15466

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เรื่อง

ไข่นกกระทาต้มในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

(Canning of boiled quail eggs in brine)

T096668

นางสาวญาณิศา เกตุวงศ์

นางสาวพรรณทิพย์ สิงห์กัณฑ์

ปพ.
ญ๒๔๑ข
2540

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96668
วัน,เดือน,ปี.....4 JUN 2009

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ไข่นกกระทาต้มในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง
(Canning of boiled quail eggs in brine)

โดย

นางสาวญาณิศา เกตุวงศ์
นางสาวพรรณทิพย์ สิงห์กัณฑ์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... ๒๙ / มี.ค. / ๔๑ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
(นางสาวลักษมี ลิ่วมงคลชัย)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระพีพร พานิชกุล)
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

15466
- 7 ก.ค. 2541

ปพ.
ญ ๒๔๑ ข
๒๕๔๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ญาณิศา เกตุวงศ์ และ พรรณทิพย์ สิงห์กัณฑ์ . 2541. **ไข่นกกระทาต้มในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง (Canning of boiled quail eggs in brine)** สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์

การผลิตไข่นกกระทาต้มบรรจุกระป๋องทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบเพื่อจะนำเข้าสู่ขบวนการบรรจุกระป๋อง เริ่มจากการศึกษาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการต้มไข่ในระดับต่างๆกัน ซึ่งอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่ได้คือ 90-95^{0}ซ เวลา 7 นาที ทำให้ได้ไข่ที่สุกอย่างสมบรูณ์และไม่มีรอยสีดำรอบๆไข่แดง ในแง่ของการศึกษาระยะเวลาของการเก็บไข่ต่อคุณภาพของไข่ต้มพบว่า ถ้าเวลาในการเก็บมากขึ้นมีผลทำให้เวลาในการปอกเปลือก เปอร์เซ็นต์ตำหนิเนื่องจากการปอกเปลือก , เปอร์เซ็นต์ของไข่แดงที่อยู่กึ่งกลางฟอง มีค่าลดลง แต่ถ้าใช้ไข่เก่าเพื่อการผลิตไข่ต้มสามารถปรับปรุงคุณภาพของไข่ต้มได้โดยเพิ่มขั้นตอนการแช่ด่างของการแช่ด่างในขณะต้มตลอดเวลา จะทำให้เปอร์เซ็นต์ของไข่แดงที่อยู่กึ่งกลางฟองมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ได้ศึกษาการใช้กรดและด่างช่วยในการปอกเปลือกไข่ของไข่ใหม่ พบว่าการใช้กรดไฮโดรคลอริกและด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 0.5-1.5 % ทำให้คุณภาพของไข่ต้มในด้านต่างๆแตกต่างจากไข่เก่าอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

การบรรจุกระป๋องของไข่นกกระทาต้มพบว่าเมื่อทำการบรรจุในน้ำเกลือเข้มข้น 1 % ผสมกรดซิตริกเข้มข้น 0.2 % และทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 250 ^{0}ฟ เป็นเวลา 5 นาที จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีและมีความปลอดภัย

ญาณิศา เกตุวงศ์ — ลายมือชื่อนักศึกษา

พรรณทิพย์ สิงห์กัณฑ์ — ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

๒๔ ส.ค. ๔๑ — วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ให้ความรู้ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งได้กรุณาตรวจแก้ไขหนังสือปัญหาพิเศษจนสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร วุฒิชัย นาครักษา ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ให้ความรู้ต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของภาควิชาที่เอื้ออำนวยความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ รวมทั้งพี่ๆและน้องๆ ทุกคนที่ดูแลให้กำลังใจ แนะนำ จนการทำปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่น่ารักทุกคนที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือตลอดการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ญาณิศา เกตุวงศ์

(นางสาวญาณิศา เกตุวงศ์)

พรรณทิพย์ สิงห์กัณฑ์

(นางสาวพรรณทิพย์ สิงห์กัณฑ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่	
1 บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	3
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	16
4. ผลการทดลอง	20
5. สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ	29
บรรณานุกรม	30
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	31
ภาคผนวก ข	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงปริมาณและมูลค่าของการส่งออกผลิตภัณฑ์ไข่นกกระทาต้มบรรจุกระป๋อง	1
4.1	แสดงระดับความสุกของไข่ขาวและไข่แดงของไข่นกกระทาต้มที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กัน	20
4.2	แสดงค่าเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือก ตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือกและเปอร์เซนต์ไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองของไข่นกกระทาต้มที่มีอายุการเก็บต่างๆกัน	21
4.3	แสดงค่าเปอร์เซนต์ของไข่แดงที่อยู่กึ่งกลางฟองและความกว้างของช่องอากาศของไข่ต้ม เมื่อนำไข่เก่ามาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาต่าง ๆ กัน	22
4.4	แสดงค่าเปอร์เซนต์ของไข่แดงที่อยู่กึ่งกลางฟองของไข่ต้มเมื่อนำไข่เก่ามาแช่น้ำอุ่นเป็นเวลาต่าง ๆ กัน	23
4.5	แสดงค่าเปอร์เซนต์ของไข่แดงที่อยู่กึ่งกลางฟองของไข่ต้มโดยวิธีการต้มที่แตกต่างกัน	24
4.6	แสดงค่าเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือกและตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือกของไข่ต้มเมื่อใช้ไข่อายุ 0 และ 1 วัน ลวกด้วยกรดร้อนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	25
4.7	แสดงค่าเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือกและตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือกของไข่ต้มเมื่อใช้ไข่อายุ 0 และ 1 วัน ลวกด้วยด่างร้อนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	26
4.8	แสดงลักษณะปรากฏของไข่นกกระทาต้มบรรจุกระป๋อง เมื่อใช้เวลาในการฆ่าเชื้อแตกต่างกันที่อุณหภูมิ 121 ^{o}ซ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงอัตราการระเหยของ CO_2 ก๊าซออกไข่ที่เก็บที่ 0° ซ และ 25° ซ	5
2	แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของ pH ในไข่ขาวและไข่แดงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บ	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีใหม่ๆ เกิดขึ้นมากมายและมีการนำมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมทางด้านอาหารเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับสภาวะสังคมซึ่งต้องการความสะดวกและรวดเร็ว จึงทำให้ผู้ผลิตทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่สะดวกกับการบริโภค เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบ ดังจะเห็นได้จากมีการจำหน่ายอาหารกึ่งสำเร็จรูป , อาหารกระป๋อง , อาหารพร้อมรับประทาน เป็นต้นจึงทำให้ผู้จัดทำเกิดความสนใจที่จะศึกษาโครงงานเรื่องไข่นกกระทาต้มในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จะให้ความสะดวกสบายในการบริโภคและมีการสูญเสียคุณค่าทางด้านอาหารน้อยและยังสามารถนำไปใช้ประกอบกับผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆได้เช่น สลัด ไข่พะโล้ อีกทั้งไข่นกกระทาต้มบรรจุกระป๋องมีการผลิตขึ้นและส่งจำหน่ายออกไปยังต่างประเทศ แสดงข้อมูลดังตารางที่ 1.1 ยังเป็นที่นิยมในต่างประเทศ ดังจะเห็นได้จากยอดขายการส่งออก ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แสดงปริมาณและมูลค่าของการส่งออกผลิตภัณฑ์ไข่นกกระทาต้มบรรจุกระป๋อง

ปี	ปริมาณ (กิโลกรัม)	มูลค่า (บาท)
2540	2,376,665	125,174,512
2539	2,595,496	129,283,632
2538	1,685,069	75,300,194
2537	1,569,861	65,713,801
2536	3,167,400	126,382,419

ที่มา : กระทรวงอุตสาหกรรม

จากข้อมูลที่ได้ทราบว่าประเทศที่มีการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์นี้มาก เช่น ประเทศญี่ปุ่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศเยอรมัน ประเทศออสเตรเลีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบให้มีคุณภาพดี
2. ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการบรรจุกระป๋องไข่นกกระทาต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

นกกระทาเป็นนกที่มีอยู่ทั่วไปในเอเชีย ยุโรป อาฟริกา และสหรัฐอเมริกาซึ่งมีพันธุ์ย่อยต่างๆ มากมาย ซึ่งพันธุ์นกกระทาที่นิยมในเมืองไทยคือ นกกระทาญี่ปุ่นซึ่งมีลักษณะที่ดีคือ ให้ไข่ดกและเร็ว แข็งแรง เลี้ยงง่าย โรคภัยน้อยต้องการโรงเรือนและอุปกรณ์ต่างๆไม่ใหญ่โตนัก และเกือบไม่มีปัญหาเลย ในเรื่องดิน ฟ้า อากาศ มนุษย์เราได้ประโยชน์จากไข่นกกระทาทางด้านอาหารและตัวของนกกระทา สามารถนำมาทดลองต่างๆได้เนื่องมาจากความอดทนอย่างยิ่งยวดโดยธรรมชาติของนกชนิดนี้

2.1 คุณค่าทางอาหารของไข่

1.โปรตีน : เป็นสารอาหารที่มีอยู่มากทั้งในไข่ขาวและไข่แดง เช่นในไข่ขาวมี Ovalbumin, Conalbumin , Ovomucoid , Lysozyme , Ovomucin , Flavoprotein , Ovoinhibitor , Avidin , Oovoglobilins ส่วนในไข่แดงจะพบ และ - lipovitellins , low - density lipoproteins

2.ไขมัน มีอยู่มากในไข่แดงประกอบด้วยไขมันชนิดต่างๆ เช่นไตรกลีเซอร์ไรด์ฟอสฟอลิพิด, และคอเลสเทอรอล

3.น้ำ มีอยู่ในทุกส่วนของไข่ในปริมาณที่แตกต่างกันโดยไข่ขาวจะมีน้ำมากกว่าไข่แดงปริมาณน้ำที่ต่างกันนี้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากไข่ขาวเข้าสู่ไข่แดงเมื่อเก็บไข่ไว้นานๆ

4. คาร์โบไฮเดรต มีอยู่เพียงเล็กน้อยในไข่โดยอยู่ในรูปน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวอิสระและโมเลกุลน้ำตาลในโปรตีนในรูปไกลโคโปรตีน

5. แร่ธาตุ ที่สำคัญในไข่ได้แก่ ซัลเฟอร์ โพแทสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก ปริมาณของแร่ธาตุต่างๆนี้จะเปลี่ยนแปลงตามปัจจัย

6. วิตามิน มีวิตามินที่ละลายในน้ำทุกชนิดยกเว้นวิตามิซี และมีวิตามินที่ละลายในไขมันคือ วิตามิน เอ ดี อี และเค โดยเฉพาะ วิตามินเอและดี ซึ่งมีมากในไข่แดง

2.2 ลักษณะของไข่ระหว่างการเก็บรักษา

ไข่เก่า ไม่เหมาะสมต่อการนำมาทำผลิตภัณฑ์ เนื่องมาจากสาเหตุหลายๆประการเช่น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงต่างๆของไข่ที่เก็บไว้นานวัน (ไข่เก่า) โดยลักษณะของไข่เก่ามีดังนี้

ผิวไข่ด้าน หมดนวลไข่ เมื่อนำเอาไปส่องไฟจะเห็นเงาไข่แดงไม่อยู่กลางฟองไข่ค่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้างเป็นเงาทึบ ไข่ขาวอ่อนตัวหรือเหลว ช่องอากาศใหญ่ขึ้น เวลานำไข่ไปใส่ลงในน้ำ ไข่เก่าจะลอยน้ำ ส่วนไข่ใหม่จะนอนก้นภาชนะ ซึ่งเมื่อต่อยไข่ใหม่ลงบนจานแบนจะเห็นไข่ขาวอ่อนดังกล่าวจะบางหรือแบนกว่าลักษณะเช่นนี้จะเปลี่ยนแปลงเร็วในระยะแรกๆไข่ที่เก็บนานๆ ความแบนของไข่ขาวจะเปลี่ยนแปลงช้าลง แล้วไข่ขาวทั้งส่วนใสและข้นจะรวมเป็นเนื้อเดียวกันในปลายระยะ และขณะเดียวกันไข่แดงซึ่งข้นตัวมาตั้งแต่ออกมาใหม่ๆจะค่อยๆแบนเหลวและมีขนาดใหญ่ขึ้น

2.3 การเปลี่ยนแปลงต่างๆของไข่ในระหว่างการเก็บรักษา

1. น้ำหนักของไข่ลดลง : ส่วนใหญ่จะเนื่องจากน้ำในไข่ระเหยออกไป อัตราการระเหยจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความร้อน ความชื้น และสภาพของเปลือก สิ่งที่ระเหยสูญไปจากไข่ นอกจากน้ำแล้วยังมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนียและยังมีไนโตรเจนหรือพวกไฮโดรเจนซัลไฟล์ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์สารต่างๆในไข่ ความหนาบางของเปลือก ขนาดใหญ่เล็กของไข่ และการเคลื่อนตัวของอากาศรอบๆไข่จะมีส่วนช่วยให้น้ำระเหยออกจากไข่ได้เร็วหรือช้าต่างกัน

2. ช่องอากาศของฟองไข่ : ไข่ที่เพิ่งออกมาใหม่ๆยังไม่มีช่องอากาศเกิดขึ้นต่อมาเมื่อไข่นั้นเย็นลงก็จะค่อยๆมีช่องอากาศนี้ขึ้นทางด้านป้าน โดยที่เยื่อด้านใน 2 ชั้นของเปลือกไข่นั้นแยกออกกัน เมื่อไข่มีอายุมากขึ้นช่องอากาศจะใหญ่ขึ้น ต่อมาเมื่อน้ำระเหยออกไปจากไข่มากเท่าใด ช่องอากาศก็ยิ่งขยายตัวมากขึ้นเท่านั้น น้ำในไข่ระเหยออกไปมาก สิ่งต่างๆในไข่ก็จะข้นตัวเข้าและเมื่อองค์ประกอบภายในไข่ข้นขึ้นเรื่อยๆ อัตราการระเหยน้ำออกจากไข่ก็จะค่อยๆช้าลงกว่าตอนต้น

3. ความถ่วงจำเพาะของไข่ค่อยๆลดลง เนื่องจากช่องอากาศในไข่กว้างขึ้นเพราะน้ำระเหยออกไปจากไข่ แต่เปลือกยังคงรักษาปริมาตรไข่ไว้ขนาดคงเดิม

