



### ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การลดการเปลี่ยนแปลงสีของแผ่นมันฝรั่งทอด  
(Reduction of Color Changing of Potato Chips)

โดย

นางสาวกัณรัตน์ กฤษณาชัยทิพย์  
นางสาวอรรธยา ว่องวิบูลย์พร



ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

11 / 5 - 2 / 42

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

( ประ.ช.ดล ๗ สิงหาคม )

15777

- 4 ต.บ. 2๖42

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ฉ.พ.

ก 385 ก

2541

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. ....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การลดการเปลี่ยนแปลงสีของแผ่นมันฝรั่งทอด  
(Reduction of Color Changing of Potato Chips)



T096534

นางสาวกัณรรัตน์ กฤษณาชัยทิพย์  
นางสาวอรรธยา ว่องวิบูลย์พร

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ป.พ. พ.ศ. 2542  
ก385 ก  
2542

เลขหมู่..... 93534  
เลขทะเบียน.....  
วันที่..... ๑๐ มิ.ย. ๒๕๔๒

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัณรัตน์ กฤษณาชัยทิพย์ และ อรรถยา ว่องวิบูลย์พร.2542. :การศึกษาการลดการเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลในแผ่นมันฝรั่งทอด (Reduction of Color Changing of Potato Chips) สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ประมวล ศรีกาหลง , หน้า ๗1

ศึกษาวิธีการปรับปรุงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดโดยใช้มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ไลด์ให้มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร และแบ่งมันฝรั่งแผ่นออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกลวกน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1,2,3 และ 4 นาทีก่อนทำการทอดแบบ Deep Fat Fry ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำมาวัดสีและทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าที่เวลา 4 นาทีแผ่นมันฝรั่งทอดมีสีอ่อนที่สุดรองลงมาคือที่เวลา 3 นาที เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่าที่เวลา 3 และ 4 นาทีให้ผลการทดลองไม่ต่างกันจึงเลือกที่เวลา 3 นาทีไปทดลองในลำดับต่อไป กลุ่มที่สองแช่น้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1,2,3 และ 4 นาทีและล้างน้ำออกก่อนการนำไปทอด หลังจากทอดนำมาทดสอบเช่นเดียวกับกลุ่มการทดลองที่ 1 พบว่าที่เวลา 4 นาทีแผ่นมันฝรั่งทอดมีสีอ่อนที่สุด รองลงมาคือที่เวลา 3 นาที เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่าที่เวลา 3 และ 4 นาทีไม่ต่างกัน จึงเลือกที่เวลา 3 นาทีไปทดลองในลำดับต่อไป กลุ่มที่สามนำไปให้ความร้อนโดยไมโครเวฟที่ระดับกำลังเท่ากับ 3 เป็นเวลา 1,2,3 และ 4 นาที พบว่าที่เวลา 2 นาทีแผ่นมันฝรั่งทอดมีสีอ่อนที่สุดและเมื่อนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าที่เวลา 2 นาทีต่างจากทุกๆนาทีจึงเลือกที่ 2 นาทีไปทำการทดลองต่อไป 4 ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองโดยนำผลที่ดีที่สุดในแต่ละกลุ่มการทดลองมาทำการทดลองใหม่รวมทั้งนำตัวควบคุมมาเปรียบเทียบด้วย จากนั้นนำมาตรวจสอบสีและลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้น้ำร้อน 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาทีให้สีของแผ่นมันฝรั่งทอดดีที่สุดและรองลงมาตามลำดับคือ การใช้ไมโครเวฟที่เวลา 2 นาที น้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ 3 นาทีและตัวควบคุม เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าทั้ง 3 วิธีที่ทำการทดลองไม่แตกต่างกันแต่ทั้ง 3 วิธีจะต่างจากตัวควบคุม

กัณรัตน์ กฤษณาชัยทิพย์  
อรรถยา ว่องวิบูลย์พร

ประมวล ศรีกาหลง

15/3/42

รายชื่อผู้ศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจากอาจารย์ ประมวล ศรีกาหลง ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและแนะนำผู้จัดทำปัญหาพิเศษตลอดมา ผู้จัดทำรู้สึกทราบบรรยากาศในใจและความอนุเคราะห์จากท่าน และกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการปัญหาพิเศษและคณาจารย์ภาควิชาอุตสาหกรรมทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนวทางในการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนเพื่อนๆที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์จากปัญหาพิเศษฉบับนี้ขอมอบให้แด่ทุกท่าน

กัณรัตน์ กฤษณาชัยทิพย์  
อรรธยา ว่องวิบูลย์พร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูปภาพ	ณ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทรรศน์	
- กระบวนการผลิต	2
- รายละเอียดขั้นตอนกระบวนการผลิตมันฝรั่งทอด	3
- คุณภาพมันฝรั่งทอด	7
- วิธีควบคุมคุณภาพ	20
3. อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	22
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	25
5. สรุปผลการทดลอง	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก ก แบบทดสอบชิมทางประสาทสัมผัสของแผ่นมันฝรั่งทอด	37
ภาคผนวก ข ความหมายของค่าสีในระบบ Hunter	38
ภาคผนวก ค การอ่านค่าสีจากเครื่อง Minolta Chromameter CR 200	39
ภาคผนวก ง ตารางผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส	40
ภาคผนวก จ ตารางแสดงผลเปรียบเทียบทางสถิติ	56
ภาคผนวก ฉ รูปภาพ	66
ประวัติผู้เขียน	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่	หน้า
14 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของแผ่นมันฝรั่ง ที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด	44
15 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของแผ่น มันฝรั่งที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำ ไปทอด	45
16 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของแผ่น มันฝรั่งที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไป ทอด	46
17 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของแผ่น มันฝรั่งที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไป ทอด	47
18 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของแผ่นมันฝรั่งที่ ผ่านการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำ ไปทอด	48
19 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของแผ่นมันฝรั่ง ที่ผ่านการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำ ไปทอด	49
20 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของแผ่น มันฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อน โดยใช้ไมโครเวฟ ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด	50
21 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของแผ่น มันฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด	51
22 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของแผ่นมันฝรั่งทอด โดยวิธีการต่างๆ	52
23 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของแผ่นมันฝรั่ง ทอด โดยวิธีการต่างๆ	53
24 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของแผ่นมัน ฝรั่งทอด โดยวิธีการต่างๆ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่	หน้า
25 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของแผ่น มันฝรั่งทอด โดยวิธีการต่างๆ	55
26 แสดงผลทางสถิติของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการลวกน้ำร้อนที่ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ ก่อนการนำไปทอด	56
27 แสดงผลทางสถิติของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl 3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาต่างๆ ก่อนการนำไปทอด	59
28 แสดงผลทางสถิติของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการให้ความร้อน ด้วยไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 3 ที่เวลาต่างๆ ก่อนการนำไปทอด	61
29 แสดงผลทางสถิติของการปรับปรุงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดโดย วิธีการต่างๆ ก่อนนำมาทอด	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการลวกน้ำร้อนเป็นเวลา 1 นาที	66
2. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการลวกน้ำร้อนเป็นเวลา 2 นาที	66
3. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการลวกน้ำร้อนเป็นเวลา 3 นาที	66
4. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการลวกน้ำร้อนเป็นเวลา 4 นาที	66
5. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl เป็นเวลา 1 นาที	67
6. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl เป็นเวลา 2 นาที	67
7. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl เป็นเวลา 3 นาที	67
8. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl เป็นเวลา 4 นาที	67
9. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่สารละลาย $\text{CaCl}_2$	68
10. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟเป็นเวลา 1 นาที	69
11. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟเป็นเวลา 2 นาที	69
12. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟเป็นเวลา 3 นาที	69
13. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟเป็นเวลา 4 นาที	69
14. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงสี	70
15. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการลวกน้ำร้อนเป็นเวลา 3 นาที	70
16. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟเป็นเวลา 2 นาที	70
17. แผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการแช่สารละลาย NaCl เป็นเวลา 3 นาที	70

# บทที่ 1

## บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดเป็น snack food ประเภทหนึ่งที่มีความนิยมอย่างแพร่หลาย ทำให้โรงงานผู้ผลิตต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างสม่ำเสมอเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ปัญหาที่สำคัญและพบมากในกระบวนการผลิตมันฝรั่งทอดคือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่แผ่นมันฝรั่งทอดทำให้ได้สีที่ไม่ต้องการและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นผลทำให้ผู้ผลิตต้องสูญเสียรายได้และวัตถุดิบในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก

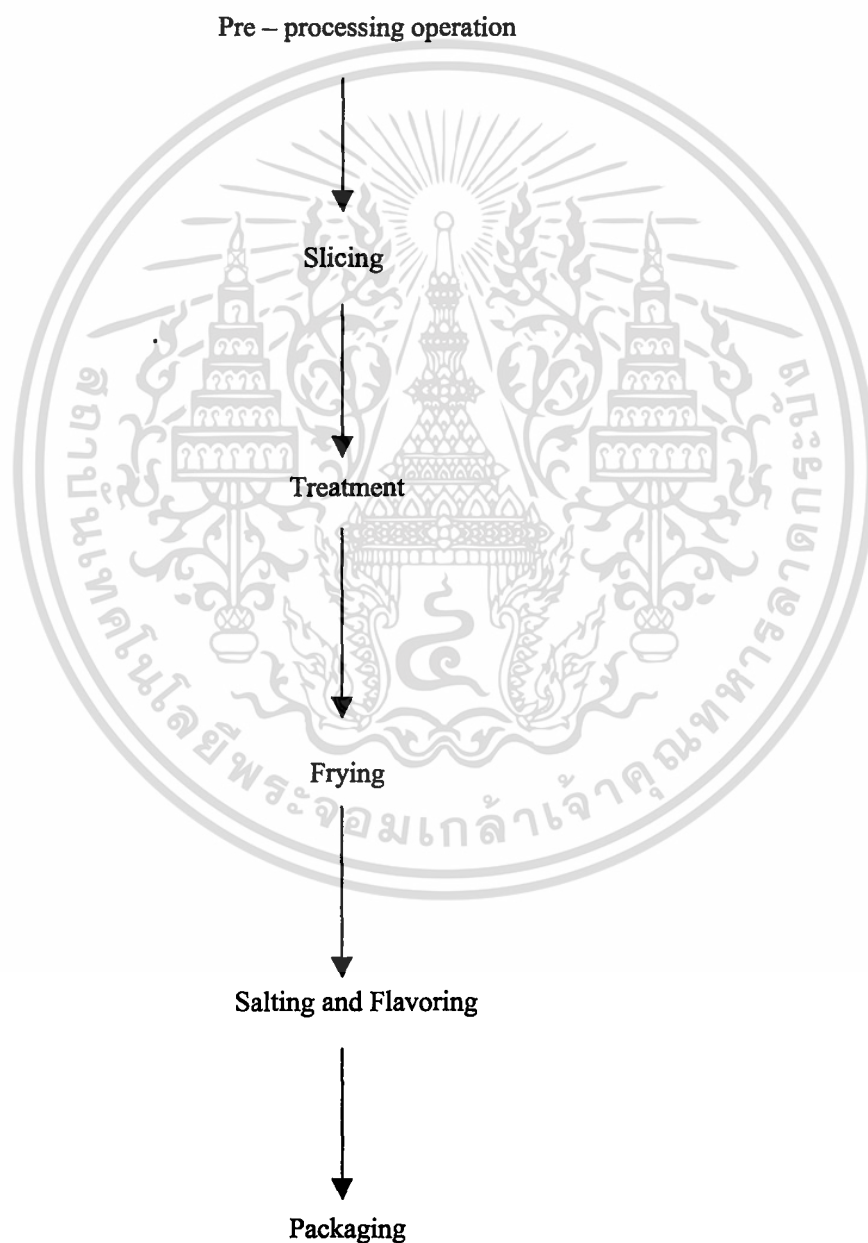
การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเกิดจากหลายสาเหตุหลายปัจจัยด้วยกัน เช่นสาเหตุจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในมันฝรั่งเอง รวมถึงปัจจัยภายนอก (อุณหภูมิในการเก็บรักษา ความชื้นในดิน เป็นต้น)

วิธีการแก้ไขและลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะต้องทำการดูแลเอาใจใส่ ตั้งแต่การปลูกมันฝรั่งจนถึงขั้นตอนการบรรจุ ในกระบวนการผลิตแผ่นมันฝรั่งทอดจะมีวิธีการแก้ไขการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้โดย การใช้สารละลายเคมีร้อน ใช้น้ำร้อน หรือผ่านกระบวนการไมโครเวฟ ซึ่งจะใช่วิธีใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละโรงงานและวิธีการปฏิบัติ

## บทที่ 2

### วารสารปริทรรศน์

#### 2.1 กระบวนการผลิต POTATO CHIPS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 รายละเอียดขั้นตอนกระบวนการผลิตมันฝรั่งทอด

### 1. Pre-processing Operation แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

- การทำความสะอาดและการล้างหัวมันฝรั่ง เพื่อกำจัด หัวมันฝรั่งที่เน่า กรวด หิน ดิน ทราย และสิ่งสกปรกที่ติดมาให้หลุดออกไป หลังจากนั้นนำมันฝรั่งที่ได้เข้าเครื่องปอกเปลือก

- การใช้สารละลายด่างร้อน เป็นต้น แต่วิธีที่ได้รับความนิยมในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารมากที่สุด คือวิธีการปอกเปลือกแบบขจัด เครื่องมือปอกเปลือกแบบขจัดมีทั้งแบบ Batch และแบบต่อเนื่อง การออกแบบเครื่องมือนี้สิ่งสำคัญ คือต้องแน่ใจว่าผิวทั้งหมดของมันฝรั่งถูกขูดออก ด้วยความลึกที่เท่าๆ กัน

การปอกเปลือกทำให้สูญเสียรูปร่าง ขนาด ความลึกของตา และความยาวของหัวมันฝรั่ง จากการศึกษาพบว่า การปอกเปลือกโดยวิธีขจัดจะมีการสูญเสียไปในระหว่างขั้นตอนนี้ประมาณ 10 % ของน้ำหนักหัวมันฝรั่ง เมื่อทำการเปรียบเทียบถึงค่าความสูญเสียแล้วพบว่าวิธีนี้จะมีค่าความสูญเสียที่สูงกว่าเล็กน้อย เมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ แต่การปอกเปลือกโดยวิธีขจัดก็ยังคงได้รับความนิยมอยู่ เนื่องมาจากเครื่องปอกเปลือกแบบขจัดมีการทำงานที่ง่าย แข็งแรง ราคาต่ำ และสะดวก อีกเหตุผลหนึ่งที่น่าสนใจมีความเกี่ยวข้องด้วย ก็คือ การปอกเปลือกโดยใช้ไอน้ำ หรือใช้สารละลายด่างร้อน จะไปมีผลต่อการเสียดสภาพของผิวมันฝรั่งและอาจมีการสุกในบริเวณผิวของมันฝรั่งได้

น้ำเกลือ เกลวไฟ และน้ำร้อนก็สามารถใช้เป็นวิธีในการปอกเปลือกมันฝรั่งได้ แต่ยังคงอยู่ในขั้นทดลองอยู่

หมายเหตุ Shaw et al. ได้สรุปว่ามันฝรั่งทอดที่ได้จากการปอกและไม่ปอกเปลือกมันฝรั่งจะมีรสชาติ ลักษณะปรากฏและอายุการเก็บรักษาเหมือนกัน แต่เมื่อศึกษาอย่างละเอียดแล้ว ผู้บริโภคจะสามารถแยกความแตกต่างได้ มันฝรั่งทอดจากมันฝรั่งที่ไม่ปอกเปลือกจะมีปริมาณน้ำมันมากกว่าและปริมาณของแข็งของมันฝรั่งเพิ่มขึ้น 7 %

### 2. การสไลด์แผ่นมันฝรั่ง (Slicing)

เครื่องสไลด์ชนิดหมุนจะนิยมใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพสูงคือ สไลด์แผ่นมันฝรั่งได้ 700 lb ต่อ 1 ชั่วโมง ความหนาของแผ่นมันฝรั่งที่สไลด์แล้วจะอยู่ระหว่าง 1/15 และ 1/30 นิ้ว ขึ้นอยู่กับสถานะของมันฝรั่งเอง เช่น อายุ ความพอง องค์ประกอบทางน้ำตาล อุณหภูมิที่ใช้ในการทอด เวลาในการทอด

มันฝรั่งที่ผ่านการสไลด์แล้วจะถูกล้างในเครื่องล้าง ซึ่งมีน้ำฉีดล้างภายใต้แรงดันสูง เพื่อขจัดแป้งที่ผิวหน้าของแผ่นมันฝรั่งและเศษปนเปื้อนเล็กๆ น้อยๆ ที่ติดอยู่ พวกมันฝรั่งที่ผ่านการ สไลด์แล้วจะถูกขนส่งไปตามสายพาน เพื่อล้างน้ำก่อนที่จะนำไปทอดลงในเครื่องทอด แล้วจะมีการทำให้แห้งก่อนที่จะนำไปทอด ซึ่งจะมีวิธีการทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น ใส่ในลูกกลิ้งที่เจาะไว้และหมุนใต้เครื่องจับน้ำโดยใช้การบีบ ความกดอากาศ หรือการใช้พัดลมพัดเพื่อให้ความชื้นได้ระเหยไป ใช้ตาข่ายที่สั้นได้เพื่อสะเด็ดน้ำ ลมร้อน ใช้เครื่องเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำออก เป็นต้น

### 3. กระบวนการ Treat แผ่นมันฝรั่งก่อนนำไปทอด

ก่อนนำไปทอด เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในแผ่นมันฝรั่ง จึงมีการนำแผ่นมันฝรั่งทำกระบวนการ Treatment ซึ่งกระทำใน 2 ลักษณะด้วยกัน เช่น

- 1) Treatment โดยการแช่สารละลายเคมี หรือ การใช้ไอน้ำร้อน
- 2) นำไปผ่านกระบวนการ Microwave

หมายเหตุ หัวข้อนี้จะขอลำดับในลำดับต่อไป

### 4. การทอด (Frying)

หลังจากผ่านขั้นตอนการ Slice และ Treatment แผ่นมันฝรั่งแล้ว นำแผ่นมันฝรั่งมาทำการทอดโดยเครื่องทอดในปัจจุบันส่วนใหญ่ จะเป็นแบบต่อเนื่องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการทอดได้เองโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งกำเนิดความร้อน อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องมีในเครื่องทอดมีดังนี้

- แทงค์ที่ใช้บรรจุน้ำมันร้อนเพื่อใช้ในการทอดมันฝรั่ง
- เครื่องให้ความร้อนและการหมุนเวียนของน้ำมัน
- เครื่องกรองเพื่อเอาสิ่งสกปรกออกจากน้ำมัน
- สายพานที่บรรจุทุกมันฝรั่งทอดออกจากเครื่องทอด
- ถังที่ใส่น้ำมันร้อนเพื่อใช้เป็นน้ำมันหมุนเวียน
- ฝาครอบไอน้ำเหนือถัง

