 ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl methylcellulose)
- 3.2.6 เพคติน (Pectin)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 3.3.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 3.3.2 เครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Brookfield viscometer)
- 3.3.3 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtherm)
- 3.3.4 เครื่องทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม
- 3.3.5 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, Memmert)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 ศึกษาระดับความสุกที่เหมาะสมของกล้วยน้ำว้าที่นำมาผลิตกล้วยทอด

ใช้กล้วยน้ำว้าความแก่ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่มีระดับความสุกทั้งหมด 4 ระยะ คือ ระยะที่ 2, 3, 4 และ 5 โดยแบ่งระยะความสุกตามวิธีการของเบญจมาศ (2545)

โดยนำกล้วยน้ำว้าทั้ง 4 ระยะมาวิเคราะห์หองค์ประกอบดังนี้

3.5.1.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (1998)

3.5.1.2 วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar)

และนำกล้วยทั้ง 4 ระยะมาผลิตกล้วยทอด โดยเตรียมแป้งจากการผสมแป้งข้าวจ้าวและแป้งสาลีอย่างละ 50 กรัม เข้าด้วยกัน เติมน้ำมัน 5 กรัม ใช้ตะกร้อมือคนให้เข้ากัน ค่อย ๆ เติมน้ำปูนใส (อัตราส่วนปูนแดง:น้ำ เท่ากับ 0.5 กิโลกรัม:1 ลิตร) 60 กรัม พร้อมกับคนให้แป้งละลาย จากนั้นเติมน้ำสะอาด 60 กรัมและน้ำตาลทราย 70 กรัม คนส่วนผสมให้เข้ากันและเติมมะพร้าวขูด 100 กรัม โดยนวดเล็กน้อยแล้วจึงโรยงาขาว 20 กรัม เติมน้ำมันลงในเครื่องทอดให้ถึงระดับที่กำหนด ตั้งอุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส เมื่อถึงอุณหภูมิที่กำหนด ปอกเปลือกกล้วยและตัดหัวท้าย เชือนตามยาวโดยกล้วยน้ำว้า 1 ลูก แบ่งเป็น 3 ชิ้น แต่ละชิ้นหนาประมาณ 0.5-0.6 เซนติเมตร และยาวประมาณ 7-8 เซนติเมตร เมื่อตัดเป็นชิ้นแล้วนำกล้วยมาคลุกกับแป้งที่เตรียมไว้ให้ทั่วและนำไปทอดในน้ำมันนาน 8 นาที จากนั้นนำกล้วยขึ้นวางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำมันเป็นเวลา 2 นาที นำกล้วยทอดใส่ในถ้วยพลาสติก ปิดฉลากด้วยเลขสามหลัก (จากการสุ่ม)

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 30 คน ดำเนินการทดสอบโดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ในการทดสอบผู้ชิมประเมินผลในด้านเนื้อสัมผัส สี รสชาติและการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยรวม ซึ่งแบ่งได้ 5 ระดับ คือ 5 = ชอบมากที่สุด และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด (5-point hedonic scale)

3.5.2 ศึกษาผลของกรรมวิธีการเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ที่มีต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอด

เตรียมสารละลายฟิล์มเมทิลเซลลูโลสตามวิธีของ Park และ Chinnan (1995) โดยการเติมเมทิลเซลลูโลสลงในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส อย่างช้า ๆ ผสมให้ละลายเข้ากันและเติมแอลกอฮอล์ เข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ 200 มิลลิลิตร ผสมต่อไป หลังจากนั้นเติมโพลีเอทิลีน ไกลคอล 1 มิลลิลิตร ผสมและปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟลอยด์ ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

จากนั้นเตรียมแป้งเพื่อผลิตกล้วยทอดตามวิธีในข้อ 3.5.1 โดยเลือกกล้วยที่ระดับความสุกที่เหมาะสมที่สุด หั่นเป็นชิ้นโดยแต่ละชิ้นหนาประมาณ 0.5-0.6 เซนติเมตร และยาวประมาณ 7-8 เซนติเมตร ตัดแต่งให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า และนำกล้วยมาเคลือบด้วยฟิล์มจากเมทิลเซลลูโลส โดยการเคลือบฟิล์มแต่ละชนิดมี 4 วิธี คือ

วิธีที่ 1 (Coat Before Breeding, CBB) นำกล้วยที่หั่นเป็นชิ้นขนาดตามต้องการแล้วมาเคลือบฟิล์มโดยการจุ่มในสารละลายฟิล์ม 2-3 วินาที แล้วยกขึ้นวางบนตะแกรงเพื่อทำแห้ง จากนั้นจึงคลุกน้ำแป้งที่เตรียมไว้และทอดจนสุก

วิธีที่ 2 (Coat After Breeding, CAB) นำกล้วยที่หั่นเป็นชิ้นขนาดตามต้องการแล้วคลุกกับน้ำแป้งที่เตรียมไว้และนำไปทอด โดยการทอดแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ทอดเพียงเล็กน้อยและทอดจนสุก การทอดเพียงเล็กน้อยก่อนเพื่อให้แป้งแข็งตัวและเกาะติดกับชิ้นกล้วย จึงสามารถเคลือบฟิล์มได้ โดยนำกล้วยที่ทอด 2 นาที แล้วไปจุ่มในสารละลายฟิล์ม 2-3 วินาที แล้วยกขึ้นวางบนตะแกรงเพื่อทำแห้ง จากนั้นจึงทอดจนสุก

วิธีที่ 3 (Incorporate In Breeding, IIB) ผสมผงเมทิลเซลลูโลสลงในน้ำแป้งในอัตราส่วน 1:50 (w/w) ผสมให้เข้ากัน จากนั้นจึงนำกล้วยที่หั่นเป็นชิ้นขนาดตามต้องการแล้วมาคลุกน้ำแป้งและทอดจนสุก

วิธีที่ 4 (Control) ผลิตกล้วยทอดตามข้อ 3.5.1 ไม่มีการเคลือบฟิล์ม เป็นตัวอย่างควบคุม กล้วยทอดทั้ง 4 วิธี มาวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

3.5.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

นำกล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแต่ละชนิดที่ผ่านการทอดแล้วรวมทั้งตัวอย่างควบคุม ไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (1998)

3.5.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

นำกล้วยทอดที่ผ่านการหาความชื้นแล้วแต่ละชนิดรวมทั้งตัวอย่างควบคุมไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมันตามวิธี AOAC (1998) โดยแยกวิเคราะห์ระหว่างชั้นแป้งและกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยทอดทั้ง 4 แบบในด้านเนื้อสัมผัส สี รสชาติ และการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยรวม ใช้วิธีทดสอบแบบ 5- point hedonic scale

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองข้อ 3.5.2.1-3.5.2.2 โดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการทดลองข้อ 3.5.2.3 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' New Multiple Range Test ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3.5.3 ศึกษาผลของชนิดของฟิล์มที่รับประทานได้ที่มีต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอด

เลือกใช้กรรมวิธีการเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ที่ดูดซึมน้ำมันน้อยที่สุดจากข้อ 3.5.2 และใช้ฟิล์มทั้งหมด 3 ชนิด คือ ฟิล์มจากเมทิลเซลลูโลส ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสและเพคติน สำหรับกล้วยทอดที่ไม่มีการเคลือบฟิล์มใช้เป็นตัวอย่างควบคุม

