

บทคัดย่อ

เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของผักปวยเล้งในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน
ของน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร

โดย นายเกรียงศักดิ์ สุขสabay
นายบุญโชติ คีพร้อม

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

ประธานกรรมการที่ปรึกษา

.....
(อาจารย์ถาวรณั บัวสาย)
...../...../.....

จากการศึกษาประสิทธิภาพของผักปวยเล้งในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันใช้ทอดอาหารโดยทำการศึกษา 3 แบบ คือ ไม่เติมผักปวยเล้ง เติมผักปวยเล้ง และ เติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง ใช้ผักปวยเล้ง 2 ชนิดคือ ชนิดสด และ ชนิดแห้ง ในอัตราส่วนร้อยละ 10 15 และ 20 แล้วทำการทอดทอด 4 ครั้ง ที่อุณหภูมิ 180-200 °C ใช้เวลาในการทอดนาน 5 นาที ศึกษาค่าดัชนีต่างๆ ของวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันคือ Peroxide Value (PV) Acid Value (AV) Thiobarbituric Acid (TBA) Free Fatty Acid (FFA) ค่าสี และ ความหนืด พบว่าการไม่เติมผักปวยเล้ง ลงไปในน้ำมันก่อนทำการทอด พบว่าค่าดัชนีต่างๆ ของคุณภาพของน้ำมันจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ จำนวนครั้งที่ทอด เมื่อทำการเติมผักปวยเล้งชนิดสด ในอัตราส่วนร้อยละ 10 15 และ 20 ค่าดัชนีต่างๆ ของคุณภาพของน้ำมันมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณของอัตราส่วน แต่มีค่าสี และความหนืดเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่า FFA ของน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการเติมผักปวยเล้งสดลงในน้ำมันที่ปริมาณอัตราส่วนร้อยละ 15 และ 20 สามารถช่วยยืดอายุการใช้งานของน้ำมันได้ จากการทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคยอมรับการใช้ปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้ง ที่ปริมาณร้อยละ 10 เติมนลงในน้ำมันที่ใช้ทอดกล้วยแขก ส่วนคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแขกที่ทำการทอดแบบเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง ของปวยเล้งสดปวยเล้งแห้ง พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางด้าน สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส ทั้ง 3 ระดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำปัญหาพิเศษขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ให้ทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณอาจารย์ลาภวรรณ บัวสาย ที่ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ขอขอบพระคุณ ผศ.เบญจพร รอดอาวุธ ผศ.อัมเอบ พันสค อาจารย์นรินทร์ เลียงหิรัญถาวร และอาจารย์ศิริเพ็ญ สิริโรจนพูลิ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำปัญหาพิเศษจนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณโปรแกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และคุณปิยนุช ภูกันแก้ว ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการใช้เครื่องมือ หนังสือและสถานที่สำหรับใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณนักศึกษาโปรแกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส คำติชม ให้คำปรึกษา แนะนำและให้กำลังใจ ตลอดเวลาที่ทำกรวิจัย

และสุดท้ายต้องขอขอบคุณพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือด้านการเงินในการทำวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เมษายน 2551

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิจกรรมประกาศ	
บทคัดย่อ	
สารบัญ	-1-
สารบัญตาราง	-2-
สารบัญภาพ	-8-
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	26
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	32
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	55
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก ก	58
ภาคผนวก ข	68
ภาคผนวก ค	69

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ	10
2.2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอะโกลาไมด์ในอาหาร	24
3.1 แสดงชนิดและปริมาณการเติมผักปวยเล้งในน้ำมันทอดอาหาร	30
4.1 แสดงผลทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันที่ไม่เติมผักปวยเล้ง	32
4.2 แสดงผลทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันที่เติมผักปวยเล้งสด	33
4.3 แสดงผลทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันที่เติมผักปวยเล้งแห้ง	34
4.4 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	50
4.5 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของการเติมปวยเล้งสดลงในน้ำมันที่ทอดอาหาร	51
4.6 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของการเติมปวยเล้งแห้งลงในน้ำมันที่ทอดอาหาร	52
4.7 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของปวยเล้งสดในการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง	53
4.8 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของปวยเล้งแห้งในการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง	53
4.9 แสดงผลปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ตรวจพบในผักปวยเล้งทั้ง 2 ชนิด	54
ตารางภาคผนวกที่	
ค.1 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้ง สด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	69
ค.2 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ ปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	69
ค.3 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้ง แห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	70
ค.4 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ค.5 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสดเติม 1 ครั้ง เวน 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	71
ค.6 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งสด 1 ครั้ง เวน 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	71
ค.7 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งแห้งเติม 1 ครั้ง เวน 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	72
ค.8 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งแห้ง 1 ครั้ง เวน 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	72
ค.9 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านสี (a) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	73
ค.10 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ด้านสี (a) น้ำมัน โดยแปร ปริมาณของสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	73
ค.11 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านสี (b) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	74
ค.12 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ (DMRT) ด้านสี (b) น้ำมัน โดยแปรปริมาณของสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	74
ค.13 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความขาวสว่างของสี (L) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ ปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	75
ค.14 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ด้านความขาว สว่างของสี (L) น้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ค.15 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า (L^*) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด เต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	76
ค.16 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ค่า L น้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งสด เต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	76
ค.17 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี (b) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งสดเต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	77
ค.18 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ค่าสี (b) น้ำมัน โดย แปรปริมาณของปวยเล้งสด เต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	77
ค.19 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี (a^*) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ ปวยเล้งสดเต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	78
ค.20 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ค่า a น้ำมัน โดยแปร ปริมาณของปวยเล้งสดเต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	78
ค.21 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านสี (L^*) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	79
ค.22 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ด้านสี (L^*) น้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	79
ค.23 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านสี (b^*) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ ปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	80
ค.24 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ด้านสี (b^*) น้ำมัน โดยแปร ปริมาณของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ค.25 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านสี (a^*) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ ปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	81
ค.26 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ด้านสี (b^*) น้ำมัน โดยแปร ปริมาณของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	81
ค.27 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า (a^*) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งแห้ง เต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	82
ค.28 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ค่าสี (a^*) น้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งแห้ง เต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	82
ค.29 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี (b^*) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งแห้งเต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	83
ค.30 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ค่าสี (b^*) น้ำมัน โดยแปร ปริมาณของปวยเล้งแห้ง เต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	83
ค.31 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี (L^*) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ ปวยเล้งแห้งเต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	84
ค.32 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ (DMRT) ค่าสี (L^*) น้ำมัน โดยแปร ปริมาณของปวยเล้งแห้ง เต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	84
ค.33 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Peroxide Value ของน้ำมัน โดยแปร ปริมาณของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	85
ค.34 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Peroxide Value ของน้ำมัน โดยแปร ปริมาณของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	85
ค.35 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Peroxide Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งสดเต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	86

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ค.36 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Peroxide Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งแห้งเติม 1 ครั้ง เวน 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	86
ค.37 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Acid Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	87
ค.38 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Acid Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	87
ค.39 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Acid Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งสด เติม 1 ครั้ง เวน 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	88
ค.40 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Acid Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งแห้ง เติม 1 ครั้ง เวน 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	88
ค.41 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	89
ค.42 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) Thiobarbituric acid (TBA) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	89
ค.43 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณ ของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน	90
ค.44 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสีแบบไม่เติมปวยเล้ง	91
ค.45 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นรส แบบไม่เติมปวยเล้ง	91
ค.46 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัสแบบไม่เติมปวยเล้ง	91
ค.47 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านการยอมรับรวมแบบไม่เติมปวยเล้ง	92

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ค.48 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ เต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง ของผู้ป่วยเฝ้าสด	93
ค.49 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ เต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง ของผู้ป่วยเฝ้าแห้ง	94
ค.50 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสีแบบเต็มผู้ป่วยเฝ้าสด	95
ค.51 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นรส แบบเต็มผู้ป่วยเฝ้าสด	96
ค.52 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัสแบบเต็มผู้ป่วยเฝ้าสด	97
ค.53 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านการยอมรับแบบเต็มผู้ป่วยเฝ้าสด	98
ค.54 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสีแบบเต็มผู้ป่วยเฝ้าแห้ง	99
ค.55 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นรสแบบเต็มผู้ป่วยเฝ้าแห้ง	100
ค.56 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัสแบบเต็มผู้ป่วยเฝ้าแห้ง	101
ค.57 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านการยอมรับแบบเต็มผู้ป่วยเฝ้าแห้ง	102

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ผักปวยเล้ง	4
2.2 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์เอ และ บี	5
2.3 แสดงการสลายตัวของคลอโรฟิลล์	6
2.4 การเปลี่ยนแปลงสีของคลอโรฟิลล์เมื่อถูกความร้อน	7
3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทอดกล้วยแขก	29
3.2 ขั้นตอนการทอดกล้วย	31
4.1 การเปรียบเทียบค่า (L*) ของสีของน้ำมันที่ได้จากการทดลองของน้ำมันที่ไม่เติมปวยเล้ง และเติมปวยเล้งสด แห้ง ที่ระดับต่างๆ	35
4.2 การเปรียบเทียบค่า (a*) ของสีของน้ำมันที่ได้จากการทดลองของน้ำมันที่ไม่เติมปวยเล้ง และเติมปวยเล้งสด แห้ง ที่ระดับต่างๆ	36
4.3 การเปรียบเทียบค่า (b*) ของสีของน้ำมันที่ได้จากการทดลองของน้ำมันที่ไม่เติมปวยเล้ง และเติมปวยเล้งสด แห้ง ที่ระดับต่างๆ	37
4.4 การเปรียบเทียบค่า P.V ของน้ำมันที่เติมปวยเล้งสดและแห้งแล้วทำการทอดจำนวน 4 ครั้ง	38
4.5 การเปรียบเทียบ ค่า A.V ของน้ำมันที่เติมปวยเล้งทั้งสดและแห้งแล้วทำการทอดจำนวน 4 ครั้ง	42
4.6 การเปรียบเทียบค่า Free Fatty Acid ของน้ำมันที่เติมปวยเล้งทั้งสดและแห้งแล้วทำการทอดจำนวน 4 ครั้ง	42
4.7 การเปรียบเทียบค่า Thiobarbituric Acid ของน้ำมันที่ไม่เติมปวยเล้งและเติมปวยเล้งทั้งสดและแห้ง	43
4.8 การเปรียบเทียบค่า Acid Value (AV) การเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้ง โดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง	44
4.9 การเปรียบเทียบค่า Peroxide Value (PV) การเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้ง โดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง	45
4.10 การเปรียบเทียบ ค่า Free Fatty Acid (FFA) การเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้ง โดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.11 การเปรียบเทียบ ค่า Thiobarbituric Acid (TBA)การเติมปวยเล้งสด และปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เวน 1 ครั้ง	47
4.12 การเปรียบเทียบค่า ความหนืดของการเติมปวยเล้งทั้งสดและแห้ง โดยทำการเติม 1 ครั้ง เวน 1 ครั้ง	48
4.13 การเปรียบเทียบค่าสี (L^* , a^* , b^*) การเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้ง โดยทำการเติม 1 ครั้ง เวน 1 ครั้ง	49
ภาพผนวกที่	
ก.1 แสดงเครื่องวัดสี (Hunter lab รุ่น CQX 2934)	64
ก.2 เครื่องวัดความหนืด (Viscometer)	66
ก.3 เครื่องวัดค่าความดูดกลืนแสง (Spectrophotometer Series 7000)	66

บทที่ 1

บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารทอด เช่น ก๋วยเตี๋ยว ลูกชิ้น ปาท่องโก๋ โดนัท ไก่ทอด หมูทอด เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมบริโภคทั่วไปทั้งอาหารว่างและอาหารเช้า โดยมีลักษณะการแปรรูปคือ การทอดในน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูง และใช้น้ำมันในปริมาณมาก ซึ่งผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะใช้น้ำมันทอดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อลดต้นทุนในการที่ใช้ทอดในแต่ละครั้งซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมัน และส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคทำให้ผู้บริโภคได้รับอันตราย จากสารที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งโดยมีสาเหตุเกิดจากการใช้อุณหภูมิที่สูงในการทอด ปริมาณของกรดไขมันอิสระเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาโพลีไซส์ มีผลทำให้อนุมูลที่เกิดขึ้นและแรงดึงผิวของน้ำมันลดต่ำลงด้วย และน้ำมันจะเกิดควันได้ง่ายขณะทอดอาหาร เช่น การทอดโดนัทจะได้โดนัทที่มีผิวคล้ำ ผิวแตก และดูดน้ำมันไว้มาก ทำให้โดนัทหรืออาหารที่ใช้ทอดนั้นมีคุณภาพต่ำ มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงและไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน มากกว่าที่อยู่ในรูปเอส-เทอร์กับกลีเซอรอล (นิธิยา, 2549) แนวทางในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ การเติมวิตามินอี ที่ได้จากพืชหรือสารสังเคราะห์ ได้แก่ บิวทิลเลทเตด ไฮดรอกซีอะนิโซล(BHA) บิวทิลเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอิน (BHT) และโพรพิล แกลแลท (PG) เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำผักปวยเล้งมาใช้ยับยั้งปฏิกิริยา ออกซิเดชันในน้ำมัน เนื่องจากมีส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ 596 mg/100g เบต้า-แคโรทีน 42.86mg/100g และ ลิวทีน30.99mg/100g (Kim *et al.* , 2003) อยู่ในปริมาณสูงและหาซื้อได้ง่ายและยังมีราคาไม่แพงอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผักปวยเล้งในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันทอดอาหาร
2. เพื่อศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ทอดในน้ำมันที่เติมผักปวยเล้ง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อยับยั้งปฏิกิริยา ออกซิเดชันในน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร โดยใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ
2. เป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากผักปวยเล้ง
3. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
Nakhon Sawan Rajabhat University

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปวยเล้ง (spinach)

ปวยเล้ง เป็นผักที่คนจีนนิยมรับประทานมานาน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 647 สมัยราชวงศ์ถัง แต่ประเทศจีนก็มีใช้ถิ่นกำเนิดของปวยเล้ง ซึ่งแต่เดิมนั้นเป็นผักของเปอร์เซียหรืออิหร่าน ตามตำนานกล่าวว่ากษัตริย์แห่งเนปาล เป็นผู้นำเข้ามาถวายจักรพรรดิจีนเป็นครั้งแรก และต่อมาได้รับความนิยมปลูกกันแพร่หลาย ชื่อภาษาจีนว่า “ปวยเล้ง” หรือ poh ts, ai แปลว่า ผักจากเปอร์เซีย และในตะวันตกสมัยศตวรรษที่ 18 สปีแนชมีชื่อเป็นผักเสริมสุขภาพ เพราะมีธาตุเหล็กและวิตามินสูง แต่ก็ยังไม่แพร่หลายกันมากนัก จนกระทั่งการ์ตูน Popeye the Sailor ออกเผยแพร่ในปี ค.ศ. 1929 ตั้งแต่นั้นมาปวยเล้งก็กลายเป็นอาหารยอดนิยมอันดับสามของเด็ก ๆ อเมริกันรองจากไก่วงและไอศกรีม

ปวยเล้ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *spinacin oleraces linn* มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย โดยเป็นผักพื้นเมืองของประเทศอิหร่าน เป็นพืชล้มลุก ลำต้นเป็นกอ ใบใหญ่หนาสีเขียวเข้ม ขอบใบหยักเล็กน้อย ปลายใบค่อนข้างมน ได้ใบมีขนอ่อน ปลูกได้ดีในพื้นที่เย็น มีคุณค่าทางอาหารคือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก เบต้าแคโรทีน วิตามินซี โดยรับประทานได้ทั้งต้นและใบ และลำต้นนำมาปรุงอาหารได้หลายชนิดให้ผลผลิตมากในฤดูหนาว ปลูกได้ตลอดปีบนภูเขาภาคเหนือ ปวยเล้งเติบโตเร็วและอายุสั้นระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 30 วัน สรรพคุณปวยเล้งทำให้สายตาดี ผิวพรรณผุดผ่อง บำรุงกระดูกให้แข็งแรง ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (มูลนิธิโตโยต้าประเทศไทยและสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2545)

หลักฐานทางพฤกษศาสตร์ยืนยันว่าสปีแนชมีจุดกำเนิดในเปอร์เซียโดยเรียกว่า แอสปานักห์ (aspanakh) ต่อมาชาวอาหรับนิยมกินกันมาก ถึงกับแต่งตั้งให้เป็น “เจ้าชายแห่งผัก” และนำติดกายไปด้วย ในคราวยกทัพบุกสเปนในศตวรรษที่ 11 นับตั้งแต่มาสเปนกลายเป็นศูนย์กลางการปลูกผักสปีแนช และแพร่หลายไปทั่วทั้งภูมิภาคยุโรป ขณะเดียวกันชื่ออารบิกก็พลายเรียกเพี้ยนไปเป็นคำละตินว่า *spinachia* และเป็นอังกฤษว่า *spinach* ในศตวรรษที่ 14 (ทวิทอง, 2545)

ปัจจุบันวงการโภชนาการก็ยังให้ปวยเล้งเป็นผักสุขภาพชั้นดี นอกจากทำอาหารอร่อยแล้วยังมีวิตามินสูงมากเป็นพิเศษ โดยเฉพาะวิตามินบี 2 กรดโฟลิกและวิตามินซีนอกจากนั้น

ยังมีเบต้าแคโรทีนบำรุงสายตา ผิวพรรณผุดผ่อง ปวยเล้งมีกรดโฟลิกมากเป็นพิเศษ ปริมาณหนึ่งถ้วยมีโฟลิกมากถึง 200 ไมโครกรัม ผลการวิจัยพบว่าทางร่างกายมีกรดโฟลิกน้อยเกินไปจะทำให้เป็นโรคซึมเศร้าและประสาทหลอน เพราะโฟลิกจำเป็นในการสร้างสารซีโรโทนิน (serotonin) ในระบบเซลล์ประสาท คนที่ขาดโฟลิกมักจะมีปัญหานอนไม่หลับ จี๊ดๆ และโกรธง่าย อย่างไรก็ตามวิตามินเหล่านี้อาจสูญเสียไปได้ หากผักถูกปรุงให้สุกด้วยความร้อนมากเกินไปหรือละลายไปกับน้ำในขั้นตอนการเตรียมและปรุงอาหาร นอกจากนั้น ปวยเล้งยังมีธาตุเหล็ก โพแทสเซียม และแคลเซียมในปริมาณสูง (ทวีทอง, 2545)



ภาพที่ 2.1 ผักปวยเล้ง

ที่มา : ระพีพรรณ (2545)

2.2 คลอโรฟิลล์

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียวที่พบในพืช โดยเฉพาะผักใบเขียวและผักผลไม้ดิบบางชนิด คลอโรฟิลล์มีหน้าที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นกระบวนการที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช คลอโรฟิลล์ที่พบในพืชมี 2 ชนิด คือ คลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บี และยังมีคลอโรฟิลล์อีก 3 ชนิดที่พบในแบคทีเรียและสาหร่าย เช่น คลอโรฟิลล์ซีและคลอโรฟิลล์ดี สำหรับคลอโรฟิลล์ที่พบในพืชสีเขียวชั้นสูงจะมีอัตราส่วนของคลอโรฟิลล์เอต่อคลอโรฟิลล์บี ประมาณ 3 : 1 และพบอยู่ใน พลาสติด เรียกว่า คลอโรพลาสต์ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยย่อย

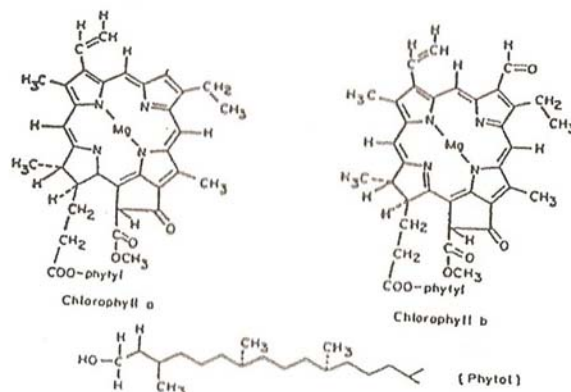
เล็ก ๆ เรียกว่า กวานา (grana) และโครงสร้างของกรานาจะประกอบด้วยลามลลา (lamellae) โดยมีคลอโรฟิลล์โมเลกุลฝังตัวอยู่ที่ลามลลา และเกาะตัวอยู่กับลิพิด โปรตีน และไลโปโปรตีน

คลอโรฟิลล์เอมีสูตรโครงสร้างเป็นเตตระไพโรล ซึ่งวงแหวนเพอร์ไฟรินอยู่ในรูป ไดไฮโดรและมีแมกนีเซียมอะตอมอยู่ตรงกลางโมเลกุล และมีหมู่เมทิลที่ตำแหน่ง 1, 3, 5 และ 8 มีหมู่ไวนิล (vinyl) ที่ตำแหน่ง 2 หมู่เอทิลที่ตำแหน่ง 4 หมู่โพรพิโอเนต (propionate) ที่ตำแหน่ง 7 ถูกเอสเทอร์ไฟด์ด้วยไฟตอลแอลกอฮอล์ (phytyl alcohol) มีหมู่คีโต (keto) ที่ตำแหน่ง 9 และมีหมู่คาร์โบเมทอกซี (carboxymethoxy) ที่ตำแหน่ง 10 ทำให้คลอโรฟิลล์เอมีสูตรโมเลกุล $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$

คลอโรฟิลล์บีมีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายคลอโรฟิลล์เอมาก ยกเว้นที่ตำแหน่ง 3 ซึ่งในคลอโรฟิลล์เอเป็นหมู่เมทิล แต่คลอโรฟิลล์บีเป็นหมู่ฟอร์มิล (formyl) และมีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$

