21696

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T096709

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การลดปริมาณน้ำมันที่ดูดซับในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดโดย
การเคลือบสารละลายน้ำตาลก่อนการทอด

(Reducing of Oil Uptake on Fried Potato by Sugar Solution Pre- treatment)

จัดทำโดย

นางสาวเวทิดา เรืองเดช รหัสนักศึกษา 46041109

นางสาวศิริวรรณ คณิตชัยเดชา รหัสนักศึกษา 46041110

นางสาวอินทุอร พุ่มแจ้ รหัสนักศึกษา 46041126

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

Faculty of Agricultural Industry

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Bangkok 10520 Thailand

สจช.
TP
T912ก
2549

เลขทะเบียน 96709
วัน.เดือน.ปี - 4 JUN 2009

b 11218039
i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การลดปริมาณน้ำมันที่ดูดซับในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด
โดยการเคลือบสารละลายน้ำตาลก่อนการทอด
(Reducing of Oil Uptake on Fried Potato by Sugar Solution Pre- treatment)

จัดทำโดย

นางสาวเวทิดา	เรืองเดช	รหัสนักศึกษา	46041109
นางสาวศิริวรรณ	คณิตชัยเดชา	รหัสนักศึกษา	46041110
นางสาวอินทุอร	พุ่มแจ้	รหัสนักศึกษา	46041126

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 21 / ม.ค. / 50 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ.ดร. พอใจ ถามากร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การลดปริมาณน้ำมันที่ดูดซับในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดโดยการเคลือบสารละลายน้ำตาลก่อนการทอด

(Reducing of oil uptake on fried potato product by using sugar solution pre-treatment)

นางสาวเวทิดา เรืองเดช
นางสาวศิริวรรณ คณิตชัยเดชา
นางสาวอินทุอร พุ่มแจ้

รายงานเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวทิดา เรืองเดช, ศิริวรรณ คณิตชัยเดชา, อินทุอร พุ่มแจ้. 2549 : การลดปริมาณน้ำมันที่ดูดซับในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดโดยการเคลือบสารละลายน้ำตาลก่อนการทอด (Reducing of Oil Uptake on Fried Potato by Sugar Solution Pre- treatment) สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. พอใจ ถามากร

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการลดปริมาณน้ำมันที่ดูดซับในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดด้วยการเคลือบสารละลายน้ำตาลก่อนทอด ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลต่างกัน คือ 0%, 15% 20%, 23% และ 25% ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดหลังการเคลือบด้วยสารละลายน้ำตาลก่อนทอด รวมทั้งศึกษาผลที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอดทางด้านสี เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water Activity,Aw) และ ค่าความแข็ง เป็นต้น ในการทอดจะทำการควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 180 องศาเซลเซียส ขั้นตอนก่อนทอดจะนำมันฝรั่งไปล้าง แล้วนำมาสไลด์เป็นแผ่นหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปผ่านขั้นตอนการลวกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ก่อนนำไปอบ โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryers) จนกระทั่งน้ำหนักเหลือ 60% ของน้ำหนักเริ่มต้น หลังจากนั้นนำไปเคลือบสารละลายน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กันก่อนทอด ใช้เวลาเคลือบประมาณ 2 วินาทีต่อชิ้น จากการทดลองนี้พบว่าระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความเข้มของสี เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Aw) เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (% Oil Content) และ ค่าความแข็ง โดยผลิตภัณฑ์มันฝรั่งมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากการลดลงของค่า L* และการเพิ่มขึ้นของค่า a* และ b* อีกทั้งค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น, ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Aw) และค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น (ความกรอบลดลง) และผลจากการเคลือบด้วยสารละลายน้ำตาลก่อนทอด มีผลต่อการลดปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด โดยสามารถลดปริมาณการดูดซับน้ำมันได้ถึง 60.40%

.....
(นางสาวเวทิดา เรืองเดช)

ศิริวรรณ คณิตชัยเดชา
.....
(นางสาวศิริวรรณ คณิตชัยเดชา)

.... 21 / ส.ค. 50
(นางสาวอินทุอร พุ่มแจ้) (ผศ.ดร พอใจ ถามากร) วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษในหัวข้อ การลดปริมาณน้ำมันที่ดูดซับในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด โดยการเคลือบสารละลายน้ำตาลก่อนการทอด (Reducing of Oil Uptake on Fried Potato Product by using Sugar Solution Pre- treatment) สำเร็จไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้ความกรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำปรึกษา และให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนการดูแลใส่ใจในการทำปัญหาพิเศษ นอกจากนี้ยังได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขข้อพกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์และความถูกต้องมากที่สุด รวมทั้งขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่คอยให้คำชี้แนะจนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ ที่นำมาใช้ทำปัญหาพิเศษนี้ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือตลอดมา นอกจากนี้ ขอขอบคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกคนที่คอยอำนวยความสะดวกคอยเมตตาช่วยเหลือพวกเราในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้เป็นอย่างดีตลอดมา

คณะผู้จัดทำ
เวทิดา เรืองเดช
ศิริวรรณ คณิตชัยเดชา
อินทุอร พุ่มแจ้

13 มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	
2.1 มันฝรั่ง	3
2.2 ไขมันหรือน้ำมันทอดอาหาร	4
2.3 การเปลี่ยนแปลงของไขมันและน้ำมันระหว่างการทอด	5
2.4 การทอด (Frying)	6
2.5 คุณภาพของมันฝรั่งทอด	10
2.6 การทำแห้ง	17
2.7 วอเทอร์แอคทิวิตี้ (Water activity)	18
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	
3.1 วัตถุดิบ	23
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	23
3.3 สารเคมี	23
3.4 สถานที่ทำการทดลอง	24
3.5 วิธีการทดลอง	24
3.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่มีผลต่อสีในมันฝรั่งทอด 25

4.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่มีผลต่อความชื้นและค่า Aw ในมันฝรั่งทอด 28

4.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่มีผลต่อไขมันในมันฝรั่งทอด 29

4.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่มีผลต่อค่าความแข็งในมันฝรั่งทอด 31

4.5 ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการทดลอง 32

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 34

เอกสารอ้างอิง 35

ภาคผนวก

ก. ตารางผลการทดลอง 37

ข. ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง 44

ค. ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติ 55

ง. ภาพแสดงผลการทดลอง 62

จ วิธีการวิเคราะห์การทดลอง 65

ประวัติผู้วิจัย 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนภูมิการเกิดสารประกอบชนิดใหม่ระหว่างการใช้ไขมันและน้ำมันทอดอาหาร	6
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล กับความเข้มของสี	26
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล กับค่า Aw และ %ความชื้น	28
4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล กับค่า %น้ำมัน	29
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล กับค่าความแข็ง	31
ข.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับ %ความชื้น	45
ข.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับ ค่า Aw	45
ข.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับ %Oil Content	46
ข.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับ ค่าความแข็ง	46
ข.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% ความชื้น กับ ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล	47
ข.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% ความชื้น กับ ค่าAw	47
ข.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% ความชื้น กับ %Oil Content	48
ข.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้น กับ ค่าความแข็ง	48
ข.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Aw กับ ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล	49
ข.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Aw กับ %ความชื้น	49
ข.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Aw กับ %Oil Content	50
ข.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Aw กับ ค่าความแข็ง	50
ข.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Oil Content กับ ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล	51
ข.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Oil Content กับ %ความชื้น	51
ข.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Oil Content กับ ค่า Aw	52
ข.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Oil Content กับ ค่าความแข็ง	52
ข.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความแข็ง กับ ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความแข็ง กับ %ความชื้น 53
ข.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความแข็ง กับ ค่า Aw 54
ข.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความแข็ง กับ %Oil Content 54
ง.1 ภาพแสดงมันฝรั่งแผ่นสด 63
ง.2 ภาพแสดงมันฝรั่งแผ่นหลังผ่านการลวก 63
ง.3 ภาพแสดงมันฝรั่งแผ่นหลังผ่านการอบ 63
ง.4 แสดงภาพมันฝรั่งแผ่นหลังการทอด ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายต่างๆ 64
จ.1 เครื่องวัดสี Chromameter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 330 66
จ.2 เครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) 67
จ.3 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet) ยี่ห้อ Buchi model B810 68
จ.4 เครื่องวัดค่า Water Activity ยี่ห้อ Novasina รุ่น Thermoconstanter 70
จ.5 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT2I 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.2	Monocarbonyl compounds identified in potato chips	16
2.3	ผลของวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C	22
4.1	แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการทดลอง	32
ก.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับความเข้มของสี	38
ก.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับความชื้น	41
ก.3	ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับ Aw	42
ก.4	ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับ % Oil Content	42
ก.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับ ความแข็ง	43
ค.1.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลที่ระดับต่างๆ	56
ค.1.2	แสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของแผ่นมันฝรั่งทอดด้วยระบบ Hunter	57
ค.2.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ %ความชื้น	58
ค.3.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ ค่า Aw	59
ค.4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ %Oil Content	60
ค.5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ ค่าความแข็ง	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันนี้ผู้บริโภคเริ่มให้ความสนใจในเรื่องของสุขภาพและโภชนาการมากขึ้น โดยมีแนวโน้มต้องการอาหารประเภทไขมันต่ำ เนื่องจากการรับประทานอาหารที่มีปริมาณไขมันมากจะทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารประเภทไขมันมากเกินความจำเป็นและเกิดปัญหาสุขภาพ เช่น ปริมาณคลอเรสเตอรอลในเลือดสูง หลอดเลือดหัวใจตีบตัน หรือโรคอ้วน เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีแนวโน้มต้องการอาหารไขมันต่ำ แต่อาหารประเภททอดซึ่งมีไขมันสูงยังคงเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เช่น ผลิตภัณฑ์ไก่ทอด โดนัท มันฝรั่งทอด เป็นต้น หรือแม้ว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะมีปริมาณไขมันสูงเนื่องจากการอมน้ำมันในระหว่างการทอดก็ตาม ดังนั้นจึงมีการศึกษาและวิจัยหาวิธีการลดปริมาณไขมันในอาหารประเภททอดดังกล่าว เพื่อให้ได้อาหารทอดที่มีไขมันต่ำตรงตามความต้องการของผู้บริโภค แต่สิ่งหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือ การรักษาคุณลักษณะที่ดีของอาหารทอดไว้แม้จะลดปริมาณไขมันลงก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นลักษณะภายนอก เนื้อสัมผัส รสชาติ และกลิ่นรส การลดปริมาณน้ำมันอันเนื่องมาจากการดูดซึมของอาหารในขณะที่ทอดเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณไขมันในอาหารทอดได้ และจากการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างน้ำมันและชิ้นอาหารในขณะทอด พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นที่มีอยู่ในชิ้นอาหารจะเคลื่อนที่ออกจากชิ้นอาหารในรูปของไอน้ำ ทำให้เกิดช่องว่างในชิ้นอาหารนั้น น้ำมันที่อยู่โดยรอบจะแทรกซึมเข้าไปอยู่ในช่องว่าง เป็นการสะสมน้ำมันในชิ้นอาหาร หรือที่เรียกว่า การอมน้ำมัน ทำให้มีการศึกษาใช้น้ำตาลเคลือบชิ้นอาหารก่อนที่จะนำไปทอด เนื่องจากน้ำตาลมีคุณสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของไขมันและน้ำมัน จึงสามารถต้านทานการดูดซึมน้ำมันไม่ให้อาหารทอดดูดซึมน้ำมันมากเกินไป ซึ่งเป็นวิธีลดปริมาณไขมันในอาหารทอดอีกทางหนึ่ง โดยยังคงลักษณะที่ดีของอาหารทอดไว้ได้

จากสาเหตุดังที่กล่าวมาข้างต้น การทดลองประยุกต์ใช้น้ำตาลเคลือบมันฝรั่งก่อนการทอดจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่อาจเป็นไปได้เพื่อการลดปริมาณน้ำมันส่วนเกินในผลิตภัณฑ์อาหารทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการทดลองมีดังนี้

1. เพื่อศึกษาการลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด
2. เพื่อศึกษาถึงผลของปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่มีผลต่อสี ความชื้น การดูดซึมไขมัน ค่า Water Activity และความแข็งในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 มันฝรั่ง

มันฝรั่ง (Potato หรือ Irish potato) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Solanum tuberosum เป็นพืชหัวที่อยู่ในตระกูล Solanaceae เช่นเดียวกับพวกพริก มะเขือเทศ มะเขือและยาสูบ จัดว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญยิ่ง เป็นพืชที่มนุษย์นำมาบริโภคได้ดีรองจากข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด และถั่วเหลือง มันฝรั่งมีคุณค่าทางอาหารสูง ให้โปรตีนต่อมนุษย์ และยังเป็นอาหารที่ให้วิตามินซีและวิตามินบีอีกด้วย ปัจจุบันมันฝรั่งได้ถูกนำมาปลูกทดแทนฝิ่นของชาวไทยภูเขา ซึ่งเป็นพืชที่ทำรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นอย่างดี

มันฝรั่งเป็นพืชล้มลุกที่ชอบอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ที่ระหว่าง 15 ถึง 20 องศาเซลเซียสและเหมาะสมที่จะปลูกในระดับความสูง 500 ถึง 1,300 เมตร (จากระดับน้ำทะเล) มันฝรั่งให้ผลผลิตโดยมีลักษณะเป็นหัว ซึ่งเรียกว่า Stolons หรือ Rhizomes ยาว 7.5 ถึง 10 เซนติเมตร ตอนปลายขยายใหญ่เพื่อสร้างหัว ที่ผิวของมันฝรั่งมีรู หรือ Lenticles สำหรับถ่ายเทอากาศ Lenticles นี้จะขยายใหญ่เมื่อได้รับความชื้น ซึ่งอาจเป็นเหตุให้เชื้อโรคในดินเข้าสู่ภายในหัวได้ง่าย มันฝรั่งมีตาซึ่งจะสังเกตได้จากหัวมันฝรั่งแต่ละตาจะแตกหน่อและเจริญเติบโตเป็นต้นมันฝรั่งต่อไป มันฝรั่งต้นหนึ่งจะให้หัวเจริญ 6 ถึง 10 หัว ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พันธุ์ ปุ๋ย ดิน และอากาศด้วย

มันฝรั่งเป็นพืชอาหารสำคัญของโลกอันดับที่ 4 รองจาก ข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพด มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบที่ราบสูงของเทือกเขาแอนดีสในอเมริกาใต้บริเวณประเทศเปรู ประชาชนในแถบนี้จึงรู้จักปลูกและบริโภคมันฝรั่งมาเป็นเวลาช้านาน ต่อมาในศตวรรษที่ 18 มันฝรั่งจึงกลายเป็นอาหารหลักของชาวตะวันตก โดยเริ่มต้นที่ประเทศไอร์แลนด์ เรียกว่า Irish potato จากนั้นได้แพร่หลายไปยังประเทศต่าง ๆ ในหลายภูมิภาค ได้แก่ ยุโรป อเมริกาเหนือ แอฟริกา และเอเชีย สำหรับคนไทยนั้นหลักฐานไม่ปรากฏแน่ชัดว่านำมาปลูกเมื่อใด แต่สันนิษฐานกันว่า ชาวจีนฮ่อที่อพยพมาจากมณฑลยูนานของประเทศจีนนำเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การปลูกมันฝรั่งในประเทศไทย

2.1.1.1 การปลูกมันฝรั่ง

มันฝรั่งขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิด เช่น ดินร่วนปนทราย ดินน้ำไหลทรายมูล และดินร่วนขุยไผ่ เป็นต้น โดยดินที่ใช้ปลูกต้องมีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์และระบายน้ำได้ดี สำหรับเกษตรกรที่ปลูกในฝรั่งในเขตพื้นที่ราบในจังหวัดเชียงใหม่จะปลูกในนาข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว เนื่องจากการทำนาข้าวเป็นการตัดวงจรโรคของมันฝรั่ง

2.1.1.2 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิต

มันฝรั่งเป็นพืชที่ชอบอากาศหนาวเย็น ดังนั้น พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตภาคเหนือโดยเฉพาะที่จังหวัดเชียงใหม่และตาก ซึ่งมีผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งประเทศ จังหวัดอื่นที่มีปลูกบ้างเล็กน้อย ได้แก่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน ปัจจุบันมีการนำเข้ามาทดลองปลูกทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือในเขตชลประทาน เช่น จังหวัดเลย และจังหวัดสกลนคร (มาโนช, 2535)

2.1.2 คุณภาพของมันฝรั่ง

โดยทั่วไปคุณภาพของมันฝรั่งถูกกำหนดโดยลักษณะทางกายภาพของหัวมันฝรั่งและคุณภาพในการประกอบอาหาร ลักษณะต่าง ๆ ของหัวที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง ความลึกของตา สีผิว สีเนื้อ การเกิดสีเขียวที่ผิว การเกิดโพรงกลวง และรอยแตกภายนอก ส่วนคุณภาพในการประกอบอาหาร ได้แก่ รสชาติ และคุณลักษณะของเนื้อ (Smith, 1987)

2.2 ไขมันหรือน้ำมันทอดอาหาร

ไขมันหรือน้ำมันที่ใช้สำหรับทอดอาหารที่นิยมใช้กันมาก คือ น้ำมันหมูหรือน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่กับความนิยมของผู้บริโภค น้ำมันพืชที่บรรจุขวดจำหน่าย บางยี่ห้อเป็นน้ำมันพืชชนิดเดียว เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง หรือน้ำมันงา บางยี่ห้อเป็นน้ำมันพืชผสม อาจเป็นน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันรำข้าว หรือผสมกับน้ำมันเมล็ดนุ่น เป็นต้น

ในการทอดอาหาร ไขมันหรือน้ำมันจะเป็นตัวนำความร้อนทำให้อาหารสุก ช่วยหล่อลื่นไม่ให้อาหารติดกับภาชนะขณะทอด ทำให้อาหารมีสีและเพิ่มรสชาติ สมบัติของไขมันหรือน้ำมันทอดอาหารที่ดีต้องมีความคงตัว มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทนทานต่อความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 325-375 องศาฟาเรนไฮต์ และต้องมีสมบัติสัมพันธ์กับอาหารที่ใช้ทอด เพราะกลิ่นและรสชาติของไขมันหรือน้ำมันจะติดไปกับอาหารที่ทอดแล้วด้วย

ไขมันหรือน้ำมันที่มีโมโนหรือไดกลีเซอไรด์ หรือกรดไขมันอิสระผสมปนอยู่ด้วย จะทำให้เกิดควันได้ง่าย และทำให้อาหารที่ทอดมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ติดไป ไขมันหรือน้ำมันที่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการเติมไฮโดรเจนจะมีความคงตัวเพิ่มขึ้น แต่ทำให้จุดหลอมเหลวสูงขึ้นด้วย ในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารควรประกอบไปด้วย กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนน้อย เพื่อให้มีจุดหลอมเหลวต่ำ มีความคงตัวดีโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน แต่ก็มีข้อเสีย คือ สามารถเกิดการหืน เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้ง่ายและทำให้มีกลิ่นหืนติดไปกับอาหารที่ทอดแล้วด้วย

2.3 การเปลี่ยนแปลงของไขมันและน้ำมันระหว่างการทอด

การใช้ไขมันหรือน้ำมันในการทอดอาหาร ระหว่างที่ไขมันและน้ำมันได้รับความร้อนและขณะทอด จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอล ทำให้เกิดการสลายตัวที่มีความซับซ้อนเกิดขึ้น เนื่องจาก Thermolytic และ Oxidative reaction ซึ่งจะมีผลกระทบต่อ

ก. คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมัน ไขมันและน้ำมันที่ผ่านความร้อนสูงอาจทำให้เกิดความเป็นพิษได้ (toxin effect)

ข. คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำมันและอาหารที่ทอดในน้ำมัน

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับไขมันและน้ำมันในขณะทอดที่เห็นได้ชัดเจน คือ น้ำมันมีสีคล้ำมากขึ้น มีความหนืดเพิ่มขึ้น smoke point และเกิดฟองมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีปฏิกิริยาของเคมีเกิดขึ้นกับไขมันและน้ำมันเมื่อได้รับความร้อน คือ

1. ไขมันและน้ำมันถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นกรดไขมันอิสระ โมโนและไดเอซิลกลีเซอรอล

2. ไขมันถูกออกซิไดส์ ได้เป็นสารประกอบชนิดใหม่ ได้แก่ ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) อีพอกไซด์ (epoxide) คีโตน และ conjugated dienoic acid สารประกอบเหล่านี้อาจเกิด fission ได้เป็นส่วนของโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง หรืออาจยังคงอยู่เป็นส่วนหนึ่งในโมเลกุลไตรเอซิลกลีเซอรอล หรืออาจมาจับตัวรวมกัน (cross-link) ทำให้เกิดเป็นไดเมอร์ (dimeric) และพอลิเมอร์ (polymeric triacylglycerols)

สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันดังกล่าว สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

(ก) สารประกอบที่ระเหยได้

(ข) สารประกอบที่เป็นโมโนเมอร์

(ค) สารประกอบที่เป็นพอโนเมอร์

3. ไขมันและน้ำมันสามารถเกิดพันธะใหม่ ระหว่างคาร์บอน - คาร์บอนในภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้ ซึ่งถ้าเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอน – คาร์บอนภายในโมเลกุลของกรดไขมันเดียวกันจะทำให้เกิดวงแหวน (cyclic fatty acid) ถ้าเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอน – คาร์บอนจากกรดไขมันต่างโมเลกุลกันจะทำให้เกิดไดเมอร์ หรืออาจเกิดขึ้นได้ระหว่างกรดไขมันที่อยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไตรกลีเซอไรด์เดียวกันหรือต่างโมเลกุลกันก็ได้ ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

ภาพที่ 2.1 แผนภูมิการเกิดสารประกอบชนิดใหม่ระหว่างการใช้ไขมันและน้ำมันทอดอาหาร

2.4 การทอด (Frying)