4. เมื่อนำไข่เก่าไปต้มจนสุกจะพบว่าเมื่อผ่าออกตามยาวจะปรากฏว่าไข่แดงมิได้อยู่ตรงกลางของไข่ขาว เพราะขณะที่ถูกเก็บไว้นานวันนั้น น้ำบางส่วนจากไข่ขาวระเหยออกไปจากไข่และบางส่วนซึมเข้าไปในไข่แดง เป็นเหตุให้ไข่ขาวมีความหนาแน่นสูงขึ้น แต่ไข่แดงมีความหนาแน่นลดลงไม่ลอยอยู่กลางฟองไข่ต่อไป เวลาต้มสุกแล้วขนาดของไข่แดงโตกว่าเดิมเล็กน้อยและที่ผิวอาจไม่เรียบ

5. การอ่อนตัวของเยื่อหุ้มไข่แดง ซึ่งจะสัมพันธ์กับการซึมของน้ำจากไข่ขาวเข้าไปในไข่แดง เมื่อไข่แดงพองตัวขึ้นก็ขยายเบ่งเยื่อนี้ออก ทำให้เยื่อนี้ค่อยๆบางและหมดความเหนียวลง ซึ่งจะทำให้ไข่แดงแตกและรักษารูปทรงไว้ไม่ได้ต่อไปอีก

6. ไข่แดงจะมีสีเข้มขึ้น ส่วนไข่ขาวมีสีชมพู เป็นเพราะถูกเก็บไว้นาน ธาตุเหล็กจากไข่แดงออกมารวมตัวกับโปรตีนชนิดโอโวโคแนลบิวมินของไข่ขาว

7. ไข่ที่เก็บไว้นาน การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นจะมากขึ้น ไข่มีคุณสมบัติดูดกลิ่นจากของข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียงเนื่องมาจากความเป็นรูพรุนของเปลือกจึงทำให้สารโมเลกุลเล็กๆผ่านเข้าออกได้

8. ไข่ขาวของไข่ใหม่มี pH 7.6 และเมื่อเก็บไข่ไว้นานขึ้น pH จะสูงขึ้นและ pH ของไข่แดงจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากประมาณ 6.0 ไปเป็น 6.8

9. ไข่ขาวเปลี่ยนเป็นไข่ขาวใส เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนในไข่ขาวที่สำคัญคือ Ovomucin ไข่ขาวข้นจึงอ่อนตัวลง ขั้วยึดไข่แดงก็อ่อนตัวลงเช่นกัน

10. การเสื่อมเสียของจุลินทรีย์ จากการศึกษาถึงชนิดของโปรตีนในไข่ขาวพบว่า โปรตีนหลายตัวมีส่วนช่วยในการทำลายจุลินทรีย์ซึ่งรุกรานเข้าในไข่ได้ การผ่านเข้ามาของจุลินทรีย์นี้เข้ามาทางรูเปลือกไข่ซึ่งปกติของนวลไข่จะช่วยปิดรูเปลือกไข่ไม่ให้เป็นทางผ่านของจุลินทรีย์ การที่นวลไข่หลุดหายไปจะเป็นการเปิดช่องทางสำหรับการรุกรานของจุลินทรีย์

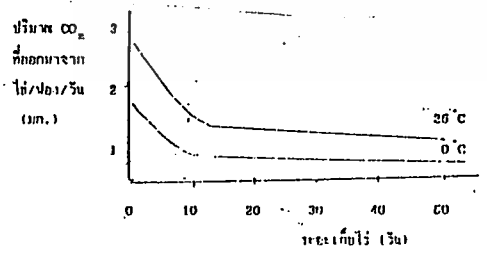
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไข่นกกระทาต้ม

1. pH และ อายุการเก็บ

ไข่ขาวของไข่ใหม่มีpH ประมาณ 7.6 และเมื่อเก็บไข่ไว้นานขึ้นไขาวจะมี pH สูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงประมาณ 9.7

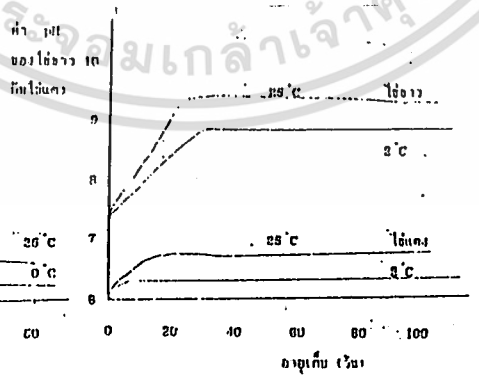
Reinke และ Spencer (1964) รายงานว่ากระบวนการทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นเมื่อไข่เก็บไว้ที่มีผลต่อการปอกเปลือกของไข่ต้มเนื่องจากไข่ขาวมี pH 8.7-8.9

การเพิ่มขึ้นของ pHไข่ขาว มีสาเหตุมาจากการสูญเสีย CO_2 ออกจากฟองไข่ทางรูเปลือกไข่ ค่า pHของไข่ขาวขึ้นอยู่กับสมดุลย์ระหว่าง CO_2 ที่ละลายอยู่ในไข่ขาว HCO_3^- , CO_3^- และโปรตีนแสดงดังภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 แสดงอัตราการระเหยของ CO_2 ก๊าซออกจากไข่ที่เก็บที่ 0^0ซ และ 25^0ซ

ที่มา Stadelman และ Cotterill , 1977



ภาพที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของ pHในไข่ขาวและไข่แดงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บ

ที่มา Stadelman และ Cotterill ,1977

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติเมื่อไข่ที่ออกมาจากตัวแม่ไก่ใหม่ๆมีค่า pH ของไข่ขาวเป็น 7.6-7.9 เมื่อเก็บทั้งเปลือกในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มีผลให้ pH ของไข่ขาวเพิ่มขึ้น pH ของไข่ขาวเพิ่มขึ้นสูงสุดประมาณ 9.7 แต่ถ้าเก็บที่ 3 ^{0}ซ เป็นเวลา 3 วัน pH มีค่าเป็น 9.18

Goodrum และผู้ร่วมงาน (1989) ได้ศึกษาถึงสภาพการเก็บไข่ไก่ที่มีผลต่อ pHของไข่ขาว ความสามารถในการปอกเปลือกของไข่ต้ม และ Shear strength ของไข่ขาวต้มโดยนำไข่มาเก็บที่สภาพต่างกัน คือ เก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 ^{0} ซ และเก็บในห้องบ่มที่อุณหภูมิ 38^{0}ซ มีพัดลมเป่าอากาศ ผลการทดลองปรากฏว่า เมื่อทำการเก็บรักษาไข่ไว้นานขึ้นไข่ที่เก็บในห้องบ่มที่อุณหภูมิ 38 ^{0} ซ มีค่า pH ของไข่ขาวเพิ่มขึ้นเร็วกว่าไข่ที่เก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 ^{0}ซ เมื่อทำการเก็บรักษาไข่ไว้นานขึ้น และยังมีผลทำให้ไข่ต้มปอกเปลือกได้ง่ายขึ้น โดยพบว่าไข่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 38^{0}ซ จะมีค่า shear strength เพิ่มขึ้นในขณะที่ไข่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ^{0}ซ จะมีค่า shear strength ลดลงซึ่งพอจะสรุปได้ว่าไข่ต้มโดยทั่วๆไปจะปอกเปลือกได้ง่าย ถ้าไข่ต้มมีค่า pHของไข่ขาวมีค่าประมาณ 8.9 ซึ่งสอดคล้องกับค่า peeling score

ในการผลิตไข่ต้มเพื่ออุตสาหกรรมสามารถควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษา เพื่อให้ได้ค่า pH ของไข่ขาวเหมาะสม มีความจำเป็นต่อไข่ที่จะปอกเปลือกได้ง่าย โดยไม่จำเป็นต้องเก็บไข่ไว้เป็นเวลานาน ทำให้สามารถลดต้นทุนในการเก็บรักษาไข่ ขณะเดียวกันการตรวจสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไข่ขาวต้มสุก คือ ค่า toughness โดยวัดค่า shear strength ของไข่ขาวต้ม สามารถนำมาช่วยในด้านการออกแบบเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพสูงในการปอกเปลือกได้ง่าย และผิวหน้าไม่ขรุขระ

2. วิธีการในการต้ม

Sheldon และ Kimsey, 1983 . ได้ทำการศึกษาถึงผลของวิธีการต้มไข่ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ และประสาทสัมผัสของไข่ต้มโดยใช้อุณหภูมิในการต้มที่แตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ

วิธีที่ 1. ต้มไข่ที่อุณหภูมิ 97^{0}ซ

วิธีที่ 2. ต้มไข่โดยใช้ไอน้ำลวกที่ความดันบรรยากาศ

วิธีที่ 3. ต้มไข่ที่อุณหภูมิน้ำเดือด (ประมาณ 99^{0} ซ)

พบว่าการหุงต้มโดยวิธีแตกต่างกันทั้ง 3 วิธีดังกล่าวเป็นผลให้ค่า pH และความชื้นของไข่ขาวและไข่แดงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยไข่ที่ต้มด้วยความร้อนสูงจะมีค่า pHของไข่ขาวลดต่ำลงมากที่สุด ส่วนการต้มไข่โดยใช้ไอน้ำมีความชื้นลดลงมากที่สุด และจากการวัดสีของไข่แดงที่แตกต่างกันในแต่ละการทดลอง พบว่า ไข่ต้มที่ต้มด้วยไอน้ำมีสีเกิดขึ้นอ่อนที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มขึ้นของ acidity ของไข่ขาวขณะหุงต้ม อาจมีเหตุผลมาจากปัจจัยต่างๆ คือ

ก. โปรตีนในไข่ขาวได้รับการเปลี่ยนแปลงจาก Thermal deraturation และ polypeptide chain คลายตัว (unfolding) ในระหว่างการต้ม การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งที่สามารถไป ionize aminno acid ที่เหลือสู่สภาวะแวดล้อมเป็นด่าง เป็นสาเหตุให้โปรตอนถูกปลดปล่อยออกมา

Goodno และผู้ร่วมงาน (1975,1976) รายงานว่าในระหว่างการ denature เนื้อสัตว์ด้วยความร้อนในสารละลาย KCL เข้มข้น 0.5 โมลาร์ที่อุณหภูมิ 60-70^{0}ซ ไมโอซิน และ helical fragment ของมัน จะมีค่า pH ลดลง 0.2-0.4 หน่วย ดังนั้นการต้มไข่เป็นเวลานาน และมีอุณหภูมิภายในสูง เป็นเหตุให้เกิด protein denature และ peptide chain unfolding มากและเกิด deprotonation มาก

ข. การที่ pHของไข่ขาวลดลงในระหว่างการต้ม อาจมีสาเหตุเกี่ยวเนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายของเหล็กจากไข่แดงผ่านทางเยื่อหุ้ม vitelline membrane เข้าไปยังไข่ขาวทำให้ pH ของไข่ขาวลดลง ขณะที่ pHไข่แดงเพิ่มขึ้นในขณะต้ม

ผลการวิจัยของ Sheldon และ Kimseyp (1983) ที่ได้นี้สนับสนุนงานวิจัยของ Baker และผู้ร่วมงาน (1967) ได้เป็นอย่างดี แสดงว่าไข่ต้มด้วยไอน้ำสุกเร็วกว่า มีเวลาในการทำให้สุกสั้นกว่า และอุณหภูมิภายในถึงจุด end point ต่ำกว่า SHC และ B ดังนั้นไข่ต้มที่ต้มด้วยไอน้ำจึงมี protein denature และเกิด H_2S แก๊สน้อยกว่า จึงทำให้ผิวหน้าของไข่แดงมีสีเขียวน้อยกว่า

3. สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษาไข่นกกระทาสด

Britton และ Fletcher (1983) ได้ทำการทดลองนำไข่สดวางไว้ในสภาวะแวดล้อมปิดที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ บรรจุอยู่ตั้งไว้เป็นระยะเวลา 30 นาที เปรียบเทียบกับไข่สด (24 ชม.) และไข่ที่แช่ไว้ในน้ำ 24 ชม. พบว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถใช้เป็น สารจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เป็นอย่างดี โดยทำให้ประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากฟองไข่ได้เร็วขึ้น และช่วยเร่งการเพิ่มของ pHไข่ขาวได้เป็นอย่างดี โดยพบว่าภายหลังจากนำไข่ไปตั้งไว้ในสภาพที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 30 นาที ทำให้ pHของไข่ขาวเพิ่มขึ้นเป็น 8.44 ยังผลให้ไข่เมื่อนำไปต้มสามารถปอกเปลือกได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การหมุนไข่หรือการกลับไข่ไปมาในระหว่างการต้ม

มีผลต่อการอยู่กึ่งกลางฟองของไข่แดง ไข่สดจะมีไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟอง เพราะมีไข่ขาวในชั้นชั้วไข่ (chalaziferous layer) ทำหน้าที่เป็นสายหุ่นยึดเหนี่ยวให้ไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟอง แต่เมื่อไข่เก่าความแข็งแรงของไข่ขาวในชั้นชั้วไข่ลดลง เนื่องจากค่า pHที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการ breakdown ใน gel structure ของไข่ขาว รวมกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ ไข่แดงจึงเคลื่อนที่ออกจากกึ่งกลางฟองเข้ามาติดเปลือกไข่

ไข่เก่าหรือไข่ที่มี pH ของไข่ขาวประมาณ 8.9 เป็นไข่ที่ถูกเลือกใช้เป็นวัตถุดิบในการนำไปบรรจุกระป๋อง แต่จะมีปัญหาเรื่องไข่แดงไม่อยู่กึ่งกลางฟอง Stadelman และ Rhorer (1984) พบว่าการหมุนไข่หรือกลับไข่ไปมาทางแกนยาวด้วยความเร็ว 12 รอบต่อนาที ในขณะต้มจะทำให้ไข่ต้มมีไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองมากขึ้น

Stadelman และ Rhorer ให้เหตุไว้ว่า เนื่องจากไข่แดงเคลื่อนที่เป็นอิสระจากไข่ขาวในสภาพไข่ดิบ ขณะที่ไข่ขาวค่อย ๆ สุกขณะต้ม การหมุนหรือกลับไข่ไปมาอย่างช้า ๆ ทางแกนยาวเป็นเหตุให้ชั้นของไข่ขาวมีความสม่ำเสมอ และมีแนวโน้มให้ไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองเมื่อไข่ต้มสุก

5. การเกิดสีดำ- เขียวที่บริเวณผิวหน้าของไข่แดง

ไข่ที่ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลานาน มักพบว่าจะเกิดสีดำ-เขียวขึ้นที่ผิวหน้าไข่แดงเนื่องจากเกิดสาร ferrous sulfide (FeS) ขึ้นในบริเวณนั้น ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่น่าดู และเป็นที่น่ารังเกียจของผู้บริโภค