สำหรับไฟตอลแอลกอฮอล์หรือไฟตอล (phytol) เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่มีจำนวนคาร์บอน 20 อะตอม มีโครงสร้างเป็นไอโซพรีนอยด์ (isoprenoid)

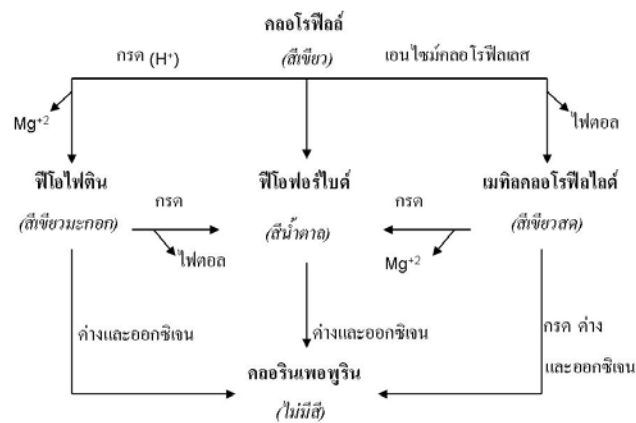
ในระหว่างกระบวนการแปรรูปพืชผักที่มีสีเขียวโดยใช้ความร้อน จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา pheophytinization คือ แมกนีเซียมไอออนจะถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจนอะตอม ทำให้คลอโรฟิลล์ถูกเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) จึงเป็นการสูญเสียแร่ธาตุแมกนีเซียมออกไปจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ สีเขียวของพืชจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (olive - brown) ของฟีโอไฟติน



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์เอ และ บี

ที่มา : นิธิยา (2545)

นอกจากนั้นคลอโรฟิลล์ยังอาจเปลี่ยนเป็นคลอโรฟิลไลด์ (chlorophyllide) ได้โดยอาศัยเอนไซม์คลอโรฟิลเลส เกิดการสูญเสียหมู่ไฟตอลออกไปจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ทำให้คลอโรฟิลไลด์ละลายในน้ำได้ดีกว่าคลอโรฟิลล์ แผนภูมิการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ดังนี้



ภาพที่ 2.3 ภาพแสดงการสลายตัวของคลอโรฟิลล์

ที่มา : นิธิยา (2545)

2.2.1 ประเภทของคลอโรฟิลล์

ฟีโอไฟตินเอ คือ คลอโรฟิลล์ที่ไม่มีแมกนีเซียม

ฟีโอไฟตินบี คือ คลอโรฟิลล์บีที่ไม่มีแมกนีเซียม

คลอโรฟิลไลด์เอ คือ คลอโรฟิลล์เอที่ไม่มีหมู่ไฟตอล

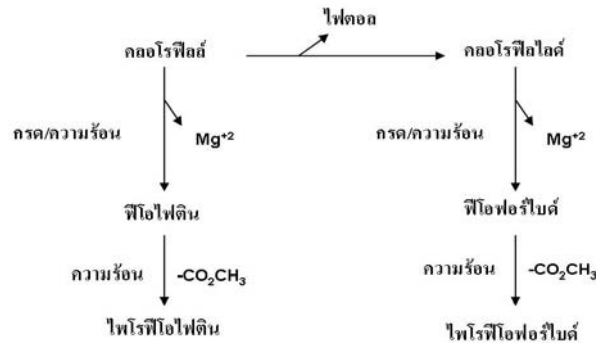
คลอโรฟิลไลด์บี คือ คลอโรฟิลล์บีที่ไม่มีหมู่ไฟตอล

ฟีโอฟอร์ไบด์เอ คือ คลอโรฟิลล์เอที่ไม่มีแมกนีเซียม

ฟีโอฟอร์ไบด์บี คือ คลอโรฟิลล์บีที่ไม่มีแมกนีเซียม

ไฟโรฟีโอไฟตินเอหรือบี คือ ฟีโอไฟตินที่ไม่มีหมู่คาร์โบเมทอกซี ($-\text{CO}_2\text{CH}_3$)

ที่คาร์บอนตำแหน่ง 10



ภาพที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงสีของคลอโรฟิลล์เมื่อถูกความร้อน

ที่มา : นิธิยา (2545)

คลอโรฟิลล์เอและฟีโอไฟตินเอไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ เบนซีน และอะซิโตน ถ้าสารทั้งสองเป็นสารบริสุทธิ์จะละลายได้เล็กน้อยในปิโคเลียมอีเทอร์

คลอโรฟิลล์บีและฟีโอไฟตินบี ละลายในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ แอซิโตน และ เบนซีน ถ้าเป็นสารบริสุทธิ์จะไม่ละลายในน้ำและปิโคเลียมอีเทอร์ สำหรับคลอโรฟิลไลด์และ ฟีโอฟอร์ไบด์ซึ่งไม่มีหมู่ไฟโตลจะละลายได้ในน้ำ แต่ไม่ละลายในไขมัน

ในธรรมชาติคลอโรฟิลล์จะสลายตัวหายไปเมื่อใบไม้แก่และเริ่มร่วงหล่น ทำให้ ใบไม้เปลี่ยนเป็นสีเหลือง เช่นเดียวกับผลไม้บางชนิดขณะที่ผลดิบมีสีเขียว และเมื่อผลไม้เริ่มสุกสี เขียวของคลอโรฟิลล์จะค่อย ๆ สลายตัวจางหายไป และมีการสังเคราะห์สีเหลืองและสีแดงของ แคโรทีนอยด์ หรือแอนโทไซยานินขึ้นมาแทนที่

ปฏิกิริยาของกรดต่อคลอโรฟิลล์มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะในผลไม้ที่มีความ เป็นกรดสูง อย่างไรก็ตาม คลอโรฟิลล์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในเนื้อเยื่อพืชจะรวมอยู่กับ ลิโปโปรตีนทำให้ช่วยป้องกันการถูกทำลายด้วยกรดได้ แต่การใช้ความร้อนจะทำให้โปรตีนเสีย สภาพธรรมชาติและความสามารถในการป้องกันปฏิกิริยาจากกรดจะลดลงด้วย

2.2.2 ผลของกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา

ผักและผลไม้ที่มีสีเขียว เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน สีเขียวของ คลอโรฟิลล์จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวน้ำตาลของฟีโอไฟตินอย่างรวดเร็ว และเมื่อนำไปเก็บรักษาสีจะ เปลี่ยนแปลงมากขึ้น อัตราของการเปลี่ยนสีของคลอโรฟิลล์ ขึ้นกับปริมาณกรดที่เกิดขึ้นใน

กระบวนการแปรรูปอาหารด้วย และคลอโรฟิลล์จะเปลี่ยนเป็นฟิโอฟิตินเร็วว่าคลอโรฟิลล์
ไปเป็นฟิโอฟิตินปีประมาณ 5-10 เท่า

คลอโรฟิลล์ $\longrightarrow$ ฟิโอฟิติน $\longrightarrow$ ฟิโอฟิโอฟิติน

การแช่เยือกแข็งก็มีผลต่อการเปลี่ยนสีของพืชผักที่มีสีเขียว ปัจจัยที่สำคัญ คือ ระยะเวลา
และอุณหภูมิที่ใช้ในการลวก ควรใช้ความร้อนสูงและระยะเวลาสั้นในระหว่างกระบวนการทำผัก
แห้ง คลอโรฟิลล์จะเปลี่ยนเป็นฟิโอฟิตินได้เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงนี้ยังขึ้นอยู่กับ degree
of blanching ก่อนที่จะนำผักไปทำแห้งด้วย

การเก็บรักษาก็มีผลทำให้เกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เช่น ผักแห้งที่บรรจุในภาชนะ
ใสเกิดโฟโตออกซิเดชัน (photooxidation) มีการสูญเสียรงควัตถุทำให้สีเปลี่ยนไปได้ ถ้าผัก
แห้งมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.32 จะทำให้คลอโรฟิลล์ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นฟิโอฟิตินได้

2.3 คุณสมบัติของไขมันและน้ำมัน

2.3.1 สมบัติทางกายภาพ

สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน จะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อกรดไขมัน
ที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ชนิดต่าง ๆ ที่ประกอบกันด้วยไขมันและน้ำมัน
นั้นจึงใช้ประโยชน์ของสมบัติทางกายภาพในการจำแนกและชี้บ่งชนิดของไขมันและน้ำมัน
รวมทั้งการนำไขมันและน้ำมันไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ก็จะพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพด้วย
สมบัติของไขมันและน้ำมันได้แก่

1. จุดหลอมเหลว (Melting point) คือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็ง
กลายเป็นของเหลวจนหมด ไขมันส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวเป็นช่วงอุณหภูมิ ซึ่งจะเป็นช่วงกว้าง
หรือแคบ ขึ้นอยู่กับชนิดของไตรกลีเซอไรด์ ที่เป็นส่วนประกอบของไขมัน เช่น ไขมันที่
ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ชนิดเดียวทั้งหมดจะมีจุดหลอมเหลวที่แน่นอน จุดหลอมเหลวของ
ไขมันและน้ำมันจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบใน
โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์

เมื่อนำไขมันมาทำให้ร้อนโดยการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้า ๆ ไขมันจะค่อย ๆ หลอมตัว
กลายเป็นของเหลว เมื่อทำให้เย็นลงจะกลายเป็นของแข็งตามเดิม และทำให้หลอมเหลวใหม่อีก
ครั้งหนึ่ง อุณหภูมิที่ทำให้หลอมเหลวจะสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ทำให้ไขมันเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วแล้ว
นำไปหลอมใหม่ ไขมันจะหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่าครั้งแรก จุดหลอมเหลวของไขมันและ
น้ำมันชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

2. จุดแข็งตัว (Solidifying point) คือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันหรือน้ำมันกลายเป็นของแข็ง อุณหภูมิที่น้ำมันเริ่มแข็งตัวเป็นของแข็ง เรียกว่าเกิด Solidification และเรียกจุดนี้ว่า Solidifying point อุณหภูมินี้มักจะต่ำกว่าจุดของเหลว 2-3 องศาเซลเซียส ไขมันหรือน้ำมันที่ประกอบด้วย ไตรกลีเซอไรด์หลาย ๆ ชนิดผสมกัน จุดแข็งตัวจะเป็นช่วงกว้าง เมื่อนำน้ำมันหรือไขมันมา ไฮโดรไลซิสด้วยด่างจนได้เป็นกรดไขมัน เมื่อปล่อยให้เย็นลง อุณหภูมิที่กรดไขมันเริ่มแข็งตัว เป็นผลึกเรียกว่า titer ไขมันและน้ำมันแต่ละชนิดมี titer แตกต่างกัน

3. การละลาย (Solubility) ไขมันและน้ำมันทุกชนิดไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัว ทำละลายไขมัน ได้แก่ ปีโตรเลียมอีเทอร์ เฮกเซน ไดเอทิลอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม อะซิโตน เบนซีน เอทิลแอลกอฮอล์ คาร์บอนไดซัลไฟด์ ซิโคลเฮกเซน และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ พวก ที่เป็น unsymmetrical mixed triglycerides ละลายได้ดีกว่าพวกที่เป็น unsymmetrical triglycerides การละลายของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในตัวทำละลายที่มีสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก มาก ขึ้นและเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อโมเลกุลของกรดไขมันมีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น แต่การละลาย ของกรดไขมันจะลดลงในตัวทำละลายชนิดไฮโดรฟิลิก

4. ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ความถ่วงจำเพาะของไขมันหรือน้ำมัน นิยมวัดที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ยกเว้นกรณีที่ไขมันเป็นของแข็งและมีจุดหลอมเหลวสูง อาจวัดที่ อุณหภูมิ 40 หรือ 60 องศาเซลเซียส ไขมันหรือน้ำมันที่มีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรด ไขมันเพิ่มขึ้น หรือมีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น จะทำให้ความถ่วงจำเพาะของไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้น ด้วย ไขมันที่อยู่ในสภาพของของแข็งจะมีค่าความหนาแน่น หรือความถ่วงจำเพาะแตกต่างไปจาก เมื่อได้รับความร้อน แล้วหลอมตัวกลายเป็นของเหลว เพราะขณะที่เป็นของเหลวจะมีปริมาณ เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ

ชนิดของไขมันและน้ำมัน	จุดหลอมเหลว (°C)	Titer (°C)	ความถ่วงจำเพาะ (25°C)	การหักเหของแสง (25°C)
ไข่แกะ	44-51	43-48	0.857-0.860	1.454-1.458
ไข่วัว	40-48	40-47	0.860-0.870	1.454-1.458
เนย	28-36	33-38	0.865-0.870	1.453-1.456
โคต้าบัตเตอร์	28-36	45-50	0.990-0.998	1.453-1.458
น้ำมันมะพร้าว	23-28	20-24	0.917-0.919	1.448-1.450
น้ำมันข้าวโพด	-10 ถึง -12	14-20	0.922-0.926	1.470-1.474
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	-2 ถึง +2	31-37	0.916-0.918	1.463-1.470
น้ำมันหมู	33-46	34-42	0.585-0.864	1.459-1.461
น้ำมันลินสีด	-16 ถึง -25	19-21	0.931-0.938	1.477-1.482
น้ำมันมะกอก	-3 ถึง 0	17-26	0.909-0.915	1.466-1.468
น้ำมันปาล์มเคอเนล	24-28	20-28	0.680-0.873	1.449-1.452
น้ำมันปาล์ม	27-50	40-47	0.921-0.925	1.453-1.456
น้ำมันถั่วลิสง	-2	26-32	0.917-0.921	1.467-1.470
น้ำมันงา	-4 ถึง 0	20-25	0.920-0.926	1.470-1.474
น้ำมันถั่วเหลือง	-20 ถึง -23	20-21	0.924-0.928	1.474-1.476
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	-16 ถึง -18	16-20	0.922-0.926	1.472-1.474
น้ำมันปลา	-	22-24	0.917-0.927	1.470-1.477

ที่มา : นิธิยา (2545)

5. การหักเหของแสง (Refractive index) เป็นการวัดองศาการหักเหของลำแสงที่เกิดขึ้นเมื่อให้แสงผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง เช่น การหักเหของแสงจากอากาศผ่านทะเลหรือน้ำมันตัวอย่าง จะเกิดการหักเหของแสงที่วัดเป็นองศาได้ ค่าการหักเหของแสงมีประโยชน์ในการชี้บ่งและตรวจสอบชนิด คุณภาพ และค่าความบริสุทธิ์ของไขมันและน้ำมัน การวัดค่าการหักเหของแสงนิยมวัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ถ้าไขมันมีจุดหลอมเหลวสูงจะวัดที่อุณหภูมิ 40 หรือ 60 องศาเซลเซียส ค่าการหักเหของแสงของไขมันและน้ำมันชนิดต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับความยาวของสายคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมัน

6. ความหนืด (Viscosity) ความหนืดของไขมันและน้ำมันเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบระบบการถ่ายไขมันและน้ำมัน ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนคาร์บอนใน

โมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้น ความหนืดจะลดลงเมื่อจำนวนพันธะคู่ของกรดไขมันเพิ่มขึ้นและเมื่ออุณหภูมิของไขมันและน้ำมันเพิ่ม

7. Smoke point , Flash point และ Fire point

Smoke point คือ อุณหภูมิที่ไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนจนเกิดเป็นควันขึ้น

Flash point คือ อุณหภูมิที่ไขมันและน้ำมันกลายเป็นไอแล้วรวมตัวกับอากาศเกิดการติดไฟ

Fire point คือ อุณหภูมิที่ไขมันหรือน้ำมันเกิดการเผาไหม้

Smoke point หรือ จุดที่เป็นควันของไขมันและน้ำมัน เป็นสมบัติที่สำคัญของไขมันและน้ำมัน ในการจะนำไปใช้ทอดอาหาร น้ำมันหรือไขมันสำหรับทอดอาหารที่ดีต้องทนความร้อนไม่สลายตัวเป็นควันที่อุณหภูมิต่ำเพราะถ้าเกิดควันในขณะทอดจะทำให้อาหารมีกลิ่นควันติดไปด้วยจุดที่เป็นควันของน้ำมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน

8. สี (Colour) สีเป็นตัวชี้บ่งคุณภาพของน้ำมันได้ และน้ำมันแต่ละชนิดจะมีสีที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับรงควัตถุที่มีปนอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาสกัดไขมัน และวิธีการกำจัดโดยวิธีการฟอกสี น้ำมันที่มีสีเหลืองอ่อนจะมีคุณภาพดีกว่าสีเหลืองเข้ม หากรงควัตถุธรรมชาติของน้ำมันเป็นสารแคโรทีน ไม่ควรกำจัดออกเพราะจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับน้ำมัน

2.3.2 สมบัติทางเคมี

1. การไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ไขมันและน้ำมันถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรด ด่าง เอนไซม์ การไฮโดรไลซิสด้วยด่าง เรียกว่า Saponification ซึ่งจะได้เกลือของกรดไขมันเรียกว่า สบู่ ลิพิดถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่าง เรียกว่า Saponifiable matter เช่น ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด และ ชีผึ้ง ส่วนลิพิดที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่าง เรียกว่า Unsaponifiable matter เช่น ไฮโดรคาร์บอน และ สเตอรอล

Unsaponifiable matter หมายถึง สารที่ปนอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน ซึ่งเหลืออยู่ภายหลังการทำ Saponification ได้แก่สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน และสเตอรอล โดยปกติไขมันหรือน้ำมันจะมี Unsaponifiable matter ปนอยู่ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์

2. ฮาโลจิเนชัน (Halogenation) เป็นปฏิกิริยาการเติมสารพวกฮาโลเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของลิพิด ฮาโลเจนที่นิยม ใช้เป็นตัวชี้บ่งปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว คือ ไอโอดีน ค่าที่ได้เรียกว่า Iodine Number หรือ Iodine Value (I.N. หรือ I.V.)

น้ำมันพืชที่มีค่า I.N. สูง ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ปริมาณมากนั้น
 จึงจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงด้วย เพราะน้ำมันที่มีค่า I.N. สูงจะมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่
 อิ่มตัวมากซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย

3. ไฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation) เป็นปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกรีเซอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำมันและไขมัน โดยใช้นิกเกิลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอาจเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Hardening เป็นปฏิกิริยาที่นิยมใช้มากในอุตสาหกรรมอาหารประเภทไขมัน เช่นการทำเนยเทียมและเนยขาว



การทำไฮโดรจิเนชันจะทำให้ไขมันซึ่งเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องเปลี่ยนเป็นของแข็งและมีความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน

4. การหืน (Rancidity) การหืนเป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมัน ทำให้มีกลิ่นผิดปกติและคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพเปลี่ยนไป การหืนเกิดขึ้นได้ 3 แบบ ดังนี้

4.1 Lipolysis เป็นปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสที่พันธะเอสเทอร์ในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ หรือลิพิดด้วยเอนไซม์ไลเปส ความร้อน กรด ต่าง และความชื้น หรือปฏิกิริยาทางเคมีใด ๆ ก็ตาม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ลิโพลซิส หรือ lypolytic rancidity หรือ hydrolytic rancidity

hydrolytic rancidity เป็นการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสของไขมันและน้ำมันด้วยเอนไซม์ไลเปสและความชื้น ทำให้ไขมันและน้ำมันเกิดการสลายตัวเป็นกรดไขมันอิสระ โดยเฉพาะกรดไขมันอิสระที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีจำนวนคาร์บอน 4-12 อะตอมจะมีกลิ่นเหม็นหืนมาก เช่น การหืนของน้ำมันมะพร้าว เนย และน้ำมันหมู เมื่อเกิดการหืนน้ำมันและไขมันจะมีกลิ่นและรสชาติเปลี่ยนไปและไขมันและน้ำมันบางชนิดเมื่อเกิด hydrolytic rancidity แล้วไม่ได้สังเกตได้ด้วยการดมกลิ่น หรือชิมรส ต้องตรวจวิเคราะห์วิธีทางเคมี คือ วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันที่เกิดขึ้น ค่าที่ได้เรียกว่า Acid Value (A.V.)