การทอดเป็นกรรมวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยม เนื่องจากเป็นวิธีการปรุงอาหารเพื่อให้เกิดกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวของอาหารทอดซึ่งจะแตกต่างจากวิธีการปรุงอาหารแบบอื่น กระบวนการทอดระดับอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว นิยมใช้การทอดแบบที่เรียกว่า การทอดแบบน้ำมันท่วม (deep-fat frying) การถ่ายเทความร้อนในการทอดแบบน้ำมันท่วม เป็นทั้งการพา ความร้อนในน้ำมันร้อนและการนำความร้อนสู่ภายในชิ้นอาหาร

2.4.1 กระบวนการทอด

ในกระบวนการทอด อุณหภูมิภายในชิ้นอาหารจะมีค่าต่ำกว่าจุดเดือดของของเหลวหรือสารละลายอื่นๆที่มีในอาหาร เนื่องจากของเหลวส่วนใหญ่ที่มีในอาหารเป็นน้ำ จุดเดือดของของเหลวภายในชิ้นอาหารจึงใกล้เคียงกับจุดเดือดของน้ำ เมื่อกระบวนการทอดเริ่มขึ้น น้ำจำนวนมากจะระเหยโดยเริ่มตั้งแต่ชั้นเปลือกนอกของอาหาร ซึ่งสัมผัสกับน้ำมันร้อน นักวิทยาศาสตร์ได้แบ่งกระบวนการทอดออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1 Initial heating ในขั้นตอนนี้เกิดขึ้นนาน 2-3 วินาที ผิวหน้าของชิ้นอาหารที่จุ่มอยู่ในน้ำมันที่ร้อน จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเท่ากับระดับจุดเดือดของของเหลว ลักษณะของการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำมันและชิ้นอาหารในช่วงเวลาสั้นๆ นี้เนื่องมาจากการพาความร้อน และยังไม่มีการระเหยของน้ำปรากฏที่ผิวหน้าของอาหาร

2.4.1.2 Surface boiling การระเหยจะบ่งบอกถึงการเริ่มเดือดที่ชั้นผิวหน้า ลักษณะการพาความร้อนโดยธรรมชาติจะเปลี่ยนเป็นการพาความร้อนแบบออกแรงกระทำ (forced convection) เพราะเกิดความแปรปรวนอย่างมากในน้ำมันที่อยู่โดยรอบชิ้นอาหาร ในระหว่างขั้นตอนนี้ ผิวหน้าของอาหารจะเริ่มเกิดลักษณะแข็งเป็นเปลือกนอก (curst)

2.4.1.3 Falling rate สำหรับขั้นตอนนี้เกิดขึ้นนานช่วงเวลาหนึ่งเมื่อความชื้นจากภายในเริ่มออกจากชิ้นอาหารและอุณหภูมิภายในใจกลาง (core) สูงถึงจุดเดือดของของเหลว สมบัติทางเคมีกายภาพของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น การเกิดเจลาติไนส์ของแป้ง การสุกของอาหาร เป็นต้น ชั้นเปลือกนอกของอาหารจะหนามากขึ้น และหลังจากผ่านไประยะเวลาหนึ่งพร้อมกับความชื้นเคลื่อนที่ออกไปมาก จะพบว่าการถ่ายเทไอน้ำจะเริ่มลดลงที่ชั้นผิวหน้า

2.4.1.4 Bubble end-point หากทอดชิ้นอาหารต่อไปเป็นระยะเวลานาน อัตราการเคลื่อนที่ของไอน้ำจะลดลง และฟองที่ออกจากผิวหน้าของอาหารจะลดลง ชั้นเปลือกนอกของอาหารจะเริ่มหนาและแข็งมาก

2.4.2 การถ่ายเทมวลในระหว่างการทอด

เมื่ออาหารถูกนำไปทอดจะมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างที่สำคัญเกิดขึ้นในน้ำมัน จากการศึกษาพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและทางเคมีของน้ำมัน เช่น ความหนืดของน้ำมันเพิ่มขึ้น ความตึงผิวของน้ำมันลดลงเอถูกให้ความร้อนนานขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับน้ำรวมถึงส่วนประกอบอื่นๆของอาหาร

การถ่ายเทมวลในระหว่างการทอดเกิดขึ้นในลักษณะที่มีการเคลื่อนที่ของน้ำมันเข้าไปในอาหารและน้ำภายในอาหารจะเคลื่อนที่ออกมาในรูปของไอน้ำไปยังน้ำมัน มีการทดลองมากมายรายงานว่า ปริมาณของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด และยังสัมพันธ์กับปริมาณของน้ำในอาหารด้วย ได้มีการแบ่งพื้นผิวของชิ้นอาหารทอดออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของผิวหน้าระหว่างอาหารกับน้ำมันที่ร้อน ส่วนของเปลือกชั้นนอกซึ่งเป็นรูพรุนและมีน้ำมันอยู่ (curst) และส่วนของใจกลางของชิ้นอาหาร (core) มีการทดลองใช้สีย้อม (dye) ที่ละลายได้ในน้ำมันศึกษาการทรกซึมของน้ำมันที่ผ่านเข้าไปในชิ้นมันฝรั่งทอดพบว่า ชั้นที่น้ำมันแทรกซึมเข้าไปนั้น ไม่เกินชั้นเปลือกนอก ความลึกประมาณ 1-2 มิลลิเมตร น้ำมันที่ใช้ในการทอดจะเสื่อมเสียโดยถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปนเปื้อนด้วยองค์ประกอบของอาหารและน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำ นอกจากนี้น้ำมันยังถูกทำลายด้วยความร้อนและมีการดูดซึมออกซิเจนที่ผิวหน้าของน้ำมันที่สัมผัสกับอากาศ เมื่อมีการถ่ายเทมวลจะเป็นผลให้ผิวหน้าของอาหารทอดชุ่มไปด้วยน้ำมันที่มีการเสื่อมเสียระหว่างการทอดดังกล่าว

2.4.3 การดูดซึมน้ำมันในระหว่างการทอดแบบน้ำมันท่วม

น้ำมันที่ใช้ในการทอดซึ่งแทรกซึมไปในชิ้นอาหารทอดจะมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างไปจากองค์ประกอบอื่นๆของอาหาร โดทำให้เกิดกลิ่นรสและความรู้สึกลื่นภายในปาก (smooth mouth feel) ช่วยทำให้อาหารมีรสอร่อยมากขึ้น กระบวนการผลิตอาหารจำนวนมากใช้การทอดแบบน้ำมันท่วม ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งของผลิตภัณฑ์ คือ ปริมาณน้ำมันที่ดูดซึมในระหว่างกระบวนการทอด ปัจจุบันนี้ผู้บริโภคมีแนวโน้มต้องกาผลิตภัณฑ์ที่ลดมัน แต่อย่างไรก็ตาม ในตลาดทุกระดับยังมีการขายผลิตภัณฑ์อาหารทอดที่มีปริมารน้ำมันจำนวนมาก ถึงประมาณ 45% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด จะเห็นว่าอาหารประเภททอดยังคงได้รับความนิยมเป็นจำนวนมาก แม้การบริโภคไขมันและน้ำมันมากเกินไปจะเป็นสาเหตุของโรคร้ายต่างๆก็ตาม ดังนั้นในระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมาจึงเริ่มมีแนวโน้มความต้องการให้ลดการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด แทนที่จะลดการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารทอด มีการรายงานปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด ดังนี้

2.4.3.1 คุณภาพและองค์ประกอบของน้ำมัน

การดูดซึมน้ำมันและการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการทอด จุดหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจกันมากคือ น้ำมันที่สกัดมาจากผลิตภัณฑ์ที่ทอดแล้วพบว่า มีปริมาณของโพลิเมอร์มากกว่าน้ำมันที่เหลืออยู่ในเครื่องทอด มีสารลดแรงตึงผิวหลายชนิดที่เกิดขึ้นในน้ำมันที่ร้อนอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารเหล่านี้จะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนที่ผิวหน้าระหว่างน้ำมันและอาหารแต่อย่างไรก็ตาม สารเหล่านี้เกิดขึ้นในปริมาณจำกัด โดยเฉพาะในน้ำมันใหม่จะเกิดขึ้นน้อยมาก

2.4.3.2 อุณหภูมิในการทอด ระยะเวลาในการทอด และรูปร่างของผลิตภัณฑ์

การเพิ่มอุณหภูมิในการทอดไม่มีผลเสมอไป และระยะเวลาในการทอดก็ไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำมันในช่วง 155-200 องศาเซลเซียสอีกด้วย มีกระบวนการทอดแบบพิเศษ คือใช้ความดันสูง ช่วยให้อาหารดูดซึมน้ำมันน้อยลง นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างผิวหน้ากับมวลของอาหารที่มีค่าสูง จะทำให้การดูดซึมน้ำมันลดลง ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวสัมผัสกับปริมาณน้ำมันที่ดูดซึมมีลักษณะเป็นเส้นตรง พื้นผิวที่ขรุขระจะทำให้พื้นผิวทั้งหมดเพิ่มขึ้นทำให้การดูดซึมน้ำมันมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.3 ปริมาณความชื้น

มีการศึกษามากมายที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการทอด ซึ่งพบว่าจะเกิดการดูดซึมน้ำมันเมื่อความชื้นเคลื่อนที่ออกจากอาหารในระหว่างการทอด ยิ่งปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูงจะเป็นผลให้การดูดซึมน้ำมันมากยิ่งขึ้น การที่มีปริมาณความชื้นตั้งต้นต่ำคาดว่าจะทำให้มีปริมาตรภายในอาหารอยู่น้อย ซึ่งจะเป็นส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยน้ำมันในระหว่างการทอด และจะทำให้ระยะเวลาการทอดนั้นลดลง ในกรณีที่มีกรใช้สารปรุงแต่งอาหารจะมีผลอย่างมากต่อการเก็บกักความชื้น

2.4.3.4 องค์ประกอบของอาหาร

สำหรับบางผลิตภัณฑ์ มีปริมารไขมันเริ่มต้นอยู่สูง ส่วนมากจะเป็นไขมันที่ถูกดูดซึมเอาไว้ มักพบในอาหารประเภทพายและโดนัท แต่อย่างไรก็ตาม ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น เนื้อและปลาจะให้ผลตรงข้าม การเติมโปรตีนถั่วเหลืองลงในโดนัทจะช่วยลดการดูดซึมน้ำมัน นอกจากนี้การใช้ผงเซลลูโลสและอนุพันธ์ยังช่วยลดการดูดซึมน้ำมันอีกด้วย มีรายงานว่าเมทธิลเซลลูโลสให้ผลดีกว่าผงเซลลูโลสในการลดปริมาณน้ำมันในโดนัทและ falafel balls ส่วนประกอบที่เป็นไอออนิกในมันฝรั่งมีผลต่อการดูดซึมน้ำมันในระหว่างการทอด จากการใช้สาละลายโซเดียมคลอไรด์หรือแคลเซียมคลอไรด์ที่ร้อนกับมันฝรั่งก่อนจะนำไปทอดพบว่าช่วยลดการดูดซึมนำมันในระหว่างที่ทอดได้

2.4.3.5 กระบวนการก่อนการทอด

การลวกหรือการลดปริมาณความชื้นในอาหารก่อนที่จะนำไปทอดสามารถลดการดูดซึมน้ำมันได้ การล้างผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำมันผสมอิมัลซิไฟเออร์หรือการใช้น้ำมันทำให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ชุ่มชื้นและใช้ไอน้ำร้อนหลายๆครั้ง จะช่วยลดการดูดซึมน้ำมัน นอกจากนี้การแช่แข็งก่อนที่จะนำมันฝรั่งไปทอดสามารถลดการดูดซึมน้ำมันได้ การนำมันฝรั่งแท่งไปแช่แข็งก่อนที่การทอดสามรถลดการดูดซึมน้ำมันได้ และนอกจากนี้กระบวนการทำแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการต่างกันก่อนนำไปทอด มีผลลดการดูดซึมนำมันแตกต่างกัน ซึ่งการทำแห้งโดยทั่วไปมักจะช่วยลดการดูดซึมน้ำมัน แต่การทำแห้งแบบ freezing-drying มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดซึมน้ำมันเพิ่มขึ้น

2.4.3.6 Surface Treatment

ในบางการทดลองได้นำส่วนประเภทไฮโดรคอลลอยด์มาเคลือบอาหารเพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำมันและในบางกรณีจะผสมไฮโดรคอลลอลด์ลงไปในแป้งเคลือบ (breading coating or batter) ส่วนการศึกษาอื่นๆมีการนำอะมิโลสมาเคลือบมันฝรั่งเพื่อต้านทานการดูดซึมน้ำมัน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำฟิล์มที่รับประทานได้เข้ามาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารทอดโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้านทานการซึมผ่าน้ำมันเป็นการลดการดูดซึมน้ำมันอีกแนวทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 คุณภาพของมันฝรั่งทอด

มันฝรั่งทอดที่ได้จากกระบวนการผลิตจะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จะมีความชื้นเพียง 2% มีสีเหลืองอ่อนน่ารับประทาน มีกลิ่นและรสชาติตามต้องการ รวมไปถึงมีเนื้อสัมผัสที่กรอบ

ดังนั้นการผลิตมันฝรั่งทอดให้มีคุณภาพ ผู้ผลิตจะต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ ๆ หลายประการด้วยกัน เช่น สีของมันฝรั่งทอด ปริมาณที่ถูกดูดซับในมันฝรั่งทอด และเนื้อสัมผัส เป็นต้น

2.5.1 สีของมันฝรั่งทอด (Color of Potato chips)

สีของมันฝรั่งทอดจัดเป็นปัญหาสำคัญยิ่งในการประกอบอุตสาหกรรมประเภทนี้ สีของมันฝรั่งทอดขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของหัวมันฝรั่ง ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีนี้ขึ้นกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ควบคุมได้ยากหลายประการ ทั้งในด้านการเพาะปลูก และการเก็บรักษา (storage) แต่สิ่งที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการเปลี่ยนแปลงนี้ได้แก่ พันธุ์มันฝรั่ง อุณหภูมิในการเก็บรักษา และปัจจัยอื่น ๆ อีกมากมาย ตลอดจนสารประกอบทางอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น พวก phenolic compound ซึ่งได้แก่ licnin, coumarrins, flavonones, anthocyanin, tannin (Brown, 1960) และนี้จะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) , อุณหภูมิ และความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยา (reactants) และตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst)

2.5.1.1 สาเหตุการเกิดสี

Smith (1968) ได้กล่าวว่า การเกิดสีในมันฝรั่งทอด เนื่องมาจากสภาพทางกายภาพหรือเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญ มีอยู่ 3 ประการ คือ

1. Enzymatic Browning enzymatic browning จะเกิดขึ้นเมื่อมันฝรั่งถูกหั่นหรือปอกเปลือก ซึ่งเกิดจากการออกซิเดชันของพวก phenolic compounds โดย enzyme phenolase สารตั้งต้น phenolic 2 ตัวหลักที่สำคัญที่พบในมันฝรั่งคือ chlorogenic acid และ amino acid tyrosine รูปแบบของตัวที่ถูกออกซิไดส์แล้วจะอยู่ในรูปของ เอ็นไซม์ แต่ผลของมันไม่ได้ทำให้

สีเข้ม ผลของการออกซิไดส์ของ tyrosine จะทำให้สีเข้มขึ้นภายหลังที่เกิด melanin pigments ลำดับขั้นตอนการเกิด melanin จาก tyrosine แสดงตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tyrosine → 3,4-dihydroxyphenylalanine (DOPA) → phenylalanine-3,4-quinone →
2-carboxy-2,3-dihydro-5,6-dihydroxyindole → 2-carboxy-2,3-dihydroindole-5,6-quinone → 5,6-dihydroxyindole →
indole-5,6-quinone → melanin

2. Nonenzymatic browning reaction มี 2 ปฏิกิริยาด้วยกันที่เป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลในกระบวนการแปรรูปมันฝรั่งทอด คือ

- Caramelization reaction
- Maillard reaction

ตามที่ Gray และ Hughes กล่าวไว้ว่าการเกิดสีน้ำตาล ในมันฝรั่งโดยปฏิกิริยา caramelization จะเกิดขึ้นไม่บ่อยนัก และไม่ใช่ตัวสำคัญ เพราะการเกิดปฏิกิริยานี้แต่ละครั้งต้องใช้พลังงานจำนวนมากในการเข้าร่วมปฏิกิริยา

ที่อุณหภูมิสำหรับการทอด (165-170 องศาเซลเซียส) การเกิดปฏิกิริยาจะเป็นไปได้อย่างรวดเร็วถ้ามีน้ำตาลและกรดอะมิโนรวมกันอยู่ ผลิตภัณฑ์ตัวแรกที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยา maillard จะอยู่ในรูปของ carbonyl compound ที่ไม่เสถียรซึ่งจะสามารถผันกลับได้ไปเป็นรูปของ complex melanoid ซึ่งเป็นตัวการในการเกิดสีของมันฝรั่ง ขั้นตอนการเกิดจะต้องผ่านปฏิกิริยา conjugation และตามด้วย ปฏิกิริยาการเกิด polymerization การเกิดสีน้ำตาลจะมากน้อยเพียงใดไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนน้ำตาลและกรดอะมิโนที่มีอยู่เพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับชนิดการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีด้วย ปฏิกิริยาเคมีเหล่านี้ จะโดนกระทบได้จาก พวก pH และอุณหภูมิ เป็นต้น

Ashoor and Zent (1984) ได้ศึกษาจากแบบจำลองพบว่า อัตราการเกิดสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับ alpha- amino N แต่ไม่ได้ขึ้นกับปริมาณน้ำตาล ในทางปฏิบัติ alpha- amino N จะสามารถควบคุมได้ยาก ดังนั้นจึงไม่นิยมนำมาใช้ในการกำหนดอัตราของปฏิกิริยาหรือการเกิดสีน้ำตาล การเกิดสีน้ำตาลส่วนใหญ่แล้วถูกกำหนดควบคุมโดยจำนวนของน้ำตาลรีดิวส์ที่มีอยู่ในมันฝรั่ง แต่จะยกเว้นในขณะที่มีอุณหภูมิสูงเพราะ sucrose จะ hydrolyzes ไปเป็นน้ำตาล เมื่อนั้นปริมาณ disaccharide จะเป็นตัวควบคุมในการเกิดสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลและปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ ที่พบมีการเปลี่ยนแปลงที่น่าจะนำมาพิจารณาด้วยเช่นกัน

3. After- cooking Blackening จะเกิดปฏิกิริยาหลังจากการปรุงให้สุกของมันฝรั่ง โดยเฉพาะหัวมันฝรั่งที่มีความไวต่อการต้มและการใช้ไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pigment ที่เปลี่ยนสีจะอยู่ในรูป complex ของ chlorogenic acid และเหล็ก ในขณะทำให้สุกและการออกซิไดซ์ในช่วงการทำให้เย็นซึ่งจะเกิดเป็น complex ของ ferri-dichloroginic acid Gray และ Hughes มีข้อมูลว่า pigment สามารถถูกกระทบได้จาก pH และการแสดงเป็น chlelating agents ตามธรรมชาติของสารที่มีอยู่ เช่น พวก citric acid, malic acid และ phosphate ในหัวมันฝรั่ง การกระจายขอบเขตการเกิดสีน้ำตาลมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ chloroginic acid และ citric acid มีการรายงานว่าการเกิด after-cooking blackening จะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ดิน, ปุ๋ย, ฤดูกาล และอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อโพแทสเซียม รวมทั้งความเย็นของฤดูที่ชื้นแฉะ เป็นต้น มีการพบว่าสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้หัวมันฝรั่งมีความไวต่อการเกิด after- cooking blackening แตกต่างกัน ความแตกต่างของ chloroginic acid ที่มีมากและ ปริมาณ citric acid ที่มีเพียงเล็กน้อยระดับกรดสองตัวนี้จะมีผลมาจากดินและฤดูกาล มันฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ กันจะมีปริมาณของ citric acid แตกต่างกันด้วย มันฝรั่งที่มีการเจริญเติบโตบนดินที่ organic matter สูงแต่มีโพแทสเซียมต่ำจะให้สีน้ำตาลเข้มมากกว่าหัวมันฝรั่งที่ปลูกในดินที่มี organic matter ต่ำ แต่มีโพแทสเซียมสูง ซึ่งดินเหล่านี้จะมีกรดซิตริกต่ำ

จากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ถึงบทบาทของ chlorogenic acid และ citric acid พบว่า จำนวนของสารทั้ง 2 ตัวนี้จะเป็นผลเนื่องจาก ชนิดของพันธุ์ ภาวะสิ่งแวดล้อม และแสง บางชนิดจะมีผลต่อโพแทสเซียมและไนโตรเจนมีผลทำให้เกิดสีเข้มขึ้นในมันฝรั่ง สรุปแล้วเราจะต้องทำการเลือกชนิดของหัวมันฝรั่งที่มี chlorogenic acid ในระดับที่ต่ำ จะช่วยลดการเกิด after-cooking blackening และการเลือกใช้ปุ๋ยที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจนและโพแทสเซียมอย่างเหมาะสม มีความเป็นไปได้ในบทบาทหน้าที่ของเหล็กที่จะเป็นสาเหตุในการเกิด after-cooking blackening