มันฝรั่งที่ถูกสไลด์แล้วจะถูกเทลงในน้ำมันที่ร้อน เวลาที่ใช้ในการทอดครั้งหนึ่งๆ จะใช้เวลา นานพอสมควร บางครั้งการทำน้ำมันให้ร้อนจะให้น้ำมันสัมผัสโดยตรงกับ Flame ซึ่งจะอยู่ใต้เตาทอด หรืออีกทางหนึ่ง คือ น้ำมันร้อนจะสัมผัสกับ Heat Exchanger แล้วใช้ Pump ผ่านไปยังเตาทอด อุณหภูมิของน้ำมันที่บรรจุอยู่ในเครื่องทอดจะต้องอยู่ในช่วง + 2°F ซึ่งอุณหภูมิปกติที่ใช้ในตอนต้นของเครื่องทอดจะอยู่ระหว่าง 350-375 °F และ 320-345 °F ในบริเวณช่วงท้ายของเครื่องทอด อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้ในการทอดที่แตกต่างกันของแต่ละเครื่องจะมีผลต่อเวลาในการทอดและอัตราการนำแผ่นมันฝรั่งเข้าสู่เครื่องทอด

น้ำมันที่ใช้จะถูกเติมอย่างต่อเนื่องในระหว่างการทอดและอุณหภูมิน้ำมันไม่ควรสูงเกิน 385 °

F

หน้าที่หลักๆ ของน้ำมันที่ใช้ในการทอดมีอยู่ 2 ประการ ด้วยกัน คือ

- 1) หน้าที่ในการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อนไปยังแผ่นมันฝรั่ง
- 2) หน้าที่ที่จะกลายเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ดังนั้นเราพบว่าการใช้น้ำมันจึงมีส่วนสำคัญต่อรสชาติและความคงตัวของมันฝรั่งทอด รสชาติ เนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏจะเป็นผลกระทบจากปริมาณการดูดซับน้ำมันและลักษณะที่ยังคงเป็นแผ่นมันฝรั่งทอดอยู่

ชนิดและประเภทของไขมันและมันมนที่ใช้ในอุตสาหกรรมมันฝรั่งทอดส่วนใหญ่จะนิยมใช้น้ำมันที่ใสซึ่งเป็นประเภทน้ำมันที่สกัดมาจากพืช เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง เป็นต้น (ส่วนใหญ่ไม่นิยมใช้น้ำมันที่สกัดมาจากไขมันสัตว์) นอกจากนี้ยังมีการเติม Antioxidant ลงไปเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของน้ำมันอีกด้วย

### วิธีการใช้น้ำมัน

การปฏิบัติและการใช้น้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพควรปฏิบัติดังนี้

- 1) การใช้น้ำมันในโรงงาน ไม่ควรเก็บน้ำมันนานเกิน 30 วัน ในภาชนะเก็บ รวมถึงภาชนะบรรจุที่เป็นทองแดง หรือโลหะผสมก็ไม่ควรนำไปบรรจุน้ำมันโดยตรงด้วย
- 2) ควรทำการกรองน้ำมันอย่างต่อเนื่อง หรือหลังจากการทำงานเสร็จ
- 3) ควรมีอัตราเร็วในการหมุนเวียนการกลับมาใช้ใหม่ของน้ำมัน
- 4) หลีกเลี่ยงการใช้ความร้อนนานๆ สำหรับน้ำมันที่ไม่มีการหมุนเวียน
- 5) หลีกเลี่ยงการให้น้ำมันสัมผัสกับอากาศ ขณะที่ถูกนำมาใช้และขณะเก็บ
- 6) หลีกเลี่ยงการให้ความร้อนที่มากเกินไปเพื่อพยายามเพิ่มประสิทธิภาพและจำนวนในการทอด
- 7) หลีกเลี่ยงการเพิ่มพื้นที่ให้ความร้อนในเตาทอด
- 8) หลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของน้ำมันเก่าที่จะนำกลับมาใช้ใหม่
- 9) หลีกเลี่ยงการปนเปื้อนเนื่องจากการทำความสะอาดและการกรอง

### การใช้ Antioxidant เพื่อชะลอการเหม็นหืน

ปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมการเกิดเหม็นหืนของแผ่นมันฝรั่งทอด คือ อากาศ แสงแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิที่สูง การปนเปื้อนของโลหะในน้ำมัน และการบรรจุที่ไม่ดี การเติม Antioxidant ลงในน้ำมัน หรือการเติมเกลือซึ่งดัดแปลงให้เหมาะกับแผ่นมันฝรั่งทอดจะช่วยชะลอการเหม็นหืนและยืดอายุการเก็บรักษา Antioxidant ที่นิยมใช้กันคือพวก Nordihydroguaiaretic Acid (NDGA), Propyl Gallate, Butylated Hydroxy Anisole (BHA), Butylated Hydroxytoluene (BHT) และอื่นๆ ตามความเหมาะสมของแต่ละโรงงาน Antioxidant เช่น BHA จะถูกพ่นลงบนแผ่นมันฝรั่งที่ผ่านการทอดมาแล้วเพื่อชะลอการเหม็นหืน Antioxidant อาจจะถูกนำมาผสมกับเกลือที่เติมลงในแผ่นมันฝรั่ง ซึ่งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของแผ่นมันฝรั่งที่ทำการบรรจุแล้ว

ในทางการค้า การผลิตแผ่นมันฝรั่งทอด Dowdle พบว่าจำนวน Antioxidant จะลดลงอย่างรวดเร็วในน้ำมันที่ทำการทอดแผ่นมันฝรั่งในตอนเริ่มต้นแต่ระดับการลดของ Antioxidant จะเริ่มคงที่ภายใน 4-8 ชม. และจะเป็นเช่นนี้ตลอดระยะเวลา 40 ชม. ความเข้มข้นของ Antioxidant ในแผ่นมันฝรั่งทอดจะมีประมาณเท่ากับจำนวนของ Antioxidant ที่มีอยู่ในน้ำมันที่ทำการทอดซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญที่ดีในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง The Aom Stability Values ของน้ำมันและ The Schacl Oven Test Values ของแผ่นมันฝรั่งทอด หลังจากระดับ Antioxidant มีความคงที่แล้วในน้ำมัน

#### 5. การปรุงแต่งกลิ่นรส (Salting and Flavoring)

แผ่นมันฝรั่งที่ทอดเสร็จแล้วจะถูกพาขึ้นจากเครื่องทอด และถูกลำเลียงไปตามสายพานตะแกรงลวดซึ่งน้ำมันที่เกินความจำเป็นจะถูกเอาออกไปหลังจากนั้นลำเลียงแผ่นมันฝรั่งทอดแล้วไปโรยเกลือที่ผ่านการปรุงแต่งแล้วจาก hopper ที่อยู่ด้านบน เกลือที่นิยมใช้ส่วนใหญ่คือ Fine-Crystal Sodium Chloride ประมาณ 1.5-1.2 lb ต่อแผ่นมันฝรั่งที่ทอดแล้ว 100 lb

รสชาติของแผ่นมันฝรั่งทอดจะถูกปรุงแต่งด้วยกลิ่นรสที่หลากหลาย เช่น กลิ่นรส บาบี่คิว ซีส หัวหอม เป็นต้น ซึ่งกลิ่นรสเหล่านี้จะถูกโรยหรือพ่นให้กระจายไปทั่วแผ่นมันฝรั่งทอดในการปฏิบัติควรทำอย่างระมัดระวัง เพื่อไม่ให้แผ่นมันฝรั่งทอดเกิดความเสียหายได้

#### 6. การตรวจสอบและการบรรจุ (Inspecting and Packaging Chip)

หลังจากการปรุงแต่งกลิ่นรสแล้วแผ่นมันฝรั่งที่ได้จะถูกนำไปโดยสายพานเพื่อส่งต่อการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ (ตรวจสอบว่ามีแผ่นมันฝรั่งทอดที่ไหม้ ชื้นไม่ได้ขนาด สีเข้มเกินไป แผ่นมันฝรั่งสุกๆ ดิบๆ หรือไม่) และการทำให้เย็น หลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ตามที่กำหนดเพื่อเข้าเครื่องบรรจุ ในหลายโรงงานจะใช้เครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติและทำการบรรจุเลขซึ่งภาชนะบรรจุจะมีหลายขนาดตั้งแต่เล็กกว่า 10 ออนซ์ จนถึง 1 ปอนด์ หรือมากกว่านั้น

Waxed Glassine, Cellophane, aluminium foil จะถูกนำมาใช้ในการ laminate กับพวกภาชนะบรรจุที่สามารถยืดหยุ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบัน โรงงานส่วนใหญ่จะมีระบบทำถุงใส่มันฝรั่งทอดเองรวมไปถึงระบบในการบรรจุทุกขั้นตอน ถุงที่บรรจุมันฝรั่งทอดที่ได้รับการ seal แล้วจะนำไปบรรจุหีบห่อใส่กล่องเพื่อพร้อมจำหน่าย หรือในบางแห่งที่ต้องการปริมาณมาก เช่น โรงแรม ภัตตาคาร อาจบรรจุลงในกระป๋องแทนถุงก็ได้

แผ่นมันฝรั่งทอดแล้วจะต้องทำการเก็บให้ห่างจากการถูกแสงแดด ความชื้น พลังงานอากาศ เพราะการถูกแสงแดด หรือการสัมผัสกับอากาศจะไปช่วยเร่งให้เกิดความไวต่อการเหม็นหืน ส่วนความชื้นจะไปทำให้แผ่นมันฝรั่งทอดสูญเสียความกรอบได้

ในปัจจุบันการบรรจุจะมีการเติมก๊าซใน โตรเจนลงไปด้วยเพื่อป้องกันความเสื่อมเสียของรสชาติและยืดอายุการเก็บรักษาของมันฝรั่งทอดออกไปได้

### 2.3 คุณภาพของมันฝรั่งทอด

มันฝรั่งทอดที่ได้จากกระบวนการผลิตจะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จะมีปริมาณความชื้นเพียง 2% มีสีเหลืองอ่อนน่ารับประทาน, มีกลิ่นและรสชาติ ตามต้องการ รวมไปถึงมีเนื้อสัมผัสที่กรอบ

ดังนั้นการผลิตมันฝรั่งทอดให้มีคุณภาพ ผู้ผลิตจะต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญๆ หลายประการด้วยกัน เช่น สีของมันฝรั่งทอด, ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับ ในมันฝรั่งทอด, เนื้อสัมผัสของมันฝรั่งทอด เป็นต้น

ในที่นี้จะขอกล่าวหัวข้อเรื่องสีของมันฝรั่งทอดเป็นหัวข้อหลัก เพราะพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของมันฝรั่งทอดไปเป็นสีที่ไม่ต้องการซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญมากของโรงงานผู้ผลิต ที่จำเป็นจะต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วนเพื่อลดอัตราการสูญเสียทั้งวัตถุดิบและเงินตรา

#### สีของมันฝรั่งทอด

การดูแลรักษาให้สีของแผ่นมันฝรั่งทอดได้ตามความต้องการเป็นปัญหาที่สำคัญมากในโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการผลิตแผ่นมันฝรั่งทอด การควบคุมสีของแผ่นมันฝรั่งทอดให้เป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์จะกระทำได้ยากมากเพราะสีของแผ่นมันฝรั่งทอดจะถูกกำหนดโดยส่วนประกอบทางเคมีของมันฝรั่งซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่งจะเป็นปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เราควบคุมได้ยาก เช่น สภาวะแวดล้อม, สภาวะการปลูก, และสภาวะในการขนส่งและการเก็บรักษา

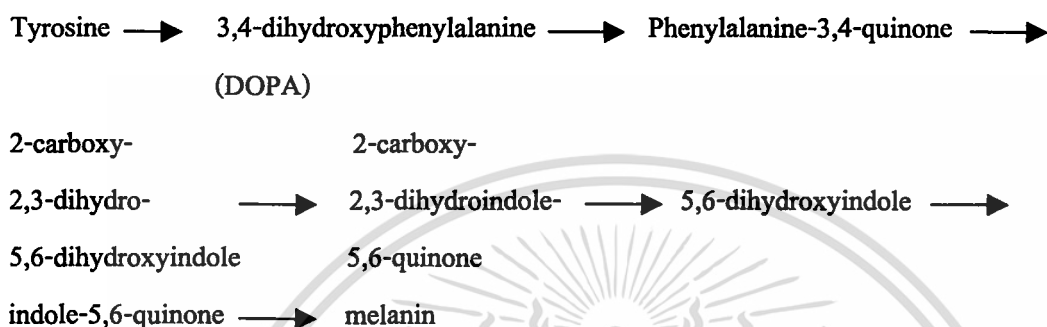
#### สาเหตุการเกิดสี

Smith (1967) ได้กล่าวว่าการเกิดสีในมันฝรั่งทอดเนื่องมาจากสภาพทางกายภาพหรือเนื่องจากการปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญ มีอยู่ 3 ประการด้วยกันคือ

1. **Enzymatic Browning** enzymatic browning จะเกิดขึ้นเมื่อเนื้อมันฝรั่งถูกหั่นหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปอกเปลือกซึ่งเกิดจากการออกซิเดชันของพวก phenolic compounds โดย enzyme phenolase สารตั้งต้น phenolic 2 ตัวหลักที่สำคัญที่พบในมันฝรั่งคือ chlorogenic acid และ amino acid tyrosine รูปแบบของตัวที่ถูกออกซิไดส์แล้วจะอยู่ในรูปของ เอ็นไซม์ แต่ผลของมันไม่ได้ทำให้สีเข้ม ผลของการออกซิไดส์ของ tyrosine จะทำให้สีเข้มขึ้นภายหลังที่เกิด melanin pigments ถ้าดับขั้นตอนการเกิด melanin จาก tyrosine แสดงตามขั้นตอนดังต่อไปนี้



2 ปฏิริยาแรกจะถูก catalyzed โดย Potato phenolase ส่วนขั้นตอนการเกิดที่เหลือจะเป็น nonenzyme (chlorogenic acid จะสามารถกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์) Tyrosine เป็นปัจจัยที่ค่อนข้างมีความสำคัญในการควบคุมของการเกิดสีโดย enzymatic browning การเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งพันธุ์ต่างๆก็จะแตกต่างกันในคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีระหว่างกระบวนการแปรรูป เช่น อาจเกิดสีน้ำตาลในช่วงภายหลังการทอด , เกิดสีน้ำตาลในช่วงทำการปอกเปลือก เป็นต้น ซึ่งปริมาณการเกิดสีน้ำตาลสามารถวัดได้ การเกิดสีน้ำตาลจะมากขึ้นอยู่กับจำนวนของ tyrosine ที่มีอยู่ ผลกระทบที่มีผลต่อการเกิด browning มีหลายอย่างด้วยกันเช่น อุณหภูมิ , วิธีการปฏิบัติ , ภาวะการเติบโตและการเก็บรักษา Clark et al ได้รายงานว่าในหัวมันฝรั่งจะมีปริมาณ polyphenol chlorogenic acid , a caffeic tannin เป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 0.095-0.150% ของน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งและจะมีมากในชั้นบางๆใน periderm tissue ซึ่งอยู่ถัดจากผิว Mapson et al ได้ทำการศึกษาความเกี่ยวข้องของดินและปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีส่วนช่วยในการควบคุมการเกิด browning ในมันฝรั่งพบว่าดินมีผลกระทบต่อ enzymatic browning และปริมาณ tyrosine น้อยกว่าปัจจัยทางภูมิอากาศ ในการทดลองควบคุมการให้น้ำพบว่าจำนวนการเกิด browning และจำนวน tyrosine จะเพิ่มขึ้นถ้าจำนวนในการให้น้ำต่อมันฝรั่งเพิ่มขึ้นเช่นกัน Mapson et al ได้ทำการศึกษาต่อไปว่า ปริมาณน้ำฝน และการลดการให้แสงอาทิตย์และอุณหภูมิ จะมีผลต่อการเกิด enzymatic browning

การเกิด enzymatic browning reaction ของมันฝรั่งจะแตกต่างกันอย่างชัดเจนสำหรับมันฝรั่งที่มีองค์ประกอบที่เป็นแร่ธาตุมาก กับ มันฝรั่งที่มีองค์ประกอบแร่ธาตุน้อยกว่าก่อนการเก็บเกี่ยว

ระดับของการเกิด enzymatic browning , tyrosine และ phenolase activity พบว่าจะลดลงเมื่อระดับของปฏิกิริยาโพแทสเซียม ที่ใช้กับต้นมันฝรั่งเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าปฏิกิริยาไนโตรเจนจะเป็นการเพิ่มปริมาณกรดอะมิโนที่ละลายได้ในมันฝรั่งแต่ปริมาณของ tyrosine กลับมีการลดลงเพียงตัวเดียว ปริมาณไนโตรเจนสูงๆจะไปมีผลต่อการเพิ่มการเกิด enzymatic browning ยกเว้นในกรณีที่มีปริมาณของโพแทสเซียมต่ำมากๆเท่านั้น

ความสัมพันธ์โดยตรงระหว่าง tyrosine และการเกิด browning พบว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปได้หลายรูปแบบ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะแวดล้อมด้วย enzymatic browning จะไม่ปรากฏให้เห็นเว้นแต่เซลล์ถูกหั่นหรือมีการลอกเปลือกเกิดขึ้น ซึ่งการที่เซลล์ถูกหั่นให้เป็นแผ่นจะเป็นตัวเร่งให้เกิด browning แต่ก็มีปัจจัยอื่นๆเป็นตัวช่วยในการเกิด browning เช่นกัน ตัวที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวหนึ่งก็คือ ascorbic acid. Grewal และ Sukumaran ได้รายงานว่าการปฏิบัติกับหัวมันฝรั่ง 2 พันธุ์ที่เจริญเติบโตใน Jullender และ Punjab โดยวิธี maleic hydrazide (MH) พบว่าปริมาณของ tyrosine ที่มีอยู่ และการเกิด enzymatic browning จะมีมากกว่าหัวมันฝรั่งที่ไม่ได้ทำการปฏิบัติโดยวิธีใดๆเลย การเก็บรักษาหัวมันฝรั่งใน 90 วันพบว่า enzymatic browning , พวก phenol และปริมาณ tyrosine จะมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับหัวมันฝรั่งที่มีการ treated จะต่างจากหัวมันฝรั่งที่ไม่มีการ treated ใดๆเลย ซึ่งภายหลังจากนั้นจะมีปริมาณของ dry matter เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของไขมันออกมามาจะลดลงทั้ง 2 พันธุ์ที่ทำการเก็บรักษาอยู่

2. nonenzymatic browning reaction มี 2 ปฏิกิริยาดังกันที่เป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลในกระบวนการแปรรูปของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด คือ

- Caramelization reaction
- Maillard reaction

ตามที่ Gray และ Hughes กล่าวไว้ว่าการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งโดยปฏิกิริยา caramelization จะเกิดขึ้นไม่บ่อยนักและไม่สำคัญ เพราะการเกิดปฏิกิริยานี้แต่ละครั้งต้องใช้พลังงานจำนวนมากในการเข้าร่วมทำปฏิกิริยา