ปกติในไข่แดงมีเหล็ก 11 มก./ 100 กรัม และมีซัลเฟอร์ 0.016 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ไข่ขาวมีเหล็ก 0.9 มก./ 100 กรัม และมีซัลเฟอร์ 0.195 เปอร์เซ็นต์ โดยซัลเฟอร์ส่วนใหญ่พบใน cystine และ methionine ไข่แดงในไข่เก่ามีเหล็กสูงกว่าของไข่ใหม่

Fruton และ Simmonds (1958) พบว่าเอนไซม์ cystine desulfhydrase สามารถปลดปล่อย H_2S ออกมาจาก L-cystine ได้ และอาจมีเอนไซม์ตัวอื่นๆๆ ที่มีผลต่อการเกิด H_2S ในไข่ขาวระหว่างการเก็บรักษา และในขณะต้มพบว่า covalent bond ของซัลเฟอร์ ที่มีอยู่ในกรดอะมิโนจะถูกทำลายที่อุณหภูมิสูงกว่า 60^0 ซ (Baker และคณะ , 1967)

H_2S ที่เกิดในไข่ขาวจะเข้าทำปฏิกิริยากับเหล็กในไข่แดงเกิดเป็นสารเฟอร์รัสซัลไฟด์ขึ้นบริเวณผิวหน้าของไข่แดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Baker และคณะ (1967) ได้ทำการทดลองให้เห็นว่าไข่ที่ยิ่งเก็บไว้นานยิ่งทำให้เกิดสีดำ-เขียวขึ้นที่บริเวณผิวหน้าไข่แดงของไข่ต้มมากขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้มีผลสืบเนื่องมาจากค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไปของไข่แดง พบว่าไข่แดงสดมีค่า pH = 6.0 แต่เมื่อเก็บไว้นาน 3 สัปดาห์ที่ 2^{0} ซ ไข่แดงมีค่า pH = 6.9

ปริมาณของ H_2S ที่เกิดขึ้นและออกมาจากไข่ มีปัจจัยเกี่ยวข้อง คือ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการต้มไข่

จากผลการทดลองของ Swaminathan (1979) 70-85 ^{0}ซ และเวลาในการต้มน้อย จะมี HS เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย สารเฟอรัสซัลไฟด์ที่เกิดอาจถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย เมื่อทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 เกิดสารเฟอร์ริกซัลเฟตขึ้น ทำให้สีดำ-เขียวที่เกิดขึ้นซีดจางเมื่อเก็บไข่ต้ม

จากผลการทดลองของ Baker และคณะ (1967) สีดำ - เขียวที่ผิวหน้าไข่แดงของไข่ต้มจะจางไปเมื่อเวลาเก็บรักษานานขึ้น (ในสภาพที่มี H_2O_2 เกิดขึ้นในฟองไข่) โดยใช้ไข่ต้มมีค่าเฉลี่ยวันที่ 1 มีค่า 5.05 แต่เมื่อรักษาไว้ 21 วัน ที่อุณหภูมิ 10^{0} ซ ค่าสีเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 1.90 และยังพบว่าวิธีการทำให้ไข่ต้มเย็น มีผลต่อสีที่ผิวหน้าของไข่แดง โดยไข่ต้มที่ทำให้เย็นด้วยน้ำเย็นในสภาพน้ำไหลมีค่าสีต่ำสุดในขณะที่ไข่ต้มที่ทำให้เย็นด้วยอากาศที่อุณหภูมิห้อง มีค่าสีสูงสุด

สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะปรากฏว่าปฏิกิริยาระหว่าง H_2S และ Fe สามารถทำให้มีน้อยที่สุดได้ โดยการใช้วิธีทำให้ไข่ต้มเย็นลงอย่างรวดเร็วให้เร็วที่สุดเท่าที่ทำได้

นอกจากนี้ Baker และผู้ร่วมงานยังได้ศึกษาถึงช่วงเวลาที่ทำให้ไข่ต้มเย็นลงก่อนนำมาประเมินผลค่าสีของไข่แดงที่เกิดขึ้น โดยใช้ช่วงระยะเวลา หลังจากต้มไข่สุก 1, 15, 30, และ 45 นาทีที่อุณหภูมิห้อง

ไข่ต้มที่ตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานก่อนปอกเปลือกจะเกิดสีดำ-เขียวมากขึ้นบนผิวหน้าของไข่แดง แสดงว่า FeS ยังคงเกิดขึ้นอยู่อย่างต่อเนื่องนานเท่านาน ขณะที่ไข่ยังอุ่นอยู่ ทันทีทันใดที่มีการต้มไข่จะมี FeS_2 จำนวนเล็กน้อยเกิดขึ้น แต่ปฏิกิริยาของ Fe และ H_2O เข้ามาแทนที่ในช่วงที่ไข่ถูกทำให้เย็นปรากฏว่าในระหว่างการหุงต้ม H_2S ไม่สามารถออกมาสัมผัสกับไข่แดงได้ เนื่องจากความดันของแก๊สภายในฟองไข่จะดันออกมาภายนอก การทำให้ไข่เย็นลงที่ตามมาเป็นผลให้ H_2S จะเคลื่อนที่เข้าไปภายในและไปสัมผัสกับผิวหน้าของไข่แดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน

การใช้ความร้อนแปรสภาพอาหาร (thermal processing) หมายถึง การใช้อุณหภูมิสูง ๆ เพื่อช่วยถนอมรักษาอาหารโดยความร้อนจะทำลายจุลินทรีย์ให้โทษและทำให้อาหารเสื่อมเสียเอนไซม์ สารพิษ พยาธิ และแมลงต่าง ๆ ที่ไม่สามารถทนความร้อนได้ คือ

การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนสามารถกระทำได้ 2 วิธี

1. การพาสเจอร์ไรซ์ (pasturization)

คือ วิธีการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงนักโดยมุ่งทำลายแบคทีเรียพวกที่ไม่สร้างสปอร์และก่อให้เกิดโรคกับมนุษย์ (pathogenic bacteria) ส่วนจุลินทรีย์อื่นๆ ที่ทนความร้อนของการพาสเจอร์ไรซ์ได้นี้จะทำให้อาหารเสียได้ ดังนั้นอาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ต้องอาศัยความเย็นช่วยเก็บรักษา

กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ อาจทำได้ 2 ระบบ คือ

1. ระบบช้าอุณหภูมิต่ำ หรือ LTLT (Low Temperature Long Time) เป็นระบบที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 ^{0}ซ นาน 30 นาที แล้วทำให้เย็นทันที

2. ระบบเร็วอุณหภูมิสูง หรือ HTST (High Temperature Short Time) เป็นระบบที่ให้ความร้อนในระดับสูงขึ้นแต่ใช้ความร้อนสั้นลง คือ ที่อุณหภูมิ 72 ^{0}ซ นาน 15 วินาที แล้วทำให้เย็นลงโดยเร็ว มักทำเป็นระบบต่อเนื่องโดยให้อาหารเหลว เช่น น้ำนม น้ำผลไม้ ไหลผ่าน แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนในช่วงระยะเวลาที่กำหนดตามชนิดของผลิตภัณฑ์

2. การสเทอร์ริไลซ์ (Sterilization)

คือ วิธีการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าการพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งอาจเป็นอุณหภูมิภายใต้น้ำเดือด หรือสูงกว่าเพื่อทำลายสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย รวมทั้งสปอร์ของจุลินทรีย์ให้หมดไป แต่ในทางอุตสาหกรรมอาหารสามารถทำได้เพียงให้ความร้อนที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสียและทำให้ผู้บริโภคปลอดภัยเมื่อบริโภคอาหารนั้นภายใต้สภาวะการเก็บรักษาและขนถ่ายโดยปกติ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในระดับนี้ เรียกว่า การฆ่าเชื้อที่ใช้ทางการค้า (commercial sterilization) ซึ่งเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ที่ทนความร้อนมากที่สุด อาหารที่ได้จากการสเทอริไลซ์ถือได้ว่าเป็นอาหารที่ปลอดเชื้อ (commercial sterilize food) สามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่ต้องอาศัยห้องเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น การทำอาหารกระป๋อง การสเทอริไลซ์น้ำนมวัวโดยกระบวนการ ยู.เอช.ที (UHT : Ultra High Temperature) นิยมใช้อุณหภูมิ 135-150^{0} ซ นาน 1-4 วินาที ซึ่งมีวิธีให้ความร้อนกับอาหารได้ 2 แบบ คือ

1. ทางอ้อม (indirect type) เป็นการให้ความร้อนผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน เหมือนกับการพาสเจอร์ไรซ์ แต่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า

2. ทางตรง (direct type) เป็นการใช้ไอน้ำร้อนจัดเป็นตัวกลางให้ความร้อนโดยฉีดลงไปผสมกับอาหารโดยตรงแล้วจึงส่งผ่านไปยังเครื่องระเหยน้ำส่วนที่เกินออกไปโดยทำใต้สุญญากาศ

2.6 กรรมวิธีในการผลิตอาหารกระป๋อง

1. **การเตรียมวัตถุดิบ**

ขั้นตอนนี้มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ เริ่มจากการทำความสะอาดวัตถุดิบเพื่อกำขัดกำขัดสิ่งสกปรกออกไป แล้วทำการคัดขนาดและความแก่อ่อนเพื่อความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงทำการตกแต่งแยกส่วนที่ไม่ต้องการออกไป

2. **การลวกด้วยน้ำร้อน (blanching)**

มีหลายวิธีทั้งการจ่มวัตถุดิบลงในน้ำเดือดหรือการนึ่งด้วยไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารจะมีเครื่องมือเฉพาะ เรียกว่า blancher ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิและเวลาได้อย่างเหมาะสม การลวกด้วยน้ำร้อนมีจุดประสงค์ เพื่อ

- ทำลายเอนไซม์ในวัตถุดิบ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่น
- กำขัดอากาศจากผิวหน้าของวัตถุดิบ
- ให้วัตถุดิบหดตัวหรือนิ่ม สะดวกในการบรรจุ
- ลดปริมาณจุลินทรีย์

3. **การบรรจุ (filling)**

เป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบบรรจุลงในภาชนะบรรจุที่ทำจากขวดแก้วหรือกระป๋องโลหะ โดยจะบรรจุส่วนที่เป็นของแข็งลงไปก่อนแล้วจึงบรรจุส่วนที่เป็นของเหลว เช่น น้ำเกลือ ลงไป ปัจจุบันนี้ภาชนะบรรจุอาจเป็นถุงหรือกล่องพลาสติกก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **การไล่อากาศ (exhausting)**

เป็นขั้นตอนการไล่อากาศในภาชนะบรรจุออกไปให้มากที่สุดเพื่อวัตถุประสงค์ต่อไปนี้ คือ

- ลดแรงดันภายในภาชนะบรรจุอาหาร ป้องกันการแตกตรงตะเข็บของภาชนะบรรจุในระหว่างการฆ่าเชื้อเพราะถ้ามีอากาศจะทำให้เกิดแรงดันสูงมาก
- รักษาคุณภาพของอาหาร เพราะไม่มีออกซิเจนในกระป๋องทำให้คุณภาพอาหารไม่เปลี่ยนแปลง ป้องกันการบวมของกระป๋องเมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงหรือในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมากๆ
- ช่วยให้เก็บอาหารกระป๋องได้นาน

การทำให้เป็นสุญญากาศทำได้โดยบรรจุส่วนที่เป็นของเหลวในขณะร้อนแล้วปิดผนึกทันที หรือใช้เครื่องไล่อากาศ (exhauster) โดยพ่นไอน้ำลงเหนืออาหารแล้วปิดผนึกทันทีก่อนทำให้เย็น เมื่อกระป๋องเย็นลงไอน้ำจะรวมตัวเป็นหยดน้ำเกิดความเป็นสุญญากาศ หรืออาจจะทำการปิดผนึกภาชนะในสภาพที่เป็นสุญญากาศ

5. **การปิดผนึก (seaming)**

สำหรับกระป๋องโลหะจะมีการยึดกันระหว่างฝาและขอบกระป๋องหลังการผนึกเป็นแบบตะเข็บคู่ (double seam) ถ้าเป็นขวดแก้ว จะใช้ฝาเหล็กเคลือบดีบุกแบบหมุนเกลียวหรือตะเข็บงอ การปิดผนึกนี้ต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันการรั่วของภาชนะบรรจุ

6. **การฆ่าเชื้อ (process)**

หมายถึง การใช้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารซึ่งบรรจุอยู่ภายในภาชนะปิดสนิท ปริมาณความร้อนมีความร้อนมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของอาหาร นอกจากนี้ยังขึ้นกับชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร รูปร่างและขนาดของภาชนะบรรจุ การฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องนี้จะต้องใช้ปริมาณความร้อนที่เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ *clostridium botulinum* เพราะว่าเชื้อ *Cl.botulinum* เป็นสิ่งที่เราจะต้องให้ความสำคัญอย่างมากที่สุดในการผลิตอาหารกระป๋อง โดยเฉพาะอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ เนื่องจาก *Cl.botulinum* เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ในอุณหภูมิปกติ (mesophile) และไม่ต้องการอากาศ (anaerobe) ในการเจริญเติบโตและสร้างสารพิษ พบว่ามีอยู่ 6 สายพันธุ์ คือ A,B,C,D,E,F ชนิดที่เป็นอันตรายในคน คือ A B E และ F แม้ว่าเซลของ *Cl.botulinum* จะถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิไม่สูงนัก ประมาณ 82.2-93.3 ^{0} ซ แต่สปอร์และสารพิษในสปอร์ค่อนข้างทนความร้อนสูงจึงเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าใช้ความร้อนฆ่าเชื้ออาหารไม่เพียงพอ เพราะปริมาณสารพิษเพียงเล็กน้อยประมาณหนึ่งในล้านส่วน สามารถทำให้ถึงแก่ความตายได้ พบว่าสปอร์ *Cl.botulinum* ชนิด A ทนความร้อนสูงมาก ณ อุณหภูมิน้ำเดือด จะอยู่ได้นานถึง 4 ชั่วโมง ในอุตสาหกรรมอาหาร การทดสอบว่าปริมาณความร้อนที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารเพียงพอหรือไม่นั้นจะใช้เชื้อ P.A. 3679 เป็นตัวทดสอบ เพราะสปอร์มีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดีเช่นเดียวกับสปอร์ของ *Cl.botulinum* แต่ไม่สร้างสารพิษ และสะดวกในการนำมาใช้งาน นอกจากนี้ยังตรวจสอบการเสื่อมเสียจากเชื้อนี้ได้ง่าย