ปริมาณ reducing sugar มีส่วนสัมพันธ์กับความเข้มของสีของมันฝรั่งทอดมาก Prosise (1990) ได้กล่าวว่า มันทอดที่มีสีเหลืองอ่อนจะต้องทำจากหัวมันฝรั่งที่มี reducing sugar 3 มิลลิกรัมต่อปริมาตรของน้ำมันฝรั่งที่บีบออกมา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ของน้ำมันฝรั่งที่บีบออกมาจากหัวมันฝรั่งขึ้นไป ส่วน Brown (1960) กล่าวว่า มันฝรั่งที่เหมาะสมในการใช้ทำมันทอด ควรมีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักทั้งหมด Williams and Mittal (1999) ได้พบว่ามันทอดที่ให้สีตามต้องการที่สุดจะต้องทำจากมันฝรั่งที่มี reducing sugar ประมาณร้อยละ 0.18 และมันทอดที่มีสีเข้มจนไม่เป็นที่ยอมรับโดยมากจะมีน้ำตาล reducing ร้อยละ 0.92 นอกจากนี้ระยะเวลาในการเก็บรักษามีส่วนเกี่ยวข้องกับสีของมันทอดด้วย ถ้าเก็บมันฝรั่งทอดไว้นานจะมีสีเข้มกว่าที่เก็บไว้ระยะสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อสีของมันฝรั่งทอดเป็นอย่างมากคือนอุณหภูมิในการเก็บมันฝรั่ง จุดประสงค์ของการเก็บรักษาหัวมันฝรั่ง เพื่อที่จะให้อยู่ในสภาพที่เหมาะแก่การรับประทาน และเก็บไว้ใช้ได้ตลอดทั้งปีโดยไม่เน่าเสียและไม่งอกนั้น Smith (1987) กล่าวว่า ถ้าเก็บรักษามันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิ 40-50 องศาฟาเรนไฮด์ หรือต่ำกว่า จะมีการงอกบ้างเล็กน้อย แต่ในช่วงอุณหภูมิ 40-50 องศาฟาเรนไฮด์นี้ หัวมันฝรั่งจะมีปริมาณของ reducing sugar เพิ่มมากขึ้นได้มีผู้พบว่า ณ อุณหภูมิ 46 องศาฟาเรนไฮด์ จะมี reducing sugar และน้ำตาลชนิดอื่น ๆ สะสมอยู่ในหัวมันมาก แต่ Leszkowiat et al (1990) กล่าวว่า มันฝรั่งหลายพันธุ์จะมีปริมาณน้ำตาลสะสมเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณร้อยละ 2 เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 41 องศาฟาเรนไฮด์ นอกจากนี้ ยังพบว่าน้ำตาลของหัวมันฝรั่งยังถูกสร้างขึ้นได้ ณ อุณหภูมิสูง ๆ คือเกินกว่า 90 องศาฟาเรนไฮด์ ขึ้นไปด้วย ดังนั้น การเก็บมันฝรั่งที่อุณหภูมิสูง ๆ จึงไม่ดีเช่นกัน และเขาได้สรุปว่า มันฝรั่งที่จะใช้ทำมันฝรั่งทอดแล้วทำให้สีเป็นที่พอใจนั้น ควรเก็บที่อุณหภูมิ 50-60 องศาฟาเรนไฮด์

ปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับสีของมันฝรั่งทอดคือ ความแก่อ่อนของมันฝรั่ง มันฝรั่งที่แก่จัดจะให้สีที่อ่อนกว่ามันฝรั่งที่แก่ไม่เต็มที่ สีที่เกิดจากมันฝรั่งที่ไม่แก่ เชื่อว่ามาจากสารประกอบพวก carotenoid ซึ่งไม่ละลายน้ำ จึงไม่สามารถกำจัดได้โดยการล้างชิ้นมันก่อนการทอด ปัจจัยที่มีผลเกี่ยวข้องกับสีอีกอย่างได้แก่ ความชื้นของดิน ถ้าต้นมันฝรั่งได้รับน้ำมากเกินกว่าที่จะนำมาใช้ประโยชน์แล้วจะทำให้มันฝรั่งมีความถ่วงจำเพาะต่ำ และสีมันทอดจะเป็นสีน้ำตาลเข้ม และการให้น้ำที่ระยะใกล้การเก็บเกี่ยวจะมีผลให้สีของมันทอดไม่ดีด้วย (Smith, 1987) การให้ปุ๋ยแก่มันฝรั่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อสีมันฝรั่งทอด โดยเฉพาะปุ๋ยพวกไนโตรเจนถ้าให้มากเกินไป จะทำให้สีของมันฝรั่งทอดไม่เป็นที่ต้องการ ส่วนปุ๋ยพวกโปแทสเซียม จะช่วยให้สีของมันฝรั่งทอดดีขึ้น แต่สำหรับเรื่องปุ๋ยที่มีอิทธิพลต่อสีของมันฝรั่งทอดยังคงเป็นปัญหาอยู่ เพราะผลการทดลองยังไม่แน่นอน (Smith and Davis, 1968)

2.5.2 ปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอด (Oil Control of Chips)

ปริมาณน้ำมันที่ดูดไว้ในชิ้นมันฝรั่งทอดมีความสำคัญต่อผู้ผลิตมาก เพราะน้ำมันจัดเป็นส่วนประกอบที่ราคาสูง ซึ่งจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นด้วย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของผู้ผลิตจึงมุ่งที่จะให้มีน้ำมันค้างอยู่ในชิ้นทอดมันน้อยที่สุด นอกจากน้ำมันจะเป็นปัจจัยที่ทำให้ราคาผลิตภัณฑ์สูงขึ้นแล้ว ยังเป็นปัจจัยทำให้มันฝรั่งทอดมีลักษณะชุ่มน้ำมัน และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคอีกด้วย ข้อเสียอีกประการหนึ่งของน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งทอดที่มีปริมาณน้ำมันสูงคือ จะทำให้เกิดกลิ่น และรสเสื่อมเสียได้เร็วขึ้นด้วย (Lee, 1988) แต่ถ้ามันทอดมีปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้ต่ำเกินไป จะเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ขาดกลิ่นรสที่ดีได้ ดังนั้นจึงสมควรที่จะได้ศึกษาดูว่าปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดนี้ควรมีปริมาณเท่าไรจึงทำให้ผลิตภัณฑ์น่ารับประทาน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้น้ำตาลเคลือบชิ้นมันฝรั่งก่อนทอดช่วยลดการดูดซับของน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งทอดได้ดี และเหมาะสมที่ระดับความเข้มข้นที่เท่าใด

ปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอดนี้ Smith (1987) ได้กล่าวว่า ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ คือ ความถ่วงจำเพาะ หรือน้ำหนักแห้งของมันฝรั่ง พบว่า เมื่อความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้น ที่แยกมันฝรั่งออกเป็น 2 พวก ตามความถ่วงจำเพาะ พวกที่มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.0916 เมื่อทำมันทอดแล้วจะมีปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับอยู่ร้อยละ 32.64 ส่วนพวกที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำ 1.0777 จะมีน้ำมันอยู่ร้อยละ 37.05

วิธีการเตรียมมันฝรั่งเพื่อทำการทอดมีผลเกี่ยวกับปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอด ดังเช่น การทำให้ชิ้นมันฝรั่งแห้งก่อนทอด จะช่วยให้ปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดต่ำลง มันฝรั่งที่มีความชื้นต่ำจะมีปริมาณน้ำมันถูกดูดซับในชิ้นทอดมันต่ำ ชิ้นมันที่หั่นแล้วนำไปตากแห้งประมาณ 10 นาที หรือนานกว่านี้ เพื่อทำให้ความชื้นลดไปประมาณร้อยละ 25 พบว่าเมื่อนำมาทอดจะดูดซับน้ำมันไว้น้อยลงประมาณร้อยละ 6-8 แต่ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดลดลงปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอดก็จะลดลงด้วย Smith (1967) นอกจากนี้ Stutz and Burris (1948) พบว่าเมื่อนำชิ้นมันฝรั่งสดที่หั่นแล้วจุ่มลงในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 7.5 เป็นเวลาประมาณ 2 นาที ที่อุณหภูมิ 185 องศาฟาเรนไฮต์ จะทำให้มันทอดดูดซับน้ำมันไว้น้อยลง แต่ยังให้กลิ่นรสที่เป็นที่พอใจแก่ผู้บริโภค

นอกจากนี้ความหนาของชิ้นมันยังมีผลต่อปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอด ดังที่ Smith (1987) ได้กล่าวว่า ตามวิทยานิพนธ์ขั้นดุษฎีบัณฑิตของ R.N. Johnson ที่เสนอต่อมหาวิทยาลัย Ohio พบว่าเมื่อความหนาของชิ้นมันบางลง การดูดน้ำมันจะเพิ่มขึ้น ดังตัวเลขที่แสดง

ความหนาของชิ้นมัน (นิ้ว) 0.083 0.067 0.055 0.048 0.042

ร้อยละของน้ำมันที่ดูดซับไว้ 43.85 44.68 46.81 47.61 49.93 และปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับอยู่จริง ๆ จะมีร้อยละ 37-38 ในทุก ๆ กรณี ส่วนที่เกินจากนี้ จะเป็นส่วนที่ติดอยู่ตามผิวหน้าของชิ้นมันฝรั่ง ซึ่งอาจจะกำจัดออกได้บ้าง

ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอดมันฝรั่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำมันในชิ้นมันฝรั่ง แม้จะเป็นเพียงปัจจัยรองก็ตาม Garayo and Moreira (2002) กล่าวว่า น้ำมันที่เหมาะในการทอด (deep frying) ควรเป็นน้ำมันที่ใช้ในการหุงต้ม และใช้เพื่อการทอดโดยตรงควรเป็นกรดไขมันที่มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้น้ำมันที่ใช้ในการทอดดีที่สุดควรเป็นน้ำมันพืชที่ไฮโดรจีเนตแล้ว (hydrogenated vegetablefats) ได้มีการทดลองทอดมันฝรั่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันพืชหลายชนิด เช่น น้ำมันถั่งเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดฝ้าย ซึ่งได้สรุปว่า การดูดซับน้ำมันในชิ้นมันทอดจะอยู่ในปริมาณใกล้เคียงกัน

อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดมันฝรั่ง เป็นปัจจัยภายนอกที่สำคัญในการจะทำให้มันทอดมีคุณภาพดีซึ่งโดยปรกติแล้วถ้าอุณหภูมิขณะทอดสูง จะทำให้การดูดซับน้ำมันในชิ้นมันทอดต่ำ เพราะขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของน้ำมันจะต่ำ จึงทำให้มีน้ำมันส่วนน้อยที่จะถูกดูดไว้ได้ในเวลาจำกัด อุณหภูมิในการทอดมันฝรั่งอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ตามปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่ง ถ้าหัวมันฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลสูง ช่วงของอุณหภูมิในการทอดจะแคบลง และลดต่ำลง (Smith, 1987)

ระยะเวลาในการทอดมันฝรั่งก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งทอด ตามปกติถ้าชิ้นมันแช่อยู่ในน้ำมันเป็นเวลานานย่อมจะดูดซับน้ำมันไว้ได้มาก ดังนั้น ถ้าใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำจะต้องใช้เวลาในการทอดนานจึงทำให้มีปริมาณน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งทอดมาก ซึ่งเป็นจุดที่ควรศึกษาว่าควรจะใช้น้ำมันในการทอดที่อุณหภูมิใดจึงจะเหมาะสม คือให้ทั้งสีมันทอดที่ดี และมีปริมาณน้ำมันอยู่พอเหมาะที่จะทำให้รส กลิ่น เป็นที่ถูกใจผู้บริโภค

2.5.3 กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด (Flavor of Potato Chips)

กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอดมีความสำคัญเช่นเดียวกับอาหารทั้งหลาย คือ ควรมีกลิ่นและรสดี เป็นที่พอใจของผู้บริโภค Smith (1987) ได้กล่าวว่า กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด เป็นที่ยุ่งยากซับซ้อนที่จะทำการวิเคราะห์ และอธิบายมากกว่ากลิ่น และรสของมันฝรั่งต้ม หรือมันฝรั่งเผา (baked potatoes) หรือมันบด (mashed potatoes) ในระยะแรกเชื่อว่า สารประกอบพวก volatile cabonyl compounds ทั้งหลายเป็นตัวก่อเกิดกลิ่นไม่ดี หรือกลิ่นหืนในมันฝรั่งทอด ซึ่งเขาได้ใช้ Gas-liquid chromatography แยกสารที่ให้กลิ่นรสออกมาได้หลายอย่างด้วยกัน คือ ethanal, propanal, 2-propanone, n-butanal, 2,3 butanedione, 2-hexanal และ 2-heptanal และเขายังกล่าวว่า ได้ศึกษาถึงกลิ่นมันฝรั่งทอด และให้ข้อคิดเกี่ยวกับมันฝรั่งทอดว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับน้ำมันที่ใช้ทอด และกลิ่นของมันฝรั่งทอดทั้งหมดนั้นเกิดจากสารประกอบ melanoidins และสารที่ทำให้เกิดกลิ่นและระเหยได้ ต่อมาได้พบว่า carbonyl compound เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นและรส ของมันฝรั่งทอด ซึ่งมี monocarbonyl compound ถึง 18 ชนิด ที่มีส่วนที่ทำให้เกิดกลิ่น รสในมันฝรั่งที่ทอดเสร็จใหม่ ๆ และมี monocarbonyl compound ถึง 19 ชนิด ที่ประกอบกันเป็นกลิ่นและรสของมันฝรั่งทอดที่เริ่มมีกลิ่นไม่ดี คือมีกลิ่นสาบ หรือเหม็นหืน และเขายังพบอีกว่าปริมาณของ monocarbonyl compound นี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในมันฝรั่งทอดที่เริ่มมีกลิ่นรสไม่ดี ดังแสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 Monocarbonyl compounds identified in potato chips

Carbonyl compounds	Fresh (mole / 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
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-Octanal	0.1	0.8
2-Nonenal	0.1	0.3
2-Decenal	0.1	0.2
2-Undecenal	0.1	0.2
2,4 Decadienal	10.1	1.6

ที่มา : สายสนม (2515)

2.5.4 ลักษณะเนื้อหรือความกรอบของมันฝรั่ง (Texture or Crispness of Chips)

ลักษณะเนื้อหรือความกรอบของมันฝรั่งทอดนี้ถูกจัดให้อยู่ในประเภทที่แตกหักป่นง่าย ซึ่งเป็นอาหารที่ไม่มีความยืดหยุ่นเลย และมีลักษณะเป็นรูพรุนแตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดต่าง ๆ กันได้ เมื่ออาหารประเภทนี้ถูกเคี้ยว บางครั้งจะเรียกลักษณะเนื้อชนิดนี้ว่า " crunchy " ซึ่งรูพรุนที่เกิดขึ้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Brown (1960) ได้กล่าวว่า เกิดเนื่องจากไอน้ำภายในเซลล์มันฝรั่งถูกขับไล่ออกไปอย่างรวดเร็ว ขณะได้รับความร้อนอย่างสูงจากน้ำมันในขณะทอด แล้วฟองอากาศเข้าไปแทรกอยู่แทนที่

Krokida et al (2001) กล่าวว่า คุณภาพของลักษณะเนื้อขออาหารเกือบทุกชนิดมักเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติตามธรรมชาติของสารประกอบประเภท high polymer เช่น แป้ง, pectin, cellulose และ hemicellulose แต่การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเหล่านี้ที่เกิดขึ้นในขบวนการผลิตเป็นที่ทราบกันน้อยมาก โดยเฉพาะสำหรับมันฝรั่งทอด ผลของการทอดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อยังไม่ทราบแน่นอนเช่นกัน เขาได้แต่เพียงคาดคะเนว่าสารประกอบของผนังเซลล์ คือ cellulose, hemicellulose และพวก pectin substance ซึ่งส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในรูปของ calcium pectinate นี้เป็น polymeric gels ในขณะที่ทำการทอดโครงสร้างของเซลล์ในชิ้นมันฝรั่งยังอยู่ในสภาพเดิม แต่เซลล์ของเมล็ดแป้งจะเปลี่ยนสภาพไปเป็น gel และน้ำในโครงสร้างจะระเหยออกอย่างรวดเร็ว แล้วบางส่วนจะถูกแทนที่ด้วยน้ำมัน ซึ่งเป็นจุดสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาการสิ้นเปลืองน้ำมันในการทอด Brown (1960) ได้กล่าวว่า น้ำมันในมันฝรั่งที่ทอดแล้วส่วนใหญ่จะอยู่ในผนังเซลล์และอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ และตามช่องว่างอื่น ๆ จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่จะเข้าไปอยู่ในอณูเล็ก ๆ ของแป้งที่ถูกเปลี่ยนเป็น gel ภายในเซลล์ของมันฝรั่งทอดนั้น ความกรอบของมันทอดเป็นผลที่ได้จากการแยกของเซลล์ เนื่องจากการขยายตัวของไอน้ำที่อยู่ในชิ้นมันฝรั่งเมื่อส่วนผิวแห้งสนิทแน่น Lulai (1986) และเป็นที่คาดคะเนว่าหัวมันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำจะให้มันทอดที่มีรูพรุนมาก และมีเซลล์ที่แตกมากกว่ามันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูง (Brown, 1960) และ Bunger (2003) ยังพบอีกว่าเมื่อเติม Sodium acid pyrophosphate จำนวนเล็กน้อยลงไปในน้ำมันที่ใช้ทอดจะช่วยเพิ่มความกรอบของมันฝรั่งทอด แต่จะทำให้สีของมันฝรั่งทอดเข้มขึ้นเล็กน้อย และยังจะช่วยลดระยะเวลาในการทอดให้สั้นลง ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการดูดซับน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งทอดด้วย

2.6 การทำแห้ง

การทำแห้งจะช่วยในการเก็บรักษาอาหาร เนื่องจากการแยกน้ำออกจากอาหารจะทำให้ค่า water activity ในอาหารลดลง ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียไม่สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณได้

การทำแห้งโดยวิธีการทั่วไปที่ใช้อากาศร้อนมีข้อเสียหลายประการ คือ

1. มีอัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำ เนื่องจากส่วนที่แห้งของอาหารมีค่าการนำความร้อนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96709

2. ทำลายคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากการใช้เวลานาน และการให้ความร้อนที่สูงเกินไปบริเวณผิวหน้าอาหาร

3. การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุและวิตามิน จากอากาศร้อน ลักษณะแข็งที่ผิวหุ้มความชื้นไว้ในชิ้นอาหาร (case hardening) ทำให้แห้งช้าลง ซึ่งการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟสามารถแก้ปัญหานี้ได้ เนื่องจากความร้อนจะเกิดขึ้นภายในชิ้นอาหาร จึงลดปัญหาการถ่ายเทความร้อนซึ่งเกิดส่วนผิวด้านนอกที่แห้ง และมีการนำความร้อนต่ำ ลดการทำลายเนื้อสัมผัสที่ผิวอาหาร ช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความชื้นในช่วงท้ายของการทำแห้ง และลดการแข็งตัวที่ผิวของชิ้นอาหาร

เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryers)

เครื่องอบแห้งแบบถาดประกอบด้วยถาดเตี้ยๆที่มีช่องตาข่ายอยู่ด้านล่างและบุเครื่องด้วยฉนวนในแต่ละถาดจะบรรจุอาหารชิ้นบางๆ ขนาด 2-6 เซนติเมตร อากาศร้อนจะไหลหมุนเวียนอยู่ในตู้ที่ความเร็วลม 0.5-5 เมตร/วินาที/เมตร^2 ของพื้นที่ผิวของถาด มีระบบท่อหรือแบฟเฟิล เพื่อนำลมร้อนขึ้นไปด้านบนผ่านแต่ละถาดเพื่อให้ลมร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ อาจมีการติดตั้งเครื่องทำความร้อนเพิ่มด้านบนหรือด้านข้างของถาดเพื่อเพิ่มอัตราการทำแห้ง นิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดในการผลิตอาหารในปริมาณต่ำ (1-20 ตันต่อวัน) หรือสำหรับใช้ในโรงงานต้นแบบ เครื่องอบชนิดนี้ใช้เงินลงทุนและค่าดูแลรักษาต่ำ แต่ควบคุมดูแลยาก และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สม่ำเสมอ

2.7 วอเทอร์แอคทิวิตี้ (Water activity)

การเสื่อมเสียในอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์จะเกิดขึ้นเร็วกว่าปฏิกิริยาจากเอ็นไซม์หรือปฏิกิริยาเคมีซึ่งเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา แต่ในทุกกรณี น้ำจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ควบคุมอัตราการเสื่อมเสีย การแสดงปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถอธิบายในรูปของเปอร์เซนต์ได้ดังนี้

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง - น้ำหนักหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง}}$$

การแสดงปริมาณความชื้นของอาหารแบบฐานเปียก (wet weight basis, w.b.) คิดจาก

$$M_{wb}\ (w.b.) = \frac{\text{มวลของน้ำ}}{\text{มวลของตัวอย่าง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_{wb}\ (w.b.) = \frac{\text{มวลของน้ำ}}{\text{มวลของน้ำ + ของแข็ง}} \times 100$$

หรือคิดแบบฐานแห้ง (dry-weight basis, d.b.)

$$M_{db}(d.b.) = \frac{\text{มวลของน้ำ}}{\text{มวลของของแข็ง}} \times 100$$

นิยมใช้ปริมาณความชื้นแบบฐานแห้งในการคำนวณ ส่วนปริมาณความชื้นฐานเปียกใช้บอกองค์ประกอบของน้ำในอาหาร ในการแสดงค่าความชื้นจึงควรระบุด้วยว่าใช้ฐานเปียกหรือฐานแห้ง ความรู้ปริมาณความชื้นในอาหารเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการคาดคะเนคุณภาพของอาหาร อาหารบางชนิดจะมีคุณภาพไม่คงตัวที่ปริมาณความชื้นต่ำ เช่น น้ำมันถั่วลิสงซึ่งจะเสื่อมเสียที่ปริมาณความชื้นต่ำกว่า 0.6 % ในขณะที่อาหารชนิดอื่น ๆ จะคงตัวที่ปริมาณความชื้นสูง เช่น แป้งมันซึ่งมีความคงตัวที่ความชื้น 20 % Katz and Labuza (1981) ค่าวอเทอร์แอคทิวิตี้ (a_w) ของอาหารเป็นปริมาณน้ำซึ่งจุลินทรีย์ เอนไซม์หรือปฏิกิริยาทางเคมีนำไปใช้ได้หรือหมายถึงน้ำอิสระที่กล่าวมาแล้วนั่นเอง น้ำในอาหารจะทำให้เกิดความดันไอ ขนาดของความดันไอจะขึ้นกับ

