



T096549

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส
ของปีกบนไก่หุบแป็งทอดระหว่างการแช่แข็ง

Changes in Physical, Chemical, Microbial and Sensory Qualities of Fried Breaded
Chicken Drummett During Freezing

โดย

นายกาญจน์ สุทธิสมบูรณ์ รหัสนักศึกษา 43040161

นายปลาวุฒิ วัฒนานุสิทธิ์ รหัสนักศึกษา 43040179

ได้รับความเห็นชอบจาก

ดร. วรณา ตั้งเจริญชัย

7/10/47

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(รศ.ดร.วรณา ตั้งเจริญชัย)

ป.พ.
ก381ก

2547

เลขทะเบียน..... 096549
ไม่มีการคืนค่า หักส่วน ออกของห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
วัน เดือน ปี.....

กัญจน์ สุทธิสมบุรณ์ และ ปภาวุฒิ วัฒนานุสิทธิ์. 2546. : การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของปีกบนไก่ชุบแป้งทอดระหว่างการแช่แข็ง (Changes in Physical , Chemical , Microbial and Sensory Qualities of Fried Breaded Chicken Drummett During Freezing). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วรรณมา ตั้งเจริญชัย

บทคัดย่อ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลง คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัสของปีกบนไก่ชุบแป้งทอดให้สุกเพียงบางส่วน (partially cooked) ที่อุณหภูมิ 175±5 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ก่อนเก็บที่อุณหภูมิ -10 และ -18 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน เปรียบเทียบกับคุณภาพของปีกบนไก่ชุบแป้งทอดให้สุกทั้งชิ้น (fully cooked) ตามลำดับ วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและ จุลินทรีย์ หลังจากแช่แข็งพบว่าค่าTBA เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บ พบว่าระยะเวลาเก็บและอุณหภูมิของการแช่แข็งมีบทบาทต่อปริมาณ TBA และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้คุณภาพดังกล่าวแปรผันตามระยะเวลา แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิแช่แข็ง ไม่พบจุลินทรีย์ *E.coli* , *Samonella* , *Staphylococcus aureus*. ทั้ง 14 และ 28 วัน และทั้งสองระดับของอุณหภูมิ เมื่อนำไก่มาทอดจนสุกแล้วพบว่าไก่ที่แช่ในอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 14วัน มีความกรอบมากกว่าที่แช่แข็งนาน 28วัน ทั้งนี้คุณภาพดังกล่าวดีกว่าเมื่อทดลองกับไก่ที่เก็บในอุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ด้านประสาทสัมผัสใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ โดยผู้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ที่ 14 และ 28 วัน ทั้งสองอุณหภูมิ

.....
 กัญจน์ สุทธิสมบุรณ์

.....
 อ.วรรณมา ตั้งเจริญชัย

ลายมือชื่อนักศึกษา

.....
 อ.วรรณมา ตั้งเจริญชัย

ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา

.....
 7 12/0. 42

วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร.วรรณมา ตั้งเจริญชัย ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าตลอดมา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ เขียวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรตม และอาจารย์ นภัสรพี เหลืองสกุล ที่ช่วยแก้ไขและกรุณาให้คำแนะนำงานบางส่วนจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า ตลอดระยะเวลาของการศึกษา

ขอขอบคุณพี่ๆ นักศึกษาปริญญาโทและเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาตรีที่ให้การสนับสนุน และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และยังให้กำลังใจต่อข้าพเจ้าตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณและขอรำลึกถึงพระคุณของบิดามารดาพี่น้องและญาติมิตรที่ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และยังให้กำลังใจต่อข้าพเจ้ามา โดยตลอด คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปัญหาพิเศษฉบับนี้ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กัญจน์ สุทธิสมบุรณ์
ปภาวุฒิ วัฒนานุสิทธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 : บทนำ	1
บทที่ 2 : วารสารปริทัศน์	2
2.1 การทอด	2
2.2 การแช่แข็ง	4
2.3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแปรรูปโดยอาศัยความเย็น	7
2.4 การทดสอบค่ากรดไทโอบาร์บิซูริก	8
บทที่ 3 : วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง	10
3.1 วัตถุประสงค์	10
3.2 วัตถุประสงค์ที่สำคัญ	10
3.3 สารเคมี	10
3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ	10
3.3 วิธีการทดลอง	11
บทที่ 4 : ผลการทดลองและวิจารณ์	13
4.1 ผลการทดลองทางกายภาพ	13
4.2 ผลการทดลองทางเคมี	14
4.3 ผลการทดลองทางจุลินทรีย์	15
4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	16
บทที่ 5 : สรุปผลการทดลอง	18
เอกสารอ้างอิง	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	20
ภาคผนวก ก : การตรวจสอบคุณภาพ	20
ภาคผนวก ข : ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	28
ภาคผนวก ค : ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	29
ภาคผนวก ง : ภาพจากการทดลอง	31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ค่าการแตกหัก (ความกรอบ) ในปีกบน ไก่ชุบแป้งทอดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน	14
2 ค่า TBA ในปีกบน ไก่ชุบแป้งทอดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน	15
3 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในปีกบน ไก่ชุบแป้งทอดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน	15
4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	16
ผ1 การตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อซาลโมเนลลา	26
ผ2 การวิเคราะห์ทางด้านสถิติค่าความกรอบ	29
ผ3 การวิเคราะห์ทางด้านสถิติค่า TBA	29
ผ4 การวิเคราะห์ทางด้านสถิติค่าคะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัส	30



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 อายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์และอุณหภูมิที่ใช้	6
2 ปฏิบัติการระหว่างกรดไทโอบาร์บิทริกกับมาโลนัลดีไฮด์	9
3 กรรมวิธีผลิตไก่ทอดแบบสุกบางส่วน	12
4 ค่าแรงกดที่วัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส	13
ผ1 แป้ง Batter, Breader และ Predust	31
ผ2 ไก่ชุบแป้งทอดที่บรรจุถุงเตรียมเก็บรักษา	31
ผ3 แป้งPredust ,น้ำแป้งBatter,แป้งBreader	31
ผ4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทอด	31
ผ5 ไก่ชุบแป้งทอดแบบสุกทั้งหมด	31
ผ6 ไก่ชุบแป้งทอดแบบสุกบางส่วน	31
ผ7 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส	32
ผ8 ชุดเครื่องวัดเนื้อสัมผัส	32
ผ9 ตู้แช่แข็ง	32
ผ10 การวัดเนื้อสัมผัส	32
ผ11 ตู้บ่มเชื้อ	32
ผ12 ตู้Autoclave	32

บทที่ 1

บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตอาหารซุบแป้งทอดได้รับการพัฒนามาเป็นเวลามากกว่า 10 ปี (Metha and Swinburn, 2001) โดยผลิตภัณฑ์ไก่ซุบแป้งทอดได้รับความนิยมมากและมีแนวโน้มที่จะได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากไก่เป็นอีกทิศทางหนึ่งที่มีส่วนสนับสนุนการขายตัวของอุตสาหกรรมผลิตสัตว์ปีก ซึ่งในปี 2546 มีการส่งออกไก่มูลค่ากว่า 50,000 ล้านบาท (ผู้จัดการออนไลน์, 2547) การขยายตัวทางเศรษฐกิจทำให้ผู้บริโภคหันมาพึ่งอาหารประเภทที่อำนวยความสะดวก (convenience foods) ที่จำหน่ายตามร้านจำหน่ายอาหารพร้อมบริโภคกันมากขึ้น ซึ่งไก่ทอดก็เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมให้จัดขายอยู่ตามศูนย์อาหารต่างๆตามห้างสรรพสินค้าและร้านอาหารจานด่วน (fast food) โดยไก่ทอดซุบแป้งทอดอาศัยกรรมวิธีการทำให้สุกโดยนำมาทอดแบบน้ำมันท่วม (deep fat frying) โดยมีการทอดใน 2 ลักษณะด้วยกันคือ แบบทอดให้สุกทั้งชิ้น (fully cooked) และแบบทอดให้สุกเพียงบางส่วน (partially cooked) และถ้าต้องเก็บรักษาไก่ทอดให้สามารถอยู่ได้นานยิ่งขึ้นจึงได้มีการใช้กระบวนการถนอมอาหารด้วยความเย็นเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากอุณหภูมิต่ำถูกใช้เพื่อทำให้ปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเอนไซม์ในอาหารเกิดช้า รวมถึงทำให้การเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารช้าหรือหยุดลงไป (วราวุฒิ, 2538) จึงทำให้สามารถคงคุณลักษณะของไก่ทอดไว้ได้นานยิ่งขึ้น เช่น สี ความกรอบ รวมถึงควบคุมปฏิกิริยาเคมีและจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาก่อนนำกลับมาทอดซ้ำใหม่อีกครั้ง เพื่อให้มีสภาพใกล้เคียงกับ ผลิตภัณฑ์ไก่ทอดที่เพิ่งผลิตเสร็จใหม่ๆ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิการแช่แข็งและเวลาต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัสของปีกบนไก่ซุบแป้งทอดที่ทอดแบบสุกบางส่วน

วัตถุประสงค์

ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิการแช่แข็งและเวลาต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัสของปีกบนไก่ซุบแป้งทอดที่ทอดแบบสุกบางส่วน

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

1. การทอด

เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการให้ความร้อนแก่ชิ้นส่วนของไก่ วิธีที่นิยมใช้กันมากคือการทอดแบบน้ำมันท่วม อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดอยู่ในช่วง 160 ถึง 180 องศาเซลเซียส การทอดแบ่งออกเป็นสองลักษณะคือ การทอดแบบครั้งเดียวสุก (fully cooked) ใช้ช่วงอุณหภูมิในการทอด 160 ถึง 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ถึง 10 นาที และการทอดแบบกึ่งสุก (partially cooked) ซึ่งใช้ช่วงอุณหภูมิเดียวกัน แต่เวลาจะลดลงเหลือ 1 ถึง 5 นาที การใช้อุณหภูมิในการทอดเกิน 204 องศาเซลเซียส จะทำให้อาหารไหม้และใจกลางอาหารจะไม่สุก หรือถ้าใช้เวลาทอดนานเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีดำ มีกลิ่นไหม้ (ปริยาพร, 2545)

การเปลี่ยนแปลงน้ำมันในระหว่างการทอด (Firestone *et al.*, 1991)

