



รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ถนอมอาหารไข่ดอง

Product Development of Pickled Egg

คณะผู้วิจัย

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. นางสาวสวรักษ์ | จันทร์เทพธิมากุล |
| 2. นางสาวสุกัญญา | วิชชุกิจ |

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณรายได้สะสม ปี พ.ศ. 2554

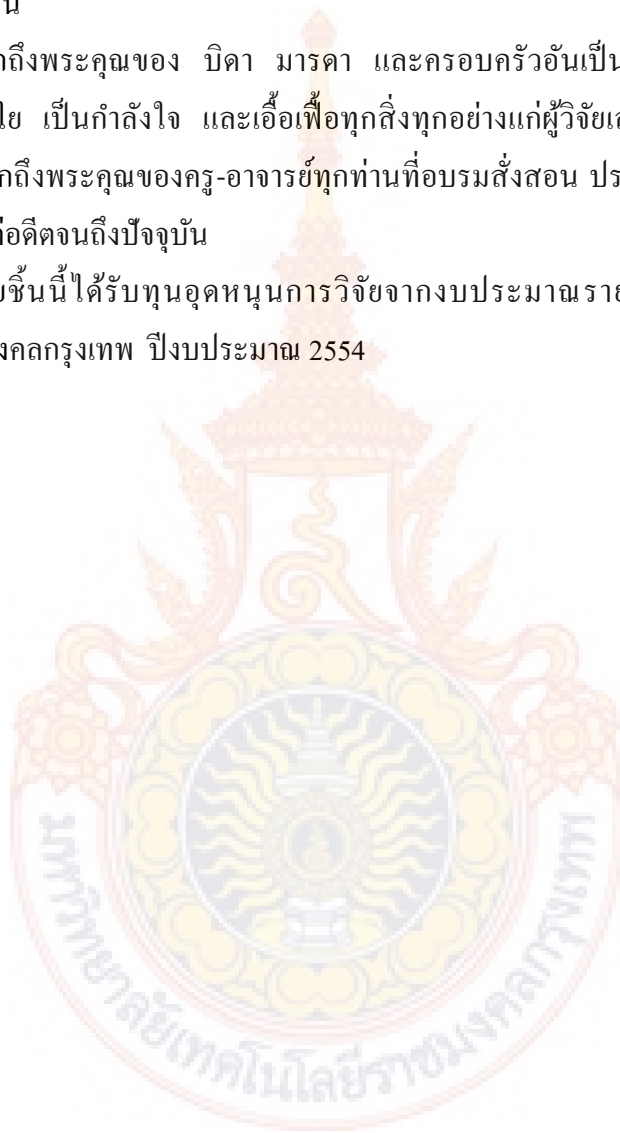
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ท่านอธิการบดี รองอธิการบดี ผู้ช่วยอธิการบดี คณบดี หัวหน้าภาค หัวหน้าสาขา คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในดำเนินงาน การทดลอง และเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้

ขอระลึกถึงพระคุณของ บิดา มารดา และครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่งของผู้วิจัย ที่ได้ช่วยเหลือ ห่วงใย เป็นกำลังใจ และเอื้อเฟื้อทุกสิ่งทุกอย่างแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ตลอดจนขอระลึกถึงพระคุณของครู-อาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้วิจัยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้สะสม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ปีงบประมาณ 2554



บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดง มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรพื้นฐานของสารละลายน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมกับการดองและพัฒนาสูตรไข่แดงให้มีสี กลิ่นรสที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การทดลองเริ่มจากการพัฒนาสูตรน้ำดองพื้นฐานที่เหมาะสมกับการดอง จากนั้นนำน้ำดองมาพัฒนาด้านกลิ่นรสและสี พบว่าสูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด คือสูตรที่มีสัดส่วนน้ำส้มสายชู 18.21% เกลือ 1.62% น้ำตาล 6.48% และน้ำเปล่า 73.68% ในการพัฒนากลิ่นรสและสีพบว่าพริกให้กลิ่นรสดี และอัญชันให้สีสวย เมื่อนำไข่แดงจากทั้งสูตรพื้นฐานและสูตรปรุงแต่งมาทดสอบสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา และความชอบของผู้บริโภค พบว่าเมื่อระยะเวลาการดองเพิ่มขึ้น ทั้งไข่ขาวและไข่แดงมีความแข็งมากขึ้น ค่าความเป็นกรดและปริมาณกรดอะซิติกในไข่แดงและไข่ขาวมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในช่วง 14 วันแรก ก่อนเข้าสู่ภาวะสมดุล ไข่ขาวมีสีคล้ำลงโดยเฉพาะเมื่อโดนอิทธิพลสีน้ำเงินจากอัญชัน ไข่แดงที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์