1. ปริมาณที่มีอยู่
2. อุณหภูมิ
3. ความเข้มข้นของตัวถูกละลาย โดยเฉพาะเกลือและน้ำตาลในน้ำ

คำจำกัดความของค่า a_w คือ อัตราส่วนระหว่างความดันไอของน้ำในอาหารต่อความดัน ไออิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

$$a_w = \frac{P}{Po}$$

หรือ

$$a_w = \frac{\text{ความชื้นสัมพัทธ์}}{100}$$

ขณะที่ P (Pa) = ความดันไอของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P_o(Pa) = ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

ถ้าความชื้นรอบ ๆ อาหารต่ำกว่าความชื้นในอาหารจะทำให้ค่า a_w ที่ผิวหน้าของอาหารลดลงและในทางกลับกัน ค่า a_w ที่ผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นถ้าความชื้นรอบ ๆ อาหารสูงกว่าความชื้นในอาหาร ดังนั้น ในการทดลองเพื่อหาค่า a_w จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำในภาชนะที่ปิดสนิทและจะต้องหาความชื้นสัมพัทธ์เหนืออาหารด้วย ค่าที่ได้นี้เรียกว่า ความชื้นสัมพัทธ์ (equilibrium relative humidity, ERH) เมื่อนำค่า ERH หารด้วย 100 ก็จะเป็นค่าของ a_w ค่า a_w ของน้ำบริสุทธ์ เท่ากับ 1.00 จุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญได้ตามปกติในน้ำบริสุทธิ์

2.7.1 ผลของค่าวอเทอร์แอคทิวิตี้ต่ออาหาร

2.7.1.1 ผลของค่าวอเทอร์แอคทิวิตี้ต่อจุลินทรีย์

กิจกรรมของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งที่ a_w ต่ำกว่า 0.6 เชื้อราส่วนใหญ่ถูกยับยั้งการเจริญที่ a_w ต่ำกว่า 0.7 ส่วนยีสต์และแบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกยับยั้งการเจริญที่ a_w ต่ำกว่า 0.8 และ 0.9 ตามลำดับ ในขณะที่อาหารสด เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ รวมทั้งสัตว์ปีกและปลา มีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.97- ประมาณ1.00 ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่

การลดค่า a_w หรือน้ำอิสระเพื่อไม่ให้จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ มีหลายวิธี เช่น

1. การกำจัดน้ำในหน่วยปฏิบัติการต่าง ๆ เช่น การทำแห้ง การระเหย และการอบแห้งแบบระเหิด

2. การทำให้น้ำในอาหารตกผลึกกลายเป็นน้ำแข็ง ค่า a_w ของน้ำและน้ำแข็งจะต่ำลงถ้าอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 0° C ค่า a_w ของน้ำบริสุทธ์จะเท่ากับ 1.00 ที่ 0° C 0.953 ที่ –5° C 0.907 ที่ –10 ° C 0.823 ที่ –20 °C ตามลำดับ และจะลดลงไปเรื่อย ๆ ในอาหาร ถ้าเกิดน้ำแข็งมากขึ้น ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในน้ำส่วนที่เหลือก็จะเพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้ค่า a_w ลดต่ำลงไปอีก

3. การตรึงน้ำในอาหาร การใช้คอลลอยด์ที่ชอบรวมกับน้ำ เช่น วุ้น ทำให้จุลินทรีย์หรือปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ไม่สามารถนำน้ำไปใช้ได้ ดังนั้นการใส่วุ้นในอาหารเพียง 3 หรือ 4 % จะสามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ การตรึงน้ำด้วยวิธีอื่น ๆ ได้แก่ การใช้อิออน หรือตัวถูกละลายเป็นตัวดึงน้ำในสารละลายไม่ให้เป็นอิสระ การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย เช่น เกลือ น้ำตาล มีผลทำให้อาหารนั้นแห้งลง นอกจากจะดึงน้ำจากสารละลายแล้วน้ำที่อยู่ในเซลล์จะถูกดึงออกมาด้วยวิธีออสโมซิสเนื่องจากความเข้มข้นของตัวถูกละลายข้างนอกสูงกว่าภายในเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวอเทอร์แอคทิวิตี้ต่ำสุดของจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญในมันฝรั่งทอดคือ ช่วง 0.30 ซึ่งเชื้อที่สามารถเจริญได้ดีในช่วงค่า a_w ค่านี้ คือ เชื้อรา *Aspergillus niger* คือสามารถเจริญได้ดีช่วง ค่า a_w 0.34-0.84

การเสื่อมเสียของอาหารที่มีค่า a_w สูง มีแนวโน้ม ที่จะเสื่อมเสียโดยแบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียสามารถเจริญได้ดีกว่ายีสต์และรา ถ้าควบคุมค่า a_w ให้ต่ำลง เชื้อราและยีสต์จะเจริญได้ดีกว่าแบคทีเรีย ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w ต่ำ จากการเติมน้ำตาล อาจเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อกลุ่มยีสต์ ส่วนอาหารที่มีเกลือสูงจะเสื่อมเสียจากแบคทีเรียกลุ่มที่ทนความเข้มข้นเกลือสูง

1.7.1.2 ผลของวอเทอร์แอคทิวิตี้ต่อการเสื่อมเสียทางเคมีของอาหาร

ผลของน้ำต่อปฏิกิริยาเคมีซับซ้อนกว่าผลของน้ำต่อการเจริญของจุลินทรีย์ a_w เป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดขีดจำกัดในทางปฏิกิริยาทางเคมี น้ำมีบทบาทใดบทบาทหนึ่งดังต่อไปนี้

1. เป็นตัวทำละลายสำหรับสารที่เกิดปฏิกิริยาทางเคมี และผลิตภัณฑ์
2. เป็นสารที่เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส
3. เป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยา
4. เป็นตัวยับยั้งปฏิกิริยา เช่น น้ำจะไปยับยั้งการทำงานของคะตะลิสต์โลหะในปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน

ปฏิกิริยาเมลลาร์ด หรือ ปฏิกิริยาสีน้ำตาลและปฏิกิริยาออกซิเดชันไขมันเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดที่เกิดในอาหารที่มีค่า a_w ต่ำ อาหารแห้งโดยเฉพาะอาหารที่มีความชื้นปานกลางจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ต้องอาศัยเอนไซม์ ปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้นกับน้ำ และมีอัตราสูงสุดที่ระดับความชื้นปานกลาง เนื่องจากน้ำมีบทบาทเป็นทั้งตัวทำละลายและเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานั่นคือ เป็นตัวยับยั้งปฏิกิริยาด้วย ขีดจำกัดของกิริยาที่ค่า a_w ต่ำ คือ การไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ของสาร ดังนั้นการเติมน้ำจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น

น้ำมีผลต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันไขมันหรือปฏิกิริยาที่มีอนุมูลอิสระเข้ามาเกี่ยวข้องอย่างสลับซับซ้อน ดังตารางแสดงผลค่าวอเทอร์แอคทิวิตี้ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในมันฝรั่งทอดกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ผลของวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C

วอเทอร์แอคทิวิตี้	อัตราเริ่มต้นในการดูดซับออกซิเจนในอากาศ(µl O_2/hr)	อัตราการเกิดออกซิเดชันในภาชนะปิด(µl O_2/hr)	ค่าเปอร์ออกไซด์หลังจาก 2,000 ชม
0.001	2.7	0.15	70
0.11	0.26	0.13	-
0.20	0.16	-	15
0.32	0.15	0.07	-
0.40	0.16	0.06	5
0.62	-	0.19	-
0.75	-	1.6	-

*ความเข้มข้นเริ่มต้นของออกซิเจน 12.2 % : วัดอัตราการเกิดออกซิเดชันเมื่อปริมาณออกซิเจนลดลงไปที่ 10 %

Gamble (1987) อธิบายกลไกที่เกิดขึ้นดังนี้

1. โมเลกุลของน้ำสร้างพันธะไฮโดรเจนกับไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระ พันธะไฮโดรเจนนี้จะป้องกันการเสื่อมสลายของไฮโดรเปอร์ออกไซด์

2. คะตะลิสต์โลหะซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดไฮเดรชันด้วยน้ำ จึงไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไปได้

3. น้ำทำปฏิกิริยากับคะตะลิสต์โลหะทำให้เกิดโลหะไฮดรอกไซด์ซึ่งไม่ละลายน้ำ และถูกแยกออกมาจากเฟสการทำปฏิกิริยา

4. น้ำมีผลโดยตรงต่อการเกิดอนุมูลอิสระในระหว่างการออกซิไดซ์ไขมันที่ปริมาณความชื้นต่ำ ๆ การเติมน้ำจะทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง แต่ปริมาณความชื้นสูงขึ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะสูงขึ้นด้วย ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าคะตะลิสต์โลหะที่ยังไม่ถูกทำลายแพร่เข้ามาในเฟสของปฏิกิริยาได้มากขึ้น Gamble (1987) และรูพรุนในอาหารเกิดการพองตัวทำให้สามารถดูดซับออกซิเจนจากอากาศได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากการศึกษายังมีความแตกต่างกันมาก จำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

1. มันฝรั่ง
2. น้ำมันพืช ตราหยก
3. น้ำตาลทราย

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. มีด
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. ที่คีบ (Tong)
4. กระทะทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep-fat frying)
5. กระป๋องอะลูมิเนียม (aluminium can)
6. โถดูดความชื้น (desicator)
7. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
8. เครื่องสไลด์
9. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
10. เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dry)
11. เครื่องวิเคราะห์สี เครื่อง Chromameter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 330
12. เครื่องวิเคราะห์ค่า Water Activity (Aw) ยี่ห้อ Novasina รุ่น Thermoconstanter
13. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet) ยี่ห้อ Buchi model B810
14. เครื่องวิเคราะห์ความแข็ง (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT2I พร้อมโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.3 สารเคมี

n-hexane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การเตรียมชิ้นมันฝรั่ง

ล้างมันฝรั่งและปอกเปลือก จากนั้นสไลด์มันฝรั่งให้มีขนาดเท่าๆ กัน โดยแต่ละชิ้นมีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร แล้วจึงลวกมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ต่อมาอบแห้งมันฝรั่งด้วยเครื่อง Tray dry ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนมันฝรั่งมีน้ำหนักเหลือ 60% ของน้ำหนักเริ่มต้น

3.5.2 การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่มีผลต่อการดูดซับของน้ำมัน

นำชิ้นมันฝรั่งที่เตรียมได้จากข้อ 3.5.1 ไปจุ่มน้ำตาล เวลา 2 วินาที ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล 0% 15% 20%, 23% และ 25% ก่อนนำไปทอด จากนั้นนำไปทอดที่น้ำมันอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

3.5.3 การวิเคราะห์คุณภาพของชิ้นมันฝรั่ง

นำชิ้นมันฝรั่งที่เตรียมได้จากข้อ 3.5.2 นำมาวิเคราะห์ผลต่างๆ ดังนี้

3.5.3.1 สีโดยใช้เครื่อง Chromameter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 330

3.5.3.2 ความชื้น โดยเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

3.5.3.3 ไขมัน วิเคราะห์โดยวิธี Soxhlet Extraction ยี่ห้อ Buchi model B810

3.5.3.4 Water Activity (Aw) ยี่ห้อ Novasina รุ่น Thermoconstanter

3.5.3.5 ความแข็ง โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems ใช้หัวกลมขนาด P 0.25s ความเร็ว10 มิลลิเมตร/วินาที

3.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 11 วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่มีผลต่อสีในมันฝรั่งทอด

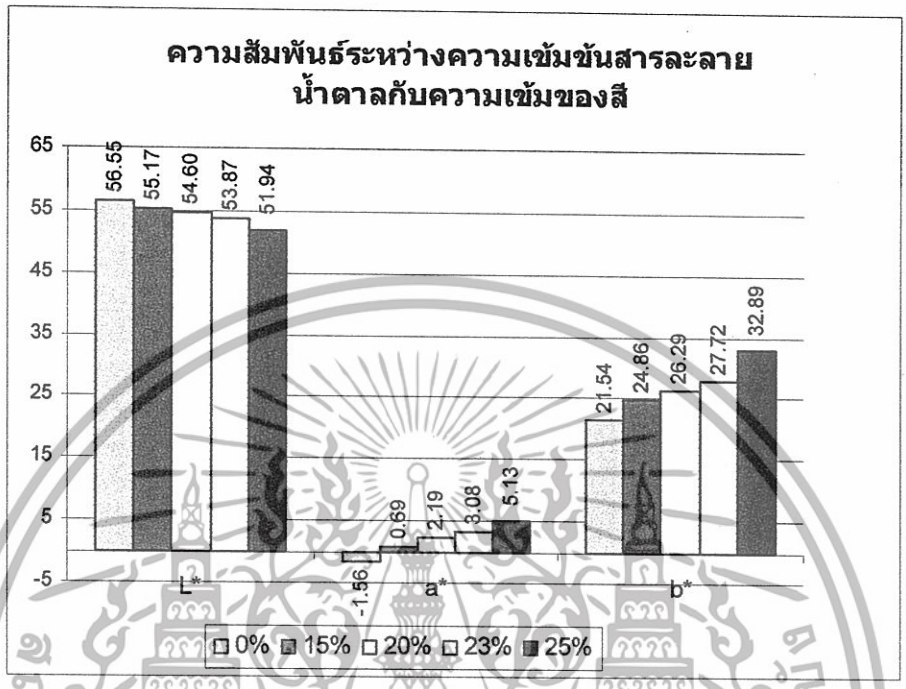
4.1.1 ลักษณะภายนอกของแผ่นมันฝรั่งทอดซึ่งดูด้วยตาเปล่า

จากการทดลองนำมันฝรั่งมาเคลือบสารละลายน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน คือ 0%, 15%, 20%, 23% และ 25% ก่อนนำไปทอด พบว่า ความเข้มของสีมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล โดยมันฝรั่งทอดที่ไม่ได้เคลือบสารละลายน้ำตาล (0%) มีสีอ่อนที่สุด และ มันฝรั่งทอดที่เคลือบสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 25% มีสีเข้มมากที่สุด แสดงดัง **ภาพที่ ง.4**

การเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดขึ้นในชิ้นมันฝรั่งทอดจะทำให้เกิดสีน้ำตาล ซึ่งปฏิกิริยาแรกที่เกิดขึ้นคือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ไม่ใช้เอนไซม์ จะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทอด การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด(Maillard reaction) นั้นเป็นไปอย่างรวดเร็ว ถ้ามีน้ำตาลและกรดอะมิโนรวมกันอยู่ และอาจเกิดจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน(Caramelization reaction) เนื่องจากชิ้นมันฝรั่งมีน้ำตาลเคลือบอยู่ เมื่อน้ำตาลได้รับความร้อน จะเกิดการเปลี่ยนสี เกิดเป็นสีน้ำตาลไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการวัดค่าสีจากเครื่อง Chromameter แสดงได้ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับความเข้มของสี

จากการทดลองนำมันฝรั่งมาเคลือบสารละลายน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน คือ 0%, 15%, 20%, 23% และ 25% ก่อนนำไปทอด พบว่า ความเข้มสีมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล ซึ่งจากการวิเคราะห์สีโดยใช้ระบบ Hunter Lab พบว่า สีของมันฝรั่งมีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

ค่าตัวแปรสี L* มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล 0 % และ 25% มีความเข้มของสีแตกต่างกัน ($P < 0.05$) แต่ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล 0%, 15%, 20% และ 23% มีความเข้มของสีไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) และ ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล 15%, 20%, 23% และ 25% มีความเข้มของสีไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แสดงใน **ตารางที่ ค.1.2**

ค่า a* มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เพิ่มขึ้น เมื่อระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติจะพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0% มีความแตกต่างจากระดับความเข้มข้น 20%, 23% และ 25% ($P < 0.05$) และที่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น 25% มีความแตกต่างจากที่ระดับความเข้มข้น 0%, 15% และ 20% ($P < 0.05$) แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0% และ 15% ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) และ ที่ระดับความเข้มข้น 15%, 20% และ 23% ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ค่า b* มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เพิ่มขึ้น เมื่อระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 0%, 15%, 20%, 23% และ 25% ไม่มีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$)

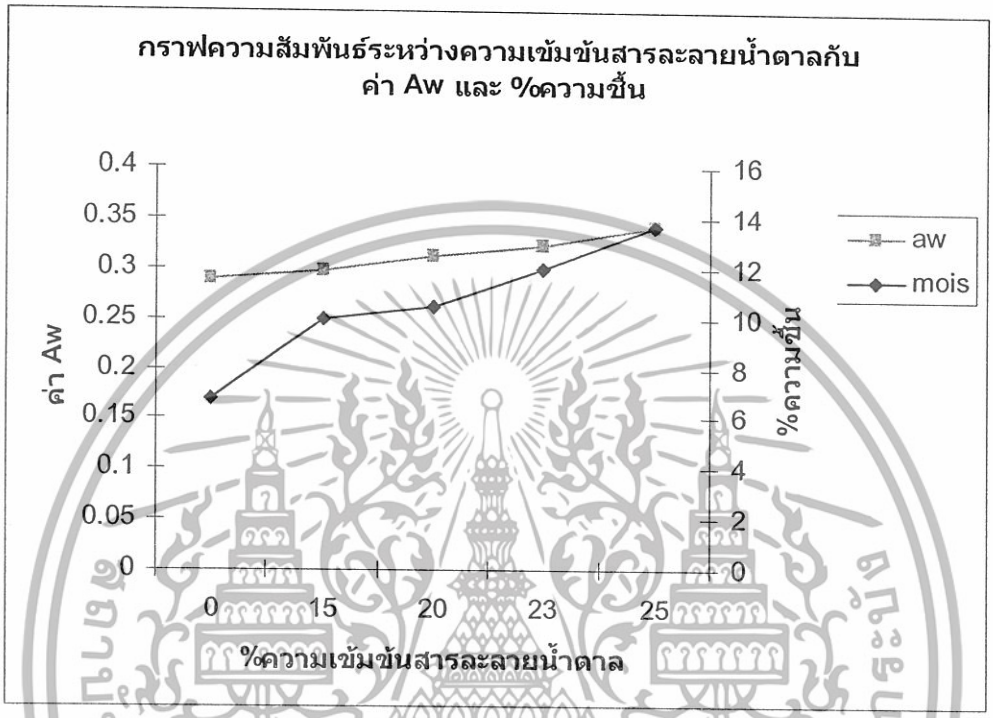
หมายเหตุ ค่า L* คือ ความสว่าง-มืด ในแนวตั้งฉากกับระนาบ

ค่า a* คือ ความเป็นสีแดงและสีเขียว (+, -)

ค่า b* คือ ความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (+, -)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่มีผลต่อความชื้นและค่า Aw ในมันฝรั่งทอด



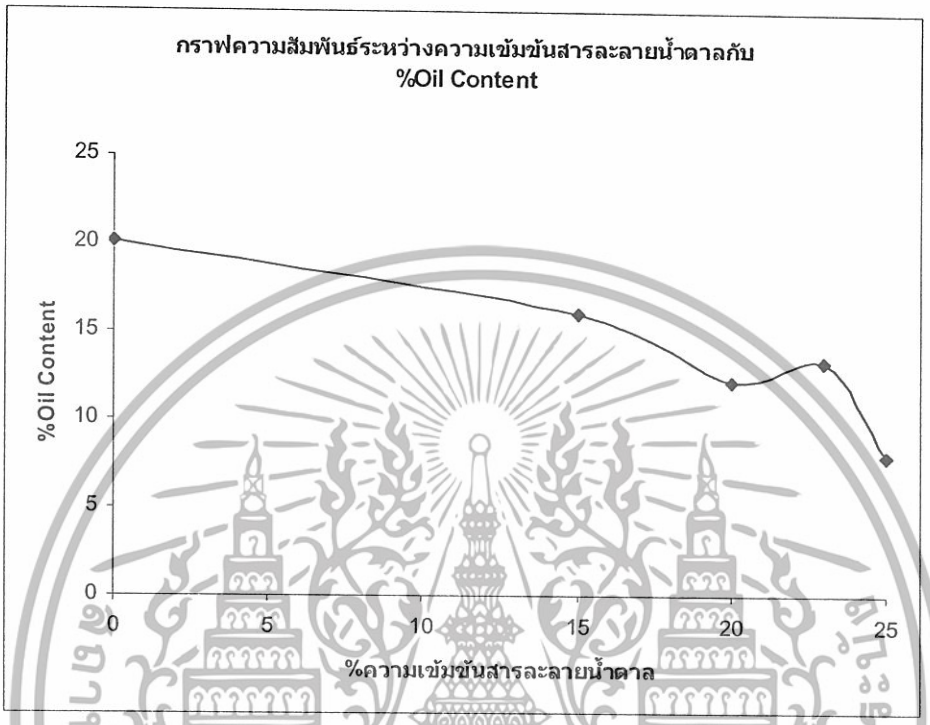
ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับค่า Aw และ %ความชื้น

จากการทดลอง พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ %ความชื้น และ ค่า Aw มีค่าเพิ่มขึ้น ดัง**ภาพที่ 4.2** เนื่องจาก ระหว่างกระบวนการทอด ความชื้นจะเกิดการเคลื่อนที่จากภายในชิ้นมันฝรั่งทอดออกมาภายนอก ทำให้ %ความชื้น และค่า Aw ลดลง ซึ่งในกรณีนี้จะเกิดกับชิ้นมันฝรั่งที่ไม่ได้เคลือบด้วยสารละลายน้ำตาล แต่เมื่อเคลือบด้วยสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ความชื้นที่อยู่ภายในชิ้นมันฝรั่งทอดออกมาภายนอกได้ลดลงส่งผลให้ %ความชื้น และค่า Aw สูงขึ้น

ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติจะพบว่าความชื้นที่ระดับความเข้มข้น 0% แตกต่างจากระดับความเข้มข้น 15%, 20%, 23% และ 25% ($P < 0.05$) ส่วนค่า Aw ที่ระดับความเข้มข้น 0% แตกต่างจากที่ระดับความเข้มข้น 25% ($P < 0.05$) แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0% ไม่แตกต่างจากที่ระดับความเข้มข้น 15%, 20% และ 23% ($P > 0.05$) และที่ระดับความเข้มข้น 25% ไม่แตกต่างจากที่ระดับความเข้มข้น 15%, 20% และ 23% ($P < 0.05$) แสดงใน**ตารางที่ ค.2.2 และ ค.3.2**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่มีผลต่อน้ำมันในมันฝรั่งทอด



ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับค่า %น้ำมัน

หมายเหตุ ค่า %น้ำมันที่คำนวณได้ อยู่ในรูปของฐานเปียก (Wet basis)

จากการทดลอง พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าปริมาณ%น้ำมัน ลดลง (ค่าการดูดซับน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งทอดลดลง) ดังภาพที่ 4.3 เนื่องจากปริมาณน้ำที่อยู่ภายในชิ้นมันฝรั่งในระหว่างการทอด จะระเหยออกมาภายนอกและเกิดช่องว่างขึ้นภายในชิ้นมันฝรั่ง แล้วน้ำมันภายนอกจะเข้าไปแทนที่ช่องว่างนั้น ทำให้ชิ้นมันฝรั่งดูดซับน้ำมันได้มากขึ้น จะเกิดในกรณีที่ชิ้นมันฝรั่งทอดไม่ได้เคลือบด้วยสารละลายน้ำตาล แต่ถ้าทำการเคลือบด้วยสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นในระดับต่างๆแล้ว ยิ่งความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้นจะสามารถลดการสูญเสียน้ำภายในชิ้นมันฝรั่ง และการเกิดช่องว่างภายในชิ้นมันฝรั่งก็ลดลงด้วย ทำให้น้ำมันเข้าไปแทนที่ได้น้อยลง การดูดซับน้ำมันก็มีปริมาณลดลงด้วย

การลดลงของน้ำมัน จากการใช้สารละลายน้ำตาลเคลือบ พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล 15%, 20%, 23% และ 25% เปรียบเทียบกับความเข้มข้น 0%(ไม่มีการเคลือบด้วยสารละลายน้ำตาล) มี %การลดลงของน้ำมัน ดังนี้ 20.40%, 39.75%, 34.14% และ 60.40%

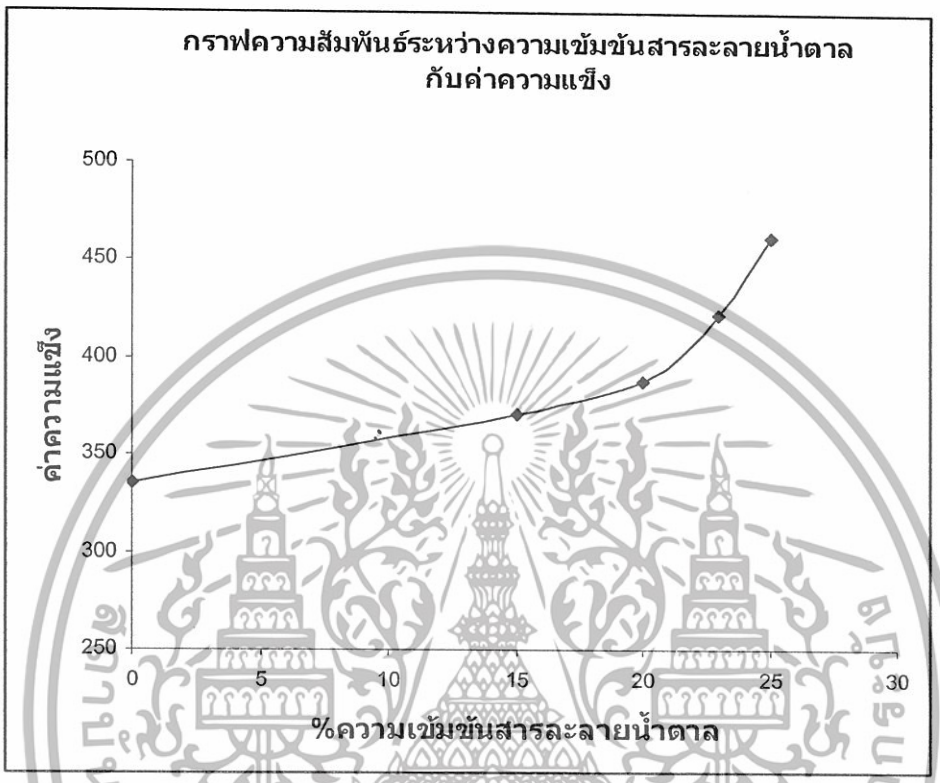
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ แสดงใน**ตารางที่ ก.4** ถึงแม้การเคลือบด้วยสารละลายน้ำตาล จะส่งผลให้มีปริมาณการดูดซับน้ำมันลดลง แต่ชิ้นมันฝรั่งก็มีรสชาติหวาน ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

จากการวิเคราะห์ทางสถิติจะพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 0% ปริมาณ%น้ำมันที่ดูดซับในมันฝรั่งทอดมีความแตกต่างจากทุกระดับความเข้มข้น ($P < 0.05$) ที่ระดับความเข้มข้น 15% ปริมาณ%น้ำมันที่ดูดซับในมันฝรั่งทอด มีความแตกต่างจาก 0%, 20% และ 25% ($P < 0.05$) และที่ระดับความเข้มข้น 20% มีความแตกต่างจาก 0% และ 15% ($P < 0.05$) แต่ที่ระดับความเข้มข้น 20% ปริมาณ %น้ำมันไม่แตกต่างจากระดับ 23% และ 25% ($P > 0.05$) แสดงในตารางที่ ค.4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่มีผลต่อ ค่าความแข็ง ในมันฝรั่งทอด



ภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับค่าความแข็ง

ค่าความแข็ง วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer โดยวัดค่าออกมาเป็นแรงที่ใช้กระทำต่อชิ้นมันฝรั่งทอด (Max force) โดยค่าความแข็ง มีความสัมพันธ์กับ ความกรอบของผลิตภัณฑ์ จากการทดลอง พบว่า ค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น (การเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งมีผลทำให้ความกรอบลดลงเล็กน้อย) ดังภาพที่ 4.4 เนื่องจาก มันฝรั่งทอดที่ไม่ได้เคลือบด้วยสารละลายน้ำตาล จะมี %ความชื้น และค่า Aw ต่ำ เนื่องจาก น้ำภายในชิ้นมันฝรั่งสูญเสียไประหว่างกระบวนการทอด ทำให้มีความกรอบมาก ส่วนมันฝรั่งที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นระดับต่างๆกัน เมื่อความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น จะทำให้ %ความชื้น และค่า Aw เพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำจากภายในชิ้นมันฝรั่งออกมาได้น้อยลง จึงส่งผลให้ชิ้นมันฝรั่งมีความกรอบลดลง

อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความแข็งที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น หมายความว่า ที่ระดับความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสารละลายน้ำตาลทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อความแข็งของมันฝรั่งทอด ($P > 0.05$) แสดงในตารางที่ ค.5.2 และจากการทดสอบชิมโดยผู้ทดลอง พบว่า ไม่พบความแตกต่างของความกรอบในชิ้นมันฝรั่งที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำตาลที่มีระดับความเข้มข้นต่างกัน

4.5 ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการทดลอง

	คบข.สารละลายน้ำตาล	%ความชื้น	ค่าAw	%Oil Content	ค่าความแข็ง
คบข.สารละลายน้ำตาล	1	0.960	0.874	-0.919	0.896
%ความชื้น	0.960	1	0.956	-0.946	0.978
ค่าAw	0.874	0.956	1	-0.949	0.993
%Oil Content	-0.919	-0.946	-0.949	1	-0.937
ค่าความแข็ง	0.896	0.978	0.993	-0.937	1

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลมีความสัมพันธ์กับ %ความชื้น ค่า Aw และค่าความแข็งในทางเชิงบวก ซึ่งค่า R ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่า 0.960, 0.874 และ 0.896 ตามลำดับ สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ %ความชื้น ค่า Aw และค่าความแข็ง มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลมีความสัมพันธ์กับ %น้ำมัน ในทางเชิงลบ ค่า R ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่า -0.919 สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ %น้ำมัน มีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

%ความชื้น มีความสัมพันธ์กับค่า Aw และค่าความแข็ง ในทางเชิงบวก ซึ่งค่า R ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่า 0.956 และ 0.978 ตามลำดับ สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ว่า เมื่อ %ความชื้น มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ ค่า Aw และค่าความแข็ง เพิ่มขึ้นด้วย แต่%ความชื้น มีความสัมพันธ์กับค่า %น้ำมัน ในทางเชิงลบ ค่า R ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่า -0.946 สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ว่า เมื่อ %ความชื้น มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ %น้ำมัน มีค่าลดลง

ค่า Aw มีความสัมพันธ์กับค่าความแข็ง ในทางเชิงบวก ซึ่งค่า R ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่า 0.993 สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ว่า เมื่อค่า Aw มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความแข็ง มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่ค่า Aw มีความสัมพันธ์กับค่า %น้ำมัน ในทางเชิงลบ ค่า R ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่า -0.949 สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ว่า เมื่อค่า Aw มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ %น้ำมัน มีค่าลดลง

ค่า %น้ำมัน มีความสัมพันธ์กับค่าความแข็ง ในทางเชิงลบ ซึ่งค่า R ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่า -0.937 สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ได้ว่า เมื่อค่า % น้ำมัน เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ ค่าความแข็งลดลง (ความกรอบเพิ่มขึ้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ค่า

L* มีแนวโน้มลดลง ทำให้สีของมันฝรั่งทอดมีสีเข้มขึ้น

a * มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทำให้สีของมันฝรั่งทอดมีความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น

b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทำให้สีของมันฝรั่งทอดมีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น

2. ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ % ความชื้น และค่า Aw มีค่าเพิ่มขึ้น

3. ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ ความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น หรือ แสดงถึงความกรอบที่ลดลง

4. ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ % น้ำมันมีค่าลดลง โดยสามารถลดปริมาณการดูดซับน้ำมันได้สูงสุด 60.40% ที่ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล 25%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์. 2546. รายงานการวิจัย การพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องขุดมันฝรั่งแบบตะแกรงร่อนบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตาม. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ยุพร พืชกมุทร. 2548. คู่มือปฏิบัติการเคมีอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2515. การศึกษาหาพันธุ์มันฝรั่งที่เหมาะสมในการทำมันทอดเพื่อการอุตสาหกรรมในประเทศไทย. ปริญญาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร). คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ashoor, S.H. and Zent, J.B. 1984. 1984. Maillard browning of common amino acids and sugars. Journal of Food Science. 49(4), 1206-1207

Brown, H.D. 1960. Problem of the Potato Chip Industry Proessing and Technology, Adv. in Food Res. 10, 181-226

Bunger, A., Moyano, P., and Rioseco, V. 2003. NaCl soaking treatment for improving the quality of French-fried potatoes. Food Research International. 36, 161-166

Gamble, M.H. et al. 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c.v. Record U.K. tuber. International Journal of Food Science and Technology. 22, 233-241

Garayo, J., and Moreira, R. 2002. Vacuum frying of potato chips. Journal of Food Engineering. 55(2), 181-191

Katz, E.E. and Labuza, T.P. 1981. Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. Journal of Food Science. 46, 403-409

Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., and Marinos-Kouris,D. 2001. Effect of pre-drying on quality of French fries. Journal of Food Sciene Engineering. 49, 347-354

Lee, Y. 1988. Process for preparing low oil potato chips. United States Patent, Patent number: 4. 721, 625

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Leszkowiat, M.J., Baricello,V., Yada, R.Y.,Coffin,R.H.,Lougheed,E.C., and Standley,D.W. 1990. Contribution of sucrose to nonenzymatic browning in potato chips. Journal of Food Science. 55, 281-282

Lulai, E.C. 1986. Potato specific gravity. Chipper/Snacker. 43, 28-29

Prosise, W.E. 1990. Low oil potato chips and process for preparing. United State Patent, Patent number: 4, 917, 909

Smith, O. 1987. Potato Processing. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc, pp. 373

Smitt, O. and Davis, Carl, O. 1968. Potato Processing. Potato Production, storing, Processing, Avi Westport, Connecticut., 559-569

Williams, R. and Mittal, G.S. 1999. Low-fat fried foods with edible coating. Journal of Food Science. 64(2), 317-322

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับความเข้มของสี

สารละลายน้ำตาล 0%			
ชิ้นที่	L*	a*	b*
1	49.73	0.44	29.5
2	60.95	-1.56	22.31
3	57.03	-0.13	20.84
4	69.4	-0.5	20.94
5	66.99	1.65	28.64
6	46.79	-4.74	20.41
7	50.86	-4.12	13.37
8	56.3	-3.37	25.24
9	55.14	-2.01	20.31
10	63.21	-2.79	19.2
11	53.84	-3.26	21.91
12	40.52	4.22	24.61
13	56.98	-1.86	19.2
14	57.4	0.43	19.67
15	58.89	-2.37	26.46
16	54.35	1.17	19.31
17	55.45	-3.21	21.37
18	47.13	-2.47	21.21
19	65.44	-3.7	18.07
20	64.52	-2.99	18.28
เฉลี่ย	56.546	-1.5585	21.5425

สารละลายน้ำตาล 15%			
ชิ้นที่	L*	a*	b*
1	48.31	1.8	25.6
2	54.09	1.12	26.87
3	53.43	-0.14	28.19
4	47.45	-0.03	19.94
5	57.07	1.34	19.92
6	63.77	2.88	24.92
7	65.5	0.87	20.89
8	46.02	1.72	26.33
9	63.6	0.54	26.18
10	65.64	0.61	28.11
11	56.53	-0.69	22.11
12	50.33	0.32	22.69
13	49.1	-0.31	16.7
14	53.49	-1.04	29.54
15	45.93	-0.31	28.81
16	52.98	1.62	25.47
17	54.53	-1.7	30.23
18	64.25	0.77	24.37
19	52.92	1.3	24.2
20	58.47	3.19	26.13
เฉลี่ย	55.1705	0.693	24.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายน้ำตาล 20%			
ชิ้นที่	L*	a*	b*
1	63.31	4.5	24.54
2	53.48	-0.83	23.75
3	51.19	0.86	28.46
4	48.29	-0.41	29.64
5	55.72	-1.59	26.37
6	56.89	5.79	25.72
7	50.58	2.86	21.77
8	64.92	2.05	25.14
9	54.29	0.01	22.96
10	54.95	-1.94	25.36
11	61.58	2.22	25.37
12	46.05	10.68	20.45
13	54.27	4.01	30.81
14	49.29	0.07	26.48
15	61.88	1.32	28.02
16	43.03	4.87	28.96
17	56.33	1.67	23.59
18	63.84	10.86	29.43
19	54.56	-0.1	29.76
20	47.58	-3.2	29.26
เฉลี่ย	54.6015	2.185	26.292

สารละลายน้ำตาล 23%			
ชิ้นที่	L*	a*	b*
1	49.85	-1.22	29.52
2	57.55	2.26	20.79
3	46.97	4.69	29.26
4	52.6	1.54	29.27
5	57.12	-0.31	29.72
6	49.15	11.65	28.87
7	55.76	-0.84	29.37
8	53.09	4.93	29.64
9	52.12	-0.82	26.61
10	46.21	11.14	32.3
11	47.40	2.84	30.45
12	60.13	3.29	25.39
13	53.53	2.39	18.94
14	52.16	4.29	22.85
15	61.98	8.74	23.47
16	58.46	-2.25	30.5
17	52.32	4.22	30.61
18	50.14	1.38	29.27
19	64.19	3.78	28.22
20	56.74	-0.2	29.44
เฉลี่ย	53.8735	3.075	27.7245

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายน้ำตาล 25%			
ชิ้นที่	L*	a*	b*
1	64.47	12.93	21.56
2	58.97	-0.24	26.28
3	52.88	9.69	24.22
4	41.2	12.69	23.14
5	48.89	5.33	25.67
6	42.74	2.25	21.86
7	53.21	0.19	24.66
8	52.07	13.82	27.1
9	44.82	-1.72	21.83
10	49.55	1.57	19.39
11	56.86	3.71	18.58
12	48.14	3.17	28.01
13	41.74	-0.04	20.81
14	57.35	-0.61	21.21
15	49.28	8.82	24.25
16	61.11	9.97	26.79
17	60.26	6.35	16.56
18	50.84	3.66	204
19	46.38	6.68	31.32
20	58.00	4.33	30.59
เฉลี่ย	51.938	5.1275	32.8915

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับความชื้น

ความเข้มข้น	นน.can เปล่า	นน.ก่อนอบ+can	นน.ก่อนอบ	นน.หลังอบ+can	นน.หลังอบ	%Moisture	%Moist เฉลี่ย
0%	16.3848	21.4157	5.0309	21.0958	4.7110	6.36	6.82
	17.1340	22.2069	5.0729	21.8621	4.7281	6.8	
	16.5413	21.6026	5.0613	21.2347	4.6934	7.3	
15%	16.8276	21.8830	5.0554	21.3458	4.5182	10.63	9.99
	17.4652	22.5180	5.0528	22.0232	4.5580	9.79	
	17.6750	22.7370	5.0620	22.2532	4.5782	9.56	
20%	16.4368	21.4675	5.0307	20.9382	4.5014	10.52	10.49
	17.9375	22.9561	5.0186	22.4922	4.5547	9.24	
	17.4859	22.5798	5.0939	21.9840	4.4981	11.7	
23%	17.5631	22.6106	5.0475	21.9759	4.4128	12.57	11.99
	16.3080	21.3742	5.0662	20.8101	4.5021	11.13	
	17.5149	22.5336	5.0187	21.9175	4.4026	12.28	
25%	17.5599	22.5773	5.0174	21.8809	4.3210	13.88	13.62
	16.6314	21.6882	5.0568	21.0254	4.3940	13.11	
	17.7732	22.7894	5.0162	22.0929	4.3197	13.88	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับ Aw

ความเข้มข้น	Aw		Aw เฉลี่ย
	I	II	
0%	0.291	0.285	0.288
15%	0.297	0.299	0.298
20%	0.297	0.325	0.311
23%	0.339	0.305	0.322
25%	0.327	0.355	0.341

ตารางที่ ก.4 ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับ % Oil Content

ความเข้มข้น	นน.ตย. ก่อนอบ	นน.บีกเกอร์ ก่อนอบ	นน.บีกเกอร์ หลังอบ	%Oil Content	%Oil Content เฉลี่ย	%การลดลง
0%	5.0507	107.8052	108.8783	21.25	20.15	-
	5.0503	107.6429	108.5551	19.05		
15%	4.8748	108.5545	109.3683	16.69	16.04	20.40
	5.0107	107.1527	107.9233	15.38		
20%	5.0532	103.9971	104.6233	12.39	12.14	39.75
	5.0530	104.1107	104.7115	11.89		
23%	5.0633	106.7635	107.4377	13.31	13.27	34.14
	5.0629	105.9380	106.6071	13.22		
25%	5.0530	108.3332	108.6756	6.78	7.98	60.40
	5.0529	107.5364	108.0001	9.18		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับ ความแข็ง

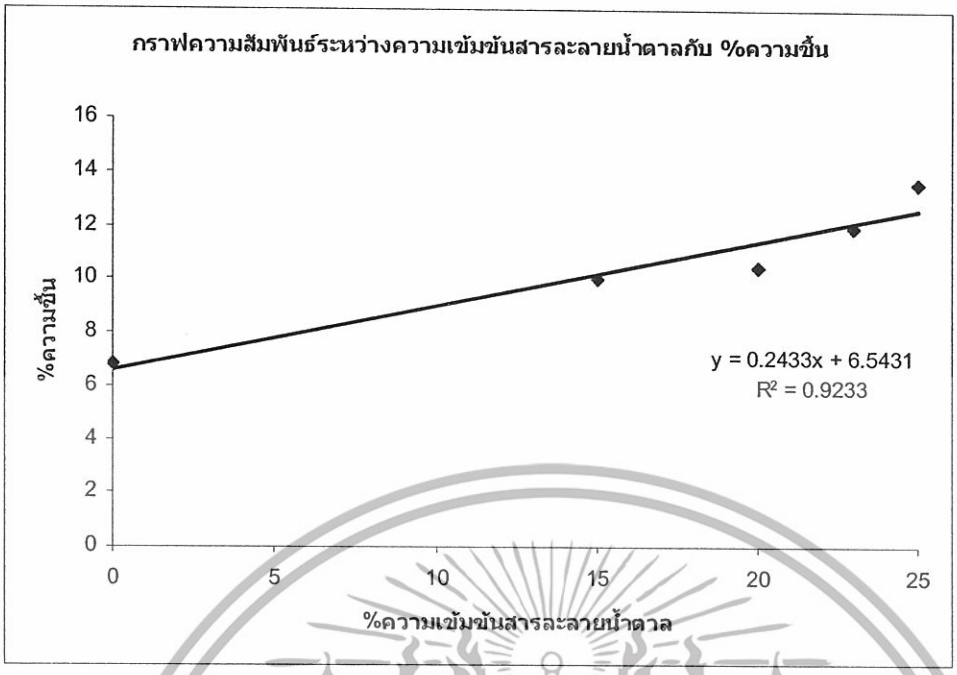
ชิ้นที่	0%	15%	20%	23%	25%
1	344.2	577.9	170	545.3	522
2	276.3	211.6	111.5	307.1	580.8
3	111.5	363.1	336.5	448.4	473.3
4	337.4	289.1	206.8	424.4	578.3
5	109.3	598.7	639.8	214.6	660.1
6	270.1	681.7	768.4	583.5	372.9
7	125	109.5	387.1	661.1	511.6
8	455.5	397.8	617.7	445.6	143.2
9	196.9	421.3	644.1	420.5	281.7
10	755.1	231.3	269.9	239.7	775.7
11	104.2	656.4	621.8	499.2	629.3
12	579.7	256.9	314.7	344.6	315.2
13	334.1	145.2	221.6	476.6	345.1
14	710.8	211.1	156.9	430.5	411.9
15	317.7	420.8	344.5	297.3	330.6
เฉลี่ย	335.1867	371.4933	387.4200	422.5600	462.1133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

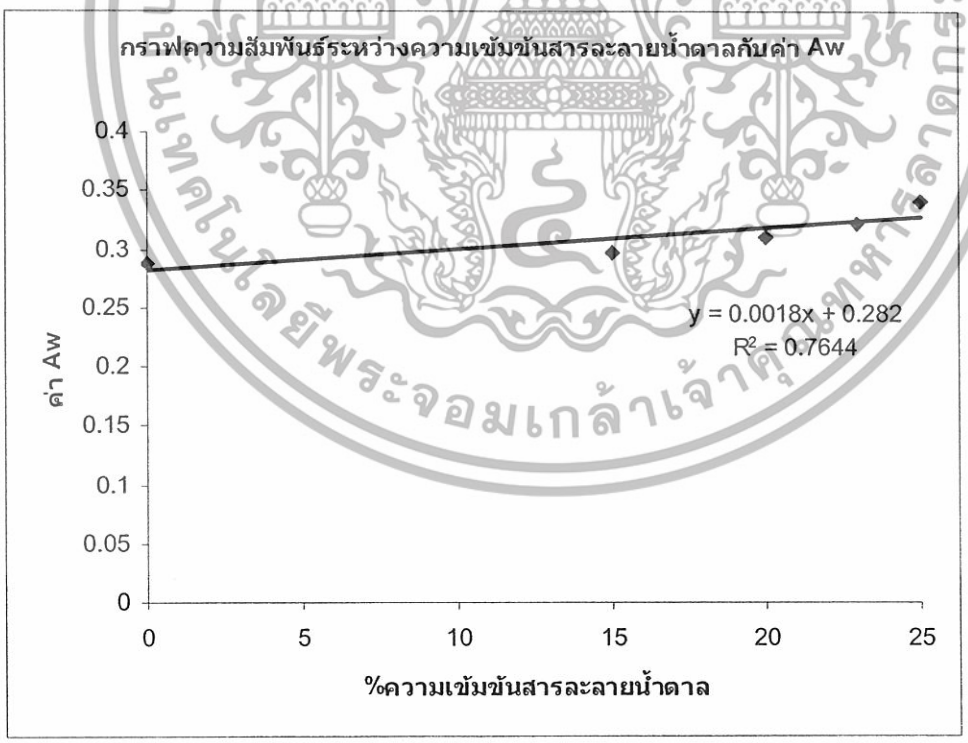
ภาคผนวก ข.

ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

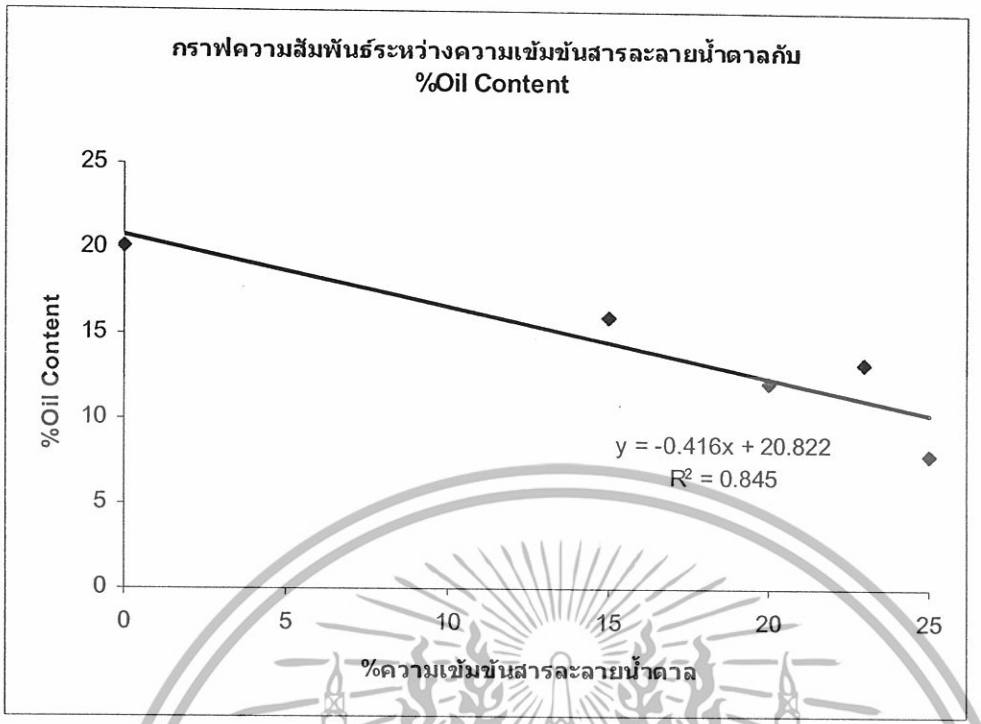


ภาพที่ ข.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับ %ความชื้น

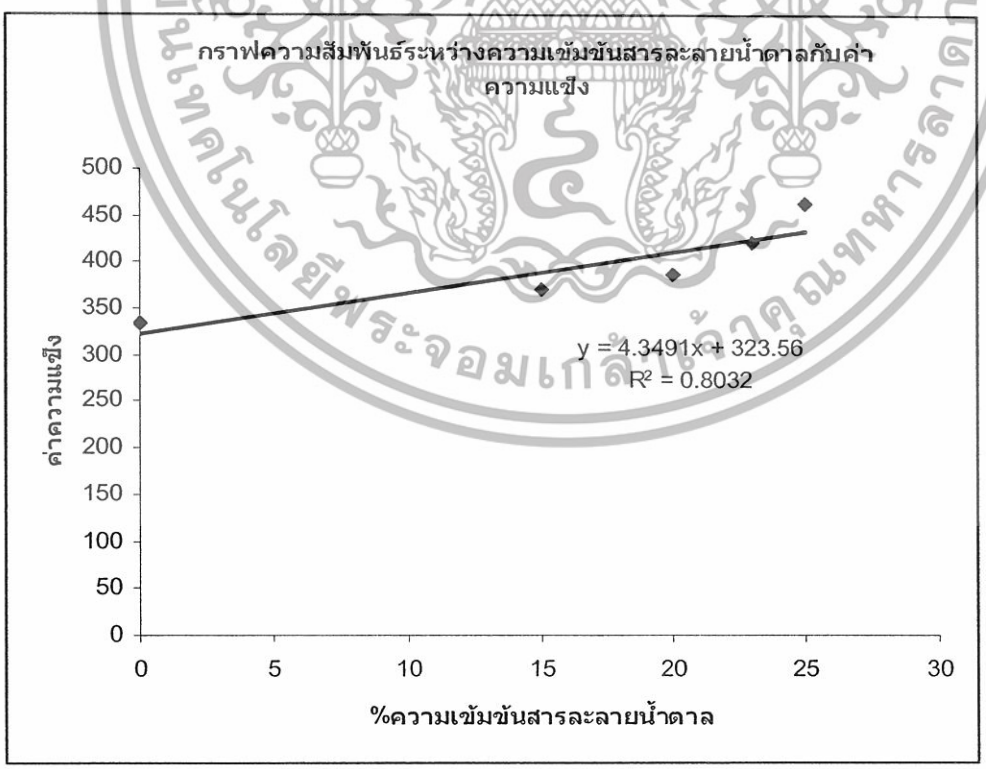


ภาพที่ ข.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับ ค่า Aw

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

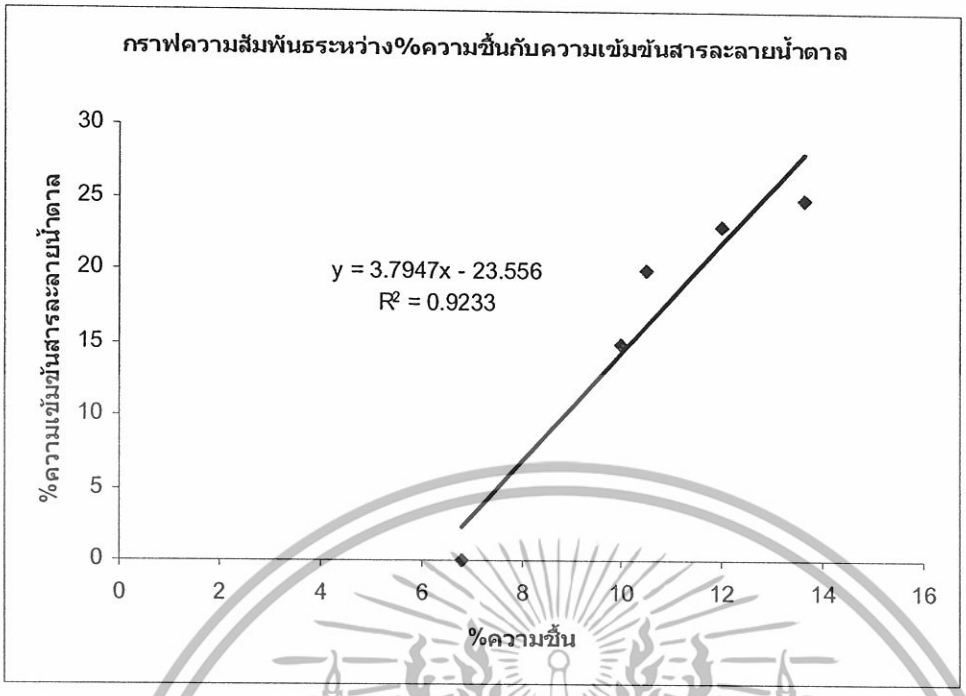


ภาพที่ ข.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับ %Oil Content

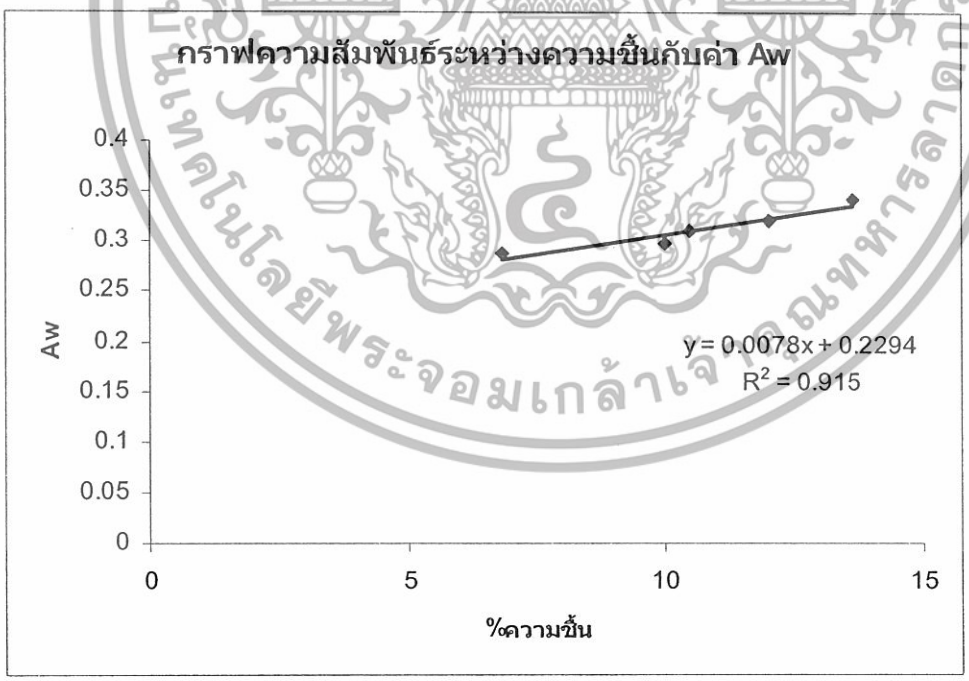


ภาพที่ ข.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับ ค่าความแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

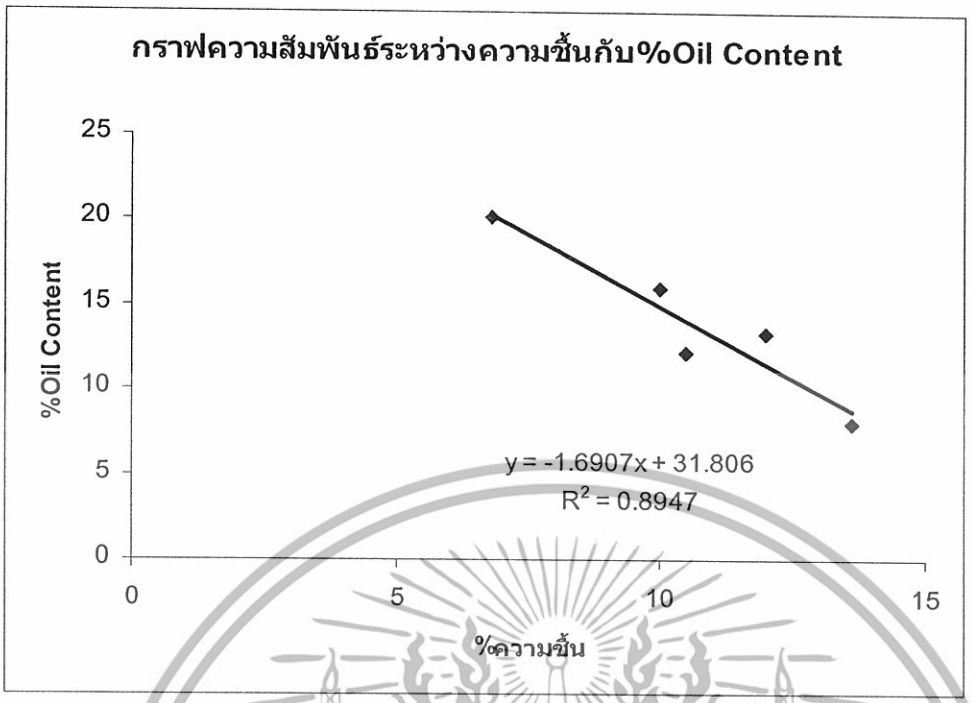


ภาพที่ ข.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% ความชื้น กับ ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล

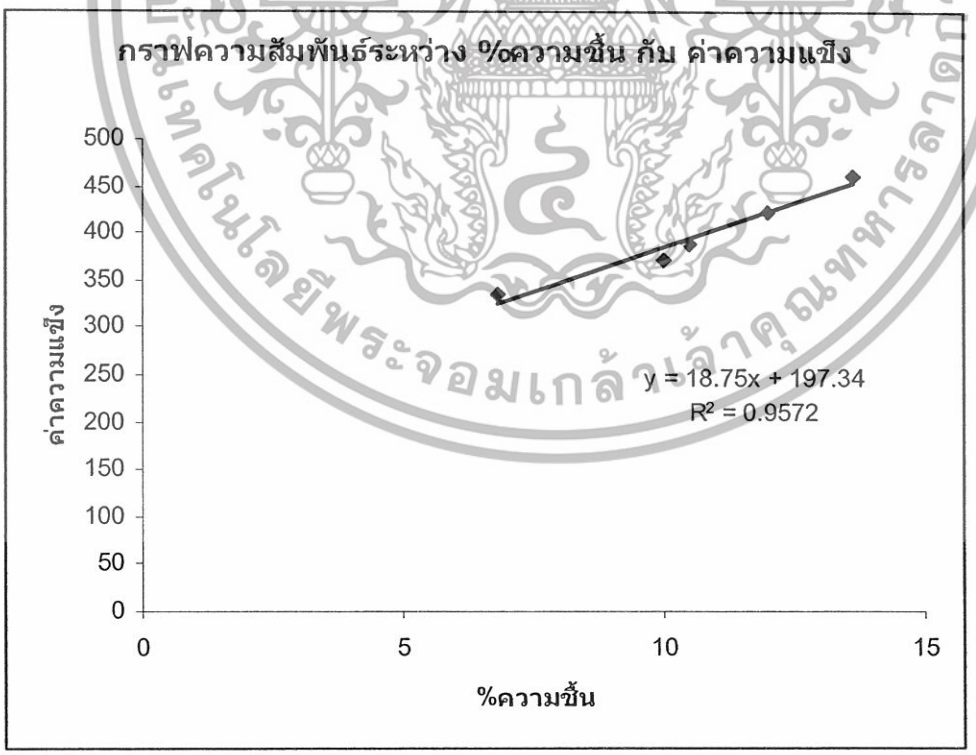


ภาพที่ ข.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% ความชื้น กับ ค่าAw

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

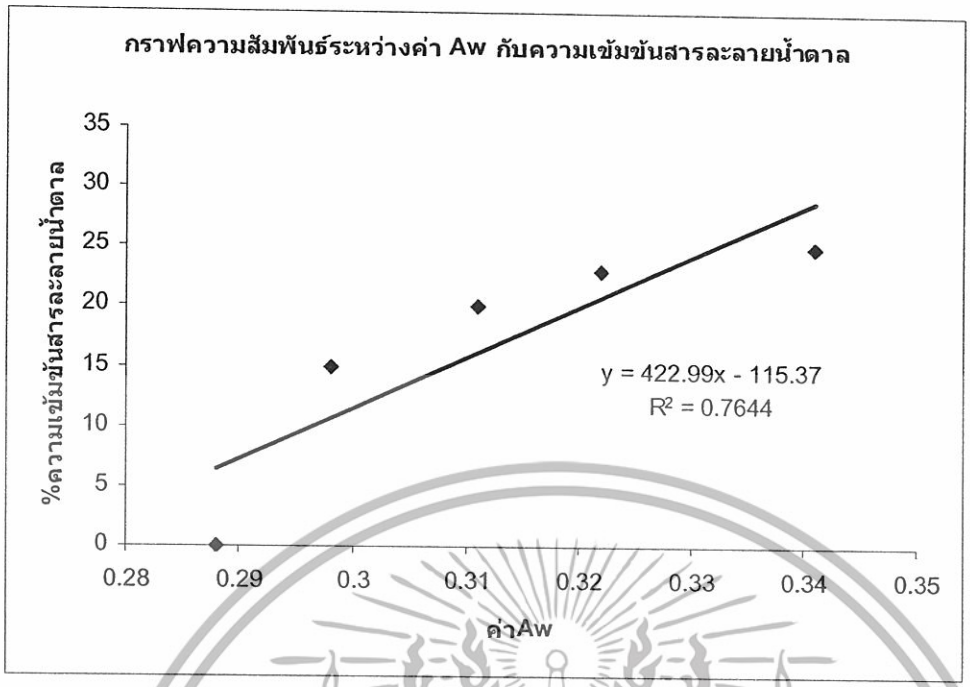


ภาพที่ ข.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% ความชื้น กับ %Oil Content

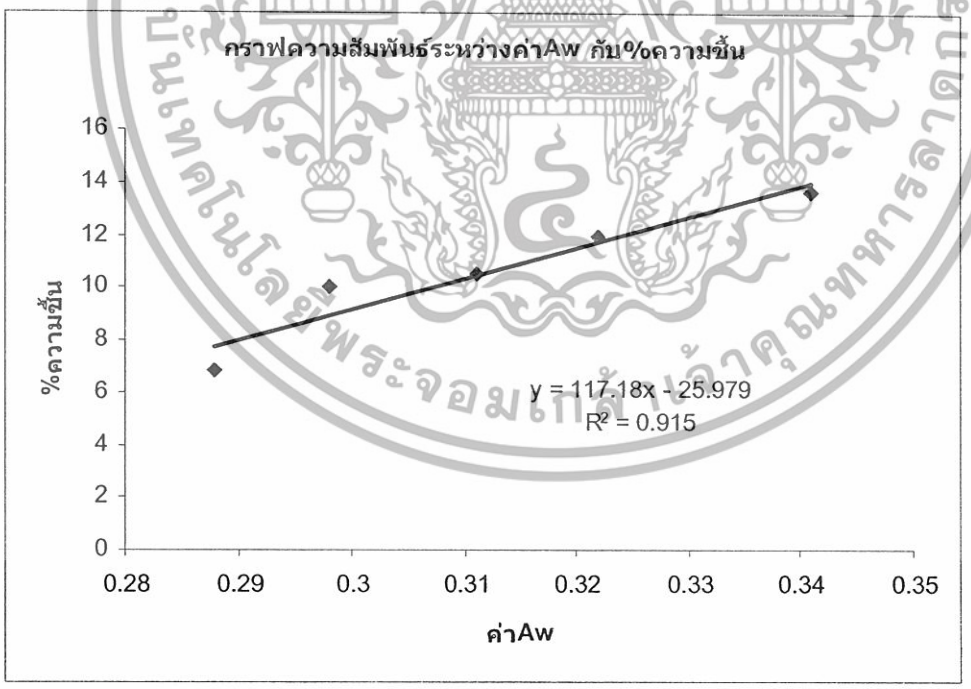


ภาพที่ ข.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้น กับ ค่าความแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