ปฏิกิริยาสำคัญที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอดซึ่งมีผลต่อการสลายตัวของน้ำมันมีดังนี้

1. ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นเมื่อน้ำจากอาหารและแป้งชุบทอดทำปฏิกิริยากับ โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ เมื่อมีความร้อนจะทำให้เกิดกรดไขมันอิสระซึ่งมีผลทำให้จุดควันต่ำลง และเกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ (off-flavor) นอกจากนี้การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ยังทำให้เกิด โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และกลีเซอรินอิสระ ซึ่งทำให้เกิดควันที่อุณหภูมิต่ำ และลดแรงตึงผิว (surface tension) ระหว่างไขมันและอาหาร ทำให้การดูดซับน้ำมันเพิ่มมากขึ้น

2. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation)

เป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับออกซิเจนในอากาศ ผลหลักที่เกิดจากการออกซิเดชันคือการเกิดสีคล้ำ (darken-colour) และเกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันในระหว่างการทอดคือ ปริมาณน้ำมันที่ได้รับความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจน และมีสารปนเปื้อนเช่น ชิ้นส่วนของเศษอาหาร หรือ อีออนของโลหะ โดยเฉพาะเหล็กและทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปฏิกิริยา Polymerization

เป็นกระบวนการสลายตัวซึ่งมักเกิดร่วมกันหรือเกิดต่อกันจากออกซิเดชัน การเกิดโพลิเมอร์ไรเซชันภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิสูง ทำให้โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มาเชื่อมกันเกิดเป็นโพลิเมอร์ ทำให้น้ำมันมีลักษณะเป็นยางเหนียว (gumming) และมีสีเข้มขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกทิวิตีและความกรอบ

ความกรอบเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่าง การสัมผัสอาหาร ภายในปากโดยการกัดของฟัน และการสัมผัสทางเสียง ซึ่งเกิดอยู่ข้างในศีรษะที่มีการบดทำลายของเซลล์ภายในอาหารจำนวนมาก ความกรอบอาจเกิดได้ทั้งในอาหารที่มีความชื้นต่ำเช่น แคร็กเกอร์ หรือเกิดในอาหารที่มีความชื้นสูงเช่น ชีสแข็ง

ในกรณีความกรอบที่เกิดขึ้นในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ วอเตอร์แอกทิวิตีต่ำ และมีโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่เป็นรูพรุน โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะ โครงสร้างที่แข็งแรงกว่าจะให้ความกรอบมากกว่า แต่เมื่อมีความชื้นในอาหารเพิ่มขึ้น โครงสร้างบางส่วนที่สามารถละลายน้ำได้เริ่มเกิดการละลายอ่อนตัวลง ทำให้ใช้แรงในการบดอาหารน้อยลงและทำให้ช่วงกว้างของคลื่นเสียงที่เกิดขึ้นลดลงด้วย จนกระทั่งถึงจุดหนึ่งซึ่งใช้แรงในการบดน้อยมากและเสียงที่เกิดลดลงมาก แสดงว่าอาหารนั้นมีลักษณะแฉะ ไม่กรอบอีกต่อไป ในผลิตภัณฑ์อาหารทั่วไปควรจะมีค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 จึงจะให้ลักษณะกรอบ โดยเฉพาะถ้าต่ำกว่าร้อยละ 3 จะเป็นการดี และมักมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีไม่เกิน 0.1

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ขุบแป้งผสมขุบทอดหลังผ่านการทอดหรือในระยะเวลาแรกนั้น ส่วนที่เป็นแป้งผสมขุบทอดที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีอยู่ที่ 0.1 และมีความชื้นต่ำ เนื่องจากในกระบวนการทอดมีการระเหยน้ำออกไปมาก แต่ชิ้นอาหารซึ่งอยู่ภายในจะมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีและความชื้นสูงจึงเกิดปัญหาขึ้นในช่วงทำการเก็บรักษา ทั้งในอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง เนื่องจากมีแรงผลักดันที่ทำให้เกิดสมดุลระหว่างผิวชั้นนอกคือแป้งขุบทอดและภายในซึ่งก็คือชิ้นอาหาร มีวอเตอร์แอกทิวิตีแตกต่างกัน โดยจะทำให้ผิวชั้นนอกมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูงขึ้น มีผลทำให้ความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลงและมีลักษณะนุ่มแฉะ ดังนั้นก่อนบริโภคต้องมีการทำให้ผลิตภัณฑ์กรอบขึ้นมาอีกครั้ง เช่น การทอดแบบน้ำมันท่วม หรืออบในเตาอบ กระบวนการเหล่านี้จะช่วยระเหยน้ำแป้งขุบทอดออกไปและทำให้ผลิตภัณฑ์กลับมารอบได้อีกครั้ง

2. การแช่แข็ง (นภัสรพี, 2545)

การแช่แข็งช่วยถนอมอาหารได้โดยทำให้อุณหภูมิของอาหารลดต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง และช่วยให้ปฏิกิริยาทางเคมีและการทำงานของเอนไซม์เกิดช้าลง ตลอดจนช่วยระงับการเจริญเติบโตและกิจกรรมของ จุลินทรีย์ การแช่แข็งเป็นการเปลี่ยนสถานะของน้ำไปเป็นน้ำแข็งหลังจากการแช่แข็ง ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายที่อยู่ในอาหารแช่แข็งเพิ่มขึ้น และเป็นการลดค่า Aw ให้ถึงจุดที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้

การแช่แข็งด้วยระบบพ่นลมเย็น (air blast freezer)

การแช่เยือกแข็งระบบนี้ใช้ห้องเย็นขนาดใหญ่ หรือขนาดเล็กสำหรับแช่เยือกแข็งก็ได้ การแช่เยือกแข็งต้องเรียงผลิตภัณฑ์บนถาดและวางถาดลงบนชั้น หรือทำเป็นรถเข็นหลายๆชั้น และแต่ละชุดของชั้นวางผลิตภัณฑ์จะต้องวางให้เป็นช่องทางสำหรับลมพัดผ่าน เมื่อต้องการแช่เยือกแข็งก็นำเข้าไปเป็นชุด และเมื่อต้องการจะเอาออกจากห้องเย็นก็นำชั้นวางออกมาทั้งชุดเช่นเดียวกัน ในกรณีที่เป็นห้องเย็นใหญ่เครื่องทำความเย็นอาจติดตั้งหลายจุด ในระหว่างช่องสำหรับชั้นวางของก็ได้และมีพัดลมเป่าตลอดเวลา

วิธีแช่เยือกแข็งด้วยระบบพ่นลมเย็น เป็นวิธีที่ถูกหลักเศรษฐกิจที่สุด นอกจากนี้ยังใช้กับอาหารที่มีรูปร่างและขนาดต่างกันได้อ่างไรก็ตามวิธีนี้ก็มีผลเสียคือ ถาด ควบคุมสภาวะไม่ดีจะทำให้เกิดการสูญเสียในผลิตภัณฑ์มากเกินไป โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่ไม่บรรจุหีบห่อ และภาชนะบรรจุอาจเกิดลักษณะโป่งออกได้หลังการแช่เยือกแข็ง

ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง

การบรรจุหีบห่อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งมีความจำเป็นอย่างมาก ภาชนะบรรจุช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์และป้องกันผลิตภัณฑ์สัมผัสกับออกซิเจน เมื่อบรรจุหีบห่อก่อนการนำไปเก็บในสภาวะการแช่เยือกแข็งจะช่วยให้อายุการเก็บรักษาไว้นานยิ่งขึ้น ในการผลิตหลังจากแช่เยือกแข็งแล้วห่อด้วยพลาสติก บรรจุในกล่องกระดาษหรือกล่องกระดาษเคลือบขี้ผึ้งแล้วจึงบรรจุในกล่องลูกฟูก เก็บไว้ในห้องเย็นเพื่อรอการขนส่งและรอการจำหน่ายต่อไป

คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งควรมีดังนี้

- เป็นวัสดุที่คงตัวในสภาพอุณหภูมิต่ำได้ดี
- เป็นวัสดุที่ไม่ยอมให้สิ่งต่อไปนี้ผ่านได้สะดวก ได้แก่ น้ำ ไอน้ำ ออกซิเจน สารเคมี กลิ่น และแสง
- เป็นวัสดุที่เหนียวและแข็งแรงพอที่จะรับปริมาณส่วนขยายจากการเปลี่ยนแปลงสถานะ จากของเหลวเป็นน้ำแข็งในกรณีมีการห่อผลิตภัณฑ์ก่อนการแช่เยือกแข็ง
- ไม่เป็นวัสดุที่มีกลิ่นและรสแปลกปลอม ไม่เป็นพิษต่อผลิตภัณฑ์อาหาร
- เป็นวัสดุที่ทนต่อความร้อน ถ้าใช้กับอาหารสำเร็จรูปที่ต้องอุ่นอาหารก่อนรับประทาน
- ราคาไม่แพง
- เป็นวัสดุที่ทนทานและสะดวกต่อการขนย้าย

ควรเลือกใช้ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (polyethylene) เป็นภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ เนื่องจากพลาสติกชนิดนี้มีความแข็งแรงและทนทานที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาฟาเรนไฮต์ ไอน้ำผ่านเข้าออกยาก จึงป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์อาหารได้ดี ซึ่งนิยมใช้ห่อผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง นอกจากนี้ถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนยังสามารถปิดผนึกได้ง่าย โดยใช้ความร้อน อีกทั้งยังหาซื้อได้ง่ายและราคาถูก

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับอาหารระหว่างการเก็บในสภาวะแช่แข็ง

อุณหภูมิที่ใช้เก็บอาหารแช่แข็งแม้จะต่ำ แต่คุณภาพของอาหารยังคงเสื่อมเสียได้ ถึงแม้มีการเตรียมก่อนการแช่แข็ง เลือกวิธีการแช่แข็ง รวมทั้งมีสภาวะการเก็บที่ถูกต้องแล้วก็ตาม ส่วนใหญ่การสูญเสียคุณภาพด้านเคมีเกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและเอนไซม์เป็นสำคัญ คุณภาพของอาหารแช่แข็งจะเสื่อมเสียในช่วงการเก็บมากที่สุดเพราะกินเวลานานที่สุด

การเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ระหว่างการเก็บ

1. recrystallization ควบคุม โดยเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำและคงที่ และใช้เวลาเก็บให้น้อยที่สุด การตกผลึกใหม่ที่เกิดขึ้นได้แม้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

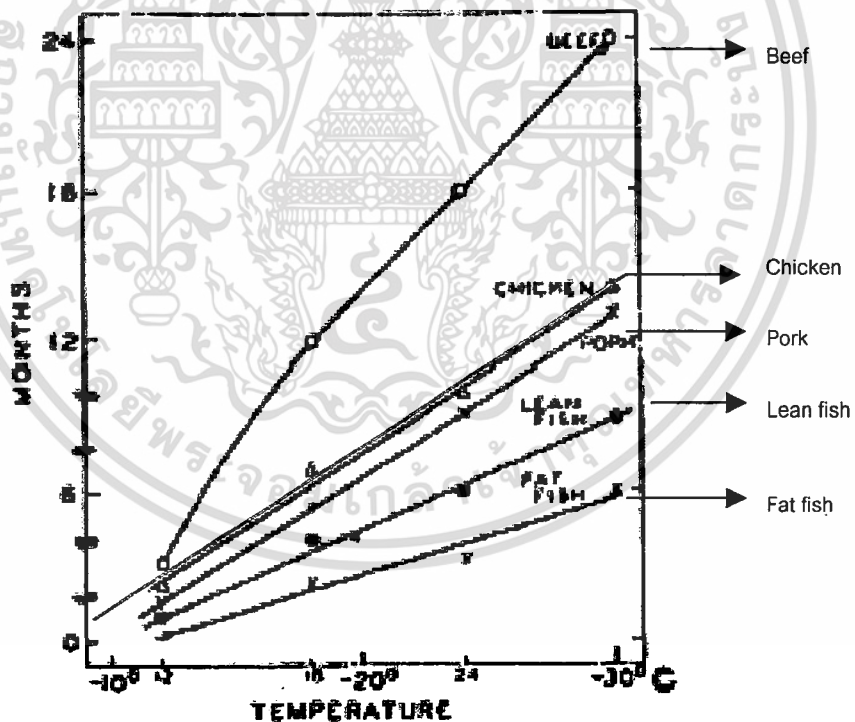
2. freeze burn ถือเป็นลักษณะบกพร่องของอาหารแช่แข็ง เกิดจากการสูญเสียน้ำ อาจเนื่องจากการระเหยของน้ำแข็ง หรือการระเหยของน้ำ ทำให้ชิ้นอาหารหดตัวเล็กลง แข็งมากขึ้น มีสีคล้ำ เนื่องจากกรดควัตถุมีสีเข้มขึ้นถ้าสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหย ทำให้บริเวณนั้นมีการหักเหของแสงผิดไป รูพรุน ทำให้เกิด ออกซิเดชัน ไขมันสูงขึ้น และ ออกซิเดชันของรงควัตถุ การสูญเสียน้ำทำให้โปรตีนเสียสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รังควาญในอาหารถูกทำลาย รวมทั้งสารอาหารบางชนิด เช่น วิตามินซี
4. การสูญเสียเสถียรภาพโปรตีน เนื่องจากความเย็นในระหว่างการเก็บรักษา
5. การเกิดออกซิเดชันของไขมัน เนื่องจากอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับน้ำมันในอาหาร อาจแก้ไขโดยใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสม และบรรจุอาหารในสภาวะสุญญากาศ
6. เนื้อที่มีไขมันต่ำอาจเหนียวมากขึ้น และมีความชุ่มน้ำลดลง
7. ผักบางชนิดและผลไม้ส่วนใหญ่ จะมีเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี มี drip loss สูง
8. การเสถียรภาพของระบบ colloid emulsion และ โฟมในอาหาร

อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แช่แข็งขึ้นกับ

1. ชนิดของผลิตภัณฑ์
2. วัสดุที่ใช้บรรจุหรือห่อหุ้มผลิตภัณฑ์
3. อุณหภูมิห้องเก็บ และความแปรปรวนของอุณหภูมิ



ภาพที่ 1 แสดงอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์และอุณหภูมิที่ใช้

ที่มา : Labuza, 2003

จากภาพที่ 1 จะเห็นว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่า ดูได้จาก ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ไก่จะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 2 เดือน และที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ไก่จะมีอายุเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาประมาณ 8 เดือน และที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส ไข่จะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 14 เดือน โดยอุณหภูมียิ่งต่ำมากจะยิ่งส่งผลให้ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์เกิดช้าลง รวมถึงทำให้การเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในอาหารเกิดช้าลง

3. จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแปรรูปโดยอาศัยความเย็น (วราวุฒิ, 2538)

ตามปกติอุณหภูมิต่ำถูกใช้เพื่อทำให้ปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเอนไซม์ในอาหารเกิดช้าลง รวมถึงทำให้การเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารจะช้าลงหรือหยุดไปเลย ทั้งนี้ระดับอุณหภูมียิ่งต่ำมากจะยิ่งส่งผลกระทบต่อปฏิกิริยาเคมี กิจกรรมของเอนไซม์และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มากขึ้น จึงมีการนำการแช่เย็น (cool storage) และการแช่แข็ง (freezing) มาใช้ในการถนอมอาหาร

ปัจจัยที่สำคัญในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์คืออุณหภูมิ โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันและถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำที่สุด (minimum temperature) เชื้อก็จะไม่สามารถเพิ่มจำนวนขึ้นมาได้ ถ้าอุณหภูมิลดลงมาจาก optimum temperature จนถึง minimum temperature จะทำให้อัตราของการเจริญเติบโตลดลง และจะช้าที่สุดที่ระดับอุณหภูมิต่ำที่สุดของจุลินทรีย์ชนิดนั้น โดยในช่วงอุณหภูมิต่ำแต่ไม่ถึงระดับการแช่แข็งจะมีผลป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์แต่กิจกรรมเมตาบอลิซึมภายในเซลล์จุลินทรีย์ยังคงมีต่อไป แต่อยู่ในอัตราต่ำกว่าปกติ ตามปกติแล้ว ถ้าอุณหภูมิลดลงมา 10 องศาเซลเซียสจะมีผลทำให้จุลินทรีย์บางชนิดหยุดการเจริญเติบโตได้ แต่จุลินทรีย์บางชนิดอาจเติบโตช้าลงเท่านั้น อย่างไรก็ตามถ้าอุณหภูมิลดลงอีก 10 องศาเซลเซียส จะทำให้จุลินทรีย์หลายชนิดหยุดการเจริญเติบโตแต่ยังมีบางชนิดสามารถเจริญได้ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า สภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (low temperature food storage) เป็นปัจจัยหลักของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อชนิดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียในอาหารได้

ความแตกต่างระหว่างการแช่เย็นและการแช่แข็ง

การเก็บรักษาในสภาพความเย็น (cool storage) หมายถึง การเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิต่ำสุด อยู่ในช่วง 16 ถึง 2.2 องศาเซลเซียส (60 ถึง 28 องศาฟาเรนไฮต์) ส่วนการเก็บรักษาในสภาพการแช่แข็ง (frozen storage) หมายถึง การเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิต่ำซึ่งอาหารสามารถเกิดสภาพการแช่แข็งตามปกติระดับอุณหภูมิที่สามารถรักษาอาหารในสภาพแช่แข็งได้ดีคือ -18 องศาเซลเซียส (0 องศาฟาเรนไฮต์) หรือต่ำกว่า ในช่วงอุณหภูมิ 4.4 ถึง -9.4 องศาเซลเซียส (40 ถึง 15 องศาฟาเรนไฮต์) ทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เชื้อจุลินทรีย์พวก psychrophile เจริญช้าลง แต่ถ้าเจริญในที่อุณหภูมิต่ำกว่า - 9.4 องศาเซลเซียส (15 องศาฟาเรนไฮต์) จะทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ซึ่งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียที่อุณหภูมิต่ำได้แก่ *E.coli* , *Salmonella* , *Staphylococcus aureus*.

ผลการทำลาย (Effect of freezing on Microorganism)

การแช่แข็งมีสาเหตุทำให้โปรตีนหรือเอนไซม์สูญเสียสภาพธรรมชาติ ทำให้โปรตีนภายในหรือเอนไซม์ตกตะกอน ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มความเข้มข้นของตัวทำละลายในน้ำส่วนไม่แข็งตัวหรือเรียกว่าผลของความเข้มข้น (concentration effect) นอกจากนี้แล้ว อาจ เกิดเนื่องจากเซลล์ถูกทำลายด้วยผลึกน้ำแข็งที่สร้างขึ้นมาในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาโดยการแช่แข็ง การนำเซลล์จุลินทรีย์มาแช่เย็น โดยให้อุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตมาที่ 0 องศาเซลเซียส อย่างรวดเร็วสามารถทำให้เซลล์ตายได้ การกระทำเช่นนี้เรียกว่า cold shock สาเหตุเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของไขมันที่ผนังเมมเบรนของเซลล์ ทำให้ความสามารถในการซึมผ่านเข้าออกของสารต่างๆเปลี่ยนแปลงไปหรือถูกทำลายไป

ผลการทำลายบางส่วน (Sublethal effect)

การตรวจวัดจำนวนจุลินทรีย์ที่อยู่ในอาหารแช่แข็งพบว่า การลดจำนวนลงของจุลินทรีย์อาจไม่ได้หมายถึงการทำลายไปของประชากรของจุลินทรีย์ลงไปอย่างแท้จริงทั้งนี้เนื่องจากเซลล์บางเซลล์อาจอยู่ในสภาพที่ถูกทำลายหรือสภาพที่บาดเจ็บซึ่งเรียกว่า damaged หรือ injured state โดยเซลล์ที่บาดเจ็บนี้อาจเกิดจากการบาดเจ็บขึ้นที่เซลล์หรือเมตาบอลิซึมภายในเซลล์ก็ได้

4. การทดสอบค่ากรดไทโอบาร์บิฐริก

เป็นการทดสอบกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) วัดสีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น จากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไทโอบาร์บิฐริก (thiobabutaric acid; TBA) กับ มาโลนัลดีไฮด์ (malonaldehyde) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนในชั้นทุติยภูมิต่อจากอัลดีไฮด์ (aldehyde) ที่ไม่อิ่มตัว ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัตถุดิบ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบ

- 1.1 ปีกบนไก่ (Chicken drummett)(บริษัทสหฟาร์ม จำกัด, ประเทศไทย)
- 1.2 แป้งชุบทอด (predust , batter , breader)(Thai Food Coating Limited, Thailand)
- 1.3 เครื่องปรุงน้ำหมักไก่ (marinade)(Thai Food Coating Limited, Thailand)
- 1.4 น้ำมันปาล์มสำหรับทอด (palm oil)(Food Lion, Thailand)

2. อุปกรณ์

- 2.1 เครื่องทอดน้ำมันท่วม (Fritel Family 25, Japan)
- 2.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TAXT2i, UK.)