ที่อุณหภูมิสำหรับการทอด (165 – 170 องศาเซลเซียส ) การเกิดปฏิกิริยา maillard จะเป็นไปอย่างรวดเร็วถ้ามีน้ำตาลและกรดอะมิโนรวมกันอยู่ ผลิตภัณฑ์ตัวแรกที่เกิดขึ้นจากการทำของปฏิกิริยา maillard จะอยู่ในรูปของ carbonyl compound ที่ไม่เสถียรซึ่งจะผันกลับได้ไปเป็นรูปของ complex melanoid ซึ่งเป็นตัวการในการเกิดสีในมันฝรั่ง ขั้นตอนการเกิดจะต้องผ่านปฏิกิริยา conjugation และตามด้วย ปฏิกิริยาการเกิด polymerization การเกิดสีน้ำตาลจะมากขึ้นเพียงใดไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนน้ำตาลและกรดอะมิโนที่มีอยู่เพียงอย่างเดียวแต่ขึ้นอยู่กับชนิดของการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีด้วย ปฏิกิริยาเคมีเหล่านี้จะโดนกระทบได้จากพวก pH , อุณหภูมิ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gray และ Hughes ได้ศึกษาจากแบบจำลองพบว่า อัตราการเกิดสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับ alpha – amino N แต่ไม่ได้ขึ้นกับปริมาณน้ำตาล ในทางปฏิบัติ alpha – amino N จะสามารถควบคุมได้ยากดังนั้นจึงไม่นิยมนำมาใช้ในการกำหนดอัตราของปฏิกิริยาหรือการเกิดสีน้ำตาล การเกิดสีน้ำตาลส่วนใหญ่แล้วถูกควบคุมโดยจำนวนของน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในมันฝรั่ง แต่จะยกเว้นในขณะที่มีอุณหภูมิสูงเพราะ sucrose จะ hydrolyzes ไปเป็นน้ำตาลเมื่อนั้นปริมาณ disaccharide จะเป็นตัวควบคุมในการเกิดสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดสีน้ำตาลและปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ที่พบมีการเปลี่ยนแปลงที่นำมาพิจารณาเช่นกัน

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดที่ยอมรับได้ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดให้สีที่สวยงามและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจะประมาณ 0.10% ของน้ำหนักฐานเปียก แต่ระดับที่สูงถึง 0.25% หรือสูงกว่านี้อาจยอมรับได้แต่ขึ้นอยู่กับวิธีการปรุงให้สุก Burton และ Wilson ได้รายงานว่าห้วมันฝรั่งที่อ่อนๆจะมีปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์และ sucrose ค่อนข้างสูง ซึ่งปริมาณ sucrose จะลดลงอย่างรวดเร็วในห้วมันฝรั่งที่เจริญเติบโตขึ้นและมันจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกครั้งตอนเก็บเกี่ยว ซึ่ง reducing sugars จะเพิ่มขึ้นมากกว่า sucrose ซึ่งเป็นผลที่เป็นไปได้จาก invertase activity ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมันฝรั่งที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ จะได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิ จากรายงานกล่าวไว้ว่าปริมาณน้ำตาลจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ของมันฝรั่งที่แตกต่างกันด้วย มีการแสดงว่า มันฝรั่งที่ได้รับการเอาใจใส่เป็นอย่างดีแล้วจะทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงอย่างรวดเร็วกว่ามันฝรั่งที่ไม่ได้รับการเอาใจใส่ กระบวนการปฏิบัติที่ดีสำหรับมันฝรั่งหลังจากระยะการเก็บรักษา พบว่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับปริมาณที่น้อยลงของ sucrose ขณะที่เก็บเกี่ยว ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของ sucrose และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ขณะที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บรักษายังไม่มีการศึกษาค้นข้อมูลอย่างสมบูรณ์มากนัก แม้ว่า invertase activity เป็นเหตุสำคัญของน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วขณะที่ทำการเก็บเกี่ยวแต่ไม่ใช่ตัวสำคัญ ขณะที่ทำการเก็บรักษา Schwimmer et al. ได้ทำการสังเกตว่า จะไม่มี invertase activity ในการเก็บเกี่ยวของมันฝรั่งที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ ๆ (พันธุ์ rose) แต่หลังจากการเก็บในที่เย็นเป็นเวลานาน พบว่าเกิด invertase activity เกิดขึ้น ระดับของน้ำตาลรีดิวซ์ในห้วมันฝรั่งจะสามารถควบคุมได้โดยใช้การเก็บที่มีการควบคุมอุณหภูมิ มันฝรั่งที่มีระดับน้ำตาลสูงสามารถปรับปรุงได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ (การควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษาจะไม่มีผลกับทุกพันธุ์ของมันฝรั่ง)

ปริมาณ ascorbic acid จะมีบทบาทในการเกิดสีน้ำตาลของมันฝรั่ง แผ่นมันฝรั่งที่แช่ใน ascorbic acid จะเกิดสีน้ำตาลเมื่อทำการทอด ในห้วมันฝรั่งเองก็มีปริมาณของ ascorbic acid เช่นกัน แต่มีไม่สูงเพียงพอที่เป็นเหตุทำให้เกิดการไม่ยอมรับของการเกิดสีน้ำตาลของมันฝรั่งได้

3. After – cooking Blackening จะเกิดปฏิกิริยาหลังจากการปรุงให้สุกของมันฝรั่งโดยเฉพาะห้วมันฝรั่งที่มีความไวต่อการต้มและการใช้ไอน้ำ

pigment ที่เปลี่ยนสีจะอยู่ในรูป complex ของ chlorogenic acid และเหล็ก ในขณะที่ทำให้สุก และการออกซิไดซ์ในช่วงการทำให้เย็นซึ่งจะเกิดเป็น complex ของ ferri-dichlorogenic acid Gray และ Hughes มีข้อมูลว่า pigment สามารถถูกกระทบได้จาก pH และการแสดงเป็น chelating agents ตามธรรมชาติของสารที่มีอยู่ เช่นพวก citric acid , malic acid และ phosphat ในห้วมันฝรั่ง การกระจายขอบเขตการเกิดสีน้ำตาลมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ chlorogenic acid และ citric acid มีการรายงานว่าการเกิด after-cooking blackening จะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ดิน , ปุ๋ย , ฤดูกาล และอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อโปแตสเซียม รวมทั้งความเย็นของฤดูที่ขึ้นและ เป็นต้น มีการพบว่าสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้ห้วมันฝรั่งมีความไวต่อการเกิด after-cooking blackening แตกต่างกัน ความแตกต่างของ chlorogenic acid ที่มีมากและ ปริมาณcitric acid ที่มีเพียงเล็กน้อย ระดับของกรดสองตัวนี้จะมีผลมาจากดินและฤดูกาล มันฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ กันจะมีปริมาณของ citric acid แตกต่างกันด้วย Hughes และ Evans ได้แสดงว่ามันฝรั่งที่มีการเจริญเติบโตบนดินที่ organic matter สูงแต่มีโปแตสเซียมต่ำจะให้สีน้ำตาลเข้มมากกว่าห้วมันฝรั่งที่ปลูกในดินที่มี organic matter ต่ำ แต่มีโปแตสเซียมสูง ซึ่งดินเหล่านี้จะมีกรดซิตริกต่ำ

จากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ถึงบทบาทของ chlorogenic acid และ citric acid พบว่า จำนวนของสารทั้ง 2 ตัวนี้จะเป็นผลเนื่องจาก ชนิดของพันธุ์ ภาวะสิ่งแวดล้อม และแสงบางชนิดจะมีผลต่อโปแตสเซียมและไนโตรเจนมีผลทำให้เกิดสีเข้มขึ้นในมันฝรั่ง สรุปแล้วเราจะต้องทำการเลือก ชนิดห้วมันฝรั่งที่มี chlorogenic acid ในระดับที่ต่ำ จะช่วยลดการเกิด after-cooking blackening และ เลือกใช้ปุ๋ยที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจนและโปแตสเซียมอย่างเหมาะสม มีความเป็นไปได้ในบทบาทหน้าที่ของเหล็กที่จะเป็นสาเหตุในการเกิด after-cooking blackening

นอกจาก ปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดสีที่ไม่ต้องการในแผ่นมันฝรั่งทอดแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆอีกที่มีผลกระทบทำให้เกิดสีที่ไม่ต้องการในแผ่นมันฝรั่งทอดได้อีก คือ

**ผลกระทบเนื่องมาจากอุณหภูมิในการเก็บรักษา** อุณหภูมิในการเก็บรักษามันฝรั่งจุดประสงค์ของการเก็บรักษามันฝรั่งเพื่อที่จะให้อยู่ในสภาพเหมาะแก่การรับประทาน และเก็บไว้ใช้ได้ตลอดปี โดยไม่เน่าเสีย และไม่ออกน้ัน Smith (1967) กล่าวว่า ถ้าเก็บรักษามันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิระหว่าง 40-50 องศาฟาเรนไฮด์ จะมี reduce sugar เพิ่มมากขึ้น ได้มีผู้พบว่า ณ อุณหภูมิ 46 องศาฟาเรนไฮด์ จะมี reduce sugar และน้ำตาลชนิดอื่น ๆ สะสมอยู่ในห้วมันมาก แต่ Wringht (1932) กล่าวว่า มันฝรั่งหลายพันธุ์จะมีปริมาณน้ำตาลสะสมเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณร้อยละ 2 เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 41 องศาฟาเรนไฮด์ นอกจากนี้ Smith ยังพบว่าน้ำตาลในห้วมันฝรั่งยังถูกสร้างขึ้นได้ ณ อุณหภูมิสูงๆ คือ เกินกว่า 90 องศาฟาเรนไฮด์ขึ้นไปด้วยดังนั้น การเก็บมันฝรั่งในที่อุณหภูมิสูงๆ จึงไม่ดีเช่นกัน และเขาได้สรุปว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันฝรั่งที่จะใช้ทำมันฝรั่งทอดแล้วให้มีสีเป็นที่พอใจนั้นควรเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาฟาเรนไฮต์

ปริมาณ reducing sugar มีส่วนสัมพันธ์กับความเข้มของสีมันฝรั่งทอดมาก Morris ได้กล่าวว่า มันทอดที่มีสีเหลืองอ่อนจะต้องทำจากหัวมันฝรั่งที่มี reducing sugar 3 มิลลิกรัมต่อปริมาตรของน้ำมันฝรั่งที่บีบออกมา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือต่ำกว่านี้ มันฝรั่งทอดจะมีสีเข้มมากขึ้นเมื่อน้ำที่บีบออก จากหัวมันฝรั่งมีปริมาณ reducing sugar ในระดับสูง ส่วน Brown กล่าวว่า มันฝรั่งที่เหมาะสมในการ ใช้ทำ มันฝรั่งทอด ควรจะมีปริมาณน้ำตาลประมาณร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักทั้งหมด Whiteman and Wright ได้พบว่ามันทอดที่ให้สีที่ดีต้องการที่สุดจะต้องทำจากมันฝรั่งที่มี reducing sugar ประมาณร้อยละ 0.18 และมันทอดที่สีเข้มจนไม่เป็นที่ยอมรับโดยมากจะมีน้ำตาล reducing ร้อยละ 0.92 นอกจากนี้ ระยะเวลาในการเก็บรักษามีส่วนเกี่ยวข้องกับสีของมันฝรั่งทอดด้วย ถ้าเก็บมันฝรั่งไว้นานมันฝรั่งทอด จะมีเข้มกว่ามันฝรั่งทอดที่เก็บไว้ในระยะสั้น

ผลกระทบเนื่องมาจากความชื้นในดิน มันฝรั่งที่ขาดความชื้นหรือการให้น้ำที่ไม่เพียงพอจะมี ผลทำให้แผ่นมันฝรั่งทอดมีสีเข้มกว่ามันฝรั่งที่มีความชื้นหรือการให้น้ำที่เพียงพอ มันฝรั่งที่มีการให้น้ำ อย่างสม่ำเสมอจะทำให้มันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ถ้าให้น้ำมากเกินไปโดยเฉพาะปลายฤดูของการ เพาะปลูกจะเป็นเหตุให้มันฝรั่งมีความถ่วงจำเพาะต่ำ Smith พบว่า มันฝรั่งที่มีการให้น้ำดีจะมีความถ่วง จำเพาะ 1.068 ส่วนพวกที่ขาดน้ำหรือการให้น้ำที่ไม่เหมาะสมจะมีความถ่วงจำเพาะ 1.061 และเขายัง ได้ กล่าวเสริมอีกว่า การรักษาดินให้มีความชื้นอยู่เสมอในขณะที่อากาศร้อน จะช่วยลดอุณหภูมิของดินลง และเป็น การช่วยให้มันฝรั่งมีความถ่วงจำเพาะสูงขึ้นด้วยและช่วงที่สำคัญที่สุดในการให้ความชื้นคือ ช่วงหัวมันฝรั่งเข้าสู่ระยะแก่ตัว

มันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูงจะให้ผลผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่ามันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะ ต่ำ เพราะความถ่วงจำเพาะต่ำจะมีผลทำให้ แผ่นมันฝรั่งทอดมีสีที่ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากการอบของ แผ่นมันฝรั่งขณะทำการทอด

ผลกระทบเนื่องมาจากความแก่อ่อนของมันฝรั่ง มันฝรั่งที่แก่จัดจะให้สีของแผ่นมันฝรั่งทอดที่มี สีอ่อนกว่าที่ได้มาจากมันฝรั่งที่ยังไม่แก่เต็มที่ การปล่อยให้แก่อย่างช้าๆ อาหารจากส่วนใบและลำ ต้น จะเคลื่อนลงไปอยู่ที่ส่วนหัว ซึ่งมักเป็นรูปของน้ำตาลแล้วน้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นแป้ง ซึ่งผลทำให้ ความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นตามที่เราร้องการได้ นอกจากนี้ยังเชื่อว่าสีที่เกิดจากมันฝรั่งที่ไม่แก่เนื่องมาจาก จะมีสารประกอบ carotenoid ซึ่งไม่ละลายน้ำจึงทำให้ไม่สามารถกำจัดได้โดยการล้างมันฝรั่งด้วยน้ำ ก่อนนำไปทอด

ผลกระทบเนื่องจากการใช้ปุ๋ย ชนิดของโพแทสเซียมในปุ๋ยจะมีอิทธิพลต่อสีของแผ่นมันฝรั่ง ทอดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น Murphy และ Goven พบว่า ซัลเฟตของโพแทสเซียมจะให้แนวโน้มของสีของ แผ่นมันฝรั่งทอดเข้มขึ้นมากกว่า โพแทสเซียมคลอไรด์ Smith พบว่า 1 ปีของการใช้ โพแทสเซียมคลอ

โรคจะให้ผลในการทำให้สีของแผ่นมันฝรั่งทอดอ่อนลง และในปีต่อไปเมื่อได้รับโพแทสเซียมซัลเฟต ซึ่งเป็นแหล่งของโพแทสเซียม ก็พบว่า แผ่นมันฝรั่งทอดมีสีอ่อนลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในปีนี้ 3 ผลที่ได้จากการแตกตัวของโพแทสเซียมซัลเฟตโรคก็ยังคงยังมีผลต่อการทำให้สีของแผ่นมันฝรั่งทอด แต่การได้รับโพแทสเซียมซัลเฟตจะไม่ได้ช่วยปรับปรุงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดอีก Furphy and Goven พบว่าการให้น้ำในโตรเจน เพิ่มขึ้นจาก 90 lb ไปเป็น 210 lb ต่อ เอเคอร์ จะทำให้สีของแผ่นมันฝรั่งทอดเข้มขึ้นด้วย Hart และ Smith พบว่ามันฝรั่งที่ได้รับฟอสเฟตที่เป็นไอโซโทรปของรังสีมีสีที่อ่อนตามต้องการ Clegg and Chapman พบว่ามันฝรั่งที่ปลูกในไร่ที่ขาดความอุดมสมบูรณ์จะให้ผลผลิตของแผ่นมันฝรั่งทอดที่มีสีอ่อนตามความต้องการในระดับที่ต่ำเป็นผลเนื่องมาจาก การทำให้ต้นตายเร็วเกินไปและหัวมันฝรั่งที่ไม่แก่เต็มที่

### การปรับปรุงสีของแผ่นมันฝรั่งทอด

เป็นการยากในการทำให้สีของแผ่นมันฝรั่งอ่อนตามความต้องการ โดยที่ไม่ผ่านกระบวนการ treat แผ่นมันฝรั่ง มีวิธีการปฏิบัติที่พบว่าสามารถทำให้แผ่นมันฝรั่งทอดมีสีดีขึ้นได้ ดังนี้

- Patton ได้สกัดสารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากแผ่นมันฝรั่งในสารละลายร้อนของเกลือ alkaline

- Smith ได้ treated แผ่นมันฝรั่ง ในสารละลายร้อนของ Sodium bisulfate หรือ สารละลายที่ผสมกันของ Sodium bisulfite , citric acid , phosphoric acid

- Xander ได้จุ่มแผ่นมันฝรั่งในอ่างซัลเฟอร์ไดออกไซด์

- White man แช่แผ่นมันฝรั่งในไฮโดรคลอริก เจือจาง

- Dexter , Salunkhe และ Townsley ได้ treat แผ่นมันฝรั่งในน้ำร้อน

- Dexter และ Salunkhe ได้ treat แผ่นมันฝรั่งกับสารละลายไฮโดรคลอริก และ กรดฟอสฟอริก

- Smith ได้ treat แผ่นมันฝรั่งในสารละลายของ glucose- oxidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนกลูโคสไปเป็น gluconic acid ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยาสีน้ำตาล

ผลจากการทดลองดังเช่นตัวอย่างข้างบนแสดงให้เห็นว่ามีความน่าจะเป็นว่าถ้าเราทำการ treatment แล้ว น่าจะลดผลิตภัณฑ์ของแผ่นมันฝรั่งที่มีสีเข้มลงได้ วิธีที่ดีที่สุดในการทำแล้วแต่เหตุผลในการนำมาใช้งาน

### การปรับปรุงสีโดยผ่านขั้นตอนการใช้ไมโครเวฟ

แผ่นมันฝรั่งที่ใช้วิธีการทอดตามแบบธรรมดาจะทำให้ความชื้นลดลง อย่างไรก็ตามสีของแผ่นมันฝรั่งที่มี reducing sugar สูงเวลาทอดจะทำให้มีสีเข้ม มันฝรั่งที่เราทราบอยู่แล้วว่ามี reducing sugar สูงให้แบ่งบางส่วนมาทอด บางส่วนมาเข้า tunnel heat บางส่วนนำมาเข้าไมโครเวฟ หรือนำมาให้ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอินฟราเรด ซึ่งความร้อนเหล่านี้จะให้ความชื้นลดลงได้ที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮด์ หรือต่ำกว่านี้ ความชื้นของแผ่นมันฝรั่งที่ได้รับความร้อนจากอุโมงค์จะลดลงและช่วยไม่ให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่สูงกว่า 250 องศาฟาเรนไฮด์ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลซึ่งทำให้สีของแผ่นมันฝรั่งเข้มขึ้น และขึ้นกับเวลาที่ใช้ด้วย เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดเป็นปัจจัยที่สำคัญมากเพราะความชื้นที่เราต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์ตามต้องการในการทำแห้งของอุโมงค์ความร้อนใช้เวลาเพียงแค่ 3-4 นาทีเท่านั้น การเคลื่อนที่ของอากาศรอบแผ่นมันฝรั่งมีความสัมพันธ์ในการลดความชื้นเช่นกัน

การทำแห้งโดยใช้อินฟราเรด ให้ผลคล้ายกับการใช้อากาศร้อนในอุโมงค์ การเคลื่อนที่ของอากาศเป็นสิ่งจำเป็นในการลดความชื้นถ้าการหมุนเวียนในอากาศลดลงเวลาในการทำแห้งก็นานขึ้น เวลาในการทำแห้งประมาณ 10 นาที หรือนานกว่านั้นจะมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของแผ่นมันฝรั่งเปลี่ยนไปคือ เนื้อสัมผัสจะแข็งเหนียวหยาบกระด้างแต่ถ้า เวลาในการทำแห้งน้อยก็จะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของแผ่นมันฝรั่ง