เตรียมสารละลายฟิล์มเมทิลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสตามวิธีของ Park และ Chinnan (1995) โดยการเติมเมทิลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส 9 กรัม ลงในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส อย่างช้า ๆ ผสมให้ละลายเข้ากันและเติมแอลกอฮอล์เข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ 200 มิลลิลิตร ผสมต่อไป หลังจากนั้นจึงเติม โพลีเอทิลีน ไกลคอล 1 มิลลิลิตร ผสมและปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟลอยด์ ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

เตรียมสารละลายฟิล์มเพคตินตามวิธีของ Albert และ Mittal (2002) โดยผสมสารละลาย 2 ส่วน คือ ผสมเพคติน 4 กรัมกับน้ำดีไอออนไนซ์ (deionize) 90 กรัม และผสมแคลเซียมคลอไรด์ 0.1 กรัมกับน้ำกลั่น 15 กรัม ผสมสารละลายแต่ละส่วนโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียสพร้อมทั้งกวนผสมด้วยความเร็วสูงที่สุดจากนั้นจึงเทสารละลายทั้งสองรวมกัน ผสมให้เข้ากันอีกครั้ง

ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของสารละลายฟิล์มทั้ง 3 ชนิดโดยวัดความหนืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) คำนวณค่า Consistency coefficient (k , Pa. sⁿ) และค่า Flow behavior index (n) ของสารละลายฟิล์มทั้ง 3 ชนิด

เมื่อผลิตกล้วยทอดเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ทั้ง 3 ชนิด ด้วยกรรมวิธีการเคลือบที่เหมาะสม รวมทั้งผลิตกล้วยทอดที่เป็นตัวอย่างควบคุมแล้ว นำกล้วยทอดทั้ง 4 แบบ มาวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

3.5.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

นำกล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแต่ละชนิดที่ผ่านการทอดแล้วรวมทั้งตัวอย่างควบคุมไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

นำกล้วยทอดที่ผ่านการหาคความชื้นแล้วแต่ละชนิดรวมทั้งตัวอย่างควบคุมไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมันตามวิธี AOAC (1998) โดยแยกวิเคราะห์ระหว่างชั้นแป้งและกล้วย

3.5.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยทอดทั้ง 4 แบบในด้านเนื้อสัมผัส สี รสชาติ และการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยรวม ใช้วิธีทดสอบแบบ 5- point hedonic scale

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองข้อ 3.5.3.1-3.5.3.2 โดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการทดลองข้อ 3.5.3.3 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' New Multiple Range Test ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3.5.4 ศึกษาผลของปริมาณผงฟิล์มที่รับประทานได้ที่มีต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอด

ศึกษาโดยเตรียมกล้วยทอดและใช้ผงฟิล์มที่รับประทานได้ชนิดที่ดูดซึมน้ำมันน้อยที่สุดจากข้อ 3.5.3 ผสมลงในน้ำแป้งก่อนที่จะนำกล้วยมาคลุกและนำไปทอด ในการผสมปริมาณของผงฟิล์มที่รับประทานได้แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ อัตราส่วนระหว่างผงฟิล์มต่อน้ำแป้ง เท่ากับ 1:50, 2:50, 3:50, 4:50 (w/w) และไม่ผสมผงฟิล์มซึ่งใช้เป็นตัวอย่างควบคุม

นำกล้วยทอดมาวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

3.5.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

นำกล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแต่ละชนิดที่ผ่านการทอดแล้วรวมทั้งตัวอย่างควบคุมไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (1998)

3.5.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

นำกล้วยทอดที่ผ่านการหาคความชื้นแล้วแต่ละชนิดรวมทั้งตัวอย่างควบคุมไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมันตามวิธี AOAC (1998) โดยแยกวิเคราะห์ระหว่างชั้นแป้งและกล้วย

3.5.4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยทอด ในด้านเนื้อสัมผัส สี รสชาติ และการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยรวม ใช้วิธีทดสอบแบบ 5- point hedonic scale

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองข้อ 3.5.4.1-3.5.4.2 โดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการทดลองข้อ 3.5.4.3 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' New Multiple Range Test ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 ศึกษาผลของฟิล์มที่รับประทานได้ต่อการเสื่อมเสียของน้ำมันที่ใช้ในการทอด

เตรียมน้ำแข็งเพื่อผลิตกล้วยทอดตามวิธีในข้อ 3.5.1 โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 เตรียมน้ำแข็งตามวิธีในข้อ 3.5.1 และผสมผงฟิล์มที่รับประทานได้โดยใช้อัตราส่วนระหว่างผงฟิล์มต่อน้ำแข็งที่ให้ผลลดการดูดซึมน้ำมันได้ดีที่สุดจากข้อ 3.5.4

แบบที่ 2 เตรียมน้ำแข็งตามวิธีในข้อ 3.5.1 แต่ไม่ผสมผงฟิล์มที่รับประทานได้ โดยใช้เป็นตัวอย่างควบคุม

จากนั้นนำกล้วยที่หั่นเป็นชิ้นให้มีขนาดตามที่กำหนดไว้ในข้อ 3.5.1 มาชุบน้ำแข็งแต่ละแบบ และนำไปทอดในน้ำมันที่มีอุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที โดยกล้วยที่ชุบน้ำแข็งแต่ละแบบจะนำไปทอดแยกกัน ในการทอด 1 ครั้ง (batch) จะทอดกล้วยจำนวน 6 ชิ้น เมื่อทอดกล้วย 1 ครั้งจะเก็บตัวอย่างน้ำมันใส่หลอดทดลองฝาเกลียว พันพาราฟิล์มและนำไปวิเคราะห์ต่อไป สำหรับกล้วยทอดที่ชุบน้ำแข็งแต่ละแบบจะทอดทั้งหมด 10 ครั้งและเก็บตัวอย่างน้ำมันเพื่อนำไปวิเคราะห์ทุกครั้ง

นำตัวอย่างน้ำมันมาวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

3.5.5.1 การวิเคราะห์ค่า Free Fatty Acid ตามวิธี AOAC (1998)

3.5.5.2 การวิเคราะห์ค่า Peroxide Value ตามวิธี AOAC (1998)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ระดับความสุกที่เหมาะสมของกล้วยน้ำว้าที่นำมาผลิตกล้วยทอด