3. สารเคมี

- 3.1 กรดไฮโดรคลอริก (HCl)(AR. Grade)(Merck, Germany)
- 3.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)(AR. Grade)(Merck, Germany)

4. อาหารเลี้ยงเชื้อ

- 4.1 LST
- 4.2 EC broth
- 4.3 EMB agar
- 4.4 BHI
- 4.5 MR-VP
- 4.6 TTB
- 4.7 SCB
- 4.8 SS
- 4.9 XLD
- 4.10 TSI
- 4.11 LIM
- 4.12 TSB
- 4.13 Bp-EY agar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขั้นตอน และวิธีการทดลอง

ศึกษาผลของสภาวะการเก็บต่อคุณภาพของปีกบนไก่สุบแป็งทอดที่ทอดแบบสุกบางส่วน (partially cooked) (ภาพที่ 3) โดยทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 175 ± 5 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที วางบนกระดาษซับน้ำมันและทิ้งให้เย็นใช้เวลาประมาณ 5-7 นาที แล้วเก็บใส่ถุง linear low density polyethylene (LLDPE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 ± 2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิช่องแช่แข็งตู้เย็น (-10 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 0, 14 และ 28 วัน จากนั้นสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี จุลินทรีย์ ความกรอบ และทดสอบด้านประสาทสัมผัส การทดสอบด้านความกรอบและประสาทสัมผัสนำมาทอดซ้ำอีกครั้งให้สุกที่อุณหภูมิ 175 ± 5 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที แล้วทำการวัดความกรอบ (ดังแสดงในภาคผนวก ก) และการทดสอบด้านประสาทสัมผัสทำการประเมินคุณภาพด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ โดยใช้สเกลแบบเส้นความยาว 15 เซนติเมตร (time intensity) คุณภาพที่ทำการทดสอบคือ สี กลิ่น หิน การอมน้ำมัน ความกรอบ และการยอมรับโดยรวม

1. วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี ได้แก่ TBA (AOCS method cd 19-90, 1997)

2. วิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์

- total plate count (APHA, 1992),
- *Staphylococcus aureus* (APHA, 1992)
- E.Coli. (APHA, 1992)
- Samonella (APHA, 1992)

3. วิเคราะห์คุณภาพด้านความกรอบ (Moreria et al, 1995)

4. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองทางเคมี ภายภาพ แบบ CRD วางแผนการทดลองทางประสาทสัมผัส แบบ RCBD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน

7.5



ภาพที่ 3 กรรมวิธีผลิตปีกบนไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบสุกบางส่วน

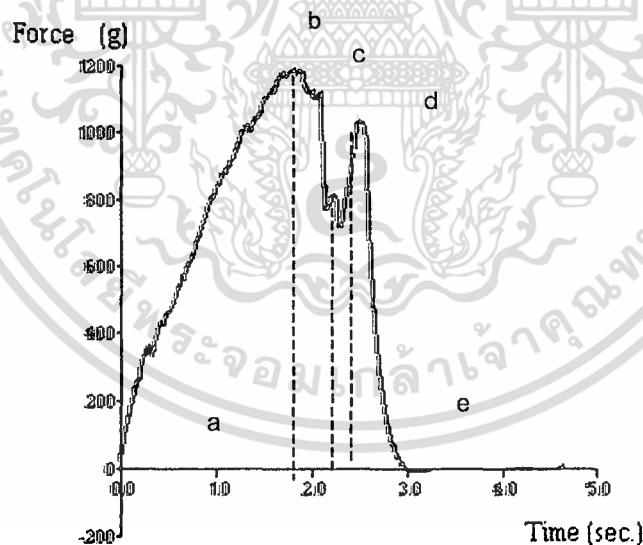
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

ศึกษาคุณภาพของปีกบนไก่ชุปแป้งทอดที่ทอดแบบสุกบางส่วน แล้วเก็บที่อุณหภูมิ -10 ± 2 และ -18 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 0, 14 และ 28 วัน ตรวจสอบคุณภาพด้านความกรอบ (4.1) เคมี (4.2) จุลินทรีย์ (4.3) และประสาทสัมผัส (4.4)

4.1 คุณภาพด้านความกรอบ

ผลจากการวัดคุณภาพความกรอบของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ทั้งนี้ค่า peak force ได้แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงค่าแรงกดที่วัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

peak force (ในภาพที่4) มีหน่วยเป็นกรัมแสดงถึงความเปราะของแป้งที่หุ้มไก่ทอด ที่เกิดจากการใช้ probe กดลงไปบนชิ้นไก่ทอด โดยช่วง a ถึง b เป็นช่วงที่ probe กำลังกดลงบนชิ้นไก่ทอด บริเวณผิวแป้งที่เคลือบอยู่ โดยจุด b เป็นจุดที่ผิวแป้งที่เคลือบแตก ซึ่งจุดนี้เป็นค่า peak force และใช้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดวัดความกรอบของผลิตภัณฑ์ ช่วง b ถึง c เป็นช่วงที่หัว probe กำลังกดลงบนชิ้นไก่ทอดบริเวณที่เป็นช่องว่างระหว่างชั้นแป้งที่เคลือบกับชิ้นเนื้อไก่ จึงใช้แรงกดลดลงจากที่จุด b ช่วง c ถึง d เป็นช่วงที่หัว probe ทิ่มลงถึงเนื้อไก่ ทำให้ใช้แรงกดเพิ่มขึ้นจากจุด c โดยจุด d เป็นจุดที่หัว probe ทิ่มลงถึงระยะที่ตั้งไว้ ช่วง d ถึง e เป็นช่วงที่หัว probe ดึงออกจากเนื้อไก่ ค่าที่ได้เป็นแรงต้านการดึงออก ซึ่งค่าแรงนี้ลดลงจนถึง จุด e โดยจุด e เป็นช่วงที่หัว probe ออกจากเนื้อไก่แล้ว จากการทดสอบวัดเนื้อสัมผัสปีกบนไก่ชุบแป้งทอดได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าการแตกหัก (ความกรอบ)ในปีกบนไก่ชุบแป้งทอดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

ตัวอย่าง	ค่าการแตกหัก (g)
0วัน	678.67 ±15.04 ^a
14วัน -10±2°C	728.00 ±19.97 ^b
14วัน -18±2°C	667.33 ±15.04 ^a
28วัน -10±2°C	723.33 ±18.58 ^b
28วัน -18±2°C	669.33 ±15.04 ^a

จากตารางที่ได้เมื่อเก็บไก่ทอดเป็นเวลานานขึ้นความกรอบจะลดลง โดยอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ -18±2 องศาเซลเซียส มีผลให้ความกรอบของผลิตภัณฑ์ดีกว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ -10±2 องศาเซลเซียส เนื่องจาก อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาต่ำจะเกิดผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดเล็กกว่า เมื่อทอดจะสามารถให้ความร้อนได้ดีกว่า จึงให้ผลของความกรอบมากกว่าถ้าใช้อุณหภูมิในการเก็บสูง นอกจากนี้ความกรอบยังเป็นผลจากรีโทรกราเดชัน (retrogradation) ของแป้งที่เคลือบไก่ทอด มีผลให้โครงสร้างแป้งมีความแข็งขึ้น ทำให้แป้งที่หุ้มไก่ทอดแข็งเกินไป โดยที่อุณหภูมิ -18±2 องศาเซลเซียสจะมีการเกิดรีโทรกราเดชันน้อยกว่าที่อุณหภูมิ -10±2 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิต่ำกว่ามีผลต่อการยับยั้งการเกิดรีโทรกราเดชันได้ดีกว่า

4.2 ผลการทดลองทางเคมี

เมื่อวัดค่า TBA ในผลิตภัณฑ์ปีกบนไก่ชุบแป้งทอดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างกันได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า TBA ในปีกบนไก่ชุบแป้งทอดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

ตัวอย่าง	ค่า TBA (mg/kg)
0วัน	$0.88 \pm 3.79 \times 10^{-2a}$
14วัน $-10 \pm 2^{\circ}\text{C}$	$1.66 \pm 7.51 \times 10^{-3d}$
14วัน $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$	$1.37 \pm 1.04 \times 10^{-2b}$
28วัน $-10 \pm 2^{\circ}\text{C}$	$1.82 \pm 2.81 \times 10^{-2e}$
28วัน $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$	$1.57 \pm 2.50 \times 10^{-2c}$

จากตารางที่ได้เมื่อเก็บไก่ทอดเป็นเวลานานขึ้นค่าTBAจะมากขึ้นเนื่องจากมีโอกาที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ไก่ที่ทอดแบบสุกบางส่วนได้มากขึ้น โดยอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ -18 ± 2 องศาเซลเซียส จะมีค่า TBA น้อยกว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ -10 ± 2 องศาเซลเซียสเนื่องจากอุณหภูมิต่ำกว่าสามารถทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีเกิดช้าลง โดย ค่าTBAที่วัดได้เป็นผลิตภัณฑ์ของ Malonaldehyde ในตัวอย่างอาหารหนึ่งกิโลกรัม โดย Malonaldehyde เป็นสารที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยค่าน้อยแสดงถึงการออกซิเดชันของไขมันในชิ้นไก่เกิดขึ้นน้อย

4.3 ผลการทดลองทางจุลินทรีย์

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในปีกบนไก่ชุบแป้งทอดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในปีกบนไก่ชุบแป้งทอดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

ตัวอย่าง	Total Plate Count	<i>Stap. Aureus</i>	Salmonella	E. Coli
0วัน	<10	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
14วัน $-10 \pm 2^{\circ}\text{C}$	6.45×10^3	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
14วัน $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$	5.30×10^3	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
28วัน $-10 \pm 2^{\circ}\text{C}$	7.52×10^3	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
28วัน $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$	7.24×10^3	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ

จากตารางเมื่อเก็บปีกบนไก่ชุบแป้งทอดเป็นเวลานานขึ้น ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ในปีกบนไก่ชุบแป้งทอดเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ -18 ± 2 องศาเซลเซียส พบจุลินทรีย์น้อยกว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ -10 ± 2 องศาเซลเซียสเนื่องจาก ที่อุณหภูมิที่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตและกิจกรรมของ เอนไซม์ของจุลินทรีย์ได้ดีกว่า และจากการทดลองตรวจไม่พบเชื้อ *Staphylococcus aureus* , *Salmonella* และ *E. coli* ซึ่งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *E. coli* อาจเป็นเพราะช่วงอุณหภูมิ -10 ± 2 องศาเซลเซียส และ -18 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นช่วงอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ จุลินทรีย์ในกลุ่ม *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* และ *E. coli* และผลจากการเกิด cold shock เนื่องจากอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตลงมาที่ 0 องศาเซลเซียสอย่างรวดเร็ว สามารถทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์ตายได้ การเกิด cold shock ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของไขมันที่ผนัง เมมเบรนของเซลล์ ทำให้ความสามารถในการซึมผ่านของสารต่างๆที่เข้าหรือออกเซลล์เปลี่ยนแปลง หรือถูกทำลายไป ทำให้ภายในเซลล์จุลินทรีย์ผิดปกติซึ่งส่งผลให้จุลินทรีย์ตาย ผลจากการแช่แข็งทำให้น้ำภายในใ้ก่หุบแข็งทอเกิดการสร้างผลึกน้ำแข็งขึ้น ทำให้นิวเคลียสของผลึกน้ำแข็งเกิดการดึงน้ำจาก บริเวณรอบข้างเพื่อสร้างให้ผลึกน้ำแข็งใหญ่ขึ้นจึงมีการดึงน้ำจากภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ไปด้วยทำให้ เซลล์จุลินทรีย์แห้งและมีความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ภายในเซลล์สูงขึ้นจนจุลินทรีย์ไม่สามารถ ทนได้ทำให้จุลินทรีย์ตาย

4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบทางประสาทสัมผัสปีกบน ใ้ก่หุบแข็งทอเมื่อเก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน ได้ผลดัง แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่าง	สี	ความกรอบ ^{ns}	การอมน้ำมัน	การหืน ^{ns}	ความชอบรวม ^{ns}
0	8.53 ± 2.79^a	8.54 ± 3.09	5.92 ± 1.99^b	4.52 ± 2.16	10.27 ± 1.55
14วัน $-10 \pm 2^\circ\text{C}$	7.42 ± 2.05^{ab}	8.29 ± 2.29	8.38 ± 2.14^a	4.97 ± 2.42	9.63 ± 2.00
14วัน $-18 \pm 2^\circ\text{C}$	8.12 ± 1.70^{ab}	9.76 ± 2.40	7.19 ± 2.21^{ab}	4.70 ± 2.48	10.24 ± 1.19
28วัน $-10 \pm 2^\circ\text{C}$	6.67 ± 1.56^b	9.49 ± 2.74	7.59 ± 3.12^{ab}	6.14 ± 2.73	9.65 ± 2.54
28วัน $-18 \pm 2^\circ\text{C}$	8.25 ± 3.07^{ab}	9.55 ± 1.73	7.69 ± 2.73^b	5.62 ± 2.58	10.37 ± 1.71

จากตารางผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ระหว่างตัวอย่างได้ในด้าน สีและการอมน้ำมัน และให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกันในด้านความกรอบ การหืน ความชอบรวม โดยในด้านสี ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบตัวอย่าง 0 วัน มากที่สุดและให้คะแนนความชอบตัวอย่าง 28วัน $-10 \pm 2^\circ\text{C}$ น้อยที่สุด อาจเป็นเพราะตัวอย่าง 28วัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$-10\pm 2^{\circ}\text{C}$ ใช้เวลาในการเก็บรักษานานที่สุดและอุณหภูมิการเก็บสูงกว่า -18°C ด้านการอมน้ำมันผู้บริโภครู้สึกให้คะแนนความชอบตัวอย่าง 14 วัน $-10\pm 2^{\circ}\text{C}$ มากที่สุด ตัวอย่าง 0 วันน้อยที่สุด อาจเป็นเพราะตัวอย่างที่ทำการเก็บรักษาได้เคยผ่านการทอดไปส่วนหนึ่งจึงทำให้ชั้นแป้งของไก่ทอดที่ผิวนอกเกิดการเจลาติไนซ์เป็นฟิล์มบางส่วน ทำให้เมื่อนำกลับไปทอดซ้ำน้ำมันดูดซับเข้าไปภายในชั้นไก่ได้น้อยกว่าเนื่องจากน้ำมันผ่านชั้นแป้งเข้าไปได้น้อยกว่าไก่ 0 วัน ที่นำมาทอดแบบสุกครั้งเดียวและไม่ได้เก็บรักษา

ในการให้คะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างกัน ระหว่างตัวอย่าง ด้านความกรอบ การหืน และความชอบรวม อาจเนื่องจากใช้สภาวะการทอดและใช้เวลารอดทอดทางด้านประสาทสัมผัสระหว่างตัวอย่างที่ใกล้เคียงกัน ทำให้ไก่ทอดมีความกรอบ การหืน และความชอบรวมใกล้เคียงกัน และอาจเป็นเพราะใช้เวลาในการเก็บรักษาสั้นเกินไปทำให้การเสื่อมเสียในปีกบนไก่ชุบแป้งทอดเกิดขึ้นน้อย



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพของปีกบนไก่ชุบแป้งทอดแบบสุกบางส่วนแล้วเก็บที่ ที่อุณหภูมิ -10 ± 2 และ -18 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 0, 14 และ 28 วัน แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ในด้านกายภาพจากการวัดค่าการแตกหัก ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ตัวอย่าง 14 วัน -18 ± 2 องศาเซลเซียส มีค่าการแตกหักน้อยที่สุดซึ่งแสดงถึงมีค่าความกรอบมากที่สุด ด้านเคมีตรวจวัดค่า TBA เมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไปนานขึ้นค่า TBA จะเพิ่ม โดยที่อุณหภูมิ -10 ± 2 องศาเซลเซียสจะมีค่า TBA มากกว่า -18 ± 2 องศาเซลเซียส โดยตัวอย่าง 14 วัน -18 ± 2 องศาเซลเซียส จะมีค่า TBA น้อยที่สุดซึ่งแสดงถึงการเสื่อมเสียของไก่ทอดน้อยที่สุด ด้านจุลินทรีย์ตรวจวัด total plate count ในผลิตภัณฑ์ปีกบนไก่ชุบแป้งทอดแบบสุกบางส่วน โดยที่อุณหภูมิ -10 ± 2 องศาเซลเซียส พบเชื้อจุลินทรีย์ 6.45×10^3 ถึง 7.45×10^3 CFU/g และที่ที่อุณหภูมิ -18 ± 2 องศาเซลเซียส พบเชื้อจุลินทรีย์ 5.30×10^3 ถึง 7.24×10^3 CFU/g ที่การเก็บรักษานาน 14 และ 28 วันตามลำดับ ส่วนการตรวจวัด *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* และ *E.coli* ตรวจไม่พบเชื้อ ทั้งอุณหภูมิ -10 ± 2 และ -18 ± 2 องศาเซลเซียสที่การเก็บรักษานาน 14 และ 28 วันตามลำดับ ด้านประสาทสัมผัสผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบปีกบนไก่ชุบแป้งทอดแบบสุกบางส่วน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในด้านสีและการอมน้ำมัน และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบปีกบนไก่ชุบแป้งทอดแบบสุกบางส่วน ในด้านความกรอบ การหืน และความชอบรวม ไม่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- นภัสรพี เหลืองสกุล. 2545. เอกสารคำสอนวิชาการกระบวนการแปรรูปอาหาร: ภาควิชาอุตสาหกรรม
เกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ปรียาพร เขียวขำ. 2545. เอกสารคำสอนวิชาการกระบวนการแปรรูปอาหาร: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ผู้จัดการออนไลน์. 2547. หน้าแรกการเมืองการส่งออกทั้งหมดปี 2546 ,
<http://www.manager.co.th/Politics/PoliticsView.asp?NewsID=4726998268961>
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิสุทธิ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. เค.ยู.เพลส. กรุงเทพฯ. 135 หน้า.
- วรารุณี ครูส่ง. 2538. จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร. โอเคียนสโตร. กรุงเทพฯ. 210 หน้า.
- AOAC . 1997 . Official and Tentative Method of American Oil chemist's Society . 3rd ed.
Champaign , Illinois .
- APHA. 1992. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 3rd ed.
American Public Health Association. Washington, DC.
- Firestone, D., Stier, R.F. and Blumenthal, M.M. 1991. Regulation of frying fats and oils. Food Tech.
45(2),pp:90-94.
- Scaman, C. 2004. Lipid Oxidation. http://www.agsci.ubc.ca/courses/fnh/410/lipids/5_8.htm
- Meilgaard , M., C . V . Civille , and B.T. Carr 1999 . Sensory Evaluation Techniques . 3rd ed.
CRC Press . LLC.
- Metha. U., and B. Swinburn . 2001 . A review of factors affecting fat absorption in hot chip . Critical
Reviews in Food Science and Nutrition . 41(2) , pp : 133-154
- Suderman, D.R., Wiker.J. and Cunningham, F.E. 1981. Batter and Breeding. AVI Publishing
Company, Inc. Westport, Connecticut. 224 p.
- Labuza, T. 2003. Topic 5 Application of Zero and First Order kinetics.
http://courses.che.umn.edu/00fscn8334-1f/Topics_Folder/Topic%205%20Frozen%20foods.pdf

ภาคผนวก ก

การตรวจสอบคุณภาพ

การวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

(ดัดแปลงจาก Moreria et al, 1995)

