# การศึกษากระบวนการการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ , ทางเคมีและทางชีวภาพของการแปรรูปไข่โดยใช้แรงดัน

# STUDY OF PHYSICAL , CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS CHANGES OF THE EGGS PROCESSED BY APPLYING AIR PRESSURE


กนกกร ขำแจง
ชุตินาจ คงเลิศมงคล
ณัฐธิดา หลายชูไทย


ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การศึกษากระบวนการการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ , ทางเคมีและทางชีวภาพของการแปรรูปไข่โดยใช้แรงดัน

# STUDY OF PHYSICAL , CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS CHANGES OF THE EGGS PROCESSED BY APPLYING AIR PRESSURE

T148847

กนกกร ขำแจง

ชุตินาจ คงเลิศมงคล

ณัฐธิดา หลายชูไทย

สาขาหมู่
เลขทะเบียน 148847
วัน.เดือน.ปี 30 พ.ค. 2560

b 1287132X
l

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหรลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

## การศึกษากระบวนการการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ , ทางเคมี และทางชีวภาพของการแปรรูปไข่โดยใช้แรงดัน

## Study of physical, chemical and biological characteristics changes of the eggs processed by applying air pressure

จัดทำโดย


กนกกร ขำแจง รหัสนักศึกษา 55080142

ชุตินาถ คงเลิศมงคล รหัสนักศึกษา 55080153

ณัฐธิดา หลายชูไทย รหัสนักศึกษา 55080159


ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ประมวล ศรีกาหลง ..... / พ.ค. / ๒๕๕๙

(ผศ.ดร. ประมวล ศรีกาหลง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| หัวข้อปัญหาพิเศษ | การศึกษากระบวนการการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ, ทางเคมี และทางชีวภาพของการแปรรูปไข่โดยใช้แรงดัน |
| ชื่อนักศึกษา | กนกกร ขำแจง รหัสนักศึกษา 55080142 |
| | ชุตินาถ คงเลิศมงคล รหัสนักศึกษา 55080153 |
| | ณัฐธิดา หลายชูไทย รหัสนักศึกษา 55080159 |
| หลักสูตร | วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร |
| พ.ศ. | 2559 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผศ.ดร. ประมวล ศรีกาหลง |

## บทคัดย่อ

ไข่อัดแรงดัน คือ ไข่ไก่ที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่ ในงานวิจัยส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นการทำไข่เค็มแรงดัน โดยการใช้แรงดันเข้ามาช่วยเพื่อลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตไข่เค็ม กระบวนการดังกล่าวจึงเหมาะสมที่จะนำมาดัดแปลงจากการใช้สารละลายเกลือเป็นซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่ระดับความดันคงที่ เพื่อทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มไม่ปอกเปลือก โดยใช้ระยะเวลาในการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ 7 และ 7.30 ชั่วโมง โดยใช้วิธีทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส และ ศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาในการเก็บรักษาเปรียบเทียบระหว่างไข่ต้มธรรมดากับไข่ต้มที่อัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติโดยเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน จากการวิเคราะห์ค่าความเค็ม , ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของไข่ต้มที่ไม่ปอกเปลือก พบว่า ระยะเวลาในการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ 7.30 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด และ ผลของการเก็บรักษาไข่ต้มที่อัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเป็นเวลา 9 วัน พบว่า ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

คำสำคัญ: ไข่ต้ม แรงดัน ออสโมซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| Special problem title | Study of physical, chemical and biological characteristics changes of the eggs processed by applying air pressure |
| Student name | Kanokkorn Kumjeng Student ID 55080142 |
| | Chutinat kongloedmongkon Student ID 55080153 |
| | Nattida Laichuthai Student ID 55080159 |
| Program | Bachelor of Science in Food process Engineering |
| Year | 2016 |
| Advisor | Asst.Prof.Dr. Pramoun Srikalong |

## ABSTRACT

Pressurized eggs is boiled eggs that pressurization with fermented soy sauce by through the egg shell. In the majority of the research was found salted eggs by using the pressure to help to reduce the process time. This process was adapted from the salt solution to the fermented soy sauce to add more choice to consumer. In this research study about the period of time that was used to compress at the same pressure level. The acceptance of boiled eggs with shell was tested by sensory evaluation using the compressed period of fermented soy sauce 7 and 7.30 hours and storage time was compared between the boiled eggs and pressured eggs for 9 days. The test of salinity , total dissolved solid and sensory evaluation of boiled eggs with shell showed that pressurizing 7.30 hours was perfectly and the microorganism was not found after storage time.

Keywords: Boiled egg, Pressure, Osmosis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ประมวล ศรีกาหลง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ไขปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ทีมงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ถิรเดช ดำรงโภวรรณ , อาจารย์จิราภรณ์ สิริสัณห์ และ รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างปัญหาพิเศษที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงมาได้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนให้ข้อคิด มุมมองและแนวทางอันเป็นประโยชน์แก่ทีมงานวิจัยในการศึกษาค้นคว้า จัดทำงานงานวิจัยจนประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตรที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรัก และ เพื่อนๆทุกคนที่ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆด้านด้วยดีตลอดมา

กนกกร ขำแจง

ชุตินาถ คงเลิศมงคล

ณัฐธิดา หลายชูไทย

7 มิถุนายน 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VII |
| สารบัญภาพ | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา | 1 |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของไข่ไก่ | 3 |
| 2.2 คุณค่าทางโภชนาการ | 4 |
| 2.3 กินไข่ทุกวันอันตรายหรือปลอดภัย | 6 |
| 2.4 การทำไข่เค็ม | 8 |
| 2.5 วัตถุดิบในการผลิตไข่เค็ม | 10 |
| 2.6 วิธีทำไข่เค็ม | 10 |
| 2.7 การนำมาประกอบอาหาร | 12 |
| 2.8 ลักษณะและคุณภาพของไข่เค็ม | 12 |
| 2.9 กระบวนการออสโมซิส | 13 |
| 2.10 การดึงน้ำออกด้วยวิธีการออสโมซิส | 14 |
| 2.11 การถ่ายโอนมวลสารระหว่างการออสโมซิส | 15 |
| 2.12 ปัจจัยที่มีผลต่อการดึงน้ำออกด้วยวิธีการออสโมซิส | 15 |
| 2.13 การเก็บรักษา | 19 |
| 2.14 การเคลือบ | 19 |
| 2.15 ไคติน | 19 |
| 2.16 กระบวนการผลิตไคติน | 21 |
| 2.17 ไคโตซาน | 21 |
| 2.18 กระบวนการผลิตไคโตซาน | 22 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


หน้า

2.19 การประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ..... 23
2.20 สาเหตุของการปนเปื้อนในอาหาร ..... 25
2.21 เชื้อโรคที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ ..... 25
2.22 การเกิดและป้องกันโรค ..... 27
2.23 ตัวอย่างเชื้อโรคสำคัญและชนิดอาหารที่มักพบว่าก่อให้เกิดอาการป่วย ..... 28
2.24 การเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ..... 30
2.25 คุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ดี ..... 30
2.26 ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ..... 31
2.27 วิธีการบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ..... 32
2.28 วิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ..... 33
2.29 ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์สำเร็จรูป ..... 34
2.30 ตัวอย่างและวิธีการทดสอบ ..... 35
2.31 การเพาะเชื้อจุลินทรีย์และวิธีการนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ ..... 35
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง ..... 40
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี ..... 40
3.2 อุปกรณ์ ..... 40
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง ..... 41
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ ..... 45
4.1 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของไข่ต้มในการให้ความร้อนที่ระยะเวลาแตกต่างกัน ..... 45
4.2 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไข่ต้มเมื่อผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมโดยไม่ผ่านเปลือกไข่ ณ เวลาต่างกัน ..... 47
4.3 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไข่ต้มเมื่อผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมโดยผ่านเปลือกไข่ ณ เวลาต่างกัน ..... 49
4.4 ศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติของกลุ่มบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน ..... 51


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 ศึกษาการเก็บรักษาไข่ต้มอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันที่ผ่านการเคลือบ, ไม่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน และไข่ต้มปกติ ..... 53
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ ..... 56
บรรณานุกรม ..... 58
ภาคผนวก ..... 61
ภาคผนวก ก ..... 62
ภาคผนวก ข ..... 70
ภาคผนวก ค ..... 71
ภาคผนวก ง ..... 73
ประวัติผู้เขียน ..... 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | โภชนาการ "ไข่" สารอาหารในไข่ขนาดใหญ่ 1 ฟอง | 5 |
| 2.2 | คุณค่าทางอาหารของไข่เค็ม | 9 |
| 2.3 | การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค | 29 |
| 4.1 | ลักษณะปรากฏของไข่ไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนที่เวลาต่างๆ | 45 |
| 4.2 | จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ไก่ที่ผ่านการเคลือบสารละลายไคโตซาน | 53 |
| 4.3 | จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ไก่ที่ไม่ผ่านการเคลือบสารละลายไคโตซาน | 54 |
| ค.1 | ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรสของไข่ต้มปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ | 71 |
| ค.2 | ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเค็มของไข่ต้มปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ | 71 |
| ค.3 | ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบโดยรวมของไข่ต้มปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ | 71 |
| ค.4 | ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรสของไข่ต้มไม่ปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ | 72 |
| ค.5 | ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเค็มของไข่ต้มไม่ปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ | 72 |
| ค.6 | ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบโดยรวมของไข่ต้มไม่ปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ | 72 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | ส่วนประกอบของไข่ | 4 |
| 2.2 | ลักษณะของไข่เค็ม | 6 |
| 2.3 | ไข่เค็มดอง | 10 |
| 2.4 | ไข่เค็มพอก | 11 |
| 2.5 | กระบวนการออสโมซิส (Osmosis) | 13 |
| 2.6 | ประเภทของสารละลายที่มีผลต่อเม็ดเลือดแดง | 14 |
| 2.7 | การถ่ายโอนมวลสารระหว่างการออสโมซิสในวัตถุดิบ | 15 |
| 2.8 | การเคลื่อนที่ของสารละลายในช่องว่างระหว่างเซลล์โดยกลไก HDM | 16 |
| 2.9 | โครงสร้างทางเคมีของไคตินและไคโตซาน | 20 |
| 2.10 | เพลทอาหารสำเร็จรูป Compact Dry | 34 |
| 2.11 | Compact Dry TC | 35 |
| 2.12 | Compact Dry EC | 36 |
| 2.13 | Compact Dry CF | 36 |
| 2.14 | Compact Dry XSA | 37 |
| 2.15 | Compact Dry SL | 37 |
| 2.16 | Compact Dry VP | 38 |
| 2.17 | Compact Dry XBC | 38 |
| 2.18 | Compact Dry YM | 39 |
| 4.1 | ไข่ไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา 5 นาที | 45 |
| 4.2 | ไข่ไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา 7 นาที | 46 |
| 4.3 | ไข่ไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา 10 นาที | 46 |
| 4.4 | ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่อัดเป็นระยะเวลา 15 และ 30 นาที | 47 |
| 4.5 | ค่าความเค็มของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่อัดเป็นระยะเวลา 15 และ 30 นาที | 48 |
| 4.6 | ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่อัดเป็นระยะเวลา 7 และ 7.30 ชั่วโมง | 49 |
| 4.7 | ค่าความเค็มของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่อัดเป็นระยะเวลา 7 และ 7.30 ชั่วโมง | 50 |
| 4.8 | ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของไข่ต้มปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเป็นระยะเวลา 15 และ 30 นาที | 51 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ(ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.9 | ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของไข่ต้มไม่ปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเป็นระยะเวลา 7 และ 7.30 ชั่วโมง | 52 |
| 4.10 | จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ต้มที่ไม่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติและไม่เคลือบสารละลายไคโตซาน | 54 |
| ก.1 | ไข่ไก่เบทาโกร เบอร์ 2 | 62 |
| ก.2 | ซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ ตราแม็กกี้ | 62 |
| ก.3 | กรดอะซิติก (Acetic acid) | 62 |
| ก.4 | สารสกัดไคโตซาน polymer type | 62 |
| ก.5 | ชุดปั๊มลมหม้อแรงดันต้นแบบของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สลจ | 63 |
| ก.6 | ชุดหม้อต้มเตาแม่เหล็กไฟฟ้า (Induction Cooker IF-407) | 63 |
| ก.7 | เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง (Electronic Compact Scale SF-400C) | 63 |
| ก.8 | เครื่องวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TDS meter CD-435TDS meter) | 64 |
| ก.9 | เครื่องวัดค่าความเค็ม (Digital Salt Check GMK-545A) | 64 |
| ก.10 | เครื่องบดอาหารแบบตั้งโต๊ะ (Bag Mixer Interscience 400 P) | 64 |
| ก.11 | อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (Compact Dry TC, OSKON) | 64 |
| ก.12 | เครื่องกวนสารละลายแบบให้ความร้อน (Stirrer Magnetic,Analog MS-20A,Korea). | 65 |
| ก.13 | การต้มไข่ไก่บนเตาแม่เหล็กไฟฟ้า (induction Cooker) กำลังไฟ 1000 วัตต์ อุณหภูมิน้ำประมาณ 91-93 $^{\circ}$C | 65 |
| ก.14 | การตรวจวัดค่าความเค็ม (% salt) ด้วยเครื่อง Digital Salt Check GMK-545A | 66 |
| ก.15 | การตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solids : TDS) ด้วยเครื่อง TDS meter CD-435 | 66 |
| ก.16 | ระหว่างกระบวนอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลม | 67 |
| ก.17 | การทดสอบประสาทสัมผัสของกลุ่มบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน | 67 |
| ก.18 | การละลายสารไคโตซานด้วยเครื่องกวนสารละลายแบบให้ความร้อน Stirrer Magnetic, Analog MS-20A, Korea | 68 |
| ก.19 | การเคลือบสารละลายไคโตซานบนเปลือกไข่ | 68 |
| ก.20 | วิธีการถ่ายตัวอย่างลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry TC | 69 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ(ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ง.1 | ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 0 | 73 |
| ง.2 | ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 0 | 73 |
| ง.3 | ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 0 | 73 |
| ง.4 | ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 3 | 74 |
| ง.5 | ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 3 | 74 |
| ง.6 | ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 3 | 74 |
| ง.7 | ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 6 | 75 |
| ง.8 | ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 6 | 75 |
| ง.9 | ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 6 | 75 |
| ง.10 | ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 9 | 76 |
| ง.11 | ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 9 | 76 |
| ง.12 | ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 9 | 76 |
| ง.13 | ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 0 | 77 |
| ง.14 | ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 0 | 77 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ(ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ง.15 | ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 0 | 77 |
| ง.16 | ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 3 | 78 |
| ง.17 | ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 3 | 78 |
| ง.18 | ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 3 | 78 |
| ง.19 | ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 6 | 79 |
| ง.20 | ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 6 | 79 |
| ง.21 | ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 6 | 79 |
| ง.22 | ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 9 | 80 |
| ง.23 | ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 9 | 80 |
| ง.24 | ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 9 | 80 |
| ง.25 | ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 0 | 81 |
| ง.26 | ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 0 | 81 |
| ง.27 | ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 0 | 81 |
| ง.28 | ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 9 | 82 |
| ง.29 | ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 9 | 82 |
| ง.30 | ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 9 | 82 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ(ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ง.31 | ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry TC..... | 83 |
| ง.32 | ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry TC หลังบ่ม ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์..... | 83 |
| ง.33 | ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry TC หลังบ่ม พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์..... | 83 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่เล็งเห็นถึงความสำคัญของการมีสุขภาพที่ดี แต่ต้องการบริโภคอาหารที่มีรสชาติอร่อย ฉะนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากไข่ไก่ เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค และ ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อีกด้วย

ไข่เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญมีความหลากหลายทางด้านโภชนาการเนื่องจากมีสารอาหารสำคัญหลายชนิด ไข่ขาวมีโปรตีนสูงและมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ส่วนไข่แดงมีสารอาหารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ โปรตีน, ไขมัน,วิตามินและแร่ธาตุ เป็นต้น ซึ่งไขมันโดยส่วนใหญ่จะเป็นไขมันไม่อิ่มตัวจึงช่วยลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจขาดเลือดได้ ไข่มีวิตามินแทบจะทุกชนิด ยกเว้น วิตามินซี นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุสูง เช่น กรดโฟลิก ธาตุเหล็กซึ่งช่วยป้องกันการเกิดโรคโลหิตจางโดยมีคุณค่าเทียบเท่าธาตุเหล็กในเนื้อสัตว์แต่ย่อยง่ายกว่า นอกจากนี้ยังมีโคลีนซึ่งช่วยเสริมสร้างความจำ ช่วยให้เด็กมีพัฒนาการที่ดี เราจึงควรส่งเสริมให้เด็กได้รับประทานไข่ทุกวันอย่างน้อยวันละ 1 ฟอง

ไข่เป็นอาหารที่ทุกบ้านต้องมีติดไว้ในตู้เย็น เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่นำมาประกอบอาหารได้ง่ายและรับประทานกันได้ทุกเพศทุกวัย ไข่ที่นิยมนำมาบริโภคเป็นอันดับ 1 ได้แก่ ไข่ไก่ ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไข่ไก่ โดยนำไปผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

**1.2.1** เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพ, ทางเคมี และทางชีวภาพของไข่ต้มเมื่อผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่

**1.2.2** เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่และเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

**1.3.1** ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ, เคมี และชีวภาพของไข่ไก่ที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการให้ความร้อน และหลังผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่

**1.3.2** เป็นการเพิ่มมูลค่าของไข่ต้มจากการปรุงรสแต่งกลิ่นรสที่ได้จากซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติและยังเป็นการเพิ่มความหลากหลายให้แก่ผู้บริโภค

**1.3.3** สามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษาของไข่ต้มได้นานยิ่งขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการอัดแรงดันและเคลือบเปลือกไข่ด้วยสารละลายไคโตซาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของไข่ไก่

2.1.1 เปลือกไข่ (Egg shell)

สีของเปลือกไข่ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์แม่ไก่ สีไข่ไม่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ไข่ไก่พันธุ์เล็กฮอร์นมีเปลือกสีขาว ส่วนไข่ไก่พันธุ์โรดไอร์แลนด์มีเปลือกสีน้ำตาล ในเปลือกไข่มีคอลลาเจนสานเป็นตัวตาข่าย และมีหินปูนเป็นส่วนใหญ่ ทำให้เปลือกแข็ง เปลือกไข่มีรูขนาดเล็กอากาศและความชื้นสามารถแลกเปลี่ยนผ่านรูเล็กๆได้ เมื่อไข่ออกมาใหม่ๆจะมีเมือกเคลือบที่เปลือกไข่ด้านบน เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศและน้ำผ่านเข้าไปได้ เปลือกไข่ในช่วงแรกมีลักษณะเป็นสีนวล เมื่อเก็บไว้นานๆเมือกจะแห้งไป อากาศมีการถ่ายเทเข้าออกได้มากขึ้น ทำให้ไข่เสียเร็ว

2.1.2 เยื่อหุ้มไข่

มี 2 ชั้น ชั้นนอกที่ติดเปลือกเรียกว่า shell membrane ชั้นในที่ติดกับไข่ขาว เรียกว่า egg membrane เยื่อชั้นนอกและชั้นในจะชิดกันตลอด แต่แยกกันที่ด้านป้านของไข่ซึ่งมีโพรงอากาศ

2.1.3 โพรงอากาศ (Air cell)

เป็นช่องว่างอยู่บริเวณด้านป้านของไข่ อยู่ระหว่างเยื่อหุ้มชั้นนอกและเยื่อหุ้มชั้นใน เมื่อไข่ออกมาใหม่อุณหภูมิของไข่สูงจึงไม่มีช่องว่าง เมื่อไข่เย็นลงของเหลวภายในไข่จะหดตัว ทำให้เกิดเป็นโพรงอากาศขึ้น หากมีการระเหยของน้ำมากขึ้นจะทำให้โพรงอากาศใหญ่ขึ้น

2.1.4 ไข่ขาว (Albumen)

มี 3 ชั้น ไข่ขาวชั้นนอกสุดค่อนข้างเหลวอยู่ติดกับเยื่อหุ้มไข่ ถัดมาเป็นไข่ขาวข้นมีปริมาณมากกว่าครึ่งของไข่ขาวทั้งหมด ส่วนชั้นในสุดเป็นไข่ขาวเหลว ไข่ขาวประกอบด้วยน้ำและโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ มีไขมันเล็กน้อย ลักษณะที่เป็นเมือกของไข่ขาวข้นเกิดจากคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่

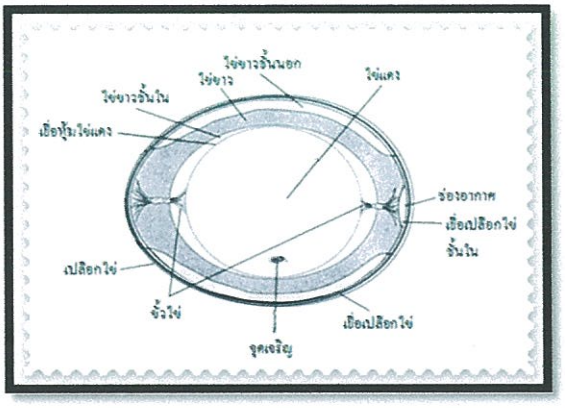
2.1.5 เยื่อหุ้มไข่แดง (Vitelline membrane)

ช่วยห่อหุ้มไข่แดงไม่ให้กระจายตัวไว้โดยรอบ

2.1.6 ไข่แดง (Yolk)

ไข่แดงอยู่กลางฟอง โดยมีเยื่อที่เป็นเกลียวแข็งยึดด้านหัวและท้ายของไข่แดงเข้ากับไข่ขาว ไข่แดงมีน้ำน้อยกว่าไข่ขาว มีไขมันและโปรตีนมากกว่าไข่ขาว ไข่แดงบางฟองอาจมีจุดเลือดมาจากเส้นเลือดฝอยในรังไข่ของแม่ไก่แตกเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้จุดเลือดกลายเป็นชิ้นเนื้อเล็กๆไม่มีโทษแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 2.1** ส่วนประกอบของไข่

**ที่มา:** http://pirun.ku.ac.th

**2.2 คุณค่าทางโภชนาการ**

ไข่ไก่มีกรดอะมิโนจำเป็นทุกชนิด ตลอดจนวิตามินและเกลือแร่หลากหลายชนิด รวมทั้งเรตินอล (วิตามินเอ), ไรโบฟลาวิน (วิตามินบี2), กรดโฟลิก (วิตามินบี9), วิตามินบี6, วิตามินบี12, โคลีน, เหล็ก, แคลเซียม, ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม, ไขมัน, โปรตีน และสารอาหารอื่นๆ วิตามินเอ ดีและอีทั้งหมดอยู่ในไข่แดง ไข่แดงขนาดใหญ่ให้พลังงานประมาณ 60 แคลอรี (250 กิโลจูล) ไข่ขาวให้พลังงานประมาณ 15 แคลอรี (60 กิโลจูล) ไข่แดงมีน้ำหนักคิดเป็น 33% ของน้ำหนักของเหลวในไข่ ในไข่แดงมีโคลีนซึ่งเป็นสารอาหารสำคัญต่อพัฒนาการของสมอง สำคัญต่อสตรีมีครรภ์และสตรีให้น้ำนมบุตร เพื่อพัฒนาการทางสมองของทารก