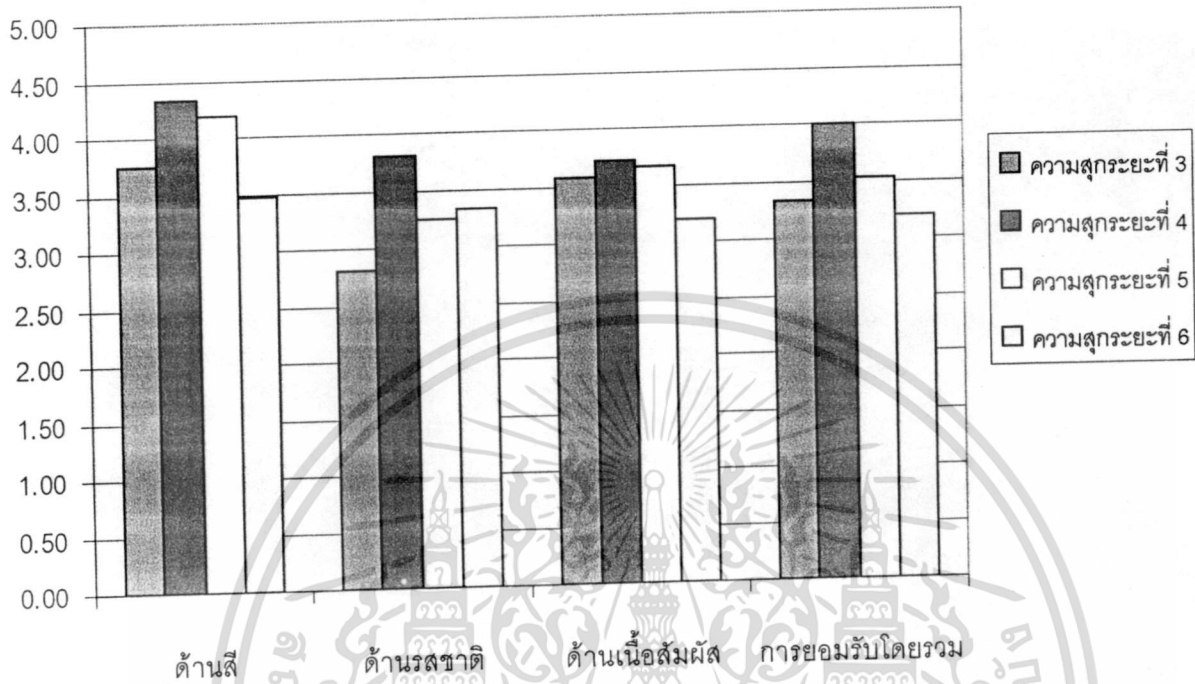
จากการทดลองนำกล้วยน้ำว้าระดับความแก่ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีระดับความสุก 4 ระยะ คือ ระยะที่ 3, 4, 5 และ 6 มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) พบว่า ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามระดับความสุกของกล้วย โดยกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกระยะที่ 3 มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดคือ 64.91 ± 0.78 เปอร์เซ็นต์ และกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกระยะที่ 6 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดคือ 68.24 ± 0.86 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระดับความสุกของกล้วยเช่นกัน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกต่าง ๆ

ระดับความสุกของกล้วยน้ำว้า	ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้น ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3	64.91 ± 0.78^c	3.93 ± 0.69^d
4	65.33 ± 0.27^c	7.65 ± 1.02^c
5	67.08 ± 0.34^b	10.33 ± 1.36^b
6	68.24 ± 0.86^a	12.47 ± 0.94^a

^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า กล้วยทอดที่ใช้กล้วยน้ำว้าระดับความสุกระยะที่ 4 ได้รับค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมมากที่สุด (รูปที่ 4.1) ในขณะที่กล้วยทอดที่ใช้กล้วยน้ำว้าระดับความสุกระยะที่ 3 และ 6 ได้รับค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมต่ำที่สุด นอกจากนี้ กล้วยทอดที่ใช้กล้วยน้ำว้าระดับความสุกที่ 3 มีรสฝาดมาก ทำให้ได้รับค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้านรสชาติต่ำที่สุด คือ 2.81 ± 1.03 คะแนน และจากผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส จึงเลือกกล้วยน้ำว้าระดับความสุกระยะที่ 4 เป็นระดับความสุกที่เหมาะสมที่สุดและนำไปใช้ผลิตกล้วยทอดในการทดลองขั้นต่อไป



รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดที่ผลิตจากกล้วยน้ำว้าระดับความสุกต่าง ๆ

5=ชอบมากที่สุด 4=ชอบ 3=เฉย ๆ 2=ไม่ชอบ 1=ไม่ชอบมากที่สุด

4.2 ผลของกรรมวิธีการเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอด จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันของกล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มเมทิลเซลลูโลส ด้วยกรรมวิธีการต่าง ๆ โดยแยกวิเคราะห์ระหว่างชั้นกล้วย (Core) กับชั้นแป้ง (Crust) ได้ผลดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์กักด้วยทอดที่เคลือบฟิล์มด้วยกรรมวิธีการต่าง ๆ

วิธีการเคลือบฟิล์ม	ค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			ค่าปริมาณไขมันเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			%การลดไขมัน	
	ชั้นกล้วย	ชั้นแป้ง	รวม	%การเพิ่มความชื้น	ชั้นกล้วย	ชั้นแป้ง		รวม
CBB	54.13±0.72 ^b	10.68±0.47 ^c	65.48±2.05 ^c	5.50	2.44±0.28 ^d	29.30±0.62 ^a	31.74±0.65 ^b	12.61
CAB	52.61±0.39 ^c	15.96±0.69 ^b	68.57±0.82 ^b	10.48	3.78±0.41 ^c	23.31±0.70 ^b	27.08±0.98 ^c	25.43
IIB	55.16±0.36 ^a	17.21±0.32 ^a	72.37±0.49 ^a	16.60	4.92±0.47 ^b	23.86±0.81 ^b	28.78±0.87 ^c	20.77
Control	51.09±0.86 ^d	10.98±0.82 ^c	62.07±1.08 ^d	-	7.20±0.88 ^a	29.12±0.78 ^a	36.32±1.14 ^a	-

a,b,c,d หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

CBB หมายถึง การเคลือบแบบวิธีที่ 1

CAB หมายถึง การเคลือบแบบวิธีที่ 2

IIB หมายถึง การเคลือบแบบวิธีที่ 3

Control หมายถึง การเคลือบแบบวิธีที่ 4

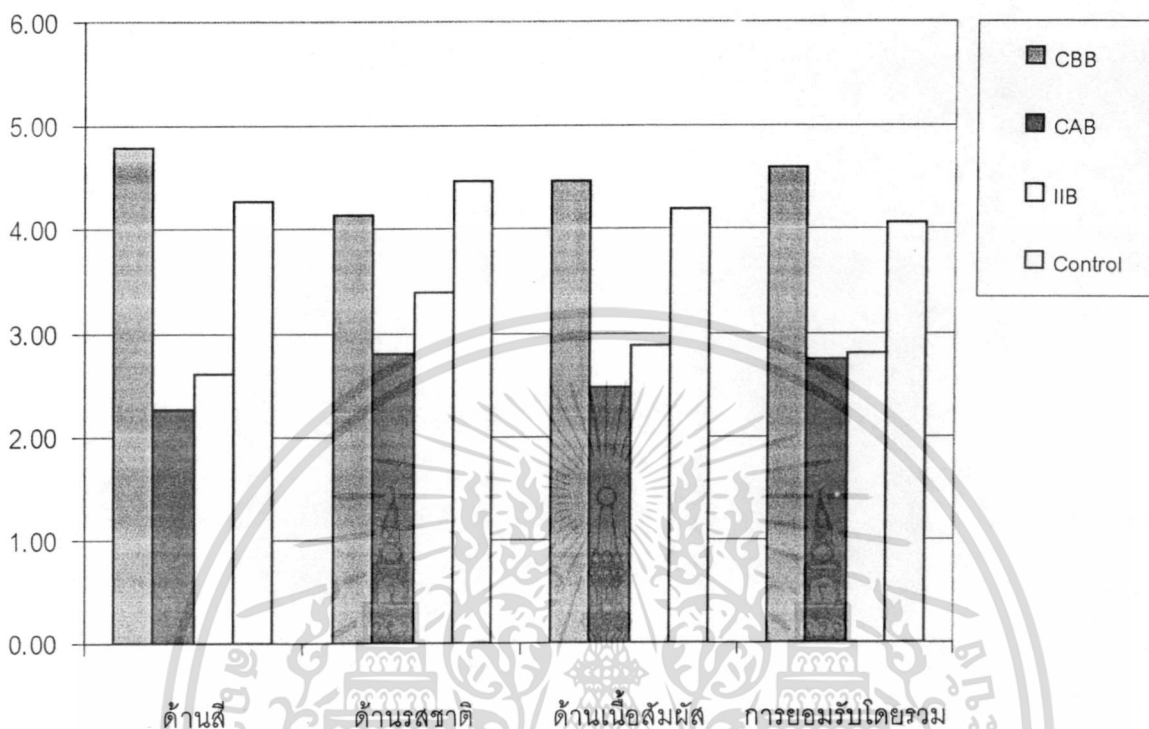
โดยในชั้นกล้วยของกล้วยทอดที่เป็นตัวอย่างควบคุม พบว่ามีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดและมีปริมาณไขมันมากที่สุด คือ 51.09 ± 0.86 เปอร์เซ็นต์ และ 7.20 ± 0.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ชั้นกล้วยของกล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแบบ IIB มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด รองลงมาคือ กล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแบบ CBB และกล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแบบ CAB ตามลำดับ สำหรับปริมาณไขมันพบว่า ในชั้นกล้วยของกล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแบบ CBB มีปริมาณไขมันต่ำที่สุด คือ 2.44 ± 0.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในชั้นแป้งพบว่า ชั้นแป้งของกล้วยทอดที่ไม่ได้เคลือบฟิล์มกับชั้นแป้งของกล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแบบ CBB มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดและมีปริมาณไขมันสูงที่สุด ส่วนชั้นแป้งของกล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแบบ IIB มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดและมีปริมาณไขมันต่ำที่สุด คือ 17.21 ± 0.32 เปอร์เซ็นต์ และ 23.86 ± 0.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการผสมผงฟิล์มเมทริลเซลลูโลสลงในน้ำแป้ง มีส่วนช่วยให้ชั้นแป้งมีการเก็บกักความชื้นไว้ได้มากกว่า ทำให้การดูดซึมน้ำมันลดลง จึงมีปริมาณไขมันต่ำกว่ากล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มด้วยวิธีอื่น ๆ

เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า ในการเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ ไม่ว่าจะเคลือบฟิล์มด้วยกรรมวิธีการใด ๆ ก็ตาม สามารถเพิ่มปริมาณความชื้นและลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอดได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งการเคลือบฟิล์มแบบ IIB เป็นวิธีที่มีค่าการเพิ่มปริมาณความชื้นสูงที่สุด คือ 16.60 เปอร์เซ็นต์ และการเคลือบฟิล์มแบบ CAB เป็นวิธีที่มีค่าการลดปริมาณไขมันสูงที่สุด คือ 25.43 เปอร์เซ็นต์

แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการเคลือบฟิล์มด้วยกรรมวิธีการต่าง ๆ จะมีแนวโน้มทำให้มีการดูดซึมน้ำมันลดลง แต่การนำฟิล์มเมทริลเซลลูโลสมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์กล้วยทอดด้วยกรรมวิธีการต่าง ๆ นั้นล้วนมีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดแตกต่างกันไป การเคลือบฟิล์มบางวิธีเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยทอดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในขณะที่การเคลือบฟิล์มบางวิธีไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยทอดและไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคแม้จะมีสมบัติในการลดการดูดซึมน้ำมันได้มากก็ตาม

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า กล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแบบ CAB และ IIB ได้รับค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบในทุก ๆ ด้านต่ำที่สุดรวมทั้งการยอมรับโดยรวม กล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแบบ CAB มีลักษณะของสีไม่น่ารับประทาน โดยแป้งบางส่วนมีสีอ่อนมาก บางส่วนมีสีคล้ำและไหม้ นอกจากนี้ยังมองเห็นลักษณะของฟิล์มเป็นแผ่นบางใสเคลือบอยู่โดยรอบชั้นกล้วยทอด ส่วนกล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแบบ IIB มีลักษณะแป้งไม่กรอบและนิ่มเกินไป นอกจากนี้แป้งยังมีสีอ่อนกว่ากล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มด้วยวิธีอื่น ๆ ซึ่งใช้เวลาในการทอดเท่ากัน ทำให้กล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มทั้ง 2 วิธีไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค (รูปที่ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มด้วยกรรมวิธีการต่าง ๆ
5=ชอบมากที่สุด 4=ชอบ 3=เฉย ๆ 2=ไม่ชอบ 1=ไม่ชอบมากที่สุด

จากรูปที่ 4.2 พบว่า กล้วยทอดที่เคลือบฟิล์มแบบ CBB ได้รับค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบในทุกด้านรวมถึงการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกกรรมวิธีการเคลือบฟิล์มแบบ CBB เป็นวิธีที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์กล้วยทอดมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของชนิดของฟิล์มที่รับประทานได้ต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอด

ในขั้นตอนนี้ทำการศึกษาผลของฟิล์มที่รับประทานได้ 3 ชนิด คือ ฟิล์มจากเมทิลเซลลูโลส ฟิล์มจากไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส และฟิล์มจากเพคติน ที่มีต่อการลดการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอด จากการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของสารละลายฟิล์มทั้ง 3 ชนิดโดยวัดความหนืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) และคำนวณค่า Consistency coefficient (k , Pa. sⁿ) และค่า Flow behavior index (n) ของสารละลายฟิล์มทั้ง 3 ชนิดได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพของสารละลายฟิล์ม ที่ 25 องศาเซลเซียส

ชนิดของฟิล์ม	Flow behavior index (n)	Consistency coefficient (k , Pa. s ⁿ)
Methylcellulose (MC)	1.00	0.72
Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)	1.00	0.82
Pectin	1.00	0.64

การทดลองในขั้นตอนนี้ เลือกกรรมวิธีการเคลือบฟิล์มแบบ CBB ในการศึกษา แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองในเบื้องต้น พบว่า กล้วยทอดที่ผลิตจากการผสมผงเพคตินลงในน้ำแป้งนั้นเป็นกล้วยทอดที่มีคุณลักษณะน่ารับประทานเช่นกัน ดังนั้นในการทดลองขั้นตอนที่ 3 จึงเพิ่มกรณีการใช้ฟิล์มจากเพคตินด้วยวิธีผสมลงในน้ำแป้ง (Pectin-IIB) ในการทดลองครั้งนี้ด้วย

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมัน โดยแยกวิเคราะห์ระหว่างชั้นกล้วย (Core) กับชั้นแป้ง (Crust) ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์กักขังที่เคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่าง ๆ

ชนิดของฟิล์ม	ค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			ค่าปริมาณไขมันเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			%การลด ไขมัน	
	ชั้นกล้วย	ชั้นแป้ง	รวม	%การเพิ่ม ความชื้น	ชั้นกล้วย	ชั้นแป้ง		รวม
HPMC-CBB	44.13±0.94 ^{ab}	19.50±0.48 ^a	63.63±1.33 ^a	13.09	4.18±0.53 ^c	24.82±2.08 ^a	28.99±1.96 ^c	9.10
MC-CBB	44.86±1.30 ^a	18.03±0.86 ^b	62.88±2.11 ^b	11.76	4.04±0.45 ^c	25.20±2.39 ^a	28.74±3.49 ^c	9.88
Pectin-CBB	43.01±1.16 ^{bc}	18.18±0.87 ^b	61.20±1.04 ^c	8.77	4.19±0.50 ^c	24.99±1.78 ^a	29.18±1.94 ^b	8.50
Pectin-IIB	42.08±0.46 ^{cd}	20.44±0.92 ^a	62.51±0.52 ^b	11.10	5.42±0.40 ^b	17.54±1.47 ^b	22.96±1.65 ^d	28.01
Control	41.12±0.67 ^d	15.15±0.78 ^d	56.26±0.39 ^d	-	6.29±0.50 ^a	25.77±1.30 ^a	31.89±0.76 ^a	-