นำชิ้นไก่ทอดวางบนแท่นเครื่องวัดเนื้อสัมผัส แล้วทำการวัดเนื้อสัมผัสโดยการใช้แรงกด (compression) จากหัวเข็มแบบ SMS p/6 เป็นรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร โดยตั้งค่าวัดความสูงของหัวเข็มหลังจากสัมผัสตัวอย่าง (probe height) 30 มิลลิเมตรความเร็วหัวเข็มก่อนและหลังสัมผัสตัวอย่าง 10 มิลลิเมตรต่อ วินาที ความเร็วหัวเข็มขณะสัมผัสตัวอย่าง 5 มิลลิเมตรต่อวินาที กำหนดให้หัวเข็มที่ตกลงในตัวอย่างลึกไม่เกินร้อยละ 25 ของความหนาตัวอย่าง จากกราฟคำนวณหาค่าความชัน (slope) มีหน่วยเป็น กรัมต่อมิลลิเมตร แสดงถึงความกรอบ (crispness) มีค่า peak force มีหน่วยเป็น กรัม แสดงถึงความเปราะ (Fracturability) และพื้นที่ใต้กราฟ (area) มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิเมตร แสดงถึงงาน (work) โดยทุกค่าที่คำนวณคิดที่ช่วงเวลาตั้งแต่หัวเข็มเริ่มสัมผัสตัวอย่างจนถึงเวลาที่ทำให้เกิด peak force

การตรวจสอบคุณภาพด้านเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณ Malonaldehyde (TBA-test)

TBA value เป็นค่าที่ใช้วัดคุณภาพของอาหารประเภทไขมัน หลักการของวิธีการตรวจสอบคุณภาพจะใช้วิธีการวัดความเข้มของสี (แดง) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่าง 2-thiobabituric acid (TBA) กับไขมันที่ออกซิไดซ์ (oxidized lipids) อาจกล่าวได้ว่า TBA value สามารถตรวจพบว่ามีอาหารเกิดปฏิกิริยา oxidative rancidity หรือไม่ ค่าที่วัดได้เป็นมิลลิกรัมของ Malonaldehyde ในตัวอย่างอาหารหนึ่ง กิโลกรัม Malonaldehyde เป็นสารที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน นิยมใช้วัดความสัมพันธ์ของเนื้อสัตว์มากกว่าไขมันหรือน้ำมันล้วนๆ

อุปกรณ์และสารเคมี

1.TBA reagent : ละลาย TBA 0.2883 กรัม ด้วย 90% glacial acetic acid จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2.Hydrochloric acid 4 M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชุดกลั่น (Distillation unit)

วิธีการ

1. ชั่งอาหาร 10 กรัม นำไปปั่นกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที
2. เทตัวอย่างที่บดละเอียดลงในขวดกลั่น ล้างตัวอย่างออกจากเครื่องปั่นด้วยน้ำกลั่น 47.5

มิลลิลิตร เทลงในขวดกลั่น

3. เติมกรด HCl 4 M จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เพื่อปรับ pH ประมาณ 1.5 เติม glass beads
4. นำตัวอย่างไปกลั่น โดยกลั่นได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร ภายในเวลา 10 นาที หลังจากตัวอย่าง

เริ่มเคียด

5. ดูดของเหลวที่กลั่นได้ (distillate) 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดแก้วสะอาดที่มีฝาปิด
6. เติมสารละลาย TBA 5 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายและจุ่มในอ่างน้ำเคียดนาน 35 นาที
7. เตรียม blank โดยใช้ น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทน
8. เมื่อครบเวลาทำให้ของเหลวเย็นลงภายในเวลา 10 นาที โดย ice-bath
9. นำสารละลายไปวัดค่า Absorbance ที่ 530 nm

การคำนวณ

TBA value = 7.8A หน่วยเป็นมิลลิกรัมของ Malonaldehyde ในตัวอย่างอาหาร 1 กิโลกรัม

โดยที่ A = ค่า Absorbance

การตรวจสอบคุณภาพด้านจุลินทรีย์

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างอาหารหนัก 25 กรัม โดยวิธีปลอดเชื้อแล้วเติมสารละลายบัพเฟอร์เปปโตน (peptone water) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ตีผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีผสม (stomacher) ได้สารละลายตัวอย่างอาหารมีความเจือจาง 1:10 ใ้บีเปตูดูดสารละลายตัวอย่างอาหารเจือจาง 10:1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีบัพเฟอร์เปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้สารละลายอาหารที่มีความเจือจาง 1:100 และทำให้สารละลายอาหารมีความเจือจางต่อไปด้วยวิธีเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

วิธีตรวจวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีการของ APHA (1992)

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่างอาหารที่มีระดับความเจือจางต่างๆกัน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในงานเพาะเชื้อ
2. ทาอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) ที่หลอมละลายและมีอุณหภูมิประมาณ 45-47 องศาเซลเซียส ลงในงานเพาะเชื้อจานละประมาณ 15 มิลลิลิตร กวนผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้วุ้นแข็งตัวกลับงานเพาะเชื้อแล้วนำงานเพาะเชื้อ ไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง
3. ตรวจนับโคโลนีบนงานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี ด้วยเครื่องนับจำนวนโคโลนี และบันทึกผล
4. หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนี แล้วคูณด้วยระดับความเจือจางที่นับจำนวนเชื้อได้ แล้วคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

***หมายเหตุ

- หากงานอาหารเพาะเชื้อที่ไม่มีจำนวนโคโลนีแบคทีเรีย ให้รายงานผลการตรวจนับว่ามีจำนวนแบคทีเรียน้อยกว่าหนึ่งคูณความเจือจางต่ำสุดที่ตรวจนับ
- หากงานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีน้อยกว่า 30 โคโลนี ให้รายงานจำนวนโคโลนีที่นับได้ในงานอาหารที่มีความเจือจางต่ำสุด
- หากงานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีมากกว่า 300 โคโลนี ให้นำจำนวนโคโลนีทั้งหมดในงานที่มีความเจือจางสูงสุด แล้วรายงานผลเป็นค่าโดยประมาณ

วิธีตรวจวิเคราะห์หา Escherichia coli โดยวิธี MPN Technique ตามวิธีการของ APHA (1992)

อุปกรณ์

- งานเพาะเชื้อ
- หลอดทดลอง
- หลอดดัดก๊ากซ์ (Durham tube)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

- สารละลายบัพเฟอร์เปปโตน (Peptone water)
- อาหารเหลวลอริล ซัลเฟต ทริพโตส (Lauryl sulphate tryptose broth, LST)
- อาหารแข็งอีโอซิน เมทิลีนบลู (Eosin methylene blue agar, EMB)
- อาหารเหลวอีซี (EC broth)
- อาหารแข็งเอียงเพลทเคานต์ (Plate count agar slant)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทดลอง

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่างอาหารที่ระดับความเจือจางต่างๆกัน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในอาหาร Lauryl sulphate tryptose broth (LST) ที่มีหลอดดักก๊าซคว่ำอยู่ภายใน (ควรทำอย่างน้อย 3 ระดับความเจือจางที่ต่อเนื่องกัน)

2. นำหลอด LST ไปบ่มเพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง หลังจากบ่มครบ 24 ชั่วโมง ให้อ่านผลการทดลองจากการสังเกตก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซ โดยหลอดที่มีก๊าซให้บันทึกผลการทดลองเป็นบวก (+) ถ้ายังไม่มีก๊าซเกิดขึ้นให้บ่มต่อจนครบ 48 ชั่วโมง จึงนำมาอ่านผลอีกครั้งหนึ่ง

3. ใช้เข็มเย็บเชื้อ (loop) ถ่ายเชื้อจาก LST ที่ให้ผลบวกจำนวน 3 เข็มเย็บเชื้อ (loopful) ใส่ลงใน EC broth ที่มีหลอดดักก๊าซอยู่ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง สังเกตก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซ โดยหลอดที่มีก๊าซให้บันทึกผลการทดลองเป็นบวก (+)

4. ใช้เข็มเย็บเชื้อจาก EC broth มา streak ลงบนอาหาร Levine's eosin methylene blue (EMB) agar แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เชื้อของ E.coli ที่เจริญบน EMB agar จะมีโคโลนีสีม่วงดำเป็นมันวาวปนสีเขียว (metallic sheen)

5. คัดเลือกโคโลนีที่มีลักษณะดังกล่าวจากอาหาร EMB มาเพาะเชื้อบน plate count agar slant บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง แล้วนำไปทดสอบ IMViC test เป็น ++- - หรือ +- -

การทดสอบ IMViC test

1. ทดสอบ Indole โดยถ่ายเชื้อจาก PCA slant ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptophan broth แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทดสอบกับสารละลาย Kovac (Kovac's reagent) โดยเติมลงไปประมาณ 0.2-0.3 มิลลิลิตร การทดสอบจะให้ผลเป็นบวก โดยจะปรากฏสีแดงในส่วนผิวหน้าของ Tryptophan broth

2. ทดสอบ Methyl red และ acetone โดยถ่ายเชื้อจาก PCA slant ใส่ในอาหาร MR-VP แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง แล้วนำไปทดสอบดังนี้

2.1. การทดสอบ MR ให้เติมสารละลายเมทิลเรด (methyl red) 2-3 หยด ลงในสารละลาย เชื้อประมาณ 3 มิลลิลิตร การทดสอบจะให้ผลบวกเมื่อสารละลายเชื้อเปลี่ยนเป็นสีแดง

2.2. การทดสอบ VP ให้ปิเปตเชื้อประมาณ 0.7 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองแล้วเติม 0.1 มิลลิลิตรของสารละลายผสม 5% α -naphthol ในแอลกอฮอล์ และ 0.1% creatine KOH ลงไปทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง การทดสอบจะให้ผลบวกเมื่อสารละลายเชื้อเปลี่ยนเป็นสีชมพูแดง

3. การทดสอบ Citrate ให้ถ่ายเชื้อลงบนอาหาร simon citrate agar แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง การทดสอบจะให้ผลเป็นบวกเมื่อมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

4. การย้อมสีแกรม E.coli จะมีรูปร่างเป็นท่อนสั้นและติดสีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการตรวจวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* โดยวิธี MPN Technique ตามวิธีการของ APHA
(1992)

อุปกรณ์

จานเพาะเชื้อ

หลอดทดลอง

ขวดสะอาดปริมาตร 500 มิลลิลิตร

อาหารเลี้ยงเชื้อ

สารละลายบัพเฟอร์เปปโตน (peptone water)

อาหารแข็งเบิร์ดปาร์เกอร์ (Baird-Parker agar, BP) ที่มีส่วนผสมของไข่แดง หรืออาหารแข็งแมนนิทอล ซอลต์เอกยอร์ก (Mannitol salt egg yolk agar, MS-EY) ที่มีส่วนผสมของไข่แดง