(https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B9%88_(%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A3))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** โภชนาการ "ไข่" สารอาหารในไข่ขนาดใหญ่ 1 ฟอง

| สารอาหาร (หน่วย) | ไข่ทั้งฟอง | ไข่ขาว | ไข่แดง |
|---|---|---|---|
| พลังงาน (กิโลแคลอรี่) | 72 | 17 | 55 |
| โปรตีน (กรัม) | 6.29 | 3.60 | 2.70 |
| คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | 0.39 | 0.21 | 0.61 |
| ไขมันรวม (กรัม) | 4.97 | 0.06 | 4.51 |
| ไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (กรัม) | 0.682 | 0 | 0.715 |
| ไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง (กรัม) | 1.905 | 0 | 1.995 |
| ไขมันอิ่มตัว (กรัม) | 1.55 | 0 | 1.624 |
| คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม) | 212 | 0 | 210 |
| โคลีน (มิลลิกรัม) | 125.5 | - | - |
| ลูทีน และ ซีแซนทีน (ไมโครกรัม) | 166 | 0 | 186 |
| วิตามิน เอ (IU) | 244 | 0 | 245 |
| วิตามิน ดี (IU) | 18 | 0 | 18 |
| วิตามิน อี (มิลลิกรัม) | 0.48 | 0 | 0.44 |
| วิตามิน บี 6 (มิลลิกรัม) | 0.071 | 0.002 | 0.059 |
| วิตามิน บี 12 (ไมโครกรัม) | 0.65 | 0.03 | 0.33 |
| โฟเลต (ไมโครกรัม) | 24 | 1 | 25 |
| ไธอะมิน (มิลลิกรัม) | 0.035 | 0.001 | 0.03 |
| ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม) | 0.239 | 0.145 | 0.09 |
| แคลเซี่ยม (มิลลิกรัม) | 26 | 2 | 22 |
| โซเดียม (มิลลิกรัม) | 70 | 55 | 8 |
| โปแตสเซียม (มิลลิกรัม) | 67 | 54 | 19 |
| ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม) | 96 | 5 | 66 |
| แมกนีเซียม (มิลลิกรัม) | 6 | 4 | 1 |
| เหล็ก (มิลลิกรัม) | 0.92 | 0.03 | 0.46 |
| สังกะสี (มิลลิกรัม) | 0.56 | 0.01 | 0.39 |

**ที่มา:** USDA National Nutrient Database for Standard Reference

(http://www.swfoodtech.co.th/index.php?mo=10&art=176155)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3 กินไข่ทุกวันอันตรายหรือปลอดภัย**

ไข่แดงมีคอเลสเตอรอลสูง แต่ร่างกายจำเป็นต้องมีคอเลสเตอรอลที่เหมาะสมในกระบวนการเผาผลาญอาหารหล่อเลี้ยงเซลล์ต่างๆในร่างกาย หากกินอาหารที่มีคอเลสเตอรอลต่ำตลอดเวลา ร่างกายต้องผลิตออกมา เพื่อสร้างความสมดุล ถ้าผู้บริโภคมีคอเลสเตอรอลสูงกว่าปกติควรจะหลีกเลี่ยงการกินไข่แดง การเกิดภาวะโรคหัวใจ, โรคหลอดเลือด คอเลสเตอรอลไม่ได้เป็นปัจจัยเดียวที่ก่อให้เกิดปัญหาเหล่านี้ (ส่วนใหญ่เกิดจากความเครียด การไม่ออกกำลังกายหรือกินมากเกินไป)

มหาวิทยาลัย North Carolina สหรัฐอเมริกา ได้สนับสนุนให้กินไข่ทุกวัน เพราะเป็นแหล่งสารอาหารที่มีราคาถูก โดยเฉพาะโคลีนที่มีมากในไข่แดง ซึ่งช่วยให้ระบบเซลล์สื่อประสาททำงานได้ดี ช่วยเรื่องความจำ

กินไข่ทำให้คอเลสเตอรอลตที่ดี (HDL) เพิ่มมากขึ้น การมี HDL ทำให้อัตราส่วนคอเลสเตอรอลรวมกับ HDL ดีขึ้น สัดส่วนที่ดีหมายถึง การคำนวณปริมาณคอเลสเตอรอลรวมหารด้วยปริมาณ HDL ค่าที่เหมาะควรอยู่ที่ 2-3 ในผู้หญิง และ 3-4 ในผู้ชาย

จากการศึกษากลุ่มคนที่กินอาหารเช้าเป็นไข่เทียบกับกลุ่มที่กินซีเรียลและขนมปัง ผู้ที่กินไข่เป็นอาหารเช้าจะมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่ำกว่าอีกกลุ่ม เพราะโปรตีนจากไข่ร่างกายจะค่อยๆย่อยเป็นพลังงานอย่างช้าๆ จึงไม่ทำให้หิวเร็ว

มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ดได้ทำการศึกษาว่า การกินไข่มากกว่าวันละ 1 ฟองไม่ทำให้เกิดความเสี่ยงของโรคหัวใจเพิ่มขึ้น การไม่กินไข่ หรือเลือกกินเฉพาะไข่ขาวไม่ควรทำ เพราะร่างกายหากได้รับคอเลสเตอรอลไม่เพียงพอ ร่างกายจะผลิตออกมาเองในปริมาณที่มากเกินไป ไข่วันละ 1 ฟอง หรือสัปดาห์ละ 3-4 ฟอง ไม่ก่อให้เกิดปัญหามากนัก แต่ไขมันส่วนเกินจากเครื่องเคียง เช่น ไส้กรอกทอดที่อุดมด้วยน้ำมันและไขมัน ไข่เจียวอมน้ำมัน หรือขนมปังทาเนยสด หรือเทียม เป็นปัญหาสำคัญต่อการก่อให้เกิดโรคต่างๆ การเปลี่ยนกรรมวิธีในการปรุงอาหารจากการทอดมาเป็นการต้มน่าจะทางเลือกที่ดีของการหลีกเลี่ยงไขมันที่ได้

(http://pirun.ku.ac.th/~b521100244/%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B9%88/%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B9%88.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไข่มีประโยชน์มาก เพราะเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูง ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตของร่างกาย และให้พลังงานที่เพียงพอต่อความต้องการตลอดทั้งวัน โปรตีนในไข่ช่วยเสริมสร้างและซ่อมแซมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และทำให้มีพลังงาน ทำให้มีสุขภาพดี

ไข่มีสารอาหารสำคัญ 4 ประเภทที่คุณแม่ที่กำลังตั้งครรภ์ต้องการมากที่สุด ได้แก่ โคลีน โปรตีน โฟเลต และเหล็ก เพราะเป็นสารอาหารจำเป็น ส่งผลต่อพัฒนาการทางสมองของตัวอ่อน และพัฒนาการของเนื้อเยื่อประสาท ซึ่งช่วยป้องกันการเกิดความผิดปกติของทารกแรกเกิด

ผู้สูงอายุมักมีความเสี่ยงต่อการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อเนื่องจากอายุที่มากขึ้น ไข่จึงเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงที่ช่วยเติมเต็มโปรตีนของผู้สูงอายุ ซึ่งจะช่วยรักษาการทำงานของกล้ามเนื้อและชะลออัตราการสูญเสียกล้ามเนื้อได้เป็นอย่างดี ไข่ให้สารอาหารสำคัญ 2 ชนิด แต่ปริมาณไม่มากนัก ได้แก่ ลูทีน และซีแซนทีน ซึ่งอยู่ในสารอาหารกลุ่มแคโรทีนอยด์ สารอาหารทั้ง 2 ชนิดนี้ดีต่อสุขภาพตา และช่วยป้องกันสาเหตุของโรคตาบอดเนื่องจากอายุที่มากขึ้น

(http://www.swfoodtech.co.th/index.php?mo=10&art=176155)

ไข่อุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ เช่น โอเมก้า 3, กรดไขมัน, วิตามินอี, ซีลีเนียมและลูทีน ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดี ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันการก่อให้เกิดโรคบางโรค (Sim, 1998). องค์ประกอบของไข่ยังมีฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆ รวมทั้งด้าน antimicrobial, สารต้านอนุมูลอิสระ, ลดความดันโลหิต, ภูมิคุ้มกัน และคุณสมบัติ antiadhesive (Kovacs-Nolan, Phillips and Mine, 2005).

คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของไข่แดงจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การประมวลผล และสภาพการเก็บรักษา ในประเทศแคนาดาประมาณ 70% ของการผลิตไข่เพื่อการบริโภค ซึ่งไข่จะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 30 วัน ในขณะที่ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปแปรรูปเป็นของเหลวหรือผลิตภัณฑ์แช่แข็ง (Agriculture and Agri-Food Canada, 2013). การใช้เทคนิคทางอุตสาหกรรม เช่น spray-drying ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เพิ่มขึ้น และเกิดการสูญเสียสารต้านอนุมูลอิสระในไข่ (Galobart et al., 1995 ; Morgan and Armstrong, 1992). วิธีการปรุงอาหาร เช่น การทอด การต้ม เป็นกรรมวิธีที่ทำให้คุณสมบัติด้านการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณกรดอะมิโนอิสระลดลง (Nimalaratne et al., 2011). และปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิสูง (Mohiti-Asli et al., 2008). วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อประเมินผลกระทบของสภาพการเก็บรักษา การปรุงอาหารในด้านสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณกรดอะมิโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4 การทำไข่เค็ม**

การทำไข่เค็มเป็นวิธีการที่ใช้ในการถนอมอาหารโดยอาศัยกระบวนการออสโมซิส (โมเลกุลของน้ำจะผ่านจากบริเวณที่สารละลายความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีสารละลายความเข้มข้นสูงจนกว่าโมเลกุลของน้ำจะเท่ากัน) เป็นกระบวนการทางกายภาพที่ทำให้ตัวทำละลายเคลื่อนที่โดยไม่อาศัยพลังงาน (ซึ่งตัวทำละลายจะผ่านเยื่อเลือกผ่านได้ แต่สารละลายจะไม่สามารถผ่านเยื่อเลือกผ่านได้) ซึ่งน้ำเกลือจะซึมเข้าไปในไข่ ทำให้ค่า $A_w$ ต่ำลงจึงสามารถเก็บไข่เค็มไว้ได้นานขึ้น (นิราวรรณ บุ้งจันทร์, ระบบออนไลน์ 14 ธ.ค. 2556)

**ภาพที่ 2.2 ลักษณะของไข่เค็ม**

**ที่มา:** http://taxclinic.mof.go.th/products/detail.php?ID=61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2** คุณค่าทางอาหารของไข่เค็ม

| สารอาหาร (หน่วย) | ไข่ทั้งฟอง |
|---|---|
| ความชื้น (กรัม) | 62.2 |
| โปรตีน (กรัม) | 14.6 |
| ไขมัน (กรัม) | 15.5 |
| พลังงาน (แคลลอรี่) | 198 |
| กรดไขมันอิ่มตัว (กรัม) | 3.8 |
| กรดไขมันไม่อิ่มตัว (กรัม) | 2.7 |
| โคเลสเตอรอล (มิลลิกรัม) | 890 |
| โซเดียม (มิลลิกรัม) | 1690 |
| โพแทสเซียม (มิลลิกรัม) | 800 |
| แคลเซียม (มิลลิกรัม) | 99 |
| แมกนีเซียม (มิลลิกรัม) | 13 |
| ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม) | 270 |
| เหล็ก (มิลลิกรัม) | 3.2 |
| ทองแดง (มิลลิกรัม) | 0.5 |
| สังกะสี (มิลลิกรัม) | 3.5 |
| คลอไรด์ (มิลลิกรัม) | 2920 |
| แมงกานีส (มิลลิกรัม) | 0.1 |
| เรตินอล (ไมโครกรัม) | 85 |
| ไธอะมีน (มิลลิกรัม) | 0.16 |
| ไรโบเฟลวิน (มิลลิกรัม) | 0.52 |
| ไนอะซีน (มิลลิกรัม) | 0.1 |
| วิตามินบีสอง (มิลลิกรัม) | 3.5 |

**ที่มา:** http://pasusat.com/%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B9%87%E0%B8%A1/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5 วัตถุดิบในการผลิตไข่เค็ม**

วัตถุดิบเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการผลิตไข่เค็ม เนื่องจากการนำวัตถุดิบที่มีคุณภาพดีมาใช้ในกระบวนการผลิตจะทำให้ได้ไข่เค็มที่มีคุณภาพดีด้วย วัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในกระบวนการผลิตไข่เค็ม ได้แก่ ไข่เป็ดสด และเกลือ

การทำไข่เค็มโดยส่วนมากจะนิยมนำไข่เป็ดมาใช้ในกระบวนการผลิต เนื่องจากไข่เป็ดมีเปลือกหนาและมีรูพรุนบนเปลือกไข่มากกว่าไข่ไก่ นอกจากนี้สีไข่แดงที่ได้ก็มีสีอ่อนกว่าไข่เป็ด ไม่มีน้ำมันเยิ้มออกมาจากส่วนของไข่แดงและมีวงสีดำของซัลไฟด์เกิดขึ้น โดยไข่เป็ดที่ใช้ต้องเป็นไข่ใหม่ที่มีอายุไม่เกิน 7 วัน ในการคัดเลือกไข่ควรเลือกไข่ที่มีขนาดใหญ่และเปลือกหนา โดยส่วนมากจะเป็นไข่บ้านมากกว่ามาจากฟาร์ม เพราะไข่บ้านจะมีสีแดงกว่าเมื่อนำมาทำไข่เค็มจึงน่ารับประทาน

**2.6 วิธีทำไข่เค็ม**

2.6.1 ไข่เค็มดอง

นำไข่เป็ดสดมาแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 20-25% นาน 15-25 วัน โดยระยะเวลาการดองขึ้นกับรสเค็มที่ต้องการ ใช้อัตราส่วนของเกลือต่อน้ำเป็น 1:3 เกลือจะซึมเข้ารูพรุนบริเวณเปลือกไข่ โดยในระหว่างดองจะใช้ไม้ขัดหรือของหนักกดทับไข่ให้จมลง

**ภาพที่ 2.3** ไข่เค็มดอง

**ที่มา:** http://www.kruaklaibaan.com/viewtopic.php?f=10&t=242

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ไข่เค็มพอก

วิธีดั้งเดิมที่เริ่มใช้โดยชาวจีนโดยการใช้ดินเหนียวผสมกับน้ำเกลือเข้มข้น 25-30% อัตราส่วนที่ใช้เป็นดินเหนียวต่อเกลือเป็น 1:3 เติมน้ำพอหมาดๆนวดให้เข้ากันและทิ้งไว้ 1-2 คืน เพื่อให้เกลือและดินเหนียวผสมเข้ากันดี จากนั้นนำมาพอกบนไข่เป็ดที่ล้างสะอาดแล้วหนาประมาณ 1/4 ถึง 1/2 นิ้ว หลังจากนั้นนำไข่ที่พอกแล้วมาคลุกกับแกลบและวางเรียงซ้อนกันเก็บไว้ไม่ให้โดนแดดประมาณ 2-3 สัปดาห์ จึงสามารถนำมารับประทานได้ ตัวอย่างไข่เค็มพอกดิน ได้แก่

**ภาพที่ 2.4** ไข่เค็มพอก

**ที่มา:** http://pasusat.com

2.6.2.1 ไข่เค็มไชยา

เริ่มขึ้นที่อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี การผลิตแบบเดิมเริ่มจากการดองในน้ำเกลือแต่พบว่าไข่ที่ดองในน้ำเกลือจะเก็บไว้ได้ไม่นานจึงเปลี่ยนมาใช้วิธีพอกด้วยดินเหนียว ต่อมาชาวจีนที่เข้ามาอาศัยอยู่ที่อำเภอไชยาได้นำดินจอมปลวกที่ร้างแล้วมาพอกแทนดินเหนียวพบว่าไข่เค็มที่ได้มีคุณภาพดี ในการผลิตจะใช้อัตราส่วนดินจอมปลวกต่อเกลือเป็น 4:1 หรือ 5:2 ผสมให้เข้ากันแล้วนำมาพอกไข่ให้ทั่วทั้งฟองแล้วจึงพอกทับด้วยขี้เถ้าแกลบแล้วทิ้งไว้สักพัก โดยใช้พลาสติกคลุมเพื่อลดอัตราการระเหยน้ำ

2.6.2.2 ไข่เค็มดินสอพอง

เริ่มผลิตเมื่อปี 2534 โดยกลุ่มแม่บ้านกำลังพลพัน.ปจว. ค่ายสมเด็จพระนารายณ์มหาราช จังหวัดลพบุรี เป็นไข่เค็มที่พอกด้วยดินสอพอง ใช้อัตราส่วนระหว่างดินสอพองต่อเกลือ 3:1 (โดยน้ำหนัก) ลักษณะของไข่เค็มที่ได้ ไข่ขาวจะนิ่ม ไข่แดงแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.3 ไข่เค็มปักธงชัย

ผลิตโดยกลุ่มแม่บ้านเกษตรโคกศิลา อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ได้รวมตัวกันเป็นกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรเพื่อผลิตไข่เค็มในปี 2531 การผลิตใช้ดินจอมปลวกที่นำมาจากท้องไร่ท้องนา ใช้อัตราส่วนระหว่างดินจอมปลวกต่อเกลือสมุทร 3:1 ผสมให้เข้ากันแล้วนำมาพอกไข่ให้ทั่วทั้งฟองแล้วจึงพอกทับด้วยขี้เถ้าแกลบอีกครั้ง

**2.7 การนำมาประกอบอาหาร**

ช่วง 1-5 วัน : สำหรับการต้มไข่หวาน

ช่วง 3-7 วัน : สำหรับการทอดไข่ดาว

ช่วง 10-15 วัน : สำหรับการต้มทั่วไป

ช่วง 15-20 วัน : สำหรับทำไส้ขนมหรือนำมาทำยำ

**2.8 ลักษณะและคุณภาพของไข่เค็ม**

2.8.1 ลักษณะภายนอก

ไข่เค็มจะมีลักษณะภายนอกเหมือนไข่สด คือ เปลือกไข่มีสีขาวขุ่นจะเห็นเงาของไข่แดงเป็นสีดำกลมบนเปลือกไข่แต่ถ้าเป็นไข่เค็มที่ต้มในน้ำที่ใส่สารส้มเล็กน้อยบนเปลือกไข่จะสากและมีผงคล้ายแป้งลักษณะภายนอกของไข่เค็มที่ดีเปลือกต้องไม่มีการเน่าเสียหรือแตกร้าว

2.8.2 ลักษณะภายใน

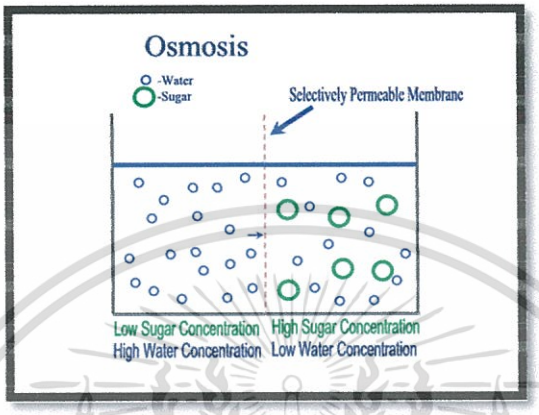
เมื่อเป็นไข่ดิบไข่ขาวจะเป็นของเหลวมีสีขาวขุ่นส่วนไข่แดงจะมีลักษณะเป็นก้อนกลมแข็งมีสีแดงอมส้ม เมื่อนำมาต้มไข่ขาวจะมีสีขาวขุ่น เนื้อนุ่ม และมีกลิ่นเค็มของเกลือ ส่วนไข่แดงจะมีสีแดงอมส้มเข้ม มีความคงตัวแต่เนื้อจะค่อนข้างหยาบและมีส่วนของน้ำมันเยิ้มออกมา ไข่เค็มที่ดีนั้นไข่ขาวจะมีเนื้อละเอียด มีรสเค็มปานกลาง ส่วนไข่แดงมีสีแดงอมส้มเข้มมีน้ำมันเยิ้มและมีรสเค็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 กระบวนการออสโมซิส (Osmosis)

ออสโมซิส หมายถึง ปรากฏการณ์ที่โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่ผ่านเยื่อเลือกผ่านจากความเข้มข้นของสารละลายต่ำเข้าสู่สารละลายที่มีความเข้มข้นที่สูงกว่า

(http://fat.surin.rmuti.ac.th/teacher/songchai/cell%20web/osmosis.htm)




**ภาพที่ 2.5** กระบวนการออสโมซิส (Osmosis)

**ที่มา:** http://vichakarn.triamudom.ac.th

2.9.1 การออสโมซิสมีแรงดันที่เกี่ยวข้อง 2 ชนิด

2.9.1.1 แรงดันออสโมติก (Osmotic pressure)

คือ แรงดันที่เกิดขึ้นในกระบวนการออสโมซิสเพื่อต้านการเคลื่อนที่ของตัวทำละลายที่ผ่านเยื่อบางๆ เช่น เยื่อหุ้มเซลล์ โดยแรงดันออสโมติกเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสารละลายนั้นๆ สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงจะมีแรงดันออสโมติกสูงและสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำจะมีแรงดันออสโมติกต่ำ

2.9.1.2 แรงดันเต่ง (Turgor pressure)

คือ แรงดันที่เกิดขึ้นภายในเซลล์เนื่องจากโมเลกุลของน้ำออสโมซิสเข้าไปภายในแล้วดันให้เซลล์แต่งหรือบวมขึ้น เมื่อโมเลกุลของน้ำเข้าไปภายในเซลล์มากเกินไปถ้าเป็นเซลล์สัตว์อาจเกิดการแตกได้ ส่วนเซลล์พืชมักจะไม่เกิดการแตกของเซลล์เนื่องจากมีผนังเซลล์คงรูปร่างไว้ เมื่อถึงสภาวะสมดุลของการแพร่น้ำที่ออสโมซิสเข้าจะเท่ากับน้ำที่ออสโมซิสออก ในช่วงนี้แรงดันเต่งจะมีค่าสูงสุดและมีค่าเท่ากับแรงดันออสโมติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 ประเภทของสารละลายจำแนกตามแรงดันออสโมติก

2.9.2.1 สารละลายไอโซโทนิก (Isotonic solution)

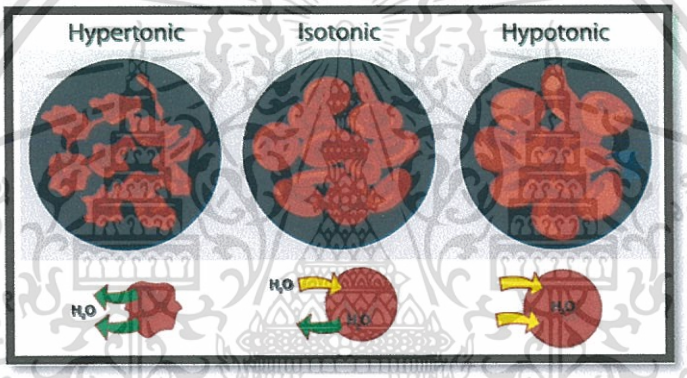
คือ สารละลายที่มีความเข้มข้นระหว่างภายในเซลล์และภายนอกเซลล์เท่ากัน เพราะฉะนั้นหากนำเซลล์ไปแช่ในสารละลายไอโซโทนิกจะทำให้เซลล์ไม่เปลี่ยนรูปร่าง

2.9.2.2 สารละลายไฮโพโทนิก (Hypotonic solution)

คือ สารละลายที่มีแรงดันออสโมติกต่ำหรือสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ เมื่อนำเซลล์มาแช่ในสารละลายไฮโพโทนิก น้ำจากสารละลายจะเข้าสู่เซลล์ส่งผลให้เกิดการแตกของเซลล์หรือที่เรียกว่า plasmoptysis

2.9.2.3 สารละลายไฮเพอร์โทนิก (Hypertonic solution)