คำสำคัญ : พัฒนาผลิตภัณฑ์ ถนอมอาหาร ไข่ ดอง



Abstract

The development of pickled eggs was aimed to obtain a basic vinegar solution suitable for pickling and to obtain a modified pickling solution that was acceptable in color and flavor by consumers. The experiment began with the development of the basic vinegar solution. Then, the solution was further developed in term of flavor and color improvements. The most preferred basic solution consisted of 18.21% of vinegar, 1.62% of salt, 6.48% of sugar and 73.68% of water. For the flavor and color improvements, blue pea flower contributed nice color and chili contributed nice flavor to the pickled eggs. The pickled eggs from both basic solution and modified solution were evaluated for physical chemical and microbial properties including consumer acceptance during 28 days of storage. The hardness of both egg white and egg yolk increased directly with the storage time. pH values and acetic acid amount of both egg white and egg yolk changed rapidly during the first 14 days of storage before reaching the equilibrium status. Egg white tended to lose the brightness especially the one in the modified solution. The blue pigment from blue pea flower had a vast influence on the color of egg white. The pickled eggs were acceptable to consumers and their microbial amounts were within the safety limits.

keywords : product development, food preservation, egg, pickle

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

บทที่ 1	บทนำ	1
1.1	ความสำคัญและที่มา	1
1.2	วัตถุประสงค์	2
1.3	ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4	วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	การทบทวนวรรณกรรม	4
2.1	ไข่	4
2.2	การถนอมอาหารโดยการดอง	13
2.3	การศึกษาสมบัติของอาหาร	18
2.4	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
2.5	สิทธิบัตร	34
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	35
3.1	วัสดุและอุปกรณ์	35
3.2	วิธีการทดลอง	36
บทที่ 4	ผลการวิจัยและวิจารณ์	44
4.1	การพัฒนาสูตรพื้นฐานของน้ำดอง	44
4.2	การพัฒนาสีและกลิ่นรสของไข่ดอง	45
4.3	การทดลองสูตรปรุงแต่ง	46
4.4	ศึกษากุณสมบัติของไข่ดองตลอดระยะเวลาการดอง	46
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	60
5.1	สรุปผลการวิจัย	60
5.2	ข้อเสนอแนะ	60

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก ตาราง R-index	64
ภาคผนวก ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ไข่น้ำ	65



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	สารประกอบไนโตรเจน ไนโตรเจน เปลือกไข่และไข่ทั้งเปลือก.....7
2.2	สัดส่วนของสารที่ใช้พอกและแซ่ไข่เปิด 100 ฟอง หรือไข่นกกระทา 150 ฟอง เพื่อทำไข่เยี่ยวม้า.....9
3.1	สัดส่วนของสารละลายน้ำดองสูตรพื้นฐาน37
3.2	สัดส่วนของสารละลายน้ำดองสูตรปรุงแต่ง40
4.1	ตารางเปรียบเทียบระหว่างสูตรค่า R-index ด้านความชอบของผู้บริโภค สูตรพื้นฐาน44
4.2	ตารางเปรียบเทียบระหว่างสูตรค่า R-index ด้านความชอบของผู้บริโภค สูตรปรุงแต่ง46
4.3	ค่า L^* , a^* , b^* ของไข่สูตรพื้นฐาน48
4.4	ค่า L^* , a^* , b^* ของไข่ดองสูตรปรุงแต่ง.....50
4.5	แสดงปริมาณโปรตีนไข่ดองสูตรพื้นฐาน53
4.6	แสดงปริมาณโปรตีนไข่ดองสูตรปรุงแต่ง54
4.7	แสดงจำนวนจุลินทรีย์ในไข่สูตรพื้นฐาน.....58
4.8	แสดงจำนวนจุลินทรีย์ในไข่สูตรปรุงแต่ง.....58
4.9	แสดงค่าเฉลี่ยความชอบของในแต่ละระยะเวลาการดอง59
ก1	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ที่นัยสำคัญต่าง ๆ โดยค่าที่แสดงในตาราง เป็นค่าที่เกิน 50%.....64