อาหารเหลวเบรนฮาร์ทอินฟิวชัน (brain heart infusion broth, BHI)

อาหารเหลวทริพิคเคส ซอย ที่มีเกลือร้อยละ 10 (trypticase soy broth, (TSB)+ NaCl 10 %

พลาสมา (plasma)

วิธีการทดลอง

1. เปิดสารละลายตัวอย่างอาหารที่มีระดับความเจือจางต่างๆ กัน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร มตลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเหลวทริพิคเคสซอยที่มีเกลือร้อยละ 10 (TSB) หลอดละ 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง

2. ใช้เข็มเขี่ยเชื้อจากอาหาร TSB ลงบนอาหาร MS-YE หรือ BP agar ที่เติมไข่แดง แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง

3. ตรวจสอบลักษณะโคโลนีเฉพาะในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีตะกอนขาวขุ่นรอบๆ โคโลนี นับจำนวนหลอดในแต่ละระดับความเจือจางที่คาดเดาว่ามีเชื้อ *S. aureus* แล้วนำโคโลนีที่มีลักษณะดังกล่าวไปทำการทดสอบการสร้างเอนไซม์โคอากูเลส (coagulase)

4. รายงานหลอดที่ให้ผล coagulase positive *S. aureus*. ในแต่ละระดับความเจือจางเทียบกับตาราง MPN

การทดสอบการสร้างเอนไซม์ของ *S. aureus*

1. เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ brain heart infusion broth (BHI) ลงในหลอดทดลองปราศจากเชื้อขนาด เล็กหลอดละ 0.3 มิลลิลิตร

2. ใช้เข็มเขี่ยเชื้อโคโลนีที่คาดว่าเป็น *S. aureus* มาเพาะเลี้ยงในหลอดที่มีอาหาร BHI แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง

3. คูดพลาสมาปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดเพาะเชื้อ BHI แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 4-6 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ตรวจผลการเกาะกันเป็นก้อน (clotting) ของพลาสมา โดยการเกาะกันเป็นก้อนที่ชัดเจน จัดเป็น *S. aureus* ที่โคเอกูเลสให้ผลบวก

5.คำนวณและรายงานผลของเชื้อ *S. aureus* ต่อตัวอย่างอาหาร 1 กรัม

วิธีการตรวจวิเคราะห์หา *Salmonella* sp. ตามวิธีการของ APHA(1992)

อุปกรณ์

จานเพาะเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อ

สารละลายบัพเฟอร์ (Trypticase broth , TSB)

อาหารเตตราไทโอเนต (tetrathionate broth , TTB)

อาหารเทลลูไรต์ซีสตีนิ (selenite cystine broth, SCB)

อาหารแ่งไซเลส-ไลซีน-ดีซอกซีโคเลท (Xylose-Lysine –Desoxycholate agar , XLD)

อาหารแ่งแซงโมเนลลา-ชิเจลลา (Salmonella-Shigella agar,ss)

อาหารไลซีนอินโดล โมติลิตี (Lysine indole motility medium, LIM)

อาหารแ่งทริปเปิ้ลซูการ์ไอรอน (Triple sugar iron agar , TSI)

Agglutinating antiserum(polyvalent) A-67

วิธีการทดลอง

การบ่มเพาะเชื้อ (Pre-enrichment)

ชั่งตัวอย่างอาหารหนัก 25 กรัม แล้วเติม trypticase soy broth (TSB) ลงไป 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง

การคัดเลือกเชื้อ (Selective enrichment)

1.เปิดสารละลายตัวอย่างอาหารจาก TSB ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ Tetrathionate broth (TTB) และ Selenie cystein broth (SCB) ที่บรรจุหลอดทดลองไว้ปริมาตร 9 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง

2.เขี่ยเชื้อจากหลอด TTB และ SCB ลงบนหลอดอาหาร Samonella-Shigella agar(SS) และอาหาร Xylose-Lysine-Desoxycholate agar(XLD) คั่วจานและนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง

3.ดูลักษณะโคโลนีของ Samonella บนอาหาร SS จะมีลักษณะกลมใส อาจมีหรือไม่มีจุดสีดำของการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในโคโลนีและอาหาร XLD โคโลนี จะกลมและมีสีชมพู อาจมีหรือไม่มีจุดสีดำของการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในโคโลนี

การทดสอบทางชีวเคมี (Biochemical screening test)

1. ถ่ายเชื้อจากโค โกลีที่มีลักษณะข้างต้นด้วยเข็มเย็บเชื้อลงบนอาหาร triple sugar iron agar slant (TSI) และ Lysine indole motility medium(LIM) ที่บรรจุหลอดทดสอบ

2. นำหลอดทดสอบไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเช็ดผลปฏิกิริยาทางชีวเคมีในหลอดอาหาร TSI และ LIM เชื้อซาลโมเนลลาจะให้คุณสมบัติทางชีวเคมี ดังนี้

ตาราง ผ1 การตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อซาลโมเนลลา

Triple sugar iron agar(TSI)				Lysine indole motility(LIM)		
Slant	butt	H ₂ S	Gas	Lysine	Indole	Motile
K	A	+/-	+/-	+	-	+/-

K = alkaline ปลายหลอด(slant) ของ TSI จะมีสีแดง(ชมพูบานเย็น)

A = acid ก้นหลอด(butt) TSI จะมีสีเหลืองเกิดตะกอนสีดำของไฮโดรเจนซัลไฟด์

H₂S+ = ในหลอด TSI จะเกิดตะกอนสีดำของไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งซาลโมเนลลาส่วนใหญ่จะให้ผล +

H₂S- = ไม่มีตะกอนสีดำในหลอด TSI ทั้งนี้เนื่องมาจากไม่มีไฮโดรเจนซัลไฟด์

Gas(+) = มีฟองอากาศคั่งขึ้นของ TSI เนื่องจากซาลโมเนลลาส่วนใหญ่สามารถหมักน้ำตาลกลูโคสแล้วได้กรดและแก๊สเพียงเล็กน้อย

Gas(-) = ไม่มีฟองอากาศให้เห็นในหลอด TSI ซึ่งมีบางเชโรวารให้ผล -

Lysine(+) = จะมีสีม่วงทั้งหลอดเนื่องจากเชื้อซาลโมเนลลามิเอนไซม์ lysine decarboxylase ไปย่อย lysine ทำให้อาหารเพาะเลี้ยงดังกล่าวมีความเป็นด่างมากขึ้น มีผลทำให้ brom cresol purple ซึ่งใช้เป็น indicator ในอาหารดังกล่าวและมีสีม่วงที่พีเอชเป็นกลาง มีสีม่วงเข้มมากยิ่งขึ้น ซึ่งซาลโมเนลลาส่วนมากจะมีเอนไซม์ดังกล่าวนี้

Lysine(-) = หลอดอาหารจะมีสีเหลือง เนื่องจากเชื้อไม่มีเอนไซม์ lysine decarboxylase แต่มีเอนไซม์ lysine deaminase ซึ่งจะไปย่อย lysine ทำให้พีเอชของอาหารต่ำลง มีผลทำให้สีม่วงของ brom cresol purple เปลี่ยนไปเป็นสีเหลือง

Indole(+) = จะมีสีแดงบนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อหลังจากหยดน้ำยา KOVAC

Indole(-) = ไม่มีสีแดงหลังจากหยดน้ำยา KOVAC ซึ่งซาลโมเนลลาจะไม่มีเอนไซม์ tryptophanase จึงไม่เกิดปฏิกิริยากับ KOVAC

Motile(+) = หลอดอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ LIM จะขุ่นทั้งหลอด ทั้งนี้เนื่องจากซาลโมเนลลาส่วนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีแฟลกเจลลาใช้ในการเคลื่อนที่ ดังนั้น เมื่อทำการ stab เชื้อลงในหลอดอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ LIM แล้วบ่มเพาะเชื้อซาลโมเนลลาจะเจริญเคลื่อนที่ออกจากรอย stab ไปทุกทิศทาง จึงทำให้หลอดขุ่น

Motile(-) = หลอดอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อจะมีเชื้อบริเวณรอย stab เท่านั้น ส่วนบริเวณอาหารรอบรอย Stab จะใส ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อไม่มีแฟลกเจลลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ จึงเจริญอยู่เฉพาะบริเวณรอย stab ซาลโมเนลลาที่ไม่มีแฟลกเจลลา ได้แก่ S.Pullorum และ S.Gallinarum

การทดสอบทางเซรุ่มวิทยา Serological test

- นำหลอด TSA หรือ NA slants ที่สงสัยว่าเป็นซาลโมเนลลาจากการทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีข้างต้นมาทำการทดสอบยืนยันคุณสมบัติทางเซรุ่มวิทยา
- หยด Agglutinating antiserum(polyvalent) A-67 ลงบนสไลด์ที่สะอาด
- ใช้ห่วงหรือเข็มเก็บเชื้อจาก TSA หรือ NA slants เกลี่ยเชื้อให้ทั่วหยดของ antiserum บนสไลด์
- สังเกตดูการเกิดตะกอนของเชื้อในหยด antiserum ถ้าหากเชื้อดังกล่าวเป็นซาลโมเนลลาจะเกิดการตกตะกอนของเชื้อขึ้น ถ้าไม่ใช่เชื้อจะละลายอยู่ในหยดของ antiserum ขาวขุ่นเหมือนน้ำมันที่หยด
- รายงานผลว่าพบหรือไม่พบ Salmonella sp. ในตัวอย่างอาหาร 25 กรัม

ภาคนวก ข

แบบประเมินการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนน (time intensity)

ผลิตภัณฑ์ : ปีกบนไก่ชุบแป้งทอด

ชื่อผู้ทดสอบชิม _____ วันที่ _____

คำชี้แจง : ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์แล้วให้คะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

สี	เหลืองทอง	น้ำตาล
ความกรอบ	ปานกลาง	มาก
การอมน้ำมัน	ปานกลาง	มาก
กลิ่นหืน	ปานกลาง	มาก
การยอมรับรวม	ปานกลาง	มาก

ข้อเสนอแนะ _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตาราง ผ2 การวิเคราะห์ทางด้านสถิติค่าความกรอบ