7. **การทำให้เย็น (cooling)**

มีจุดประสงค์เพื่อป้องกันการสูญเสียคุณภาพของอาหารเนื่องจากความร้อนส่วนเกิน โดยการลดอุณหภูมิของอาหารหลังจากการฆ่าเชื้อแล้วลงอย่างรวดเร็วด้วยน้ำเย็นจนอุณหภูมิลดลงถึงระดับหนึ่งซึ่งยังมีความร้อนเหลืออยู่พอที่จะทำให้ผิวนอกของกระป๋องแห้งสนิทปราศจากหยดน้ำที่เกาะอยู่บนกระป๋องเพื่อป้องกันการเกิดสนิมบนกระป๋องขณะเก็บรักษา

8. **การปิดฉลากและบรรจุหีบห่อ (labeling and packing)**

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตก่อนที่จะจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไปสู่ผู้บริโภคต่อไปความร้อนในภาชนะบรรจุอาหาร

2.7 ความร้อนในภาชนะบรรจุอาหาร

ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ในอาหารที่บรรจุในภาชนะปิด เราจะต้องทราบลักษณะแผ่กระจายของความร้อนในอาหารซึ่งบรรจุอยู่ภายในภาชนะเพื่อคำนวณการใช้อุณหภูมิและเวลาฆ่าเชื้อได้ถูกต้องเหมาะสม โดยทั่วไปนั้นจะทำการศึกษาหาจุดใดจุดหนึ่งในภาชนะซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนน้อยที่สุด (cold spot or critical point) ถ้าให้ความร้อนกับจุดนี้ไม่เพียงพออาจทำให้จุลินทรีย์ยังคงมีชีวิตอยู่ต่อไปได้ ดังนั้นการใช้จุดที่ได้รับความร้อนน้อยที่สุดนี้เป็นหลักในการหาอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยสมบูรณ์ จึงกล่าวได้ว่าจุดอื่นๆภายในภาชนะบรรจุอาหารก็จะได้รับความร้อนซึ่งเพียงพอกับการทำลายเชื้อจุลินทรีย์เช่นกัน

สามารถวัดค่าของการแผ่กระจายความร้อนได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เทอร์โมคอปเปิล (Thermocouple) สอดเข้าไปที่จุดที่เย็นที่สุดเพื่อบันทึกเวลาและอุณหภูมิที่จุดนั้นในการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระหว่างขั้นตอนการทำลายจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง อุณหภูมิภายในกระป๋องซึ่งนิยมวัดจากจุดที่เย็นที่สุด จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่เริ่มให้ความร้อนจนกระทั่งการทำให้เย็นลงรวมเรียกว่า วงจรกระบวนการความร้อน (thermal process cycle)

2.8 ความร้อนกับการทำลายจุลินทรีย์

การกำหนดเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องนอกจากจะต้องทราบลักษณะการถ่ายเทความร้อนในอาหารแล้วจะต้องทราบความต้านทานต่อความร้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารด้วย ความต้านทานความร้อน (heat resistance)คือปริมาณความร้อนสูงสุดซึ่งคิดเป็นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาที่ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จะสามารถทนมีชีวิตอยู่ได้

ในการคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ 3 ตัวคือ D , Z และ F ตัวแปรเหล่านี้บอกให้ทราบถึงความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียและบ่งชี้ว่าการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อนั้นๆ มีผลในการฆ่าเชื้อได้มากเท่าไร

1. ค่า D (Decimal Reduction Time หรือ Death Rate Constant)

คือ ความสามารถในการทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ถูกกำหนดให้แสดงในรูปของค่า " D " (D value) หรือ Decimal Reduction Time หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ลง 90 % ของที่มีอยู่ที่อุณหภูมิหนึ่งๆจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า D แตกต่างกัน การหาค่า D ทำได้โดยใส่สปอร์ของจุลินทรีย์ ที่ทราบจำนวนแน่นอนลงในภาชนะบรรจุแล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่โดย ใช้เวลานานต่างๆกันข้อมูลที่ได้นำมาแสดงในรูปของกราฟซึ่งเป็น Semilogarithmic Graph เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดยแนวตั้ง (แกน Y) เป็น log – scale แสดงจำนวนสปอร์ที่เหลือรอดอยู่ ส่วนแนวนอน (แกน X) เป็นสเกลปกติแสดงเวลาที่ให้ความร้อน ถ้าเราให้ความร้อนแก่สปอร์จำนวน 10000สปอร์ ที่อุณหภูมิ 240° ฟและพบว่าต้องใช้เวลา 10 นาที เพื่อลดจำนวนสปอร์จาก 10000 ให้เหลือ 1000 หรือลดลง 90 % (1 log cycle) ดังนั้นค่า $D_{240} = 10$ นาที โดยที่ตัว Supscript ที่อยู่ข้างล่างตัว D บอกอุณหภูมิที่ใช้ในการหาค่า D ปัจจัยที่มีผลต่อค่า D คือชนิดของสปอร์ ชนิดของอาหารที่สปอร์แขวนลอยอยู่ เป็นต้น

2. ค่า Z (Z value)

ถ้าเราหาค่า D ของสปอร์สายพันธ์เดียวกันที่หลายอุณหภูมิ แล้วแสดงข้อมูลที่ได้ในรูปของกราฟระหว่าง log ของค่า D กับอุณหภูมิที่ใช้ในการหาค่า D แต่ละค่าเราจะได้ Thermal Death Time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Curve (TDT) ค่า Z คือจำนวนองศาฟาเรนไฮต์หรือองศาเซลเซียสที่ต้องการเพื่อเปลี่ยน TDT curve ไป 1 log cycle หรือคืออุณหภูมิที่เปลี่ยนค่า D ไป 10 เท่า ค่า D ทั้งหมดที่อยู่บน TDT มีผลในการทำลายสปอร์ได้ 90 % เท่ากัน เพียงแต่เป็นอุณหภูมิแตกต่างกัน

3. ค่า F (Sterilizing Value)

คือจำนวนนาทีที่อุณหภูมิหนึ่งที่อุณหภูมิหนึ่งซึ่งใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายในสภาวะที่กำหนด การใช้ค่า F_0 จำเป็นต้องบอกอุณหภูมิที่ใช้และบอกค่า Z ของจุลินทรีย์ที่เป็นเป้าหมาย เขียนเป็น F^T_Z ถ้าค่า Z = 18 ^{0} ฟ หรือ 10 ^{0} ซและค่า T = 250 ^{0}ฟ หรือ 121.1 ^{0}ซ จะได้ F^{18}_{250} หรือ F_0 ใช้สัญลักษณ์แทนว่า F ซึ่งคือจำนวนนาทีที่ 250 ^{0} ฟ (หรือ 121.1^0 ซ) ที่ใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์ซึ่งมีค่า Z = 18 ^{0}ฟ (หรือ 10 ^{0} ซ) ลงจำนวนหนึ่ง ค่า F_0 เป็นค่าที่สำคัญมากมักเรียกว่าเป็น Process Lethality ในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบกระบวนการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน เราอาจแสดงค่า F ที่อุณหภูมิอื่น (นอกเหนือไปจาก 250 ^{0} ฟ) เป็นเวลาที่ใช้ที่อุณหภูมิ 250 ^{0}ฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์ และ วิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

ไข่นกกระทา จากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์ในการต้มไข่นกกระทา

1. กะละมังสแตนเลส
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. ทัพพี
4. กระชอน
5. นาฬิกาจับเวลา
6. ถาด

อุปกรณ์ในกระบวนการทดสอบอิทธิพลของกรด-ด่าง

1. ขวดสีชา
2. ถุงพลาสติก
3. มีด
4. ถาดพลาสติก
5. เครื่องวัด pH
7. บีกเกอร์
8. ทัพพี
9. นาฬิกาจับเวลา
10. ขวดวัดปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. แท่งแก้ว

<u>สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการทดสอบอิทธิพลของกรด-ด่าง</u>

1. โซเดียมไฮดร็อกไซด์ (NaOH)
2. กรดซิตริก (citric acid)

<u>อุปกรณ์ในกระบวนการบรรจุกระป๋อง</u>

1. กระป๋องขนาด 4 ออนซ์
2. เครื่องไล่อากาศ
3. หม้อนึ่งความดันฆ่าเชื้อ
4. ตราชั่ง
5. แท่งแก้ว
6. กะละมังสแตนเลส
7. ทัพพี

<u>สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการบรรจุกระป๋อง</u>

1. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
2. กรดซิตริก (citric acid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96668

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

1.การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบให้มีคุณภาพดี

1.1 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการต้มไข่ โดยใช้อุณหภูมิในการต้ม 80-85, 90-95 และ 100 องศาเซลเซียสขึ้นไป เป็นเวลา 5,6 และ 7 นาที ตามลำดับ แล้วนำไข่ต้มที่ได้ไปทำให้เย็นภายใต้น้ำไหล ไข่ต้มที่ได้นำมาปอกเปลือกและศึกษาคุณภาพของไข่ที่ได้ดังนี้

1. ความสุกของไข่ว่าเหมาะสมหรือไม่
2. มีสีเขียวเกิดขึ้นที่ผิวรอบนอก

1.2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บไข่ต่อคุณภาพของไข่ต้มโดยนำไข่นกกระทาที่มีอายุตั้งแต่ 0 ,1 , 3 และ 4 วันที่อุณหภูมิห้องตามลำดับ โดยใช้ไข่นกกระทาจำนวน 10 ฟองต่อการทดลอง 1 ครั้ง (ทำ 2 ซ้ำ) นำมาต้มให้สุกที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากข้อ 1.1

1.3 การปรับปรุงคุณภาพไข่เก่า

1.3.1 การปรับปรุงคุณภาพของไข่เก่า โดยใช้ไข่ที่มีอายุ 4 วัน มาแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5,10,15 นาที ตามลำดับโดยใช้ไข่นกกระทาจำนวน 10 ฟอง ต่อการทดลอง 1 ครั้ง (ทำ 2 ซ้ำ) แล้วนำมาต้มให้สุกที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากข้อ 1 ทำให้เย็นลงทันทีภายใต้น้ำไหล

1.3.2 การปรับปรุงคุณภาพของไข่เก่า โดยใช้ไข่ที่มีอายุ 4 วัน มาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 40-45 ^{0} ซ เป็นเวลา 3 ,8 , 13 นาที ตามลำดับ โดยใช้ไข่นกกระทาจำนวน 10 ฟอง ต่อการทดลอง 1 ครั้ง (ทำ 2 ซ้ำ) แล้วนำมาต้มให้สุกที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากข้อ 1 ทำให้เย็นลงทันทีภายใต้น้ำไหล

1.3.3 การปรับปรุงคุณภาพของไข่เก่า โดยใช้ไข่ที่มีอายุการเก็บ 4 วัน ต้มให้สุก โดยวางไข่ไว้บนตะแกรงสแตนเลส ที่จุ่มอยู่ในน้ำให้ท่วมฟองไข่ให้หมด และทำการเขย่าไข่ตลอดเวลาขณะต้ม จากการทดลอง จะตรวจสอบคุณภาพของไข่ต้มที่ได้โดย

1. วัดค่า พีเอช ของไข่สดและไข่ต้ม
2. จับเวลาในการปอกเปลือก (Peeling Time)
3. หาเปอร์เซนต์ของไข่ ที่มีตำหนิ เนื่องจากการปอกเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตรวจดูสภาพไข่แดงของไข่ต้มโดยการผ่าครึ่งฟองไข่ต้ม ตามแนวขวาง และแนวยาว อย่างละ 5 ลูก นับจำนวนฟองไข่ ที่มีตำแหน่งไข่แดง อยู่กึ่งกลางฟอง คำนวณเป็นเปอร์เซนต์

1.4 ศึกษาผลของการใช้กรด และด่าง ในการปอกเปลือกไข่ ดังนี้

1.4.1 ใช้กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่มีความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 % ตามลำดับ ต้มให้เดือด นำมาลวกไข่ต้มที่ได้จากการใช้ไข่ที่มีอายุ 0 และ 1 วันเป็นเวลา 1 นาที นำขึ้นล้างน้ำ แล้วใช้ด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 1.0 % แช่เพื่อปรับสภาพ กรด-ด่าง นาน 1 นาที ก่อนนำไปล้างน้ำให้สะอาดอีก 1-2 ครั้ง

1.4.2 ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 % ตามลำดับ ต้มให้เดือด นำมาลวกไข่ต้มที่ได้จากการใช้ไข่ที่มีอายุ 0 และ 1 วันเป็นเวลา 1 นาที นำขึ้นล้างน้ำ แล้วใช้กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1.0 % แช่เพื่อปรับสภาพกรด-ด่าง นาน 1 นาที ก่อนนำไปล้างน้ำให้สะอาดอีก 1-2 ครั้ง

ไข่ต้มที่ปอกเปลือกด้วยกรด หรือ ด่าง แล้วนำมาศึกษาดังนี้

1. วัดค่า พีเอช ของไข่ขาว และ ไข่แดง
2. จับเวลาในการปอกเปลือก (Peeling Time)
3. หาเปอร์เซนต์ของไข่ที่มีตำหนิ เนื่องจากการปอกเปลือก
4. ชิมรสชาติว่ามีความฝาด, เปรี้ยว หรือไม่
5. ดูลักษณะความเหนียวของไข่ขาว

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการบรรจุกระป๋องไข่นกกระทาต้ม

โดยนำไข่นกกระทาต้มที่ไม่มีตำหนิมาบรรจุกระป๋องในน้ำเกลือ 1.0 % การบรรจุในกระป๋องกำหนดให้ไข่มีน้ำหนักสุทธิ 185 กรัม บรรจุร้อนและทำการไล่อากาศที่อุณหภูมิ 70-75^{0} ซ เป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอที่อุณหภูมิ 121^{0} ซ เป็นเวลา 5 และ 8 นาที ตามลำดับ

ไข่ต้มบรรจุกระป๋องที่ได้นำมาศึกษาดังนี้

1. ลักษณะปรากฏของไข่และน้ำเกลือ
2. TDT curve ของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบให้มีคุณภาพดี

1.1 การศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการต้มไข่โดยใช้อุณหภูมิในการต้มที่ 80-85 °ซ , 90-95° ซ และ 100 °ซ ขึ้นไป เป็นเวลา 5 , 6, 7 นาที ตามลำดับ แล้วนำไข่ต้มที่ได้ไปทำให้เย็นภายใต้น้ำไหล ผลแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงระดับความสุกของไข่ขาวและไข่แดงของไข่นกกระทาต้มที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กัน