คือ สารละลายที่มีแรงดันออสโมติกสูงหรือสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง ดังนั้นหากนำเซลล์มาแช่ในสารละลายไฮเพอร์โทนิกจะทำให้น้ำจากเซลล์จะที่เคลื่อนที่ออกมายังสารละลายจนทำให้เซลล์เหี่ยวที่เรียกว่า plasmolysis




**ภาพที่ 2.6** ประเภทของสารละลายที่มีผลต่อเม็ดเลือดแดง

**ที่มา:** http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin

## 2.10 การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส (Osmotic dehydration)

การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่สามารถช่วยลดปริมาณน้ำในอาหารลงได้ โดยการแช่วัตถุดิบลงในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง เรียกว่า สารละลายออสโมติก เช่น สารละลายน้ำตาล, สารละลายเกลือ และสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลและเกลือ เป็นต้น

กระบวนการออสโมซิสสามารถช่วยลดปริมาณน้ำในวัตถุดิบได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อนสูง จึงไม่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของวัตถุดิบ โดยมีการใช้ชื่อเรียกอื่นแทนการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส ได้แก่ กระบวนการดึงน้ำออกและการจุ่มแช่ (Dewatering and impregnation soaking process, DIS process) (Raoult-Wack,1994) หรือ วิธีการแช่อิ่ม โดยในกระบวนการออสโมซิสมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องหลายประการที่มีผลต่อการถ่ายโอนมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

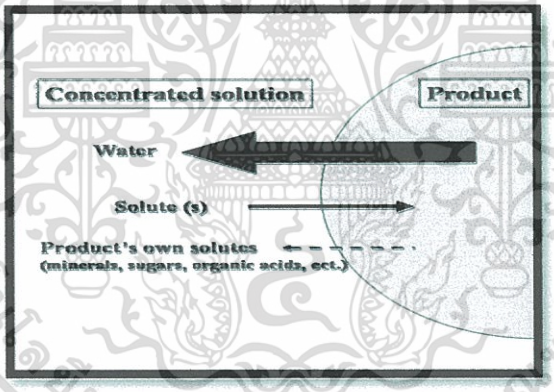
**2.11 การถ่ายโอนมวลสารระหว่างการออสโมซิส**

**(Mass transfer during the osmotic dehydration process)**

การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสเป็นหลักการที่อาศัยการแพร่ของโมเลกุลของน้ำออกจากเนื้อเยื่อของอาหาร ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติกภายในเซลล์ของอาหารกับสารละลายออสโมติกจนเกิดเป็นแรงขับ (driving force) ส่งผลให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารภายในเซลล์ของอาหารกับสารละลายออสโมติก ในลักษณะสวนทางกันผ่านเยื่อเลือกผ่าน (Semi-permeable membrane) โดยจะยอมให้โมเลกุลของน้ำแพร่ผ่านได้มากกว่าตัวถูกละลายของสารละลายออสโมติก โดยการถ่ายโอนมวลสารที่เกิดขึ้น ได้แก่

1. น้ำภายในเซลล์ของวัตถุดิบจะแพร่ออกจากเซลล์สู่สารละลายออสโมติก
2. ตัวถูกละลายของสารละลายออสโมติก เช่น น้ำตาลหรือเกลือจะแพร่เข้าสู่ภายในเซลล์ของวัตถุดิบ
3. สารบางอย่างที่มีอยู่ภายในเซลล์ของวัตถุดิบตามธรรมชาติ เช่น กรดอินทรีย์และเกลือแร่จะแพร่ออกจากเซลล์สู่สารละลายออสโมติก

แต่การถ่ายโอนมวลสารที่สำคัญที่สุดที่เกิดขึ้นคือการเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำภายในเซลล์ของวัตถุดิบที่เกิดสวนทางกับการเคลื่อนย้ายของตัวถูกละลายของสารละลายออสโมติก โดยจะเกิดขึ้นจนกระทั่งสารละลายภายในและภายนอกเซลล์นั้นเข้าสู่สภาวะสมดุล




**ภาพที่ 2.7** การถ่ายโอนมวลสารระหว่างการออสโมซิสในวัตถุดิบ

**ที่มา:** Raoult-Wack (1994)

**2.12ปัจจัยที่มีผลต่อการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส**

2.12.1 รูปร่างและขนาดของชิ้นวัตถุดิบ

รูปร่างและขนาดของชิ้นวัตถุดิบมีผลต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำในขณะการถ่ายโอนมวลสารในกระบวนการออสโมซิส เนื่องจากวัตถุดิบที่มีขนาดชิ้นใหญ่จะมีระยะทางที่ต้องใช้ในการถ่ายโอนมวลสารมากจึงเกิดกระบวนการออสโมซิสได้ไม่ดีและถ้ามีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก เช่น รูปร่างเป็นวงแหวนและขนาดชิ้นเล็ก โมเลกุลของน้ำจะมีโอกาสแพร่ออกมาได้มากกว่าการมีพื้นที่ผิวสัมผัสน้อย เช่น รูปร่างเป็นแว่นและขนาดชิ้นใหญ่ โดยการมีผิวสัมผัสกับสารละลายออสโมติกมากจะมีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของโมเลกุลน้ำนั้นมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

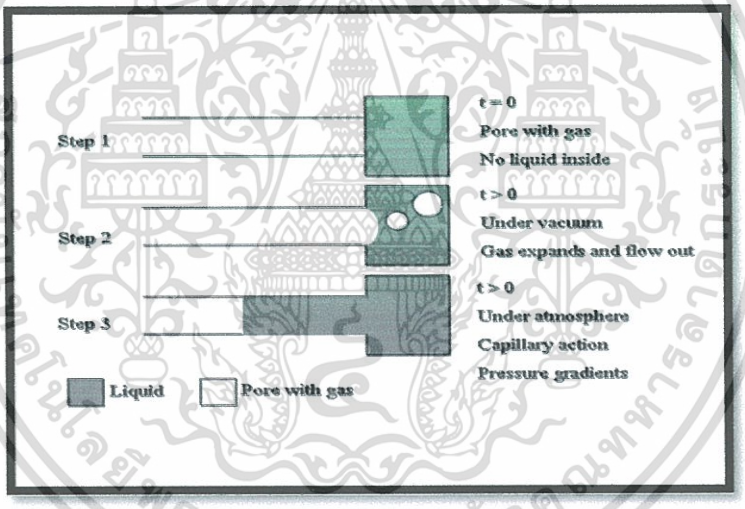
2.12.2 การเตรียมขั้นต้น

2.12.2.1 การลวก

การลวกสามารถลวกได้ทั้งในน้ำร้อนและไอน้ำ ซึ่งจะส่งผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของวัตถุดิบอ่อนตัวลงจึงเพิ่มความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่านได้มากขึ้น ทำให้โมเลกุลของน้ำสามารถแพร่ออกภายนอกเซลล์และทำให้ตัวถูกละลายจากสารละลายออสโมติกสามารถแพร่เข้ามาภายในเซลล์ได้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตัวที่ควบคุมขนาดช่องเปิดของเซลล์ส่งผลให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ลวก

2.12.2.2 การใช้สภาวะสุญญากาศ

การทำให้เกิดสภาวะสุญญากาศทำโดยการลดความดันอากาศลง ซึ่งจะใช้ตอนเริ่มต้นกระบวนการออสโมซิสเป็นระยะเวลาหนึ่งจากนั้นจึงปล่อยกลับสู่ความดันบรรยากาศ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มแรงขับเคลื่อนในการแพร่ของโมเลกุลของน้ำจากเนื้อเยื่อของวัตถุดิบไปสู่สารละลายออสโมติกโดยเกิดกลไก Hydrodynamic (HDM) การเคลื่อนที่ของสารละลายในช่องว่างระหว่างเซลล์ที่เกิดขึ้น




**ภาพที่ 2.8** การเคลื่อนที่ของสารละลายในช่องว่างระหว่างเซลล์โดยกลไก HDM
**ที่มา:** Chiralt and Fito (2003).

ขั้นที่ 1 เมื่อเริ่มแช่วัตถุดิบ (t = 0) ที่สภาวะบรรยากาศ สารละลายภายนอกยังไม่มีการเคลื่อนที่เข้ามาภายในช่องว่างภายในเซลล์

ขั้นที่ 2 เมื่อแช่วัตถุดิบที่สภาวะสุญญากาศ (t > 0) ก๊าซที่อยู่ในช่องว่างภายในเซลล์จะถูกดูดออกมาพร้อมกับการดูดอากาศ

ขั้นที่ 3 เมื่อหยุดการใช้สภาวะสุญญากาศและแช่วัตถุดิบต่อที่สภาวะบรรยากาศเป็นระยะเวลาช่วงหนึ่ง (t > 0) สารละลายจะแพร่ผ่านเข้ามาในช่องว่างภายในเซลล์ โดยจะเข้ามาแทนที่ก๊าซที่ถูกดูดออกไปซึ่งจะแพร่ผ่านรูขนาดเล็ก (Capillary action) (Chiralt and Fito, 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง


ในขณะที่ให้ความดันสุญญากาศก๊าซที่อยู่ในโครงสร้างของชิ้นวัตถุดิบจะถูกบีบอัดทำให้เกิดการแพร่และเคลื่อนที่ออกจากภายในเซลล์ เมื่อกลับสู่ความดันบรรยากาศสารละลายออสโมติกก็จะแพร่เข้ามาภายในเซลล์ของวัตถุดิบแทน โดยก๊าซที่เหลือภายในเซลล์จะเป็นตัวนำสารละลายเข้าสู่เซลล์ทางช่องว่างระหว่างเซลล์ทำให้โอกาสการถ่ายโอนมวลสารต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น โดยการใช้สภาวะสุญญากาศทำได้ 2 แนวทาง

1. การใช้สุญญากาศเป็นเวลาสั้นในช่วงแรกของการออสโมซิส (Vacuum osmotic dehydration; VOD) เช่น ใช้สภาวะสุญญากาศ 20 นาที แล้วออสโมซิสต่อที่สภาวะบรรยากาศ

2. การใช้สุญญากาศแบบเป็นจังหวะ (Pulse vacuum osmotic dehydration; PVOD) เป็นการใช้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลาสั้นในช่วงแรกแล้วกลับสู่สภาวะบรรยากาศเวลาสั้นแล้วใช้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลาสั้นอีกครั้งก่อนออสโมซิสต่อที่สภาวะบรรยากาศ เช่น ใช้สภาวะสุญญากาศ 10 นาที แล้วกลับสู่สภาวะบรรยากาศ 10 นาทีและให้สภาวะสุญญากาศอีกครั้งนาน 10 นาที แล้วจึงออสโมซิสต่อที่สภาวะบรรยากาศ

2.12.3 ลักษณะของสารละลายออสโมติก

2.12.3.1 ชนิดของสารละลายออสโมติก

สารละลายออสโมติกที่นิยมใช้ คือ น้ำเชื่อม ซึ่งชนิดของน้ำตาลมีผลต่อความสามารถในการถ่ายโอนมวลสาร Marani et al. (2007) พบว่า การใช้น้ำตาลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น สารละลายฟรุกโตส นั้นสามารถช่วยเร่งการสูญเสียน้ำออกจากชิ้นวัตถุดิบได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เช่น สารละลายซูโครส เนื่องจากการใช้สารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะทำให้เกิดแรงดันออสโมติกต่ำจึงทำให้มีการสูญเสียน้ำและทำให้ของแข็งเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในการใช้สารละลายออสโมติกมักจะใช้สารละลายผสมซึ่งจะเป็นการเพิ่มแรงขับในการถ่ายโอนมวลสาร โดยนิยมเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์เล็กน้อยลงในสารละลายออสโมติก นอกจากจะช่วยเพิ่มแรงขับดันแล้วยังสามารถช่วยลดค่า $A_w$ ของผลิตภัณฑ์ซึ่งป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย นอกจากนี้อาจมีการเติมสารอื่นลงไป เช่น กลีเซอรอล เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์คงรูปร่างและได้เนื้อสัมผัสที่ไม่แข็งกระด้าง เป็นต้น

2.12.3.2 ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก

ในกระบวนการออสโมซิสจะต้องใช้สารละลายออสโมติกที่มีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นภายในชิ้นของวัตถุดิบเพื่อทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันแล้วส่งเป็นแรงขับให้มีการถ่ายโอนมวลสาร ระดับความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกจึงเกี่ยวข้องโดยตรงกับประสิทธิภาพการแพร่ของน้ำและตัวถูกละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกส่งผลทำให้อัตราการถ่ายโอนมวลสารของน้ำและตัวถูกละลายนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นและมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่า $A_w$ ต่ำลง แต่การใช้สารละลายออสโมติกที่มีเข้มข้นมากเกินไปส่งผลให้การถ่ายโอนมวลสารนั้นลดลง เนื่องจากสารละลายมีความเข้มข้นสูงมักมีความหนืดมากและอาจเกิดชั้นบางๆ ที่ผิวของชิ้นวัตถุดิบซึ่งจะเป็นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
148847

ขัดขวางการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำและตัวถูกละลายระหว่างกระบวนการออสโมซิสได้ (Sankat, et al., 1996)

2.12.4 อุณหภูมิและเวลาในกระบวนการออสโมซิส

การใช้อุณหภูมิสูงในการแปรรูปจะส่งผลให้โครงสร้างบางส่วนของชิ้นวัตถุดิบเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไป เช่น การอ่อนตัวลงของเยื่อหุ้มเซลล์จึงทำให้การแพร่ของโมเลกุลน้ำและตัวถูกละลายเป็นไปได้ง่ายกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ และในกรณีการออสโมซิสโดยใช้น้ำเชื่อมการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้น้ำเชื่อมมีความหนืดน้อยลงจึงส่งผลให้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำและน้ำตาลเป็นไปได้ง่ายขึ้นอัตราการออสโมซิสจึงสูงขึ้นด้วย

การแช่วัตถุดิบไว้เป็นเวลานานมีโอกาสทำให้วัตถุดิบสัมผัสกับสารละลายออสโมติกมากขึ้นและน้ำในวัตถุดิบสามารถแพร่ออกมาได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาผ่านไปน้ำจะแพร่ออกมาได้น้อยลง เนื่องจากในช่วงแรกของกระบวนการออสโมซิสจะมีความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างภายในเซลล์ของวัตถุดิบกับสารละลายออสโมติกมาก ทำให้เกิดแรงขับดันสูงจึงเกิดการถ่ายโอนมวลได้อย่างมากและรวดเร็ว เมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดการสะสมของน้ำที่แพร่ออกมาจากวัตถุดิบมากขึ้น สารละลายออสโมติกจึงมีความเข้มข้นลดลงจึงทำให้แรงดันออสโมติกมีค่าน้อยลงจึงส่งผลให้เกิดแรงขับดันต่ำลงจึงเกิดการถ่ายโอนมวลได้น้อยและช้าลง (Dermesonlouoglou et al., 2007; Kowalska and Lenart, 2001)

2.12.5 ปัจจัยอื่นๆ

นอกจากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นยังมีปัจจัยสำคัญอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การคนหรือกวนสารละลายออสโมติก เนื่องจากในขณะเกิดกระบวนการออสโมซิสความเข้มข้นรอบๆชิ้นวัตถุดิบจะลดลง เพราะน้ำภายในชิ้นวัตถุดิบจะแพร่ออกมาสู่สารละลายออสโมติกจึงทำให้ประสิทธิภาพการออสโมซิสลดลง ดังนั้นการคนหรือกวนจะช่วยทำให้ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้นได้ โดยทำให้สารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่าไหลมาแทนที่สารละลายที่เจือจาง จึงทำให้ประสิทธิภาพการออสโมซิสสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างสารละลายออสโมติกกับวัตถุดิบก็ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อกระบวนการออสโมซิสโดยถ้าอัตราส่วนนี้เพิ่มขึ้นจะทำให้น้ำแพร่ออกเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.13 การเก็บรักษา

การเก็บรักษาไข่เป็นปัญหาที่ใหญ่มากในประเทศที่อยู่ในเขตร้อนเนื่องจากไข่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่เสื่อมเสียได้ง่าย ดั้งนั้นเราควรเลือกวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพของไข่, คุณค่าทางโภชนาการและยืดอายุการเสื่อมเสียของไข่ให้ช้าลง (Eke et al., 2013)

คุณภาพของไข่นั้นลดลงเนื่องจากสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ และความชื้นในการเก็บรักษา โดยเมื่อเวลาผ่านไปจะส่งผลต่อและคุณภาพของไข่ที่จะลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (Decuypere et al., 2001) ดังนั้นวิธีที่ง่ายที่สุดในการเก็บรักษาไข่ให้มีอายุการเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น คือ การเก็บไว้ในภาชนะปิดสนิทและอยู่ในอุณหภูมิตู้เย็น (Akyurek and Okur, 2009)

## 2.14 การเคลือบ

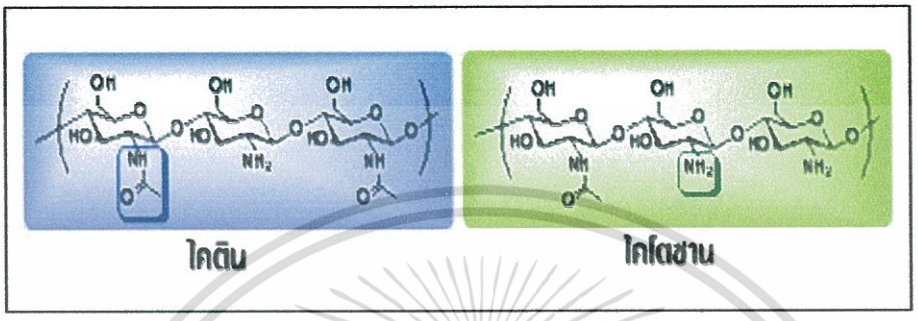
เชื้อที่ปนเปื้อนมาบนเปลือกไข่ ได้แก่ เชื้อ *Salmonella* ที่เป็นสาเหตุสำคัญของโรคทางเดินอาหาร การปนเปื้อนบนเปลือกไข่ ส่วนใหญ่เกิดจากการปนเปื้อนจากอุจจาระที่ติดมากับเปลือกไข่ (Greenwood et al., 2002) หรือจากการติดเชื้อจากแม่พันธุ์ระหว่างอยู่ในท่อนำไข่ ดังนั้นการลดจำนวนเชื้อ *Salmonella* ที่ปนเปื้อนมาบนเปลือกไข่จะช่วยลดความเสี่ยงต่อผู้บริโภคได้ ซึ่งมีการศึกษาค้นคว้าหลากหลายวิธี เช่น การล้างด้วยน้ำอุ่น, การฉายแสง และการใช้สารต่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้เคลือบผิวของเปลือกไข่ด้วยไคโตซานในการลดจำนวนเชื้อ *Salmonella* ที่ปนเปื้อนมาบนเปลือกไข่

## 2.15 ไคติน (Chitin)

ถูกค้นพบครั้งแรก โดย Henri Bracannot ในปี 1811 ด้วยการแยก ที่ได้จากเห็ด ต่อมาในปี ค.ศ. 1823 Odier ได้ตั้งชื่อสารที่เป็นโพลิเมอร์ชนิดนี้ว่า ไคติน ซึ่งมาจากคำว่า Chiton ในภาษากรีก แปลว่า เกาะหุ้ม ส่วนไคโตซานนั้น ถูกค้นพบครั้งแรก โดย Rouget ในปี ค.ศ. 1859 ด้วยการต้มสารไคตินกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น เมื่อละลายในไอโอดีนและกรดจะให้สารสีม่วง และตั้งชื่อว่า Modified chitin และต่อมาได้ตั้งชื่อใหม่ว่า ไคโตซาน (chitosan) โดย Hoppe Seyler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไคติน (Chitin) คือสารพอลิแซคคาไรด์ที่เป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติ เกิดจากสาร 2-acetamido-2-deoy-β-D-glucose และ 2-amino-2-deoxy-β-D-glucose มีความแตกต่างจากโพลิแซคคาไรด์ชนิดอื่น ตรงที่ ไคตินมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และมีลักษณะโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส แต่ต่างกันที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) เกาะอยู่ ส่วนของไคตินจะมีหมู่ acetamide ($NH\text{-}CO\text{-}CH_3$) เกาะอยู่ด้วย




**ภาพที่ 2.9** โครงสร้างทางเคมีของไคตินและไคโตซาน

**ที่มา:** http://www.siamchemi.com

ไคตินส่วนใหญ่นั้นจะพบในสิ่งมีชีวิตที่มีเปลือกหรือผนังแข็งหุ้มที่ลำตัว ตัวอย่างเช่น กุ้ง ปู หอย แมลง รวมถึงผนังเซลล์ของเชื้อรา ยีสต์ และสาหร่าย สารนี้ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างป้องกันและสร้างความแข็งแรงให้แก่โครงสร้างร่างกาย ไคตินในธรรมชาติ แบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่

2.15.1 อัลฟาไคติน ( α – Chitin )

ลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นใยที่เรียงซ้อนสลับกันไปมาแน่นและมีหลายชั้น เป็นโครงสร้างที่แข็งแรงมากที่สุด ได้แก่ ไคตินในเปลือกกุ้ง ไคตินในกระดองปู เป็นต้น

2.15.2 เบต้าไคติน ( β – Chitin )

ลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นใยเรียงซ้อนกันหลายชั้นในทิศทางเดียวแต่ไม่แน่นมากเหมือนชนิดอัลฟา เป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงน้อย ได้แก่ ไคตินในปลาหมึก เป็นต้น

2.15.3 แกมมาไคติน ( γ – Chitin )

มีลักษณะทั้งของไคตินอัลฟา และไคตินเบต้า มีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นใยเรียงซ้อนกันไปมาหลายชั้นแบบไม่มีทิศทาง เป็นโครงสร้างแข็งแรงน้อย เช่น ไคตินในเชื้อรา เป็นต้น

(http://www.siamchemi.com/%E0%B9%84%E0%B8%84%E0%B9%82%E0%B8%95%E0%B8%8B%E0%B8%B2%E0%B8%99/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.16 กระบวนการผลิตไคติน**

2.16.1 การกำจัดโปรตีน (Deproteinization)

เป็นการกำจัดโปรตีนออกจากเปลือกกุ้ง ปู โดยการทำปฏิกิริยากับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 3-5% อุณหภูมิในช่วง 80-90 $^{0}$C เวลา 2-3 ชั่วโมง โปรตีนจะถูกกำจัดออกพร้อมกับไขมัน และสีบางส่วน หลังการกำจัดนั้นจะเข้าสู่การล้างน้ำให้สะอาดก่อนส่งเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

2.16.2 การกำจัดเกลือแร่ (Demineralization)

เป็นการกำจัดอนินทรีย์สารจำพวกแร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในเปลือกกุ้ง ปู โดยการทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 3-5% ที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง แร่ธาตุที่ถูกกำจัดออกในรูปของอนินทรีย์สารที่ละลายน้ำได้ เช่น แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) จะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ระเหยออกไป รวมไปถึงโปรตีน และสีบางส่วนที่ลงเหลือจากขั้นตอนการกำจัดโปรตีน จะเข้าสู่การล้างน้ำให้สะอาดก่อนส่งเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

2.16.3 การกำจัดสี (Decoloration)

เป็นการกำจัดรงควัตถุหรือสีออกให้หมด ขั้นตอนนี้สามารถทำก่อนกระบวนการผลิตไคโตซานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไคติน และนำไคตินมาผลิตไคโตซานหรือสามารถทำหลังขั้นตอนการผลิตไคโตซานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไคโตซาน การฟอกสีนั้นใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ($H_2O_2$) หรือโซเดียมเปอร์คลอเรต ($NaOCl_4$) คล้ายกับกระบวนการฟอกสีในสิ่งทอ แต่สารเหล่านี้มีผลทำให้สายโซ่โมเลกุลของไคโตซานแตกสั้นลง จึงนิยมทำในตอนต้นของกระบวนการผลิต จะเข้าสู่การล้างน้ำให้สะอาดก่อนส่งเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