Source Of Variances	Sum of Square	Degree of freedom	Mean Square	F
Treatment	1.071×10^{-2}	4	2.677×10^{-3}	13.528 *
Error	1.979×10^{-3}	10	1.979×10^{-4}	
Total	1.269×10^{-2}	14		

* หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ผ3 การวิเคราะห์ทางด้านสถิติค่า TBA

Source Of Variances	Sum of Square	Degree of freedom	Mean Square	F
Treatment	1.583	4	0.396	732.874 *
Error	5.399×10^{-3}	10	5.399×10^{-4}	
Total	1.588	14		

* หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง พ4 การวิเคราะห์ทางด้านสถิติค่าคะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัส

Source Of Variances	Sum of Square	Degree of freedom	Mean Square	F
สี				
Treatment	33.746	4	8.436	0.141*
Block	111.494	14	7.964	0.081 ^{ns}
Error	262.130	56	4.681	
Total	407.370	74		
ความกรอบ				
Treatment	28.234	4	1.033	0.398 *
Block	52.779	14	0.552	0.890 ^{ns}
Error	382.546	56		
Total	463.559	74		
การอมน้ำมัน				
Treatment	49.562	4	12.390	2.559 *
Block	156.738	14	11.196	2.312 ^{ns}
Error	271.146	56	4.842	
Total	477.446	74		
การหืน				
Treatment	27.303	4	6.826	1.473 *
Block	171.135	14	12.224	2.637 ^{ns}
Error	259.569	56	4.635	
Total	458.007	74		
ความชอบรวม				
Treatment	7.962	4	1.990	0.679 *
Block	76.419	14	5.459	1.861 ^{ns}
Error	164.242	56	2.933	
Total	248.623	74		

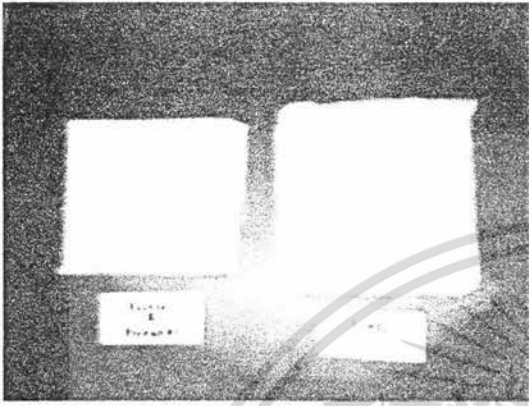
* หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

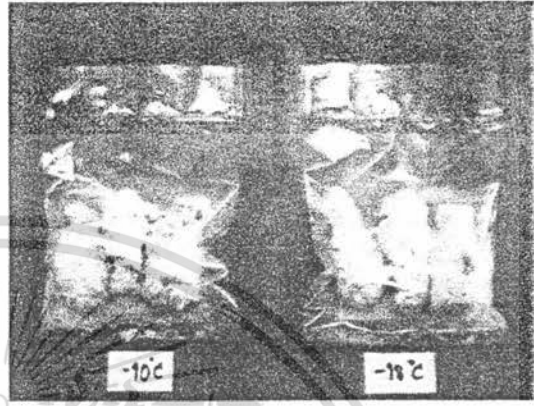
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

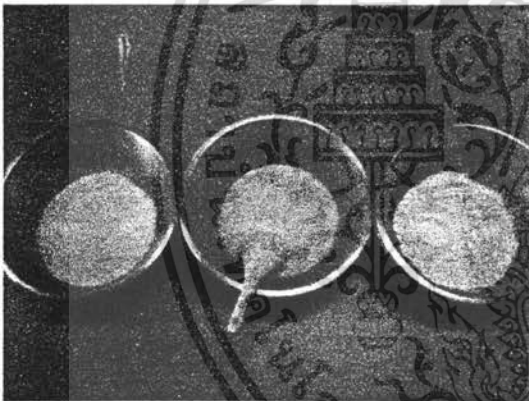
ภาพจากการทดลอง



ภาพที่ ผ1 แป้ง Batter, Breader และ Predust



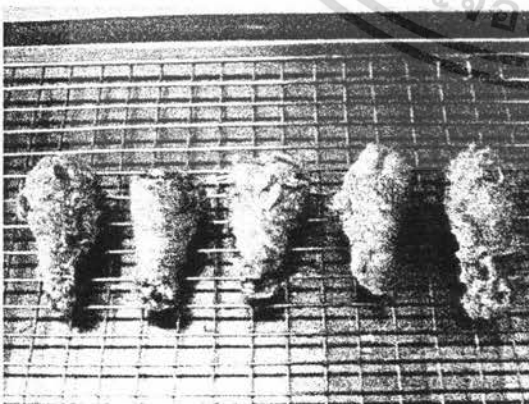
ภาพที่ ผ2 ไข่หุบแป้งทอดที่บรรจุถุงเตรียมเก็บรักษา



ภาพที่ ผ3 แป้งPredust ,น้ำแป้งBatter.แป้งBreader



ภาพที่ ผ4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทอด

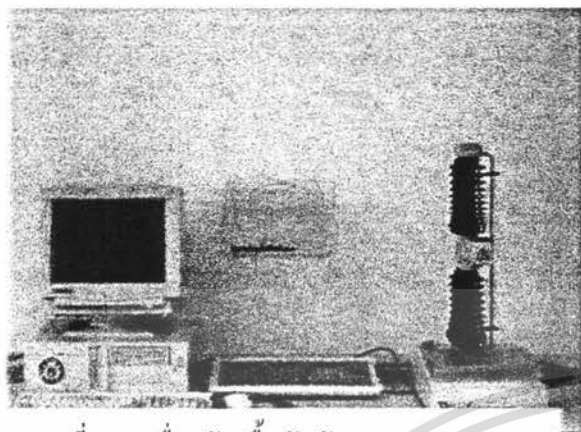


ภาพที่ ผ5 ไข่หุบแป้งทอดแบบสุกทั้งชิ้น

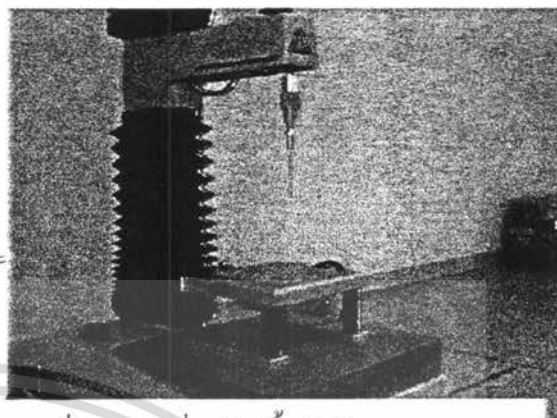


ภาพที่ ผ6 ไข่หุบแป้งทอดแบบสุกบางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



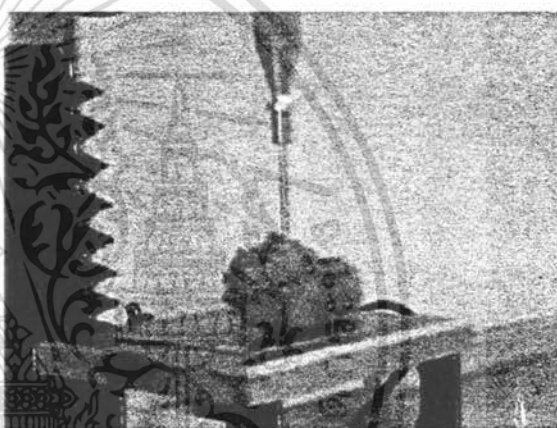
ภาพที่ ผ7 เครื่องวัดเนื้อสัมพัทธ์



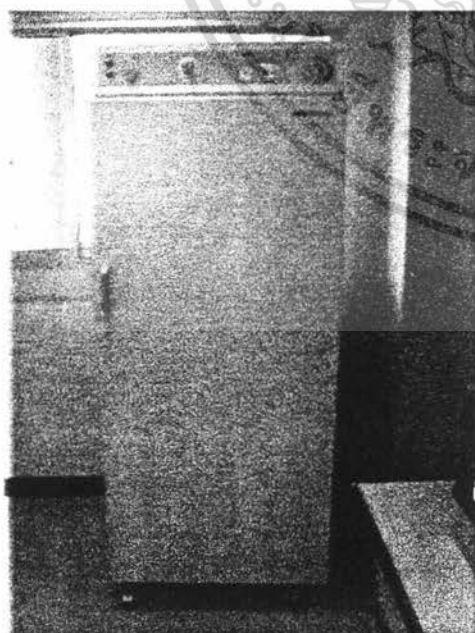
ภาพที่ ผ8 ชุดเครื่องวัดเนื้อสัมพัทธ์



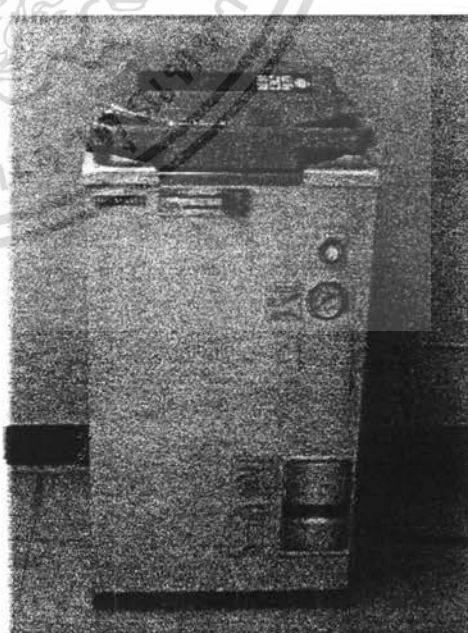
ภาพที่ ผ9 ตู้แช่แข็ง



ภาพที่ ผ10 การวัดเนื้อสัมพัทธ์



ภาพที่ ผ11 ตู้บ่มเชื้อ



ภาพที่ ผ12 ตู้Autoclave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

1. นายกัญจน์ สุทธิสมบูรณ์
เกิดเมื่อวันที่ 14 สิงหาคม พ.ศ.2524
ภูมิลำเนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
การศึกษา จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วุฒิปริญญาตรีบัณฑิต ปี พ.ศ. 2547
จากโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. นายปลาวุฒิ วัฒนานุสสิทธิ
เกิดเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ.2525
ภูมิลำเนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
การศึกษา จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วุฒิปริญญาตรีบัณฑิต ปี พ.ศ. 2547
จากโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้