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ		
	80-85° ซ	90-95° ซ	100° ซ ขึ้นไป
5	ไข่ขาวและไข่แดงยังไม่สุก	ไข่ขาวสุกแต่ไข่แดงยังมีบางส่วนที่สุกไม่สมบรูณ์	ไข่ขาวและไข่แดงสุกบริเวณรอบๆไข่แดงมีรอยดำเล็กน้อย
6	ไข่ขาวและไข่แดงยังไม่สุก	ไข่ขาวสุกแต่ไข่แดงยังมีบางส่วนที่สุกไม่สมบรูณ์	ไข่ขาวและไข่แดงสุกบริเวณรอบๆไข่แดงมีรอยดำค่อนข้างมาก
7	ไข่ขาวและไข่แดงยังไม่สุก	ไข่ขาวและไข่แดงสุกอย่างสมบรูณ์โดยไม่พบรอยดำรอบไข่แดง	ไข่ขาวและไข่แดงสุกบริเวณรอบๆไข่แดงมีรอยดำมาก

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าการต้มไข่นกกระทาที่อุณหภูมิต่างๆกันมีผลต่อความสุกของไข่ขาวและไข่แดงอย่างเห็นได้ชัดโดยที่อุณหภูมิ 80 - 85° ฟ เมื่อใช้เวลาในการต้ม 5 - 7 นาที ไข่แดงและไข่ขาวยังไม่สุกจึงไม่เหมาะในการใช้อุณหภูมินี้ในการต้ม เพราะจะทำให้ไม่สามารถปอกไข่เพื่อนำไปแปรรูปต่อไป ส่วนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100°ซ ขึ้นไปพบว่าจะทำให้ไข่แดงและไข่ขาวสุกหมดตั้งแต่เวลา 5 นาทีแล้ว แต่จะมีรอยดำเกิดขึ้นรอบๆไข่แดงเนื่องจากการใช้อุณหภูมิในการต้มสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15466

มากเกินไป จะทำให้เอนไซม์ cystine desulfhydrase สามารถปลดปล่อย H_2S ออกมาจาก L-cystine ได้ และอาจมีเอนไซม์ตัวอื่นๆที่มีผลต่อการเกิด H_2S ในไข่ขาวระหว่างการเก็บรักษา ซึ่ง H_2S ที่เกิดขึ้นในไข่ขาวจะเข้าทำปฏิกิริยากับเหล็กในไข่แดงเกิดเป็นสารเฟอรัสซัลไฟล์(FeS_2)ขึ้นบริเวณผิวหน้าของไข่แดง เกิดเป็นรอยดำขึ้นดังกล่าวซึ่งเป็นที่ไม่พึงประสงค์ในการผลิต ส่วนการต้มที่อุณหภูมิ 90 -95° ซ พบว่าที่เวลา 5 , 6 นาที ไข่แดงบางส่วนยังสุกไม่สมบรูณ์ทำให้เนื้อไข่นิ่ม เป็นปัญหาต่อการปอกเปลือกจึงไม่สามารถนำไข่ที่ได้มาแปรรูปต่อไปได้ ส่วนที่อุณหภูมิ 90 -95 °ซ เวลา 7 นาที ไข่ที่ได้จะมีลักษณะที่สุกอย่างสมบรูณ์และไม่พบรอยยดำรอบไข่แดง ดังนั้นจึงเลือกที่อุณหภูมิ 90 -95°ซ เป็นเวลา 7 นาทีในการต้มไข่

1.2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บไข่ต่อคุณภาพของไข่ต้ม โดยนำไข่นกกระทาที่มีอายุตั้งแต่ 0 , 1, 2, 3, 4 วัน ตามลำดับ จำนวน 10 ฟองต่อการทดลอง 1 ครั้ง (ทำ 2 ซ้ำ) นำมาต้มให้สุกที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากข้อ 1.1 แล้วทำให้เย็นลงทันทีภายใต้น้ำไหล ผลแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือก ตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือก และเปอร์เซนต์ไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองของไข่นกกระทาต้มที่มีอายุการเก็บต่างๆกัน

อายุการเก็บ (วัน)	เวลาที่ใช้ในการปอกเปลือก (นาที)	ตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือก (ลูก/10 ลูก)	เปอร์เซนต์ไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองไข่
0	1.52 ^{a}	6.00 ^{a}	79.04 ^{a}
1	1.31 ^{b}	4.50 ^{a}	72.00 ^{b}
2	1.06 ^{c}	2.63 ^{b}	65.00 ^{b}
3	0.57 ^{d}	1.38 ^{bc}	63.75 ^{c}
4	0.49 ^{d}	0.38 ^{c}	54.46 ^{d}

* ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

* วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และทดสอบความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สาขาโนโลยีพระจอมเกล้า

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าอายุการเก็บรักษาของไข่นกกระทามีผลต่อคุณภาพของไข่ต้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในด้านเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือก ตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือกและเปอร์เซนต์ไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองไข่ โดยพบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาไข่สดเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้คุณภาพทั้ง 3 ด้านของไข่ต้มมีค่าลดลงตามลำดับ โดยที่เมื่อไข่นกกระทามีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จาก 0 – 3 วัน ค่าเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือกไข่ต้มมีค่าลดลงจาก 1.52 นาทีเป็น 0.57 นาที ซึ่งลดลงถึง 1 นาทีต่อฟอง และมีตำหนิลดลงมากถึง 4.62 ลูก/10 ลูก แต่มีเปอร์เซนต์ไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองไข่ลดจาก 79.04 % เป็น 63.75 % ซึ่งลดลงเพียง 15.29 % เท่านั้น

ดังนั้นการเตรียมไข่นกกระทาต้มควรใช้ไข่สดที่มีอายุการเก็บรักษา 3 วัน เพราะจะทำให้ไข่ต้มที่ได้สามารถปอกเปลือกได้ง่าย มีตำหนิเกิดขึ้นน้อย และมีไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองไข่มาก ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

1.3 การปรับปรุงคุณภาพของไข่เก่า

1.3.1 การปรับปรุงคุณภาพของไข่เก่าโดยใช้ไข่ที่มีอายุการเก็บ 4 วัน มาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5, 10, 15 นาทีตามลำดับ ใช้ไข่นกกระทาจำนวน 10 ฟองต่อการทดลอง 1 ครั้ง (ทำ 2 ซ้ำ) ต้มให้สุกที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากข้อ 1.1 แล้วทำให้เย็นลงทันทีภายใต้น้ำไหล ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเปอร์เซนต์ของไข่แดงที่อยู่กึ่งกลางฟองไข่และ ความกว้างของช่องอากาศของไข่ต้มเมื่อนำไข่เก่ามาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาต่างๆ

เวลาที่นำไข่มาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง (นาที)	เปอร์เซนต์ของไข่แดงที่อยู่กึ่งกลางฟอง	ความกว้างของช่องอากาศ (เซนติเมตร)
0	58.33 [a]	0.83 [a]
5	58.33 [a]	1.04 [a]
10	56.67 [a]	1.24 [a]
15	53.33 [a]	1.13 [a]

* ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าการนำไข่เก่ามาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0 – 15 นาที ก่อนนำมาต้มไม่มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของไข่ต้มเลย โดยจะเห็นได้ว่าไข่ต้มที่ได้จะมีค่าเปอร์เซนต์ของไข่แดงที่อยู่กึ่งกลางฟองไข่เพียง 58.33 – 53.33 % และทางด้านป้านของฟองไข่มีความกว้างของช่องอากาศแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

1.3.2 การปรับปรุงคุณภาพของไข่เก่า โดยใช้ไข่ที่มีอายุการเก็บ 4 วัน มาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 40 - 45° ซ เป็นเวลานาน 3, 8, 13 นาที ตามลำดับ ใช้ไข่นกกระทาจำนวน 10 ฟองต่อการทดลอง 1 ครั้ง (ทำ 2 ซ้ำ) ต้มให้สุกที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากข้อ 1.1 ทำให้เย็นลงทันทีภายใต้น้ำไหล ผลแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเปอร์เซนต์ของไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองไข่ของไข่ต้มเมื่อนำไข่เก่ามาแช่น้ำอุ่นเป็นเวลาต่างๆกัน

เวลาที่นำไข่มาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 40 - 45 °ซ(นาที)	เปอร์เซนต์ของไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองไข่
0	58.33[a]
3	65.00[a]
8	76.67[a]
13	68.33[a]

* ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าการนำไข่เก่ามาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 40 – 45^0 ซ เป็นเวลา 0 – 15 นาที ก่อนนำไข่มาต้มไม่มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของไข่ต้มเลย ดังจะเห็นได้จากค่าเปอร์เซนต์ของไข่แดงที่อยู่กึ่งกลางฟองไข่ที่ได้จะมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

1.3.3 การปรับปรุงคุณภาพของไข่เก่าโดยใช้ไข่ที่มีอายุการเก็บ 4 วัน มาต้มให้สุกที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากข้อ 1.1 โดยวางไข่ไว้บนตะแกรงสแตนเลส ที่จุ่มอยู่ในน้ำ ให้น้ำท่วมฟองไข่แล้วทำการเขย่าไข่ตลอดเวลาขณะต้ม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 : แสดงค่าเปอร์เซนต์ไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองไข่เมื่อต้มไข่โดยวิธีการต้มที่แตกต่างกัน

วิธีการในการต้ม	เปอร์เซนต์ไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองไข่
ไม่เขย่า	58.33[a]
เขย่า	90.00[b]

* ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ
* วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และทดสอบความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงคุณภาพของไข่เก่าโดยวิธีการเขย่าและไม่เขย่าไข่ในขณะต้มมีผลต่อคุณภาพของไข่ต้มโดย ที่การเขย่าไข่ตลอดเวลาขณะต้มจะทำให้ไข่ต้มที่ได้มีค่าเปอร์เซนต์ไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองไข่เพิ่มขึ้นเป็น 90 % ซึ่งแตกต่างจากถ้าไม่ทำการเขย่าไข่ตลอดเวลาขณะต้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ในการผลิตถ้าไข่ที่ใช้มีอายุมากกว่า 3 วัน สามารถปรับปรุงคุณภาพได้โดยทำการเขย่าไข่ตลอดเวลาขณะต้ม

1.4 ศึกษาผลของการใช้กรดและด่างในการปอกเปลือกไข่ดังนี้

1.4.1 ใช้กรด HClที่มีความเข้มข้น 0.5 , 1.0, 1.5 % ตามลำดับ ต้มให้เดือดนำมาลวกไข่ต้มที่ได้จากการใช้ไข่ที่มีอายุ 0 และ 1 วัน ทำการลวกไข่เป็นเวลา 1 นาที และนำขึ้นล้างน้ำแล้วใช้ด่าง NaOH เข้มข้น 1 % แช่เพื่อปรับสภาพกรด ด่าง นาน 1 นาทีก่อนนำไปล้างน้ำให้สะอาดอีก 1-2 ครั้ง ผลแสดงดังตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือก และตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือกของไข่ต้ม เมื่อใช้ไข่อายุ 0 และ 1 วัน ลวกด้วยกรดร้อนที่ความเข้มข้นต่างๆกัน

ความเข้มข้นของกรด HCl (%)	เวลาที่ใช้ในการปอกเปลือก (นาที)		ตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือก (ลูก / 10 ลูก)		ค่า pH ของไข่ขาวต้ม	
	ไข่ 0 วัน	ไข่ 1 วัน	ไข่ 0 วัน	ไข่ 1 วัน	ไข่ 0 วัน	ไข่ 1 วัน
0.5	1.67	1.73	7.00	4.50	7.78	8.33
1.0	1.72	1.37	5.75	2.25	7.80	8.48
1.5	1.41	1.37	6.50	2.25	7.81	8.40

* ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ
* วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าการใช้กรด HCl ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน ในการลวกไข่อายุ 0 และ 1 วัน ไม่มีผลทำให้ไข่ต้มสามารถปอกเปลือกได้ง่ายขึ้นเลยเนื่องจากกรดที่ใช้ไม่สามารถละลายเปลือกไข่ได้ ดังจะเห็นได้จากค่าเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือกและ ตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือกของไข่อายุ 0 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 1.41 – 1.67 นาที และ 6.5 – 7.0 ลูก /10 ลูก ตามลำดับ ส่วนค่าที่ใช้ในการปอกเปลือกและ ตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือกของไข่อายุ 1 วันมีค่าอยู่ระหว่าง 1.37 – 1.73 นาที และ 2.25 – 4.50 ลูก / 10 ลูก ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

1.4.2 ใช้ด่างที่มีความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 % ตามลำดับต้มให้เดือดนำมาลวกไข่ต้มที่ได้จากการใช้ไข่ที่มีอายุ 0 และ 1 วัน ทำการลวกไข่เป็นเวลา 1 นาที และนำขึ้นล้างน้ำแล้วใช้กรด HCl เข้มข้น 1.0 % แช่เพื่อปรับสภาพกรด-ด่าง นาน 1 นาที ก่อนนำไปล้างน้ำให้สะอาดอีก 1-2 ครั้ง ผลแสดงดังตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือก และตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือกของไข่ต้ม เมื่อใช้ไข่อายุ 0 และ 1 วัน ลวกด้วยกรดร้อนที่ความเข้มข้นต่างๆกัน

ความเข้มข้นของด่าง NaOH (%)	เวลาที่ใช้ในการปอกเปลือก (นาที)		ตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือก(ลูก / 10 ลูก)		ค่า pH ของไข่ขาวต้ม	
	ไข่ 0 วัน	ไข่ 1 วัน	ไข่ 0 วัน	ไข่ 1 วัน	ไข่ 0 วัน	ไข่ 1 วัน
0.5	1.96	1.44	7.25	2.50	7.96	8.38
1.0	1.53	1.42	6.00	3.00	7.71	8.47
1.5	2.00	1.34	6.50	2.50	7.85	8.42

* ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

* วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าการใช้ด่าง NaOH ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน ในการลวกไข่อายุ 0 และ 1 วัน ไม่มีผลทำให้ไข่ต้มสามารถปอกเปลือกได้ง่ายขึ้นเลยเนื่องจาก pH ของไข่ขาวไม่ถึง 8.7 – 8.9 เพราะ pH ในช่วงนี้เหมาะสมต่อการปอกเปลือกไข่ ดังจะเห็นได้จากค่าเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือกและ ตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือกของไข่อายุ 0 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 1.96 – 2.00 นาที และ 6.50 – 7.25 ลูก /10 ลูก ตามลำดับ ส่วนค่าที่ใช้ในการปอกเปลือกและ ตำหนิที่เกิดจากการปอกเปลือกของไข่อายุ 1 วันมีค่าอยู่ระหว่าง 1.34 – 1.44 นาที และ 2.50 – 3.00 ลูก / 10 ลูก ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