การใช้พลังงานไมโครเวฟต่อกระบวนการแปรรูปแผ่นมันฝรั่งทอดเป็นสิ่งใหม่ ผลของการทดลองในห้องทดลอง โดยวิธีการแบบ batch และการทดลองทำในอุตสาหกรรมแบบต่อเนื่อง พบว่าวิธีการนี้ทำให้แผ่นมันฝรั่งทอดที่ได้เป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมแผ่นมันฝรั่งทอด ซึ่งเป็นที่ยอมรับมากกว่า 20 ปีแล้ว Davis , Smith ,Olander and O'meara ได้รายงานว่าการใช้กระบวนการไมโครเวฟกับแผ่นมันฝรั่งทอดทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีตามที่ต้องการ ปฏิกริยา reducing sugar และ amino acid เมื่อโดนความร้อนจะอยู่ในรูปที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในแผ่นมันฝรั่งทอด ความชื้นระหว่างการทอด ลดต่ำกว่า 6-8 % และถ้าแผ่นมันฝรั่งมี reducing sugar อยู่ด้วยก็จะทำให้อัตราการเกิดสีน้ำตาลเร็วขึ้น การใช้เตาไมโครเวฟทำให้มีความเป็นไปได้สำหรับแผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำให้มีความชื้น 6-10 % จากการทดลองใช้เตาไมโครเวฟที่ความถี่ 915 mc และ 2450 mc ซึ่ง 2 ความถี่นี้จะเป็นที่นิยมกันในการใช้ความถี่ของเตาไมโครเวฟที่ 915 mc จะให้ผลผลิตของแผ่นมันฝรั่งทอดที่เสร็จแล้วประมาณ 700-800 lb ต่อ 1 ชั่วโมง มันฝรั่งที่มี 0.75% glucose สามารถนำมาทำแผ่นมันฝรั่งทอดได้เป็นที่ยอมรับถ้าความเข้มข้นของกลูโคสมากกว่านี้แล้วแผ่นมันฝรั่งทอดจะมีสีเข้มขึ้น ไม่เป็นที่ยอมรับขณะเดียวกันปริมาณความชื้นที่สูญเสียไปก็มีปริมาณสูงด้วยขณะที่ผ่านอุโมงค์ความร้อน มันฝรั่งที่มีปริมาณกลูโคสสูงกว่า 0.25% สามารถนำมาผสมกับมันฝรั่งที่มี 0% glucose เมื่อนำบางส่วนมาทอดหรือนำมาผ่านกระบวนการไมโครเวฟ พบว่าจะให้สีของแผ่นมันฝรั่งออกตามความต้องการ แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟพบว่าปริมาณการอมน้ำมันจะน้อยกว่าการทอดแบบธรรมดา แผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำมาจากหัวมันฝรั่งที่มี Specific gravity ต่ำพบว่าจะให้ลักษณะ oiliness ต่ำ เมื่อผ่านกระบวนการไมโครเวฟแทนการทอดตามแบบธรรมดา ปริมาณความชื้นของแผ่นมันฝรั่งที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟสูงกว่าเล็กน้อย เมื่อเทียบกับแผ่นมันฝรั่งที่นำมาทอดแบบธรรมดาการที่ความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจะ ไม่ทำให้เนื้อสัมผัสเสียหายไป แต่จะกลับช่วยทำให้ความเหนียวของแผ่นมันฝรั่งช้าลง แผ่นมันฝรั่งทอดจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นอยู่ประมาณ 5.4% และมีพวกไขมันเฉลี่ย 2.3% ในแผ่นมันฝรั่งทอดที่ได้ผ่านกระบวนการไมโครเวฟและ 1.9% หลังจาก packaging การลดความชื้นลงหลังจากการออกมาจากเตาไมโครเวฟเป็นเหตุมาจากการที่ latent heat ที่มีอยู่ถูกสะสมอยู่ในแผ่นมันฝรั่งซึ่งจะช่วยรักษาการเคลื่อนที่ของไอน้ำไปยังผิวหน้าของแผ่นมันฝรั่งระหว่างการทำเย็น Blau ใช้ไมโครเวฟที่ความถี่ 2450 mc ในการทำแห้งของแผ่นมันฝรั่งพบว่าแผ่นมันฝรั่งที่ทำแห้งโดยวิธีนี้จะให้สีของแผ่นมันฝรั่งทอดอ่อนตามความต้องการได้ ความชื้นถูกลดลงน้อยกว่า 2 %และไม่ทำให้น้ำมันเกิด Degradation หรือไม่ทำให้อายุการเก็บรักษาของแผ่นมันฝรั่งสั้นลง ปริมาณน้ำมันของแผ่นมันฝรั่งมีความสำคัญเช่นกันและช่วยให้รสชาติเป็นปกติ Blau et al ได้ทำการเปรียบเทียบการปรับปรุงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟและแบบการทอดแบบธรรมดา พบว่าแผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟจะมี free fatty acid น้อยกว่าการทอดแบบธรรมดาซึ่งจะช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น Olsen and Draken ได้รายงานว่แผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการทำแห้งโดยกระบวนการไมโครเวฟจะมีช่วงอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าและมีรสชาติที่ขอบมากกว่าเมื่อทำการทดสอบแบบโดยใช้ผู้ชิม ซึ่งจะมากกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการทอดในน้ำมัน การหมิ่นเหม่จะถูกยืดเวลาออกไปและกรดไขมันอิสระจะมีน้อยในการทำแห้งโดยผ่านกระบวนการไมโครเวฟ มีสายคาร์บอนยาวจำนวนมากในรูปแบบของ aldehydes เมื่อแผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟถูกเก็บไว้ประมาณ 6 เดือน และสายคาร์บอนสั้นๆ จำนวนเล็กน้อยที่อยู่ในรูปของ aldehyde จากการทดลองของ Smith สรุปได้ว่าไมโครเวฟสามารถนำมาใช้ในการทำแห้งของแผ่นมันฝรั่งทอดได้ตามความต้องการซึ่งจะมีข้อดีดังนี้คือ

- 1) ใช้กับมันฝรั่งที่มีปริมาณน้ำตาลสูงถ้าทอดตามธรรมดาจะมีผลทำให้สีของแผ่นมันฝรั่งสีเข้มขึ้น
- 2) มันฝรั่งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียและเพิ่มผลผลิตของแผ่นมันฝรั่งที่ต้องการได้
- 3) ถูกลดที่มันฝรั่งมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำลงก็สามารถใช้วิธีนี้ได้
- 4) ใช้ได้กับมันฝรั่งที่ใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวนานและมันฝรั่งที่เก็บไว้นานภายหลังการเก็บเกี่ยว
- 5) ใช้ได้ดีกับมันฝรั่งที่เก็บในสถานะที่ไม่เหมาะสม เช่น เก็บในห้องเย็นที่ไม่ได้มาตรฐานเนื่องจากประหยัดค่าใช้จ่าย
- 6) ใช้ได้ดีกับมันฝรั่งที่เก็บที่อุณหภูมิที่ไม่ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการงอกของต้นอ่อนทั้งภายนอกและภายใน
- 7) ใช้ได้กับมันฝรั่งที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำและความชื้นสูงจะช่วยลดการเกิด blackspot ได้
- 8) ใช้ได้กับมันฝรั่งที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำที่จะช่วยลดหรือป้องกันการเกิดพื้นที่จุดที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำตาลสูงของมันฝรั่งหลังจากการเก็บมันฝรั่งที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ๆ

- 9) การทอดโดยวิธีธรรมดาที่มีปัญหาเรื่องของสีที่เข้มขึ้น
- 10) จะช่วยลดหรือกำจัดปรับปรุงซึ่งให้ได้แผ่นมันฝรั่งทอดที่มีผลตามที่ต้องการแน่นอน
- 11) เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งสำหรับผู้ปฏิบัติเกี่ยวกับการทำแผ่นมันฝรั่งทอด
- 12) การเพิ่มอัตราการผลิตรกระทำได้ทั้งการผลิตแบบต่อเนื่องและการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง
- 13) สามารถลดจำนวนแรงงานลงได้
- 14) เป็นการปรับปรุงคุณภาพแผ่นมันฝรั่งทอดให้ได้ตามความต้องการ
- 15) ยืดอายุการเก็บรักษาของแผ่นมันฝรั่งที่ผ่านการบรรจุมาแล้ว
- 16) สามารถแข่งขันทางการขายทั้งปลีกและขายส่ง

### ปริมาณน้ำมันในแผ่นมันทอด (Oil Content of Chips)

ปริมาณน้ำมันที่ดูดไว้ในชิ้นมันทอดมีความสำคัญต่อผู้ผลิตมาก เพราะน้ำมันจัดเป็นส่วนประกอบที่ราคาสูง ซึ่งจะเป็นปัจจัยอันหนึ่งที่ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นด้วย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของผู้ผลิตจึงมุ่งที่จะให้มีน้ำมันค้างอยู่ในชิ้นมันทอดน้อยที่สุด นอกจากน้ำมันจะเป็นปัจจัยที่ทำให้ราคาผลิตภัณฑ์สูงขึ้นแล้วยังจะเป็นปัจจัยทำให้มันฝรั่งทอดมีลักษณะชุ่มน้ำมัน และไม่เป็นที่ต้องการของผู้ที่บริโภคอีกด้วย ข้อเสียอีกประการหนึ่งของน้ำมันในมันทอดที่มีปริมาณน้ำมันในชิ้นมันสูง จะทำให้อกและรสเสื่อมเสียได้เร็วขึ้นด้วย Mookherjee et al. (1956) แต่ถ้ามันทอดมีปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้ต่ำเกินไป จะเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ขาดกลิ่นรสที่ดี ดังนั้นจึงสมควรที่จะได้ศึกษาว่าปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดนี้ควรจะมีอยู่ประมาณเท่าใด จึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีกลิ่นและรสดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และไม่ทำให้ราคาสูงจนเกินไป

ปริมาณน้ำมันในมันทอดนี้ Smith (1967) ได้กล่าวว่าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ คือ

ความถ่วงจำเพาะหรือน้ำหนักแห้งของมันฝรั่ง Whiteman & Wright (1949) พบว่าเมื่อความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำมันในมันทอดจะลดลง ซึ่งเขาได้อ้างถึงผลการทดลองของ Kunkel ในปี 1951 ที่แยกมันฝรั่งออกเป็น 2 พวก ตามความถ่วงจำเพาะ พวกที่มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.0916 เมื่อทำมันทอดแล้วจะมีปริมาณน้ำมันถูกดูดซับอยู่ร้อยละ 32.64 ส่วนพวกที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำ 1.0777 จะมีปริมาณน้ำมันอยู่ร้อยละ 37.05

วิธีการเตรียมมันฝรั่งเพื่อทำมันฝรั่งทอดมีผลเกี่ยวกับปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดดังเช่นการทำให้ชิ้นมันฝรั่งแห้งก่อนทอด จะช่วยให้ปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดต่ำลง มันฝรั่งที่มีความชื้นต่ำจะมีปริมาณน้ำมันถูกดูดซับอยู่ในชิ้นมันทอดต่ำ ชิ้นมันที่หั่นแล้วนำไปตากแห้งประมาณ 10 นาทีหรือนานกว่านี้ เพื่อให้ความชื้นลงไปประมาณร้อยละ 25 พบว่าเมื่อนำมาทอดจะดูดซับน้ำมันไว้น้อยลงประมาณร้อยละ 6-8 แต่ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดลดลงปริมาณผลผลิตของมันทอดก็จะลดลง

ด้วย Smith (1967) นอกจากนี้ Stutz & Burris (1948) พบว่า เมื่อนำไขมันฝรั่งสดที่หั่นแล้วจุ่มลงในน้ำเกลือที่เข้มข้นร้อยละ 7.5 เป็นเวลาประมาณ 2 นาที ที่อุณหภูมิ 185 องศาฟาเรนไฮด์ จะทำให้มันทอดดูดซับน้ำมันไว้น้อยลง แต่ยังคงให้กลิ่นรสของมันฝรั่งทอดเป็นที่พอใจแก่ผู้บริโภค นอกจากนี้ความหนาของไขมันมีผลต่อปริมาณน้ำมันในมันทอดดังที่ Burton (1966) ได้กล่าวไว้ตามวิทยานิพนธ์ชั้นคุณวุฒิตักษิณของ R.N. Johnson ที่เสนอต่อมหาวิทยาลัย Ohio พบว่าเมื่อความหนาของไขมันบางลง การดูดซับน้ำมันจะเพิ่มขึ้นดังมีตัวเลขแสดง

ความหนาของไขมัน (นิ้ว)	1/12	1/15	1/18	1/21	1/24
------------------------	------	------	------	------	------

ร้อยละของน้ำมันที่ดูดซับไว้ 43.85, 44.68, 46.81, 47.61, 49.93 และปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับอยู่จริง ๆ จะมีร้อยละ 37-38 ในทุก ๆ กรณี ส่วนที่เกินจากนี้จะเป็นส่วนที่ติดอยู่ตามผิวหน้าของไขมันฝรั่ง ซึ่งอาจจะกำจัดออกได้บ้าง

ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอดมันฝรั่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำมันในไขมันฝรั่ง แม้จะเป็นเพียงปัจจัยรองก็ตาม Vandervet (1968) กล่าวว่า น้ำมันที่เหมาะสมในการทอด (deep frying) ควรเป็นน้ำมันที่ใช้เพื่อการหุงต้ม และใช้เพื่อการทอดโดยตรงควรจะเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ น้ำมันที่ใช้เพื่อการทอดดีที่สุดควรจะเป็นน้ำมันพืชที่ไฮโดรจิเนตแล้ว (hydrogenated vegetable fats) จากผลการทดลองของ Woodruff & Blunt (1919) พบว่ามันฝรั่งทอดที่ทอดด้วยน้ำมันหมูจะมีปริมาณน้ำมันดูดซับอยู่ในไขมันมากกว่ามันฝรั่งที่ทอดด้วยน้ำมันพืช เช่น Wesson oil แต่ Treadway (1959) ได้กล่าวว่าการทอดด้วยน้ำมันหมูจะช่วยให้กลิ่นของมันทอดดีขึ้น นอกจากนี้ยังได้มีการทดลองทอดมันฝรั่งด้วยน้ำมันพืชหลายชนิด เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดฝ้าย ซึ่ง King et al., (1936) ได้สรุปว่า การดูดซับน้ำมันในไขมันทอดจะอยู่ในปริมาณใกล้เคียงกัน

อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดมันฝรั่ง เป็นปัจจัยภายนอกที่สำคัญในการจะทำให้มันทอดมีคุณภาพดี ซึ่งโดยปกติแล้วถ้าอุณหภูมิขณะทอดมันฝรั่งสูง จะทำให้การดูดซับน้ำมันในไขมันฝรั่งต่ำเพราะขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของน้ำมันจะต่ำ จึงทำให้มีน้ำมันส่วนน้อยที่จะถูกดูดไว้ได้ในเวลาจำกัด อุณหภูมิในการทอดมันอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ตามปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่ง ถ้าหัวมันฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลสูง ช่วงของอุณหภูมิในการทอดจะแคบลงและลดต่ำลง Smith (1967)

ระยะเวลาในการทอดมันฝรั่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันในมันทอดตามปกติถ้าไขมันแช่อยู่ในน้ำมันเป็นเวลานานย่อมจะดูดน้ำมันไว้ได้มาก ดังนั้น ถ้าใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำจะต้องใช้เวลาทอดนานจึงจะทำให้มีน้ำมันอยู่ในไขมัน ซึ่งก็เป็นจุดที่ควรจะศึกษาว่าควรจะทอดมันที่อุณหภูมิใดจึงจะเหมาะสมคือ ให้ทั้งสีมันทอดดี และมีปริมาณน้ำมันอยู่พอเหมาะที่จะให้รสกลิ่นเป็นที่พอใจผู้บริโภค

๘๘๖๖๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด (Flavor of Potato Chips)

กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอดมีความสำคัญเช่นเดียวกับอาหารทั้งหลาย ก็ควรมีกลิ่นและรสดีเป็นที่พอใจของผู้บริโภค Smith (1967) ได้กล่าวว่า กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอดเป็นเรื่องยุ่งยากซับซ้อนที่จะทำการวิเคราะห์และอธิบายมากกว่ากลิ่นและรสของมันฝรั่งต้มหรือมันฝรั่งเผา (baked potatoes) หรือมันบด (mashed potatoes) Domseifer & Powers.(1963) ได้กล่าวว่าในระยะแรกเชื่อว่าสารประกอบพวก volatile carbonyl compounds ทั้งหมดเป็นตัวก่อให้เกิดกลิ่นไม่ดีหรือกลิ่นพิษในมันฝรั่งทอด ซึ่งเขาได้ใช้ Gas-liquid chromatography แยกสารที่ให้กลิ่นเหล่านั้นออกมาได้หลายอย่างด้วยกัน คือ ethanal, propanal, 2-propanone, n-butanal, 2-pentanone, 2,3-butanedione, 2-hexanal, n-heptanal และ 2-heptenal และเขายังกล่าวว่าในปี 1964 Calderon ได้ศึกษาถึงเรื่องกลิ่นของมันฝรั่งทอดและให้ข้อคิดว่ากลิ่นของมันฝรั่งทอดมีส่วนเกี่ยวข้องกับน้ำมันที่ใช้ทอด และกลิ่นของมันฝรั่งทอดทั้งหมดนั้นเกิดจากสารประกอบ melanoidins และสารที่ทำให้เกิดกลิ่นและระเหยได้ (volatile characteristic odor) ต่อมา Mookhejee et al., (1965) ได้พบว่า carbonyl compound เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด ซึ่งมี monocarbonyl compound ถึง 18 ชนิดที่มีส่วนทำให้เกิดกลิ่นรสในมันฝรั่งที่ทอดเสร็จใหม่ ๆ (fresh potato chips) และมี monocarbonyl compound 19 ชนิด ที่ประกอบกันเป็นกลิ่นและรสของมันฝรั่งทอดที่เริ่มมีกลิ่นไม่ดี คือมีกลิ่นสาบหรือเหม็นหืน (stale chips) และเขายังได้พบอีกว่าปริมาณของ monocarbonyl compound นี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในมันฝรั่งทอดที่เริ่มมีกลิ่นรสไม่ดี ดังแสดงในตารางที่ 1

### ตารางที่ 1

**Monocarbonyl compounds identified in Potato chips**

Carbonyl compds	Fresh (moles/kg)	Stale (mole/kg)
Pentanal	1.0	1.8
Hexanal	1.0	3.4
Heptanal	0.3	0.5
Octanal	0.1	0.2
Nonanal	0.2	0.1
2-Propanone	1.9	4.4
2-Butanone	1.8	2.2
2-Pentanone	0.8	4.0
2-Hexanone	0.4	0.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2-Heptanone	0.1	0.3
2-Octanone	0.2	0.3
2-Nonanone	0.1	0.1
2-Hexanal	0.0	0.2
2-Heptanal	0.1	0.9
2-Octenal	0.1	0.8
2-Nonanal	0.1	0.3
2-Decanal	0.1	0.2
2-Undecanal	0.1	0.2
2, 4 Decadienal	10.1	1.6
	18.4	22.4

ที่มา นายประดิษฐ์ สายสนิท “ชนิดพันธุ์มันฝรั่งในประเทศไทย” วิทยานิพนธ์ พ.ศ. 2515

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า 2, 4-decadienal เป็นสารประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นในมันฝรั่งทอดที่ทอดเสร็จใหม่ ๆ เพราะมีปริมาณสูงที่สุด ส่วนสารประกอบตัวที่ทำให้มีกลิ่นหืนได้แก่ Hexanal, 2-Propanone และ 2-Pentanone ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าในส่วนประกอบที่อยู่ในมันฝรั่งที่ทอดเสร็จใหม่ ๆ แต่ Self (1967) ได้กล่าวว่า สารที่ทำให้เกิดกลิ่นในมันฝรั่งที่แท้จริงนั้นเป็นสารประกอบประเภท 2, 5-dimethyl pyrazine และ Methional ซึ่งเขาเชื่อว่าสารเหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนซึ่งมีอยู่ในหัวมันฝรั่งนั่นเอง