^{a,b,c,d} หมายถึง มีตัวอักษรต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

HPMC-CBB หมายถึง การเคลือบฟิล์มไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสด้วยวิธี CBB

MC-CBB หมายถึง การเคลือบฟิล์มเมทิลเซลลูโลสด้วยวิธี CBB

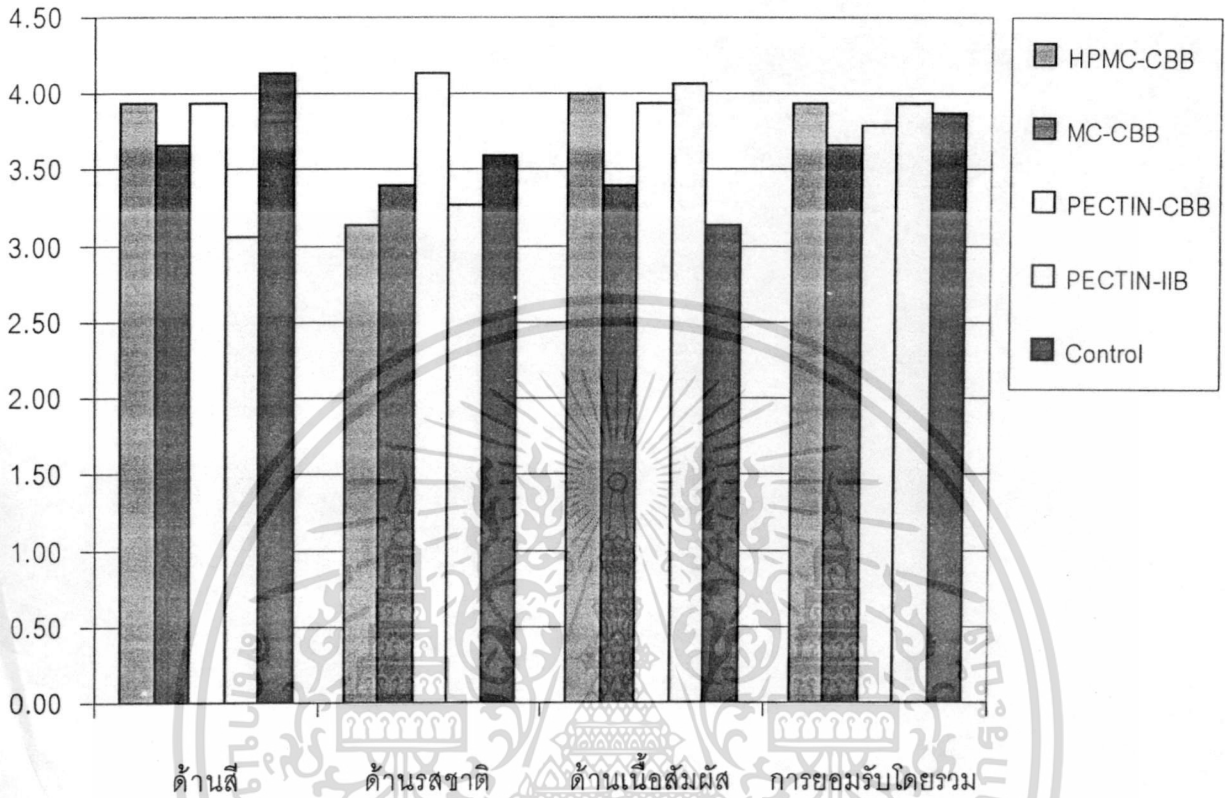
Pectin-CBB หมายถึง การเคลือบฟิล์มเพคตินด้วยวิธี CBB

Pectin-IIB หมายถึง การเคลือบฟิล์มเพคตินด้วยวิธี IIB

ในชั้นก๊วยของก๊วยทอดที่เคลือบฟิล์มเมทริลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลสมีปริมาณความชื้นสูงที่สุดและเมื่อพิจารณาถึงปริมาณไขมันในชั้นก๊วยพบว่า ชั้นก๊วยของก๊วยทอดที่ไม่ได้เคลือบฟิล์มมีปริมาณไขมันสูงที่สุด คือ 6.29 ± 0.50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ชั้นก๊วยของก๊วยทอดที่เคลือบฟิล์มเพคตินแบบ IIB ในขณะที่ชั้นก๊วยของก๊วยทอดที่เคลือบฟิล์มทริลเซลลูโลส ฟิล์มไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลส และฟิล์มเพคตินที่เคลือบฟิล์มแบบ CBB มีปริมาณไขมันต่ำกว่า ส่วนในชั้นแป้งนั้น การเคลือบด้วยฟิล์มไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลสที่เคลือบฟิล์มแบบ CBB และฟิล์มเพคตินที่เคลือบฟิล์มแบบ IIB มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ปริมาณไขมันในชั้นแป้งแล้วพบว่า การเคลือบฟิล์มแบบ IIB นั้น ไม่ว่าจะใช้ฟิล์มชนิดใดก็ตามจะมีปริมาณไขมันเท่ากับชั้นแป้งของก๊วยทอดที่ไม่ได้เคลือบฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการผสมผงเพคตินลงในน้ำแป้งพบว่า ชั้นแป้งมีปริมาณไขมันน้อยที่สุด คือ 17.54 ± 1.47 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่า การเคลือบด้วยฟิล์มไฮดรอกซีโพรพิลเมทริลเซลลูโลสแบบ CBB มีค่าการเพิ่มปริมาณความชื้นสูงที่สุด ส่วนการเคลือบด้วยฟิล์มเพคตินแบบ IIB มีค่าการลดปริมาณไขมันสูงที่สุด

และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ก๊วยทอดที่เคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่าง ๆ ได้รับค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบในด้านการยอมรับโดยรวมเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังรูปที่

4.3



รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดที่เคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่าง ๆ
 5=ชอบมากที่สุด 4=ชอบ 3=เฉย ๆ 2=ไม่ชอบ 1=ไม่ชอบมากที่สุด

4.4 ผลของปริมาณผงฟิล์มที่รับประทานได้ที่มีต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอด

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า การผสมผงเพคตินลงในน้ำแป้งแล้วจึงนำกล้วยที่หั่นเป็นชิ้นขนาดตามที่กำหนดไปชุบน้ำแป้งและนำไปทอด เป็นวิธีการที่สามารถลดปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอดได้มากที่สุดและยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคอีกด้วย ดังนั้นการทดลองในขั้นตอนนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มปริมาณผงฟิล์มหรือเพคตินลงในน้ำแป้ง เพื่อลดปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยทอดให้มากยิ่งขึ้น

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันโดยแยกวิเคราะห์ระหว่างชั้นกล้วย (core) กับชั้นแป้ง (crust) ได้ผลดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