**2.17 ไคโตซาน (chitosan)**

ในปัจจุบันจึงนำมาใช้ประโยชน์กับอาหารกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการนำไคโตซานมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ใช้ในการถนอมอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา, ใช้เป็นสารเคลือบผิวอาหารเพื่อชะลอการเสื่อมเสียในรูปของ antimicrobial packaging film และใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อลดการเหม็นหืนและลดการเน่าเสีย เนื่องจากไคโตซานนั้นมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียและเชื้อรา การใช้ไคโตซานในอาหารนั้นไม่มีอันตรายต่อผู้บริโภค ส่วนใหญ่สามารถสกัดได้จากเปลือกของสัตว์จำพวกกุ้งและปูเป็นสารพอลิเมอร์ชีวภาพ ซึ่งเตรียมได้จากกระบวนการดีอะซิติลเลชั่นของไคติน (deacetylation of chitin) เมื่อนำมาสกัดแยกเอาแคลเซียม โปรตีน และแร่ธาตุที่ไม่ต้องการออกไป จะได้สารสำคัญที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายเซลลูโลส เรียกว่า ไคติน (chitin) และเมื่อนำไคตินผ่านกระบวนการอีกครั้งจะได้สารที่เรียกว่า ไคโตซานซึ่งมีคุณสมบัติการละลายในกรด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ละลายได้น้อย เช่น กรดอะซิติค กรดฟอร์มิค กรดซาลิซิลิก และกรดโปรไฟโอนิก
2. ละลายปานกลาง เช่น กรดซิตริก กรดลอริก กรดทาร์ทาริก กรดซัลฟูริก และกรดไฮโดรคลอริก
3. ละลายได้ดี เช่น กรดเบนโซอิค กรดออกซาริก และกรดซัคซินิก

## 2.18 กระบวนการผลิตไคโตซาน

การผลิตไคโตซานจะมีขั้นตอนเหมือนกับการผลิตไคติน จนได้สารไคตินบริสุทธิ์ หลังจากนั้นจะใช้สารไคตินเป็นสารตั้งต้นในการผลิตไคโตซาน การกำจัดหมู่อะซิติลของไคติน (Demineralization) การกำจัดหมู่อะซิติลสามารถด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยด่าง โดยนิยมใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการทำปฏิกิริยา หลังจากนั้นจะล้างด้วยน้ำให้สะอาด และอบให้แห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ กระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพนั้นจะดูที่ความมากน้อยของหมู่อะซิติลที่เหลืออยู่

กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ของไคโตซาน โดยหมู่อะมิโนของไคโตซานมีความสามารถในการดูดซับอาหารและไอออนของโลหะที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของจุลินทรีย์ สามารถเกิดเป็นสารประกอบที่ซับซ้อนบริเวณผิวหน้าของผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ โดยก่อตัวเป็นชั้นบางๆรอบเซลล์ จะไปขัดขวางการส่งผ่านสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์เข้าสู่ภายในเซลล์ และพอลิเมอร์ประจุบวกของไคโตซานสามารถเกิดแรงกระทำกับประจุลบของผนังเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังเซลล์จุลินทรีย์ จึงส่งผลให้ผนังเซลล์เกิดความเสียหาย

Hadwiger et al., (1984) ได้ศึกษาว่าไคโตซานอาจมีผลยับยั้งการสังเคราะห์ mRNA ของเชื้อรา โดยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไคโตซานกับ DNA แม้ว่าโมเลกุลของไคโตซานจะมีขนาดใหญ่กว่าที่จะผ่านเข้าเยื่อหุ้มเซลล์ได้ แต่ไคโตซานอาจถูกย่อยโดย hydrolytic enzyme เช่น chitinase จากตัวจุลินทรีย์

นวลพรรณ และคณะ (2553). ได้ศึกษาไคโตซานมีคุณสมบัติการต้านจุลินทรีย์ในบางชนิด เนื่องจากเป็นประจุบวกจะสามารถเกิดปฏิกิริยากับประจุลบบนผนังเซลล์ ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ membrane permeability ทำให้เกิดการรั่วของสารประกอบในเซลล์ เช่น กลูโคส (Glucose) และเลคเตสดีไฮโดรจิเนส (Lactate dehydrogenese : LDH) จึงเป็นสาเหตุให้เซลล์ตาย

Leleu et al. (2011) ไคโตซานเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่ใช้ยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ และมีคุณสมบัติในการสร้างแผ่นฟิล์ม โดยไคโตซานบริสุทธิ์มีมวลโมเลกุล 310-375 kDa และ deacetylation degree 75% สามารถลดเชื้อ *Salmonella Enteritidis* ได้เมื่อเปรียบเทียบกับ control (ไม่มีไคโตซาน) ซึ่งไคโตซานจะยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ เช่น *Pseudomonas* sp., *Alcaligenes* sp., *Acinetobacter baumannii*, *Carnobacterium* sp., *Staphylococcus warneri*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* และ *S. enterica serovar Typhimurium*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.19 การประยุกต์ในด้านต่าง ๆ**

2.19.1 ด้านอาหาร

ใช้เป็นสารกัดบูด สารช่วยรักษากลิ่นรส สารให้ความข้นหนืด ใช้เป็นสารเคลือบอาหาร ผัก และผลไม้ เพื่อรักษาความสดหรือผลิตในรูปฟิล์มที่รับประทานได้ (edible film) สำหรับบรรจุอาหาร ส่วนการใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนมีข้อเสียทำให้อาหารเน่าเสียเร็ว เนื่องจากกักเก็บความชื้นไว้ภายใน แต่แผ่นฟิล์มจากไคโตซานสามารถยืดอายุอาหารได้ดีกว่า เนื่องจากสามารถถ่ายเทความชื้นจากอาหารสู่ภายนอกได้ดีกว่า และเป็นสารเติมแต่งในน้ำผลไม้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็น fining agent และควบคุมสภาพความเป็นกรดของน้ำผลไม้ได้ดี เนื่องจากไคโตซานมีสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด โดยมีกลไกคือ ไคโตซานมีประจุบวก สามารถจับกับเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ที่มีประจุลบได้ ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีนและสารอื่นๆออกมานอกเซลล์จนจุลินทรีย์ลดจำนวนลง และไม่สามารถเติบโตและลดจำนวนลง ในหลายประเทศได้ขึ้นทะเบียนไคตินและไคโตซานให้เป็นสารที่ใช้เติมในอาหารได้

2.19.2 ด้านอาหารเสริม

มีรายงานที่ว่า ไคโตซานใช้เป็นอาหารเสริมที่สามารถให้พลังงานและช่วยลดคอเลสเตอรอลชนิด LDL รวมถึงไขมันจำพวกไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้ดี โดยไคโตซานจะไปจับกับคอเลสเตอรอล ทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมไปใช้ หรือดูดซึมได้น้อยลง ทำให้มีการโฆษณาเป็นผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก ทั้งนี้นั้นต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากไคโตซานสามารถจับวิตามินที่ละลายได้ดีในไขมันได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี วิตามินเค เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้ขาดวิตามินเหล่านี้ได้ นอกจากนี้ ทางการแพทย์ มีรายงานการนำ N-acetyl-D-glucosamine ไปใช้รักษาไขข้อเสื่อม โดยอธิบายว่า ข้อเสื่อมเกิดเนื่องจากการสึกกร่อนของเนื้อเยื่ออ่อนที่เคลือบอยู่ระหว่างข้อกระดูก ซึ่ง glucosamine เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ proteoglycan และ matrix ของกระดูกอ่อน จึงช่วยทำให้เยื่อหุ้มกระดูกอ่อนหนาขึ้น

2.19.3 ด้านการแพทย์

ไคโตซานมีคุณสมบัติที่ดีที่สามารถเตรียมได้ในรูปแบบเม็ดเจล, แผ่นฟิล์ม ฟองน้ำ, เพลเลท, แคปซูล และ ยาเม็ด เป็นต้น มีการวิจัยนำแผ่นไคโตซานมาใช้ปิดแผลช่วยทำให้ไม่เป็นแผลเป็น โดยไคโตซานจะช่วยลดการ contraction ของ fibroblast ทำให้แผลเรียบ กระตุ้นให้เกิดการซ่อมแซมบาดแผลให้หายเร็วขึ้น สารไคโตซานมีคุณสมบัติในการช่วยห้ามเลือด ช่วยดูดซับน้ำเหลือง จึงทำให้บาดแผลต่างๆหายเร็วขึ้น ใช้ทำเส้นไหมสำหรับเย็บแผลผ่าตัด ช่วยลดปัญหาการแพ้ การระคายเคือง ที่อาจจะเกิดจากการใช้เส้นไหมที่ทำจากสารสังเคราะห์ได้เป็นอย่างดีหรือใช้ทำผิวหนังเทียม เพื่อรักษาคนไข้แผลผิวหนังไหม้รุนแรง รักษาเหงือกและฟัน สามารถยับยั้งการจับและก่อตัวของแบคทีเรียบนผิวฟัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.19.4 ด้านเภสัชกรรม

มีรายงานการว่า มีการใช้ไคโตซานเป็นส่วนผสมในยาชนิดต่างๆ จะใช้ทำหน้าที่ป้องกันการย่อยสลายของยาบริเวณกระเพาะอาหาร ซึ่งเป็นสารควบคุมการปล่อยยาหรือเป็นตัวนำส่งยาเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต

2.19.5 ด้านความสวยงามหรือวงการเครื่องสำอาง

ด้วยคุณสมบัติที่สามารถอุ้มน้ำได้ดีและการเป็นฟิล์มบาง ๆ คลุมผิวหนังป้องกันการเสียความชุ่มชื้นของผิว รวมถึงมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์จึงนิยมนำมาเป็นสารเติมแต่งและเป็นสารพื้นฐานของเครื่องสำอางหลายชนิด เช่น มอยซ์เจอร์ไรเซอร์ โลชั่น ครีมกันแดด ครีมรองพื้น อายแชร์โดว์ แป้งทาหน้า แป้งผัดหน้า ลิปสติก ยาย้อมผม ยาเคลือบผม น้ำยาทาเล็บ แชมพู ครีมนวดผม สบู่ น้ำยาบ้วนปาก ยาสีฟัน เป็นต้น และว่ากันว่าในอนาคตสารไคโตซานจะเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางเกือบทุกชนิด

2.19.6 ด้านสิ่งทอ

นำมาขึ้นรูปเป็นเส้นใยและใช้ในการทอร่วมหรือเคลือบกับเส้นใยอื่น ๆ เพื่อให้ได้คุณสมบัติการต้านจุลชีพลดการเกิดกลิ่นอับชื้น

2.19.7 ด้านการเกษตร

เนื่องจากไคติน และไคโตซานมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกจากโมเลกุลอย่างช้าๆ สามารถช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศและดินจึงใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพใช้สำหรับปรับปรุงดิน เพิ่มธาตุอาหารในดิน ปรับปรุงดินเค็ม ปรับปรุงดินที่เป็นกรดเป็นด่าง ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของพืช กระตุ้นการนำแร่ธาตุไปใช้ เป็นฮอร์โมนกระตุ้นการเกิดราก ผลคือสามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพการผลิตได้ ทำให้เกษตรกรใช้ต้นทุนต่ำลง เนื่องจากลดการใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง การใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์พืช ป้องกันโรค แมลง การเน่าเสียจากจุลินทรีย์ และยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

2.19.8 ด้านการปศุสัตว์

ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์เพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกันและลดการติดเชื้อ

2.19.9 ด้านการบำบัดน้ำเสีย

ไคโตซานมีประจุบวกสามารถจับกับโปรตีนและไขมันที่เป็นประจุลบได้ดี จะสามารถใช้กับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารที่มีสารแขวนลอยอยู่สูง ซึ่งโปรตีนที่ได้สามารถแยกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป นอกจากนี้ ไคโตซานยังสามารถดูดซับอิออนของโลหะหนักและจับสี (dye) ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.20สาเหตุของการปนเปื้อนในอาหาร**

2.20.1 ด้านกายภาพ ได้แก่ เศษไม้ เศษแก้ว เศษโลหะ และ วัสดุอื่นๆ

สาเหตุ : การปนเปื้อนของเศษไม้, เศษแก้ว, เศษโลหะ หรือเศษวัสดุอื่นๆ ที่มาจากวัตถุดิบ เครื่องมือ อุปกรณ์ หรือการแตกหักของภาชนะ หลอดไฟ และปนเปื้อนลงสู่อาหาร

2.20.2 ด้านเคมี ได้แก่ สารเคมีในรูปแบบต่างๆ

เช่น น้ำยาฆ่าเชื้อโรค ยาฆ่าแมลง น้ำยาทำความสะอาด น้ำมันหล่อลื่นต่างๆ รวมทั้งสารพิษที่เกิดขึ้น เช่น สารพิษแอลฟาท็อกซินจากเชื้อราในถั่วลิสง หรือสารเคมีที่ใช้เติมแต่งในอาหารซึ่งมีปริมาณสูงกว่าที่กฎหมายกำหนด

สาเหตุ : วัตถุดิบมีการใช้สารปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงจากแหล่งวัตถุดิบ การใช้หรือการจัดเก็บวัตถุดิบ, น้ำยาทำความสะอาด และสารเคมีไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดการปนเปื้อนลงสู่อาหาร

2.20.3 ด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ไวรัส และ เชื้อรา

สาเหตุ : การปนเปื้อนของจุลินทรีย์เกิดจากการใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน หรือไม่มีคุณภาพ เครื่องมือเครื่องใช้ที่ไม่สะอาด การชะล้างวัตถุดิบก่อนกระบวนการแปรรูป และการควบคุมการผลิตและการขนส่ง ตลอดจนการปฏิบัติงานของพนักงานไม่ถูกสุขลักษณะ

(http://520102141120g013.blogspot.com/)

**2.21 เชื้อโรคที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ**

จุรีภรณ์ บุณยวงศ์วิโรจน์ (2537). แบคทีเรียเป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษหลายชนิดทำให้เกิดอาการปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ถ่ายอุจจาระเป็นมูกเลือด เป็นต้น

อาการคลื่นไส้อาเจียนเกิดจากเชื้อโรคระบบทางเดินอาหาร และสารพิษหลายชนิด เช่น เกลือโลหะ สารโคโรซีฟ สารฮาโรเจน ไซลีน ฟลูออไรด์ ออดซาลิค มอร์ฟีน เมธิลแอลกอฮอล์ เบนซิน พาราไธออน เป็นต้น

อาการปวดท้อง หรือท้องร่วงรุนแรงอาจเกิดจากสารพิษ เช่น เกลือปรอท สารหนู สารที่ทำให้ระคายเคืองอย่างมาก รวมถึงเชื้อโรคทางเดินอาหารบางชนิด อาการดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจากสารพิษและเชื้อแบคทีเรียทำให้เกิดโรค จำเป็นต้องตรวจวิเคราะห์หาเชื้อโรคอาหารเป็นพิษควบคู่ไปกับการวิเคราะห์หาสารพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.21.1 แบคทีเรียที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ (Food poisoning bacteria) ที่พบบ่อย ได้แก่

2.21.1.1 *Bacillus cereus*

ทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษชนิดไม่รุนแรง หรืออาจจะไม่แสดงอาการ อาการและระยะฝักตัวคล้ายกับ *Cl.perfringens* อาหารที่พบเชื้อนี้ ได้แก่ ธัญพืช ผัก และวัตถุดิบในการผลิตอาหาร การตรวจพบในปริมาณน้อยกว่า 106 ต่อกรัม

2.21.1.2 *Clostridium botulinum*

มีฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง (Neurotoxin) เมื่อกินอาหารที่เป็นพิษเข้าไป สารพิษจะเข้าสู่กระแสเลือดและไปสู่ระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดอัมพาตของกล้ามเนื้อ ตาพร่า กลืนและพูดลำบาก ระบบการหายใจล้มเหลว และเสียชีวิตจากหัวใจหยุดเต้น ระยะฝักตัวมักเกิดภายใน 6 ชั่วโมง จะปรากฏอาการระหว่าง 12-24 ชั่วโมง หรือนานกว่า ความร้อนที่เหมาะสมสามารถทำลายพิษในอาหารได้ พบมากในอาหารที่อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน เช่น อาหารกระป๋อง อาหารบรรจุภาชนะสุญญากาศ ปลารมควัน ปลาหมึก และเนื้อตากแห้ง

2.21.1.3 *Clostridium perfringens*

เฉพาะสายพันธุ์ที่สร้างพิษ (Enterotoxin) เชื้อจะสร้างพิษในลำไส้ ทำให้เกิดอาการท้องร่วงภายหลังกินอาหารที่มีเชื้อ 106 ต่อกรัมขึ้นไป เกิดอาการภายใน 8-18 ชั่วโมง ผู้ป่วยมีอาการอ่อนเพลีย แต่จะดีขึ้นภายใน 24 ชั่วโมง ผู้ป่วยเด็กอ่อน หรือผู้สูงอายุอาการอาจรุนแรงและเสียชีวิตได้ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำลายสปอร์ได้ 90% (D value) ของเชื้อนี้คือ 30-60 นาที ที่อุณหภูมิ $100^{0}$C มักจะพบในอาหารประเภทเนื้อ ซึ่งใช้ความร้อนไม่สูงนัก

2.21.1.4 *Enteropathogenic Escherichia coli* (EEC)

สาเหตุของอาหารเป็นพิษ ระยะฝักตัว 7-12 ชั่วโมง ทำให้เกิดอาการท้องเสีย ปวดท้อง ปวดศีรษะ อาเจียน มีไข้เล็กน้อย อาการจะหายภายใน 24 ชั่วโมง

2.21.1.5 *Salmonella*

ทำให้เกิดอาการเป็นพิษจะเกิดจากกินอาหารที่มีเชื้อปนอยู่ ระยะฝักตัวของโรค 8-48 ชั่วโมง เกิดอาการคลื่นไส้ ไข้หนาวสั่น ท้องร่วง ผู้ป่วยอาการไม่รุนแรงจะหายภายใน 2-4 วัน แต่ยังตรวจพบเชื้อในลำไส้ของผู้ป่วยเป็นเวลาหลายสัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.21.1.6 *Staphylococcus aureus*

สาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษที่พบได้บ่อย เชื้อจะปนเปื้อนในอาหาร และแบ่งตัวอย่างรวดเร็วเมื่อทิ้งอาหารไว้ที่อุณหภูมิห้อง และจะสร้างสารพิษในอาหาร อาการจะเกิดภายหลังกินอาหารที่มีสารพิษ 1-6 ชั่วโมง สารพิษจะออกฤทธิ์ต่อเยื่อบุลำไส้เล็ก ทำให้คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องร่วง มีไข้เล็กน้อย ผู้ป่วยที่อาการรุนแรงอาจช็อค แต่ส่วนใหญ่อาการจะดีขึ้นภายใน 8-24 ชั่วโมง แม้จะต้มอาหารให้เดือดเป็นเวลานานถึง 30 นาทีก็ไม่สามารถทำลายสารพิษได้

2.21.1.7 *Vibrio cholera*

ทำให้เกิดอหิวาตกโรค พบการติดเชื้อที่ลำไส้เล็ก มีอาการถ่ายอุจจาระเป็นน้ำซาวข้าว อาเจียน ร่างกายสูญเสียน้ำและแร่ธาตุจนทำให้ไตวายได้ อาการจะเกิดภายหลังกินอาหารที่มีเชื้อ12-24 ชั่วโมง

2.21.1.8 *Vibrio parahaemolyticus*

พบในน้ำทะเล และปนเปื้อนในสัตว์ทะเลที่นำมาประกอบอาหาร การสร้างพิษจะเกิดภายหลังรับเชื้อเข้าสู่ร่างกายภายใน 2-48 ชั่วโมง ทำให้เกิดอาการปวดท้อง ท้องร่วง มักคลื่นไส้ อาเจียนร่วมด้วย ผู้ป่วยบางรายอาจมีไข้ต่ำๆและปวดศีรษะ

**2.22 การเกิดและป้องกันโรค**

การรับประทานอาหารร่วมกันของกลุ่มคนจำนวนมากเป็นสาเหตุของการเกิดอาหารเป็นพิษ เช่น การรับประทานอาหารภายในครอบครัว, งานเลี้ยงต่างๆ มักเกิดอาการของโรคโดยเฉียบพลัน พบมากในฤดูร้อนและภาวะเสี่ยงของอาหารที่สงสัยว่ามีสารพิษปนเปื้อน ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ คือ การเก็บอาหารหลังการรับประทานในสภาวะที่ไม่สะอาด มีเชื้อโรคปนเปื้อน กรรมวิธีการผลิตไม่ถูกสุขลักษณะ ตลอดจนสุขลักษณะส่วนบุคคลของผู้ประกอบอาหารและผู้เสิร์ฟอาหาร ดังนั้นการป้องกันการเกิดอาหารเป็นพิษ ควรปฏิบัติดังนี้

1. การใช้ส่วนผสม ภาชนะ อุปกรณ์ ในการประกอบอาหารที่สะอาด
2. หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับอาหารโดยตรง
3. ผู้ประกอบอาหารต้องมีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ ปราศจากโรคติดต่อ และมีสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ดี
4. การจัดเก็บอาหารในที่ปลอดภัยจากสัตว์พาหะนำโรค และเก็บในอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการเพิ่มจำนวนเชื้อโรค
5. การใช้ความร้อนที่เหมาะสมเพียงพอและทั่วถึงในการประกอบอาหาร

(http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=69)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.23ตัวอย่างเชื้อโรคสำคัญและชนิดอาหารที่มักพบว่าก่อให้เกิดอาการป่วย**

2.23.1 *Salmonella*

อาหารที่บริโภคแล้วเกิดอาการพิษ ได้แก่ เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก ไข่ นมดิบ และน้ำ

2.23.2 *Staphylococcus aureus*

อาหารที่บริโภคแล้วเกิดอาการพิษ ได้แก่ เนื้อวัว ไก่ ปลา อาหารทะเลปรุงสุก ขนมจีน นม และผลิตภัณฑ์นมจากวัวและแพะที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ ขนมและอาหารที่ใช้มือหยิบจับโดยตรง

2.23.3 *Clostridium perfringens*

อาหารที่บริโภคแล้วเกิดอาการพิษ ได้แก่ เนื้อวัว ผลิตภัณฑ์ไก่ปรุงสุก อาหารแห้ง เช่น กะปิ

2.23.4 *Clostridium botulinum*

อาหารที่บริโภคแล้วเกิดอาการพิษ ได้แก่ อาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท เช่น อาหารกระป๋องบางชนิด

2.23.5 *Vibrio parahaemolyticus*

อาหารที่บริโภคแล้วเกิดอาการพิษ ได้แก่ อาหารทะเลดิบ เช่น ปลาดิบ กุ้งแช่น้ำปลา

2.23.6 *Vibrio cholera*

อาหารที่มีผู้บริโภคแล้วเกิดอาการพิษ ได้แก่ อาหารทั่วไป

2.23.7 *Bacillus cereus*

อาหารที่บริโภคแล้วเกิดอาการพิษ ได้แก่ อาหารประเภทธัญพืช ผลิตภัณฑ์แป้ง เนื้อสัตว์

2.23.8 *Shigella*

อาหารที่บริโภคแล้วเกิดอาการพิษ ได้แก่ นมและน้ำ

2.23.9 *Enteropathogenic Escherichia Coli*

อาหารที่บริโภคแล้วเกิดอาการพิษ ได้แก่ เนยแข็ง หมู ไก่ และอาหารที่ใช้มือหยิบจับโดยตรง