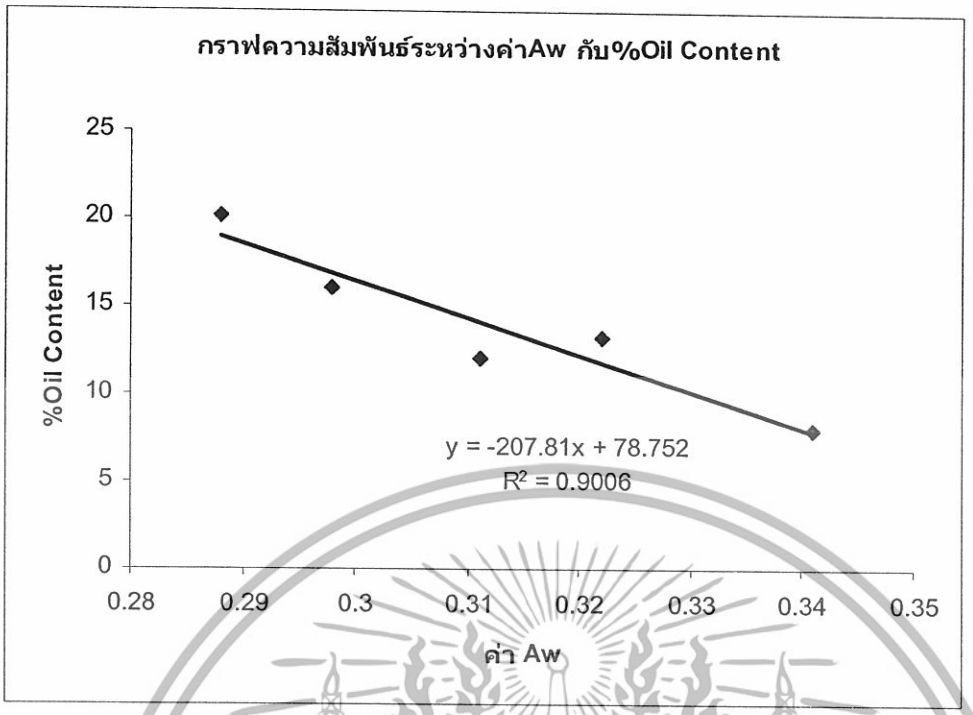


ภาพที่ ข.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Aw กับ ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล

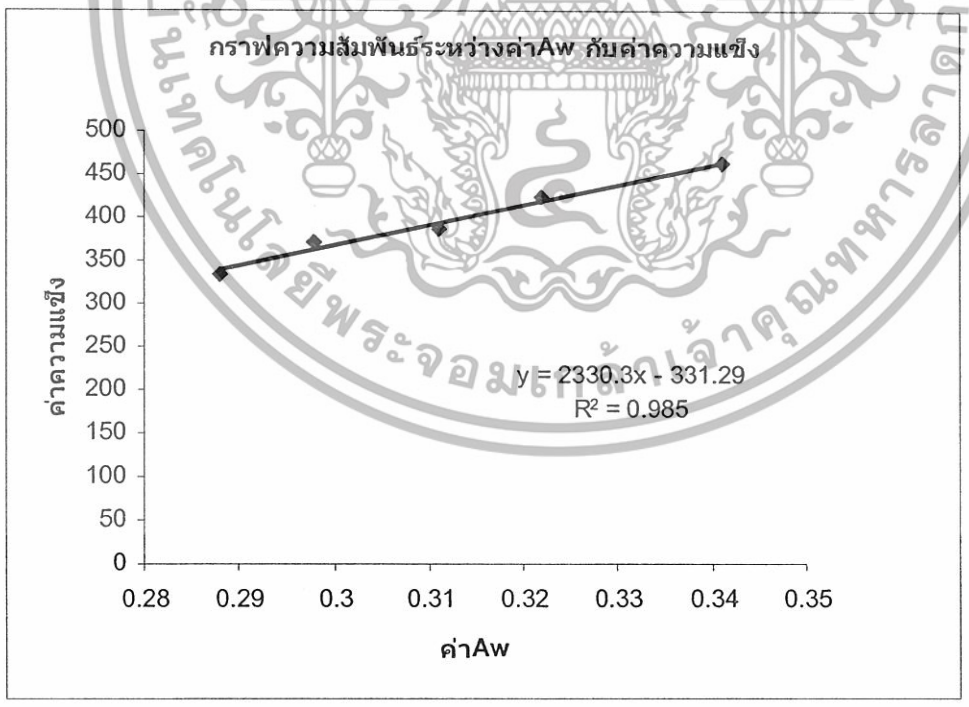


ภาพที่ ข.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Aw กับ %ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

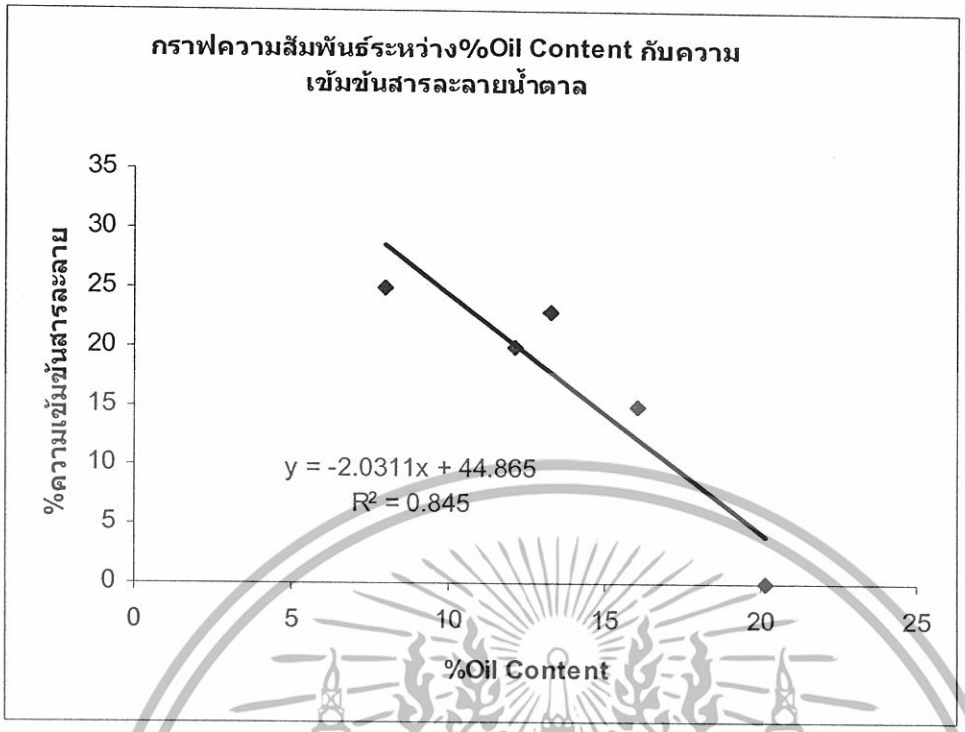


ภาพที่ ข.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Aw กับ %Oil Content

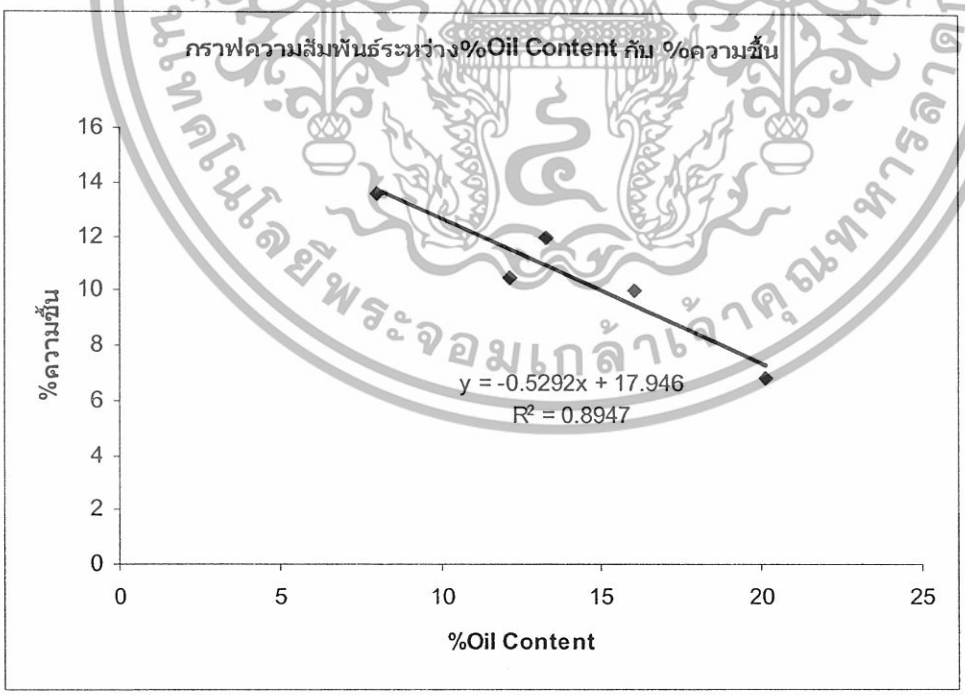


ภาพที่ ข.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Aw กับ ค่าความแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

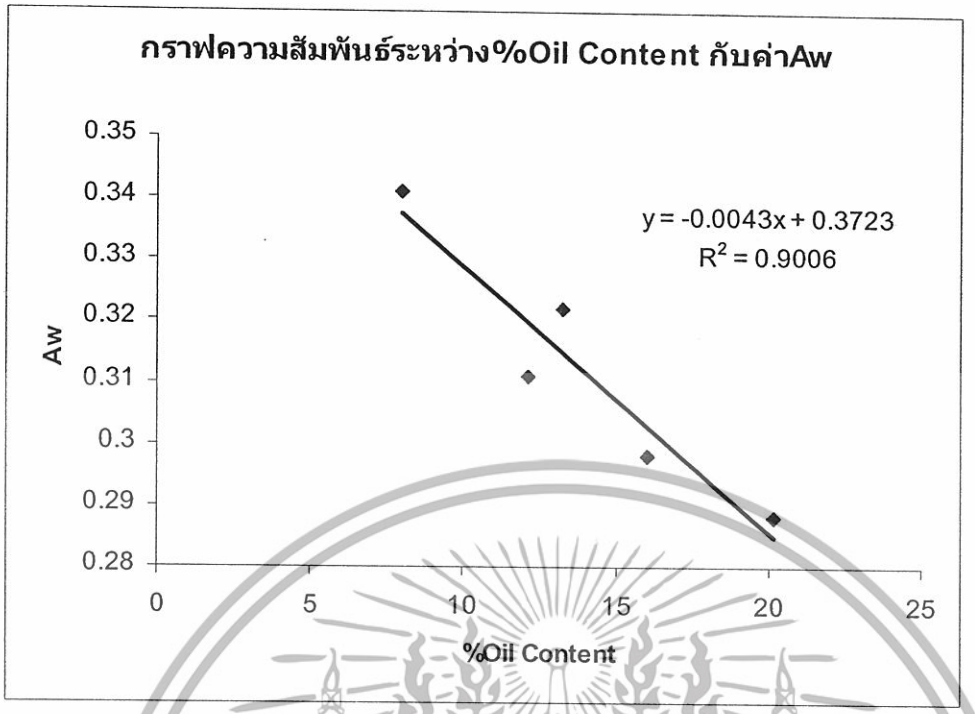


ภาพที่ ข.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Oil Content กับ ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล

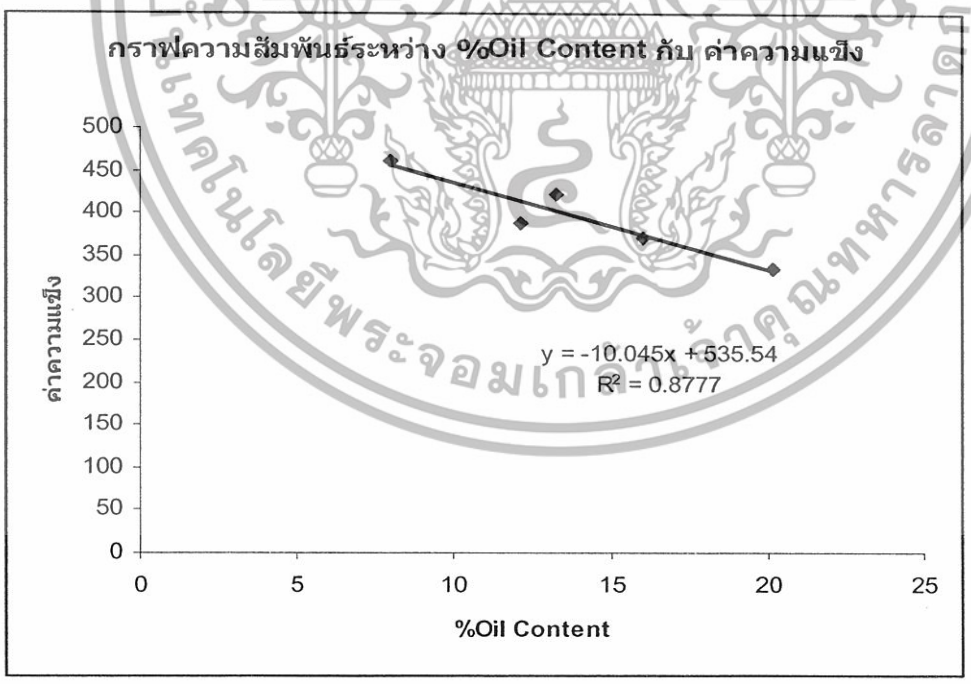


ภาพที่ ข.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Oil Content กับ %ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

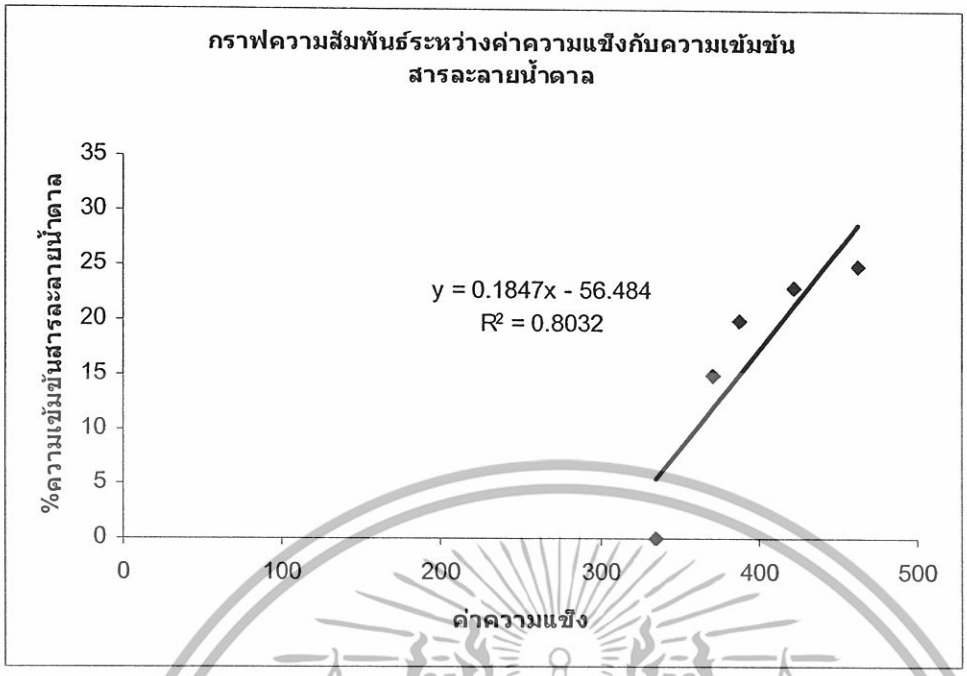


ภาพที่ ข.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Oil Content กับ ค่า Aw

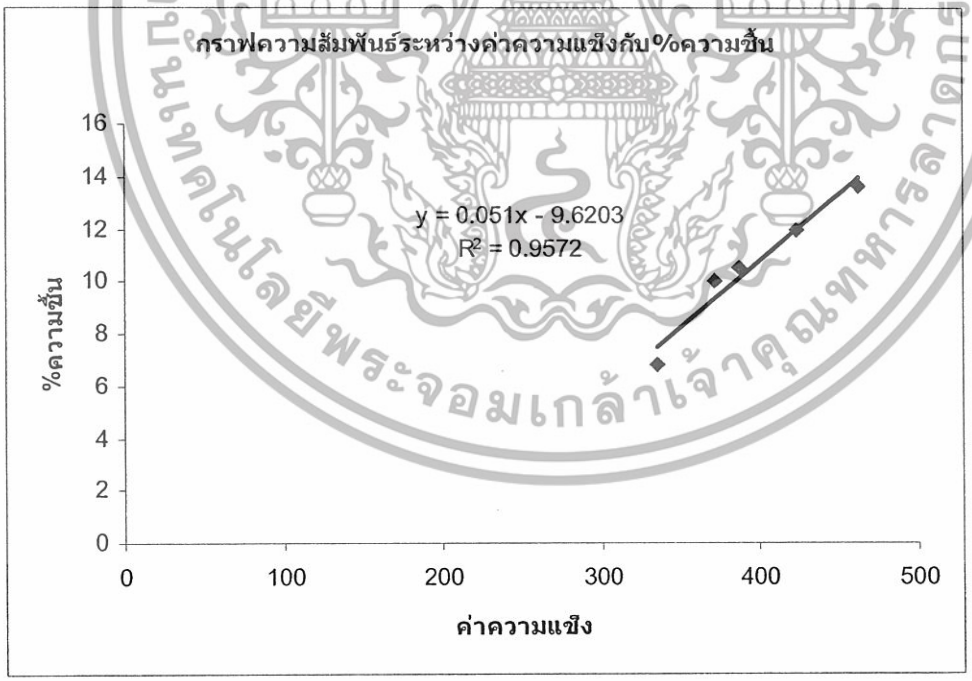


ภาพที่ ข.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Oil Content กับ ค่าความแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

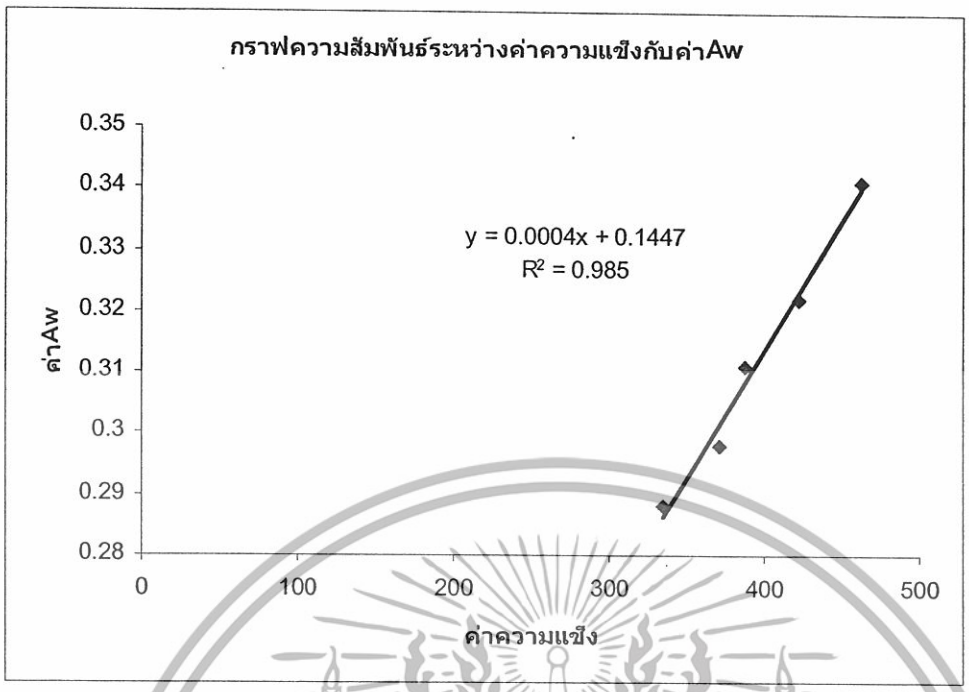


ภาพที่ ข.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความแข็ง กับ ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล

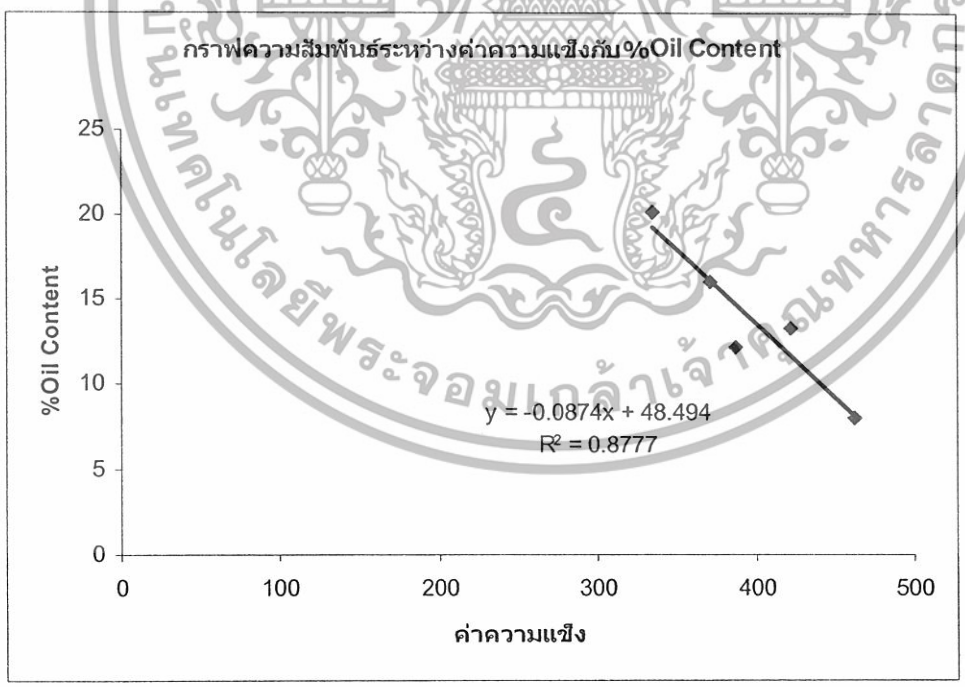


ภาพที่ ข.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความแข็ง กับ %ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความแข็ง กับ ค่า Aw



ภาพที่ ข.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความแข็ง กับ %Oil Content

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลที่ระดับต่างๆ

Homogeneous Subsets

L

	TREAT	N	Subset for alpha = .05	
			1	2
Duncan[a]	25%	20	51.9380	
	23%	20	53.8735	53.8735
	20%	20	54.5755	54.5755
	15%	20	55.1855	55.1855
	0%	20		56.5460
	Sig.		.149	.237