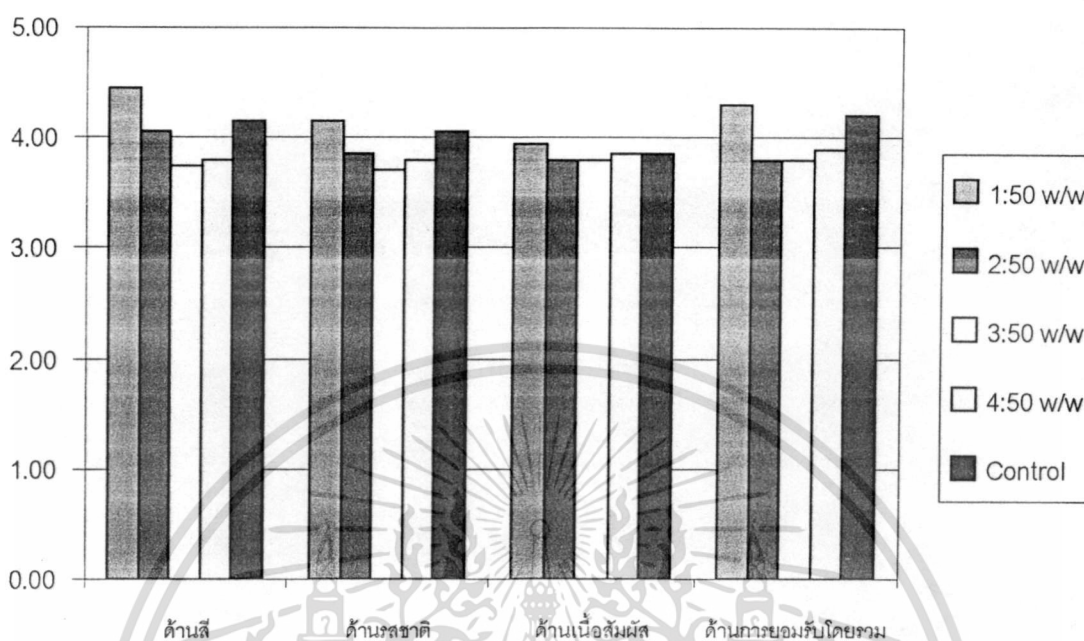
ตารางที่ 4.5 ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์กัวยทอดที่ผสมผงฟัดิมที่รับประทานได้ลงในน้ำแข็งด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วนระหว่าง ผงฟัดิม:น้ำแข็ง (w/w)	ค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ย				ค่าปริมาณไขมันเฉลี่ย			
	ชั้นกัวย	ชั้นแป้ง	รวม	%การเพิ่ม ปริมาณ ความชื้น	ชั้นกัวย	ชั้นแป้ง	รวม	%การลด ปริมาณ ไขมัน
1:50	50.44±5.97 ^b	24.76±3.94 ^a	75.20±2.04 ^a	5.22	6.18±1.67 ^b	26.74±2.12 ^b	32.93±3.52 ^b	12.09
2:50	50.93±5.63 ^b	25.67±5.40 ^a	76.61±0.30 ^a	7.19	5.24±0.98 ^b	26.06±0.88 ^b	31.30±1.58 ^b	16.44
3:50	51.53±5.15 ^b	24.69±7.62 ^a	76.22±2.48 ^a	6.65	4.22±0.60 ^{bc}	25.20±1.35 ^b	29.42±1.75 ^c	21.46
4:50	52.27±5.54 ^a	24.97±7.79 ^a	77.24±2.44 ^a	8.07	3.00±0.82 ^c	23.08±1.24 ^c	26.08±1.52 ^d	30.38
Control	47.52±7.61 ^c	23.94±0.96 ^b	71.47±6.65 ^b	-	7.35±1.82 ^a	30.11±1.18 ^a	37.46±2.70 ^a	-

^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันเเนนวงตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตัวอย่างควบคุมพบว่าทั้งชั้นกล้วยและชั้นแป้งมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด คือ 47.52 ± 7.61 และ 23.94 ± 0.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และทุกตัวอย่างที่มีการผสมผงฟิล์มลงในน้ำแป้ง พบว่าทั้งชั้นกล้วยและชั้นแป้งมีปริมาณความชื้นสูงกว่าตัวอย่างควบคุมทั้งสิ้น อาจกล่าวได้ว่า เป็นผลมาจากการผสมผงฟิล์มลงในน้ำแป้ง ทำให้สามารถเก็บกักความชื้นไว้ได้มากขึ้น ซึ่งจะเห็นว่าการผสมผงฟิล์มลงในน้ำแป้งด้วยอัตราส่วนระหว่างผงฟิล์มต่อน้ำแป้งเป็น 4:50 (w/w) มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเพิ่มปริมาณความชื้นสูงสุดคือ 8.07 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณไขมันในตัวอย่างควบคุมพบว่า ทั้งชั้นกล้วยและชั้นแป้งมีปริมาณไขมันสูงสุด คือ 7.35 ± 1.82 และ 30.11 ± 1.18 เปอร์เซ็นต์ และการผสมผงฟิล์มลงในน้ำแป้ง มีแนวโน้มทำให้ปริมาณไขมันลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม การเพิ่มปริมาณผงฟิล์มให้มากขึ้นพบว่าเปอร์เซ็นต์การลดปริมาณไขมันจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ที่อัตราส่วนระหว่างผงฟิล์มต่อน้ำแป้งเป็น 4:50 (w/w) มีค่าเปอร์เซ็นต์การลดปริมาณไขมันสูงสุดคือ 30.38 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามการผสมผงฟิล์มลงในน้ำแป้งด้วยอัตราส่วนที่มากเกินไปจะทำให้ น้ำแป้งมีความหนืดมากขึ้น น้ำแป้งมีลักษณะจับตัวกันเป็นก้อนและเมื่อนำกล้วยน้ำว้าที่หั่นเป็นชิ้นลงไปชุบในน้ำแป้ง พบว่า น้ำแป้งจะเกาะที่ชั้นกล้วยหนากว่าปกติ เมื่อนำไปทอดในระยะเวลาที่เท่ากัน จะทำให้มีผลต่อคุณลักษณะด้านสี คือ จะมีสีอ่อนกว่าตัวอย่างอื่น ๆ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (รูปที่ 4.4) พบว่า ตัวอย่างที่ผสมผงฟิล์มในอัตราส่วน 3:50 และ 4:50 (w/w) ได้รับค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบในด้านสีต่ำที่สุด คือ 3.75 ± 0.97 และ 3.80 ± 0.95 คะแนนตามลำดับ เนื่องจากมีสีอ่อนกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างเห็นได้ชัด แต่อย่างไรก็ตาม ทุกตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบในด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสเท่ากัน โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคพบว่า ตัวอย่างที่ผสมผงฟิล์มในอัตราส่วน 2:50 (w/w) ได้รับค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบในด้านการยอมรับโดยรวมสูงสุด คือ 4.30 ± 0.73 คะแนน แต่อย่างไรก็ตามตัวอย่างอื่น ๆ ก็ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเช่นกัน