2. **ศึกษาภาวะที่เหมาะสมต่อการบรรจุกระป๋องไข่นกกระทาต้ม**

โดยนำไข่นกกระทาต้มที่ไม่มีตำหนิมาบรรจุกระป๋องในใช้น้ำเกลือ1% การบรรจุไข่ในกระป๋องกำหนดให้มีน้ำหนักสุทธิ 185กรัม บรรจุร้อน และทำการไล่อากาศที่อุณหภูมิ 70 – 75 ^{0} ซเป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอที่อุณหภูมิ 121 °ซ เป็นเวลา 5 และ 8 นาที ตามลำดับ ผลแสดงดังตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงลักษณะปรากฏของไข่นกกระทาต้มบรรจุกระป๋อง เมื่อใช้เวลาในการฆ่าเชื้อแตกต่างกันที่อุณหภูมิ 121° ซ

ลักษณะปรากฏ	ไข่นกกระทาต้ม	เวลาในการฆ่าเชื้อ 5 นาที *		เวลาในการฆ่าเชื้อ 8 นาที **	
		น้ำเกลือ 1.0 %	น้ำเกลือ 1.0 %+ กรดซิตริก 0.2 %	น้ำเกลือ 1.0 %	น้ำเกลือ 1.0 %+ กรดซิตริก 0.2 %
ไข่ขาว	สีขาว + -	สีคล้ำ ++ มีกลิ่นออกเค็ม	สีขาว +++ มีกลิ่นออกเค็ม	สีคล้ำ ++ มีกลิ่นออกเค็ม	สีขาว +++ มีกลิ่นออกเค็ม
ไข่แดง	สีเหลือง ไม่มีน้ำมันซึมออกมา	สีคล้ำมีรอยดำรอบ ๆ มีน้ำมันซึมออกมา	สีเหลืองมีรอยดำรอบๆไข่แดงน้อยมาก มีน้ำมันซึมออกมาน้อยมาก	สีคล้ำมีรอยดำรอบ ๆ มีน้ำมันซึมออกมา	สีเหลืองมีรอยดำรอบๆไข่แดงน้อยมาก มีน้ำมันซึมออกมาน้อยมาก

\+ = นุ่ม ++ = แข็งขึ้น +++ = แข็งและเหนียวมาก

\- = ไม่มีกลิ่นน้ำเกลือ

$^{*1}F_0 = 1.87$ $^{*2}F_0 = 1.13$

$^{**1}F_0 = 2.59$ $^{**2}F_0 = 3.05$

จากตารางแสดงให้เห็นว่าการฆ่าเชื้อไข่นกกระทาต้มบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 121° ซ เป็นเวลา 5 และ 8 นาที ไม่มีผลทำให้ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ได้แตกต่างกัน ทั้งในการบรรจุด้วยน้ำเกลือเข้มข้น 1.0 % และน้ำเกลือเข้มข้น 1.0 % ผสมกับกรดซิตริกเข้มข้น 0.2 % แต่จะพบว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อบรรจุในน้ำเกลือเข้มข้น 1.0 % อย่างเดียว มีลักษณะด้อยกว่า เมื่อใช้น้ำเกลือเข้มข้น 1.0 % ผสมกับกรดซิตริกเข้มข้น 0.2 % ในแง่ต่างๆ คือ

ลักษณะของไข่ขาว พบว่าในการบรรจุด้วยน้ำเกลือเข้มข้น 1.0 % ทำให้ไข่ขาวมีสีคล้ำขึ้น ลักษณะเนื้อแข็งขึ้นเล็กน้อย และเนื้อไข่มีกลิ่นออกเค็มเล็กน้อยเมื่อบริโภค ในขณะที่ถ้าบรรจุโดยใช้น้ำเกลือเข้มข้น 1.0 % ผสมกับกรดซิตริกเข้มข้น 0.2 % พบว่าไข่ขาวมีสีใกล้เคียงกับไข่ต้ม ลักษณะเนื้อแข็งขึ้นเล็กน้อย แต่จะมีความเหนียวคล้ายยางเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันก็มีกลิ่นออกเค็มเล็กน้อยเมื่อบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของไข่แดงพบว่าในการบรรจุด้วยน้ำเกลือเข้มข้น 1.0 % ทำให้ไข่แดงมีสีเหลืองคล้ำขึ้น และมีรอยดำรอบๆไข่แดงมาก ลักษณะเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง แต่จะมีน้ำมันสีเหลืองซึมออกมามาก และกลิ่นปกติ ในขณะที่ถ้าบรรจุโดยใช้น้ำเกลือเข้มข้น 1.0 % ผสมกับกรดซิตริกเข้มข้น 0.2 % พบว่าไข่แดงมีสีเหลืองนวลสวยเช่นเดียวกับไข่ต้ม มีสีคล้ำบริเวณรอบนอกไข่แดงน้อยมาก ลักษณะเนื้อไม่เปลี่ยนแปลงและมีน้ำมันสีเหลืองซึมออกมาเล็กน้อย กลิ่นปกติ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ในการฆ่าเชื้อไข่ต้มบรรจุกระป๋องสามารถใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 121^0 ซ เป็นเวลา 5 หรือ 8 นาทีก็ได้โดยเมื่อเปรียบเทียบค่า F_0 จากภาคผนวก ก (เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 250^0 ฟ , $Z = 18$) กับค่า Fi (เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิหม้อนึ่ง : 250 ^{0}ฟ) ซึ่งค่า F_i ที่ 250 ^{0}ฟ มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งปรากฏว่า ค่า F_0 ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 ทั้ง 4 กรณี แสดงว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อสามารถทำลายจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคทางการค้า (commercial sterilization) เพราะเวลาและอุณหภูมิดังกล่าวสามารถลดจำนวนสปอร์ของ *Clostridium botulinum* จนเหลือ 10^{-12} ซึ่งเป็นค่าจำนวนสปอร์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นควรใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ ที่ 5 นาที เพราะจะประหยัดกว่า ในขณะที่การใช้สารละลายเกลือเข้มข้น 1.0 % ผสมกับกรดซิตริกเข้มข้น 0.2 % ในการบรรจุจะช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้ดีกว่าโดยกรดที่ใช้จะไปช่วยลดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นให้ลดน้อยลงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การต้มไข่นกกระทาที่อุณหภูมิ 90 – 95^{0}ซ เป็นเวลา 7 นาที ทำให้ไข่ต้มที่ได้มีไข่ขาวและไข่แดงสุกพอดีและไม่มีสีดำบริเวณผิวนอกของไข่แดง

2. การใช้ไข่นกกระทาเป็นวัตถุดิบควรใช้ไข่สดที่มีอายุการเก็บที่มีอายุ 2 – 3 วัน เพื่อให้ไข่ต้มที่ได้สามารถปอกเปลือกได้ง่าย มีตำหนิเกิดขึ้นน้อยและมีไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองมาก

3. ถ้าต้องใช้ไข่นกกระทาที่มีอายุนานกว่า 3 วัน ควรปรับปรุงคุณภาพของไข่โดยในการต้มไข่ต้องทำการเขย่าตลอดระยะเวลาของการต้มเพื่อให้เปอร์เซนต์ไข่แดงอยู่กึ่งกลางฟองไข่มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่การปอกเปลือกทำได้ง่ายและเปอร์เซนต์ตำหนิมีค่าน้อยที่สุด

4. การใช้ไข่สดที่มีอายุ 0 – 1 วัน เป็นวัตถุดิบ จะเป็นผลทำให้ไข่ปอกเปลือกยากและมีตำหนิเกิดขึ้นมาก ถึงแม้จะทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยการลวกด้วยกรด หรือด่างร้อนก็ตาม

5. การบรรจุกระป๋องของไข่นกกระทาต้มควรบรรจุร้อนในน้ำเกลือเข้มข้น 1.0 % ผสมกับกรดซิตริก 0.2 % และทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121^{0} ซ เป็นเวลา 5 นาทีจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเพื่อเตรียมวัตถุดิบ (ไข่นกกระทา) ที่เหมาะสมในการนำไปบรรจุกระป๋องสามารถนำไข่นกกระทาที่มีอายุการเก็บรักษาวันใดก็ได้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาวัตถุประสงค์ในการนำไปบรรจุกระป๋อง แต่ในการศึกษานี้เพียงแค่เป็นการเสนอแนะตามผลการศึกษาที่ได้

ส่วนการฆ่าเชื้อไข่นกกระทาบรรจุกระป๋องสามารถใช้อุณหภูมิและเวลาที่ต่ำกว่านี้ได้ แต่ต้องพิจารณาให้ผ่านระดับ commercial sterilizing จะสามารถลดต้นทุนในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2539. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร** . คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : 510 หน้า

เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. **สัมมนาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไข่ต้มเพื่ออุตสาหกรรม.** คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 41 หน้า

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. **ไข่และเนื้อไก่.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์:350 หน้า

Baker , R. C., J. Darfler and A. Lifshitz. 1967. **Factors affecting the discoloration of hard - cooked egg yolks.** Poultry Science 46 : 664 - 672 .

Britton , W. M. and D. L. Fletcher. 1987. **Influence of storage environment on ease of shell removal form - hard - cooked eggs.** Poultry Science 66 : 453 - 457.

Goodram , J. W., W. M. Britton and J. B. Davis. 1989. **Effect of storage conditions on albumen pH and subsequent hard - cooked eggg peelability and albumen shear strength.** Poultry Science.

Reinke , W. C.,J. V. Spencer, and J. L. Tryhnew. 1973. **The effect of storage upon the chemical , physical and functional properties of chicken egg.** Poultry Science 52 : 692 - 702.

Sheldon , B. W. and H. R. Kimsey. 1983. **The effect of cooking method on the chemical, physical and sensory properties of hard cooked egg.** Poultry Science. 64 : 84 - 92.

Stadelman, W. J. and O. J. Colterill. 1977. **Egg Science and Technology 2 nd ed.** AVI Publishing Company, Inc. Westport. 323 p.

Stadelman, W. J. and A. R. Rhorer. 1984. **Ouality Improvement of hard cooked eggs.** Poultry Scince. 63 : 949 – 953 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การคำนวณเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (F_0)

1. การคำนวณค่า F_0 ของไข่นกกระทาบรรจุกระป๋องที่ทำการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดัน ณ. อุณหภูมิ 121°ซ เป็นเวลา 8 นาที โดยทำการไล่อากาศที่อุณหภูมิ 70 – 75 °ซ เวลา 10 นาที

ตารางที่ 1 ก แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไข่นกกระทาในน้ำเกลือเข้มข้น 1.0 % และไข่นกกระทาในน้ำเกลือเข้มข้น 1.0 % ผสมกับกรดซิตริกเข้มข้น 0.2 % บรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อ ณ. อุณหภูมิ 121° ซ เป็นเวลา 8 นาที

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ฟ) ของไข่นกกระทาบรรจุกระป๋องในน้ำเกลือ 1 % + กรดซิตริก 0.2 %	อุณหภูมิ (°ฟ) ของไข่นกกระทาบรรจุกระป๋องในน้ำเกลือ 1 %
0	96.26	107.6
2	124.34	136.76
*4	150.62	165.38
6	183.38	193.46
**8	215.78	223.16
10	235.58	236.48
12	240.80	240.08
14	243.86	242.60
***16	244.22	241.52
18	241.88	229.64
20	209.12	192.56
22	180.68	141.44
24	140.54	127.58
26	132.98	125.60

* เวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิ retort ถึง 90 C (close value)

** เวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิ retort ถ้าอุณหภูมิที่กำหนด

*** เวลาที่ใช้ในการเปิดวาวล์แก๊ส เมื่อรักษาอุณหภูมิให้สม่ำเสมอตามเวลาในการฆ่าเชื้อที่กำหนด (open valve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำข้อมูลจากตารางมาเขียนกราฟในกระดาษ semi-log โดยกลับหัวกระดาษกราฟแกนตั้งเป็นอุณหภูมิของ retort แกนนอนของกราฟแทนเวลามีหน่วยเป็นนาที

จากกราฟ ทำการคำนวณโดยต้องทราบสัญลักษณ์และความหมายดังต่อไปนี้คือ

jI = 0.42% ของเวลาในการทำให้ถึง come-up-time

CUT = come-up-time หมายถึงเวลาเริ่มต้นตั้งแต่เปิดไอน้ำไปจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด

f_h = เวลาในการทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 log cycle

B = processtime คือ เวลาในการให้ความร้อน

TRT = อุณหภูมิของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort)

TCW = อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการ cooling

F_i = number of minutes require to destroy organism at retort Temperature when F (at retort temperature T) = 1.0 values of F_i for different values of Z may be

1.1 การคำนวณค่า F_0 ของไข่นกกระทาต้มในน้ำเกลือ 1 % บรรจุกระป๋อง

come up time = 8 นาที

jI = 250 – 173 = 77

f_h = 12.4-3.6 = 8.8 นาที

B = 8 + (0.42 * 8) = 11.36 นาที

m+g = TRT - TCW = 250 - 80 = 164

$$\log g = \frac{\log jI - B}{f_h}$$

$$= \frac{\log 77 - 11.36}{8.8}$$

$$= 1.89 - 1.29$$

$$= 0.6$$

นำค่า log g ที่ได้ไปอ่านค่าจากกราฟเพื่อหาค่า f_h / U โดยดูที่ m+g = 160 °ซ, Z =18 ปรากฏว่าได้ค่า f_h / U = 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\therefore F_0 = \frac{f_h}{f_h / U \times Fi}$$

$$= \frac{8.8}{3.4 \times 1}$$

$$= 2.59$$

1.2 การคำนวณค่า F_0 ของไข่นกกระทาต้มในน้ำเกลือ 1 % + กรดซิตริก 0.2 %

come-up-time = 8 นาที

jI = 250 – 184 = 66

f_h = 12.4 – 3.7 = 8.7

B = 8 + (8 x 0.42)

= 11.36

m+g = TRT - TCW

= 250 – 80

$$\log g = \frac{\log jI - B}{f_h}$$

$$= \frac{\log 66 - 11.36}{8.7}$$

= 1.819 – 1.306 = 0.513

นำค่า log g ที่ได้ไปอ่านค่าจากกราฟเพื่อหาค่า f_h / U โดยดูที่ m+g = 160 F , Z = 18 ปรากฏ ได้ค่า f_h / U = 2.85

$$F_h = \frac{f_h}{f_h / U \times F_i}$$

$$= \frac{8.7}{2.85 \times 1}$$

$$= 3.05$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การคำนวณค่า F_0 ไข่นกกระทาบรรจุกระป๋องที่ทำการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดัน ณ. อุณหภูมิ 121° ซ เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งทำการไล่อากาศที่อุณหภูมิ 70 – 75 °ซ เวลา 10 นาที