(http://52010214120g013.blogspot.com/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.3** การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

| ชนิดจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค | วิธีการตรวจวิเคราะห์ |
|---|---|
| 1. *Bacillus cereus* | Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online. U. S. Food and Drug Administration ที่เป็นปัจจุบัน (updated version) หรือวิธีที่มีความถูกต้องเทียบเท่า (or equivalent method) |
| 2. *Clostridium perfringens* | Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online. U. S. Food and Drug Administration ที่เป็นปัจจุบัน (updated version) หรือวิธีที่มีความถูกต้องเทียบเท่า (or equivalent method) |
| 3. *Listeria monocytogenes* | ISO 11290-1: Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal Method for the detection and enumeration of Listeria monocytogenes - Part 1: Detection method ที่เป็นปัจจุบัน (updated version) หรือวิธีที่มีความถูกต้องเทียบเท่า (or equivalent method) |
| 4. *Salmonella* spp. | ISO 6579: Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal Method for Detection of Salmonella spp. ที่เป็นปัจจุบัน ( updated version) หรือวิธีที่มีความถูกต้องเทียบเท่า (or equivalent method) เว้นแต่การตรวจวิเคราะห์น้ำและน้ำแข็ง ให้ใช้วิธี ISO 6340: Water Quality-Detection of Salmonella species ที่เป็นปัจจุบัน (updated version) หรือวิธีที่มีความถูกต้องเทียบเท่า (or equivalent method) |
| 5. *Staphylococcus aureus* | Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online. U. S. Food and Drug Administration ที่เป็นปัจจุบัน (updated version) หรือวิธีที่มีความถูกต้องเทียบเท่า (or equivalent method) เว้นแต่การตรวจวิเคราะห์น้ำและน้ำแข็ง ให้ใช้วิธี Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: American Public Health Association (APHA) ที่เป็นปัจจุบัน ( updated version) หรือวิธีที่มีความถูกต้องเทียบเท่า (or equivalent method) |
| 6. *Enterobacter sakazakii* | ISO/TS 22964: Milk and milk products- Detection of Enterobacter sakazakii ที่เป็นปัจจุบัน (updated version) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.24 การเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์**

การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ต้องเพาะในลักษณะของเชื้อบริสุทธิ์ (pure culture) และเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆที่อยู่ในอาหารก่อน อาหารเลี้ยงเชื้อจะบรรจุอยู่ในภาชนะต่างๆ เช่น จานเลี้ยงเชื้อ ขวด หลอดเลี้ยงเชื้อ หรือ flask

อาหารเลี้ยงเชื้อ (culture medium) หรือมัชฌิม คือ วัตถุหรือสารละลายอาหารที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้เพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ให้เจริญเติบโตซึ่งจะต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อก่อน การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จะเพาะในลักษณะที่เป็นมีเชื้อจุลินทรีย์เพียงชนิดเดียวเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่บรรจุในภาชนะหนึ่งๆ จุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อต้องเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่ obligate parasite สามารถเจริญได้ โดยการรับสารอาหารจากสิ่งมีชีวิตที่มันเบียดเบียนขึ้นอยู่ (living host) เท่านั้น ไม่สามารถใช้อินทรีย์สารที่ไม่มีชีวิตในการเจริญได้ เชื้อบริสุทธิ์ (pure culture) ใช้ในการศึกษาเชื้อทางสัณฐานวิทยา (morphology) การเจริญเติบโต (growth) สรีรวิทยา (physiology) และทางเซรุ่มวิทยา (serology) เพื่อนำข้อมูลต่างๆของเชื้อมาใช้ในการจัดหมวดหมู่ (classification) และศึกษาด้านอื่นๆ หากเชื้อนั้นๆเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic microorganism) กับมนุษย์, สัตว์ หรือพืช สามารถหาวิธีการป้องกันหรือกำจัดโรคได้จากข้อมูลต่างๆที่ศึกษารวบรวมไว้

**2.25 คุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ดี**

2.25.1 มีธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และมีความเข้มข้นที่เหมาะสม
2.25.2 มีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะกับเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปค่า pH จะเป็นกลาง
2.25.3 มีออกซิเจนและความชื้นที่เหมาะสม
2.25.4 เก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสม
2.25.5 ไม่มีสิ่งมีชีวิตอื่นๆปนเปื้อนตลอดการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.26 ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

2.26.1 Non-synthetic media

คือ อาหารที่ไม่ทราบส่วนประกอบเคมีที่แน่นอน ประกอบด้วยสารที่สกัด (extract) ได้จากสัตว์หรือพืช ได้แก่

2.26.1.1 Potato Dextrose Agar (PDA)

เป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของราหลายชนิด โดยเฉพาะราที่ทำให้เกิดโรคแก่พืช (phytopathogenic fungi) และ bacteria บางชนิด มีส่วนผสม ได้แก่ Potato (peeled) 200 กรัม, Dextrose 20 กรัม, Agar 15 กรัม, Distilled water 1000 มิลลิลิตร

เตรียมโดย แบ่งน้ำกลั่นออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 500 มิลลิลิตร หั่นมันฝรั่งเป็นชิ้นเล็กๆ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส นำไปต้มกับน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ส่วนหนึ่งจนมันฝรั่งสุก จากนั้นให้ต้มต่อไปอีกสักครู่หนึ่งแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบางแยกเอาแต่น้ำของมันฝรั่งที่กรองได้ เติม dextrose ลงไปในน้ำมันฝรั่งแล้วต้มจนละลาย นำส่วนผสมทั้งหมดเทรวมกับวุ้นที่ต้มจนละลายแล้วในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตรอีกส่วนหนึ่งมาเทรวมกันแล้วนำไปตั้งไฟคนให้เข้ากัน จากนั้นจึงเติมน้ำกลั่นลงไปแทนที่น้ำที่ระเหยไป เนื่องจากการต้มจนได้ปริมาตรครบ 1000 มิตรลิลิตร

2.26.1.2 Nutrient Agar (NA)

เป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียทั่วๆไป ส่วนผสม ได้แก่ Beef extract 3 กรัม, Peptone 5 กรัม, Agar 15 กรัม, Distilled water 1000 มิลลิลิตร

เตรียมโดย แบ่งน้ำกลั่นออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 500 มิลลิลิตร ละลาย Peptone (สารประกอบโปรตีนหลายๆชนิด มาจากการใช้กรดหรือเอนไซม์ไปย่อยสลายโปรตีนธรรมชาติ) และ beef extract ลงในน้ำส่วนที่หนึ่ง นำน้ำส่วนที่สองไปต้มกับวุ้นละลายดีแล้วนำส่วนผสมทั้งหมดมาเทรวมกัน เติมน้ำกลั่นจนครบ 1000 มิลลิลิตร

2.26.1.3 Malt Agar (MA)

เป็นอาหารที่เหมาะสำหรับเลี้ยงราชั้นสูงที่เป็นสาเหตุทำให้เนื้อไม้ผุพัง (woody decay fungi) ส่วนผสม ได้แก่ Malt extract 25 กรัม, Agar 15 กรัม, Distilled water 1000 มิลลิลิตร

เตรียมโดย ละลาย malt extract ( เมล็ดข้าวบาร์เลย์ที่ปล่อยให้งอกเอามาสกัดทำเป็นผง ) ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตรส่วนที่หนึ่งนำไปต้มพร้อมทั้งคนจนเดือด แล้วเทผสมกับวุ้นที่ต้มจนละลายดีแล้วในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ส่วนที่สองเติมน้ำกลั่นจนครบ 1000 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.26.2 Synthetic media

คือ อาหารเลี้ยงเชื้อที่ทราบส่วนประกอบทางเคมีที่แน่นอน เช่น Czapek's agar, Glucose agar เป็นต้น

2.26.3 Media of sterilized plant tissue

เตรียมโดย นำเนื้อเยื่อของพืช (มันฝรั่ง แครอท ถั่ว และไม้เนื้อแข็ง) ตัดเป็นชิ้นยาวประมาณ 1-2 นิ้ว ขนาดความกว้างแล้วแต่ชนิดของพืชและความเหมาะสมกับขนาดของหลอดเลี้ยงเชื้อ ชิ้นพืชควรเสียบด้วยไม้สั้นๆ ก่อนใส่หลอด เพื่อให้ความชื้นแก่เชื้อราที่ต้องการจะเลี้ยง ใช้สำลีสะอาดอุดปากหลอดก่อนนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ อาหารชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้เพาะเลี้ยงเชื้อรา เพื่อให้มีการสร้างสปอร์ (spore) มากๆ เพราะเชื้อรามักจะสร้างสปอร์บนเนื้อเยื่อของพืชชนิดเดียวกับพืชที่ราทำให้เกิดโรคตามธรรมชาติมากกว่าที่จะสร้างสปอร์บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมขึ้นมา (artificial media)

2.26.4 Differential media

คือ อาหารเลี้ยงเชื้อที่เติมสารพิเศษ เพื่อช่วยให้เชื้อที่ต้องการเจริญได้ดีกว่าเชื้ออีกชนิดหนึ่ง ในกรณีที่มีเชื้อที่ไม่ต้องการ (contaminant) เกิดขึ้น และต้องการแยกเชื้อราออกมาให้ได้เชื้อบริสุทธิ์

2.26.5 Dehydrated media

คือ อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่ทำเป็นผงแห้งและสามารถละลายน้ำได้ สะดวกต่อการใช้งาน เพียงเติมน้ำตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ข้างภาชนะบรรจุ แล้วนำไปเข้ากระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ต่อไป

**2.27 วิธีการบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์**

เมื่อเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเสร็จ ต้องบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อในขวด, หลอดเลี้ยงเชื้อ หรือ flask การบรรจุต้องระมัดระวังไม่ให้อาหารเปื้อนบริเวณปากขวด, ปากหลอด และปาก flask เพื่อป้องกันสำลีเปื้อนอาหารเลี้ยงเชื้อ ถ้าสำลีเปื้อนอาหารเลี้ยงเชื้อจะทำให้อาหารหลังผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเสียง่าย เพราะจุลินทรีย์ในอาหารสามารถเข้าไปในขวด หรือหลอดได้ง่ายขึ้น ดังนั้นในการกรอกอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์จึงมีการใช้ Pipetting machine เพื่อบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อให้ได้รวดเร็วและมีปริมาณที่แน่นอน หรืออาจใช้เข็มฉีดยา (syringe) ขนาดใหญ่ช่วยในการบรรจุอาหารลงในภาชนะปากแคบ อาหารเลี้ยงเชื้อก็จะไหลลงสู่ขวด หรือหลอดทดลองปริมาณมากน้อยตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.28 วิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์**

การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ หมายถึง การทำลายสิ่งที่มีชีวิตต่างๆ ทั้งหมดที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ และการทำลายเชื้อที่ติดอยู่บนจานเลี้ยงเชื้อ (Petri dish), pipet, เครื่องแก้วต่างๆ เข็มเขี่ยเชื้อ โต๊ะปฏิบัติการ และเชื้อโรคในดิน น้ำ หรืออากาศ วิธีการฆ่าเชื้อแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ คือ

2.28.1 วิธีการทางฟิสิกส์

2.28.1.1การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบใช้ความร้อนแห้ง (hot-air sterilization)

การฆ่าเชื้อในตู้อบความร้อน (hot-air sterilization) ที่ใช้กระแสไฟฟ้า ใช้สำหรับฆ่าเชื้ออุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ เช่น จานเลี้ยงเชื้อ, หลอดทดลอง, pipet , flask , beaker จานเลี้ยงเชื้อควรบรรจุอยู่ในกระบอกโลหะที่มิดชิด ส่วนหลอดทดลอง flask และ beaker ต้องปิดปากด้วย aluminum foil เพื่อป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนหลังจากที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว อุณหภูมิที่ใช้คือ 160-180$^{\circ}$C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที อาหารเลี้ยงเชื้อและของเหลวต่างๆไม่สามารถฆ่าเชื้อด้วยวิธีนี้ได้ เพราะของเหลวจะเดือดกลายเป็นไอจนแห้งหมดไป

2.28.1.2การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบใช้ความร้อนชื้นโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอ (autoclave or pressure cooker)

เครื่อง autoclave เป็นการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำเดือดภายใต้สภาพความดัน ความร้อนแฝงที่ได้จากไอน้ำเดือดภายใต้ความดันมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ ทำให้การฆ่าเชื้อได้ประสิทธิภาพที่ดี การฆ่าเชื้อด้วยวิธีนี้เป็นที่นิยมมาก เนื่องจากสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ทุกชนิด ปฏิบัติได้ง่าย สิ้นเปลืองทรัพยากรและค่าใช้จ่ายน้อย ปกตินิยมใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121$^{\circ}$C ความดัน 15 lb/in$^2$ เป็นเวลา 15-20 นาที เวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณและสิ่งของที่นำมาฆ่าเชื้อในแต่ละครั้ง

2.28.1.3ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบใช้เปลวไฟโดยตรง

เป็นการฆ่าเชื้อเครื่องมือขนาดเล็กต่างๆ ในการปฏิบัติงาน เช่น ฆ่าเชื้อที่ปลายเข็มเขี่ยและปากคีบ โดยลนกับเปลวไฟของตะเกียงแอลกอฮอล์จนร้อนแดง

2.28.1.4การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยแสง Ultraviolet (Ultraviolet radiation)

ใช้สำหรับทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศภายในตู้เขี่ยเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.28.2 วิธีการทางเคมี

2.28.2.1การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บนโต๊ะปฏิบัติการและการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดอยู่ภายนอกชิ้นส่วนของพืช

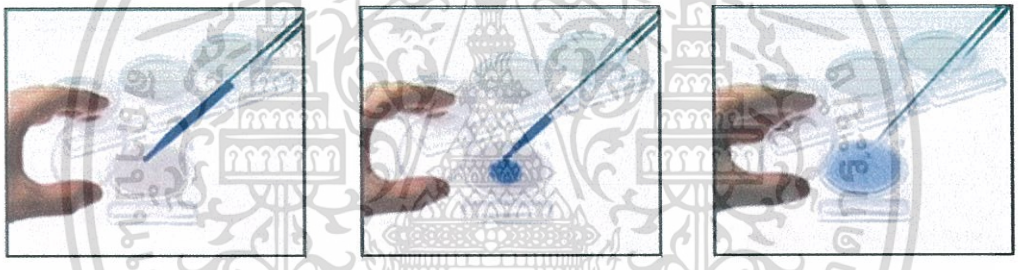
นิยมใช้แอลกอฮอล์เข้มข้น 70% หรือใช้ calcium หรือ sodium hypochlorite 1 กรัมละลายในน้ำ 140 มิลลิลิตร หรืออาจใช้ Clorox ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:10 แทน sodium hypochlorite

2.28.2.2การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยการรมด้วยสารเคมี (fumigation)

วิธีนี้สารเคมีอาจเป็นของแข็งหรือของเหลว เมื่อทำปฏิกิริยากับสารชนิดอื่นหรือเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงขึ้นจะระเหยเป็นแก๊ส กระจายตัวไปฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

**2.29 ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์สำเร็จรูป**

Compact Dry เพลทอาหารสำเร็จรูป เพื่อนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อก่อโรค ยีสต์ รา



**ภาพที่ 2.10** เพลทอาหารสำเร็จรูป Compact Dry

**ที่มา:** http://www.unisys-th.com/page14.php

Compact Dry เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ชนิดสำเร็จรูปแบบแห้ง ใช้งานง่าย แสดงผลได้ชัดเจน เหมาะสำหรับการตรวจตัวอย่างอาหารต่างๆ น้ำ อาหารเลี้ยงสัตว์ เพื่อนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์แบคทีเรีย หรือ ยีสต์และเชื้อรา เพื่อความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิต

เพลท Compact Dry มีลักษณะการใช้งานคล้ายกับเทคนิคการเลี้ยงเชื้อบนจานวุ้น เมื่อหยดสารตัวอย่างเจือจาง 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางเพลท ส่วนที่เป็นของเหลวจะเกิดการดูดซึมแพร่ไปทั่วบริเวณเพลท โดยอาศัยสัญญาณรีด็อก (redox) ในเกลือ tetrazolium ทำให้แบคทีเรียมีการเปลี่ยนแปลงไป สร้างโคโลนีเป็นสีแดง เพื่อนับจำนวนจุลชีพทั้งหมด Total Count วิธีนี้จึงเป็นทางเลือกแทน Standard Plate Count Agar จึงสามารถนับจำนวนจุลินทรีย์ประเมิน aerobic colony counts ในอาหารทุกชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.30 ตัวอย่างและวิธีการทดสอบ**

2.30.1 อาหารเหลว หรือ น้ำ

**หยดสารตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางเพลท (อาจเป็นสารตัวอย่างที่ผ่านการเจือจางความเข้มข้น)**

2.30.2อาหารแข็ง

**ใส่สารละลายบัฟเพอร์ลงบนตัวอย่างอาหารแข็ง และบดละเอียดใน stomacher แล้วหยดสารตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางเพลท (อาจเป็นสารตัวอย่างที่ผ่านการเจือจางความเข้มข้น)**

2.30.3สวอป

**ใช้ไม้สวอปถูพื้นผิวที่ต้องการทดสอบ แล้วใส่ลงในหลอดทดสอบพร้อมเติม wiping solution แล้วหยดสารตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางเพลท (อาจเป็นสารตัวอย่างที่ผ่านการเจือจางความเข้มข้น)**

**2.31 การเพาะเชื้อจุลินทรีย์และวิธีการนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์**

2.31.1 AOAC approval **เพลทตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด**

Compact Dry TC for Total Viable Counts : **บ่มเวลา 48 ชั่วโมง ที่** 35 ± 2 °C **ตรวจนับโคโลนีสีแดงทั้งหมด**

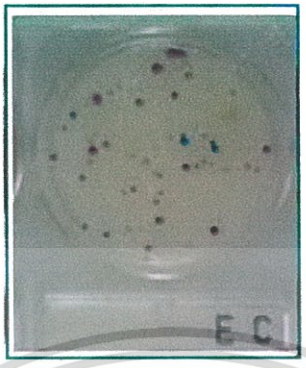
**ภาพที่ 2.11** Compact Dry TC

**ที่มา:** http://www.unisys-th.com/page14.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.31.2 AOAC approval เพลทตรวจเชื้ออีโคไลและโคลิฟอร์ม

Compact Dry EC for Coliform and *E. coli* counts : บ่มเวลา 24 ชั่วโมง ที่ 35 ± 2 °C ตรวจนับโคโลนีสีม่วงแดงเป็น colifrom, สีน้ำเงินเป็น *E. coli*




**ภาพที่ 2.12** Compact Dry EC

**ที่มา:** http://www.unisys-th.com/page14.php

2.31.3AOAC approval เพลทตรวจเชื้อโคลิฟอร์

Compact Dry CF for Coliform : บ่มเวลา 18 – 24 ชั่วโมง ที่ 35 ± 2 °C ตรวจนับโคโลนีสีน้ำเงินเขียวทั้งหมด

**ภาพที่ 2.13** Compact Dry CF

**ที่มา:** http://www.unisys-th.com/page14.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.31.4 AOAC approval เพลทตรวจ เชื้อสแตฟฟีโลค็อกคัส ออเรียส

Compact Dry x-SA for *Staphylococcus aureus* : บ่มเวลา 24 ชั่วโมง ที่ 35 ± 2 °C ตรวจนับโคโลนีที่มีสีเขียวอมฟ้า

**ภาพที่ 2.14** Compact Dry XSA

**ที่มา:** http://www.unisys-th.com/page14.php

2.31.5 เพลทตรวจเชื้อซาลโมเนลลา

Compact Dry SL for *Salmonella* : บ่มเวลา 20 – 24 ชั่วโมง ที่ 41 ± 2 °C พิจารณาสีที่เพลทเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โคโลนีสีเขียวหรือสีดำ

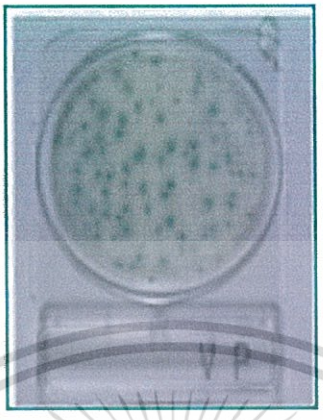
**ภาพที่ 2.15** Compact Dry SL

**ที่มา:** http://www.unisys-th.com/page14.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.31.6 เพลทตรวจเชื้อวิบริโอ พาราเฮโมไลติคัส

Compact Dry VP for *Vibrio parahaemolyticus* : บ่มเวลา 20 – 24 ชั่วโมง ที่ 35 ± 2 °C ตรวจนับโคโลนี สีน้ำเงินเขียวทั้งหมด

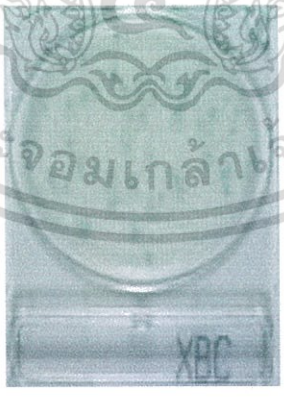



**ภาพที่ 2.16** Compact Dry VP

**ที่มา:** http://www.unisys-th.com/page14.php

2.31.7 Microval Approval เพลทตรวจเชื้อบาซิลลัส ซีเรียส

Compact Dry X-BC for *Bacillus Cereus* : บ่มเวลา 24 ชั่วโมง ที่ 35 ± 2 °C ตรวจนับโคโลนี สีเขียวฟ้าทั้งหมด



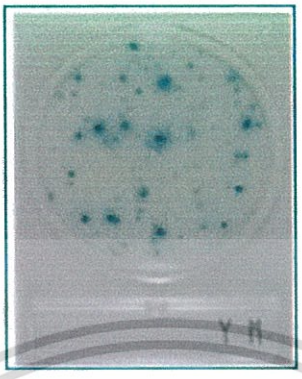

**ภาพที่ 2.17** Compact Dry XBC

**ที่มา:** http://www.unisys-th.com/page14.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.31.8 AOAC approval **เพลทตรวจยีสต์และรา**

Compact Dry YM for Yeast and Mold : **บ่มเวลา** 3 - 7 **วัน ที่** 25 – 30 $^{0}$C **ตรวจนับโคโลนีสีน้ำเงินของยีสต์ และกลุ่มขนาดใหญ่อัดกันแน่นของรา**




**ภาพที่ 2.18** Compact Dry YM

**ที่มา:** http://www.unisys-th.com/page14.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

## 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

### 3.1.1 วัตถุดิบ

ไข่ไก่เบทาโกร เบอร์ 2

ซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ ตราแม็กกี้

### 3.1.2 สารเคมี

น้ำกลั่น

กรดอะซิติก 1 % (Acetic acid)

สารสกัดไคโตซานชนิด polymer type

## 3.2 อุปกรณ์

ชุดปั๊มลมหม้อแรงดันต้นแบบของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.