Acid Value (A.V.) ของไขมันหรือน้ำมัน คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือจำนวนน้ำมัน 1 กรัมเป็นกลางพอดี ซึ่งนิยมเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดโอเลอิก ดังนั้นค่า A.V. สูง จะเป็นตัวชี้บ่งภาวะหรือระดับการหืนของไขมันและน้ำมัน ถ้าค่า A.V. สูง แสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมากแสดงว่าเกิดการหืนมาก

4.2 การหืนเนื่องจากออกซิเดชัน (Oxidative rancidity) เป็นการหืนที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (autoxidation) ที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็น Peroxide linkage ขึ้นระหว่างพันธะคู่ออกซิเดชันจะเกิดขึ้นเองแบบต่อเนื่องตลอดเวลาเมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ทำให้มีกลิ่นรสชาติผิดปกติการหืนด้วยปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นในอาหารที่มีไขมันและน้ำมันผสมอยู่ด้วยโดยเฉพาะในไขมันและน้ำมันที่ใช้ปรุงอาหารจะเกิดขึ้นมากที่สุด การมีโลหะ เช่น ทองแดง และตะกั่ว จะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็ว นอกจากนั้นแสงและความร้อนยังมีผลเป็นช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย

ไขมันและน้ำมันที่เกิดการหืนเนื่องจากการหืนจากออกซิเดชัน จะมีค่า I.N. ต่ำลง การตรวจวิเคราะห์ว่าไขมันและน้ำมันเกิดการหืนเนื่องจากออกซิเดชันมากน้อยเพียงใด ทำได้โดยการหาค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide Value หรือ P.V.) คือ การหาปริมาณสารเพอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นในน้ำมันหรือไขมัน

Peroxide Value (P.V.) หมายถึง จำนวนมิลลิตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.002 นอร์มัล ที่ใช้ในการไตเตรตน้ำมันหรือไขมัน 1 กรัม หรือ หมายถึงจำนวนมิลลิสมมูลของเพอร์ออกไซด์ออกซิเจน (Peroxide Oxygen) ที่มีน้ำมัน 1 กิโลกรัม ถ้าค่า P.V. สูง แสดงว่าน้ำมันหรือไขมันเกิดการหืนเนื่องจากออกซิเดชันมาก และค่า I.N. ค่าที่วิเคราะห์ได้จะต่ำกว่าค่าที่เป็นจริง

4.3 Ketonic rancidity เป็นการเกิดปฏิกิริยา enzymatic oxidation ที่โมเลกุลของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว ได้เป็นสารประกอบจำพวกคีโตน

5. Reichert Meissl Number (R.M.N.) เป็นการวัดปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้และละลายได้ในน้ำซึ่งเป็กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 4-6 อะตอม

R.M.N. หมายถึงจำนวนมิลลิตรของสารละลายด่าง เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันที่ระเหยได้และละลายในน้ำได้ซึ่งกลั่นออกมาจากไขมันหรือน้ำมัน จำนวน 5 กรัม เป็นกลางพอดี

6. polenske Number (P.N.) เป็นการวัดปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้และไม่ละลายในน้ำ ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลระหว่าง 8-14 อะตอม ได้แก่ กรดคาพริก กรดคาพริก ลอริก และไมริสติก ตามลำดับ

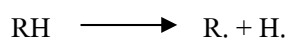
P.N หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันที่ระเหยได้แต่ไม่ละลายในน้ำ ซึ่งกลั่นออกมาจากไขมันหรือน้ำมัน จำนวน 5 กรัม เป็นกลางพอดี

2.3.3 กลไกการเกิดออกซิเดชัน (Mechanism of oxidation)

การเกิดออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอิสระหรือที่เป็นองค์ประกอบประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในลิพิดหรืออาหาร ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ (deterioration) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่องเมื่อลิพิดหรืออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (free-radical chain reaction) ซึ่งมีกลไกการเกิดได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

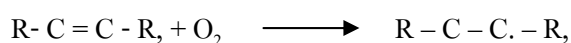
1. Initiation เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical)
2. Propagation เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ
3. Termination เป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่ทำให้โปรดักต์ที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระ (non-redical products)

ปฏิกิริยาเริ่มต้นของออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) โดยไฮโดรคาร์บอนตรงตำแหน่งพันธะคู่สูญเสียไฮโดรเจนอะตอมทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ

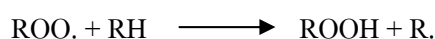
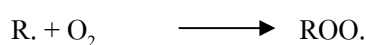


กรดไขมัน อนุมูลอิสระ

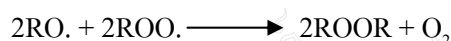
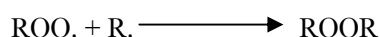
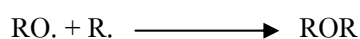
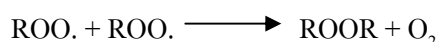
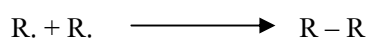
และออกซิเจนจะเข้าทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่เกิดเป็น diradical ดังนั้น



หลังจากนั้นก็เกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจนต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ

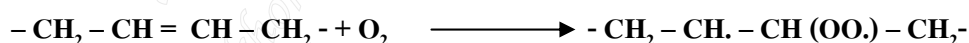


ได้เป็นอนุมูลเพอร์ออกซี (ROO.) ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (ROOH) และอนุมูลไฮดรคาร์บอน (R.) อนุมูลที่เกิดขึ้นใหม่นี้ก็จะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนต่อไป และเมื่อใดที่อนุมูลอิสระมาทำปฏิกิริยากันเองจะเกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ ปฏิกิริยาจะหยุดลง ตัวอย่างเช่น



เมื่อไม่มีอนุมูลอิสระเหลือสำหรับทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนแล้ว หากยังมีออกซิเจนมากพออยู่ ก็จะเริ่มต้นเกิดปฏิกิริยาขั้นที่ 1 (initiation reaction) เพื่อให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระได้ใหม่ ปฏิกิริยาเริ่มต้นนี้น่าสนใจมาก เพราะเป็นปฏิกิริยาที่ใช้พลังงานในการทำลายพันธะระหว่างคาร์บอนและไฮโดรเจน ปริมาณพลังงานที่ใช้ประมาณ 35 กิโลแคลอรี หรือ 146 กิโลจูลต่อโมล และยังต้องใช้พลังงานอีกจำนวนหนึ่ง ซึ่งน้อยกว่าพลังงานที่ใช้ในการเติมออกซิเจนเข้าไปในพันธะคู่ เพื่อให้เกิดเป็น diradical อย่างไรก็ตาม พลังงานที่ใช้จะลดน้อยลงในภาวะ ที่มีโลหะเอนไซม์ หรือแสงเร่งช่วยให้เกิดโฟโตออกซิเดชัน (photooxidation)

ตัวอย่างปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมีดังนี้



2.4 สารต้านออกซิเดชัน

สารต้านออกซิเดชัน วิธีการป้องกันไม่ให้เกิดการหืนเนื่องจากการออกซิเดชันสามารถทำได้โดยการใช้สารกันหืนหรือสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งหมายถึง สารที่สามารถชะลอจุดเริ่มต้น หรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือออกซิเดชันของไขมันได้อย่างช้า ๆ สารต้านออกซิเดชันมีทั้งสารธรรมชาติและเป็นสารสังเคราะห์ การใช้สารต้านออกซิเดชันเติมลงในอาหาร จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคด้วย ตัวอย่างของสารต้านออกซิเดชันที่ใช้สำหรับน้ำมันและอาหารที่มีน้ำมัน ได้แก่ วิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชันธรรมชาติที่พบในน้ำมันพืช บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน (BHT) และบิวทิลไฮดรอกซีแอนิโซล (BHA) และบิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน (BHT) เติมลงในไขมัน น้ำมัน หรืออาหารจะช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชันได้

2.4.1 การเกิดออกซิเดชันของไขมันชนิดไม่อิ่มตัว

ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว จะเกิดขึ้นภายหลังการเกิด Initiation แล้ว และปฏิกิริยาจะเกิดอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระต่าง ๆ เช่น หากมีการเติมออกเจนจะทำให้เกิดอนุมูลพอร์ออกซิ (ROO.) ซึ่งเมื่อไปดึงเอาไฮโดรเจนมาจากโมเลกุลของกรดไขมันโมเลกุลใหม่ ก็จะทำให้ได้ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (ROOH) และเกิดอนุมูลอิสระขึ้นใหม่ (R.) R. ที่เกิดขึ้นใหม่นี้ก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนใหม่ และจะทำปฏิกิริยาจะเกิดวนเวียนซ้ำ ๆ ไปเช่นนี้เรื่อยไป

2.4.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดลิพิดออกซิเดชันในอาหาร

เนื่องจากลิพิดที่อยู่ในอาหารมีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันชนิดต่าง ๆ มากมายซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ รวมทั้งความไวต่อการเกิดออกซิเดชัน นอกจากนั้นส่วนประกอบอื่น ๆ ในอาหารทำหน้าที่เร่งออกซิไดส์ (oxidize) หรือทำปฏิกิริยากับลิพิดที่ถูกออกซิไดส์แล้ว หรือโปรคักต์ที่เกิดจากการออกซิเดชัน ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของลิพิด จึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและค่อนข้างสลับซับซ้อน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดลิพิดออกซิเดชัน ดังนี้

1. ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากชนิดของกรดไขมันในโมเลกุลของไขมันและน้ำมันที่มีผลกระทบต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้นที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และอัตราการเกิดจะแตกต่างกัน กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากจะเกิดได้เร็วกว่า

2. กรดไขมันอิสระ กรดไขมันที่อยู่ในรูปอิสระจะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายกว่าที่อยู่ในรูปเอสเทอร์กับกลีเซอรอล

3. ความเข้มข้นของออกซิเจน ในสภาวะที่มีออกซิเจนมาก อัตราการเกิดออกซิเดชันจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน แต่ที่มีออกซิเจนน้อยอัตราการเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับการออกซิเจน ยังขึ้นอยู่กับการปัจจัยอื่นด้วย เช่น อุณหภูมิและพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจน

4. อุณหภูมิ อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อความดันย่อยของออกซิเจนด้วย เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนความดันย่อยของออกซิเจนจะมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่ออัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชัน เพราะการละลายของออกซิเจนในลิพิดและน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

5. พื้นที่ผิว อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อพื้นที่ผิวของลิพิดที่สัมผัสกับอากาศ ดังนั้น หากอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรเพิ่มขึ้นการเกิดออกซิเดชันจะเร็วขึ้น

6. ความชื้น อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันขึ้นอยู่กับค่า a_w อาหารแห้งที่มีความชื้นต่ำมาก (a_w น้อยประมาณ 0.1) ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 0.3 จะยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิพิดให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด เมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 0.55-0.85 อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเกิดขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากมีปริมาณน้ำมากพอที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอะตอมและออกซิเจน

7. การเกิดอิมัลชัน ในอาหารที่เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ หydrophobic จะกระจายตัวอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ ออกซิเจนจะต้องแพร่กระจายผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำเข้าไปยังหdrophobic ผ่านชั้นระหว่างผิวของน้ำกับน้ำมัน ดังนั้นอัตราการเกิดออกซิเดชันจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ชนิดและความเข้มข้นของอิมัลซิไฟเอเจนต์ ขนาดของอนุภาคน้ำมัน พื้นที่ผิวของ interface ความหนืดของตัวกลางที่เป็นน้ำ ค่า pH และ ส่วนประกอบและ porosity ของตัวกลาง

8. Pro-Oxidants แร่ธาตุหรือโลหะบางชนิด เช่น โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และนิกเกิล มีสมบัติเป็น Pro-Oxidants ได้ ที่ความเข้มข้นต่ำเพียง 0.1 ส่วนต่อล้านส่วน ซึ่งจะเร่งอัตราการเกิดออกซิเดชัน แร่ธาตุหรือโลหะเหล่านี้ได้มาจากดินที่ปลูกพืช และปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันพืชหรือมาจากสัตว์ และอุปกรณ์โลหะที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปและเก็บรักษา

9. Radiant energy แสงและรังสีต่าง ๆ เช่น visible light แสงอินฟราเรด ไอโอเลต และแกมมาเรดิเอชัน มีผลช่วยเร่งให้เกิดออกซิเดชันได้เร็วขึ้น

10. สารต้านออกซิเดชัน สารต้านออกซิเดชันจะช่วยยับยั้ง หรือชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ ซึ่งมีสารต้านออกซิเดชันในธรรมชาติ เช่น วิตามินอีในน้ำมันพืช และสารต้านออกซิเดชันที่เป็นสารสังเคราะห์และอนุญาตให้เติมลงในอาหารได้ เช่น โพรพิลแกลเลต BHA และ BHT

2.4.3 สาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่สำคัญ และพบบ่อยที่สุดในอาหารประเภทน้ำมันและไขมันจึงเป็นข้อจำกัดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บสั้นลงสาเหตุที่ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นหรือช้าลงมีดังนี้

1. ปริมาณออกซิเจน

2. ระดับความไม่อิ่มตัวขององค์ประกอบของไขมัน

3. โลหะหรือแร่ธาตุบางชนิดเช่นโคบอลต์ทองแดงเหล็กแมงกานีสและนิกเกิล
4. ตัวเร่งอินทรีย์ได้แก่สารประกอบของอีตามีนไลพอกซิเดส
5. กรรมวิธีแปรรูป
6. ภาชนะบรรจุ
7. แสงสว่าง
8. รังสี
9. อุณหภูมิ
10. รงควัตถุบางชนิดเช่นคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์บางชนิดจะไม่เร่งให้เกิดออกซิเดชันของไขมันถ้ามีแสง

2.2.4 การยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาแบบผันกลับได้เราไม่สามารถจะป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นแต่สามารถชะลอให้เกิดช้าลงได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

1. ลดปริมาณความร้อนและแสงโดยการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในที่เย็นและมีมืด
2. อย่าให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักต่าง ๆ เนื่องจากการปนเปื้อนแม้ในปริมาณที่ต่ำมากเพียงแค่ 0.1 -1 ppm ก็สามารถเร่งให้มีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เร็วขึ้น
3. ป้องกันมิให้สัมผัสกับออกซิเจนโดยการเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท
4. ใช้สาร (วัตถุกันหืน) ทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระเพื่อหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะเกิดขึ้นแบบลูกโซ่

2.5 วัตถุกันหืน

วัตถุกันหืน(antioxidants)เป็นสารที่เติมลงไปในไขมันหรือผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันเนื่องจากวัตถุกันหืนที่เติมลงไปจะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นและเหลืออนุมูลของวัตถุกันหืนซึ่งเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่าอนุมูลอิสระมากอนุมูลของวัตถุกันหืนเป็นสารประกอบที่คงตัวจึงทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบลูกโซ่ที่เกิดขึ้นหยุดชะงักไป นอกจากนี้วัตถุกันหืนบางชนิดยังสามารถถูกออกซิไดส์ได้ง่ายกว่าน้ำมันคุณสมบัติข้อนี้จึงช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน

โดยปกติวัตถุกันหืนจะมีอยู่ในไขมันโดยธรรมชาติแต่จะถูกกำจัดออกไปในระหว่างกระบวนการทำน้ำมันบริสุทธิ์อย่างไรก็ดีมีสารประกอบหลายร้อยชนิดที่จัดเป็นวัตถุกันหืนแต่มี

เพียงบางชนิดเท่านั้นที่สามารถนำมาใช้กับอาหารผลิตอาหารต่างชนิดกันจะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกันออกไปจึงต้องใช้วัตถุกันหื่นต่างชนิดและต่างปริมาณกันเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะเกิดขึ้นหรือชะลอให้เกิดช้าลงในการช่วยยืดอายุการเก็บวัตถุกันหื่นที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่วัตถุกันหื่นที่เป็นสารเคมีและวัตถุกันหื่นที่ได้จากธรรมชาติดังต่อไปนี้ (ศิวาพร , 2546)

2.5.1 วัตถุกันหื่นที่เป็นสารเคมี

วัตถุกันหื่นที่เป็นสารเคมี อาจจำแนก ได้ดังนี้

- บีเอชเอ (BHA, butlated hydroxyl anisoie)
- บีเอชที (BHT, butlated hydroxyl toluene)
- เอสเทอร์ออฟแกกกลิกแอซิด (ester of gallic acid)
- ทีบีเอสคิว (TBHQ, Teriary butyl hydroquinone)
- แอสคอร์บิลพาลมิเตต (asscorbyl plamitate)
- ไอโซแอสคอร์บิกแอซิด (isoascorbic acid)
- โซเดียมแอสคอร์เบต (sodium ascobate) โทโคฟีรอล (tocopherol) เป็นต้น

2.5.2 วัตถุกันหื่นตามธรรมชาติ

วัตถุกันหื่นตามธรรมชาติ อาจจำแนกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังนี้

- ก. สารประกอบฟีนอลิกจากพืชและเครื่องเทศ
- ข. กรดอะมิโน เปปไทด์
- ค. กรดไฟติกและไฟเตต
- ง. ฟอสเฟต
- จ. ไวตามินและเอนไซม์และวัตถุกันหื่นชนิดอื่น

2.6 สารอันตรายที่พบในอาหารทอด

Acrylamide และ **polyacrylamide** (อะไครลาไมด์ และ โพลีอะไครลาไมด์) เป็นสารที่โดยทั่วไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก สารอะไครลาไมด์ เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำ และถูกดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว ณ บริเวณที่มีการย่อยอาหาร หลังจากนั้นมันจะถูกขับออกอย่างรวดเร็วทางปัสสาวะทำให้สารอะไครลาไมด์ปริมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณที่เข้าสู่ร่างกายถูกขับออกภายในเวลา 2 – 3 ชั่วโมง ปกติสารอะไครลาไมด์จะเข้าสู่ร่างกายคนเราได้ 2 ทางคือ จากการดื่มน้ำ และการสูบบุหรี่จากการวิจัยเมื่อไม่นานมานี้พบว่าคนเราจะได้รับปริมาณของสารอะไครลาไมด์เข้าสู่ร่างกายมากขึ้นจากการบริโภคอาหารที่ผ่านความร้อน (สถาบันอาหาร , 2549)

2.6.1 อะไครลาไมด์ในอาหาร

จากการเปิดเผยของสำนักงานอาหารแห่งประเทศสวีเดน (Swedish National Food Administration:NFA) และทีมนักวิจัยแห่งมหาวิทยาลัย Stockholm เมื่อ 24 เมษายน 2545 ที่ผ่านมาถึงผลการศึกษาที่พบว่าอาหารที่ผ่านการเตรียม หรือการปรุงโดยใช้ความร้อนสูงหลายชนิดนั้นจะมีสารอะไครลาไมด์ฟอรม์ตัวขึ้นมา จากการศึกษานี้ของ สำนักงานอาหารแห่งประเทศสวีเดน(Swedish National Food Administration: NFA)ร่วมกับนักวิจัยแห่งมหาวิทยาลัย Stockholm พบว่าสารอะไครลาไมด์สามารถก่อตัวขึ้นได้ในอาหารที่ผ่านการเตรียมหรือปรุงโดยใช้ความร้อนในระดับสูง แต่สารดังกล่าวจะไม่ก่อตัวขึ้นในอาหารที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการต้ม ซึ่งจากการศึกษาในเบื้องต้นยังไม่สามารถชี้แจงน้ำหนักได้ว่าระหว่างคุณประโยชน์ของอาหารกับความเสี่ยงหรืออันตรายอันเนื่องมาจากสารอะไครลาไมด์ที่เกิดขึ้นในอาหารนั้น อย่างไหนจะมีน้ำหนักมากกว่ากัน ดังนั้นในเบื้องต้น NFA อาจทำได้เพียงให้คำแนะนำทั่วไปพร้อมกับเร่งดำเนินการบริหารจัดการความเสี่ยงเพื่อเป็นประโยชน์ให้แก่ผู้ประกอบการ และผู้บริโภคภายในประเทศ พร้อมกันนั้นยังได้แจ้งข้อมูลดังกล่าวให้แก่ หน่วยงานที่มีอำนาจระหว่างประเทศ และองค์กรต่างๆ เพื่อเร่งหาความร่วมมือในระดับนานาชาติต่อไป โดยเฉพาะความร่วมมือในด้านการวิจัยถึงกลไกการฟอรม์ตัวของสารอะไครลาไมด์ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหาร ทำให้ในปัจจุบันหลายประเทศ เช่น อังกฤษ นอร์เวย์ สวีเดน สวิตเซอร์แลนด์ และสหรัฐอเมริกาเกิดการ ตื่นตัวในการวิจัย และตรวจวิเคราะห์หาปริมาณการปนเปื้อนของสารดังกล่าวในอาหารแต่ละชนิด สถาบันอาหาร (2549)

ก. การฟอรั่มตัวของสารอะไคลาไมด์

ปัจจุบันเท่าที่มีข้อมูลพบว่า สารอะไคลาไมด์ จะพบได้ในอาหารที่ผ่านการปรุงหรือผ่านการแปรรูปโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง ซึ่งระดับของสารอะไคลาไมด์ในอาหารนั้นจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนทั้งนี้ในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลที่ระบุถึงกลไกการฟอรั่มตัวของสารอะไคลาไมด์ในอาหารที่ชัดเจน

ข. การประเมินการได้รับเข้าสู่ร่างกาย

จากข้อมูลที่รวบรวมได้ในปัจจุบัน ผู้บริโภคทั่วไปโดยส่วนใหญ่แล้วจะได้รับสารอะไคลาไมด์เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคอาหาร ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วพบว่าผู้บริโภคทั่วไปจะได้รับสารอะไคลาไมด์จากการบริโภคอาหารในปริมาณ 0.3 – 0.8 ไมโครกรัมของอะไคลาไมด์/ น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม / วัน นอกจากนี้ยังมีการคาดหมายกันว่าเด็กอาจจะได้รับสารอะไคลาไมด์เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคอาหารในปริมาณที่มากกว่าผู้ใหญ่ 2–3 เท่า เมื่อใช้น้ำหนักตัวเป็นพื้นฐานในการพิจารณา ทั้งนี้ผู้บริโภคบางคนอาจได้รับสารอะไคลาไมด์เข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากกว่าค่าเฉลี่ย 2 – 3 เท่า

ค. ความเป็นพิษ และอันตรายของสารอะไคลาไมด์

1. เป็นสารที่เป็นพิษต่อระบบประสาททั้งในคน และในสัตว์
2. เป็นสารที่มีผลต่อระบบสืบพันธุ์ในสัตว์
3. เมื่อสารอะไคลาไมด์เข้าสู่ร่างกายมันจะถูกเมตาบอไลซ์เป็นสาร Glycidamide ซึ่งจะเข้าไปจับกับดีเอ็นเออาจมีผลทำให้ยีนถูกทำลาย
4. หากคน และสัตว์ได้รับสารอะไคลาไมด์เข้าสู่ร่างกายในระดับสูงๆ จะมีผลต่อการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง และหากได้รับในระดับต่ำ ๆ เป็นระยะเวลานานๆ จะมีผลต่อประสาทส่วนปลาย
5. เป็นสารก่อมะเร็งในหนูทดลอง ซึ่งทำให้สัตว์ทดลองเป็นมะเร็งเช่นเดียวกันกับสารก่อมะเร็งชนิดอื่นๆ ที่พบในอาหาร แต่หนูจะต้องได้รับสารอะไคลาไมด์เข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากกว่าสารก่อมะเร็งชนิดอื่นๆ จึงจะทำให้เกิดมะเร็งสำหรับในคนนั้น ความสัมพันธ์ของการเกิดมะเร็งในคน กับสารอะไคลาไมด์ที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคอาหารยังไม่มีการศึกษาที่ชัดเจน และข้อมูลการได้รับสารอะไคลาไมด์ ของประชากรส่วนใหญ่ยังอยู่ในวงจำกัด ทำให้ในปัจจุบันยังไม่สามารถระบุลงไปได้อย่างชัดเจนว่าการได้รับสารอะไคลาไมด์เข้าสู่ร่างกายคนนั้น จะทำให้มีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง

2.6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ผลิตอาหารทอด

จากความรู้ ความเข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้นทราบเพียงแต่ว่าสารอะไคลมาไนด์สามารถก่อตัวขึ้นได้ในอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก และผ่านการให้ความร้อนสูง ๆ ซึ่งการศึกษาวิจัยที่กำลังจะดำเนินต่อไปหลังจากนี้อาจทำให้ทราบถึงกลไกการเกิดสารอะไคลมาไนด์ในอาหาร ซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงกระบวนการที่ใช้ผลิตหรือปรุงอาหารเพื่อให้สามารถลดปริมาณสารอะไคลมาไนด์ที่จะเกิดขึ้นได้ NFA ให้คำแนะนำว่าผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการควรที่จะสืบหาว่าในระหว่างที่ผลิตอาหารนั้นสารอะไคลมาไนด์ก่อตัวขึ้นหรือไม่ และในช่วงใดของการผลิต ซึ่งหากสารอะไคลมาไนด์ก่อตัวขึ้นจริง ผู้ประกอบการจะต้องทำ การวิเคราะห์ปริมาณของสารอะไคลมาไนด์ที่เกิดขึ้นในอาหาร และหาแนวทางหรือมาตรการในการลดปริมาณสารอะไคลมาไนด์ลงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.6.3 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริโภค

จากการวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่ามีมาตรการบางมาตรการที่สามารถนำมาใช้ลดปริมาณการได้รับสารอะไคลมาไนด์เข้าสู่ร่างกายผู้บริโภคได้ สารอะไคลมาไนด์นั้นจะก่อตัวขึ้นได้ในอาหารที่ผ่านการให้ความร้อนสูงๆ หรืออาหารที่ใช้เวลาในการทอด (ทั้งการทอดแบบน้ำมันท่วมอาหาร หรือแบบไม่ท่วมอาหาร) ย่าง ปิ้ง เป็นระยะเวลานานๆ ดังนั้นวิธีที่สามารถเลี่ยงการได้รับสารชนิดนี้เข้าสู่ร่างกายก็คือ ผู้บริโภคควรหันไปบริโภคอาหารที่มีเส้นใยสูง เช่น ผัก ผลไม้ ผลิตภัณฑ์จากธัญชาติ และขนมปังให้มากขึ้น และลดการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูง นอกจากนั้นนักโภชนาการยังมีความเห็นว่าอาหารที่ผ่านการคั่วจะมีคุณประโยชน์มากกว่าอาหารที่ผ่านการให้ความร้อนสูงๆ ฉะนั้นผู้บริโภคควรที่เลี่ยงการประกอบอาหารโดยการทอด ปิ้ง ย่างให้อาหารไหม้ และ หลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่ไหม้ ดังนั้นในปัจจุบันวิธีหรือหลักการที่สามารถนำมาใช้เพื่อลดความเสี่ยงจากการได้รับสารอะไคลมาไนด์จากการบริโภคอาหาร นั้นคือ

1. ไม่ควรจะปรุงอาหารให้สุกมากเกินไป เช่น ใช้เวลานานเกินไป หรือใช้อุณหภูมิสูงเกินไป แต่ทั้งนี้จะยกเว้นสำหรับอาหารที่ได้จากเนื้อสัตว์และสัตว์ปีก จะต้องปรุงให้สุกเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

2. ผู้ผลิตอาหารอาจจะเปลี่ยนแปลงสูตรส่วนผสม กระบวนการผลิต หรือวิธีการปฏิบัติอื่นๆ เพื่อลดระดับการปนเปื้อนของสารอะไคลมาไนด์ในอาหาร

3. ณ ปัจจุบันยังต้องการข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการได้รับสารอะไคลมาไนด์จากการบริโภคอาหารกับสุขภาพของผู้บริโภคอีกมาก ดังนั้นผู้บริโภคควรเลือกบริโภคอาหารให้มีความสมดุล และหลากหลาย โดยอาจเน้นไปที่การบริโภคผัก ผลไม้ และบริโภคอาหารทอด และอาหารประเภทไขมันในระดับปานกลาง

4. ควรมีการจัดทำเครือข่าย Acrylamide in Food ในระดับระหว่างประเทศ เพื่อให้ทุกส่วนที่เกี่ยวข้องและผู้ที่มีใจในการแชร์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสารอะไคลาไมด์ ซึ่งจะทำได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ต่อไปในอนาคต

2.6.4 การสุ่มตรวจอาหารในสวีเดน

สำนักงานอาหารแห่งประเทศสวีเดน (Swedish National Food Administration : NFA) ได้ทำการสุ่มวิเคราะห์อาหาร พบว่าอาหารที่ผ่านความร้อนบางชนิดจะมีปริมาณสารอะไคลาไมด์ในระดับที่สูง NFA ได้ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารกว่า 100 ตัวอย่าง เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์สารอะไคลาไมด์ เช่น ขนมปัง พาสต้า ข้าว ปลา ไส้กรอก เนื้อวัว เนื้อสุกร บิสกิต คุกกี้ อาหารเข้าประเภทธัญชาติ และเบียร์ นอกจากนั้นยังได้สุ่มตัวอย่างอาหารประเภทพร้อมบริโภค เช่น พืชชำ อาหารที่ผลิตจากมันฝรั่ง ข้าวโพด และแป้ง ด้วยจากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณของสารอะไคลาไมด์ที่พบในตัวอย่างอาหารแต่ละประเภทที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันนั้นมีระดับที่แตกต่างกันไป แต่ในตัวอย่างขนมปังกรอบที่ทำจากมันฝรั่ง และมันฝรั่งทอดนั้นพบว่ามีสารอะไคลาไมด์อยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารชนิดอื่นๆ โดยปริมาณที่พบในมันฝรั่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1000 ไมโครกรัม / กิโลกรัม และในมันฝรั่งทอดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 500 ไมโครกรัม / กิโลกรัม ส่วนตัวอย่างอาหารกลุ่มอื่นๆ ที่วิเคราะห์พบสารอะไคลาไมด์ทั้งในปริมาณมาก และในปริมาณน้อยนั้นได้แก่ ขนมปังกรอบ อาหารเข้าจากธัญชาติ ผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่งทอด บิสกิต คุกกี้และขนมขบเคี้ยว เช่น ข้าวโพดคั่วฝ่ายบริการข้อมูลและสารสนเทศ

ส่วนอาหารชนิดอื่นๆ ที่ในระหว่างการเตรียม หรือกระบวนการผลิตไม่ผ่านการทอด หรือการอบ จะไม่พบว่ามีสารอะไคลาไมด์ปนเปื้อนอยู่ นอกจากนั้นวัตถุดิบอาหาร หรืออาหารที่ผ่านการแปรรูปเพียงการต้ม มันฝรั่ง ข้าว พาสต้า แป้ง และเบคอน จากการสำรวจของ NFA โดย Riksmaten ในปี 1997 – 1998 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,200 คน ซึ่งมีอายุระหว่าง 17 – 70 ปี โดยให้กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวบันทึกการบริโภคอาหารใน 1 สัปดาห์ จากการสำรวจพบว่าค่าเฉลี่ยของการได้รับสาร อะไคลาไมด์ เข้าสู่ร่างกายของกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 25 ไมโครกรัม / วัน ผลการวิเคราะห์สารอะไคลาไมด์ในตัวอย่างอาหารบางชนิด เมื่อวันที่ 26 เมษายน 2545 ปรากฏว่ามีอาหารบางชนิดมีความเข้มข้นของสารอะไคลาไมด์อยู่ในปริมาณที่สูง ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอะไคลาไมด์ในอาหาร

ตัวอย่างอาหาร	ความเข้มข้นของสารอะไคลาไมด์ (mg/kg)		จำนวนตัวอย่าง
	ค่าปานกลาง	ค่าต่ำสุด - สูงสุด	
มันฝรั่งทอดกรอบ	1200	330-2300	14
มันฝรั่งทอด (เฟรนช์ ฟรายด์)	450	300-110	9
บิสกิต	410	น้อยกว่า 30-650	14
ขนมปังกรอบ	140	น้อยกว่า 30-1900	21
อาหารเข้าจากรัฐชาติ	160	น้อยกว่า 30-1400	15
ข้าวโพดอบกรอบ	150	120-180	3
Soft breads	50	น้อยกว่า 30-160	20
อาหารทอดชนิดอื่น ๆ เช่น พิซซ่า แพนเค้ก ปลาทอด ลูกชิ้นทอด ไก่ทอด ฯลฯ	40	น้อยกว่า 30-60	9

ที่มา : สถาบันอาหาร (2549)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รามและคณะ(2547) ได้ศึกษาการยืดอายุการใช้งานของน้ำมันในกระบวนการทอดเต้าหู้ปลาของบริษัท แปซิฟิกแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการที่ใช้ในการยืดอายุการใช้งานของน้ำมัน โดยใช้เต้าหู้ปลาที่ได้รับจากบริษัท แปซิฟิกแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด จากการศึกษาพบว่า สารกันหืนมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการยืดอายุการใช้งานของน้ำมัน และเลือกใช้สารกันหืนที่สกัดจากขิง สำหรับการทดลองโดยทดลองที่อุณหภูมิ 165-170 °C ใช้เต้าหู้ปลาปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อการทอด 1 ครั้ง จำนวน 20 ครั้งต่อการหนึ่งการทดลองในน้ำมันถั่วเหลือง 10 กิโลกรัม ดำเนินการทดลองเปรียบเทียบระหว่างกรณีการทอดที่ไม่เติมสารสกัดจากขิง กับกรณีการทอดที่เติมสารสกัดจากขิงลงในน้ำมันปริมาณ 0.1% w/w ก่อนการทอด โดยใช้ค่าดัชนีต่างๆ วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันคือ Peroxide Value (PV) Thiobarbituric Acid (TBA) Free Fatty Acid (FFA) ค่าสี ความหนืด และความถ่วงจำเพาะ พบว่าการเติมสาร antioxidant ซึ่งเป็นสารสกัดที่ได้จากขิงปริมาณ 0.1% w/w ลงไปในน้ำมันก่อนทำการทอด จะสามารถลดค่า PV ลง 14.8% ลดค่าความหนืดลง 5.7% แต่ไม่มีผลต่อความถ่วงจำเพาะและค่า FFA ของน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการเติมสารสกัดจากขิงลงในน้ำมันปริมาณ 0.1% w/w ก่อนการทอดมีแนวโน้มที่จะช่วยยืดอายุการใช้งานของน้ำมันได้

นิตยาและลัดดาวัลย์ (2548) ได้ศึกษาวิธีการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มโดยใช้ปวยเล้งเป็นส่วนผสมเนื่องปวยเล้งมีส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ เบต้า-แคโรทีนและลิพิดซึ่งเป็นสารแอนติออกซิแดนท์โดยนำปวยเล้งสดและแห้งเติมลงในส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มในอัตราส่วนร้อยละ 5 15 และ 20 ของน้ำหนัก จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมทอดกรอบเค็ม พบว่า ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มที่ผสม ปวยเล้งในอัตราส่วนร้อยละ 5 มากที่สุด และปวยเล้งสดที่อัตราส่วนร้อยละ 15 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มทั้ง 2 สูตร มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาในภาชนะบรรจุถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีน (PP) และภาชนะบรรจุกระป๋องพลาสติกโพลีสไตรีน (PS) เป็นระยะเวลา 14 วัน โดยตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ด้านสี ปริมาณความชื้น ปริมาณกรดบิวทิริก และปริมาณเปอร์ออกไซด์ ทุก 2 วัน เป็นระยะเวลา 14 วัน และคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก 7 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของปวยเล้งสดมีปริมาณกรดบิวทิริกที่น้อยที่สุด ค่าเปอร์ออกไซด์น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มที่มีส่วนผสมของปวยเล้ง จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสหลังการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับคุณลักษณะด้าน ๆ ของผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มที่มีส่วนผสมของปวยเล้งมากที่สุด

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุดิบ

1. แป้งข้าวเจ้า (ตรา ช้างสามเศียร)
2. แป้งทอดกรอบ (ตรา ครัวทิพย์)
3. เกลือ
4. น้ำตาล
5. มะพร้าวขูด
6. งาคั่วและงาขาว
7. กล้วยน้ำว้า (ระยะการสุกที่4-6)
8. น้ำมันปาล์ม
9. ปวยเล้ง
10. น้ำเปล่า

3.2 อุปกรณ์เครื่องมือและสารเคมี

3.2.1 อุปกรณ์

1. บิวเรต
2. ปิเปต
3. ขวดวัดปริมาตร

4. ขวดรูปชมพู่
5. กระบอกตวง
6. บีกเกอร์
7. ชุดขาค้างปิเปต
8. กะทะ
9. เตาแก๊ส
10. ผ้าขาวบาง
11. หลอดทดลองมีฝาปิด
12. กระดาษกรองเบอร์ 1
13. โกร่งบด
14. เทอร์โมมิเตอร์

3.2.2 เครื่องมือ

1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
2. เครื่องวัดสี (Hunter lab รุ่น CQX 2934)
3. เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง
4. เครื่องวัดความหนืด (Bookfield)
5. เครื่องปั่นน้ำผลไม้
6. เตาให้ความร้อน (Hot plate)
7. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer Series 7000)

8. ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump)

9. ชุคกลั่น TBA (Thiobarbituric acid)

3.2.3 สารเคมี

1. Potassium iodide

2. Sodium thiosulfate 5 -Hydrate

3. Chloroform

4. Diethyl ether

5. Phenolphthalene solution

6. Acetic acid

7. Sodium hydroxide

8. Thiobarbituric acid

9. Acetone

10. Sodium sulfate anhydrous

11. Calcium Carbonate

12. Hydrochloric acid

13. Diethyl ether

14. Ethanol

15. Sodium sulphate



ภาพที่ 3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทอดกล้วยแขก

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาชนิดและปริมาณของผักปวยเล้งที่มีผลในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร โดยใช้ปวยเล้ง 2 ชนิด คือ ปวยเล้งแห้งและปวยเล้งสด โดยแปรปริมาณเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 15 และ 20 ของปริมาณน้ำมันที่ใช้ทอดดังตารางที่ 3.1

ศึกษาความคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันทอดอาหารที่เติมผักปวยเล้ง โดยแปรปริมาณจำนวนครั้งที่ทอดอาหารดังนี้

3.3.2.1 ไม่เติมผักปวยเล้ง และใช้น้ำมันทอดอาหารซ้ำจำนวน 4 ครั้ง

3.3.2.2 เติมผักปวยเล้งทุกครั้งในการทอดอาหารจำนวน 4 ครั้ง

3.3.2.3 เติมผักปวยเล้งในน้ำมัน 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง รวมทั้งหมด 4 ครั้ง

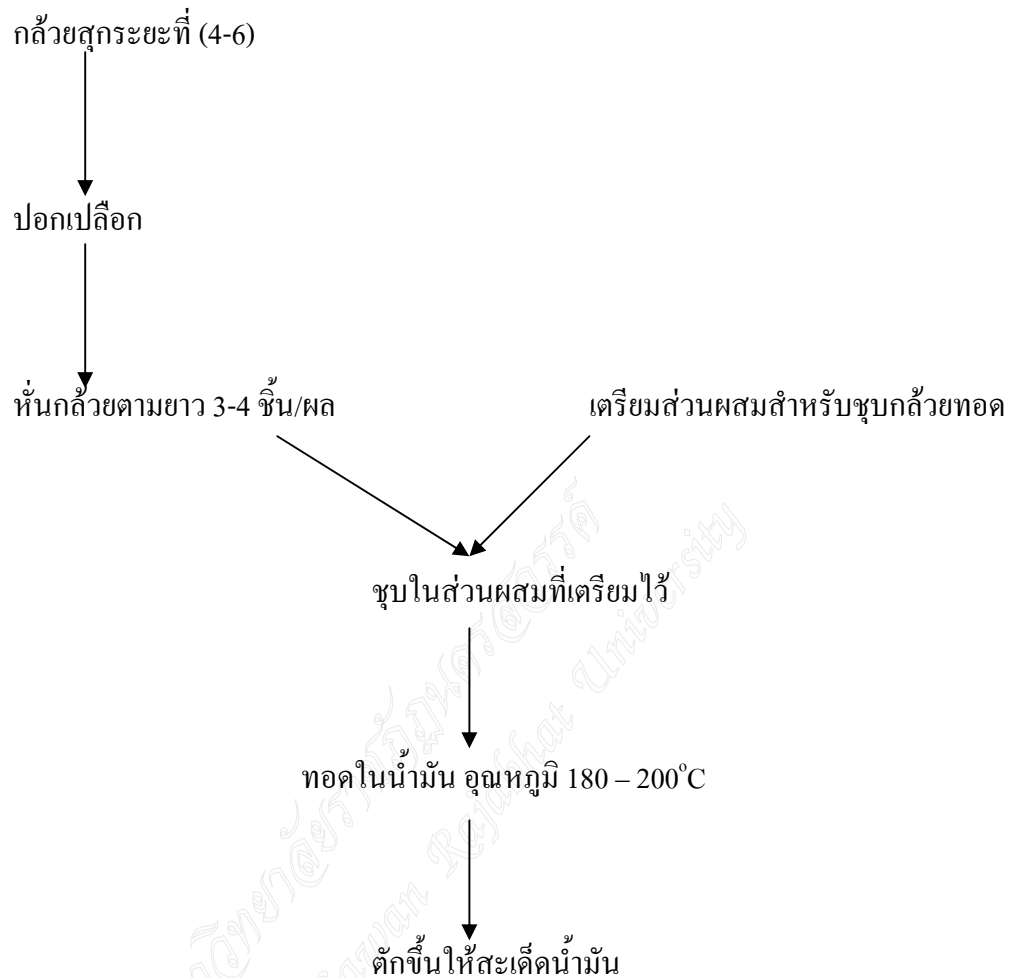
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงชนิดและปริมาณการเติมผักปวยเล้งในน้ำมันทอดอาหาร

ชนิดของผักปวยเล้ง	อัตราการเติมในน้ำมัน (ร้อยละ)
แห้ง	10
	15
	20
สด	10
	15
	20

โดยการทดลองใช้น้ำมันทอดกับกล้วยทอด ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้

1. กล้วยน้ำว้า 15 ผล
2. แป้งข้าวเจ้า 2 ถ้วยตวง
3. แป้งสาลี 2 ถ้วยตวง
4. มะพร้าวขูด 1 ถ้วยตวง
5. เกลือ 1/2 ช้อนชา
6. น้ำ 1 1/2 ถ้วยตวง
7. ไข่ขาว 2 ช้อนโต๊ะ
8. น้ำตาล 3 ช้อนโต๊ะ

ขั้นตอนการทดลองดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการทอดกล้วย

3.3.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันที่ผ่านการเติมผักปวยเล้งในน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร

1. คุณสมบัติทางกายภาพ

- วัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter lab รุ่น CQX 2934)
- วัดความหนืด โดยใช้เครื่องวัดความหนืด (Brook Field)

2. คุณสมบัติทางเคมี

- วิเคราะห์ค่า Peroxide Value (PV)
- วิเคราะห์ค่า Acid Value (AV)
- วิเคราะห์ค่า Free Fatty Acid (FFA)

3.3.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ทอดในน้ำมันที่เติมผักปวยเล้งและไม่เติมผักปวยเล้ง

1. คุณสมบัติทางกายภาพ

โดยวิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัส โดยวิธีการใช้คะแนนแบบ 9-Hedonic scale และการใช้แผนการทดลองแบบ BIB ซึ่งใช้นักศึกษาโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารจำนวนผู้ทดสอบ 20 คน

2. คุณสมบัติทางเคมี

- วิเคราะห์ค่า TBA โดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer Series 7000)

3.3.4 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และ SAS และ ตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของปฏิกิริยาที่ผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร

4.1.1 แบบไม่เติมผักปวยเล้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันที่ไม่เติมผักปวยเล้ง

จำนวนครั้งในการทอด	คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ				
	Viscosity	PV	AV	FFA	TBA
1	8.54	0.71	4.29	0.000011	1.60
2	8.68	19.8	4.25	0.0108	1.60
3	8.36	27.53	5.06	0.0125	1.71
4	8.35	36.77	5.03	0.0128	2.28

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าความหนืดของน้ำมันมีค่าแนวโน้มที่ลดลงเมื่อผ่านกระบวนการทอดจำนวน 4 ครั้งแสดงให้เห็นถึงการเสื่อมคุณภาพของน้ำมัน

จากผลการทดลอง ค่า Peroxide value (PV) ซึ่งแสดงปริมาณ Peroxide ที่เกิดขึ้นในน้ำมันเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีค่าแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนครั้งของการทอดมากขึ้น แสดงให้เห็นถึงการเสื่อมคุณภาพของน้ำมัน