สำหรับเรื่องกลิ่นและรสของมันฝรั่งทอดนี้ ควรจะได้ทำการศึกษาและประเมินผลว่าผู้บริโภคจะนิยมกลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด ซึ่งควรทำการทอดที่อุณหภูมิใด มีปริมาณน้ำมันในชั้นมันทอดมากน้อยเพียงใด และสีของมันทอดเป็นอย่างไร

#### ลักษณะเนื้อสัมผัสหรือความกรอบของมันฝรั่งทอด (Texture or Crispness of Chips)

ลักษณะเนื้อหรือความกรอบของมันฝรั่งทอดนี้ถูกจัดให้อยู่ในอาหารประเภทแตกหักป่นง่าย (Friable food) ซึ่งเป็นอาหารที่ไม่มีความยืดหยุ่น (elasticity) อยู่เลยและมีลักษณะเป็นรูพรุนแตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดต่าง ๆ กันได้ เมื่ออาหารประเภทนี้ถูกเคี้ยว บางครั้งมักจะเรียกลักษณะเนื้อชนิดนี้ว่า “crunchy” (Matz, 1962) ซึ่งรูพรุนที่เกิดขึ้นนี้ Brown (1960) ได้กล่าวว่า เกิดเนื่องจากไอน้ำภายในเซลล์มันฝรั่งถูกขับไล่ออกไปอย่างรวดเร็ว ขณะได้รับความร้อนอย่างสูงจากน้ำมันขณะทอด แล้วฟองอากาศเข้าไปแทรกอยู่แทนที่ ซึ่งมีทั้งขนาดใหญ่และเล็ก

Smith (1967) กล่าวว่า คุณภาพของลักษณะเนื้อ (Texture) ของอาหารเกือบทุกชนิดมักเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติตามธรรมชาติของสารประกอบประเภท high polymer เช่น แป้ง (starch), pectin, cellulose และ hemicellulose แต่การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเหล่านี้ที่เกิดขึ้นในขบวนการผลิตเป็นที่ทราบกันน้อยมาก โดยเฉพาะสำหรับมันฝรั่งทอด ผลของการทอดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อยังไม่ทราบแน่นอนเช่นกัน เขาได้แต่เพียงคาดคะเนว่าสารประกอบของผนังเซลล์ (cell wall) คือ cellulose, hemicellulose และพวก pectic substance ซึ่งส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในรูปของ calcium pectinate นี้เป็น polymeric gels ในขณะที่ทำการทอด โครงสร้างของเซลล์ในชั้นมันฝรั่งยังอยู่ในสภาพเดิม แต่เซลล์ของเมล็ดแป้งจะเปลี่ยนสภาพเป็น gel และน้ำในเซลล์จะระเหยออกไปอย่างรวดเร็วแล้วบางส่วนจะถูกแทนที่ด้วยน้ำมัน ซึ่งเป็นจุดสำคัญในการทำให้เกิดปัญหาเรื่องการสิ้นเปลืองน้ำมันในการทำมันฝรั่งทอด Brown (1960) ได้กล่าวว่า น้ำมันในมันฝรั่งทอดแล้วส่วนใหญ่จะอยู่ในผนังเซลล์และในช่องว่างระหว่างเซลล์ และตามช่องว่างอื่น ๆ (blister area) จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่จะเข้าไปอยู่ในช่องว่างอยู่เล็กน้อยของแป้งที่ถูกเปลี่ยนให้เป็น gel ภายในเซลล์ของมันฝรั่งนั้น ความกรอบของมันฝรั่งเป็นผลที่ได้จากการแยกของเซลล์ เนื่องจากการขยายตัวของไอน้ำที่อยู่ในชั้นมันฝรั่ง เมื่อส่วนผิวแห้งสนิทแน่น (Smith, 1968) และเป็นที่คาดคะเนว่าหัวมันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำจะให้มันฝรั่งที่มีรูพรุนมาก และมีเซลล์ที่แตกมากกว่ามันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูง (Brown, 1960) และ Smith (1967) ยังพบอีกว่าเมื่อเติม Sodium acid pyrophosphate จำนวนเล็กน้อยลงไปในส่วนที่ใช้ทอดจะช่วยเพิ่มความกรอบของมันฝรั่งทอด แต่จะทำให้สีของมันฝรั่งทอดเข้มขึ้นเล็กน้อย และยังคงช่วยให้ระยะเวลาในการทอดสั้นลง ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการดูดซับน้ำมันในมันฝรั่งด้วย

## 2.4 วิธีการควบคุมคุณภาพ

### วิธีการวัดน้ำตาลกลูโคสและปริมาณน้ำตาล reducing ของมันฝรั่ง

Smith ดัดแปลงวิธี Tes-Tape ซึ่งเป็นการวัด glucose ในปัสสาวะให้นำมาวัดกลูโคสในมันฝรั่งดิบที่สามารถนำมาเป็น indicator ของสีของแผ่นมันฝรั่งที่ผ่านการทอดมาแล้ว การวัดด้วย Tape นี้เป็นที่ยอมรับภายใต้ชื่อว่า "Chip color tester" วิธีการนี้มีการปฏิบัติดังนี้ คือ ใช้กระดาษชุบของผสมระหว่างเอนไซม์ glucose oxidase และ orthotolidine ซึ่งเป็น indicator เมื่อนำ Tape มาสัมผัสกับสารละลายกลูโคส เช่น น้ำมันฝรั่ง เป็นต้น กลูโคสจะถูกออกซิไดส์ให้เป็นกรดกลูโคนิกและ orthotolidine ซึ่งจะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองมาเป็นสีเขียวซึ่งจะเข้มหรืออ่อนขึ้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกลูโคสในน้ำมันฝรั่ง มีปัจจัยหลายอย่างต่อปริมาณน้ำตาลที่พบในมันฝรั่ง เช่น พันธุ์ จำนวนวันที่ทำการปลูก วิธีการให้ปุ๋ย แหล่งของธาตุโปแตสในปุ๋ย พื้นที่ที่เพาะปลูก วิธีการเก็บรักษาและอื่น ๆ Smith ได้ทำการดัดแปลงวิธี Clinitest เพื่อนำมาใช้วัด reducing sugar ในมันฝรั่งดิบ ซึ่งวิธีนี้ได้จดทะเบียนภายใต้ชื่อว่า Selt - heating copper reduction test ซึ่งก่อนหน้าวิธีนี้ได้นำมาใช้ในการตรวจปริมาณน้ำตาลในปัสสาวะเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



15777

นำวิธีนี้มาดัดแปลงพบว่าสามารถนำมาทดสอบหา reducing sugar ในมันฝรั่งได้อย่างแน่นอน และแม่นยำ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญแต่การวัดด้วยวิธีนี้จะให้ความสะดวกในการวัดได้น้อยกว่าวิธีแบบ Chip color tester

### 2. การวัดความถ่วงจำเพาะ

Smith ได้ทำการพัฒนาเครื่องมือ The potato hydrometer ขึ้นมาเพื่อใช้ทำการวัดสำหรับมันฝรั่งที่มีปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว ปริมาณ dry matter ของตัวอย่างจะถูกแสดงขึ้นบน chart

### 3. การวัดสีของแผ่นมันฝรั่ง

Davids & Smith ได้ใช้ The Agtron Model F reflectance colorimeter สำหรับในการวัดสีของแผ่นมันฝรั่ง ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่รวดเร็ว และให้ผลที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งสามารถดัดแปลงให้เข้ากับกระบวนการผลิตแผ่นมันฝรั่งทอดได้เป็นอย่างดี Isleib ได้พิจารณาการวัดสีของแผ่นมันฝรั่งทอด โดยใช้ Model 610 photovolt photoelectric reflectance meter และทำการเปรียบเทียบที่ readings with subjective ratings on the National Potato Chip Institute color chart



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง**

### บทที่ 3

## อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

### 3.1 วัสดุดิบ

- 3.1.1 มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก
- 3.1.2 น้ำมันปาล์ม

### 3.2 อุปกรณ์

- 3.2.1 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ MINOLTA รุ่น CR - 300 หรือแผ่นเทียบสี
- 3.2.2 เครื่องสไลด์มันฝรั่งสด ยี่ห้อ OMAS
- 3.2.3 อุปกรณ์ทอดมันฝรั่ง
- 3.2.4 เขียง, มีด, ทัพพี, ถาดและกะละมังสเตนเลส
- 3.2.5 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- 3.2.6 ปีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร
- 3.2.7 เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ 100 องศาเซลเซียส
- 3.2.8 เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ 250 องศาเซลเซียส
- 3.2.9 เครื่องปิดผนึกปากถุง
- 3.2.11 ถุงพลาสติกใสชนิดร้อน
- 3.2.12 ถุงลามีเนท 4 ชั้น
- 3.2.13 ถาดโฟม
- 3.2.14 ตู้อุ่น
- 3.2.15 เตาแก๊ส
- 3.2.16 เตาอบไมโครเวฟ

### 3.3 สารเคมี

- 3.3.1  $\text{CaCl}_2$  ความเข้มข้น 3%
- 3.3.2 สารละลาย  $\text{NaCl}$  ความเข้มข้น 3%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 วิธีการทดลอง

- 1) ทดลองเปรียบเทียบผลของการใช้น้ำร้อนต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของแผ่นมันฝรั่งทอด

นำมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกทำความสะอาดและปอกเปลือกอย่างรวดเร็ว สไลด์มันฝรั่งให้ได้ความหนาประมาณ 1.5 mm. นำมาลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาต่างๆกันคือ 1, 2, 3 และ 4 นาที จากนั้นนำมาทำการทอดแบบ Deep Fat Fry ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 นาที และนำมาทำการวิเคราะห์ผลต่างๆ ดังนี้

1.1 ทำการวัดสีโดยใช้เครื่อง colorimeter โดยใช้ระบบวัดสีแบบ Hunter

1.2 ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบ สี รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมแบบ scoring test

1.3 นำผลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบหาเวลาที่ได้ผลการทดลองที่ดีที่สุด

- 2) ทดลองเปรียบเทียบผลของการใช้สารละลายเคมีต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแผ่นมันฝรั่งทอด

นำมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกทำความสะอาดและปอกเปลือกอย่างรวดเร็ว สไลด์มันฝรั่งให้ได้ความหนาประมาณ 1.5 mm. แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำมาแช่น้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเวลาต่างๆ กันคือ 1, 2, 3 และ 4 นาที ส่วนที่ 2 นำมาแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเวลาต่างๆ คือ 1, 2, 3 และ 4 นาที จากนั้นนำมาทำการทอดแบบ Deep Fat Fry ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และนำมาทำการวิเคราะห์ผลต่างๆดังต่อไปนี้

2.1 ทำการวัดสีโดยใช้เครื่อง colorimeter โดยใช้ระบบวัดสีแบบ Hunter

2.2 ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบ สี รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมแบบ scoring test

2.3 นำผลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบหาเวลาที่ได้ผลการทดลองที่ดีที่สุด

- 3) ทดลองเปรียบเทียบผลของการให้ความร้อนจากเตาไมโครเวฟต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของแผ่นมันฝรั่งทอด

นำมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกทำความสะอาดและปอกเปลือกอย่างรวดเร็ว สไลด์มันฝรั่งให้ได้ความหนาประมาณ 1.5 mm. นำมาให้ความร้อนโดยใช้เตาไมโครเวฟที่ระดับความร้อน 3 เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที จากนั้นนำมาทำการทอดแบบ Deep Fat Fry ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที และนำมาทำการวิเคราะห์ผลต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.1 ทำการวัดสีโดยใช้เครื่อง colorimeter โดยใช้ระบบวัดสีแบบ Hunter

3.2 ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบ สี รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมแบบ scoring test

3.3 นำผลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบหาเวลาที่ได้ผลการทดลองที่ดีที่สุด

4) ทดลองเปรียบเทียบผลการขึ้นยั้งปฏิกริยาสีน้ำตาลของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ดีที่สุดของวิธีต่างๆ จากข้อ 1,2,และ 3

นำผลการทดลองที่ดีที่สุดข้อ 1, 2 และ 3 มาทำการทดลองใหม่อีกครั้งโดยนำตัวควบคุม (แผ่นมันฝรั่งสดที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆก่อนนำไปทอด) มาทำการเปรียบเทียบกับวิธีหาวิธีการที่เหมาะสมและนำมาวิเคราะห์ผลต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 ทำการวัดสีโดยใช้เครื่อง colorimeter โดยใช้ระบบ Hunter

4.2 ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบ สี รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมแบบ scoring test

4.3 นำผลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบหาผลการทดลองที่ดีที่สุด

นำผลการทดลองที่ดีที่สุดที่ได้จากการเปรียบเทียบมาทำการเก็บรักษาในอุณหภูมิเนท 4 ชั้น เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของสี โดยทำการตรวจวัดสีทุกๆ 1 สัปดาห์โดยใช้เครื่อง colorimeter เป็นเวลา 8 สัปดาห์

## บทที่ 4

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 4.1 การทดลองเปรียบเทียบผลการลวกนํ้าร้อนแผ่นมันฝรั่งสดก่อนการทอดต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแผ่นมันฝรั่งทอด

4.1.1 ลักษณะภายนอกของแผ่นมันฝรั่งทอดซึ่งดูด้วยตาเปล่า(จากภาพถ่าย) การทดลองหาเวลาที่เหมาะสมโดยการลวกนํ้าร้อน เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลพบว่ามีสีดังรูปที่ 1,2,3 และ 4

จากรูปที่ 1 อธิบายได้ว่า เมื่อทำการลวกนํ้าร้อนเป็นเวลา 1 นาที พบว่าแผ่นมันฝรั่งจะมีสีคล้ำมากอันเนื่องจากการไหม้และบอกได้ว่าถ้าทำการลวกนํ้าร้อน 1 นาที มีผลน้อยในการลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เมื่อทำการลวกนํ้าร้อน 2 นาที แผ่นมันฝรั่งจะมีสีอ่อนลงแต่ยังมีบางส่วนของสีดำ แต่เมื่อทำการลวกนํ้าร้อนที่ 3 และ 4 นาที พบว่าให้แผ่นมันฝรั่งที่มีสีอ่อนลงมาก ซึ่งดูจากรูปจะบอกได้ว่าที่ 4 นาที จะได้สีอ่อนที่สุด

4.1.2 ผลการวัดค่าสีจากเครื่อง colorimeter แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของแผ่นมันฝรั่งทอดด้วยระบบ Hunter ของการทดลองขั้นที่ 1

ค่าที่ได้จากการวัด	L	a	b
เวลาในการลวกนํ้าร้อน			
1 นาที	63.40	10.26	32.23
2 นาที	66.29	7.39	32.43
3 นาที	68.35	8.36	32.19
4 นาที	69.70	5.77	34

**หมายเหตุ** \*เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยค่าที่วัดสีของแผ่นมันฝรั่งทอด ชุดละ 3 ซ้ำ (โดยทำการบดแผ่นมันฝรั่งทอดก่อนการวัดสี)

\*\*ค่า L แทนถึงความสว่าง-มืด ค่า a แทนถึงสีแดง-เขียว และค่า b แทนถึงสีเหลือง-น้ำเงิน การศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมที่สุดของการแช่แผ่นมันฝรั่งในนํ้าร้อนก่อนนำไปทอด โดยพิจารณาจากตารางที่ 1 พบว่า เวลาที่ 1,2,3 และ 4 นาทีของการแช่แผ่นมันฝรั่งในนํ้าร้อนก่อนการนำไป

ทอดที่เวลา 4 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการใช้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแผ่นมันฝรั่งทอด

#### 4.1.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม แสดงผลดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการลวกน้ำร้อน ณ เวลาต่างๆกัน

สิ่งที่ทดสอบ	สี	ความกรอบ	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
เวลาในการลวกน้ำร้อน				
1 นาที	2.50 a	3.60 a	2.50 a	2.63 a
2 นาที	3.30 b	3.42 a	2.90 ab	3.23 a
3 นาที	3.55 bc	3.58 a	3.10 b	3.26 bc
4 นาที	3.95 c	3.60 a	3.29 b	3.50 c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวดิ่งจะ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ )

จากตารางพบว่าการทดสอบทางด้านสีที่เวลาการลวกน้ำร้อน 4 นาทีซึ่งให้คะแนนดีสุด ไม่แตกต่างกับการลวกน้ำร้อนที่เวลา 3 นาที แต่พบว่ามีแตกต่างกับการลวกน้ำร้อนที่เวลา 2 นาทีและ 1 นาทีทางสถิติ

พิจารณาเลือกแผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที เนื่องจากผู้ชิมให้การยอมรับทางสีและทางความชอบรวมไม่แตกต่างจาก 4 นาที ซึ่งการลวกน้ำร้อน 3 นาทีจะเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายมากกว่า แต่ทางด้านความกรอบและทางรสชาติจะไม่เป็นบวกเนื่องจากว่าความกรอบไม่แตกต่างกันมากและทางด้านรสชาติทางบริษัทจะทำการปรับปรุงรสชาติอีกครั้งหนึ่งภายหลังจากการนำไปทอด

## 4.2 การทดลองเปรียบเทียบผลการแช่สารเคมีแผ่นมันฝรั่งสดก่อนนำไปทอด ต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแผ่นมันฝรั่งทอด

### 4.2.1 คุณลักษณะภายนอกโดยดูด้วยตาเปล่า (จากภาพถ่าย)

เมื่อทำการทอดแผ่นมันฝรั่งทอด โดยผ่านการแช่น้ำเกลือจะให้ลักษณะแผ่นมันฝรั่งทอดดังรูปที่ 5,6,7 และ 8 และลักษณะแผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการแช่สารละลาย  $\text{CaCl}_2$  แสดงดังรูปที่ 9 จากรูปที่ 5,6,7 และ 8 อธิบายได้ว่าเมื่อทำการแช่สารละลาย  $\text{NaCl}$  3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 นาทีก่อนการนำไปทอดพบว่าแผ่นมันฝรั่งจะมีสีคล้ำมากที่สุด และเมื่อแช่สารละลาย  $\text{NaCl}$  เป็นเวลา 2 นาทีก็พบว่าแผ่นมันฝรั่งทอดยังมีสีคล้ำอยู่ แต่เมื่อทำการแช่สารละลาย  $\text{NaCl}$  เป็นเวลา 3 นาทีและ 4 นาทีพบว่าให้สีของแผ่นมันฝรั่งที่อ่อนลงโดย 4 นาทีจะให้สีแผ่นมันฝรั่งทอดอ่อนมากที่สุด

จากรูปที่ 9 พบว่าเมื่อนำแผ่นมันฝรั่งไปแช่สารละลาย  $\text{CaCl}_2$  3 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการนำไปทอดพบว่าที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที สีของแผ่นมันฝรั่งทอดใกล้เคียงกันและเป็นสีคล้ำ จึงบอกได้ว่าสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  ไม่สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ และเมื่อทดสอบความกรอบพบว่าจะมีเนื้อกรอบแข็งมากซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จึงไม่ได้ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส

### 4.2.2 การวัดค่าสีจากเครื่อง colorimeter โดยใช้ระบบ Hunter

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลของค่าสีของแผ่นมันฝรั่งทอดด้วยระบบ Hunter ของการแช่สารละลาย  $\text{NaCl}$  3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาต่างๆ