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างไข้ทั้งฟอง	5
2.2 ส่วนประกอบของเซลล์ไข้ไก่และบริเวณที่จะเจริญเป็นเอ็มบริโอ	6
2.3 แสดงองค์ประกอบของตา	19
2.4 แผนภาพสี่ระบบ Hunter.....	20
2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (stress) และความเครียด (strain).....	22
2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง (force) และการเปลี่ยนรูป (deformation)	22
3.1 การจัดวางชุดทดลอง	38
3.2 การเรียงลำดับความชอบจากน้อยไปมาก.....	39
3.3 การทดสอบความแข็ง	41
4.1 แสดงลักษณะของไข้คองสูตรต่าง ๆ.....	45
4.2 ค่า a^* และ b^* จากไข้ขาวและไข้แดงของไข้คองสูตรพื้นฐาน	47
4.3 ค่า a^* และ b^* จากไข้ขาวและไข้แดงของไข้คองสูตรปรุงแต่ง	49
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load และ Deflection from preload ในไข้แดงสูตรพื้นฐาน	51
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load และ Deflection from preload ในไข้ขาวสูตรพื้นฐาน.....	52
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load และ Deflection from preload ในไข้แดงสูตรปรุงแต่ง	52
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load และ Deflection from preload ในไข้ขาวสูตรปรุงแต่ง.....	53
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับระยะเวลาการคองของไข้คอง สูตรพื้นฐาน	54
4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับระยะเวลาการคองของไข้คอง สูตรปรุงแต่ง	55
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด กับระยะเวลาการคอง สูตรพื้นฐาน	56
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด กับระยะเวลาการคอง สูตรปรุงแต่ง	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์กรดต่อระยะเวลาการคอง สูตรพื้นฐาน	57
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์กรดต่อระยะเวลาการคอง สูตรปรุงแต่ง	57



บทที่ 1

บทนำ

ไข่เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันทั่วครัวเรือน เนื่องจากประกอบด้วยโปรตีนคุณภาพสูง ซึ่งมักถูกใช้เป็นมาตรฐานในการวัดคุณภาพเมื่อเทียบกับโปรตีนจากแหล่งอื่นๆ โปรตีนในไข่ยังมีประสิทธิภาพในการดูดซึมสูงสุด ทำให้ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ง่าย

ประเทศไทยมีอัตราการผลิตไข่ไก่ในปี 2554 จำนวน 10,010 ล้านฟอง โดยมีอัตราการบริโภค 145 (ฟอง/คน/ปี) (กรมการค้าภายใน, 2554) เนื่องจากมีอัตราการผลิตที่สูง บ่อยครั้งจึงต้องประสบกับปัญหาไข่ไก่ล้นตลาด ราคาตกต่ำ จึงได้มีการนำไข่ไก่ไปถนอมอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และนำไปแปรรูป เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า เช่น การทำไข่เค็ม ไข่เยี่ยวม้า ไข่ผง ไข่พาสเจอร์ไรส์ และไข่ดอง

ไข่ดอง เป็นการถนอมอาหารโดยนำไข่มาดองในสารละลายน้ำส้มสายชูเพื่อระงับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตาม การผลิตและการบริโภคยังไม่เป็นที่แพร่หลาย โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาไข่ดองโดยการดองไข่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักจากข้าว เพื่อช่วยแก้ปัญหาไข่ล้นตลาดและเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภค

1.1 ความสำคัญและที่มา

ไข่ไก่มีอายุการเก็บรักษาสั้น คุณภาพของไข่ไก่จะลดลงนับตั้งแต่หลังจากออกจากแม่ไก่ การยืดอายุไข่จึงนิยมเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำหรืออุณหภูมิตู้เย็น ($5-6^{\circ}\text{C}$) (ชมรมเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ, 2553) อย่างไรก็ตามไข่จะสามารถคงลักษณะทางกายภาพและเคมีไว้ได้ถูกเก็บไว้ไม่เกิน 3 สัปดาห์ (buzzle.com, 2010) ไข่ไก่อาจนำมาถนอมอาหารโดยการทำไข่เค็ม หรือไข่เยี่ยวม้า แต่ไม่เป็นที่นิยมนักเนื่องจากโดยมากผลิตภัณฑ์เหล่านี้มักนิยมใช้ไข่เป็ด ในทางการค้าได้มีการนำไข่ไก่มาทำไข่พาสเจอร์ไรส์ ซึ่งมีแบบประเภทไข่ทั้งฟองและประเภทแยกไข่ขาว ไข่แดง อีกทั้งมีการทำไข่ผงอีกด้วย อย่างไรก็ตามวิธีเหล่านี้ต้องอาศัยเครื่องมือสำหรับผลิต และอาจมีขั้นตอนที่ซับซ้อน และวัตถุดิบเริ่มต้นคือไข่ไก่สด

ในต่างประเทศเช่นประเทศสหรัฐอเมริกาและอังกฤษ ได้มีการถนอมไข่โดยการดองไข่ต้มสุกในสารละลายที่มีกรดอะซิติกหรือน้ำส้มสายชูเป็นส่วนผสมหลัก ไข่ดอง (pickled egg) เป็นอาหารพื้นบ้านของประเทศเหล่านั้นก็ว่าได้ เนื่องจากใช้หลักการถนอมอาหารอย่างง่าย และสามารถปรับเปลี่ยน เพิ่มเติมองค์ประกอบอื่นเข้าในสารละลายได้ด้วย และไข่ที่ใช้เหมาะกับไข่ที่ถูกเก็บไว้