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

A

	TREAT	N	Subset for alpha = .05			
			1	2	3	4
Duncan[a]	0%	20	-1.3115			
	15%	20	.6930	.6930		
	20%	20		2.1850	2.1850	
	23%	20			3.0750	3.0750
	25%	20				5.1275
	Sig.		.071	.177	.419	.064

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

B

	TREAT	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan[a]	0%	20	21.5425
	15%	20	24.8600
	20%	20	26.2920
	23%	20	27.7245
	25%	20	32.8915
	Sig.		.084

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1.2_ แสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของแผ่นมันฝรั่งทอดด้วยระบบ Hunter

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล	ค่าที่ได้จากการวัด		
	L*	a*	b*
0%	$56.5460^{a} \pm 7.3351$	$-1.3115^{d} \pm 2.4273$	$21.5425^{a} \pm 3.8005$
15%	$55.1855^{ab} \pm 6.5401$	$0.6930^{cd} \pm 1.2398$	$24.8600^{a} \pm 3.5717$
20%	$54.5755^{ab} \pm 6.2056$	$2.1850^{bc} \pm 3.7702$	$26.2920^{a} \pm 2.9293$
23%	$53.8735^{ab} \pm 5.0245$	$3.0750^{ab} \pm 3.8794$	$27.7245^{a} \pm 3.5793$
25%	$51.9380^{b} \pm 6.7894$	$5.1275^{a} \pm 4.8381$	$32.8915^{a} \pm 40.5465$

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ %ความชื้น

Homogeneous Subsets

MOIST

	TRT	N	Subset for alpha = .05			
			1	2	3	4
Duncan[a]	0%	3	6.8200			
	15%	3		9.9933		
	20%	3		10.4867		
	23%	3			11.9933	
	25%	3				13.6233
	Sig.		1.000	.441	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค.2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ %ความชื้น

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล	%ความชื้น
0%	$6.8200^{d} \pm 0.4703$
15%	$9.9933^{c} \pm 0.5632$
20%	$10.4867^{c} \pm 1.2303$
23%	$11.9933^{b} \pm 0.7616$
25%	$13.6233^{a} \pm 0.4446$

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ ค่า Aw

Homogeneous Subsets

AW

	TRT	N	Subset for alpha = .05	
			1	2
Duncan[a]	0%	2	.28800	
	15%	2	.29800	.29800
	20%	2	.31100	.31100
	23%	2	.32200	.32200
	25%	2		.34100
	Sig.		.106	.056

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ค.3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ ค่า Aw

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล	Aw
0%	$0.2880^{b} \pm 0.0042$
15%	$0.2980^{ab} \pm 0.0014$
20%	$0.3110^{ab} \pm 0.0198$
23%	$0.3220^{ab} \pm 0.0240$
25%	$0.3410^{a} \pm 0.0198$

<u>หมายเหตุ</u> ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ %Oil Content

Homogeneous Subsets

FAT

	TRT	N	Subset for alpha = .05			
			1	2	3	4
Duncan[a]	25%	2	7.9800			
	20%	2		12.1400		
	23%	2		13.2650	13.2650	
	15%	2			16.0350	
	0%	2				20.1500
	Sig.		1.000	.362	.057	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ค.4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ %Oil Content

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล	% ไขมัน
0%	$20.15^{a} \pm 1.5556$
15%	$16.04^{b} \pm 0.9263$
20%	$12.14^{c} \pm 0.3536$
23%	$13.27^{bc} \pm 0.0636$
25%	$7.98^{d} \pm 1.6971$

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ ค่าความแข็ง

Homogeneous Subsets

HARD

	TRT	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan[a]	0%	15	335.1867
	15%	15	371.4933
	20%	15	387.4200
	23%	15	422.5600
	25%	15	462.1133
	Sig.		.096

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.

ตารางที่ ค.5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล กับ ค่าความแข็ง

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล	ค่าความแข็ง
0%	335.1867[a] ± 210.0151
15%	371.4933[a] ± 186.7038
20%	387.4200[a] ± 214.2905
23%	422.5600[a] ± 125.2755
25%	426.1133[a] ± 168.2981

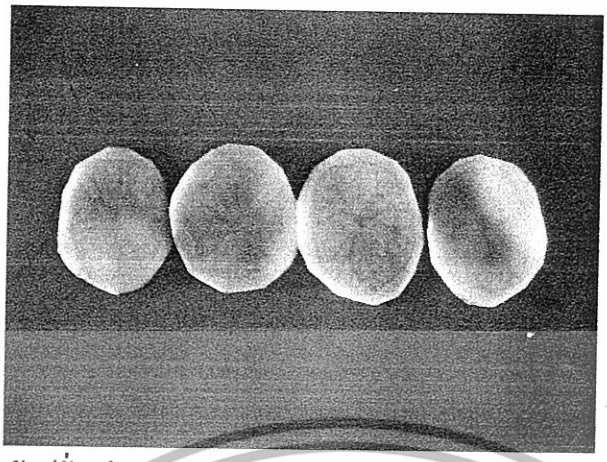
หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

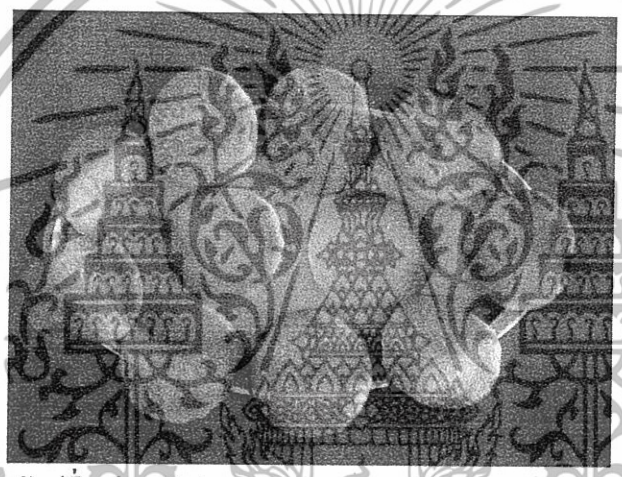
ภาคผนวก ง.

ภาพแสดงผลการทดลอง

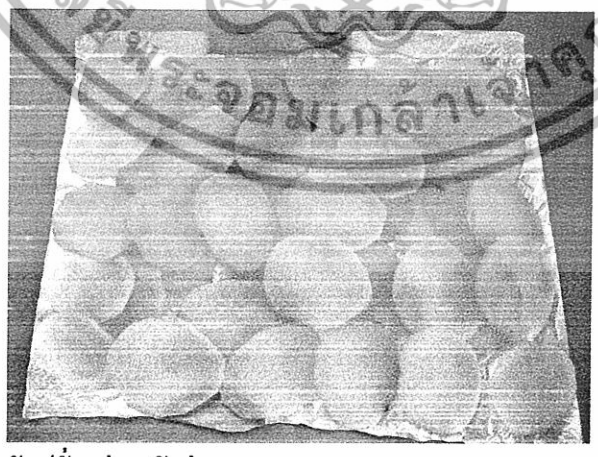
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง.1 ภาพแสดงมันฝรั่งแผ่นสด

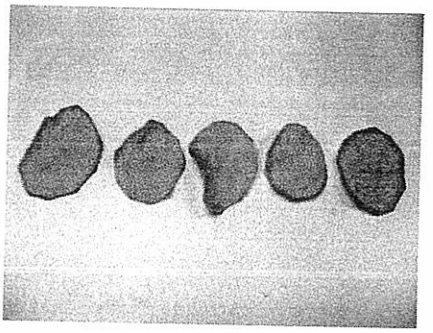


ภาพที่ ง.2 ภาพแสดงมันฝรั่งแผ่นหลังผ่านการลวก

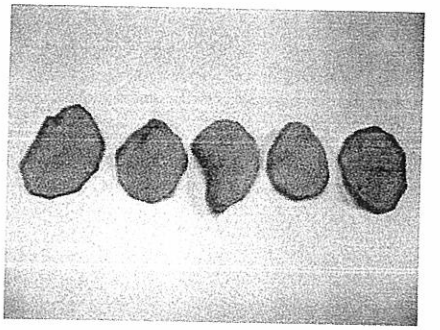


ภาพที่ ง.3 ภาพแสดงมันฝรั่งแผ่นหลังผ่านการอบ

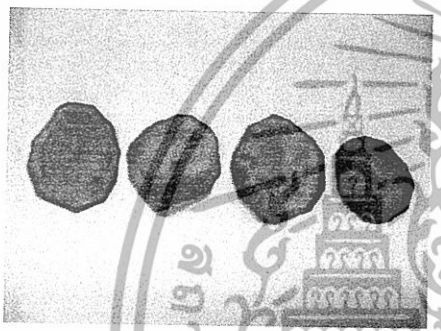
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



0%

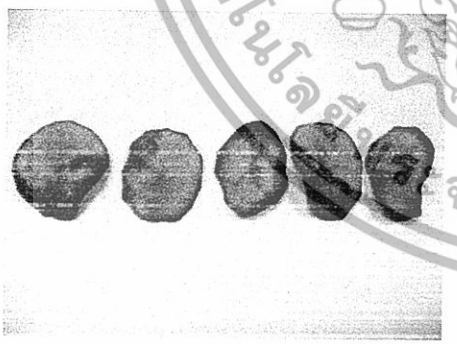


15%



20%

23%



25%

ภาพที่ ง.4 แสดงภาพมันฝรั่งแผ่นหลังการทอด ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

วิธีการวิเคราะห์การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

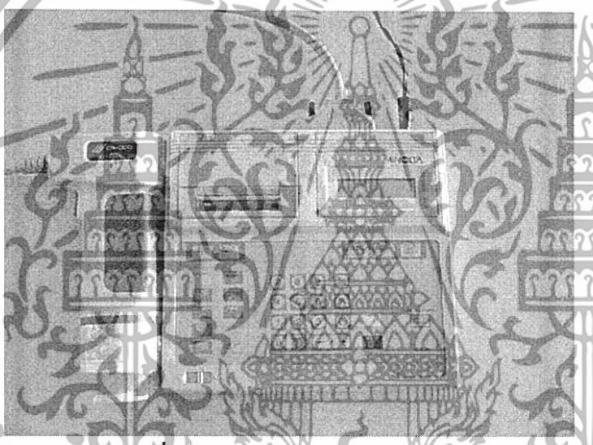
1. ขั้นตอนการวิเคราะห์สี

วิธีวัดสีโดย Chromameter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 330

1. เอาหัววัดทาบที่แผ่นคาลิเบรตโดยกดปุ่มที่หัววัด เครื่องจะดังติ๊ด เป็นทำการคาลิเบรตเครื่องวัดสี บันทึกค่าที่ได้จากการคาลิเบรต

2. เมื่อทำการคาริเบตแล้ว นำหัววัดที่ได้ไปทำการวัดสีโดยทาบที่แผ่นมันฝรั่งทอด เครื่องจะบอกค่า L* , a* และ b* บันทึกค่า L* , a* และ b* ที่ได้จากการวัด โดยการทดลอง 1 ครั้ง จะทำซ้ำประมาณ 20 ซ้ำ (วัดสีมันฝรั่งทอด ประมาณ 20 แผ่น) จากนั้นนำผลที่ได้จากการวัดมาเฉลี่ยแล้วทำการบันทึกข้อมูลที่ได้

3. ทำการแปรผลและสรุปข้อมูลที่ได้จากการทดลอง



ภาพที่ จ.1 เครื่องวัดสี Chromameter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 330

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ความชื้น

1. นำ aluminium can อบที่ 100 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ ใส่โถดูดความชื้น (desiccator) ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง)

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารที่บดแล้ว 3.0000-5.0000 กรัม (ทำ 3 ซ้ำ) ในกรณีของตัวอย่างที่มีน้ำตาลสูงควรใช้อุณหภูมิต่ำ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชม.

3. นำไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง โดยเปิดฝา aluminium can

4. เมื่อครบเวลาปิดฝา นำมาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนักอบซ้ำอีกครั้ง ครั้งละ 1/2 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ หรือผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้ง ต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.003- 0.005 กรัม

5. เก็บตัวอย่างไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

6. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นในตัวอย่าง

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด-น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักสด}} \times 100$$

ภาพที่ จ.2 เครื่องอบลมร้อน (Hot air oven)

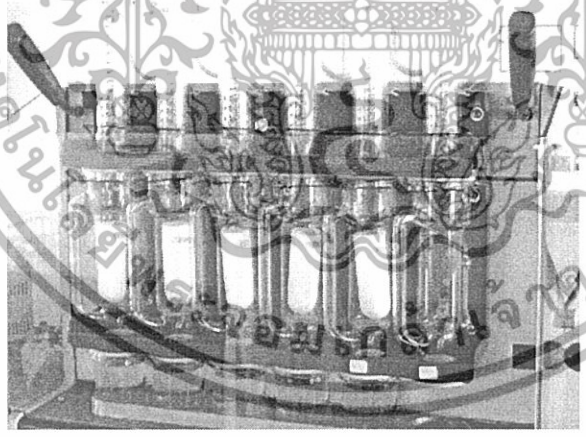
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ไขมัน เครื่อง Soxhlet ยี่ห้อ Buchi model B810

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งมันฝรั่งที่อบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 5.00-10.00 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
3. ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ในทิมเบิล (extraction thimble)
4. ตวง n-hexane จำนวน 140-180 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมัน ต่อทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างและบีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน
5. ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง เมื่อครบเวลานำบีกเกอรไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อระเหย n-hexane
6. ทำให้เย็นในโถโดยโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักของบีกเกอร์หลังสกัด - น้ำหนักของบีกเกอร์ก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$



ภาพที่ จ.3 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet) ยี่ห้อ Buchi model B810

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์ Water Activity (Aw) ยี่ห้อ Novasina รุ่น Thermoconstanter

4.1 วิธีการ Set-up Calibration

ให้ทำการปรับ Calibration เครื่องโดยให้สังเกตดังนี้

- ให้ปรับ 1 ครั้ง ในตอนเช้าหรือตอนเริ่มต้น แล้วใช้ได้ทั้งวัน
- ถ้าเครื่องทิ้งไว้นานโดยไม่ได้ใช้ ให้ปรับทุกครั้งก่อนที่จะนำเครื่องมาใช้

4.2 วิธีปฏิบัติ

1) ตลับความชื้นมาตรฐาน(Salt Standard) มาใส่ใน Measuring Chember ให้เริ่มต้นด้วย Salt Standard SAL-90 (90.1% ERH)

2) ปิดฝาครอบให้เรียบร้อย

3) ให้หมุนปุ่มสีเหลืองตรงด้านหน้าซายมือของเครื่องไปยังหมายเลข 2

4) รอประมาณ 1 ถึง 2 นาที แล้วค่อยกดปุ่มสีฟ้า Enter ด้านขวามือ กดจนกระทั่งบนจอแสดงว่า

(LCD) กระพริบ ถ้าข้อความบนจออ่านว่า NO ก็ให้รอจนกว่า CAL 90 บนหน้าจอจะแสดงข้อความว่า พร้อมๆกับกระพริบด้วย CAL

5) ให้กดปุ่มสีฟ้า Enter อีกครั้งหนึ่งจนกระทั่งข้อความบนจอหยุดกระพริบ

6) เครื่องจะทำการ Calibration จนเสร็จสิ้นกระบวนการ

7) หลังจากเสร็จสิ้นการ Calibration แล้ว เครื่องจะคืนสู่สภาพปรกติคือพร้อมที่จะวัดและแสดงค่า อุณหภูมิ และ %ERH (Aw = ERH/100) ของตัวอย่าง

8) สำหรับค่าอื่นๆให้ทำการ Calibration ในทำนองเดียวกันกับค่า 90 ดังกล่าวข้างต้น

<u>หมายเหตุ</u>

1) ต้องใช้ตลับ Salt Standard ให้ตรงกับค่าที่ต้องการ Calibration เท่านั้น มิฉะนั้นแล้วจะเกิดความคลาดเคลื่อนในความแม่นยำของการวัดค่า % ERH

2) ห้ามกดปุ่มสีฟ้า Enter จนกว่าจะแน่ใจว่าข้อความที่กำลังกระพริบอยู่บนจอ LCD เป็นค่าที่ต้องการ Calibration เช่น 90 CAL หรือ 75 CAL เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ให้ทำการ Calibration หลายๆ ค่า ในคราวเดียวกันเป็นลำดับ เริ่มต้นด้วยจากค่ามากถึงค่าน้อยอย่างน้อย 2 ค่า ซึ่งสามารถครอบคลุมถึงค่าของ Aw ของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการวัดอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 0.7 ให้ทำการ Calibration เริ่มต้นจากค่า 90, 75 และ 53 ปีนต้น แต่ถ้าต้องการความแน่นอนและแม่นยำก็ให้ทำการ Calibration โดยเริ่มต้นจากค่า 90, 75, 53 และ 33 ซึ่งเท่านี้ก็พอเพียงที่จะครอบคลุมได้เกือบทั้งหมด

4) ให้สังเกตสีของ Salt Standard ที่ค่าต่างๆ กัน ในกรณีที่เกิดการผิดพลาดอันเนื่องมาจากการสลับกันของฝาตลับหรือทำฝาตลับหายก็ให้สังเกตง่ายๆ ดังนี้

SAL-98	สีส้ม
SAL-90	สีขาว
SAL-75	สีม่วง
SAL-53	สีเขียว
SAL-33	สีน้ำเงิน
SAL-11	สีขาว

วิธีการใช้เครื่องเพื่อทำการวัดสารตัวอย่าง

1) หมุนปุ่มสีเหลืองของเครื่อง Thermoconstanter ในตำแหน่งที่ (1)

2) นำตลับพลาสติก (Sample Cup) มาใส่สารตัวอย่างให้ได้ปริมาตรประมาณ 80-90%

3) นำตลับตัวอย่างมาใส่ไว้ใน Measurig Chamber

4) ปิดฝาให้เรียบร้อย

5) Set อุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการควบคุมตัวอย่างให้ได้25 องศาเซลเซียสก็ให้ตั้งปุ่มสีดำตรงขวามือให้ได้หมายเลข 190 เป็นต้น

6) จากนั้นรอจนกระทั่งอ่านอุณหภูมิได้ตามที่ตั้งไว้ และ Relative Humideity ของ อากาศที่วัดได้อยู่ในสภาวะที่สมดุลย์ (Equilibrium) กับสารตัวอย่าง สภาวะนี้เราเรียกว่าEquilibrium Relative Humidity (ERH) เมื่อหารด้วย 100 ก็จะได้ค่า Water Activity (Aw) ตามที่ต้องการ

ภาพที่ จ.4 เครื่องวัดค่า Water Activity ยี่ห้อ Novasina รุ่น Thermoconstanter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าความแข็ง (Hardness) ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT2I

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) นั้น เพื่อต้องการวัดแรงที่จุดสูงสุด ซึ่งถือว่าเป็นจุดที่ทำให้ชิ้นอาหารแตก ซึ่งจะต้องประกอบไปด้วยอุปกรณ์อื่นดังนี้

1) เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมกับโปรแกรมวิเคราะห์แสดงผลค่าแรง

2) หัววัดเนื้อสัมผัสขนาด P/0.25s ที่ใช้วัดความกรอบ (crisp) และฐานที่ใช้สำหรับวางชิ้นอาหารที่สามารถกดทะลุได้

5.1 การ Calibration เครื่อง

1) ทำการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

2) เปิดโปรแกรม Texture in English เลือกเมนู Calibration แล้วเลือก Calibration Force นำน้ำหนัก 5 กิโลกรัมมาวางบนแท่นแล้วกด Enter รอจนหน้าจอคอมพิวเตอร์ แสดงว่า Calibration สมบูรณ์ก็กดปุ่ม OK แล้วนำน้ำหนัก 5 กิโลกรัมออก ซึ่งถือว่า Calibration Force เสร็จสมบูรณ์

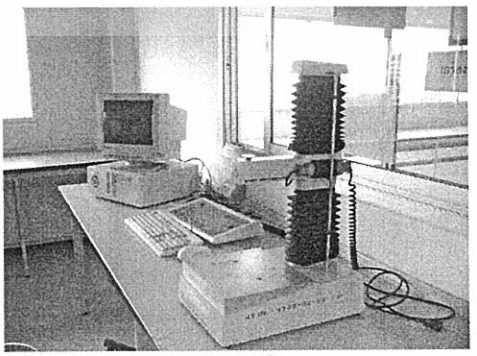
3) ต่อหัววัดเนื้อสัมผัส P/0.25s และวางรากฐานที่ใช้สำหรับการกดทะลุได้

5.2 การ Set โปรแกรมวัดความกรอบของตัวอย่าง

1) หลังจาก Calibration Force แล้วให้เลือก TA Setting ที่ปุ่มเมนูเพื่อทำการเปลี่ยนค่าต่างๆ ของการวัดให้เป็นการวัดของการวัดความกรอบของอาหารซึ่งมีค่าดังนี้

Option	Measure Force in Compression
Pre-Test Speed	1.0 mm/s
Test Speed	1.0 mm/s
Post-Test Speed	10.0 mm/s
Distance	3 mm
Trigger type	Auto-5 g
Data Acquisition rate	200 pps

แล้วทำการกดปุ่ม Update เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงในโปรแกรมเพื่อทำพร้อมที่จะทำการวัดความกรอบ



ภาพที่ จ.5 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT2I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาว เวทิดา เรืองเดช
วัน เดือน ปีเกิด 11 สิงหาคม 2527
ประวัติการศึกษา
ระดับมัธยมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล ปีการศึกษา 2545
ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา2549

ชื่อ-สกุล นางสาว ศิริวรรณ คณิตชัยเดชา
วัน เดือน ปีเกิด 9 มีนาคม 2528
ประวัติการศึกษา
ระดับมัธยมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนระยองวิทยาคม ปีการศึกษา 2545
ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา2549

ชื่อ-สกุล นางสาว อินทุอร พุ่มแจ้
วัน เดือน ปีเกิด 14 มิถุนายน 2528
ประวัติการศึกษา
ระดับมัธยมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนสตรีราชินูทิศ ปีการศึกษา 2545
ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้