ค่า Acid Value (AV) มีปริมาณสูง จะเป็นตัวชี้บ่งภาวะหรือระดับการหืนของไขมันและน้ำมัน ค่า A.V. สูง แสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมากแสดงว่าเกิดการหืนมาก และจะมีกรดไขมันอิสระเพิ่มสูงขึ้นตามค่า Acid Value ตามลำดับ

ค่า TBA (Thiobarbuturic acid) แสดงปริมาณ ของ Aldehyde ที่เกิดขึ้นในน้ำมัน มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อทำการทอดหลาย ๆ ครั้ง

4.1.2 ผลจากการทอดกล้วยแขกโดยเติมปวยเล้งสด ที่ผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันที่เติมผักปวยเล้งสด

ระดับ	จำนวนครั้งในการทอด	คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ				
		Viscosity	PV(ns)	AV(ns)	FFA(ns)	TBA
10%	1	9.195 ^b	52.18	5.26	0.012	1.250 ^a
	2	9.225 ^a	30.34	4.96	0.00015	1.065 ^c
	3	9.225 ^a	50.08	2.74	0.00013	0.970 ^c
	4	9.205 ^b	47.96	3.25	0.00015	1.040 ^c
15%	1	9.035 ^c	4.47	3.27	0.00015	2.240 ^f
	2	9.175 ^c	9.45	2.76	0.00013	1.430 ^e
	3	9.235 ^a	16.45	3.27	0.00015	0.940 ^c
	4	9.145 ^c	24.12	3.30	0.00015	0.620 ^{ab}
20%	1	9.005 ^f	7.92	2.21	0.00010	0.740 ^b
	2	9.235 ^a	10.11	3.25	0.00015	0.660 ^{ab}
	3	8.955 ^g	17.65	3.87	0.00018	0.580 ^{ab}
	4	9.025 ^c	22.05	3.88	0.00018	0.535 ^a

หมายเหตุ – ตัวเลขที่มีอักษรกำกับตามแนวตั้งต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าจากการเติมปวยเล้งสดลงในน้ำมันที่ปริมาณ ร้อยละ 10 15 และ 20 แล้วทำการทอดจำนวน 4 ครั้ง โดยใช้ค่าดัชนีต่าง ๆ วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันคือ Peroxide Value (PV) Acid Value (AV) Thiobarbituric acid (TBA) Free Fatty Acid (FFA) และความหนืด พบว่าการเติมสาร antioxidant ซึ่งเป็นสารที่ได้จากปวยเล้งสดเมื่อทำการทอดจำนวน 4 ครั้งทั้ง 3 ระดับ ค่าความหนืดและ Thiobarbituric acid (TBA) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้ง 3 ระดับ แต่ไม่ส่งผลถึงค่า Peroxide Value (PV) Acid Value (AV) Free Fatty Acid (FFA) และที่ระดับร้อยละ 10 จะสามารถลดค่า PV ลงได้

4.1.3 ผลจากการทอดกล้วยแขกโดยเติมปวยเล้งแห้งที่ผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ของน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันที่เติมผักปวยเล้งแห้ง

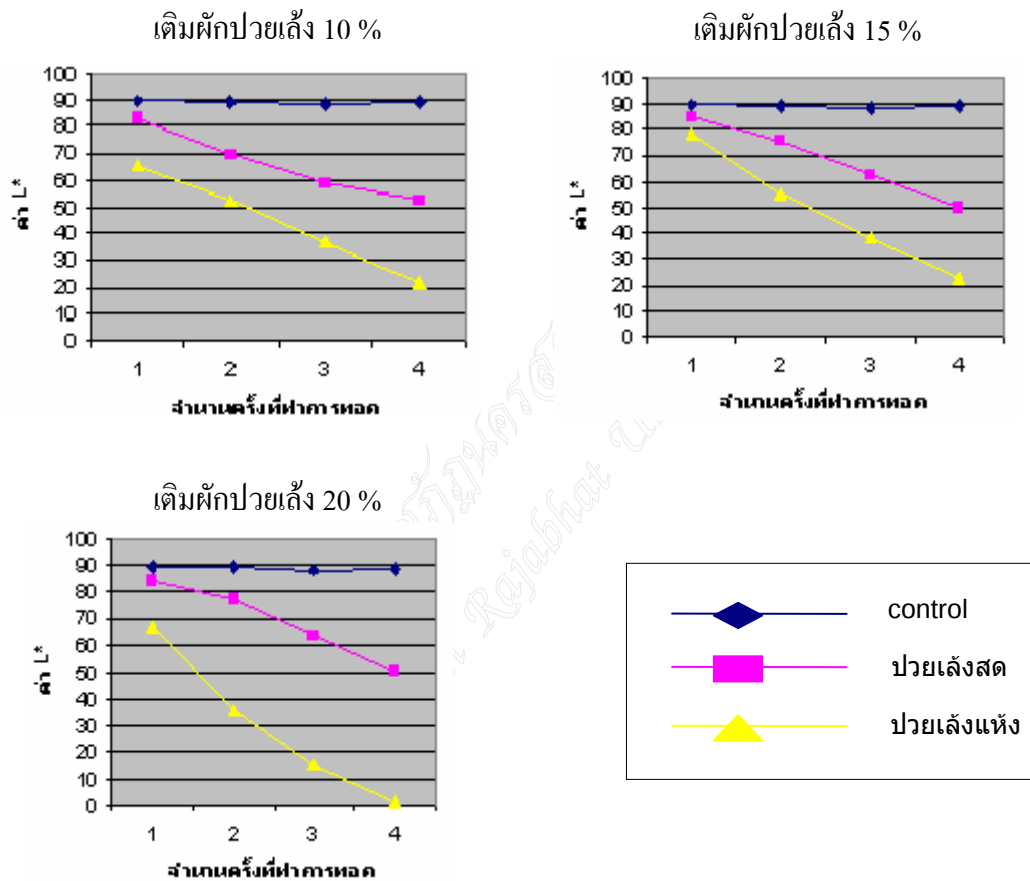
ระดับ	จำนวนครั้งในการทอด	คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ				
		Viscosity	PV(ns)	AV(ns)	FFA(ns)	TBA(ns)
10%	1	7.410 ^d	24.14	5.5	0.00025	0.83
	2	7.425 ^d	44.39	4.92	0.00024	0.94
	3	4.475 ^d	48.83	4.45	0.00020	0.76
	4	7.645 ^a	54.47	5.5	.000023	0.83
15%	1	7.495 ^b	25.37	4.35	0.00020	0.88
	2	7.285 ^f	57.86	4.37	0.00020	0.86
	3	7.255 ^g	74.85	5.01	0.00023	0.84
	4	7.415 ^d	79.33	4.48	0.00021	0.82
20%	1	7.495 ^{hi}	38.93	5.33	0.00026	0.78
	2	7.225 ⁱ	41.97	6.11	0.00025	0.76
	3	7.245 ^{gh}	77.59	5.53	0.00025	0.80
	4	7.375 ^c	76.14	5.97	0.00027	0.78

หมายเหตุ – ตัวเลขที่มีอักษรกำกับตามแนวตั้งต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่าจากการเติมปวยเล้งแห้งลงในน้ำมันที่ปริมาณ ร้อยละ 10 15 และ 20 แล้วทำการทอดจำนวน 4 ครั้ง โดยใช้ค่าดัชนีต่าง ๆ วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันคือ Peroxide Value (PV) Acid Value (AV) Thiobarbituric acid (TBA) Free Fatty Acid (FFA) มีแนวโน้มค่าคงที่ เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้ง 3 ระดับ และความหนืด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่ระดับร้อยละ 10 15 และ 20 ค่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และการเติมปวยเล้งแห้งที่ระดับร้อยละ 15 จะสามารถลดค่า TBA ลงได้

4.2 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์

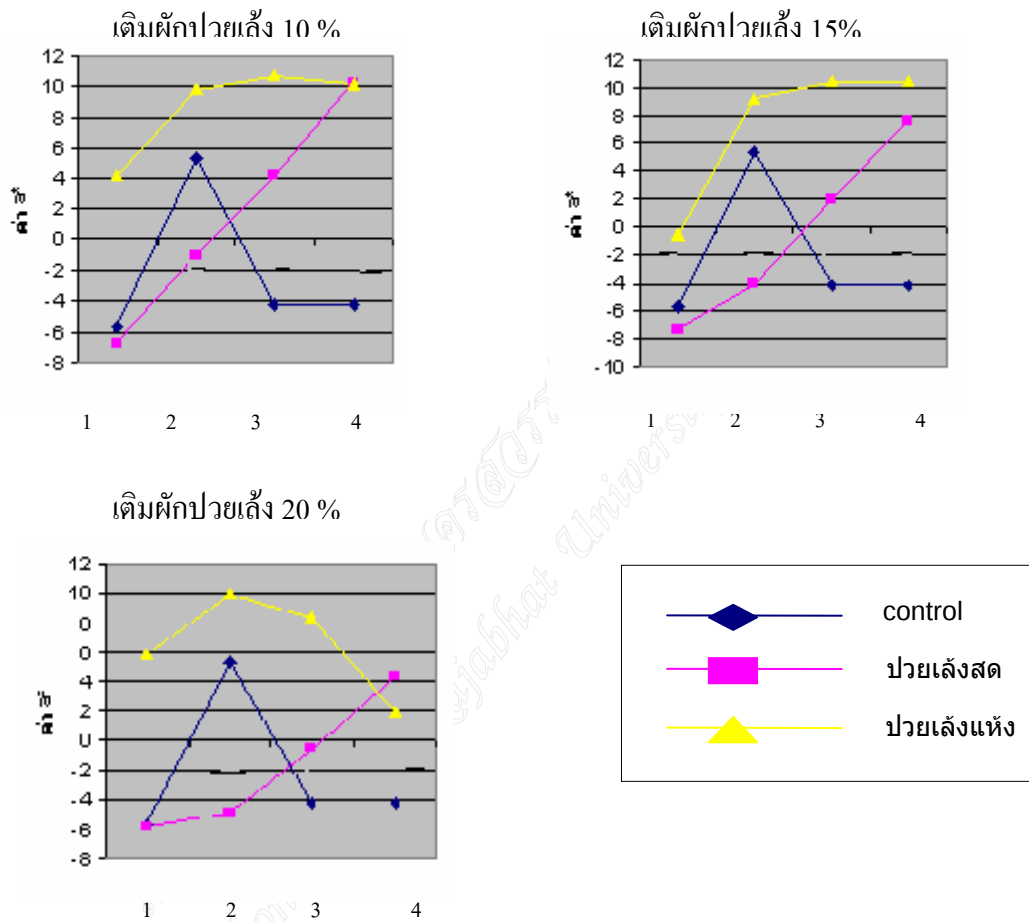
4.2.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความสว่าง (ค่า L^*) ของน้ำมันที่ใช้ทอดกล้วยแขก โดยเติมผักปวยเล้งในปริมาณร้อยละ 10 15 และ 20 ดังภาพที่ 4.1



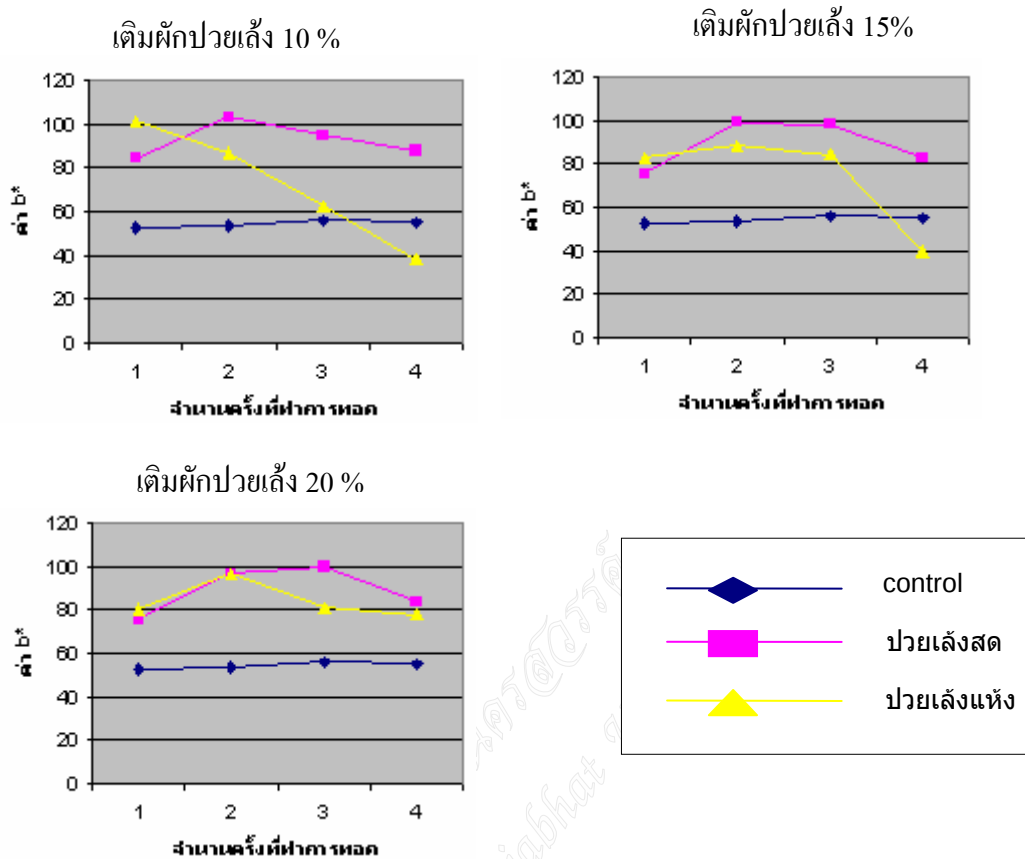
ภาพที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่า L^* ของสีของน้ำมันที่ได้จากการทอดของน้ำมันที่ไม่เติมปวยเล้ง และเติมปวยเล้งสด แห้ง ที่ระดับต่างๆ

จากผลการทดลอง ค่า L^* ของสีซึ่งแสดงถึงความสว่างของสีของน้ำมันมีค่าแนวโน้มที่ลดลง แสดงให้เห็นถึงการที่น้ำมันมีสีเข้มขึ้นจากการเสื่อมคุณภาพของน้ำมัน แต่จากการเติมปวยเล้ง ลงใน น้ำมันขณะทำการทอด ทำให้น้ำมันมีสีเข้มขึ้น ค่า L^* สูงกว่าตัวอย่างควบคุมเนื่องจากใบปวยเล้งมี คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่มีสีเขียว และ เมื่อเปรียบเทียบปวยเล้งสดและแห้ง พบว่าปวยเล้งแห้งมีสี เข้มกว่าปวยเล้งสด

4.2.2 ผลการเปรียบเทียบค่า a^* (แดง-เขียว), b^* เหลือง-น้ำเงิน) ของน้ำมันที่ใช้ทอดกล้วยแขก โดยเติมผักปวยเล้งในปริมาณร้อยละ 10 15 และ 20 ดังภาพที่ 4.2 และ 4.3



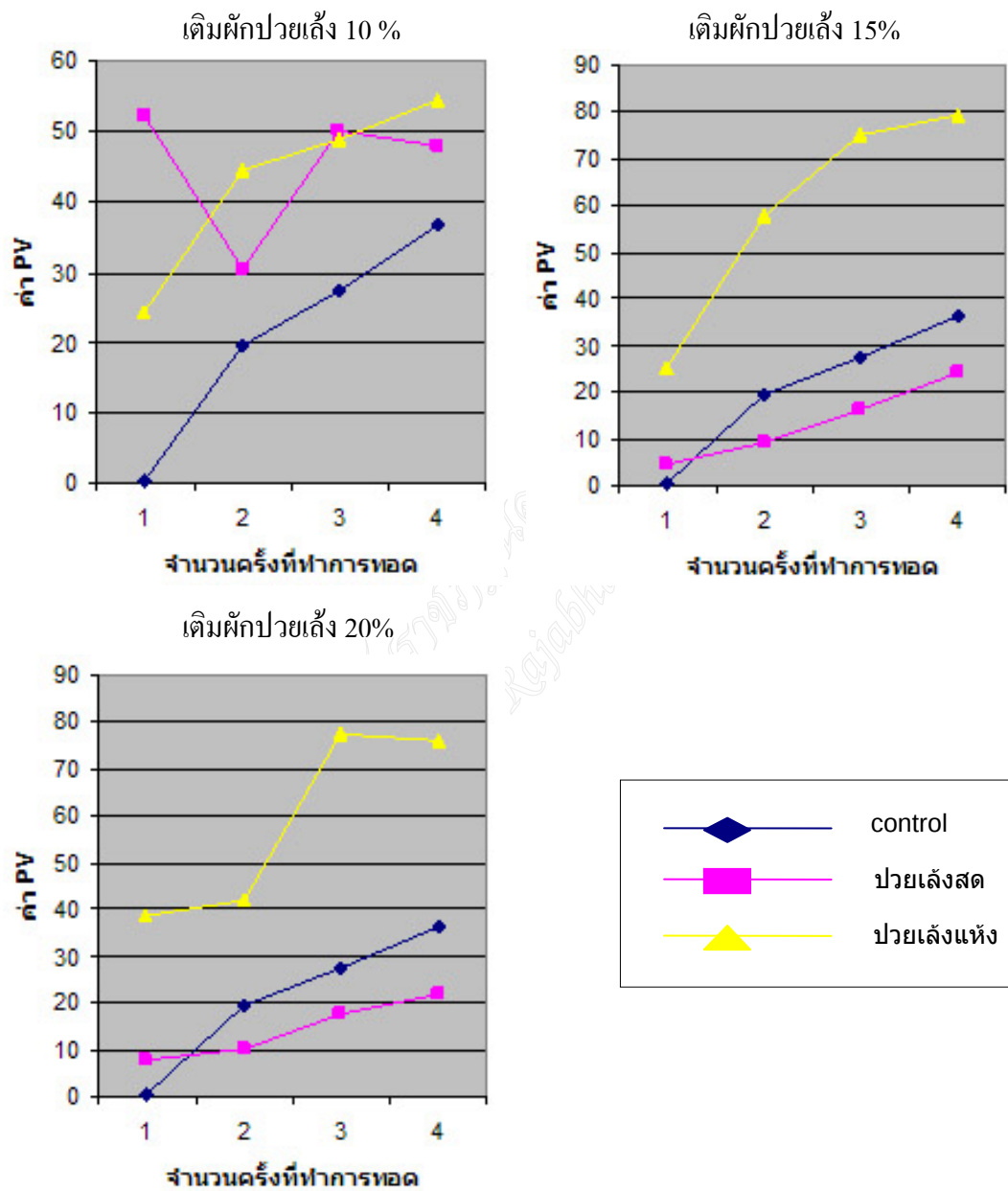
ภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่า a^* ของสีของน้ำมันที่ได้จากการทอดของน้ำมันที่ไม่เติมปวยเล้ง และเติมปวยเล้งสด แห้ง ที่ระดับต่างๆ



ภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่า b ของสีของน้ำมันที่ได้จากการทดลองของน้ำมันที่ไม่เติมปวยเล้ง และเติมปวยเล้งสด แห้ง ที่ระดับต่างๆ

จากภาพที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ ค่า a^* และค่า b^* ของสี จากผลการทดลองค่า a^* มีค่าเป็นลบ แสดงว่าสีของน้ำมันก่อนไปทางสีเขียวเล็กน้อย ส่วนค่า b^* มีค่าเป็นบวกแสดงว่าสีของน้ำมันก่อนไปทางสีเหลือง เมื่อจำนวนครั้งการทอดมากขึ้น น้ำมันมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวและเหลืองมากขึ้น แต่จากการเติมปวยเล้ง พบว่า น้ำมันมีสีเขียวน้อยกว่า แต่มีสีเหลืองมากกว่ากรณีการทอดแบบไม่เติมปวยเล้ง ดังนั้นการวิเคราะห์ค่าสีจึงไม่สามารถเปรียบเทียบเชิงคุณภาพน้ำมันระหว่างกรณีเติมและไม่เติมปวยเล้งได้

4.2.3 ผลการเปรียบเทียบค่า Peroxide Value (PV) ของน้ำมันทอดกล้วยโดยเติมปวยเล้งสด และแห้ง ที่ระดับ ร้อยละ 10 15 และ 20 ดังภาพที่ 4.4