ค่าที่ได้จากการวัด	L	a	b
เวลาในการแช่ $\text{NaCl}$			
1 นาที	59.57	13.72	30.73
2 นาที	64.73	10.29	32.43
3 นาที	65.15	9.80	35.40
4 นาที	67.73	7.27	36.59

การศึกษหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของการแช่แผ่นมันฝรั่งใน  $\text{NaCl}$  ก่อนนำไปทอด โดยพิจารณาจากตารางที่ 3 พบว่าเวลาที่ 1,2,3 และ 4 นาทีของการแช่แผ่นมันฝรั่งก่อนการนำไปทอดจะให้ค่า L และ b มากขึ้นตามลำดับ ซึ่งแสดงว่า เวลาที่ 4 นาทีสำหรับการแช่แผ่นมันฝรั่งก่อนการนำไปทอดเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการใช้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแผ่นมันฝรั่งทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ในการทดสอบทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวมแสดงผลตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการแช่สารละลาย NaCl 3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาต่างๆ

สิ่งที่ทดสอบ	สี	ความกรอบ	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
เวลาในการแช่ NaCl				รวม
1 นาที	2.4a	3.45a	2.48a	2.6a
2 นาที	2.9b	3.5a	2.6a	2.97a
3 นาที	3.3c	3.77a	3.35b	3.3b
4 นาที	3.6c	3.77a	3.65b	3.62b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $p < 0.05$ )

จากตารางพบว่า การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีที่เวลาการแช่สารละลาย NaCl 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 นาที ไม่แตกต่างกับการแช่น้ำเกลือที่เวลา 3 นาที แต่จะมีความแตกต่างกับการแช่น้ำเกลือที่เวลา 1 นาที และ 2 นาทีทางสถิติ

ในการพิจารณาเลือกแผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการแช่ NaCl 3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 3 นาทีเนื่องจากผู้ชิมให้การยอมรับทางสีและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากที่เวลา 4 นาที ซึ่งการแช่สารละลาย NaCl เป็นเวลา 3 นาทีจะเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายมากกว่า แต่ทางความกรอบและทางรสชาติจะไม่เน้นมากเนื่องจากว่าความกรอบไม่แตกต่างกันมาก และทางรสชาติทางบริษัทจะทำการปรับปรุงรสชาติอีกครั้งหนึ่ง

### 4.3 การทดลองเปรียบเทียบผลการให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 3 แผ่นมันฝรั่งก่อนการนำไปทอดต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแผ่นมันฝรั่งทอด

#### 4.3.1 คุณลักษณะภายนอกโดยดูด้วยตาเปล่า (จากภาพถ่าย)

การทดลองหาเวลาที่เหมาะสมโดยการให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เวลาให้ความร้อนต่างๆ คือ 1,2,3 และ 4 นาทีมีลักษณะดังรูปที่ 10,11,12 และ 13

จากรูป อธิบายได้ว่าเมื่อทำการให้ความร้อนโดยใช้เตาไมโครเวฟเป็นเวลา 3 และ 4 นาที พบว่าแผ่นมันฝรั่งจะมีสีคล้ำมากอันเนื่องมาจากที่แผ่นมันฝรั่งแห้งมากก่อนไปทอดทำให้แผ่นมันฝรั่งไหม้ และเมื่อเข้าเตาไมโครเวฟเป็นเวลา 1 นาทีจะทำให้สีที่คล้ำขึ้นแต่ก็ยังคงมีสีคล้ำอยู่ และเมื่อเข้าเตาไมโครเวฟเป็นเวลา 2 นาที จะให้สีแผ่นมันฝรั่งทอดที่มีสีอ่อนสวยที่สุด ซึ่งดูจากรูปจะบอกได้ว่ารูปที่ 11 ซึ่งเข้าเตาไมโครเวฟให้สีอ่อนที่สุด

#### 4.3.2 การวัดค่าสีจากเครื่อง colorimeter โดยใช้ระบบ Hunter

ตารางที่ 5 แสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของแผ่นมันฝรั่งทอดด้วยระบบ Hunter ของการทดลองของการให้ความร้อน โดยเตาไมโครเวฟ ที่เวลาต่างๆ

ค่าที่ได้จากการวัด	L	a	b
เวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ			
1 นาที	60.56	10.71	32.61
2 นาที	66.26	9.66	36.86
3 นาที	60.93	10.25	33.63
4 นาที	58.99	12.5	31.54

การศึกษหาเวลาที่เหมาะสมที่สุดของการให้ความร้อน โดยเตาไมโครเวฟกับแผ่นมันฝรั่งก่อนการนำไปทอดโดยพิจารณาจากตารางที่ 5 พบว่าเวลาที่ 2,3,1 และ 4 นาทีในการเข้าเตาไมโครเวฟก่อนการนำไปทอด จะให้ค่า L และ b มากขึ้นตามลำดับ ซึ่งแสดงว่า เวลา 2 นาทีสำหรับการเข้าไมโครเวฟก่อนการนำไปทอด เป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการใช้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแผ่นมันฝรั่งทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้านสี รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวม แสดงผลตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 3 ที่เวลาต่างๆ

สิ่งที่ทดสอบ	สี	ความกรอบ	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
เวลาในการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟ				
1 นาที	3.1a	3.9a	3.05a	3.28a
2 นาที	4.0b	3.85a	3.4a	3.8a
3 นาที	2.92a	3.6a	2.9a	2.95ab
4 นาที	2.65a	3.5a	2.8a	2.65ab

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ( $p < 0.05$ )

จากตารางพบว่าผลการทดลองทางด้านสีของแผ่นมันฝรั่งสดที่ผ่านไมโครเวฟเป็นเวลา 2 นาที ก่อนนำไปทอดให้ผลแตกต่างจากทุกๆเวลาทางสถิติ

การพิจารณาเลือกแผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟระดับกำลัง 3 เป็นเวลา 2 นาที เนื่องจากผู้ชิมให้การยอมรับทางสีและทางความชอบโดยรวมมากที่สุด (ซึ่งในที่นี้จะเน้นที่สีและความชอบโดยรวมเป็นหลัก)

#### 4.4 การทดสอบเปรียบเทียบผลการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

##### 4.4.1 คุณลักษณะภายนอกโดยดูด้วยตาเปล่า (จากภาพถ่าย)

การทดลองเปรียบเทียบหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของแผ่นมันฝรั่งที่ดีที่สุดของวิธีต่างๆ ดังกล่าวมาแล้วซึ่งจะทำการเปรียบเทียบกับตัวควบคุม(แผ่นมันฝรั่งสดที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการใดๆก่อนนำมาทอด) แสดงดังรูปที่ 17, 14, 15 และ 16 จากรูปอธิบายได้ว่า เมื่อทำการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที การแช่สารละลาย NaCl 3 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาที่ และการให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟเป็นเวลา 2 นาทีแผ่นมันฝรั่งสดก่อนการนำไปทอด จะให้สีที่เหมือนกันคือให้สีที่อ่อน แต่ตัวควบคุมจะให้สีค่อนข้างคล้ำมาก

#### 4.4.2 การวัดค่าสีจากเครื่อง colorimeter โดยระบบ Hunter

ตารางที่ 7 ตารางแสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของแผ่นมันฝรั่งทอดด้วยระบบ Hunter ของการทดลองเปรียบเทียบด้วยวิธีต่างๆ

ค่าที่ได้จากการวัด วิธีการ	L	a	b
ตัวควบคุม	69.11	7.18	32.17
แช่น้ำร้อน 85° C	75.73	3.51	35.58
แช่น้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์	75.24	1.50	34.59
ไมโครเวฟ	72.04	3.53	34.04

การศึกษาวิธีที่เหมาะสมที่สุดของการลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของแผ่นมันฝรั่งทอด โดยพิจารณาจากตารางที่ 7 พบว่า การลวกน้ำร้อนที่ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 2 นาที แช่สารละลาย NaCl 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที และตัวควบคุม จะให้ค่า L และ b น้อยลงตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าการลวกน้ำร้อน 3 นาที ก่อนการนำไปทอดเป็นวิธีการลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแผ่นมันฝรั่งทอดได้ดีที่สุด

#### 4.4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวม แสดงผลตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยวิธีต่างๆ

สิ่งที่ทดสอบ วิธีการ	สี	ความกรอบ	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ตัวควบคุม	3.05 a	3.49 a	2.98 a	3.15 a
แช่น้ำร้อน 85 °C	3.60 b	3.68 a	3.73 b	3.73 b
แช่ NaCl 3 เปอร์เซ็นต์	3.43 b	3.40 a	3.03 b	3.43 b
ไมโครเวฟ	3.53 b	3.68 a	3.65 b	3.53 b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $p < 0.05$ )

จากตารางพบว่า ทางด้านสีและความชอบโดยรวมจากวิธีการลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยวิธีต่างๆ ทั้ง 3 วิธีให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้ง 3 วิธีจะแตกต่างจากตัวควบคุมทางสถิติ

พิจารณาเลือกแผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการลวกน้ำร้อน 85 องศาเซลเซียส 3 นาที เนื่องจากผู้ชิมให้การยอมรับทางด้านสีและความชอบโดยรวม ซึ่งแม้ว่าจะไม่แตกต่างจากการแช่สารละลาย NaCl หรือการใช้เตาไมโครเวฟ แต่การใช้เตาไมโครเวฟอาจจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องเพิ่มเติมจากวิธีการโดยปกติซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาสูง และการแช่สารละลาย NaCl ก็กับการลวกน้ำร้อนพบว่าการลวกน้ำร้อนให้สีที่อ่อนกว่าการแช่สารละลาย NaCl จึงเลือกการลวกน้ำร้อนเป็นตัวที่จะเก็บเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงสีของแผ่นมันฝรั่งทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

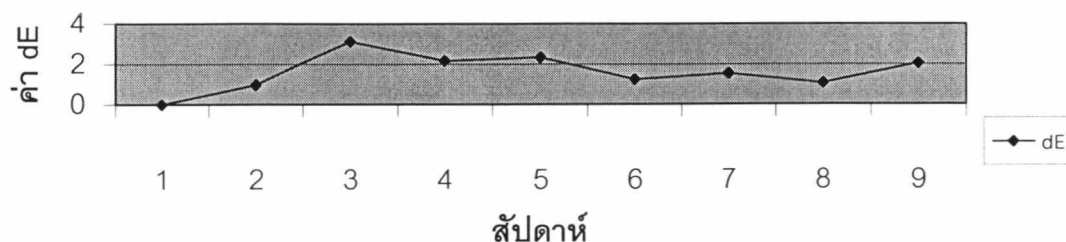
#### 4.5 ผลการทดลองดูการเปลี่ยนแปลงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดภายใต้การเก็บรักษา

ผลการวัดค่าสีของแผ่นมันฝรั่งทอดภายใต้การเก็บรักษาทุกๆ สัปดาห์เป็นเวลา 9 สัปดาห์ ตารางที่ 9 ตารางแสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของแผ่นมันฝรั่งทอดด้วยระบบ Hunter

ค่าต่างๆ สัปดาห์	L	a	b	▲E
1	76.28	3.39	32.32	0
2	75.81	2.64	31.96	0.95
3	73.90	-0.32	39.51	3.13
4	71.75	-1.97	22.11	2.15
5	76.51	2.35	30.24	2.33
6	75.18	3.60	31.86	1.21
7	75.86	2.68	31.05	1.50
8	76.54	2.99	31.35	1.07
9	77.69	2.78	30.97	2.04

หลังจากนั้นนำค่า  $\Delta E$  และสัปดาห์ต่างๆมา plot graph เพื่อใช้ในการพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดภายใต้การเก็บรักษา

กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดภายใต้การเก็บรักษา  
ทุกๆสัปดาห์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟพบว่าแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดในแต่ละสัปดาห์มีแนวโน้มที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีที่ไม่คงที่ เนื่องจาก  $\Delta_E$  ที่หาได้จาก  $\Delta_L^2 + \Delta_a^2 + \Delta_b^2$  ซึ่งเมื่อดูจากรายงานพบว่าค่า  $a$  ของแต่ละสัปดาห์มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่คงที่จึงมีผลทำให้  $\Delta_E$  ที่หาได้ไม่คงที่ด้วย แต่ถ้าพิจารณาค่า  $L$  และ  $b$  ในแต่ละสัปดาห์พบว่ามีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

5.1 การศึกษาการปรับปรุงสีแผ่นมันฝรั่งทอดโดยการทำการลวกน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสก่อนการนำไปทอดที่เวลาต่างๆกันคือ 1,2,3 และ 4 นาที พบว่า ที่เวลา 4 นาที ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดรองลงมาคือที่เวลา 3 นาที และเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าที่เวลา 3 และ 4 นาทีให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $p < 0.05$ ) ดังนั้นจึงเลือกที่เวลา 3 นาที เพื่อทำการทดลองต่อไป

5.2 การศึกษาการปรับปรุงสีแผ่นมันฝรั่งทอดโดยการแช่สารละลายเคมี พบว่าการใช้  $\text{CaCl}_2$  ที่เวลาต่างๆกันให้ผลไม่แตกต่างกันและยังให้สีดำคล้ำและมีผิวหน้าขรุขระ จึงไม่นำมาวิเคราะห์แต่การแช่น้ำสารละลาย  $\text{NaCl}$  3 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการนำไปทอดพบว่าการแช่เป็นระยะเวลา 4 นาที ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดและรองลงมาคือที่เวลา 3 นาที แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าที่เวลา 3 นาทีให้ผลทางสถิติไม่แตกต่างกับที่เวลา 4 นาที ดังนั้นจึงเลือกที่เวลา 3 นาที เพื่อทำการทดลองต่อไป

5.3 การศึกษาการปรับปรุงสีแผ่นมันฝรั่งทอดโดยการให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 3 พบว่าที่เวลา 2 นาที ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด รองลงมาคือที่เวลา 1 นาที ,3 นาทีและ 4 นาทีตามลำดับ และเมื่อนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าที่เวลา 2 นาทีให้ผลทางสถิติแตกต่างจากเวลาที่ใช้เวลาอื่นทั้งหมด ดังนั้นจึงเลือกที่เวลา 2 นาที เพื่อทำการทดลองต่อไป

5.4 การเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ดีที่สุดของวิธีต่างๆ พบว่าวิธีใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด รองลงมาคือการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 3 สารละลาย  $\text{NaCl}$  และตัวควบคุม และเมื่อนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ทั้ง 3 วิธี คือการลวกน้ำร้อน การแช่สารละลาย  $\text{NaCl}$  และการให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟให้ผลทางสถิติไม่แตกต่างกัน แต่ทั้ง 3 วิธีจะให้ผลทางสถิติแตกต่างกับแผ่นมันฝรั่งทอดที่เป็นตัวควบคุม

ดังนั้นในการที่จะเลือกหาวิธีการปรับปรุงสีแผ่นมันฝรั่งทอดที่เหมาะสมจะต้องดูเครื่องมือที่มีอยู่แล้วของโรงงาน โดยสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงคือ ความประหยัดและความสะดวก

5.5 สัปดาห์หลังการเก็บรักษาเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 สัปดาห์พบว่าการเก็บรักษาไม่มีผลต่อสีของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ทำการเก็บรักษาภายในอุณหภูมิเนท 4 ชั้น

## เอกสารอ้างอิง

- กิตติพงษ์ ห่วงรัศมี,ดร.2531. ผักและผลไม้.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยี  
การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ประสาร สวัสดิ์ชิตัง.2538.การเกิดสีน้ำตาลของอาหารและการควบคุมป้องกัน.อาหาร  
25(3):160-169
- วรรณภา ตูลย์ธัญ.2528.เอนไซม์มีคบบราวน์นิ่งในผักและผลไม้.วารสารวิทยาศาสตร์. 39(6):  
272-276
- Brown , H.D. 1960 . Problem of the Potato Chip Industry Processing and Technology , Adv .  
in Food Res . 10 ,181-226
- Joslyn,M.A.and J.P.Ponting.1951.Enzyme-catalyzed oxidative browning of fruit products.  
Adv.Food Res.3:1-44
- Langdon, T.T.1987.Preventing of vrowning in fresh prepared potaotes without the use of  
Sulfiting agent.Food Tech.41:64-67
- Lisinska , G. and Leszczynski , W. 1989. Potato Processing. Potato Science and  
Technology. , 167-171
- Mapson , L.W. , Swain , T. , and Tomalin , A.W. 1963. Influence of variety cultural  
Condition and temperature of storage on enzymatic browning of Potato  
Tubers. J.Sci. Food Agr. 14 , 673-684.
- Salunkhe , D.K. , Kadam , S. S. and Jadhav , S. J. 1991.Potato Processing. Potato :  
Production , Processing and Product . , 115-123
- Smith , O. and Davis , Carl, O. 1968. Potato Processing. Potato Production ,  
storing , Processing ,Avi Westport , Connecticut . , 559-569

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

## แบบทดสอบชิมทางประสาทสัมผัสของแผ่นมันฝรั่งทอด

## แบบ Hedonic scale

ชุดที่ ..... วันที่ .....

## ข้อปฏิบัติในการทดลอง

- 1.ชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาตามลำดับที่เรียงไว้
  - 2.ทดสอบคุณลักษณะของตัวอย่าง เปรียบเทียบกับทั้งหมดและพิจารณาว่าคุณลักษณะของตัวอย่างที่ต้องการเมื่อชิมแล้วให้คะแนนอย่างไร
  - 3.การพิจารณาคะแนน สี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับ แบ่งคะแนนตามความชอบออกเป็น ชอบมาก 5 , ชอบ 4 , เฉยๆ 3 , ไม่ชอบ 2 , และไม่ชอบมาก 1
  - 4.ในระหว่างการชิมรสแต่ละตัวอย่างใช้น้ำล้างปากเพื่อป้องกันการสับสนระหว่างตัวอย่าง
- หมายเหตุ คุณลักษณะของสีที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์ คือ สีเหลืองอ่อนที่สุด

รหัส			
สี			
ความกรอบ			
รสชาติ			
ความชอบโดยรวม			

การยอมรับ

น้อย

ปานกลาง

มาก

.....

.....

.....