ตารางที่ 2 ก แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไข่นกกระทาในน้ำเกลือเข้มข้น 1 %และไข่นกกระทาในน้ำเกลือเข้มข้น 1 % ผสมกับกรดซิตริกเข้มข้น 0.2 % บรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อ ณ. อุณหภูมิ 121 °ซ เป็นเวลา 5 นาที

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°F) ของไข่นกกระทาบรรจุในน้ำเกลือ 1 % กรดซิตริก 0.2 %	อุณหภูมิ (°F) ของไข่นกกระทาบรรจุในน้ำเกลือ 1 %
0	99.14	105.8
2	123.62	127.9
*4	163.04	167.0
6	192.70	198.5
8	187.9	223.9
10	200.9	236.5
12	207.9	240.9
***14	209.7	241.52
16	209.3	240.8
18	204.1	234.9
20	184.7	221.0
22	143.6	195.9
24	97.2	106.4

* เวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิ retort ถึง 90° ซ (close value)

** เวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิ retort ถึงอุณหภูมิที่กำหนด

***เวลาที่ใช้ในการเปิดวาวล์แก๊สเมื่อรักษาอุณหภูมิให้สม่ำเสมอตามเวลาในการฆ่าเชื้อที่กำหนด (open value)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำข้อมูลจากตารางมาเขียนในกระดาษกราฟ semi-log โดยกลับหัวกระดาษกราฟและให้แกนตั้งเป็นอุณหภูมิของ retort มีหน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์ แกนนอนของกราฟแทนเวลา มีหน่วยเป็นนาที โดยแสดงในภาคผนวก ก จากกราฟทำการคำนวณหาค่า F_0

2.1 การคำนวณค่า F_0ของไข่นกกระทาต้มในน้ำเกลือ 1 % บรรจุกระป๋อง

come-up-time = 5 นาที

jI = 57

fh = 8.4

B = 5 + (0.42x9)

= 8.78

m+g = 250 – 80

= 164

$$\log g = \frac{\log jI - B}{f_h}$$

$$= \frac{\log 57 - 8.78}{8.4}$$

= 0.71

นำค่า log g ที่ได้ไปอ่านค่าจากกราฟเพื่อหาค่า f_h / U โดยดูที่ค่า m+g = 160 °ฟ , Z = 18 ปรากฏว่าได้ค่า $f_h / U = 4.5$

$$F_0 = \frac{f_h}{f_h / U \times Fi}$$

$$= \frac{8.4}{4.5 \times 1}$$

= 1.87

2.2 การคำนวณค่า F_0ของไข่นกกระทาต้มในน้ำเกลือเข้มข้น 1 % ผสมกับกรดซิตริกเข้มข้น 0.2 % บรรจุกระป๋อง

come-up-time = 5 นาที

jI = 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$fh = 9.9$$

$$B = 5 + (0.42 \times 9)$$

$$m+g = 250 - 80$$

$$= 164$$

$$\log g = \frac{\log jI - B}{f_h}$$

$$= \frac{\log 65 - 8.75}{9.9}$$

$$= 0.926$$

นำค่า log g ที่ได้ไปอ่านค่าจากกราฟ เพื่อหาค่า f_h/U โดยดูที่ค่า $m+g = 160\ ^{0}$ฟ, $Z = 18$ ปรากฏว่าได้ค่า $f_h / U = 8.8$

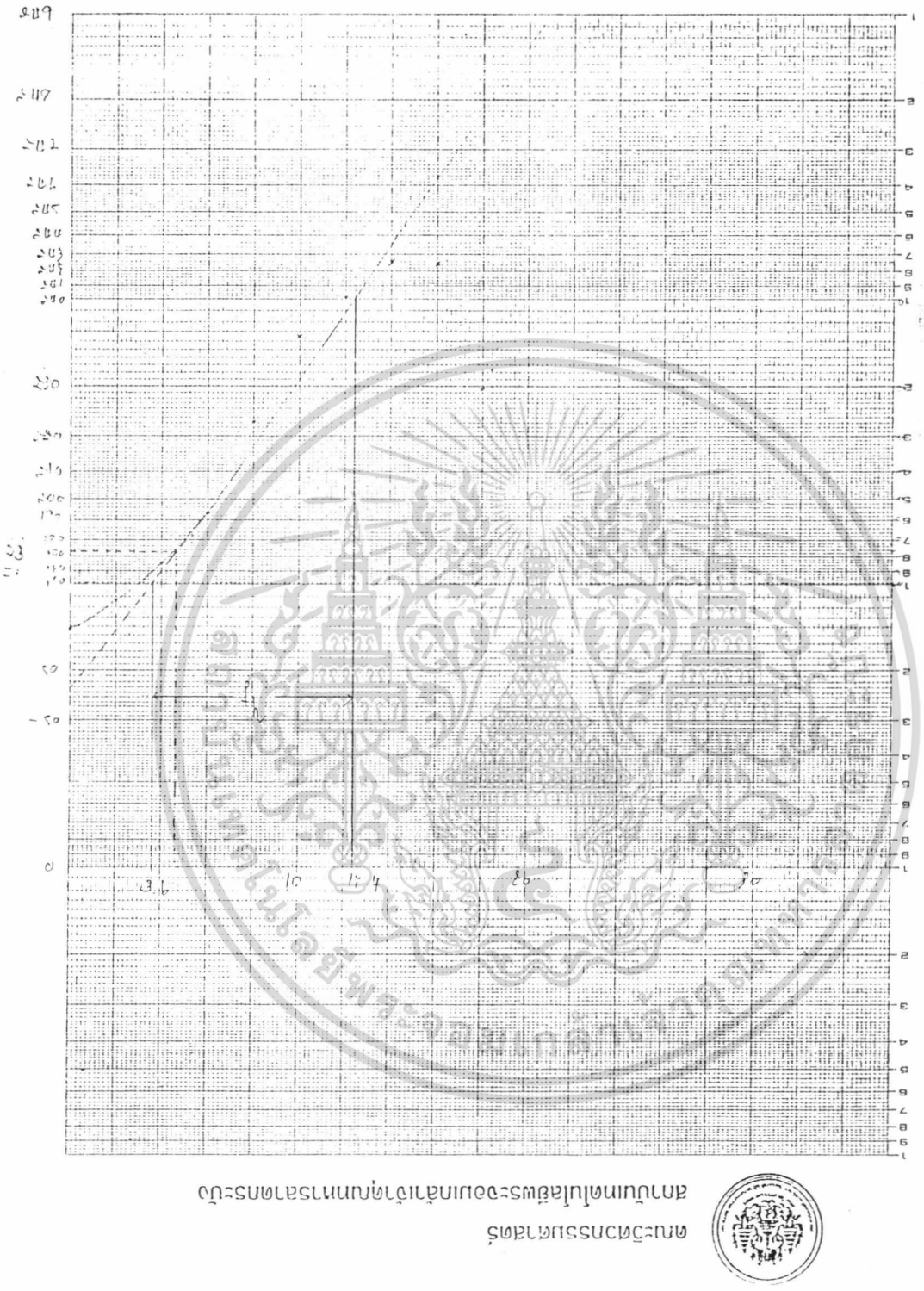
$$f_h / U = 8.8$$

$$F_0 = \frac{f_h}{f_h/U \times Fi}$$

$$= \frac{9.9}{8.8 \times 1}$$

$$= 1.125$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

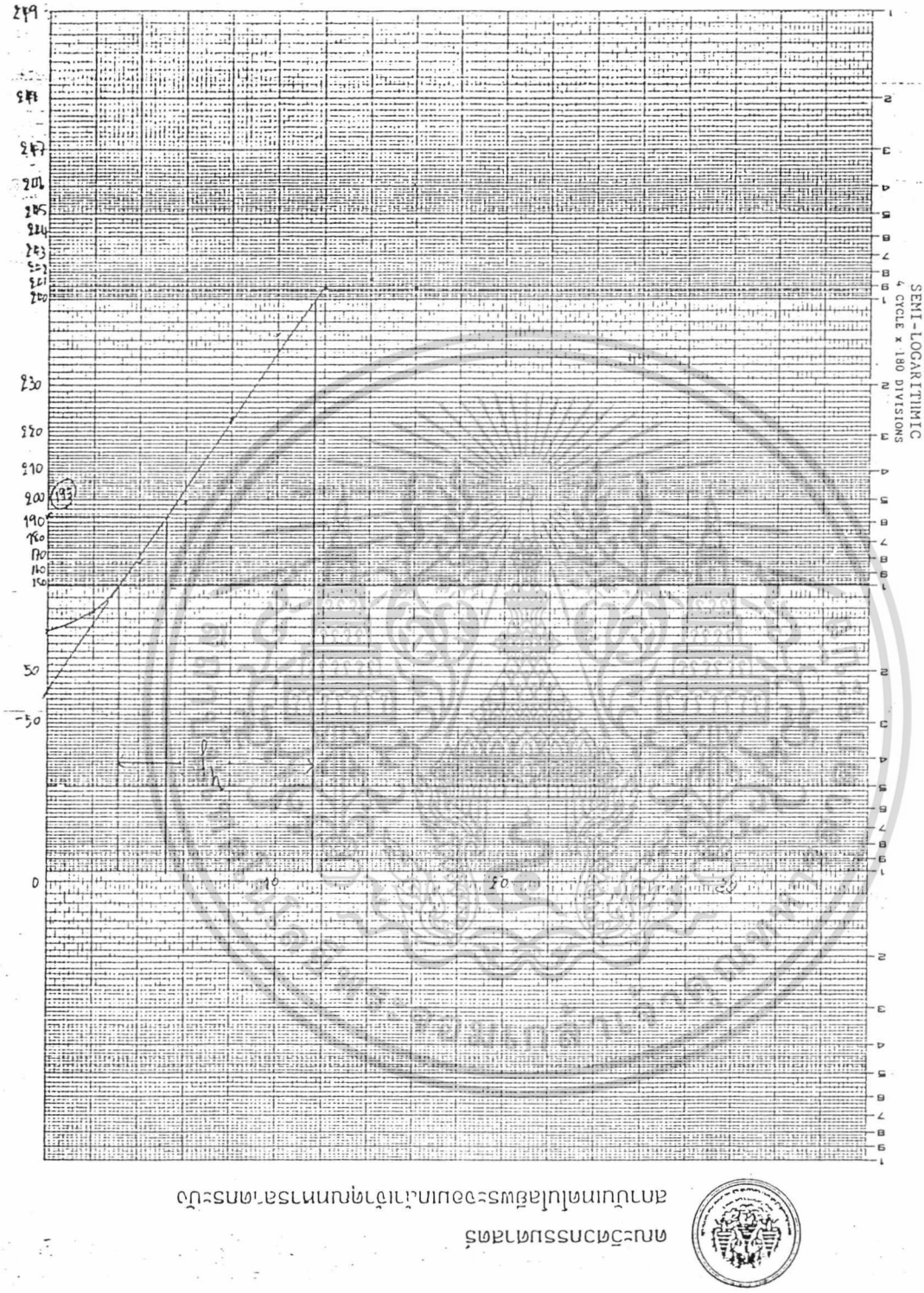


<u>กราฟที่ 1</u> แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของ retort กับเวลาของไข่นกกระทาในน้ำเกลือเข้มข้น 1% เมื่อใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 8 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของ retort กับเวลาของไข่นกกระทาในน้ำเกลือเข้มข้น 1% ผสมกรดซิตริกเข้มข้น 0.2% เมื่อใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 8 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ดูกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กราฟที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของ retort กับเวลาของไข่นกกระทาในน้ำเกลือเข้มข้น 1% เมื่อใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของ retort กับเวลาของไข่นกกระทาในน้ำเกลือเข้มข้น 1%ผสมกรดซิตริกเข้มข้น 0.2 % เมื่อใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

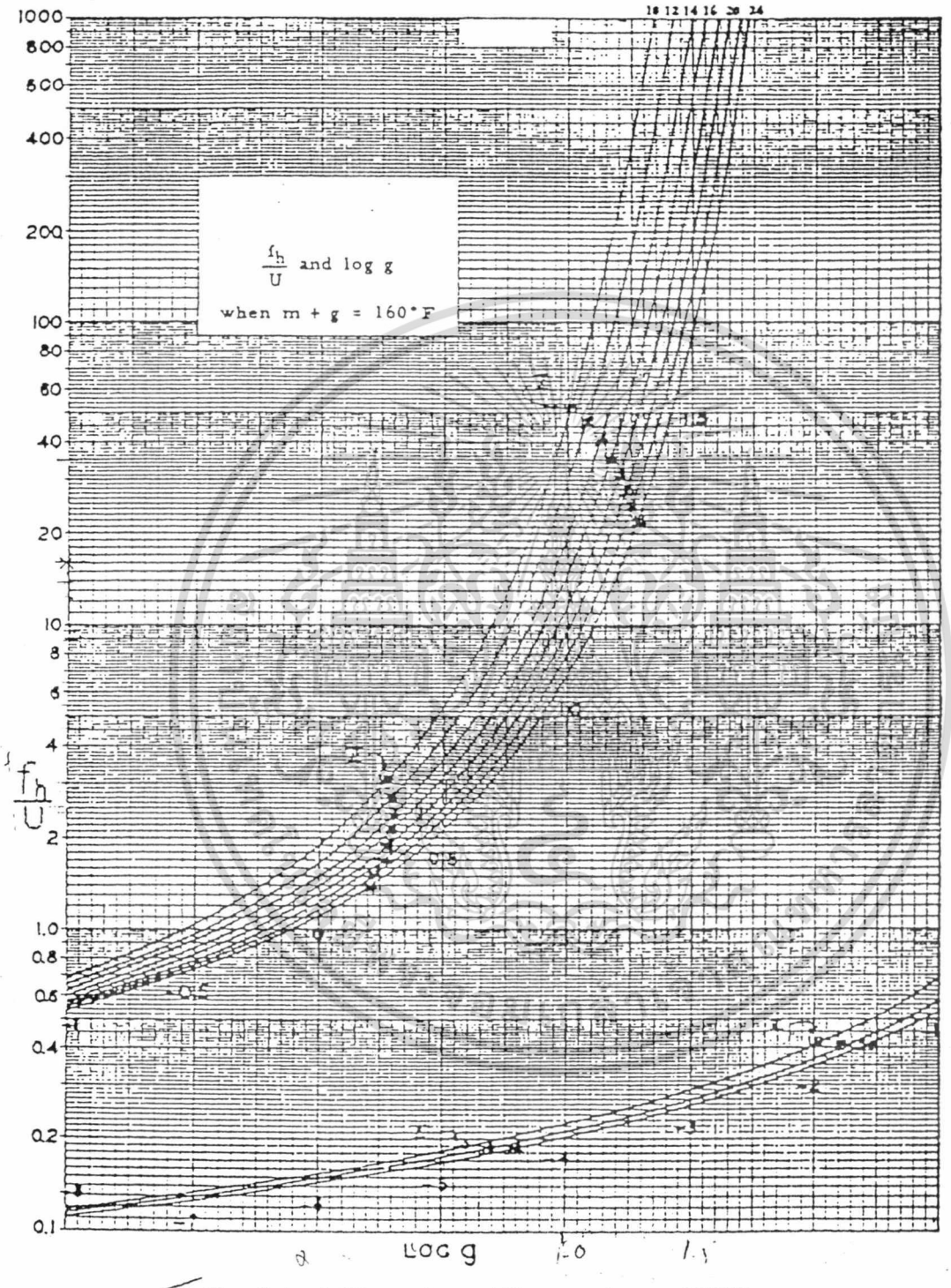


FIG. 9-4. f_h/U AND LOG g WHEN $m + g = 160°F$

กราฟที่ 5 f_h/U และ Log g เมื่อ m+g = 160 ^{0}ฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3ก Values for F_i when $F_{250} = 1$