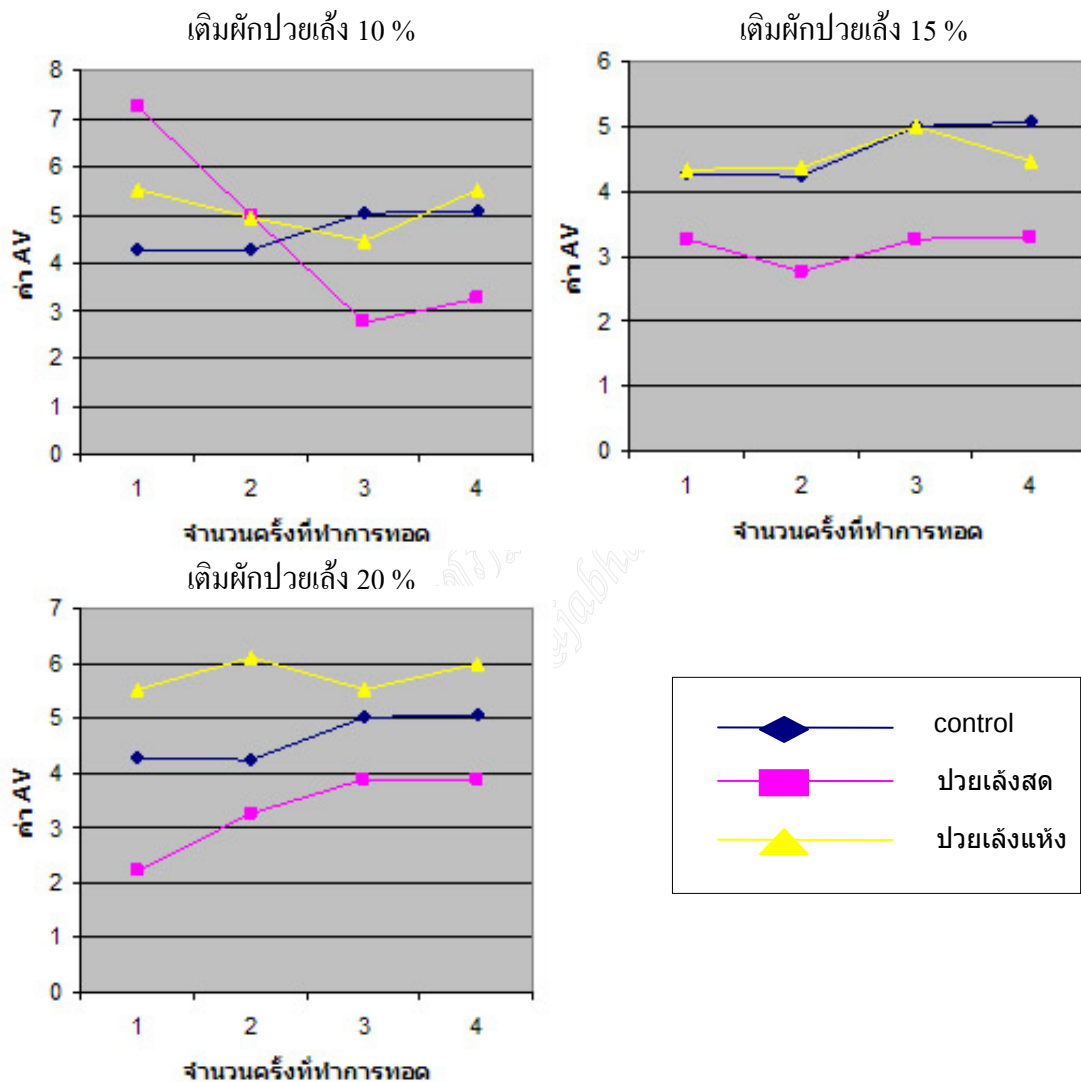


ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่า P.V ของน้ำมันที่เติมปวยเล้งสดและแห้ง แล้วทำการทอดจำนวน 4 ครั้ง

จากภาพที่ 4.4 พบว่าปริมาณ ค่า P.V ของน้ำมันที่เติมปวยเล้งสดและแห้ง มีค่าปริมาณ P.V เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการทอดหลายครั้ง ความเข้มข้นของปวยเล้งที่ ร้อยละ 20 มีปริมาณค่า P.V น้อยที่สุด รองลงมาคือ ร้อยละ 15 และ 10 ตามลำดับ และจะเห็นว่า การเติมปวยเล้งสดขณะทอดมีค่าปริมาณ P.V น้อยกว่า การเติมปวยเล้งแห้งขณะทอด

เนื่องจากค่า P.V เป็นการวัดปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมันหรือน้ำมันเปอร์ออกไซด์ จะเกิดขึ้นในไขมันหรือน้ำมันอย่างช้าๆ ขณะที่ไขมันหรือน้ำมันถูกเก็บไว้สัมผัสกับอากาศ โดยจะเกิดการหืนแบบออกซิเดชัน ที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ดังนั้นไขมันหรือน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบ ที่อยู่ในโมเลกุลมาก จะเกิดการออกซิเดชันได้ง่าย และจากการทอดผลิตภัณฑ์จำนวน 4 ครั้ง พบว่ามีค่าปริมาณ P.V เพิ่มขึ้นตามจำนวนการทอดแสดงให้เห็นว่าการออกซิเดชันขึ้น การเติมปวยเล้งสดขณะทอดมีค่าปริมาณ P.V น้อยกว่า การเติมปวยเล้งแห้งขณะทอด แสดงว่า การเติมปวยเล้งสดขณะทอดมีผลการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่า การเติมปวยเล้งแห้งขณะทอด

4.2.4 ผลการเปรียบเทียบค่า Acid Value (AV) ของน้ำมันทอดกล้วยโดยเติมปวยเล้งสดและแห้ง ที่ระดับ ร้อยละ 10 15 และ 20 ดังภาพที่ 4.5



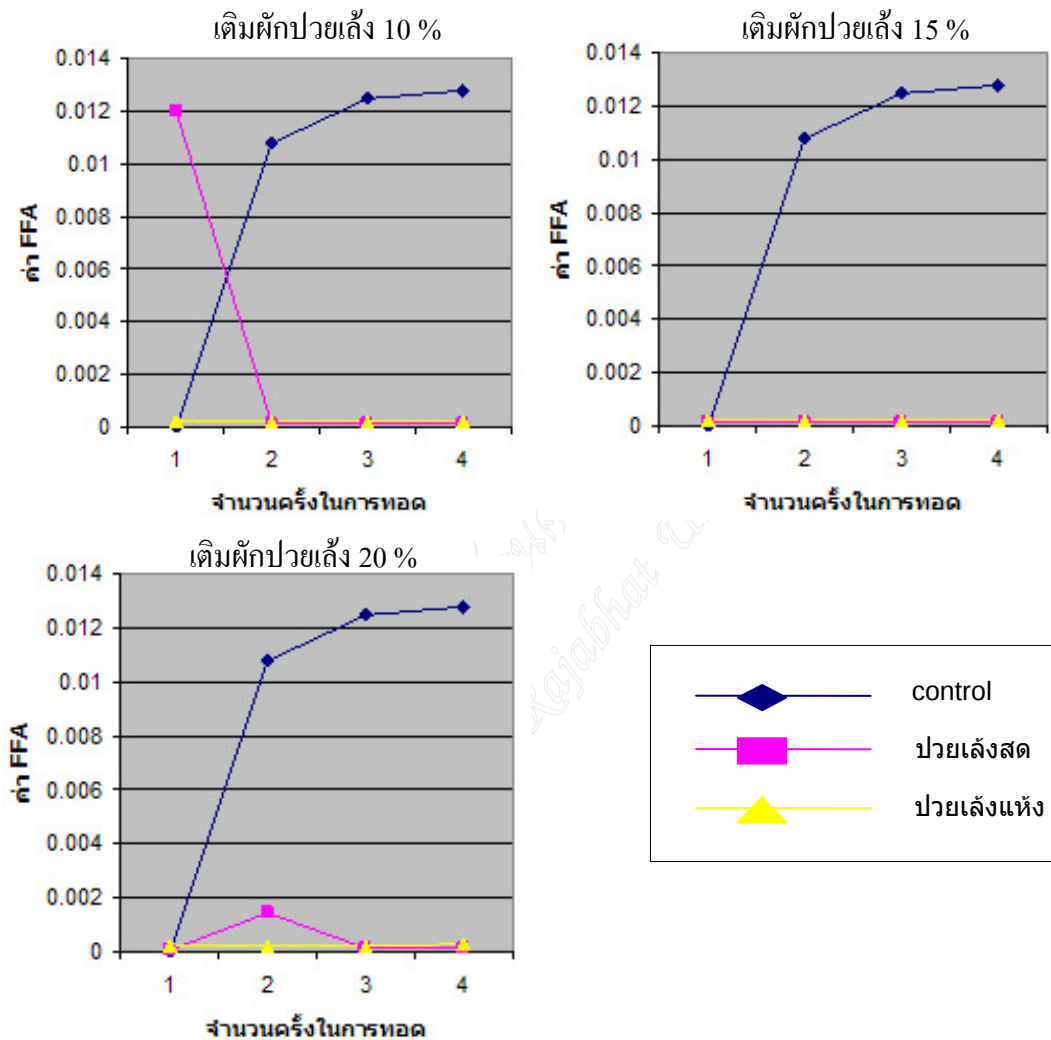
ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบ ค่า A.V ของน้ำมันที่เติมปวยเล้งทั้งสดและแห้ง แล้วทำการทอดจำนวน 4 ครั้ง

การตรวจสอบปริมาณค่า A.V ปริมาณ ค่า A.V ของน้ำมันที่เติมปวยเล้งทั้งสดและแห้ง แล้วทำการทอดจำนวน 4 ครั้ง ได้ดังภาพที่ 4.6 พบว่าปริมาณ ค่า A.V ของน้ำมันที่เติมปวยเล้งสดและแห้ง มีค่าปริมาณ A.V เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการทอดหลายครั้ง ความเข้มข้นของปวยเล้งที่ ร้อยละ 20 มีปริมาณค่า A.V น้อยที่สุด รองลงมาคือ ร้อยละ 15 และ 10 ตามลำดับ และจะเห็นว่า การเติมปวยเล้งสดขณะทอดมีค่าปริมาณ A.V น้อยกว่า การเติมปวยเล้งแห้งขณะทอด

เนื่องจากการค่า A.V คือ จำนวนมิลลิกรัมของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม เป็นกลางพอดี ซึ่งนิยมเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดโอเลอิก ดังนั้นค่า A.V จะเป็นตัวบ่งชี้ภาวะหรือระดับการหืนของไขมันและน้ำมัน ถ้าค่า A.V สูง แสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมากแสดงว่าเกิดการหืนมาก และจากการทดสอบผลิตภัณฑ์จำนวน 4 ครั้ง พบว่ามีค่าปริมาณ A.V เพิ่มขึ้นตามจำนวนการทดสอบให้เห็นว่าการออกซิเดชันขึ้น การเติมปวยเล้งสดขณะทอดมีค่าปริมาณ A.V น้อยกว่า การเติมปวยเล้งแห้งขณะทอด แสดงว่า การเติมปวยเล้งสดขณะทอดมีผลการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่า การเติมปวยเล้งแห้งขณะทอด

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
Nakhon Sawan Rajabhat University

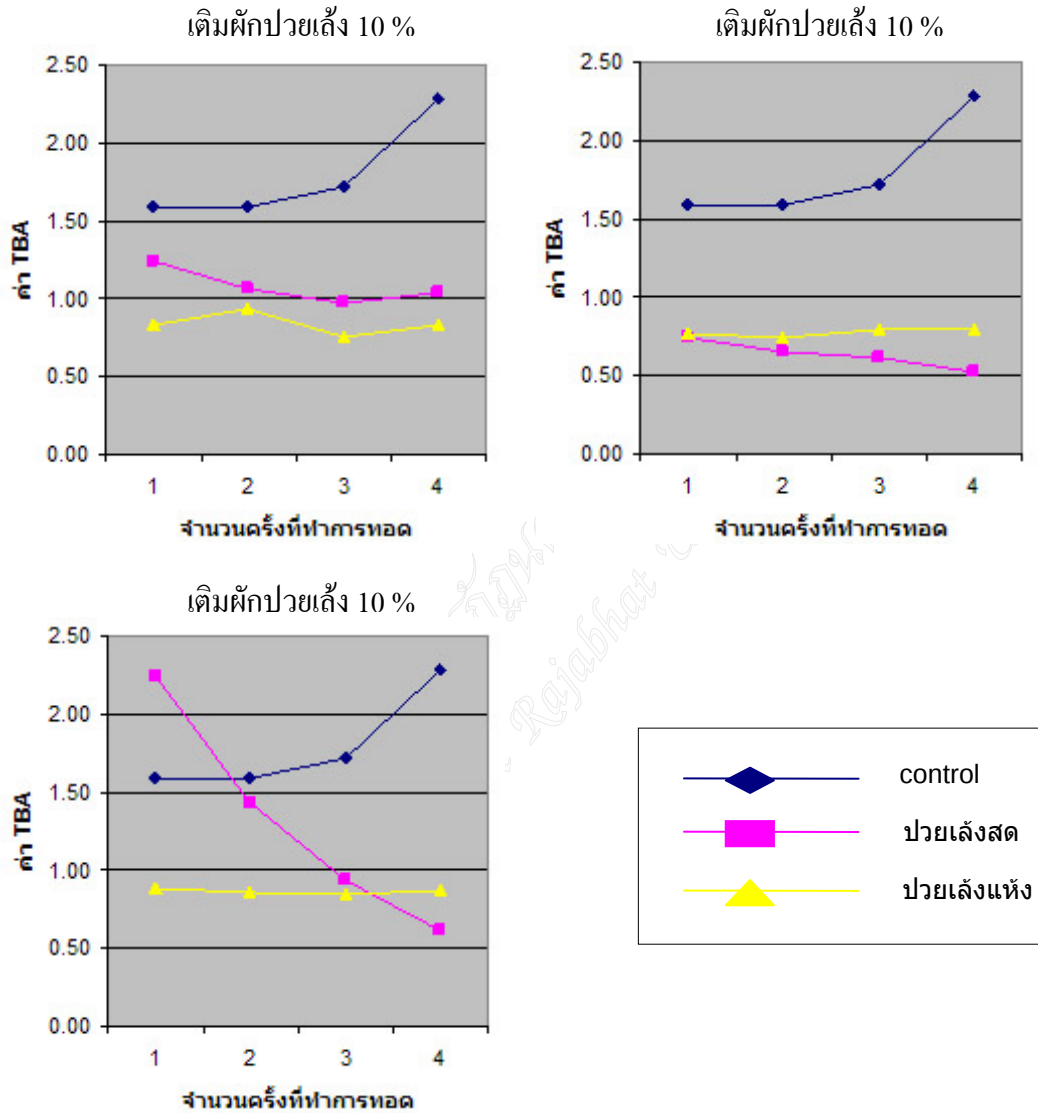
4.2.5 ผลการเปรียบเทียบค่า Free fatty acid ของน้ำมันทอดกล้วยโดยเติมปวยเล้งสดและแห้ง ที่ระดับ ร้อยละ 10 15 และ 20 ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่า Free Fatty Acid ของน้ำมันที่เติมปวยเล้งทั้งสดและแห้ง แล้วทำการทอดจำนวน 4 ครั้ง

จากผลการทดลอง ค่า Free Fatty Acid ซึ่งแสดงปริมาณของ Free Fatty Acid ที่เกิดขึ้นในน้ำมัน มีค่าแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อทำการทอดเป็นจำนวน 4 ครั้ง และจากการทดลองเติมปวยเล้งทั้งสดและแห้ง ลงในน้ำมันขณะทำการทอด พบว่าค่า Free Fatty Acid มีแนวโน้มที่ลดลง ทั้งจากการเติมปวยเล้งสดและแห้ง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการ เติมปวยเล้งทั้งสดและแห้งในขณะทอดมีประสิทธิภาพเท่ากัน

4.2.6 ผลการศึกษาปริมาณค่า Thiobarbituric acid ในผลิตภัณฑ์ที่ทอดในน้ำมันที่เติมปวยเล้งสดและแห้ง ที่ระดับ ร้อยละ 10 15 และ 20 ดังภาพที่ 4.7

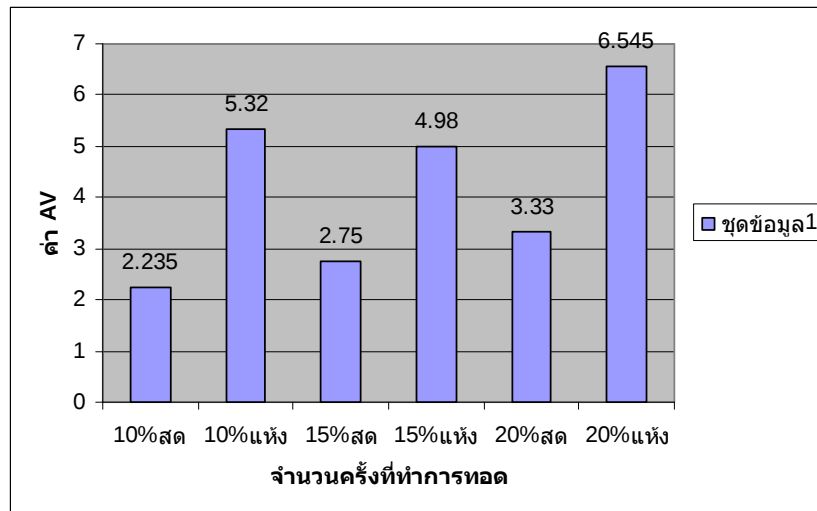


ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่า Thiobarbituric Acid ของน้ำมันที่ไม่เติมปวยเล้งและเติมปวยเล้งทั้งสดและแห้ง

จากผลการทดลอง ค่า Thiobarbituric Acid ซึ่งแสดงปริมาณของ aldehyde ที่เกิดขึ้นในน้ำมัน มีค่าแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อทำการทอดจำนวน 4 ครั้ง และจากการทดลองเติมปวยเล้งทั้งสดและแห้งลงในน้ำมันขณะทำการทอด พบว่าค่า Thiobarbituric Acid มีค่าต่ำกว่ากรณีการทอดแบบไม่เติมปวยเล้ง ดังภาพที่ 4.7 การทอดแบบเติมปวยเล้งสดจะมีค่า Thiobarbituric Acid ที่ต่ำกว่าการทอดแบบเติมปวยเล้งแห้ง ปริมาณ Thiobarbituric Acid น้อยสุดที่ร้อยละ 20 รองลงมาคือ ร้อยละ 15 และ 10 ตามลำดับ

4.3 ผลศึกษาเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง

4.3.1 การเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้งที่มีต่อ Acid Value (AV)

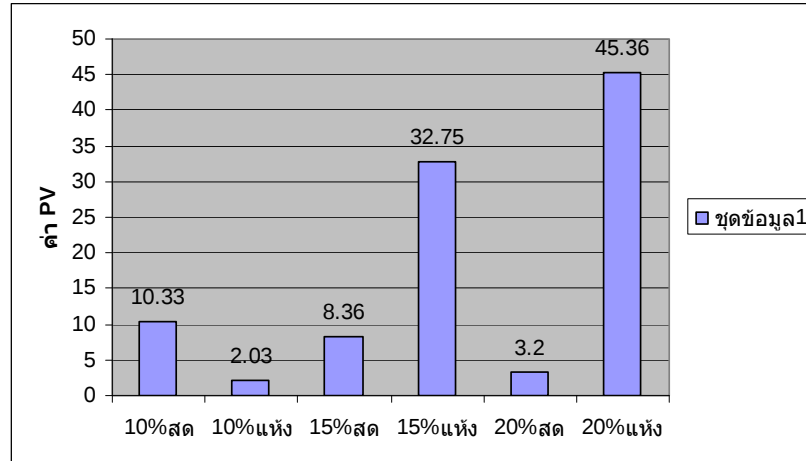


ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่า Acid Value (AV) การเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง

จากการทดลองการเติมปวยเล้งทั้งสดและแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง พบว่า การเติมปวยเล้งสด ลงในน้ำมันขณะทอดจะมีค่า Acid Value (AV) ต่ำกว่าการเติมปวยเล้งแห้ง ในทุกระดับปริมาณดังนั้นการเติมปวยเล้งสด ลงในน้ำมันขณะทอด สามารถลดการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันได้ดีกว่าเติมปวยเล้งแห้ง

4.3.2 ผลการเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้งที่มีผลต่อค่า

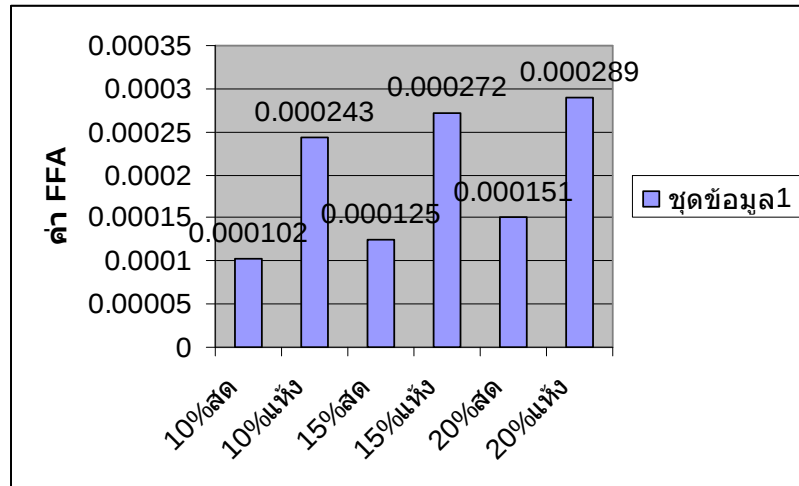
Peroxide Value (PV)



ภาพที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่า Peroxide Value (PV) การเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง

ปริมาณ ค่า P.V ของน้ำมันที่เติมปวยเล้งทั้งสดและแห้ง แล้วทำการทอดจำนวน 4 ครั้ง ได้ดังภาพที่ 4.9 พบว่าปริมาณ ค่า P.V ของน้ำมันที่เติมปวยเล้งสดและแห้ง มีค่าปริมาณ P.V เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการทอดหลายครั้ง จะเห็นว่า การเติมปวยเล้งสดขณะทอดมีค่าปริมาณ P.V น้อยกว่า การเติมปวยเล้งแห้งขณะทอด จะมีปริมาณน้อยสุด คือร้อยละ 20 รองลงมาคือ ร้อยละ 15 และ 10 ตามลำดับ ดังนั้นการเติมปวยเล้งสด ลงในน้ำมันขณะทอด สามารถลดการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันได้ดีกว่าเติมปวยเล้งแห้ง

4.3.3 ผลการเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้งที่มีผลต่อค่า Free Fatty Acid (FFA)