หมายเหตุ เรียงลำดับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจากน้อยไปถึงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### ความหมายของค่าสีในระบบ Hunter

- L คือค่า Value ซึ่งแสดงถึงความสว่างของสี  
มีค่า 0-100 ที่ 0 แสดงถึงสีดำ  
100 แสดงถึงสีขาว
- a,b คือค่า Hue ซึ่งเป็นค่าที่บอกสีโดยแสดงในสองแกน  
: a คือสีแดง-เขียว  
: b คือสีเหลือง-น้ำเงิน
- $\Delta E$  คือค่าแสดงการเปลี่ยนแปลงสี  
คำนวณได้จาก  $c = a^2 + b^2 + c^2$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

## การอ่านค่าสีจากเครื่อง Minolta Chromameter CR 200

ถ้าวัดค่าสีของแอปเปิ้ลออกมาเป็นตัวเลขได้ค่าดังนี้  $L^* = 42.83$  ;  $a^* = 45.05$  ;  $b^* = 9.52$  อาจสรุปได้ทันทีเลยว่า สีเบ่งออกเป็น hue, value และ chroma ซึ่งต้องใช้วิธีการที่แม่นยำและถูกต้องในการวัดค่าสีเหล่านี้ เครื่อง Minolta Chromameter CR200 สามารถดัดแปลงค่าสีทั้งหมดในพิสัยที่มนุษย์จะมองเห็น ได้ออกมาเป็นตัวเลขที่เราจะเข้าใจได้เป็นสากล

เมื่อสังเกตจากรูป ซึ่งแสดงระบบค่าสี  $L^* a^* b^*$  โดย  $L^*$  คือ Value โดย  $a^*$  แทน แขนงสีแดง - เขียว และ  $b^*$  แทน แขนงสีเหลือง - น้ำเงิน

เมื่อวัดค่าสีได้ค่าออกมาตามค่าข้างต้น เราสามารถบอกได้ว่าตัวเลขเหล่านั้นบอกระยะไรกับเรา จากภาพ จุดตัดกันของค่า  $a^*$  และ  $b^*$  ได้จุด A เป็นจุดที่บอกสีของแอปเปิ้ลลูกนี้ ขณะเดียวกันเมื่อมีค่า chroma ( $c^*$ ) เพิ่มขึ้นซึ่งได้จากสมการ  $a^2 + b^2$  และเมื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างแกนของค่า chroma และ value ดังจะเห็นได้ในรูป จะได้ค่าสีของแอปเปิ้ลคือ vivid red purple

## ภาคผนวก ง

ตารางที่ 10 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของแผ่นมันฝรั่งทอด  
ที่ผ่านการแช่น้ำร้อนที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด

ผู้ชิม	1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที
1	3.0	5.0	5.0	4.0
2	2.5	2.5	3.5	3.5
3	3.0	3.0	3.5	3.0
4	1.0	2.5	3.5	4.0
5	1.5	2.5	4.5	4.5
6	2.0	3.5	3.0	4.0
7	1.5	3.0	3.0	4.5
8	5.0	4.0	4.0	4.5
9	2.5	3.0	4.0	3.0
10	1.0	3.0	3.0	5.0
11	4.0	4.0	3.0	2.5
12	3.0	3.0	3.0	3.0
13	2.5	4.5	4.0	4.5
14	2.0	3.0	3.5	2.5
15	2.0	3.0	3.0	4.5
16	3.5	3.5	3.0	5.0
17	2.0	3.0	3.0	4.0
18	2.5	3.5	3.0	4.5
19	4.5	4.5	5.0	5.0
20	1.5	2.0	3.5	3.5
ผลรวม	50.5	66.0	71.0	79.0
ค่าเฉลี่ย	2.53	3.30	3.55	3.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของแผ่นมันฝรั่งทอด  
ที่ผ่านการแช่น้ำร้อนที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาทีก่อนนำไปทอด

ผู้ชิม	1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที
1	4.0	4.0	3.0	4.0
2	4.0	3.0	2.5	3.0
3	2.5	2.5	3.5	2.5
4	3.0	3.0	3.0	3.0
5	1.5	3.0	2.5	4.5
6	2.5	3.0	3.5	4.5
7	1.5	3.5	3.0	2.5
8	3.5	4.5	4.0	4.0
9	2.5	2.5	3.5	2.5
10	2.0	4.0	4.0	3.0
11	3.5	2.5	2.0	1.5
12	2.5	2.5	3.0	4.5
13	2.0	2.0	4.0	2.0
14	2.0	2.5	3.5	4.0
15	3.0	3.0	4.0	4.0
16	2.0	3.0	3.0	4.0
17	3.0	4.0	3.5	5.0
18	3.0	3.5	3.5	3.5
19	3.0	3.0	3.0	3.0
20	2.0	2.5	3.0	4.0
ผลรวม	53.0	61.5	65.0	69.0
ค่าเฉลี่ย	2.65	3.08	3.25	3.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 12** แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของแผ่นมันฝรั่งทอด  
ที่ผ่านการแช่น้ำร้อนที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด

ผู้ชิม	1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที
1	3.5	4.5	3.0	5.0
2	3.0	3.0	3.0	2.5
3	4.0	3.5	4.0	4.0
4	4.0	2.5	2.0	1.5
5	5.0	2.5	4.5	5.0
6	3.5	3.0	3.0	3.5
7	3.5	4.0	3.5	3.5
8	4.5	4.0	4.0	4.0
9	4.0	3.5	3.5	3.0
10	2.5	2.5	4.5	5.0
11	3.0	2.5	2.5	2.5
12	4.0	3.5	3.0	3.0
13	3.0	4.0	5.0	4.0
14	4.0	3.5	3.5	3.0
15	3.5	3.0	4.0	4.0
16	5.0	4.0	4.5	3.0
17	2.0	3.5	3.5	4.0
18	3.5	4.0	3.5	3.5
19	3.0	4.0	3.5	5.0
20	3.0	3.5	3.0	3.5
ผลรวม	71.5	68.5	71.0	72.5
ค่าเฉลี่ย	3.58	3.43	3.55	3.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่น้ำร้อนที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด

ผู้ชิม	1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที
1	4.0	4.5	3.5	4.0
2	4.0	3.0	3.0	3.0
3	3.0	2.5	3.5	3.5
4	1.0	2.5	3.0	2.5
5	3.0	3.0	4.5	5.0
6	2.5	3.0	3.0	4.0
7	2.0	3.5	2.5	3.0
8	3.5	4.5	4.0	4.0
9	1.0	3.0	4.0	4.0
10	3.5	2.5	2.0	1.5
11	2.5	2.5	3.0	4.5
12	3.0	3.0	4.0	4.0
13	2.0	2.5	3.5	4.0
14	2.5	3.5	4.0	3.5
15	4.0	3.5	3.5	3.5
16	2.0	3.5	4.0	4.0
17	3.5	4.0	4.0	3.5
18	3.0	3.5	3.5	5.0
19	2.5	3.0	3.5	3.5
20	3.0	3.5	3.5	3.5
ผลรวม	55.5	68.0	69.5	73.5
ค่าเฉลี่ย	2.78	3.40	3.48	3.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 14 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของแผ่นมันฝรั่งทอด  
ที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด

ผู้ชิม	1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที
1	3.0	3.0	2.5	4.0
2	2.5	2.5	3.0	4.0
3	3.0	4.0	4.0	3.5
4	3.5	3.5	4.5	4.0
5	1.0	3.5	3.5	2.5
6	2.5	2.5	4.0	3.5
7	2.0	3.0	3.5	4.0
8	2.0	3.0	3.5	4.0
9	2.0	2.5	3.5	4.0
10	2.5	3.5	3.0	3.5
11	2.5	3.0	4.0	4.0
12	2.5	1.5	2.5	3.0
13	2.0	2.5	3.0	3.5
14	2.0	2.5	4.0	4.0
15	3.5	4.5	4.0	4.0
16	3.5	3.0	4.5	4.0
17	3.0	4.0	2.0	2.0
18	2.0	2.5	3.0	4.0
19	2.0	2.5	3.0	3.5
20	2.0	2.5	3.0	3.5
ผลรวม	48.0	59.5	67.0	72.5
ค่าเฉลี่ย	2.40	2.90	3.30	3.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 15** แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของแผ่นมันฝรั่งทอด  
ที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด

ผู้ชิม	1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที
1	3.5	2.5	1.0	4.0
2	2.5	3.0	3.5	4.0
3	3.5	3.0	4.0	4.0
4	3.0	3.0	4.0	3.5
5	1.5	3.0	4.5	4.0
6	1.5	2.5	4.0	4.0
7	2.5	2.0	3.0	4.0
8	2.0	2.0	4.5	5.0
9	2.0	2.5	4.0	4.5
10	3.0	3.5	3.0	3.5
11	2.5	3.5	3.0	3.0
12	3.5	2.0	3.0	2.0
13	2.5	2.0	3.0	3.5
14	2.5	3.0	3.0	2.5
15	2.0	2.0	2.0	4.0
16	3.5	2.5	4.0	3.0
17	2.0	2.0	4.0	3.0
18	2.0	3.0	3.0	3.5
19	2.0	2.5	3.5	4.0
20	2.0	2.5	3.0	4.0
<b>ผลรวม</b>	<b>49.5</b>	<b>52.0</b>	<b>67.0</b>	<b>73.0</b>
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>2.48</b>	<b>2.60</b>	<b>3.35</b>	<b>3.65</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 16** แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของแผ่นมันฝรั่งทอด ที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด

ผู้ชิม	1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที
1	4.0	2.5	4.0	3.5
2	3.0	3.0	3.5	4.5
3	3.5	4.0	4.5	4.0
4	4.5	4.0	5.0	4.0
5	2.5	3.0	4.0	4.0
6	3.0	3.0	3.5	4.0
7	3.5	3.5	2.5	4.5
8	4.5	4.5	4.5	4.5
9	3.0	3.5	4.0	3.5
10	4.0	3.5	3.5	4.5
11	3.5	4.5	5.0	4.0
12	2.5	3.0	3.5	4.0
13	4.0	4.0	4.0	3.5
14	3.0	3.5	3.5	5.0
15	4.5	5.0	5.0	2.0
16	3.5	3.5	3.0	3.0
17	2.0	2.0	3.0	3.0
18	3.5	3.5	3.0	3.5
19	3.5	3.0	3.0	4.0
20	3.5	3.5	3.5	4.0
ผลรวม	69.0	70.0	75.5	75.5
ค่าเฉลี่ย	3.45	3.50	3.77	3.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 17** แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม ของแผ่น  
มันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่สารละลาย NaCl ที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด

ผู้ชิม	1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที
1	3.5	2.5	1.5	3.5
2	3.0	3.0	3.5	4.0
3	3.0	3.0	4.5	4.5
4	3.5	3.5	4.5	4.0
5	2.0	3.5	4.5	4.0
6	3.0	2.5	4.0	4.0
7	2.5	3.0	2.5	4.0
8	2.5	2.5	4.0	5.0
9	1.5	2.5	3.5	4.5
10	2.5	3.5	3.0	4.0
11	2.5	3.5	3.0	3.0
12	3.5	2.0	3.0	2.5
13	2.0	2.5	3.0	3.5
14	2.5	3.0	3.5	3.5
15	3.0	3.0	4.5	3.5
16	3.5	3.0	4.5	2.5
17	2.0	3.0	4.0	2.0
18	2.0	3.0	3.0	3.0
19	2.0	2.5	3.0	3.5
20	2.0	2.5	3.0	4.0
<b>ผลรวม</b>	<b>52.0</b>	<b>57.5</b>	<b>70.0</b>	<b>72.5</b>
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>2.60</b>	<b>2.97</b>	<b>3.50</b>	<b>3.62</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจากไมโครเวฟที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด

ผู้ชิม	1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที
1	2.0	4.0	2.0	2.0
2	4.0	3.0	1.0	2.0
3	4.0	5.0	4.0	4.0
4	4.0	4.0	4.0	3.0
5	2.0	4.0	1.0	1.0
6	5.0	3.0	5.0	5.0
7	4.0	1.0	2.0	2.0
8	4.0	4.0	3.5	4.0
9	2.0	4.0	3.0	1.0
10	4.0	5.0	4.0	3.0
11	3.0	5.0	4.0	3.0
12	2.0	5.0	3.0	2.0
13	2.0	5.0	4.0	2.0
14	4.0	3.0	2.0	1.0
15	2.0	3.0	2.0	1.0
16	3.0	4.0	2.0	3.0
17	1.0	5.0	4.0	3.0
18	3.0	4.0	2.0	2.0
19	4.0	4.0	3.0	4.0
20	3.0	5.0	3.0	4.0
ผลรวม	62.0	80.0	58.5	53.0
ค่าเฉลี่ย	3.10	4.0	2.92	2.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 19** แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ของแผ่นมันฝรั่งทอด  
ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจากไมโครเวฟที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด

ผู้ชิม	1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที
1	2.0	4.0	1.0	3.0
2	5.0	2.0	3.0	4.0
3	3.0	3.0	5.0	2.0
4	4.0	3.0	3.0	3.0
5	2.0	4.0	1.0	1.0
6	2.0	3.0	3.0	5.0
7	1.0	3.0	2.0	1.0
8	3.0	3.0	3.0	2.0
9	4.0	2.0	3.0	2.0
10	5.0	5.0	5.0	5.0
11	2.0	5.0	4.0	2.0
12	3.0	3.0	4.0	4.0
13	3.0	3.0	4.0	3.0
14	3.0	3.0	3.0	2.0
15	3.0	3.0	2.0	2.0
16	3.0	3.0	2.0	3.0
17	3.0	5.0	3.0	3.0
18	3.0	4.0	2.0	2.0
19	4.0	3.0	3.0	3.0
20	1.0	4.0	2.0	4.0
ผลรวม	61.0	68.0	58.0	56.0
ค่าเฉลี่ย	3.05	3.40	2.90	2.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของแผ่นมันฝรั่งทอด  
ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจากไมโครเวฟที่เวลา 1,2,3 และ 4 นาที ก่อนนำไปทอด

ผู้ชิม	1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที
1	3.0	4.0	3.0	4.0
2	5.0	3.0	2.0	4.0
3	5.0	5.0	5.0	5.0
4	4.0	4.0	2.0	4.0
5	4.0	4.0	3.0	4.0
6	5.0	5.0	5.0	4.0
7	2.0	3.0	3.0	4.0
8	3.0	4.0	4.0	3.0
9	5.0	2.0	4.0	3.0
10	5.0	5.0	4.0	4.0
11	3.0	5.0	5.0	3.0
12	3.0	3.0	3.0	3.0
13	5.0	4.0	3.0	3.0
14	4.0	4.0	3.0	3.0
15	3.0	3.0	3.0	3.0
16	3.0	3.0	2.0	3.0
17	4.0	3.0	4.0	3.0
18	3.0	4.0	4.0	4.0
19	5.0	5.0	5.0	4.0
20	4.0	4.0	5.0	5.0
ผลรวม	78.0	77.0	72.0	74.0
ค่าเฉลี่ย	3.90	3.85	3.60	3.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของแผ่นมันฝรั่งทอด โดยวิธีการ  
ต่างๆ

ผู้ชิม	ตัวควบคุม	แซ่ NaCl	แซ่ น้ำร้อน	ไมโครเวฟ
1	1.5	4.0	3.0	1.5
2	3.0	4.0	4.5	3.0
3	1.5	4.5	3.0	3.0
4	5.0	2.5	3.0	4.0
5	3.5	5.0	2.0	2.5
6	1.5	2.0	3.5	4.0
7	3.0	2.0	5.0	4.0
8	4.0	3.0	3.0	3.0
9	2.0	3.0	4.0	4.0
10	4.0	3.0	3.0	4.0
11	2.0	5.0	4.0	4.0
12	3.0	4.0	2.0	1.0
13	2.0	3.0	5.0	4.0
14	4.0	4.0	4.0	4.0
15	4.0	2.0	2.0	5.0
16	4.0	4.0	4.0	4.0
17	5.0	4.0	4.0	5.0
18	2.0	4.0	5.0	3.0
19	2.5	2.5	3.5	3.0
20	3.5	3.0	4.5	4.5
ผลรวม	61.0	68.5	72.0	70.5
ค่าเฉลี่ย	3.02	3.43	3.60	3.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของแผ่นมันฝรั่งทอดโดยวิธีต่างๆ

ผู้ชิม	ตัวควบคุม	แซ่ NaCl	แซ่ น้ำร้อน	ไมโครเวฟ
1	3.0	2.5	4.0	3.5
2	4.5	2.5	3.0	3.5
3	5.0	2.0	4.0	3.0
4	3.5	3.5	3.5	3.5
5	3.0	4.0	5.0	4.0
6	4.0	4.0	4.0	3.0
7	1.0	4.0	5.0	4.0
8	4.0	4.0	2.0	5.0
9	4.0	4.0	4.0	4.0
10	4.0	2.0	3.0	4.0
11	3.0	2.0	4.0	5.0
12	4.0	4.0	4.0	3.0
13	2.0	4.0	5.0	5.0
14	2.0	4.0	4.0	3.0
15	4.0	3.5	3.0	3.0
16	4.0	4.0	3.5	3.5
17	2.0	1.5	3.5	3.0
18	2.0	2.0	3.0	3.5
19	3.0	2.0	4.0	3.5
20	1.5	3.5	3.0	3.0
ผลรวม	59.5	60.5	74.5	73.0
ค่าเฉลี่ย	2.98	3.03	3.73	3.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของแผ่นมันฝรั่งทอด  
โดยวิธีต่างๆ

ผู้ชิม	ตัวควบคุม	แช่ NaCl	แช่ น้ำร้อน	ไมโครเวฟ
1	5.0	3.0	3.5	3.5
2	3.5	2.5	3.5	3.0
3	5.0	3.0	2.0	4.0
4	4.0	2.5	2.5	3.0
5	4.0	3.0	4.0	4.0
6	4.0	4.0	4.0	4.0
7	2.0	5.0	4.0	5.0
8	4.0	4.0	4.0	4.0
9	4.0	4.0	5.0	4.0
10	3.0	3.0	3.0	4.0
11	2.0	3.0	4.0	5.0
12	3.0	5.0	5.0	4.0
13	3.0	5.0	5.0	5.0
14	4.0	5.0	5.0	3.0
15	4.0	3.0	3.0	3.0
16	3.5	3.0	3.0	3.0
17	3.0	1.0	3.0	3.0
18	2.0	3.5	4.5	3.5
19	3.5	3.0	3.0	3.0
20	3.0	2.5	2.5	2.5
ผลรวม	69.5	68.0	73.5	73.5
ค่าเฉลี่ย	3.49	3.40	3.68	3.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 25 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของแผ่นมันฝรั่งทอดโดยวิธีต่างๆ

ผู้ชิม	ตัวควบคุม	แช่ NaCl	แช่ น้ำร้อน	ไมโครเวฟ
1	2.0	1.5	3.5	3.0
2	2.0	4.0	4.0	3.5
3	2.0	4.0	3.5	3.5
4	3.5	1.5	2.5	2.5
5	4.0	3.0	3.5	2.5
6	3.5	3.0	4.0	3.5
7	5.0	2.0	4.0	3.0
8	4.0	3.0	3.5	3.5
9	2.0	3.0	5.0	4.0
10	4.0	5.0	3.0	3.0
11	2.0	5.0	4.0	4.0
12	4.0	5.0	3.0	2.0
13	2.0	3.0	4.0	5.0
14	3.0	4.0	3.0	4.0
15	4.0	3.0	3.0	5.0
16	4.0	4.0	4.0	4.0
17	3.0	4.0	5.0	5.0
18	2.0	4.0	5.0	3.0
19	4.0	3.0	3.0	3.0
20	3.0	3.5	4.0	3.5
ผลรวม	63.0	68.5	74.5	70.5
ค่าเฉลี่ย	3.15	3.43	3.73	3.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก จ

## ตารางแสดงผลเปรียบเทียบทางสถิติ

ตารางที่ 26 ตารางแสดงผลทางสถิติของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ ก่อนการนำไปทอด