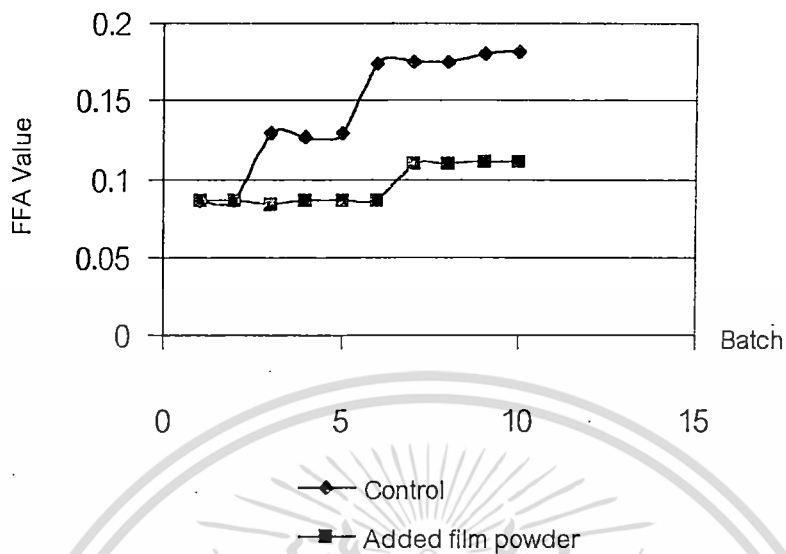
รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดที่ผสมผงฟิล์มที่รับประทานได้ลงในน้ำแป้งด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ
5=ชอบมากที่สุด 4=ชอบ 3=เฉย ๆ 2=ไม่ชอบ 1=ไม่ชอบมากที่สุด

4.5 ผลของฟิล์มที่รับประทานได้ต่อการเสื่อมเสียของน้ำมันที่ใช้ในการทอด

ในการทดลองได้เก็บตัวอย่างน้ำมันที่ใช้ในการทอดผลิตภัณฑ์กล้วยทอดทั้งแบบที่มีการผสมและไม่ผสมผงฟิล์มลงในน้ำแป้ง และนำตัวอย่างน้ำมันมาวิเคราะห์หาความเสื่อมเสียของน้ำมัน โดยวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid Value, FFA Value) และค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) ซึ่งเป็นตัวชี้บ่งว่าน้ำมันถูกทำลายหรือเกิดความเสื่อมเสียมากน้อยเพียงใด

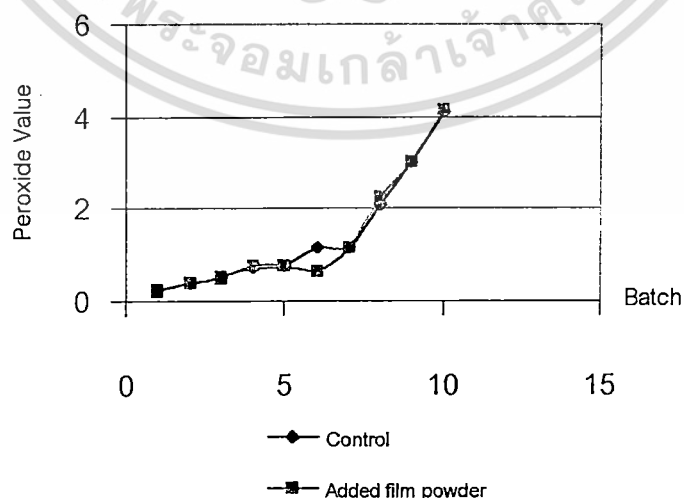
จากการวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระจากการทอดผลิตภัณฑ์กล้วยทอด 10 ครั้ง (batches) พบว่าตัวอย่างที่มีการผสมผงฟิล์มลงในน้ำแป้งจะมีค่ากรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (รูปที่ 4.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันที่ใช้ทอดตัวอย่าง

อาจกล่าวได้ว่าการผสมผงฟิล์มลงในน้ำแป้ง มีส่วนช่วยทำให้เก็บกักความชื้นไว้ในผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ผ่านมา เมื่อปริมาณความชื้นที่สัมผัสกับน้ำมันมีปริมาณน้อยลง จึงทำให้ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ในระดับหนึ่ง การเสื่อมเสียของน้ำมันและเกิดกรดไขมันอิสระจึงมีการชะลอตัวและเสื่อมเสียช้ากว่าน้ำมันที่ใช้ทอดตัวอย่างควบคุม สำหรับในการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของทั้งสองตัวอย่างมีความใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4.6)



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันที่ใช้ทอดตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์เป็นการวิเคราะห์ปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมัน ซึ่งเปอร์ออกไซด์จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ โดยน้ำมันที่ถูกเก็บไว้ให้สัมผัสกับอากาศจะเกิดการหืนชนิด oxidative rancidity ที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งน้ำมันที่ใช้ในการทอดผ่านการเก็บที่สภาวะเดียวกันและเป็นน้ำมันชนิดเดียวกัน การเกิดเปอร์ออกไซด์ในระหว่างการทอดอาจไม่แตกต่างกันมากนัก แต่อย่างไรก็ตาม จากค่ากรดไขมันอิสระซึ่งบ่งบอกถึงความเสื่อมเสียของน้ำมันได้อย่างชัดเจน ทำให้ทราบได้ว่าการใช้ฟิล์มที่รับประทานได้ในผลิตภัณฑ์อาหารทอดนั้น มีส่วนช่วยชะลอการเสื่อมเสียของน้ำมันที่ใช้ในการทอด หากคำนึงถึงในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งมีการเติมน้ำมันใหม่ (oil uptake) อยู่เป็นระยะเพื่อลดการเสื่อมเสียของน้ำมัน การใช้ฟิล์มที่รับประทานได้จะเป็นแนวทางเลือกหนึ่งที่จะลดการเสื่อมเสียของน้ำมัน ทำให้เป็นการลดต้นทุนการผลิตได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่า กล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกระยะที่ 4 เป็นระดับความสุกที่เหมาะสมต่อการนำไปผลิตกล้วยทอด โดยมีระดับความชื้น 65.33 ± 0.27 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 7.65 ± 1.02 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธีการเคลือบฟิล์มที่สามารถลดปริมาณไขมันได้มากที่สุดคือ วิธีการเคลือบฟิล์มหลังจากทำการชุบแป้ง (CAB) คือมีค่าเปอร์เซ็นต์การลดปริมาณไขมัน เท่ากับ 25.43 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ แต่วิธีการเคลือบฟิล์มก่อนทำการชุบแป้ง (CBB) ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับสูงสุด จึงเลือกเป็นวิธีการเคลือบฟิล์มที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์กล้วยทอด สำหรับการทดลองใช้ฟิล์มชนิดต่าง ๆ พบว่า การใช้ฟิล์มเพคตินผสมลงในน้ำแป้งก่อนนำกล้วยมาชุบเป็นตัวอย่างที่สามารถลดปริมาณไขมันได้มากที่สุด คือมีค่าเปอร์เซ็นต์การลดปริมาณไขมัน เท่ากับ 28.01 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มปริมาณการผสมฟิล์มลงในน้ำแป้งให้มากขึ้น พบว่ามีแนวโน้มลดปริมาณไขมันได้มากขึ้นแต่อย่างไรก็ตาม ต้องคำนึงถึงการยอมรับของผู้บริโภคด้วย