R.T. °F.	z = 23	z = 22	z = 21	z = 20	z = 19	z = 18	z = 17	z = 16	z = 15	z = 14	z = 13	z = 12
260	.3674	.3511	.3340	.3162	.2976	.2783	.2581	.2371	.2154	.1931	.1701	.1464
259	.4061	.3898	.3728	.3548	.3360	.3161	.2955	.2740	.2512	.2276	.2040	.1780
258	.4490	.4329	.4160	.3981	.3793	.3594	.3380	.3162	.2929	.2683	.2424	.2152
257	.4962	.4806	.4640	.4467	.4281	.4084	.3874	.3650	.3414	.3167	.2900	.2613
256	.5484	.5336	.5179	.5012	.4833	.4640	.4330	.4210	.3980	.3727	.3460	.3161
255	.6064	.5926	.5780	.5623	.5456	.5275	.5080	.4870	.4642	.4390	.4124	.3829
254	.6701	.6579	.6449	.6310	.6158	.5994	.5821	.5623	.5410	.5179	.4930	.4632
253	.7408	.7307	.7197	.7079	.6952	.6813	.6650	.6490	.6310	.6103	.5879	.5620
252	.8186	.8111	.8031	.7943	.7848	.7743	.7626	.7499	.7356	.7210	.7028	.6805
251	.9046	.9005	.8962	.8913	.8858	.8798	.8738	.8660	.8578	.7818	.8376	.8247
250	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
249	1.105	1.110	1.116	1.122	1.129	1.136	1.145	1.154	1.166	1.179	1.194	1.212
248	1.222	1.233	1.245	1.259	1.274	1.292	1.311	1.334	1.359	1.390	1.425	1.464
247	1.350	1.369	1.390	1.413	1.438	1.468	1.501	1.540	1.584	1.638	1.702	1.780
246	1.492	1.520	1.551	1.585	1.624	1.668	1.719	1.778	1.848	1.931	2.031	2.152
245	1.650	1.688	1.730	1.778	1.833	1.896	1.968	2.054	2.154	2.276	2.424	2.613
244	1.824	1.874	1.931	1.995	2.069	2.154	2.252	2.371	2.512	2.683	2.900	3.161
243	2.016	2.082	2.154	2.239	2.335	2.448	2.580	2.740	2.929	3.167	3.460	3.829
242	2.228	2.310	2.404	2.512	2.637	2.783	2.955	3.162	3.414	3.727	4.124	4.632
241	2.457	2.565	2.683	2.818	2.976	3.161	3.380	3.650	3.980	4.390	4.930	5.620
240	2.721	2.848	2.994	3.162	3.360	3.594	3.874	4.210	4.642	5.179	5.879	6.805
239	3.008	3.162	3.340	3.548	3.793	4.084	4.330	4.870	5.410	6.103	7.028	8.247
238	3.325	3.511	3.728	3.981	4.281	4.640	5.080	5.623	6.310	7.210	8.376	10.00
237	3.674	3.898	4.160	4.467	4.833	5.275	5.821	6.490	7.356	7.818	10.00	12.12
236	4.061	4.329	4.640	5.012	5.456	5.994	6.650	7.499	8.578	10.00	11.94	14.64
235	4.490	4.806	5.179	5.623	6.158	6.813	7.626	8.660	10.00	11.79	14.25	17.80
234	4.962	5.336	5.780	6.310	6.952	7.743	8.738	10.00	11.66	13.90	17.02	21.52
233	5.484	5.926	6.449	7.079	7.848	8.798	10.00	11.54	13.59	16.38	20.31	26.13
232	6.064	6.579	7.197	7.943	8.858	10.00	11.45	13.34	15.84	19.31	24.24	31.61
231	6.701	7.307	8.031	8.913	10.00	11.36	13.11	15.40	18.48	22.76	29.00	38.29
230	7.408	8.111	8.962	10.00	11.29	12.92	15.01	17.78	21.54	26.83	34.55	46.32
229	8.186	9.005	10.00	11.22	12.74	14.68	17.19	20.54	25.12	31.67	41.24	56.20
228	9.046	10.00	11.16	12.59	14.38	16.68	19.68	23.71	29.29	37.27	49.30	68.05
227	10.00	11.10	12.45	14.13	16.24	18.96	22.52	27.40	34.14	43.90	58.79	82.47
226	11.05	12.33	13.90	15.85	18.33	21.54	25.80	31.62	39.80	51.79	70.28	100.0
225	12.22	13.69	15.51	17.78	20.69	24.48	29.55	36.50	46.42	61.03	83.76	121.2
224	13.50	15.20	17.30	19.95	23.35	27.83	33.80	42.10	54.10	72.10	100.0	146.4
223	14.92	16.88	19.31	22.39	26.37	31.61	38.74	48.70	63.10	78.18	119.4	178.0
222	16.50	18.74	21.54	25.12	29.76	35.94	43.30	56.23	73.56	100.0	142.5	215.2
221	18.24	20.82	24.04	28.18	33.60	40.84	50.80	64.90	85.78	117.9	170.2	261.3
220	20.16	23.10	26.83	31.62	37.93	46.40	58.21	74.99	100.0	139.0	203.1	316.1
219	22.28	25.65	29.94	35.48	42.81	52.75	66.50	86.60	116.6	163.8	242.4	382.9
218	24.57	28.48	33.40	39.81	48.33	59.94	76.26	100.0	135.9	193.1	290.0	463.2
217	27.21	31.62	37.28	44.67	54.56	68.13	87.38	115.4	158.4	227.6	345.5	562.0
216	30.08	35.11	41.60	50.12	61.58	77.43	100.0	133.4	184.8	268.3	412.4	680.5
215	33.25	38.98	46.40	56.23	69.52	87.98	114.5	154.0	215.4	316.7	493.0	824.7
214	36.74	43.29	51.79	63.10	78.48	100.0	131.1	177.8	251.2	372.7	587.9	1000
213	40.61	48.06	57.80	70.79	88.58	113.6	150.1	205.4	292.9	439.0	702.8	1212
212	44.90	53.36	64.50	79.43	100.0	129.2	171.9	237.1	341.4	517.9	837.6	1464

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลของการทดลองโดยละเอียดและผลการคำนวณทางสถิติ

1. ผลของระยะเวลาในการเก็บไข่ต่อคุณภาพของไข่ต้ม

ตารางที่ 1ข แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือก

อายุการเก็บ (วัน)	เวลาที่ใช้ในการปอกเปลือก (นาที)							
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	ครั้งที่6	ครั้งที่7	ครั้งที่8
0	1.63	1.67	1.53	1.61	1.45	1.51	1.25	1.52
1	1.45	1.41	1.35	1.43	1.18	1.22	1.17	1.24
2	1.18	1.12	1.01	1.03	1.08	1.06	1.00	1.03
3	0.51	0.57	1.04	0.51	0.41	0.47	0.52	0.53
4	0.42	0.48	0.58	1.02	0.35	0.25	0.42	0.46

การคำนวณทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (CRD)

$$CF = \frac{(\text{ผลรวมทั้งหมดในการทดลอง})^2}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}}$$

$$= \frac{(39.67)^2}{5 \times 8}$$

$$= 39.34$$

Total SS = ผลบวกของ (ข้อมูลแต่ละหน่วยการทดลอง)^2 - CF

= 46.67 - 39.34 = 7.33

$$\text{Treatment SS} = \frac{\text{ผลบวกของ (ผลรวมของแต่ละสิ่งทดลอง)}^2}{\text{จำนวนข้อมูลที่ประกอบเป็นผลรวมของแต่ละสิ่งทดลอง}} - CF$$

$$= \frac{366.36}{8} - 39.34$$

$$= 6.45$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Error SS = Total SS - Treatment SS

= 7.33-6.45

= 0.88

Treatment MS = $\frac{\text{Treatment SS}}{\text{t}}$

= $\frac{6.45}{4}$

= 1.61

Error MS = $\frac{\text{Error SS}}{\text{t(r-1)}}$

= $\frac{0.88}{5(8-1)}$

= 0.03

F-value = $\frac{\text{Treatment MS}}{\text{Error MS}}$

= $\frac{1.61}{0.03}$

= 53.67

C.V. = $\frac{\text{Error MS}}{\text{Grand mean}} \times 100$

= $\frac{0.03}{0.99} \times 100$

= 17.50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2ข ตาราง ANOVA ของเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือก

Source of variation	d.f.	SS	MS	F 4,35	
				Cal.	Table
Treatment	4	6.45	1.61	53.67**	.05=2.61
Error	35	0.88	0.03		.01=3.91

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ .01 หรือมีความแปรปรวนในระหว่างอาหุการเก็บรักษาอย่างแท้จริงที่ระดับความเป็นไปได้ .05

การคำนวณความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองโดยใช้วิธี Duncan's New multiple - range test (DMRT)

$S_{\bar{y}.}$ = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

$$= \sqrt{\frac{\text{error mean square}}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.025}{8}}$$

$$= 0.056$$

$LSR_{\alpha,p}$ = Least Significant range

$$= (SSR_{\alpha,p})\, S_{\bar{y}}$$

เมื่อ P = (ผลต่างของอันดับการเปรียบ) + 1

α = ระดับความเป็นไปได้ที่ต้องการใช้

SSR = ค่าจากตาราง Significant student range เปิด d.f.ของความคลาดเคลื่อน

P		2	3	4	5
SSR	.05	2.875	3.025	3.110	3.185
SSR	.01	3.855	4.025	4.130	4.195
LSR	.05	0.161	0.169	0.174	0.178
LSR	.01	0.216	0.225	0.231	0.235

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขัดเรียงค่าเฉลี่ยตามลำดับจากมากไปน้อย

อันดับ	1	2	3	4	5
อายุการเก็บ (วัน)	0 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน
ค่าเฉลี่ย (นาที)	1.52	1.31	1.06	0.57	0.49

อันดับ	1	5
อายุการเก็บ	0 วัน	4 วัน
ค่าเฉลี่ย	1.52	0.49
ผลต่าง	= 1.52 - 0.49 = 1.03	
P	= (5-1) + 1 = 5	
0 - 4	= 1.03 ** >	(LSR .05,5) = 0.178
		(LSR .01,5) = 0.235

อันดับ	1	4
อายุการเก็บ	0 วัน	3 วัน
ค่าเฉลี่ย	1.52	0.57
ผลต่าง	= 1.52 - 0.57 = 0.95	
P	= (4-1) + 1 = 4	
0 - 3	= 0.95 ** >	(LSR .05,4) = 0.174
		(LSR .01,4) = 0.231

อันดับ	1	3
อายุการเก็บ	0 วัน	2 วัน
ค่าเฉลี่ย	1.52	1.06
ผลต่าง	= 1.52 - 1.06 = 0.46	
P	= (3-1) + 1 = 3	
0 - 2	= 0.46 ** >	(LSR .05,3) = 0.169
		(LSR .01,3) = 0.225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันดับ	1	2
อายุการเก็บ	0 วัน	1 วัน
ค่าเฉลี่ย	1.52	1.31
ผลต่าง	= 1.52 - 1.31 = 0.21	
P	= (2-1)+1 = 2	
0 - 1	= 0.21 ** > (LSR .05,2) = 0.161	
	(LSR .01,2) = 0.216	

อันดับ	2	3
อายุการเก็บ	1 วัน	2 วัน
ค่าเฉลี่ย	1.31	1.06
ผลต่าง	= 1.31-1.06 = 0.25	
P	= (3-2)+1 = 2	
1 - 2	= 0.25 ** > (LSR .05,2) = 0.161	
	(LSR .01,2) = 0.216	

อันดับ	2	4
อายุการเก็บ	1 วัน	3 วัน
ค่าเฉลี่ย	1.31	0.57
ผลต่าง	= 1.31-0.57 = 0.74	
P	= (4-2)+1 = 3	
1 - 3	= 0.74 ** > (LSR .05,3) = 0.169	
	(LSR .01,3) = 0.225	

อันดับ	2	5
อายุการเก็บ	1 วัน	4 วัน
ค่าเฉลี่ย	1.31	0.49
ผลต่าง	= 1.31-0.49 = 0.82	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P = (5-2)+1 = 4

1 - 4 = 0.82 ** > (LSR.05,4) = 0.174

(LSR.01,4) = 0.231

อันดับ	3	4
อายุการเก็บ	2 วัน	3 วัน
ค่าเฉลี่ย	1.06	0.57

ผลต่าง = 1.06-0.57 = 0.49

P = (4-3)+1 = 2

2 - 3 = 0.49 ** > (LSR.05,2) = 0.161

(LSR.01,2) = 0.216

อันดับ	3	5
อายุการเก็บ	2 วัน	4 วัน
ค่าเฉลี่ย	1.06	0.49

ผลต่าง = 1.06-0.49 = 0.57

P = (5-3)+1 = 3

2 - 4 = 0.57 ** > (LSR.05,3) = 0.169

(LSR.01,3) = 0.225

อันดับ	4	5
อายุการเก็บ	3 วัน	4 วัน
ค่าเฉลี่ย	0.57	0.49

ผลต่าง = 0.57 – 0.49 = 0.08

P = (5-4)+1 = 2

3 - 4 = 0.08 NS < (LSR.05,2) = 0.161

(LSR.01,2) = 0.216

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ .01

NS ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้