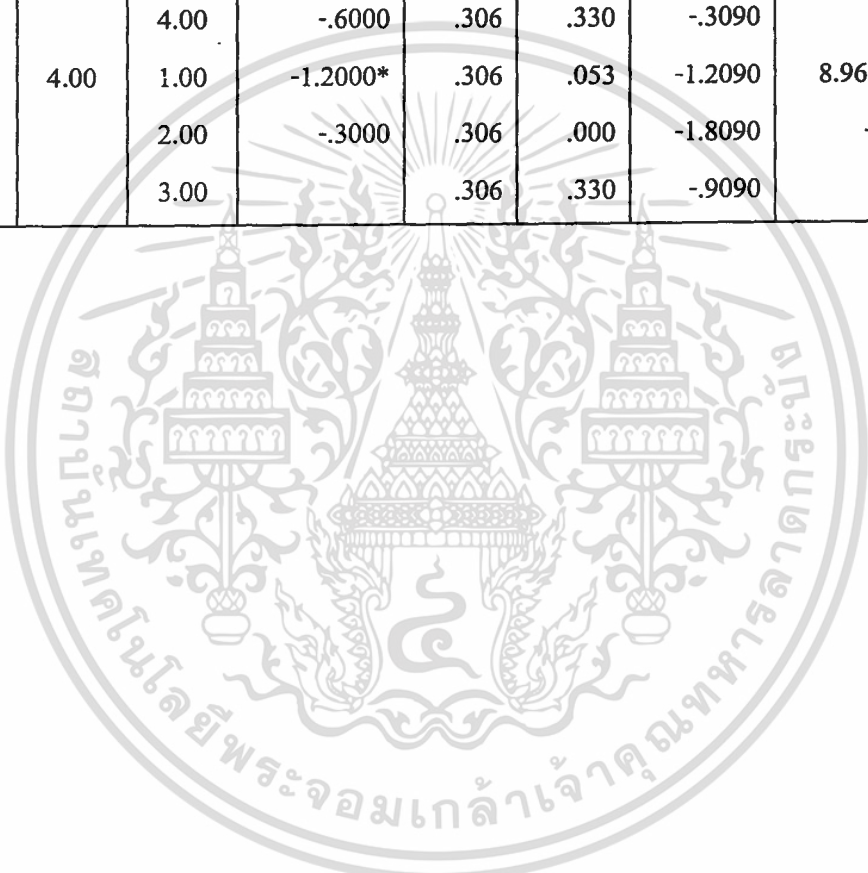
Dependent Variable		I (Time)	J (Time)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95 % Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
สี	LSD	1.00	2.00	-.9750*	.356	.008	-1.6839	-.2661
			3.00	.0000	.356	1.000	-.7089	.7089
			4.00	.4250	.356	.236	-.2839	1.1339
		2.00	1.00	.9750*	.356	.008	.2661	1.6839
			3.00	.9750*	.356	.008	.2661	1.6839
			4.00	1.4000*	.356	.000	.6911	2.1089
		3.00	1.00	.0000	.356	1.000	-.7089	.7089
			2.00	-.9750*	.356	.008	-1.6839	-.2661
			4.00	.4250	.356	.236	-.2839	1.1339
		4.00	1.00	-.4250	.356	.236	-1.1339	.2839
			2.00	-1.4000*	.356	.000	-2.1089	-.6911
			3.00	-.4250	.356	.236	-1.1339	.2839

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รสนชาติ	LSD	1.00	2.00	-4250	.232	.071	-8866	3.661E-02
			3.00	-5750*	.232	.015	-1.0366	-1.134
			4.00	-7500*	.232	.002	-1.2116	-2.884
		2.00	1.00	.4250	.232	.071	-3.66E-02	.8866
			3.00	-1500	.232	.519	-6116	.3116
			4.00	-3250	.232	.165	-7866	.1366
		3.00	1.00	.5750*	.232	.015	.1134	1.0366
			2.00	.1500	.232	.519	-3116	.6116
			4.00	-1750	.232	.453	-6366	.2866
		4.00	1.00	.7500*	.232	.002	.2884	1.2116
			2.00	.3250	.232	.165	-1366	.7866
			3.00	.1750	.232	.453	-2866	.6366
ความ กรอบ		1.00	2.00	.1750	.247	.480	-3160	.6660
			3.00	2.500E-02	.247	.919	-4660	.5160
			4.00	-2.500E-02	.247	.919	-5160	.4660
		2.00	1.00	-1750	.247	.480	-6660	.3160
			3.00	-1500	.247	.545	-6410	.3410
			4.00	-2000	.247	.420	-6910	.2910
		3.00	1.00	-2.500E-02	.247	.919	-5160	.4660
			2.00	.1500	.247	.545	.3410	.6410
			4.00	-5.00E-02	.247	.840	.5410	.4410
		4.00	1.00	2.500E-02	.247	.919	-4660	.5160
			2.00	.2000	.247	.420	-2910	.6910
			3.00	5.000E-02	.247	.840	-4410	.5410

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบ รวม	LSD	1.00	2.00	.3000	.306	.053	-1.2090	8.966E-03
			3.00	.6000	.306	.330	-.3090	.9090
			4.00	.6000	.306	.053	-8.97E-03	1.2090
		2.00	1.00	.9000*	.306	.053	-8.97E-03	1.2090
			3.00	1.2000*	.306	.004	.2910	1.5090
			4.00	-.3000	.306	.000	.5910	1.8090
		3.00	1.00	-.9000	.306	.330	-.9090	.3090
			2.00	.3000	.306	.004	-1.5090	-.2910
			4.00	-.6000	.306	.330	-.3090	.9090
		4.00	1.00	-1.2000*	.306	.053	-1.2090	8.966E-03
			2.00	-.3000	.306	.000	-1.8090	-.5910
			3.00		.306	.330	-.9090	.3090



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 27 ตารางแสดงผลทางสถิติของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์  
3 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลาต่างๆ

Dependent Variable		I (Time)	J (Time)	Mean Difference	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
สี	LSD	1.00	2.00	-.5250*	.205	.012	-.9332	-.1168
			3.00	-.9500*	.205	.000	-1.3582	-.5418
			4.00	-1.1750*	.205	.000	-1.5832	-.7668
		2.00	1.00	.5250*	.205	.012	.1168	.9332
			3.00	-.4250*	.205	.042	-.8332	-1.68E-02
			4.00	-.6500*	.205	.002	-1.0582	-.2418
		3.00	1.00	.9500	.205	.000	.5418	1.3582
			2.00	.4250*	.205	.042	1.680E-02	.8332
			4.00	-.2250	.205	.276	-.6332	.1832
		4.00	1.00	1.1750*	.205	.000	.7668	1.5832
			2.00	.6500*	.205	.002	.2418	1.0582
			3.00	.2250	.205	.276	-.1832	.5332
รสชาติ	LSD	1.00	2.00	-.125	.217	.565	-.5563	.3063
			3.00	-.8750*	.217	.000	-1.3063	-.4437
			4.00	-1.1750*	.217	.000	-1.6063	-.7437
		2.00	1.00	.1250	.217	.565	-.3063	.5563
			3.00	-.7500*	.217	.001	-1.1813	-.3187
			4.00	-1.0500*	.217	.000	-1.4813	-.6187
		3.00	1.00	.8750*	.217	.000	.4437	1.3063
			2.00	.7500*	.217	.001	.3187	1.1813
			4.00	-.3000	.217	.170	-.7313	.1313
		4.00	1.00	1.1750*	.217	.000	.7437	1.6063
			2.00	1.0500*	.217	.000	.6187	1.4813
			3.00	.3000	.217	.170	-.1313	.7313
ความ	LSD	1.00	2.00	-7.500E-02	.228	.743	-.5297	.3797

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความ กรอบ	LSD	1.00	2.00	-7.500E-02	.228	.743	-.5297	.3797
			3.00	-.3500	.228	.129	-.8047	.1047
			4.00	-.3500	.228	.129	-.8047	.1047
		2.00	1.00	7.500E-02	.228	.743	-.3797	.5297
			3.00	-.2750	.228	.232	-.7297	.1797
			4.00	-.2750	.228	.232	-.7297	.1797
		3.00	1.00	.3500	.228	.129	-.1047	.8147
			2.00	.2750	.228	.232	-.1797	.7297
			4.00	.0000	.228	1.000	-.4547	.4547
		4.00	1.00	.3500	.228	.129	-.1047	.8047
			2.00	.2750	.228	.232	-.1797	.7297
			3.00	.0000	.228	1.000	-.4547	.4547
ความชอบ รวม	LSD	1.00	2.00	-.2750	.210	.195	-.6942	.1442
			3.00	-.9000*	.210	.000	-1.3192	-.4808
			4.00	-1.0250*	.210	.000	-1.4442	-.6058
		2.00	1.00	.2750	.210	.195	-.1442	.6942
			3.00	-.6250*	.210	.004	-1.0442	-.2058
			4.00	-.7500*	.210	.001	-1.1692	-.3308
		3.00	1.00	.9000*	.210	.000	.4808	1.3192
			2.00	.6250*	.210	.004	.2058	1.0442
			4.00	-.1250	.210	.554	-.5442	.2942
		4.00	1.00	1.0250*	.210	.000	.6058	1.4442
			2.00	.7500*	.210	.001	.3308	1.1692
			3.00	.1250	.210	.554	-.2942	.5442

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 28 ตารางแสดงผลทางสถิติของแผ่นมันฝรั่งทอดที่ผ่านการให้ความร้อนโดยใช้เตาไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 3 ที่เวลาต่างๆ ก่อนการนำไปทอด

Dependent Variable		I (Time)	J (Time)	Mean Difference	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
สี	LSD	1.00	2.00	-.7750*	.269	.005	-1.3100	-.2400
			3.00	-1.0250*	.269	.000	-1.5600	-.4900
			4.00	-1.4250*	.269	.000	-1.9600	-.8900
		2.00	1.00	.7750*	.269	.005	.2400	1.3100
			3.00	-.2500	.269	.355	-.7850	.2850
			4.00	-.6500*	.269	.018	-1.1850	-.1150
		3.00	1.00	1.0250*	.269	.000	.4900	1.5600
			2.00	.2500	.269	.355	-.2850	.7850
			4.00	-.4000	.269	.141	-.9350	.1350
		4.00	1.00	1.4250*	.269	.000	.8900	1.9600
			2.00	.6500*	.269	.018	.1150	1.1850
			3.00	.4000	.269	.141	-.1350	.9350
รสชาติ	LSD	1.00	2.00	-.4500	.338	.187	-1.1229	.2229
			3.00	5.000E-02	.338	.883	-.6229	.7229
			4.00	.1500	.338	.568	-.5229	.8229
		2.00	1.00	.4500	.338	.187	-.2229	1.1229
			3.00	.5000	.338	.143	-.1729	1.1729
			4.00	.6000	.338	.080	-7.29E-02	1.2729
		3.00	1.00	-5.000E-02	.338	.883	-.7229	.6229
			2.00	-.500	.338	.143	-1.1729	.1729
			4.00	.1000	.338	.768	-.5729	.7729
		4.00	1.00	-.1500	.338	.658	-.8229	.5229
			2.00	-.6000	.338	.080	-1.2729	7.289E-02
			3.00	-.1000	.338	.768	-.7729	.5729

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความ กรอบ	LSD	1.00	2.00	5.000E-02	.285	.861	-.5175	.6175
			3.00	.3000	.285	.296	-.2675	.8675
			4.00	.2500	.285	.383	-.3175	.8175
		2.00	1.00	-5.000E-02	.285	.861	-.6175	.5175
			3.00	.2500	.285	.383	-.3175	.8175
			4.00	.2000	.285	.485	-.3675	.7676
		3.00	1.00	-.3000	.285	.296	-.8675	.2675
			2.00	-.2500	.285	.383	-.8175	.3175
			4.00	-5.000E-02	.285	.861	-.6175	.5175
		4.00	1.00	-.2500	.285	.383	-.8175	.3175
			2.00	-.2000	.285	.485	-.7675	.3675
			3.00	5.000E-02	.285	.861	-.5175	.6175
ความชอบ รวม	LSD	1.00	2.00	-.3500	.232	.135	-.8112	.1112
			3.00	-.7500*	.232	.002	-1.2112	-.2888
			4.00	-.9500*	.232	.000	-1.4112	-.4888
		2.00	1.00	.3500	.232	.135	-.1112	.8112
			3.00	-.4000	.232	.088	-.8612	6.118E-02
			4.00	-.6000*	.232	.011	-1.0612	-.1388
		3.00	1.00	.7500*	.232	.002	.2888	1.2112
			2.00	.4000	.232	.088	-6.12E-02	.8612
			4.00	-.2000	.232	.390	-.6612	.2612
		4.00	1.00	.9500*	.232	.000	.4888	1.4112
			2.00	.6000*	.232	.011	.1388	1.0612
			3.00	.2000	.232	.390	-.2612	.6612

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

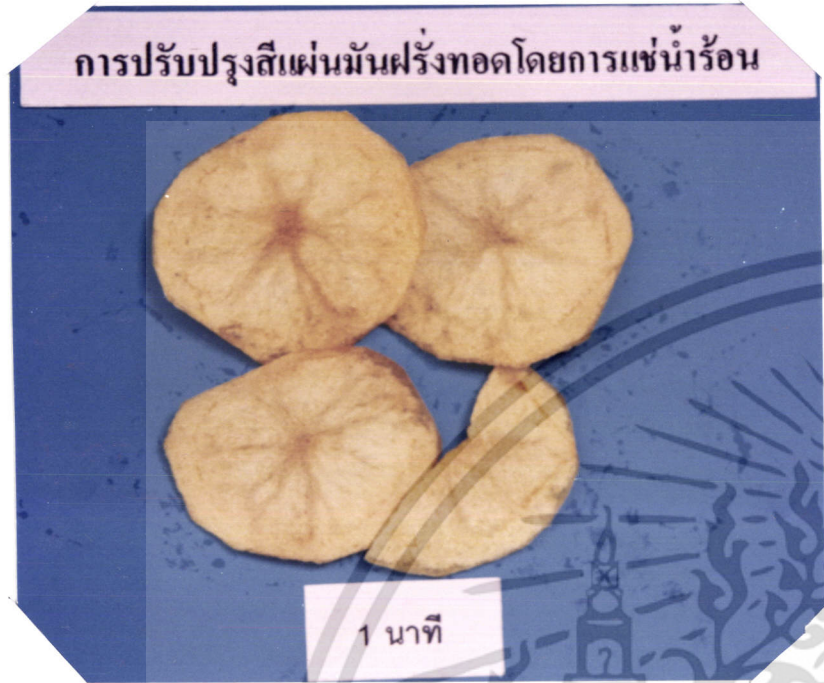
ตารางที่ 29 ตารางแสดงผลทางสถิติของการปรับปรุงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดโดยวิธีการต่างๆก่อนนำมาทอด

Dependent Variable		I (Time)	J (Time)	Mean Difference	Std. Error	Sig.
สี	LSD	Control	Water	-1.1750*	.287	.000
			Microwave	-1.1000*	.287	.000
			NaCl	-1.0000*	.287	.01
		Water	Control	1.1750*	.287	.000
			Microwave	7.500E-02	.287	.795
			NaCl	.1750	.287	.545
		Microwave	Control	1.1000*	.287	.000
			Water	-7.500E-02	.287	.795
			NaCl	.1000	.287	.729
		NaCl	Control	1.0000*	.287	.001
			Water	-.1750	.287	.545
			Microwave	-.1000	.287	.729
รสชาติ	LSD	Control	Water	-.5500	.282	.055
			Microwave	-.4750	.282	.096
			NaCl	5.000E-02	.282	.860
		Water	Control	.5500	.282	.055
			Microwave	.7500E-02	.282	.791
			NaCl	.6000*	.282	.036
		Microwave	Control	.4750	.282	.096
			Water	-7.500E-02	.282	.791
			NaCl	.5250	.282	.066
		NaCl	Control	-5.000E-02	.282	.860
			Water	-.6000*	.282	.036
			Microwave	-.5250	.282	.036

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความ กรอบ	LSD	Control	Water	-2.000	.285	.485
			Microwave	-2.000	.285	.485
			NaCl	7.500E-02	.285	.739
		Water	Control	.2000	.285	.485
			Microwave	.0000	.285	1.000
			NaCl	.2750	.285	.338
		Microwave	Control	.2000	.285	.485
			Water	.0000	.285	1.000
			NaCl	.2750	.285	.338
		NaCl	Control	-7.500E-02	.285	.793
			Water	-.2750	.285	.338
			Microwave	-.2750	.285	.338
ความชอบ รวม	LSD	Control	Water	-1.3000*	.255	.000
			Microwave	-1.1500*	.255	.000
			NaCl	-1.0500*	.255	.000
		Water	Control	1.3000*	.255	.000
			Microwave	.1500	.255	.558
			NaCl	.2500	.255	.330
		Microwave	Control	1.1500*	.255	.000
			Water	-.1500	.255	.558
			NaCl	-.1000	.255	.696
		NaCl	Control	1.0500*	.255	.000
			Water	-.2500	.255	.330
			Microwave	-.1000	.255	.696

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5

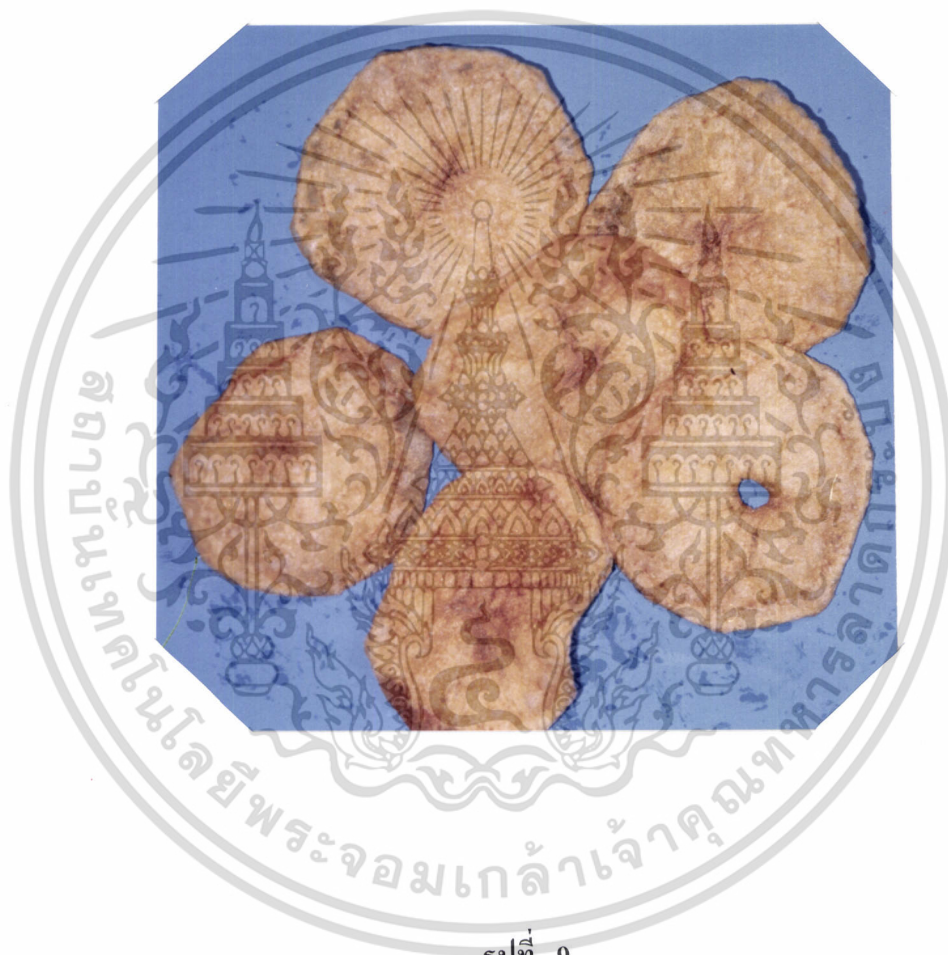
รูปที่ 6

รูปที่ 7

รูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8



รูปที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10



รูปที่ 11



รูปที่ 12



รูปที่ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14



รูปที่ 15



รูปที่ 16



รูปที่ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

นางสาวกัณรรัตน์ กฤษณาชัยทิพย์ เกิดเมื่อวันที่ 28 กันยายน 2519 ที่จ. กาญจนบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสุวรรณพลับพลาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) คณะเทคโนโลยีการเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาวอรรธยา ว่องวิบูลย์พร เกิดเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2521 ที่จ. กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสาขปัญญา กรุงเทพฯ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) คณะเทคโนโลยีการเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้