ผ้าขาวบาง

อุปกรณ์เครื่องแก้ว

ชุดหม้อต้มเตาแม่เหล็กไฟฟ้า Induction Cooker IF-407, Japan

เตาให้ความร้อน Hot Plate Stirrer MSH 300, Germany

เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง Electronic Compact Scale SF-400C, China

เครื่องวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ TDS meter CD-435, bangladesh

เครื่องวัดค่าความเค็ม Digital Salt Check GMK-545A, Korea

เครื่องบดอาหารแบบตั้งโต๊ะ Bag Mixer Interscience 400 P, France

เครื่องกวนสารแบบให้ความร้อน Stirrer Magnetic, Analog MS-20A, 230V, Korea

อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry TC , OSKON , Japan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

3.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของไข่ต้มในการให้ความร้อนที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

3.3.1.1 เตรียมไข่ไก่เบอร์ 2 จำนวน 6 ฟอง ล้างให้สะอาดและเช็ดให้แห้ง

3.3.1.2 ต้มน้ำให้เดือดบนเตาแม่เหล็กไฟฟ้า (induction Cooker) กำลังไฟ 1000 วัตต์ อุณหภูมิน้ำประมาณ 91-93 $^{\circ}$C

3.3.1.3 ต้มไข่ไก่เป็นเวลา 5 , 7 และ 10 นาที ช่วงระยะเวลาละ 2 ฟอง เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของไข่ต้ม ณ เวลาต้มไข่ที่แตกต่างกัน

3.3.2 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไข่ต้มเมื่อผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมโดยไม่ผ่านเปลือกไข่ ณ เวลาต่างกัน

3.3.2.1 นำไข่ไก่มาต้มบนเตาแม่เหล็กไฟฟ้า (induction Cooker) กำลังไฟ 1000 วัตต์ อุณหภูมิน้ำประมาณ 91-93 $^{\circ}$C เป็นเวลา 10 นาที

3.3.2.2 นำไข่ต้มที่ได้จากข้อ 3.3.2.1. มาปอกเปลือกและชั่งน้ำหนัก เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาตรและน้ำหนักซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการอัดด้วยแรงดันลม โดยใช้ปริมาตรเป็น 2 เท่าของน้ำหนักไข่ไก่ทั้งหมด

3.3.2.3 นำซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติมาตรวจวัดค่าความเค็ม (% salt) ด้วยเครื่อง Salt Check GMK-545A และตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solids : TDS) ด้วยเครื่อง TDS meter CD-435 โดยในการตรวจวัดค่าแต่ละครั้งจะใช้ความเข้มข้นของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเป็น 1:10 และ 1:20 ตามลำดับ ก่อนกระบวนการอัดด้วยแรงดันลม

3.3.2.4 นำไข่ไก่ปอกเปลือกและซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่เตรียมได้จากข้อ 3.3.2.2. เข้ากระบวนอัดด้วยแรงดันลมเป็นเวลา 15 และ 30 นาที

3.3.2.5 นำไข่ไก่หลังกระบวนการอัดด้วยแรงดันลม ชั่งน้ำหนักและเก็บในภาชนะปิด เพื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

3.3.2.6 นำซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติหลังกระบวนการอัดด้วยแรงดันลม ชั่งน้ำหนัก , วัดปริมาตร , ตรวจวัดค่าความเค็ม (% salt) ด้วยเครื่อง Salt Check GMK-545A และตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solids : TDS) ด้วยเครื่อง TDS meter CD-435 โดยใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวัดค่าแต่ละครั้งจะใช้ความเข้มข้นของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเป็น 1:10 และ 1:20 ตามลำดับ เพื่อใช้เปรียบเทียบระยะเวลาที่เหมาะสมในการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติต่อไป

3.3.2.7 วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางประสาทสัมผัสทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS version 16 โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดลองด้วย T-Test เพื่อคัดเลือกไข่ต้มอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุด เพื่อใช้ในการทดลองศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป

3.3.3 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไข่ต้มเมื่อผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมโดยผ่านเปลือกไข่ ณ เวลาต่างกัน

3.3.3.1 นำไข่ไก่มาต้มบนเตาแม่เหล็กไฟฟ้า (induction Cooker) กำลังไฟ 1000 วัตต์ อุณหภูมิน้ำประมาณ 91-93 $^{\circ}$C เป็นเวลา 10 นาที

3.3.3.2 นำไข่ต้มที่ได้จากข้อ 3.3.3.1. มาชั่งน้ำหนัก เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาตรและน้ำหนักของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการอัดด้วยแรงดันลม โดยใช้ปริมาตรเป็น 2 เท่าของน้ำหนักไข่ไก่ทั้งหมด

3.3.3.3 นำซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติมาตรวจวัดค่าความเค็ม (% salt) ด้วยเครื่อง Salt Check GMK-545A และตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solids : TDS) ด้วยเครื่อง TDS meter CD-435 โดยในการตรวจวัดค่าแต่ละครั้งจะใช้ความเข้มข้นของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเป็น 1:10 และ 1:20 ตามลำดับ ก่อนกระบวนการอัดด้วยแรงดันลม

3.3.3.4 นำไข่ไก่พร้อมเปลือกและซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่ได้จากข้อ 3.3.3.2. และ 3.3.3.3. เข้ากระบวนอัดด้วยแรงดันลมเป็นเวลา 7 และ 7.30 ชั่วโมง

3.3.3.5 นำไข่ไก่หลังกระบวนการอัดด้วยแรงดันลมชั่งน้ำหนักและเก็บในภาชนะปิดเพื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

3.3.3.6 นำซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติหลังกระบวนการอัดด้วยแรงดันลมชั่งน้ำหนัก , วัดปริมาตร , ตรวจวัดค่าความเค็ม (% salt) ด้วยเครื่อง Salt Check GMK-545A และตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solids : TDS) ด้วยเครื่อง TDS meter CD-435 โดยในการตรวจวัดค่าแต่ละครั้งจะใช้ความเข้มข้นของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเป็น 1:10 และ 1:20 ตามลำดับ เพื่อใช้เปรียบเทียบระยะเวลาที่เหมาะสมในการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติของกลุ่มบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน

3.3.4.1 นำไข่ไก่ที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.3.2. และ 3.3.3. นำไข่มาแบ่งเป็น 6 ชิ้นต่อฟอง จัดเสิร์ฟพร้อมแครกเกอร์รสจืดและน้ำเปล่า โดยใน 1 ชุดการทดสอบจะประกอบด้วยไข่และแครกเกอร์รสจืดอย่างละ 1 ชิ้นพร้อมน้ำเปล่า 1 แก้ว ทำชุดทดสอบ 30 ชุดเท่ากับจำนวนผู้ทดสอบชิม

3.3.4.2 ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 7-point hedonic scale (1 คือ ไม่ชอบมาก และ 7 คือ ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบ ได้แก่ กลิ่นรส , รสเค็มของไข่ต้ม และความชอบโดยรวม เลือกเวลาในการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด เพื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษาในขั้นตอนต่อไป

3.3.5 ศึกษาการเก็บรักษาไข่ต้มอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.3.4. โดยการเคลือบเปลือกไข่ด้วยสารละลายไคโตซาน

3.3.5.1 นำไข่ที่คัดเลือกได้จาก 3.3.3. ที่ใช้เวลาในการอัด 7.30 ชั่วโมง มาเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.75 % โดยการเตรียมสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.75 % ที่มีปริมาตร 600 มิลลิลิตร ทำได้ดังนี้

1. นำกรดอะซิตริก ปริมาตร 7.5 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 592.5 มิลลิลิตร
2. ชั่งไคโตซาน 10.5 กรัม เติมสารละลายกรดอะซิตริก 1 % จำนวน 600 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร ควบคุมพีเอชให้ต่ำกว่า 5
3. ให้ความร้อนด้วยเครื่องกวนสารแบบให้ความร้อน (Stirrer Magnetic) จนถึงอุณหภูมิ 80 $^{\circ}$C และกวนเป็นเวลา 15 ชั่วโมง จะได้สารละลายสีขาวขุ่น แล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง

วิธีการเคลือบทำได้โดยนำไข่ที่คัดเลือกได้จาก 3.3.3. ที่ใช้เวลาในการอัด 7.30 ชั่วโมง มาเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานที่ได้เตรียมไว้ โดยนำไข่ทั้งฟองจุ่มลงในสารละลายไคโตซาน เป็นเวลา 3 นาที นำขึ้นมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนผิวเปลือกไข่แห้ง

3.3.5.2 นำไข่ต้มที่ได้จากข้อ 3.3.5.1. ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-7 $^{\circ}$C เป็นเวลา 9 วัน ทุกๆ 3 วันของการเก็บรักษา จะนำไข่ต้มผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่ทั้งที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน,ไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน และไข่ต้มที่ไม่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติและไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานมาตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ทำได้โดยนำไข่ต้มที่ได้จากข้อ 3.3.5.2. มาปอกเปลือกใส่ถุง Stomacher ใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ sterilized แล้วนำเข้าเครื่อง Bag Mixer Interscience 400 P เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นนำมาทำการเจือจางความเข้มข้นที่ระดับ 1:10 , 1:100 , 1:1000 และ 1:10000 ปิเปตตัวอย่างที่เตรียมได้ที่ระดับความเจือจาง 1:100 , 1:1000 และ 1:10000 ความเจือจางละ 1 มิลลิลิตร ลงบน Compact Dry TC ด้วยวิธี Aseptic technique โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำ Compact Dry TC ไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 °C เวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำ Compact Dry TC มาตรวจนับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปรากฏบน Compact Dry TC ทั้งหมด จดบันทึกเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# ผลการทดลองและวิจารณ์

## 4.1. ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของไข่ต้มในการให้ความร้อนที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

จากการทดลองได้นำไข่ไก่ผ่านการให้ความร้อนโดยการต้มเป็นเวลา 5 , 7 และ 10 นาที เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงหลังผ่านการให้ความร้อนโดยใช้เตาแม่เหล็กไฟฟ้า (Induction Cooker) กำลังไฟ 1000 วัตต์ อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ต้มประมาณ 91 – 93 $^{\circ}$C

หลังผ่านการให้ความร้อนโดยการต้มไข่แดงมีอุณหภูมิต่ำกว่าไข่ขาว โดยอุณหภูมิของไข่แดงอยู่ที่ประมาณ 70 $^{\circ}$C ในขณะที่อุณหภูมิของไข่ขาวอยู่ที่ 80 $^{\circ}$C ซึ่งไข่ขาวจะสุกเร็วกว่าไข่แดงเสมอ เพราะไข่ขาวจะโอบล้อมไข่แดงและสัมผัสกับความร้อนจากน้ำเดือดผ่านเปลือกไข่โดยตรง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ลักษณะปรากฏของไข่ไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนที่เวลาต่างๆ

| เวลาที่ใช้ในการต้ม (นาที) | ลักษณะปรากฏ |
|---|---|
| 5 | ไข่ขาวแข็งตัวเริ่มสุก ในขณะที่ไข่แดงก็ยังกึ่งสุกกึ่งดิบและยังเป็นเหลวอยู่ หรือ "ไข่ลวก" **ภาพที่ 4.1** ไข่ไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา 5 นาที |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

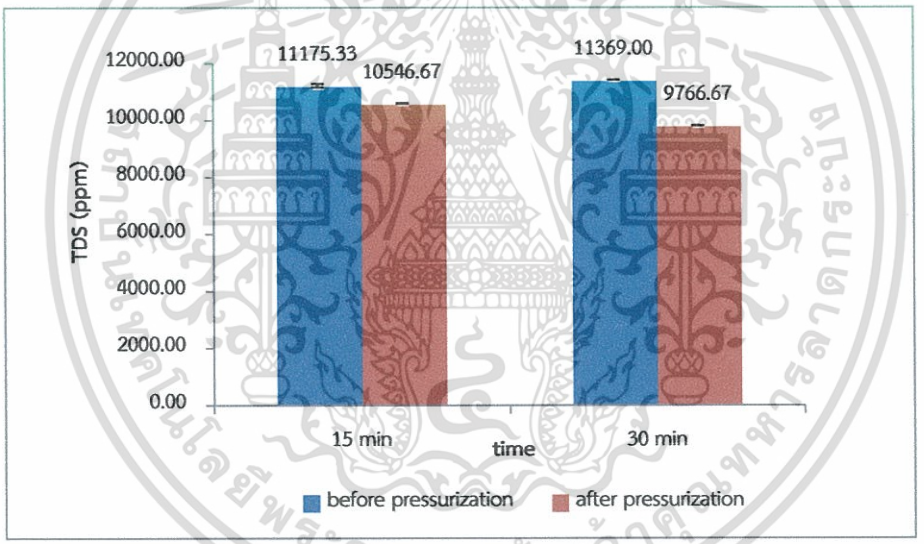
| เวลาที่ใช้ในการต้ม (นาที) | ลักษณะปรากฏ |
|---|---|
| 7 | ไข่ขาวสุกเต็มที่ และไข่แดงก็เกือบจะสุกแล้ว แต่บริเวณกึ่งกลางยังคงเหนียวอยู่เล็กน้อย หรือ "ไข่ต้มยางมะตูม" **ภาพที่ 4.2** ไข่ไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา 7 นาที |
| 10 | ทั้งไข่ขาวและไข่แดงสุกเต็มที่ หรือ "ไข่ต้ม" **ภาพที่ 4.3** ไข่ไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา 10 นาที |

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ไข่ที่ต้มเป็นระยะเวลา 10 นาที มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมที่จะนำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไข่ต้มเมื่อผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมโดยไม่ผ่านเปลือกไข่ ณ เวลาต่างกัน

จากการทดลองศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไข่ต้มเมื่อผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมโดยไม่ผ่านเปลือกไข่ โดยใช้เตาแม่เหล็กไฟฟ้า (Induction Cooker) กำลังไฟ 1000 วัตต์ อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ต้มประมาณ 91 – 93 $^{\circ}$C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไข่ต้มที่ได้ปอกเปลือกแล้วนำไปอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ เป็นเวลา 15 และ 30 นาที โดยทั้งก่อนและหลังกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลม ซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติจะต้องตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solids : TDS) ดังแสดงในภาพที่ 4.4 ค่าความเค็ม (% salt) ดังแสดงในภาพที่ 4.5 โดยในการตรวจจะใช้ความเข้มข้นของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเป็น 1:20 และ 1:10 ตามลำดับ

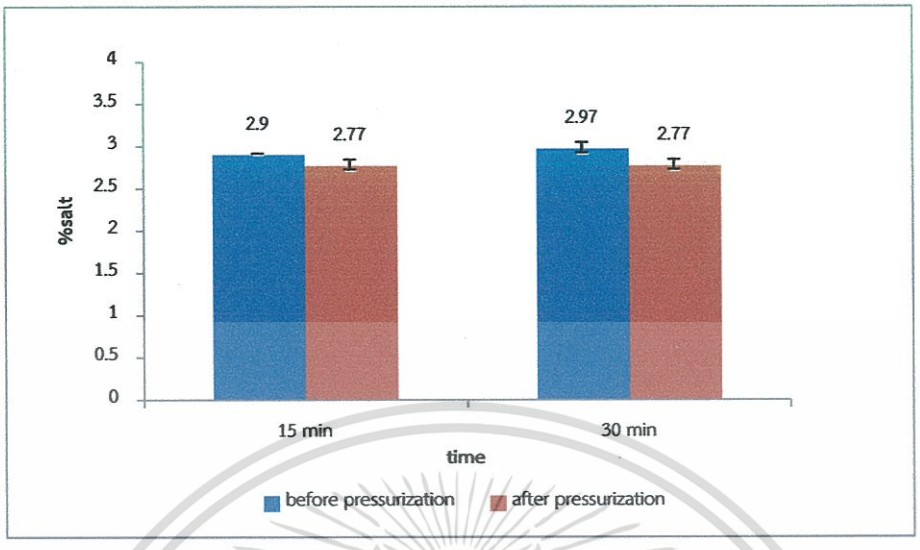



**ภาพที่ 4.4** ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่อัดเป็นระยะเวลา 15 และ 30 นาที

จากการทดลองวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติก่อนและหลังกระบวนการอัดแรงดัน พบว่า ในการอัดแรงดัน 15 นาที ปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ก่อนและหลังมีค่าเฉลี่ย 11175.33 ± 63.53 และ 10546.67 ± 6.51 ppm. ตามลำดับ และในการอัดแรงดัน 30 นาที ปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ก่อนและหลังมีค่าเฉลี่ย 11369.00 ± 3.46 และ 9766.67 ± 6.51 ppm. ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงหลังการอัด เนื่องจากเกิดกระบวนการออสโมซิสของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติผ่านผิวของไข่ขาวเข้าไปถึงไข่แดง




**ภาพที่ 4.5** ค่าความเค็มของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่อัดเป็นระยะเวลา 15 และ 30 นาที

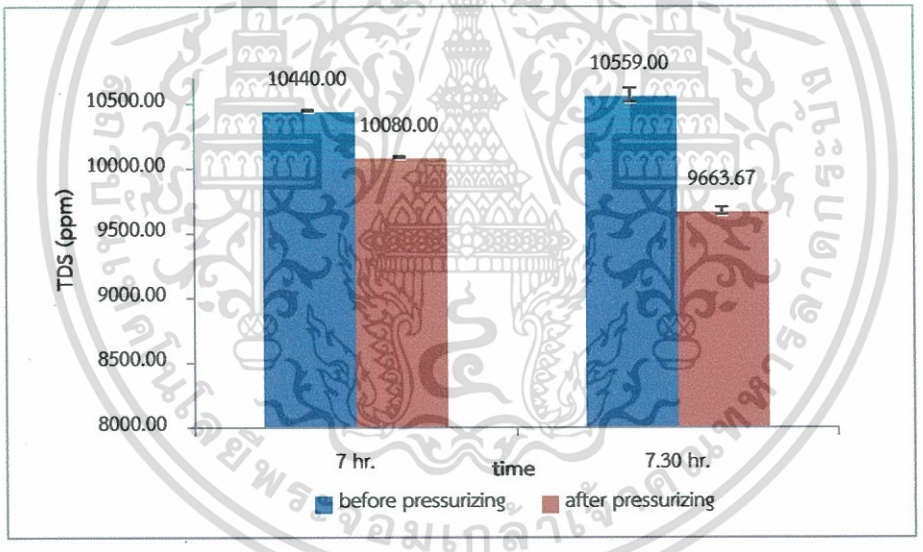
จากการทดลองวัดค่าความเค็มในซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติก่อนและหลังกระบวนการอัดแรงดัน พบว่า ในการอัดแรงดัน 15 นาที ค่าความเค็มก่อนและหลังมีค่าเฉลี่ย 2.9 ± 0 และ 2.77 ± 0.06% ตามลำดับ และในการอัดแรงดัน 30 นาที ค่าความเค็มก่อนและหลังมีค่าเฉลี่ย 2.97 ± 0.06 และ 2.77 ± 0.06% ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ค่าความเค็มในซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงหลังการอัด เนื่องจากเกิดกระบวนการออสโมซิสของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติผ่านผิวของไข่ขาวเข้าไปถึงไข่แดง

ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของประเวทย์ และคณะ (2545). ได้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไข่เค็มโดยอาศัยความดันเป็นกรรมวิธีที่ช่วยลดระยะเวลาในการผลิต ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นของกรรมวิธีแบบเก่าคือไข่เค็มที่ได้มักมีความเค็มไม่สม่ำเสมอเพราะเหตุที่ความเข้มข้นของน้ำเกลือด้านบนและด้านล่างของถังมีความเข้มข้นที่ต่างกันเมื่อเวลาผ่านไปในการผลิต และยังเป็นการสิ้นเปลืองเกลือที่ใช้ในการผลิตเพราะน้ำเกลือที่ใช้ในการผลิตแล้วไม่สามารถกลับมาใช้อีกได้ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงมาก ดังนั้นนวัตกรรมใหม่ในการผลิตไข่เค็มเป็นการผสมผสานกรรมวิธีแบบดั้งเดิม โดยนำเอาข้อดีของกรรมวิธีแบบดั้งเดิมมารวมเข้าด้วยกันรวมเข้ากับการใช้เทคโนโลยีด้านความดัน ซึ่งเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา โดยทำให้ได้ผลผลิตที่มีความสม่ำเสมอของความเค็มของไข่ในแต่ละชุดการผลิตโดยใช้เวลา 2-3 วัน จากกรรมวิธีแบบเดิมที่ต้องใช้เวลาถึง 21 วันทั้งยังสามารถนำน้ำเกลือที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ลดต้นทุนและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต และได้ไข่ที่สะอาดถูกสุขลักษณะ มีคุณภาพและความสม่ำเสมอที่ดีกว่าไข่เค็มที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไข่ต้มเมื่อผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมโดยผ่านเปลือกไข่ ณ เวลาต่างกัน

จากการทดลองศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไข่ต้ม เมื่อผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมโดยผ่านเปลือกไข่ โดยใช้เตาแม่เหล็กไฟฟ้า (Induction Cooker) กำลังไฟ 1000 วัตต์ อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ต้มประมาณ 91 – 93 °C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไข่ต้มที่ได้ไปอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ เป็นเวลา 7 และ 7.30 ชั่วโมง โดยทั้งก่อนและหลังกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลม ซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติจะต้องตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solids : TDS) ดังแสดงในภาพที่ 4.6 ค่าความเค็ม (% salt) ดังแสดงในภาพที่ 4.7 โดยในการตรวจจะใช้ความเข้มข้นของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเป็น 1:20 และ 1:10 ตามลำดับ

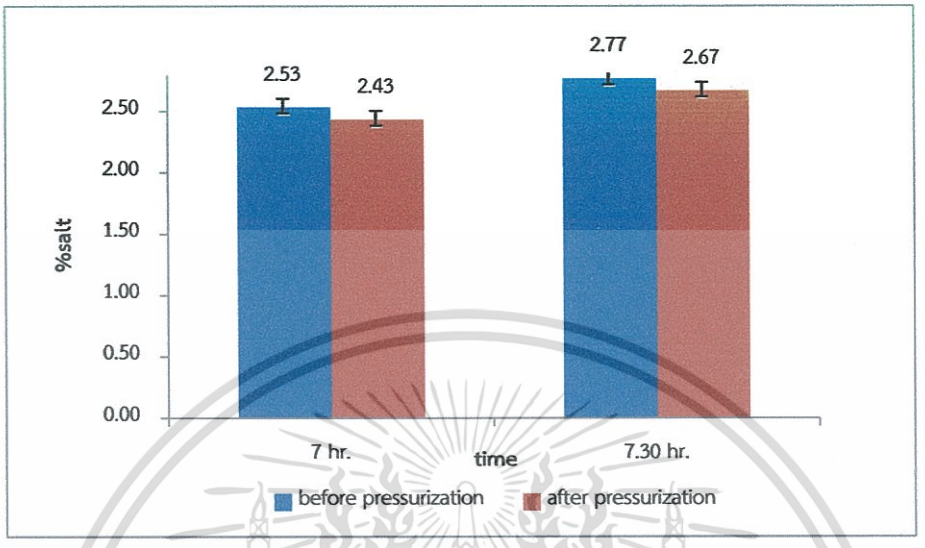



**ภาพที่ 4.6** ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่อัดเป็นระยะเวลา 7 และ 7.30 ชั่วโมง

จากการทดลอง วัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติก่อนและหลังกระบวนการอัดแรงดัน พบว่า ในการอัดแรงดัน 7 ชั่วโมง ปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ก่อนและหลังมีค่าเฉลี่ย 10,440.00 ± 7 และ 10,080.00 ± 7 ppm. ตามลำดับ และในการอัดแรงดัน 7.30 ชั่วโมง ปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ก่อนและหลังมีค่าเฉลี่ย 10559.00 ± 53.78 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9663.67 ± 28.71 ppm. ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ละลายในซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงหลังการอัด เนื่องจากเกิดกระบวนการออสโมซิสของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติผ่านเปลือกไข่