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารทอดชนิดอื่น ๆ อาจนำฟิล์มที่รับประทานได้ไปประยุกต์ใช้ ซึ่งอาจเหมาะสมกับฟิล์มชนิดอื่น ๆ หรือกรรมวิธีการเคลือบฟิล์มอื่น ๆ ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งควรจะมีการศึกษาและทำการทดลองต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- นิธิยา รัตนาปนนท์. 2539. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เบญจมาศ ศิลาชัย. 2545. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ประภาพร แซ่หลิม. 2543. "การพัฒนาฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนถั่วเหลืองเพื่อใช้กันความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2535. "ฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้". อาหาร. 22(1): 1-6.
- Albert, S. and Mittal, G.S. 2002. "Comparative Evaluation of Edible Coatings to Reduce Fat Uptake in a Deep-fried Cereal Product". Food Reserch Int. 35: 445-458.
- Anonymous. 1990. "A Food Technologist's Guide to Methocel Premium Food Gums". Midland: The Dow Chemical Co.
- AOAC. 1998. Official Methods of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists. Washington, D C.
- Balasubramaniam, V.M., M.S. Chinnan, P. Mallikarjunan and R.D. Phillips. 1996. "The Effect of Edible Film on Oil Uptake and Moisture Retention of a Deep-fat fried Poultry Product". J. Food Proc. Eng. 20: 17-29.
- Brake, N.C. and O.R. Fennema. 1993. "Edible Coatings to Inhibit Lipid Migration in a Confectionery Product". J. Food Sci. 58: 1422-1425.
- Conca, K.R. and T.C.S. Yang. 1993. "Edible Food Barrier Coatings". pp. 357-369. In C. Ching, D. Kaplan and E. Thomas (eds). Biodegradable Polymers and Packaging. Lancaster: Technomic Publishing Co.
- Donhowe, G. and O. Fennema. 1994. "Edible Films and Coatings: Characteristics, Formation, Definitions, and Testing Methods". pp. 1-21. In J.M. Drochta, E.A. Baldwin and M.O. Nisperos-Carriedo. (eds). Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Lancaster: Technomic Publishing Co.
- Gennadios, A., C.L. Weller, M.A. Hanna and G.W. Froning. 1996. "Mechanical and Barrier Properties of Egg Albumen Films". J. Food Sci. 61(3): 585-589.
- เอกสารอ้างอิงฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรของประเทศไทย. หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูงและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Grant, L.A. and J. Burns. 1994. "Application of Coatings". pp. 189-200. *In* J.M. Drochta, E.A. Baldwin and M.O. Nisperos-Carriedo. (eds). Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Lancaster: Technomic Publishing Co.
- Hagenmaier, R.D. and P.E. Shaw. 1990. "Moisture Permeability of Edible Film Made with Fatty Acid and (Hydroxypropyl) Methylcellulose. J. Agric. Food Chem. 38: 1799-1803.
- Hanlon, J.F. 1992. "Films and Foils". Handbook of Package Engineering. Lancaster, PA: Technomic Publishing Co. pp. 1-59.
- Hardenberg, R.E. 1967. "Wax and Related Coatings for Horticultural Products-A bibliography". Agricultural Research Service Bulletin No. 965. Ithaca, NY: Cornell University, p.1.
- Henglein, F.A. and G. Schneider. 1936. "Esterification of Pectin Substances". Chem. Ber. 69B: 309-324.
- Holownia, K.I., M.S. Chinnan, M.C. Erickson and P. Mallikarjunan. 2000. "Quality Evaluation of Edible Film-Coated Chicken Strips and Frying Oils". J. Food Sci. 65: 1087-1090.
- Huse, H.L., P. Mallikarjunan, M.S. Chinnan, Y.C. Hung and R.D. Phillips. 1997. "Edible Coatings for Reducing Oil Uptake in Production of Akara (Deep-fat frying of cowpea paste)". J. Food Proc. Eng. 22: 155-165.
- Kester, J.J. and O. Fennema. 1986. "Edible Films and Coatings: A Review". J. Food Sci. 40: 47-59.
- Krochta, J.M., A.E. Pavlath and N. Goodman. 1990. "Edible Films from Casein Lipid Emulsions For Lightly-Processed Fruits and Vegetables". *In* W.E.L. Spiess and H. Schubert (eds). Engineering and Food, Vol. 2. New York, NY: Elsevier Applied Science.
- Krochta, J.M. and C.M. Johnston. 1997. "Edible Films Solve Problem". Food Technol. 51(2): 60-74.
- Kohyama, K., Y. Sano and E. Doi. 1995. "Rheological Characteristics and Gelation Mechanism of Tofu (Soybean curd). J. Agri. Food Chem. 43: 1808-1812.
- Long, W.G. 1964. "Better Handling of Florida's Fresh Citrus Fruit". Fla. Agric. Exp. Sta. Bull. No. 681.
- Maclay, W.D. and H.S. Owens. 1948. "Pectinate Films". Mod. Packag. 22: 157-158.

- Martin-Polo, M. and A. Voilley. 1990. "Comparative Study of the Water Permeability of Edible Film Composed of Arabic Gum and Glycerolmonostearate". Sci. Aliments. 10: 473-483.
- McHugh, T.H. and J.M. Krochta. 1994. "Sorbito.- vs. Glycerol-Plasticized Whey Protein Edible Films: Integrated Oxygen Permeability and Tensile Property Evaluation". J. Agri. and Food Chem. 42(4).
- Newhall, W.F. and W. Grierson. 1956. "A Low-Cost, Shelf-Polishing, Fungicidal Wax for Citrus Fruit". Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 66: 146-154.
- Nisperos-Carriedo, M.O. 1994. "Edible Coatings and Films Based on Polysaccharides". pp. 305-335. In J.M. Drochta, E.A. Baldwin and M.O. Nisperos-Carriedo. (eds). Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Lancaster: Technomic Publishing Co.
- Olson, S. and R. Zoss. 1985. "Fried Foods of Reduced Oil Absorption and Methods of Preparation Empolying Spray of Film Forming Agent". US patent 4,511,483.
- Park, H.J., C.L. Weller, P.J. Vergano and R.F. Testin. 1993. "Permeability and Mechanical Properties of Cellulose-Based Edible Films". J. Food Sci. 58(6): 1361-1364.
- Park, H.J. and M.S. Chinnan. 1995. "Gas and Water Vapor Barrier Properties of Edible Films From Protein and Cellulosic Materials". J. Food Eng. 25: 497-507.
- Park, J.W., R.F. Testin, H.J. Park, P.J. Vergano and C.L. Weller. 1994. "Fatty Acid Concentration Effect on Tensile Strength Elongation and Water Vapor Permeability of Laminated Edible Films". J. Food Sci. 59(4): 916-919.
- Pomes, A.F. 1971. "Zein" pp. 125-132. In H.F. Mark, N.G. Gaylord and N.M. Bikales (eds). Encyclopedia of Polymer Science and Technology: Plastics, Resins, Rubbers, Fibers Vol. 15. New York, NY: Interscience Publishers.
- Rayner, M., V. Ciolfi, B. Maves, P. Stedman and G.S. Mittal. 2000. "Development and Application of Soy-protein Films to Reduce Fat Intake in Deep-Fried Foods". J. Sci. Food Agric. 80: 777-782.
- Schultz, T.H., H.S. Owens and W.D. Maclay. 1948. "Pectinate Films". J. Colloid Sci. 3: 53-62.
- Schultz, T.H., J.C. Miers, H.S. Owens and W.D. Maclay. 1949. "Permeability of Pectinate Film to Water Vapor". J. Phys. Colloid Chem. 53: 1320-1330.

- Swenson, H.A., J.C. Miers, T.H. Schultz and H.S. Owens. 1953. "Pectinate and Pectate Coatings II Application to Nuts and Fruit Products". Food Technol. 7: 232-235.
- Van Doren, A. 1944. "A Report on the Construction and Operation of a Grower-Size Apple Washing Machine". Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 44: 183-189.
- Wolff, I.A., H.A. Davis, J.E. Cluskey, L.J. Gundrum and C.E. Rist. 1951. "Preparation of Films From Amylose". Ind. Chem. Eng. 915-919.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้