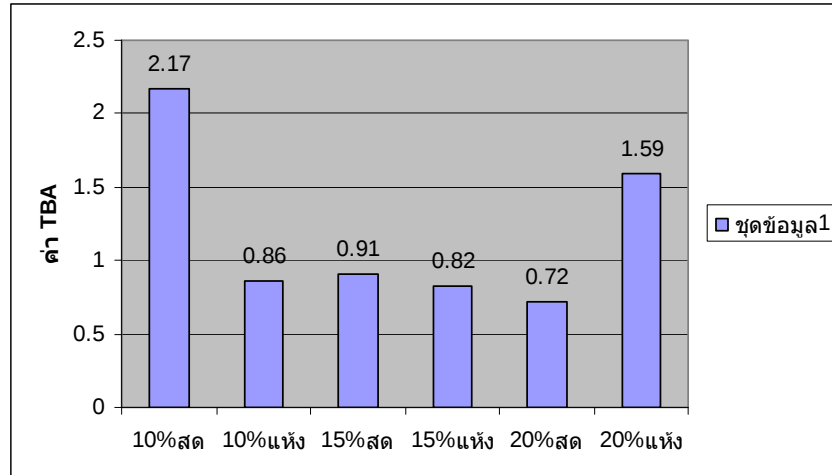


ภาพที่ 4.10 การเปรียบเทียบ ค่า Free Fatty Acid (FFA) การเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง

จากผลการทดลอง ค่า Free Fatty Acid ซึ่งแสดงปริมาณของ Free Fatty Acid ที่เกิดขึ้นในน้ำมันเมื่อเติมปวยเล้งลงไป ในน้ำมันที่ใช้ทอดโดยเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง ทอดเป็นจำนวนรวม 4 ครั้งและจากการทดลองเติมปวยเล้งทั้งสดและแห้ง ลงในน้ำมันขณะทำการทอด พบว่าค่า FFA มีแนวโน้มที่ลดลง และจากการเติมปวยเล้งสดจะมีค่า FFA ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การเติมปวยเล้งแห้ง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเติมปวยเล้งสด ลงในน้ำมันขณะทอด สามารถลดการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันได้ดีกว่าเติมปวยเล้งแห้ง

4.3.4 ผลการเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้งที่มีผลต่อค่า

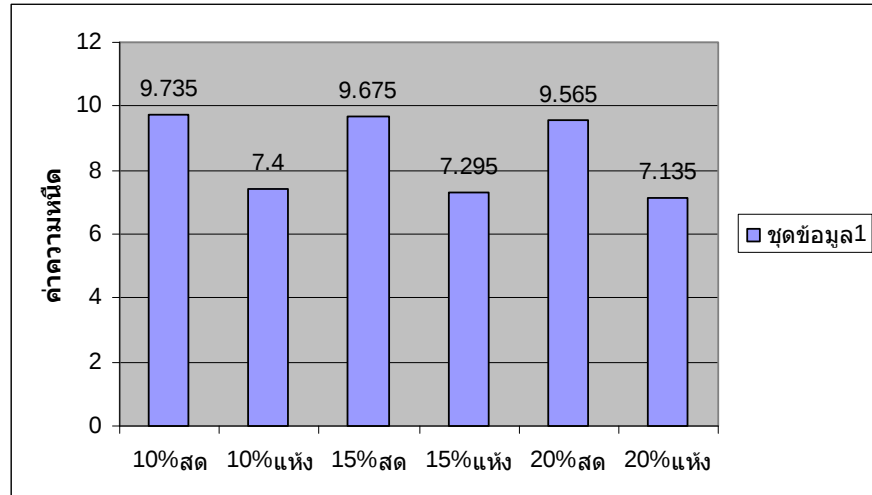
Thiobarbituric Acid (TBA)



ภาพที่ 4.11 การเปรียบเทียบ ค่า Thiobarbituric Acid (TBA) การเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้ง โดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง

จากภาพที่ 4.11 เป็นการเปรียบเทียบค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของน้ำมันที่ใช้ทอดกล้วยทั้งน้ำมันที่เติมปวยเล้งสดและเติมปวยเล้งแห้ง พบว่า การเติมปวยเล้งสดที่ระดับร้อยละ 20 มีค่า TBA ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับปวยเล้งแห้งที่ระดับเดียวกัน และมีค่าต่ำกว่าปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งที่ระดับร้อยละ 10 และ 15

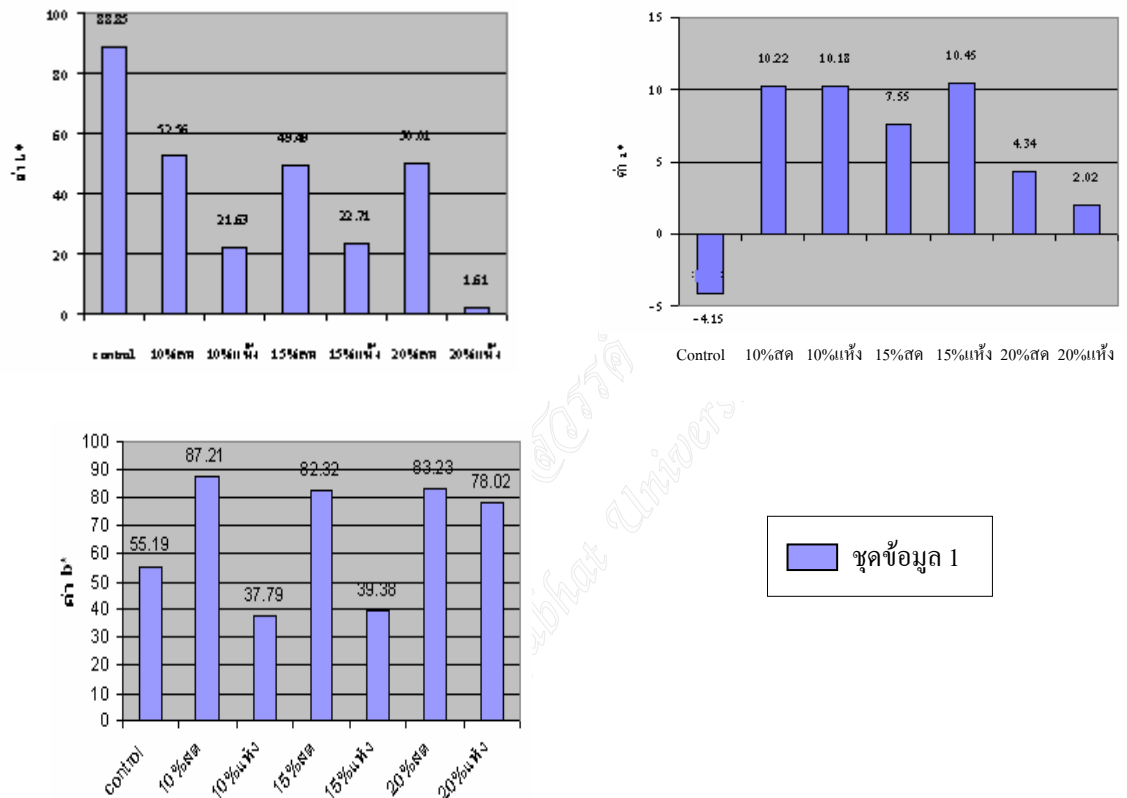
4.3.5 ผลการเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง ที่มีผลต่อค่าความหนืด (Viscosity)



ภาพที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่า ความหนืดของการเติมปวยเล้งทั้งสดและแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง

จากการทดลองการเติมปวยเล้งทั้งสดและแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง พบว่า การเติมปวยเล้งสด ลงในน้ำมันขณะทอดจะมีค่าความหนืดสูงกว่าเติมปวยเล้งแห้ง ในทุกระดับปริมาณ ดังนั้นการเติมปวยเล้งสด ลงในน้ำมันขณะทอด สามารถลดการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันได้ดีกว่าเติมปวยเล้งแห้ง

4.3.6 ผลการเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง ที่มีผลต่อค่าสี (L^* , a^* , b^*)



ภาพที่ 4.13 การเปรียบเทียบค่าสี (L^* , a^* , b^*) การเติมปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้งโดยทำการเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง

จากผลการทดลอง ค่า L^* ของสีซึ่งแสดงความสว่างของสีของน้ำมันมีค่าแนวโน้มที่ลดลง แสดงให้เห็นถึงการที่น้ำมันมีสีเข้มขึ้นจากการเสื่อมคุณภาพของน้ำมัน แต่จากการเติมปวยเล้ง ลงใน น้ำมันขณะทำการทอดร้อยละ 10 15 และ 20 มีค่า L^* ต่ำกว่ากรณีการทอดแบบการเติมปวยเล้ง สดที่ระดับร้อยละ 10 15 และ 20 เนื่องจากปวยเล้งมีรงควัตถุสีเขียวอยู่แต่ไม่ทำให้คุณภาพของ อาหารลดลง

ค่า a^* และค่า b^* ของน้ำมัน จากการเติมปวยเล้ง พบว่า น้ำมันมีสีเขียวน้อยกว่า แต่มีสีเหลือง มากกว่ากรณีการทอดแบบไม่เติมปวยเล้ง ดังนั้นการวิเคราะห์ค่าสีจึงไม่สามารถเปรียบเทียบเชิง คุณภาพน้ำมันระหว่างกรณีเติมและไม่เติมปวยเล้งได้

4.4 ผลการศึกษาคูณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยแขก

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยแขก ทำการทดสอบ จำนวน 4 ครั้ง

4.4.1 การทดสอบแบบไม่เต็มปวยเล้ง ผลแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

จำนวนครั้งที่ทดสอบ	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
1	6.3 ^a	6.4 ^a	6.5 ^a	6.5 ^a
2	6.3 ^a	6.6 ^a	6.6 ^a	6.6 ^a
3	6.9 ^a	6.7 ^a	6.6 ^a	7.0 ^a
4	6.9 ^a	6.8 ^a	7.1 ^a	7.2 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงถึงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม จากจำนวนการทดสอบ 4 ครั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) ดังนั้นจำนวนครั้งในการทดสอบ 4 ครั้ง ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้าน สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส

4.4.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยแขกโดยทำการทอดแบบเดิม
ปวยเล้งสด

ตารางที่ 4.5 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของการเติมปวยเล้งสดลงในน้ำมันที่ทอดอาหาร

ระดับ	จำนวนครั้งที่ทอด	ผลทางประสาทสัมผัส			
		สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
control	-	5.75 ^a	5.75 ^a	6.25 ^{ab}	6.25 ^{ab}
10%	1	7.25 ^a	7.25 ^a	6.00 ^{ab}	6.00 ^{ab}
	2	7.00 ^a	7.00 ^a	7.25 ^a	7.25 ^a
	3	6.25 ^a	6.25 ^a	6.25 ^{ab}	6.25 ^{ab}
	4	5.75 ^a	5.75 ^a	6.75 ^{ab}	6.75 ^{ab}
15%	1	7.00 ^a	7.00 ^a	5.75 ^{ab}	5.75 ^{ab}
	2	7.25 ^a	7.25 ^a	6.75 ^{ab}	6.75 ^{ab}
	3	7.20 ^a	7.20 ^a	7.60 ^a	7.60 ^a
	4	5.75 ^a	5.75 ^a	6.50 ^{ab}	6.50 ^{ab}
20%	1	5.50 ^a	5.50 ^a	5.50 ^{ab}	5.50 ^{ab}
	2	6.50 ^a	6.50 ^a	4.75 ^b	4.75 ^b
	3	7.33 ^a	7.33 ^a	6.33 ^{ab}	6.33 ^{ab}
	4	6.50 ^a	6.50 ^a	5.50 ^{ab}	5.50 ^{ab}

หมายเหตุ ^{a-b} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม จากจำนวนการทอด 4 ครั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจำนวนครั้งในการทอด 4 ครั้งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้าน เนื้อสัมผัส โดยผู้บริโภครับการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เติมผักปวยเล้งสดที่ปริมาณร้อยละ 10 มากที่สุด ส่วนคุณภาพด้านสีและกลิ่นรสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$)

4.4.3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยแขกโดยทำการทอดแบบเดิม ปวยเล้งแห้ง

ตารางที่ 4.6 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของการเติมปวยเล้งแห้งลงในน้ำมันที่ทอดอาหาร

ระดับ	จำนวนครั้งที่ทอด	ผลทางประสาทสัมผัส			
		สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
control	-	5.50 ^{bc}	3.00 ^{bc}	5.50 ^{bc}	5.50 ^{bc}
10%	1	7.50 ^a	5.25 ^a	7.50 ^a	7.50 ^a
	2	4.75 ^{bcd}	3.50 ^{abc}	4.75 ^{bcd}	4.75 ^{bcd}
	3	4.75 ^{bc}	2.25 ^c	4.75 ^{bc}	4.75 ^{bc}
	4	5.50 ^{bc}	3.00 ^{bc}	5.50 ^{bc}	5.50 ^{bc}
15%	1	6.00 ^{abc}	4.00 ^{abc}	6.00 ^{abc}	6.00 ^{abc}
	2	3.25 ^d	3.75 ^{abc}	3.25 ^d	3.25 ^d
	3	5.00 ^{bcd}	4.20 ^{abc}	5.00 ^{bcd}	5.00 ^{bcd}
	4	4.25 ^{cd}	3.50 ^{abc}	4.25 ^{cd}	4.25 ^{cd}
20%	1	4.75 ^{bcd}	4.25 ^{abc}	4.75 ^{bcd}	4.75 ^{bcd}
	2	6.25 ^a	4.75 ^{a,b}	6.25 ^a	6.25 ^a
	3	5.66 ^{bc}	4.66 ^{ab}	5.66 ^{bc}	5.66 ^{bc}
	4	4.75 ^{bcd}	4.00 ^{abc}	4.75 ^{bcd}	4.75 ^{bcd}

หมายเหตุ^{a-b} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 4.6 พบว่าผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้าน จากจำนวนการทอด 4 ครั้ง คือ ร้อยละ 10 15 และ 20 ของปวยเล้งแห้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (p≤0.05) ดังนั้นจำนวนครั้งในการทอด 4 ครั้งจึงส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้าน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส โดยผู้บริโภครับประทานที่ปริมาณร้อยละ 10 มากที่สุด

4.4.4 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยแขกโดยทำการทอดแบบเดิม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้งของปวยเล้งสด

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของปวยเล้งสด ในการเดิม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง

ระดับ	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
10%	7.5 ^a	7.35 ^a	7.35 ^a	7.60 ^a
15%	7.2 ^a	7.15 ^a	7.20 ^a	7.35 ^a
20%	7.3 ^a	6.95 ^a	7.45 ^a	7.35 ^a

หมายเหตุ ^{a-b} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.7 พบว่าผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม จากจำนวนการทอด 4 ครั้ง จากการเดิมปวยเล้งสด 1 ครั้ง และเว้น 1 ครั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) ดังนั้นจำนวนครั้งในการทอด 4 ครั้ง ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้าน สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส

4.4.5 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยแขกโดยทำการทอดแบบเดิม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้งของปวยเล้งแห้ง

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของปวยเล้งแห้ง ในการเดิม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง

ระดับ	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
10%	6.65 ^a	6.00 ^a	5.95 ^a	6.50 ^a
15%	6.80 ^a	6.50 ^a	6.35 ^b	6.85 ^a
20%	6.35 ^a	5.59 ^a	6.75 ^b	6.50 ^a

หมายเหตุ ^{a-b} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.8 พบว่าผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม จากจำนวนการทอด 4 ครั้ง จากการเดิมปวยเล้งแห้ง 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง สี กลิ่นรส ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) ส่วนเนื้อสัมผัสนั้นในอัตราส่วนร้อยละ 10 มี

ความแตกต่างกับ ร้อยละ 15 และ 20 ดังนั้นจำนวนครั้งในการทอด 4 ครั้งไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้าน สี กลิ่นรส แต่ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสเนื้อสัมผัส ในชนิดของพายเล้งแห้ง

4.5 ผลปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ตรวจพบในผักพายเล้งทั้ง 2 ชนิด

ตารางที่ 4.9 แสดงผลปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ตรวจพบในผักพายเล้งทั้ง 2 ชนิด

ชนิดผักพายเล้ง	ปริมาณที่ตรวจพบ (mg/l)
พายเล้งสด	28.733
พายเล้งแห้ง	99.179

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 จากการศึกษาชนิดและปริมาณของผักปวยเล้งสดและปวยเล้งที่ ร้อยละ 10 15 และ 20 ของน้ำมันที่ใช้ทอดที่มีผลในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร โดยใช้ค่าดัชนีต่างๆ วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันคือ Peroxide Value (PV) Acid Value (AV) Thiobarbituric Acid (TBA) Free Fatty Acid (FFA) ค่าสี ความหนืดพบว่า การเติมผักปวยเล้งสดที่ปริมาณร้อยละ 20 สามารถลดการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันได้

5.2 จากการศึกษาความคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันทอดอาหารที่เติมผัก ปวยเล้งโดยเติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง โดยใช้ค่าดัชนีต่างๆ วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันคือ Peroxide Value (PV) Acid Value (AV) Thiobarbituric Acid (TBA) Free Fatty Acid (FFA) ค่าสี ความหนืด พบว่า ค่าดัชนีของปวยเล้งสดมีแนวโน้มลดลง ยกเว้นค่าสีที่มีความแตกต่างกัน ทั้ง 3 ระดับคือ ร้อยละ 10 15 และ 20

5.3 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดเป็นดังนี้

5.3.1 การทอดกล้วยจำนวน 4 ครั้ง โดยไม่เปลี่ยนน้ำมันและไม่เติมปวยเล้งพบว่าคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส การยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ของกล้วยทอดทั้ง 4 ครั้งไม่แตกต่างกัน

5.3.2 การทอดกล้วยโดยเติมผักปวยเล้งสดที่ระดับร้อยละ 10 15 และ 20 ของน้ำมันที่ใช้ทอดมีผลทำให้คุณลักษณะด้าน เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมแตกต่างกัน โดยผู้บริโภคยอมรับกล้วยที่ทอดในน้ำมันที่เติมผักปวยเล้งสดที่ร้อยละ 10 มากที่สุด

5.3.3 การทอดกล้วยโดยเติมผักปวยเล้งแห้งสดที่ระดับร้อยละ 10 15 และ 20 ของน้ำมันที่ใช้ทอดมีผลทำให้คุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมแตกต่างกันทุกอัตราส่วนโดยผู้บริโภคยอมรับกล้วยที่ทอดในน้ำมันที่เติมผักปวยเล้งแห้งที่ร้อยละ 10 มากที่สุด

5.3.4 การทอดกล้วยโดยเติมปวยเล้ง 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง ในน้ำมันที่ใช้ทอดกล้วยจำนวน 4 ครั้ง พบว่าคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ระดับไม่มีความแตกต่างกันทั้งปวยเล้งสดและปวยเล้งแห้ง

ภาคผนวก ค.

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ค.1 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

ตารางภาคผนวกที่ ค.1 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	.638(a)	.058	1159.515	.000
Intercept	1	2018.867	2018.867	40377345.	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	.028	.014	280.333	.000
เปอร์เซ็นต์*ครั้ง	3	.229	.076	1524.444	.000
Error	6	.381	.064	1270.111	.000
Total	12	.001	5.000E-05		
Corrected Total	24	2019.506			
	23	.638			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.2 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์เซ็นต์	N	Subset								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
33.00	2	8.955								
31.00	2		9.005							
34.00	2			9.025						
21.00	2			9.035						
24.00	2				9.145					
22.00	2					9.175				
11.00	2						9.1950			
14.00	2						9.2050			
12.00	2							9.225		
23.00	2							9.235		
13.00	2								9.2550	
32.00	2									9.6050
Sig.		1.000	1.000	.183	1.000	1.000	.183	.183	1.000	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ก.3 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้ง
แห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	.368(a)	.033	535.582	.000
Intercept	1	1304.933	1304.933	20878920.	.000
เปอร์เซ็นต์ ครึ่ง	2	.193	.096	1543.400	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครึ่ง	3	.103	.034	550.644	.000
Error	6	.072	.012	192.111	.000
Total	12	.001	6.250E-05		
Corrected Total	24	1305.302			
	23	.369			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ก.4 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ความหนืดของน้ำมัน โดยแปร
ปริมาณของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์ เซ็นต์ ครึ่ง	N	Subset								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
32.00	2	7.225								
31.00	2	7.235	7.235							
33.00	2		7.245	7.245						
23.00	2			7.255						
22.00	2				7.285					
34.00	2					7.375				
11.00	2						7.410			
24.00	2						7.415			
12.00	2						7.425			
13.00	2							7.475		
21.00	2								7.4950	
14.00	2									7.6450
Sig.		.230	.230	.230	1.000	1.000	.095	1.000	1.000	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ก.5 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้ง
สดเต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	1.000(a)	.091	1817.818	.000
Intercept	1	2207.234	2207.234	44144688.	.000
เปอร์เซ็นต์ ครึ่ง	2	.563	.281	5629.000	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครึ่ง	3	.105	.035	699.111	.000
Error	6	.332	.055	1106.778	.000
Total	12	.001	5.000E-05		
Corrected Total	24	2208.235			
	23	1.000			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ก.6 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ความหนืดของน้ำมัน โดยแปร
ปริมาณของปวยเล้งสด 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์ ครึ่ง	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
33.00	2	9.335	9.385	9.505	9.555	9.635	9.675	9.735	10.1050
21.00	2	9.345							
32.00	2								
22.00	2			9.505					
31.00	2			9.505					
23.00	2				9.555				
34.00	2				9.565				
12.00	2					9.635			
24.00	2						9.675		
13.00	2							9.735	
14.00	2							9.735	
11.00	2								
Sig.		.183	1.000	1.000	.183	1.000	1.000	1.000	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ค.7 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความหนืดของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้ง
แห้งเต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	.420(a)	.038	805.808	.000
Intercept	1	1238.751	1238.751	26170806	.000
เปอร์เซ็นต์	2	.295	.148	3118.324	.000
ครั้ง	3	.082	.027	574.310	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	6	.043	.007	150.718	.000
Error	12	.001	4.733E-05		
Total	24	1239.172			
Corrected Total	23	.420			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.8 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ความหนืดของน้ำมัน โดยแปร
ปริมาณของปวยเล้งแห้ง 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์เซ็นต์	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
31.00	2	6.965							
32.00	2	6.975							
33.00	2		7.075						
34.00	2			7.135					
21.00	2			7.145					
12.00	2				7.175				
23.00	2				7.185				
22.00	2					7.215			
13.00	2						7.285		
24.00	2						7.295		
11.00	2							7.357	
14.00	2								7.405
Sig.		.172	1.000	.172	.172	1.000	.172	1.000	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ค.9 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านสี (a) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	1124.035(a)	102.185	319883.62	.000
Intercept	1	1.017	1.017	3182.826	.000
เปอร์เซ็นต์	2	69.692	34.846	109083.76	.000
ครั้ง	3	1010.780	336.927	1054727.4	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	6	43.563	7.260	22728.333	.000
Error	24	.008	.000		
Total	36	1125.060			
Corrected Total	35	1124.043			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.10 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ด้านสี (a) น้ำมัน โดยแปรปริมาณของสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์เซ็นต์	N	Subset											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21.00	3	-7.29											
11.00	3		-6.75										
31.00	3			-5.81									
32.00	3				-4.87								
22.00	3					-4.01							
12.00	3						-0.99						
33.00	3							-0.546					
23.00	3								1.99				
13.00	3									4.14			
34.00	3										4.34		
24.00	3											7.55	
14.00	3												10.2
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	1.000	1.00	1.00	1.00	1.0	1.00