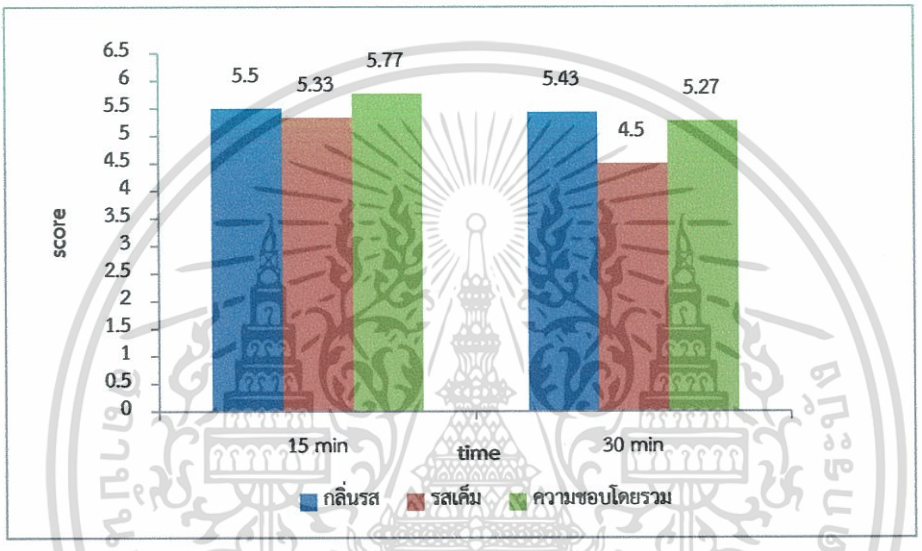

**ภาพที่ 4.7** ค่าความเค็มของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่อัดเป็นระยะเวลา 7 และ 7.30 ชั่วโมง

จากการทดลอง วัดค่าความเค็มในซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติก่อนและหลังกระบวนการอัดแรงดัน พบว่า ในการอัดแรงดัน 7 ชั่วโมง ค่าความเค็มก่อนและหลังมีค่าเฉลี่ย 2.53 ± 0.06 และ 2.43 ± 0.06 % ตามลำดับ และในการอัดแรงดัน 7.30 ชั่วโมง ค่าความเค็มก่อนและหลังมีค่าเฉลี่ย 2.77 ± 0.06 และ 2.67 ± 0.06 % ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ค่าความเค็มในซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงหลังการอัด เนื่องจากเกิดกระบวนการออสโมซิสของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติผ่านเปลือกไข่ ซึ่งจากการทดสอบสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของประเวทย์ และคณะ (2545).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 ศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติของกลุ่มบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน

จากการทดลองนำไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยแรงดันลมโดยไม่ผ่านเปลือกไข่ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสของกลุ่มบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน โดยใช้วิธี 7-point hedonic scale (1 คือ ไม่ชอบมาก และ 7 คือ ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบ ได้แก่ กลิ่นรส , รสเค็มของไข่ต้ม และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบแสดงในภาพที่ 4.8

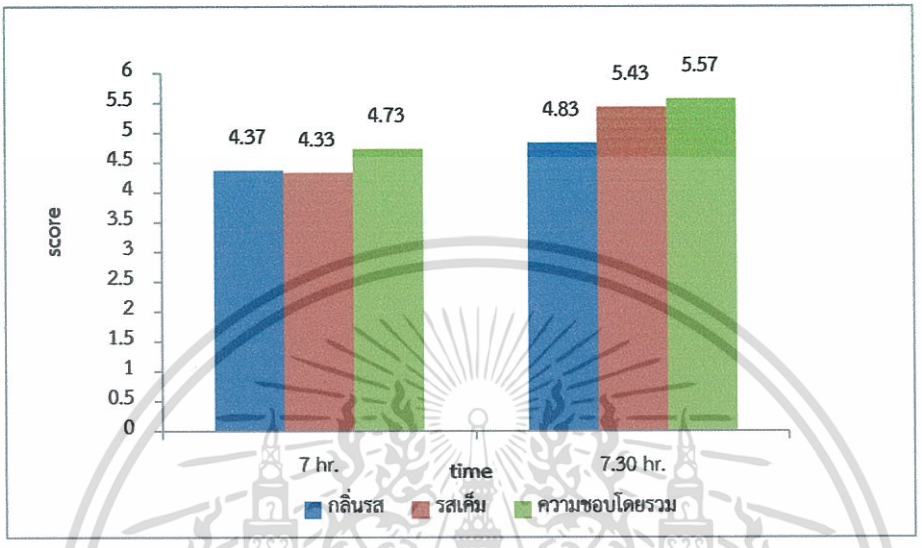



**ภาพที่ 4.8** ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของไข่ต้มปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเป็นระยะเวลา 15 และ 30 นาที

จากการสำรวจผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของกลุ่มบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน ให้ค่าคะแนนความชอบของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมไม่ผ่านเปลือกไข่ในคุณลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสเค็ม และความชอบโดยรวม พบว่า ไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมไม่ผ่านเปลือกไข่เป็นเวลา 15 นาที ให้ค่าคะแนนคุณลักษณะปรากฏเฉลี่ย มากกว่า ไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมไม่ผ่านเปลือกไข่เป็นเวลา 30 นาที (เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยด้วย T-Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองนำไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสของกลุ่มบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน โดยใช้วิธี 7-point hedonic scale (1 คือ ไม่ชอบมาก และ 7 คือ ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบ ได้แก่ กลิ่นรส , รสเค็มของไข่ต้ม และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบแสดงในภาพที่ 4.9




**ภาพที่ 4.9** ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของไข่ต้มไม่ปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติเป็นระยะเวลา 7 และ 7.30 ชั่วโมง

จากการสำรวจผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของกลุ่มบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน ให้ค่าคะแนนความชอบของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่ในคุณลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสเค็ม และความชอบโดยรวม พบว่า ไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่เป็นเวลา 7.30 ชั่วโมง ให้ค่าคะแนนคุณลักษณะปรากฏเฉลี่ย มากกว่า ไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่เป็นเวลา 7 ชั่วโมง (เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยด้วย T-Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.5 ศึกษาการเก็บรักษาไข่ต้มอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันที่ผ่านการเคลือบ, ไม่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน และไข่ต้มปกติ

จากการทดลองศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางชีวภาพของไข่ต้มผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่ทั้งที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน , ไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน และไข่ต้มที่ไม่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติและไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 – 7 $^{\circ}$C เป็นเวลา 9 วัน ในทุกๆ 3 วัน จะนำตัวอย่างมาตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยการนำตัวอย่างมาทำการเจือจางความเข้มข้นที่ระดับ 1:100 , 1:1000 และ 1:10000 ทำการเพาะเชื้อบน Compact Dry TC บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2$^{\circ}$C เวลา 48 ชั่วโมง ผลของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของไข่ไก่ที่ผ่านและไม่ผ่านการเคลือบสารละลายไคโตซาน แสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

**ตารางที่ 4.2** จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ไก่ที่ผ่านการเคลือบสารละลายไคโตซาน

| วันที่ | 1:100 | 1:1000 | 1:10000 |
|---|---|---|---|
| 0 | ND | ND | ND |
| 3 | ND | ND | ND |
| 6 | ND | ND | ND |
| 9 | ND | ND | ND |

หมายเหตุ ND = Non – detection ( ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ )

จากผลการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ภายใต้อุณหภูมิ 4-7 $^{\circ}$C เป็นเวลา 9 วัน พบว่า ในระดับความเจือจางที่ 1:100 , 1:1000 และ 1:10000 จำนวนจุลินทรีย์เฉลี่ยเท่ากับ 0 โคโลนี ตลอดอายุการเก็บรักษา จึงสรุปได้ว่า ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ชยุตพงศ์ (2555). ได้ทำการทดลองนำไข่ไก่มาเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานและนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 $^{\circ}$C ผลที่ได้คือสามารถลดการเจริญของเชื้อ *Salmonella Enteritidis* บนเปลือกไข่ได้ 1 Log CFU /g. ส่วนไข่ไก่ที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C สามารถช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella Enteritidis* ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

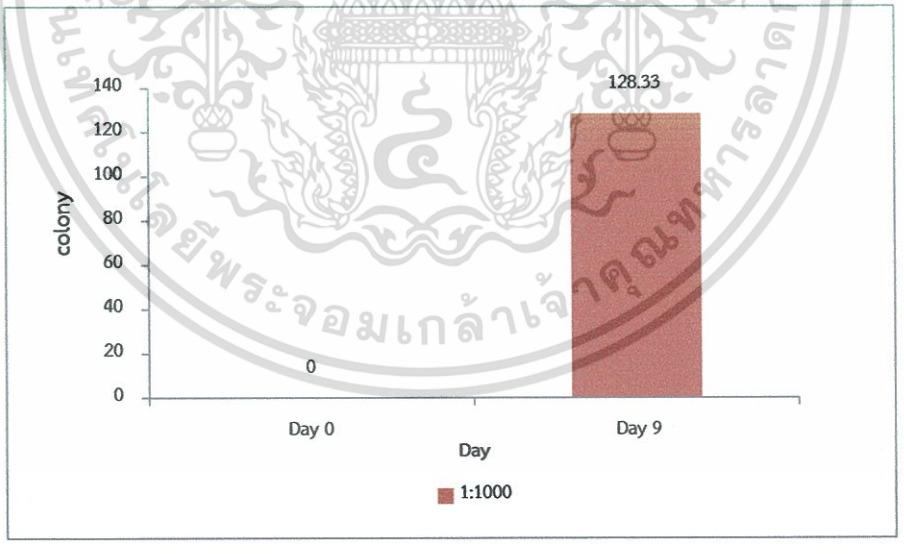
**ตารางที่ 4.3** จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ไก่ที่ไม่ผ่านการเคลือบสารละลายไคโตซาน

| วันที่ | 1:100 | 1:1000 | 1:10000 |
|---|---|---|---|
| 0 | ND | ND | ND |
| 3 | ND | ND | ND |
| 6 | ND | ND | ND |
| 9 | ND | ND | ND |

หมายเหตุ ND = Non – detection ( ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ )

จากผลการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่ที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ภายใต้อุณหภูมิ 4-7 °C เป็นเวลา 9 วัน พบว่า ในระดับความเจือจางที่ 1:100 , 1:1000 และ 1:10000 จำนวนจุลินทรีย์เฉลี่ยเท่ากับ 0 โคโลนี ตลอดอายุการเก็บรักษา จึงสรุปได้ว่า ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

การตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ต้มที่ไม่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติและไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน




**ภาพที่ 4.10** จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ต้มที่ไม่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติและไม่เคลือบสารละลายไคโตซาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ต้มที่ไม่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่และไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ภายใต้อุณหภูมิ 4-7 $^{\circ}$C เป็นเวลา 9 วัน พบว่า ในระดับความเจือจางที่ 1:1000 จำนวนจุลินทรีย์เฉลี่ยเท่ากับ 128.33 โคโลนี

จากผลการทดลองพบว่าไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานและไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานภายใต้อุณหภูมิ 4-7 $^{\circ}$C เป็นเวลา 9 วัน พบว่า ในระดับความเจือจางที่ 1:100 , 1:1000 และ 1:10000 จำนวนจุลินทรีย์เฉลี่ยเท่ากับ 0 โคโลนี ตลอดอายุการเก็บรักษา (ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์) เมื่อเปรียบเทียบกับไข่ต้มที่ไม่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่และไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน พบจำนวนจุลินทรีย์เฉลี่ยเท่ากับ 128.33 โคโลนี ตลอดอายุการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการแปรรูปจากความร้อนร่วมกับการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลม ทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และการเคลือบเปลือกไข่ด้วยด้วยสารละลายไคโตซานหลังผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติมีส่วนช่วยป้องกันหรือลดการเจริญของจุลินทรีย์ได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของไข่ต้ม พบว่า เมื่อนำไข่ไก่ต้มในน้ำเดือดอุณหภูมิประมาณ 91 – 93 °C เป็นเวลา 5 , 7 และ 10 นาที ไข่ไก่ที่ต้ม 10 นาทีขึ้นไป จะทำให้ทั้งไข่ขาวและไข่แดงของไข่ไก่สุกอย่างสมบูรณ์ได้ลักษณะของไข่ต้มที่สมบูรณ์เหมาะสมต่อการนำไปแปรรูปต่อไป

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลม อ้างอิงจากผลการวิเคราะห์ค่าความเค็ม (% salt) และ ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solid : TDS) ของซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการเข้ากระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลม พบว่า ค่าความเค็ม (% salt) และ ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solid : TDS) ที่วิเคราะห์ได้มีค่าลดลงหลังจากผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ เนื่องจากการเกิดกระบวนการออสโมซิสผ่านรูเปลือกไข่เข้าไปบางส่วน ไข่ต้มจึงมีรสเค็มและสีของไข่ขาวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน ๆ โดยความเค็มและสีที่เปลี่ยนไปขึ้นกับเวลาที่ใช้ในการอัดซอสถั่วเหลือง

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางชีวภาพของไข่ต้มหลังผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลม วิเคราะห์โดยการเพาะเชื้อแบบตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดบน Compact Dry TC พบว่า ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ อาจเนื่องมาจากการผ่านความร้อนในช่วงการต้ม และ ปริมาณเกลือที่ละลายในซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่ออสโมซิสผ่านรูเปลือกไข่โดยใช้แรงดันลม ทำให้มีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสำหรับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

จากผลการทดลองการเก็บรักษาไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่ที่ผ่านการเคลือบสารละลายไคโตซาน, ไม่ผ่านการเคลือบสารละลายไคโตซาน และไข่ต้มที่ไม่ผ่านการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติและเคลือบสารละลายไคโตซาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 9 วัน ระหว่างไข่ต้มที่ผ่านการเคลือบและไม่ผ่านการเคลือบสารละลายไคโตซาน พบว่าให้ผลไม่แตกต่างกัน เนื่องจากไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน แต่เมื่อเปรียบเทียบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างไข่ต้มที่ไม่ผ่านการเคลือบสารละลายไคโตซานกับไข่ต้มปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ต้มปกติระหว่างการเก็บรักษามีการเจริญเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ แต่ไข่ต้มที่ไม่ผ่านการเคลือบสารละลายไคโตซานตรวจไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน กระบวนการให้ความร้อนและปริมาณเกลือที่ละลายในซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติออสโมซิสผ่านรูเปลือกไข่มีผลต่อการลดหรือป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ในการเก็บรักษาระยะหนึ่ง

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการทดลองเครื่องอัดแรงดันที่ใช้มีขนาดเล็ก ตัวอย่างที่ได้จึงไม่เพียงพอต่อการทำการทดลองจึงเสียเวลาในการทดลองซ้ำหลายครั้งและส่งผลต่อการศึกษาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ หากเก็บรักษามากกว่า 9 วัน จะต้องทำการทดลองมากกว่า 2 ครั้ง ซึ่งอาจเกิดความคาดเคลื่อนของผลการทดลองได้

5.2.2 จากการทดลองในการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลม ในแต่ละครั้งจะมีการวัดค่าความเค็ม (% salt) และ ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solid : TDS) ก่อนและหลังทำการทดลองซึ่งจะเปลี่ยนซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติใหม่ทุกครั้งหลังการอัดทำให้สิ้นเปลือง หากสามารถนำซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติที่ใช้ในครั้งแรกกลับมาใช้ใหม่และคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้คงที่สม่ำเสมอได้จะเป็นการช่วยลดทรัพยากรลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

กระทรวงการคลัง. 2555. คลินิกภาษีไข่เค็ม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://taxclinic.mof.go.th/products/detail.php?ID=61.

ครูออ. 2555. บีกเกอร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.kru-aor.com/laboratory/beaker.html.

จุรีภรณ์ บุณยวงศ์วิโรจน์. 2537. เชื้อโรคที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=69.

นักข่าวอาสา. 2554. ประชาวิวัฒน์ 1 ใน 9 ข้อ ขายไข่ไก่ชั่งเป็นกิโลฯ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.oknation.net/blog/teetatfarm/2011/01/23/entry-1.

นายชยุตพงศ์ ทองบุญชู. 2555. การลดเชื้อ Salmonella Enteritidis บนเปลือไข่ด้วยไคโตซาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมัก. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นิราวรรณ บุ้งจันทร์. 2556. การทำไข่เค็ม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.l3nr.org/posts/444130.com.

พญ.ปราณี เมืองน้อย. 2553. ประโยชน์จากไข่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.oknation.net/blog/Childrenhospital/2010/04/29/entry-1.

พี่มิ้น. 2006. วิธีแปรรูปและถนอมอาหาร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.kruaklaibaan.com/viewtopic.php?f=10&t=242.

ปศุสัตว์. 2548. ไข่เค็มและวิธีทำไข่เค็ม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://pasusat.com/%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B9%80%E0%B8% 84%E0%B9%87%E0%B8%A1/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2557. ส่วนประกอบที่สำคัญของไข่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://pirun.ku.ac.th/~b521100244/%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B9%88/%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B9%88.html.

รศ.ดร.ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์. 2545. นวัตกรรมใหม่ในการผลิตไข่เค็มโดยอาศัยความดัน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.kmutt.ac.th/rippc/best30.htm.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2014. เรื่องน่ารู้ ไคติน ไคโตซาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.slynboththai.com/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1/%E0%B9%84%E0%B8%84%E0%B9%82%E0%B8%95%E0%B8%8B%E0%B8%B2%E0%B8%99-chitosan%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD-%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%98%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%8A%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%8A%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B6%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%A7%E0%B9%8C%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%94%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%82%E0%B9%87%E0%B8%87.html.

สยามเคมี. 2548. ไคโตซานและไคติน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.siamchemi.com/%E0%B9%84%E0%B8%84%E0%B9%82%E0%B8%95%E0%B8%8B%E0%B8%B2%E0%B8%99/.

อาสาสมัครวิกิพีเดีย. 2557. ไข่(อาหาร). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B9%88_(%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A3).

อุษณา พรรษา. 2555. จุลินทรีย์ในอาหาร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://52010214120g013.blogspot.com/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอส ดับบลิว ฟู้ดเทค. 2557. ความรู้เรื่องไข่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.swfoodtech.co.th/index.php?mo=10&art=176155.

Akyurek, H. and Okur, A.A. 2009. Effect of storage Time, Temperature and Hen Age on Egg Quality in Free-Range Layer Hens. Journal of Animal and Veterinary Advances 8(10):1953-1958. ISSN:1680-5593.

Boonpan, A., Pongswat, S., Pongthai, P. and Saijai S. 2011. The Effect of Chitosan on Quality and Extension of Shelf Life of Tofu. Science and Technology RMUTT Journal, Volume 1 Number 1 : pp. 45 – 57.

Department of Forest Biology Faculty of Forestry. 2536. อาหารเลี้ยงเชื้อและวิธีการฆ่าเชื้อ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/forest/fo27/web/lab2.htm

Eke, M.O., Olaitan, N.I. and Ochefu, J.H. 2013. Effect of Storage Conditions on the Quality Attibutes of Shell (Table) Eggs. Official Journal of Nigerian institute of Food Science and Technology, NIFOJ Vol.31 No.2, page 18-24.

Kowalska, H., & Lenart, A. 2001. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetable. Journal of food engineering, 49, 137-140.

Nimalaratne, C., Schieber, A., Wu, J. 2015. Effects of storage and cooking on the antioxidant capacity of laying hen eggs, Food Chemistry 194, 111–116.

Rahman, M. & J. Lamb. 1990. Osmotic dehydration of pineapple. Journal of Food Science and Technology. 27, 150-152.

Raoult-Wack, A. L. (1994). Recent advances in the osmotic dehydration foods. Trend Food Sci. Tech, 5, 255-260.

Sherwood. 2010. กระบวนการออสโมซิส. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://fat.surin.rmuti.ac.th/teacher/songchai/cell%20web/osmosis.htm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

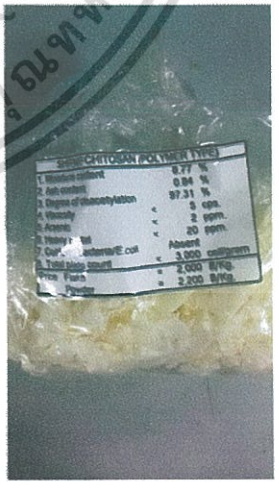
# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

## ก.1 วัตถุดิบและสารเคมี

**ภาพที่ ก.1** ไข่ไก่เบทาโกร เบอร์ 2

**ภาพที่ ก.2** ซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ ตราแม็กกี้

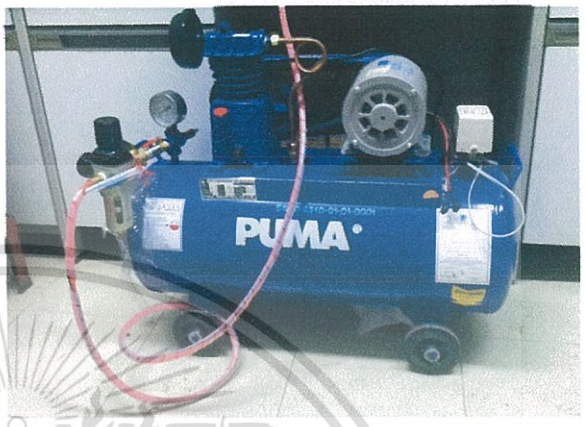
**ภาพที่ ก.3** กรดอะซิติก (Acetic acid)



**ภาพที่ ก.4** สารสกัดไคโตซาน polymer type

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

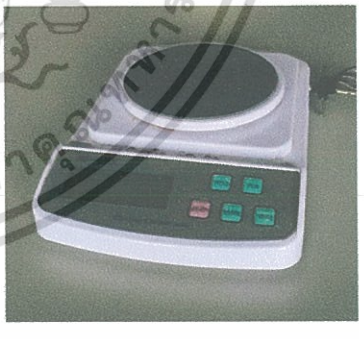
## ก.2 อุปกรณ์




**ภาพที่ ก.5** ชุดปั๊มลมหม้อแรงดันต้นแบบของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สลจ.

**ภาพที่ ก.6** ชุดหม้อต้มเตาแม่เหล็กไฟฟ้า

Induction Cooker IF-407



**ภาพที่ ก.7** เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง

Electronic Compact Scale SF-400C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ ก.8** เครื่องวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

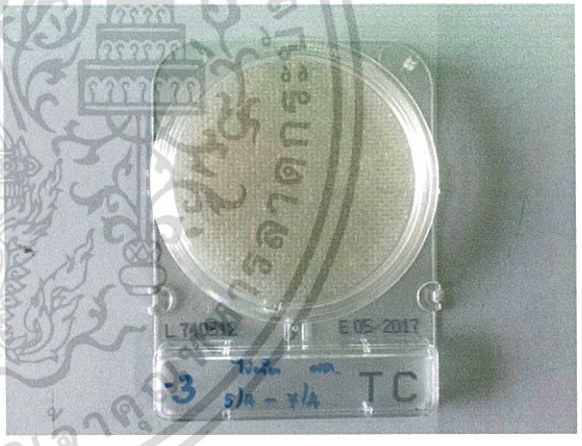
TDS meter CD-435TDS meter

**ภาพที่ ก.9** เครื่องวัดค่าความเค็ม

Digital Salt Check GMK-545A

**ภาพที่ ก.10** เครื่องบดอาหารแบบตั้งโต๊ะ

Bag Mixer Interscience 400 P




**ภาพที่ ก.11** อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป

Compact Dry TC, OSKON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ ก.12** เครื่องกวนสารละลายแบบให้ความร้อน

Stirrer Magnetic, Analog MS-20A, 230V, Korea

## ก.3 ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

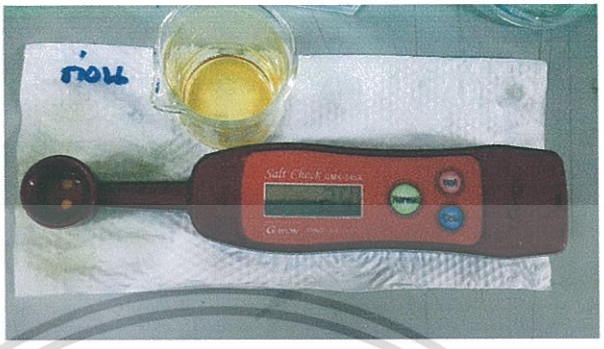
1. ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของไข่ต้มในการให้ความร้อนที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

**ภาพที่ ก.13** การต้มไข่ไก่บนเตาแม่เหล็กไฟฟ้า (induction Cooker) กำลังไฟ 1000 วัตต์

อุณหภูมิน้ำประมาณ 91-93 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

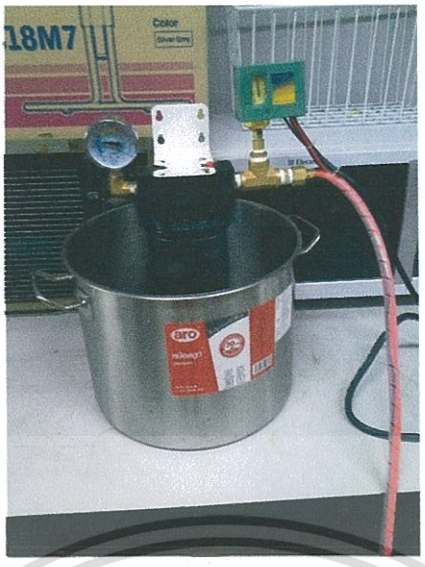
**2. ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไข่ต้ม เมื่อผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมโดยผ่านและไม่ผ่านเปลือกไข่ ณ เวลาต่างกัน**




**ภาพที่ ก.14** การตรวจวัดค่าความเค็ม (% salt) ด้วยเครื่อง Digital Salt Check GMK-545A

**ภาพที่ ก.15** การตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solids : TDS) ด้วยเครื่อง TDS meter CD-435

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาพที่ ก.16** ระหว่างกระบวนอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลม

3. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติของกลุ่มบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน

**ภาพที่ ก.17** การทดสอบประสาทสัมผัสของกลุ่มบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4. ศึกษาการเก็บรักษาไข่ต้มอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันที่ผ่านการเคลือบ, ไม่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน และไข่ต้มปกติ**

**ภาพที่ ก.18** การละลายสารไคโตซานด้วยเครื่องกวนสารละลายแบบให้ความร้อน

Stirrer Magnetic, Analog MS-20A, 230V, Korea

**ภาพที่ ก.19** การเคลือบสารละลายไคโตซานบนเปลือกไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5. ศึกษาการเก็บรักษาไข่ต้มอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันที่ผ่านการเคลือบ, ไม่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน และไข่ต้มปกติ**

**ภาพที่ ก.20** วิธีการถ่ายตัวอย่างลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry TC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

# การทดสอบทางประสาทสัมผัส

## ข.1 รูปแบบเอกสารการสอบถามวิธีการให้คะแนนความชอบ

**แบบสอบถามวิธีการให้คะแนนความชอบ**

**ผลิตภัณฑ์** : ไข่ต้มอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลม วันที่.....

ผู้ทดสอบ..... สาขา..... ปี.....

**คำแนะนำ** : กรุณาทดสอบตัวอย่างทั้ง 2 ตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบตามที่ท่านรู้สึกให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง (กรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง)

สเกลความชอบ : 1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบปานกลาง 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

4 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 5 = ชอบเล็กน้อย 6 = ชอบปานกลาง

7 = ชอบมาก

| ปัจจัยคุณภาพ | รหัส | |
|---|---|---|
| | ..... | ..... |
| กลิ่นรส | | |
| รสเค็มของไข่ต้ม | | |
| ความชอบโดยรวม | | |

**ข้อเสนอแนะ**

.....

.....

.....

**ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

# ผลการวิเคราะห์ทางสถิต

**ตารางที่ ค.1** ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรสของไข่ต้มปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.067 | 1 | 0.067 | 0.048 | 0.828 |
| Within Groups | 80.867 | 58 | 1.394 | | |
| Total | 80.933 | 59 | | | |

**ตารางที่ ค.2** ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเค็มของไข่ต้มปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 10.417 | 1 | 10.417 | 4.789 | 0.033 |
| Within Groups | 126.167 | 58 | 2.175 | | |
| Total | 136.583 | 59 | | | |

**ตารางที่ ค.3** ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบโดยรวมของไข่ต้มปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 3.750 | 1 | 3.750 | 4.086 | 0.048 |
| Within Groups | 53.233 | 58 | 0.918 | | |
| Total | 56.983 | 59 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค.4** ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรสของไข่ต้มไม่ปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 3.267 | 1 | 3.267 | 1.951 | 0.168 |
| Within Groups | 97.133 | 58 | 1.675 | | |
| Total | 100.400 | 59 | | | |

**ตารางที่ ค.5** ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเค็มของไข่ต้มไม่ปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 18.150 | 1 | 18.150 | 7.739 | 0.007 |
| Within Groups | 136.033 | 58 | 2.345 | | |
| Total | 154.183 | 59 | | | |

**ตารางที่ ค.6** ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบโดยรวมของไข่ต้มไม่ปอกเปลือกที่ผ่านกระบวนการอัดด้วยซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติ

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 10.417 | 1 | 10.417 | 6.926 | 0.011 |
| Within Groups | 87.233 | 58 | 1.504 | | |
| Total | 97.650 | 59 | | | |

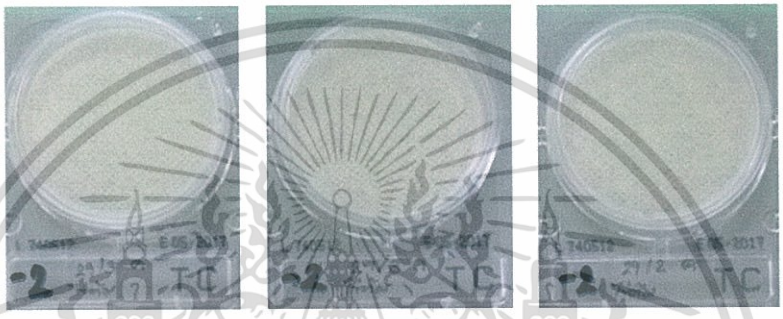
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง

# ผลการทดลองการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

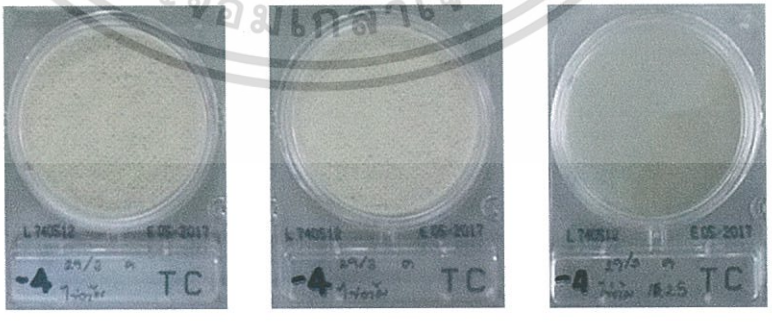
## ง.1 ผลการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ภายใต้อุณหภูมิ 4-7 °C เป็นระยะเวลา 9 วัน

วันที่ 0



**ภาพที่ ง.1** ระดับความเจือจางที่1:100ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่0

**ภาพที่ง.2**ระดับความเจือจางที่1:1000ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่ 0



**ภาพที่ง.3**ระดับความเจือจางที่1:10000ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 3

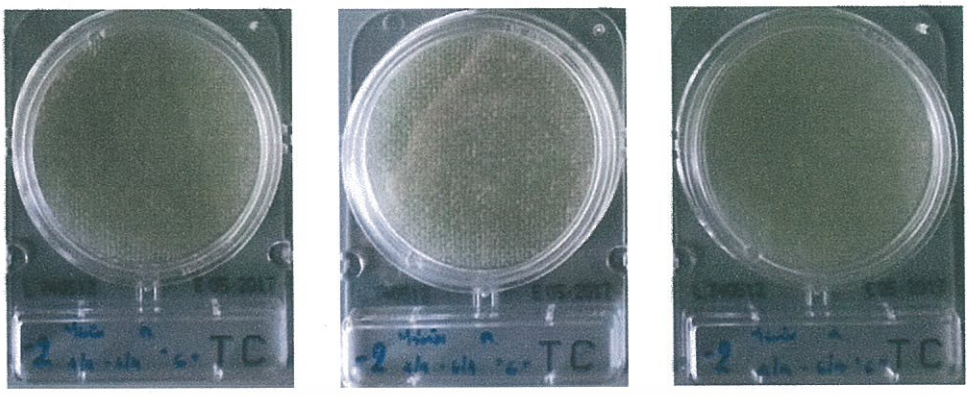
**ภาพที่ ง.4** ระดับความเจือจางที่1:100ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่3

**ภาพที่ง.5** ระดับความเจือจางที่1:1000ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่3

**ภาพที่ง.6**ระดับความเจือจางที่1:10000ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 6



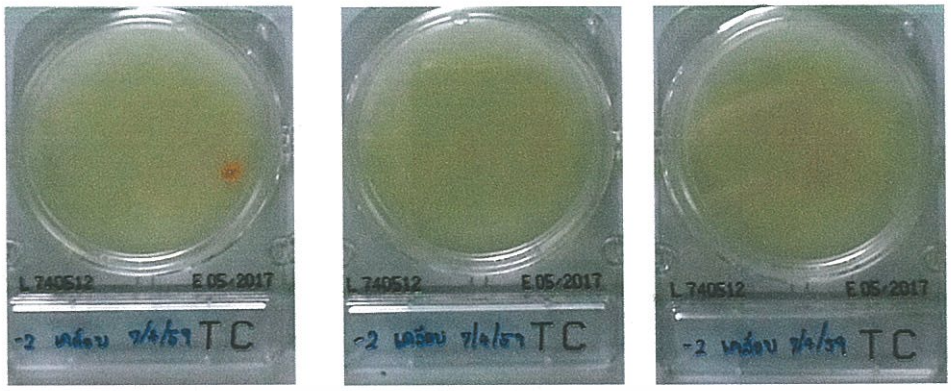
**ภาพที่ ง.7** ระดับความเจือจางที่1:100**ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่6**

**ภาพที่ ง.8ระดับความเจือจางที่1:1000ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่6**

**ภาพที่ง.9ระดับความเจือจางที่1:10000ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่6**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 9



**ภาพที่ ง.10**ระดับความเจือจางที่1:100ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่9

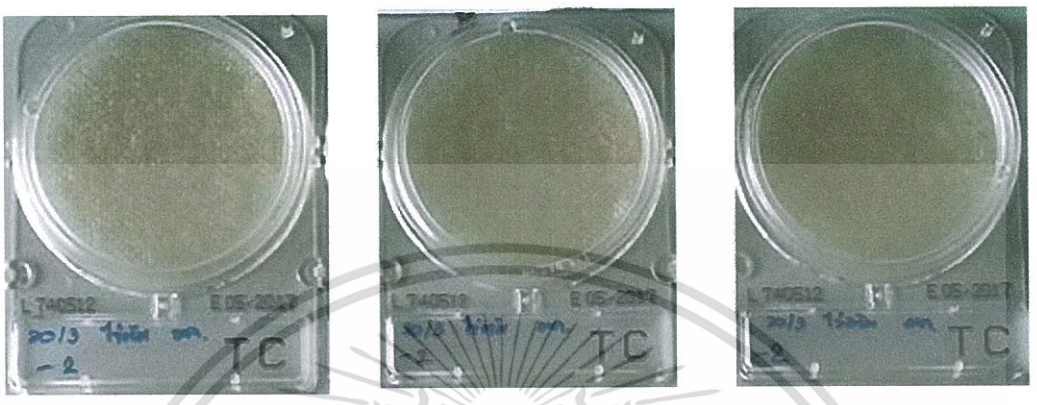
**ภาพที่ง.11**ระดับความเจือจางที่1:1000ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่9

**ภาพที่ง.12**ระดับความเจือจางที่1:10000ของไข่ต้มอัดแรงดันที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ง.2 ผลการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ต้มที่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองหมักธรรมชาติด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่ที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ภายใต้อุณหภูมิ 4-7 °C เป็นระยะเวลา 9 วัน**

วันที่ 0



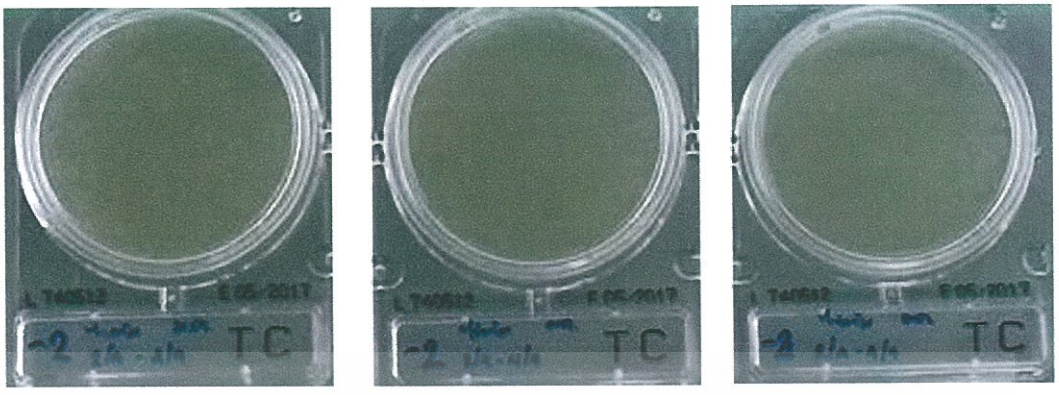
**ภาพที่ง.13**ระดับความเจือจางที่1:100ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่0

**ภาพที่ง.14**ระดับความเจือจางที่1:1000ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่0

**ภาพที่ง.15**ระดับความเจือจางที่1:10000ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 3



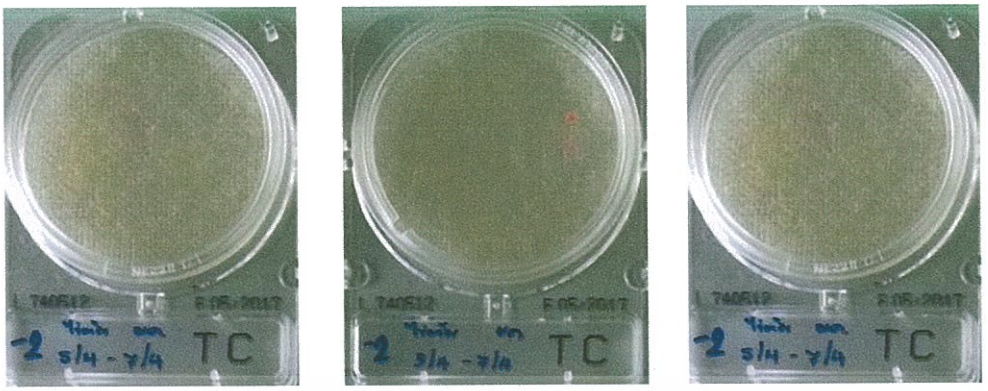
**ภาพที่ง.16**ระดับความเจือจางที่1:100ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน**วันที่3**

**ภาพที่ง.17**ระดับความเจือจางที่1:1000ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่3

**ภาพที่ง.18**ระดับความเจือจางที่1:10000ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่3

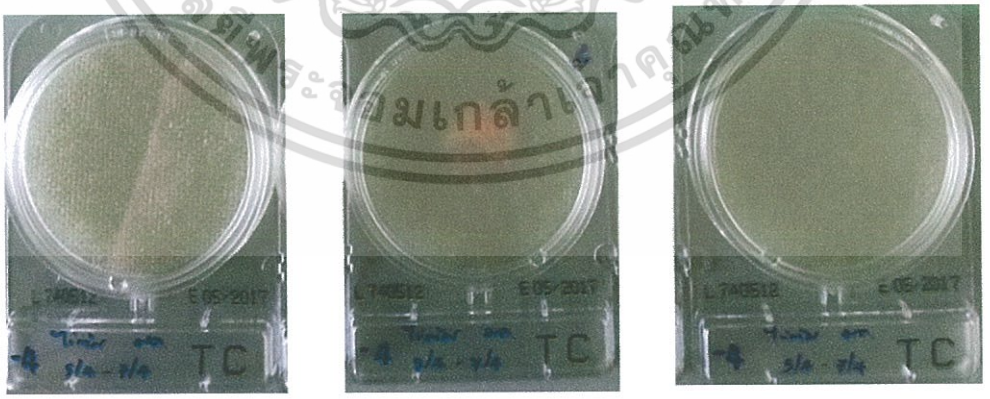
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 6



**ภาพที่ง.19**ระดับความเจือจางที่1:100ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่6

**ภาพที่ง.20**ระดับความเจือจางที่1:1000ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่6



**ภาพที่ง.21**ระดับความเจือจางที่1:10000ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 9

**ภาพที่ง.22**ระดับความเจือจางที่1:100ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่9

**ภาพที่ง.23**ระดับความเจือจางที่1:1000ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่9

**ภาพที่ง.24**ระดับความเจือจางที่1:10000ของไข่ต้มอัดแรงดันไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานวันที่9

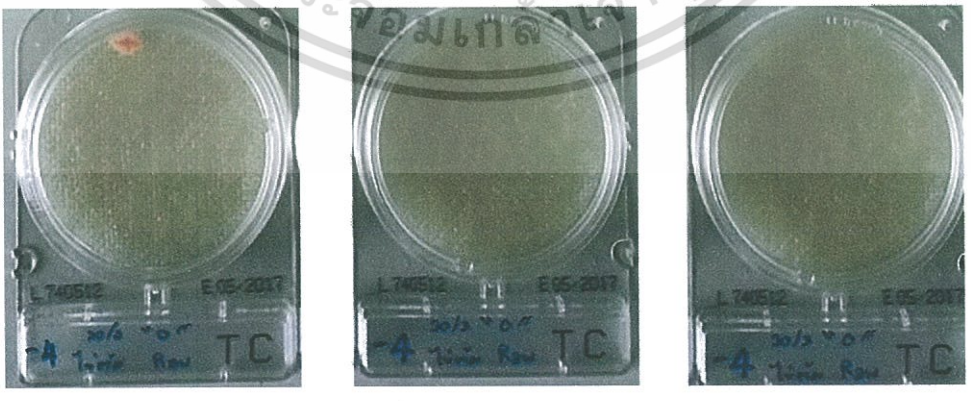
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ง.3 ผลการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ต้มที่ไม่ผ่านกระบวนการอัดซอสถั่วเหลืองด้วยแรงดันลมผ่านเปลือกไข่และไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน (ไข่ต้มปรกติ) ภายใต้อุณหภูมิ 4-7 °C เป็นระยะเวลา 9 วัน**

วันที่ 0

**ภาพที่ ง.25** ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 0

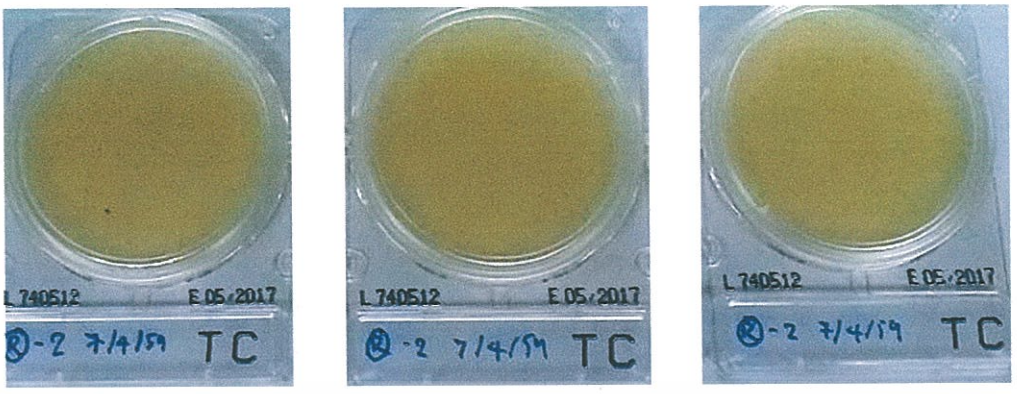
**ภาพที่ ง.26** ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 0



**ภาพที่ ง.27** ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 9




**ภาพที่ ง.28 ระดับความเจือจางที่ 1:100 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 9**

**ภาพที่ ง.29 ระดับความเจือจางที่ 1:1000 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 9**

**ภาพที่ ง.30 ระดับความเจือจางที่ 1:10000 ของไข่ต้มปรกติวันที่ 9**

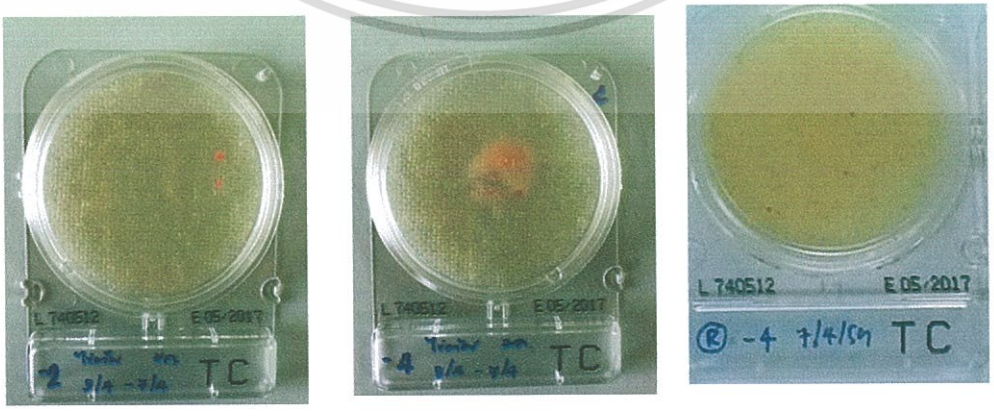
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ง.4 อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry TC

**ภาพที่ ง.31** ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry TC

**ภาพที่ ง.32** ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry TC หลังบ่ม

ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์




**ภาพที่ ง.33** ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry TC หลังบ่ม พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาวกนกกร ขำแจง |
| วัน เดือน ปี เกิด | 26 ตุลาคม 2535 |
| ประวัติการศึกษา | - สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนสุรนารีวิทยา ในปี พ.ศ. 2554<br>- สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2559 |
| ประสบการณ์การทำงาน และผลงานวิจัย | ฝึกงานที่บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) ในสายงานฝ่ายผลิต ตำแหน่งผู้ช่วยฝ่ายผลิต |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาวชุตินาถ คงเลิศมงคล |
| วัน เดือน ปี เกิด | 17 กันยายน 2536 |
| ประวัติการศึกษา | - สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนบางกะปิ ในปี พ.ศ. 2555<br>- สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2559 |
| ประสบการณ์การทำงาน และผลงานวิจัย | ฝึกงานที่บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) ในสายงานฝ่ายผลิต ตำแหน่งผู้ช่วยฝ่ายผลิต |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาวณัฐธิดา หลายซู่ไทย |
| วัน เดือน ปี เกิด | 20 สิงหาคม 2536 |
| ประวัติการศึกษา | - สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนพระมารดานิจจานุเคราะห์ ในปี พ.ศ. 2555<br>- สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2559 |
| ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย | ฝึกงานที่บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) ในสายงานฝ่ายผลิต ตำแหน่งผู้ช่วยฝ่ายผลิต |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้