ตารางภาคผนวกที่ ค.11 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านสี (b) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	3197.144(a)	290.649	9024.823	.000
Intercept	1	291121.397	291121.397	9039477.5	.000
เปอร์เซ็นต์	2	101.231	50.616	1571.639	.000
ครั้ง	3	2881.871	960.624	29827.885	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	6	214.042	35.674	1107.686	.000
Error	24	.773	.032		
Total	36	294319.313			
Corrected Total	35	3197.917			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.12 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ด้านสี (b) น้ำมัน โดยแปรปริมาณของสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์เซ็นต์	N	Subset											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
31.00	3	75.02											
21.00	3		75.47										
24.00	3			82.31									
34.00	3				83.22								
11.00	3					84.3							
14.00	3						87.2						
13.00	3							94.7					
32.00	3								96.2				
23.00	3									98.4			
22.00	3										99.3		
33.00	3											99.9	
12.00	3												102.95
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.000	1.00	1.00	1.00

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	5865.537(a)	533.231	1599691.9	.000
Intercept	1	164184.339	164184.339	492553016	.000
เปอร์เซ็นต์	2	60.416	30.208	90623.758	.000
ครั้ง	3	5688.062	1896.021	5688062.0	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	6	117.059	19.510	58529.614	.000
Error	24	.008			
Total	36	170049.884			
Corrected Total	35	5865.545			

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[illegible]

ตารางภาคผนวกที่ ค.15 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า L ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด เต็ม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	1164.812(a)	105.892	409.196	.000
Intercept	1	242848.555	242848.555	938434.32	.000
เปอร์เซ็นต์	2	5.803	2.901	11.211	.000
ครั้ง	3	1133.606	377.869	1460.190	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	6	25.403	4.234	16.361	.000
Error	24	6.211	.259		
Total	36	244019.577			
Corrected Total	35	1171.023			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.16 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ค่า L น้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์เซ็นต์	N	Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
24.00	3	74.7700						
14.00	3	75.4833	75.4833					
23.00	3		76.0933	76.0933				
34.00	3			76.9267	76.9267			
33.00	3				77.3500			
13.00	3					78.6900		
11.00	3						86.2000	
12.00	3						86.9367	
22.00	3							87.9400
32.00	3							87.9433
31.00	3							88.5800
21.00	3							88.6800
Sig.		.099	.155	.056	.318	1.000	.089	.115

ตารางภาคผนวกที่ ค.17 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี (b) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปุ๋ยเลี้ยงสด เดิม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	9259.634(a)	841.785	9476.892	.000
Intercept	1	230686.489	230686.489	2597089.6	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	135.821	67.910	764.542	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	3	8755.469	2918.490	32856.623	.000
Error	6	368.345	61.391	691.143	.000
Total	24	2.132	.089		
Corrected Total	36	239948.255			
	35	9261.766			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.18 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ค่าสี (b) น้ำมัน โดยแปรปริมาณของปุ๋ยเลี้ยงสด 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์ เซ็นต์	N	Subset								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
21.00	3	59.1733								
32.00	3		61.1333							
31.00	3		61.5300							
22.00	3			62.3333						
12.00	3				69.32					
11.00	3					73.3000				
14.00	3						92.9167			
33.00	3							95.0000		
34.00	3							95.4167		
13.00	3							95.4700		
24.00	3								96.2333	
23.00	3									98.7700
Sig.		1.000	.116	1.000	1.000	1.000	1.000	.079	1.000	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ค.19 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี (a) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด เดิม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	324.050(a)	29.459	7214.472	.000
Intercept	1	535.382	535.382	131114.07	.000
เปอร์เซ็นต์	2	8.535	4.268	1045.162	.000
ครั้ง	3	306.503	102.168	25020.683	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	6	9.011	1.502	367.803	.000
Error	24	.098	.004		
Total	36	859.530			
Corrected Total	35	324.148			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.20 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ค่า a น้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์เซ็นต์	N	Subset									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21.00	3	-7.066									
31.00	3	-6.973									
11.00	3		-6.33								
32.00	3			-5.77							
22.00	3				-5.56						
12.00	3				-5.48						
33.00	3					-4.55					
13.00	3						-3.91				
23.00	3							-3.22			
34.00	3								-8.53		
24.00	3									1.48	
14.00	3										1.98
Sig.		.086	1.000	1.000	.138	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	18896.584(a)	1717.871	2143.513	.000
Intercept	1	79528.700	79528.700	99233.770	.000
เปอเซน	2	89.300	44.650	55.713	.000
ครึ่ง	3	4671.834	1557.278	1943.130	.000
เปอเซน * ครึ่ง	6	14135.449	2355.908	2939.639	.000
Error	24	19.234	.801		
Total	36	98444.518			
Corrected Total	35	18915.818			

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.22 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ด้านสี (L) น้ำมัน โดยแปร
ปริมาณของแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

[illegible]

ตารางภาคผนวกที่ ก.23 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านสี (b) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	31153.090(a)	2832.099	110.128	.000
Intercept	1	143921.597	143921.597	5596.465	.000
เปอร์เซ็นต์	2	3909.120	1954.560	76.004	.000
ครั้ง	3	24566.708	8188.903	318.430	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	6	2677.262	446.210	17.351	.000
Error	24	617.196	25.717		
Total	36	175691.884			
Corrected Total	35	31770.287			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ก.24 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ด้านสี (b) น้ำมัน โดยแปรปริมาณของแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์เซ็นต์	N	Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
34.00	3	2.7800						
33.00	3		25.8100					
14.00	3			37.7967				
24.00	3			39.3867				
13.00	3				62.7667			
23.00	3				64.6300			
32.00	3				70.9700			
21.00	3					82.3433		
12.00	3					87.3667	87.3667	
22.00	3					88.4800	88.4800	
31.00	3						95.0033	95.0033
11.00	3							101.4067
Sig.		1.000	1.000	.704	.072	.174	.093	.135

ตารางภาคผนวกที่ ก.25 การวิเคราะห์ทางสถิติด้านสี (a) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	484.076(a)	44.007	68.312	.000
Intercept	1	2045.904	2045.904	3175.883	.000
เปอร์เซ็นต์	2	24.875	12.437	19.307	.000
ครั้ง	3	270.615	90.205	140.027	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	6	188.585	31.431	48.791	.000
Error	24	15.461	.644		
Total	36	2545.440			
Corrected Total	35	499.536			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ก.26 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ด้านสี (b) น้ำมัน โดยแปรปริมาณของแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์เซ็นต์	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
21.00	3	-4.733					
34.00	3		2.0200				
11.00	3			3.6867			
31.00	3				5.9600		
33.00	3					8.3133	
22.00	3					9.2633	9.2633
12.00	3						9.7900
32.00	3						9.9833
14.00	3						10.1867
24.00	3						10.4533
23.00	3						10.5467
13.00	3						10.7333
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	.160	.060

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	1182.787(a)	107.526	355131.92	.000
Intercept	1	2032.657	2032.657	6713363.3	.000
เปอร์เซ็นต์	2	604.688	302.344	998567.2	.000
ครั้ง	3	369.599	123.200	406897.47	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	6	208.500	34.750	114770.72	.000
Error	24	.007	.000		
Total	36	3215.451			
Corrected Total	35	1182.794			

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.28 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ค่าสี (a) น้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งแห้ง เติม 1 ครั้งเว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

[illegible]

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	14494.201(a)	1317.655	291373.26	.000
Intercept	1	164674.993	164674.993	36414617	.000
เปอร์เซ็นต์	2	10377.016	5188.508	1147335.9	.000
ครั้ง	3	1019.944	339.981	75180.168	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	6	3097.241	516.207	114148.91	.000
Error	24	.109	.005		
Total	36	179169.302			
Corrected Total	35	14494.310			

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.30 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) ค่าสี (b) น้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งแห้ง เติม 1 ครั้งเว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

[illegible]

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	17572.093(a)	1597.463	5808956.4	.000
Intercept	1	89780.134	89780.134	326473216	.000
เปอร์เซ็นต์	2	9680.826	4840.413	17601501	.000
ครั้ง	3	4357.799	1452.600	5282180.6	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	6	3533.468	588.911	2141495.9	.000
Error	24	.007	.000		
Total	36	107352.234			
Corrected Total	35	17572.100			

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ (DMS) สำหรับจำนวนครั้งที่ผู้เข้าร่วมทดลองใช้แอปพลิเคชัน 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของ

[illegible]

ตารางภาคผนวกที่ ค.33 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Peroxide Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ
ปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	5751.505(a)	522.864	6.913	.001
Intercept	1	21211.166	21211.166	280.430	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	3774.392	1887.196	24.950	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	3	530.814	176.938	2.339	.125
Error	6	1446.300	241.050	3.187	.041
Total	12	907.655	75.638		
Corrected Total	24	27870.326			
	23	6659.160			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.34 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Peroxide Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ
ปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	9487.472(a)	862.497	7.826	.001
Intercept	1	75014.447	75014.447	680.696	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	463.336	231.668	2.102	.165
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	3	8185.376	2728.459	24.759	.000
Error	6	838.760	139.793	1.269	.341
Total	12	1322.430	110.203		
Corrected Total	24	85824.349			
	23	10809.902			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.35 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Peroxide Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ
ปวยเล้งสด เติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	717.028(a)	65.184	1.597	.217
Intercept	1	2141.937	2141.937	52.469	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	65.055	32.527	.797	.473
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	3	377.603	125.868	3.083	.068
Error	6	274.370	45.728	1.120	.407
Total	12	489.874	40.823		
Corrected Total	24	3348.840			
	23	1206.903			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.36 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Peroxide Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ
ปวยเล้งแห้ง เติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	7729.743(a)	702.704	4.600	.007
Intercept	1	15848.676	15848.676	103.753	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	341.515	170.758	1.118	.359
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	3	2315.301	771.767	5.052	.017
Error	6	5072.926	845.488	5.535	.006
Total	12	1833.043	152.754		
Corrected Total	24	25411.462			
	23	9562.786			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.37 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Acid Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ ปวยเล้ง
สด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	6.965(a)	.633	.629	.774
Intercept	1	259.450	259.450	257.925	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	.265	.133	.132	.878
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	3	.365	.122	.121	.946
Error	6	6.334	1.056	1.050	.442
Total	12	12.071	1.006		
Corrected Total	24	278.485			
	23	19.036			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.38 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Acid Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ ปวยเล้ง
แห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	8.853(a)	.805	2.044	.118
Intercept	1	636.437	636.437	1616.091	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	6.099	3.049	7.743	.007
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	3	.300	.100	.254	.857
Error	6	2.454	.409	1.039	.447
Total	12	4.726	.394		
Corrected Total	24	650.016			
	23	13.578			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.39 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Acid Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ ปวยเล้งสด เติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	2.222(a)	.202	.482	.882
Intercept	1	171.468	171.468	408.950	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	.386	.193	.460	.642
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	3	.234	.078	.186	.904
Error	6	1.602	.267	.637	.700
Total	12	5.031	.419		
Corrected Total	24	178.721			
	23	7.254			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.40 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Acid Value ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของ ปวยเล้งแห้ง เติม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	21.573(a)	1.961	3.538	.020
Intercept	1	531.853	531.853	959.605	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	1.559	.780	1.407	.283
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	3	9.829	3.276	5.911	.010
Error	6	10.185	1.697	3.063	.047
Total	12	6.651	.554		
Corrected Total	24	560.077			
	23	28.224			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.41 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	5.022(a)	.457	91.996	.000
Intercept	1	24.301	24.301	4896.914	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	1.904	.952	191.791	.000
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	3	1.626	.542	109.200	.000
Error	6	1.493	.249	50.128	.000
Total	12	.060	.005		
Corrected Total	24	29.382			
	23	5.081			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ ค.42 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ(DMRT) Thiobarbituric acid (TBA) ของน้ำมัน โดยแปรปริมาณของปวยเล้งสด 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

เปอร์ เซ็นต์ ครั้ง	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
34.00	2	.5350					
33.00	2	.5850	.5850				
24.00	2	.6200	.6200				
32.00	2	.6600	.6600				
31.00	2		.7400				
23.00	2			.9400			
13.00	2			.9700			
14.00	2			1.0400			
12.00	2			1.0650			
11.00	2				1.2500		
22.00	2					1.4300	
21.00	2						2.2400
Sig.		.125	.063	.125	1.000	1.000	1.000

ตารางภาคผนวกที่ ค.43 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของน้ำมัน โดยแปร
ปริมาณของปวยเล้งแห้ง 10 % 15% และ 20% ของปริมาณน้ำมัน

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	.056(a)	.005	1.071	.451
Intercept	1	16.170	16.170	3416.285	.000
เปอร์เซ็นต์ ครั้ง	2	.035	.018	3.724	.055
เปอร์เซ็นต์ * ครั้ง	3	.004	.001	.264	.850
Error	6	.017	.003	.591	.732
Total	12	.057	.005		
Corrected Total	24	16.283			
	23	.113			

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค.2 ผลทดสอบการคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ ค.44 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี แบบไม่เติมปวยเล้ง

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	SS	MS	F
TRT	3	7.837	2.61	2.398 ^{NS}
REP	19	131.738	6.934	4.231 *
ERROR	57	93.43	1.64	
TOTAL	79	3731		

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.45 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส แบบไม่เต็ม
ปวยเล้ง

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	SS	MS	F
TRT	3	1.438	0.479	.596 ^{NS}
REP	19	96.638	5.086	6.328*
ERROR	57	45.813	0.804	
TOTAL	79	3695		

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.46 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส แบบไม่เต็มปว
ยเล้ง

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	SS	MS	F
TRT	3	2.338	0.779	0.593 ^{NS}
REP	19	81.138	4.270	3.249*
ERROR	57	74.913	1.314	
TOTAL	79	3763		

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.47 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวม แบบไม่เติมปวยเล้ง

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	df	SS	MS	F
TRT	3	7.238	2.413	1.883 ^{NS}
REP	19	107.238	5.644	4.406*
ERROR	57	73.013	1.281	
TOTAL	79	3955		

หมายเหตุ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.48 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบเดิม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง ของ
ปวยเล้งสด

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	Dependent Variable	df	Sum of Squares	Mean Square	F
REP	สี	19	29.933	1.575	5.221*
	เนื้อสัมผัส	19	12.000	.632	.620 ^{NS}
	กลิ่น	19	19.650	1.034	.558 ^{NS}
	ยอมรับ	19	20.733	1.091	1.959 ^{NS}
TRET	สี	2	1.200	.600	1.988 ^{NS}
	เนื้อสัมผัส	2	.633	.317	.311 ^{NS}
	กลิ่น	2	1.600	.800	.432 ^{NS}
	ยอมรับ	2	.833	.417	.748 ^{NS}
Error	สี	38	11.467	.302	
	เนื้อสัมผัส	38	38.700	1.018	
	กลิ่น	38	70.400	1.853	
	ยอมรับ	38	21.167	.557	
Total	สี	60	3240.000		
	เนื้อสัมผัส	60	3278.000		
	กลิ่น	60	3159.000		
	ยอมรับ	60	3358.000		

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ ค.49 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาธสัมพันธ์แบบเดิม 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง
ของปวยเล้งแห้ง

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	Dependent Variable	df	Sum of		
			Squares	Mean Square	F
REP	สี	19	41.517	2.185	1.566 ^{NS}
	เนื้อสัมผัส	19	98.983	5.210	4.279 ^{NS}
	กลิ่น	19	72.317	3.806	1.650 ^{NS}
	ยอมรับ	19	82.183	4.325	6.234*
TRET	สี	2	1.633	.817	.585 ^{NS}
	เนื้อสัมผัส	2	6.400	3.200	2.628 ^{NS}
	กลิ่น	2	3.700	1.850	.802 ^{NS}
	ยอมรับ	2	1.633	.817	1.177 ^{NS}
Error	สี	38	53.033	1.396	
	เนื้อสัมผัส	38	46.267	1.218	
	กลิ่น	38	87.633	2.306	
	ยอมรับ	38	26.367	.694	
Total	สี	60	2723.000		
	เนื้อสัมผัส	60	2571.000		
	กลิ่น	60	2433.000		
	ยอมรับ	60	2737.000		

หมายเหตุ ^{NS} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.50 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี แบบเติมปลายโค้ง

Analysis of Variance Procedure

Duncan Grouping	Mean	N	TRT
A	7.333	3	12
A	7.250	4	7
A	7.250	4	2
A	7.200	5	8
A	7.000	4	3
A	7.000	4	6
A	6.500	4	13
A	6.500	4	11
A	6.250	4	4
A	5.750	4	1
A	5.750	4	9
A	5.750	4	5
A	5.500	4	10

ตารางที่ ค.51 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส แบบเติมปวยเล้งสด

Analysis of Variance Procedure

Duncan Grouping	Mean	N	TRT
A	7.333	3	12
A	7.250	4	7
A	7.250	4	2
A	7.200	5	8
A	7.000	4	6
A	6.750	4	3
A	6.500	4	13
A	6.500	4	11
A	6.250	4	4
A	5.750	4	1
A	5.750	4	9
A	5.750	4	5
A	5.500	4	10

ตารางที่ ค.52 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส แบบ
เติมปวยเล้งสด

Analysis of Variance Procedure

Duncan Grouping		Mean	N	TRT
A		7.6000	5	8
A		7.2500	4	3
B	A	6.7500	4	5
B	A	6.7500	4	7
B	A	6.5000	4	9
B	A	6.3333	3	12
B	A	6.2500	4	4
B	A	6.2500	4	1
B	A	6.0000	4	2
B	A	5.7500	4	6
B	A	5.5000	4	13
B	A	5.5000	4	10

ตารางที่ ค.53 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับแบบเต็ม
ปวยเล้งสด

Analysis of Variance Procedure

Duncan Grouping		Mean	N	TRT
A		7.5000	4	2
B	A	6.2500	4	11
B	A C	6.0000	4	6
B	C	5.6667	3	12
B	C	5.5000	4	1
B	C	5.5000	4	5
B	C	5.5000	4	4
B	D C	5.0000	5	8
B	D C	4.7500	4	3
B	D C	4.7500	4	13
B	D C	4.7500	4	10
D	C	4.2500	4	9
D		3.2500	4	7

ตารางที่ ค.54 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีแบบเติมปลายลิ้นแห้ง

Analysis of Variance Procedure

Duncan Grouping	Mean	N	TRT
A	7.250	4	7
A	7.250	4	2
A	7.200	5	8
A	7.000	4	3
A	7.000	4	6
A	6.500	4	13
A	6.500	4	11
A	6.250	4	4
A	5.750	4	1
A	5.750	4	9
A	5.750	4	5
A	5.500	4	10
A	7.333	3	12

ตารางที่ ค.55 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสแบบเติมปวยเล้งแห้ง

Analysis of Variance Procedure

Duncan Grouping		Mean	N	TRT
A		5.2500	4	2
B	A	4.7500	4	11
B	A	4.6667	3	12
B	A C	4.2500	4	10
B	A C	4.2000	5	8
B	A C	4.0000	4	13
B	A C	4.0000	4	6
B	A C	3.7500	4	7
B	A C	3.5000	4	9
B	A C	3.5000	4	3
B	C	3.0000	4	1
B	C	3.0000	4	5
C		2.2500	4	4

ตารางที่ ค. 56 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส
เติมปวยเล้งแห้ง

แบบ

Analysis of Variance Procedure

Duncan Grouping	Mean	N	TRT
A	7.5000	4	2
B A	6.2500	4	11
B A C	6.0000	4	6
B C	5.6667	3	12
B C	5.5000	4	1
B C	5.5000	4	5
B C	5.5000	4	4
B D C	5.0000	5	8
B D C	4.7500	4	3
B D C	4.7500	4	13
B D C	4.7500	4	10
D C	4.2500	4	9
D	3.2500	4	7

ตารางที่ ก. 57 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับ
เติมปวยเล้งแห้ง

Analysis of Variance Procedure

Duncan Grouping			Mean	N	TRT
A			7.5000	4	2
B	A		6.2500	4	11
B	A	C	6.0000	4	6
B		C	5.6667	3	12
B		C	5.5000	4	1
B		C	5.5000	4	5
B		C	5.5000	4	4
B	D	C	5.0000	5	8
B	D	C	4.7500	4	3
B	D	C	4.7500	4	13
B	D	C	4.7500	4	10
	D	C	4.2500	4	9
	D		3.2500	4	7