นาราว 2 สัปดาห์ เนื่องจากเมื่อต้มจะปอกเปลือกง่ายและไข่จะแข็งรวมเป็นลูกได้ดี (Andress, 2007; Washinton State University Extension, 2002; Wikipedia, 2009)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับไข่ไก่ที่ถูกเก็บไว้ในห้องเย็นเป็นเวลานาน โดยการทำเป็นไข่ดอง เพื่อถนอมไข่และผลิตสินค้าใหม่ เพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อหาสูตรพื้นฐานของสารละลายน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมกับการดอง
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาสูตรไข่ดองที่มีสีและกลิ่นรสที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
- 1.2.3 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ไข่ดองตลอดระยะเวลาการดอง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

โครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาหาสารละลายสำหรับดองไข่ไก่ที่เหมาะสมทั้งต่อการถนอมอาหารและต่อรสชาติ โดยส่วนผสมของสารละลายมีน้ำส้มสายชูเป็นหลักและมีส่วนผสมปรุงแต่งตามธรรมชาติอื่นร่วมด้วย เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสและรสชาติที่เหมาะสมต่อการบริโภค

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาและทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมในการดองไข่ไก่อย่างน้อย 3 ระดับ

1.4.2 ศึกษาและทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาสูตรสารละลายสำหรับดองไข่ไก่ให้รสชาติที่เป็นที่ยอมรับภายในระยะเวลาในการดอง 4 สัปดาห์ (เป็นเวลาที่คาดว่าสารละลายแพร่เข้าสู่เนื้อไข่ทั่วแล้ว)

1.4.3 ดำเนินการทดลองจริง โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.4.3.1 เตรียมสารละลายสำหรับดองที่ได้ผลเบื้องต้นตามข้อ 1 มาอย่างน้อย 3 สูตร

1.4.3.2 รับไข่ไก่ที่มีอายุประมาณ 3-7 วัน มาชั่งน้ำหนัก วัดขนาด แล้วนำไปต้มสุก ปอกเปลือกชั่งน้ำหนักและวัดขนาด จากนั้นทำการดองโดยนำไข่ใส่สารละลาย และดองในขวดโหลแก้ว ปิดฝาแน่น เก็บรักษาไว้ในตู้เย็น (อุณหภูมิ 5°C)

1.4.3.3 วัดสมบัติทางเคมีทางกายของไข่ดอง โดยดูลักษณะภายนอกและผ่าดูเนื้อใน สังเกตเนื้อไข่แดง ชั่งน้ำหนัก วัดความชื้นวัด ค่า water activity ของไข่ดอง ทุกๆสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

1.4.3.4 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์รวมและ *E. Coli* ในไข่แดงเมื่อเวลาในการดองครบ 4 สัปดาห์เพื่อความมั่นใจด้านจุลชีววิทยา

1.4.3.5 วิเคราะห์และประเมินเนื้อสัมผัสของไข่แดงทุกสัปดาห์ โดยใช้ทั้งการทดสอบแบบ TPA และทางประสาทสัมผัส

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้องค์ความรู้ด้านการถนอมไข่โดยการดองเปรี้ยว

1.5.2 ได้องค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงในเชิงพาณิชย์

1.5.3 มีผลงานตีพิมพ์



บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

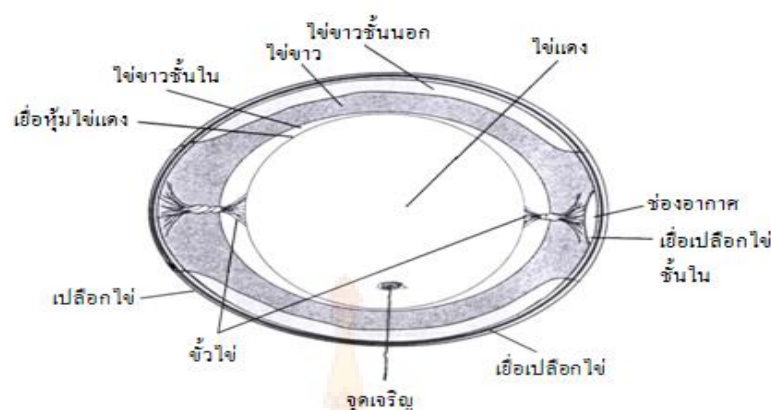
2.1 ไข่

ไข่ เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคทุกครัวเรือน ไข่ที่มีการนำมาบริโภคได้แก่ ไข่ไก่ ไข่เป็ด ไข่ห่าน ไข่นกกระทาและไข่เต่า โดยนำมาบริโภคสดหรือทำเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ไข่เค็ม ไข่เยี่ยวม้า ไข่ผงและไข่แช่เยือกแข็ง เป็นต้น นอกจากนั้นยังนำไปทำขนมและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อีกมากมาย นอกเหนือจากอุตสาหกรรมอาหารแล้วมีการนำไข่ไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ อีกเช่น ใช้ในด้านวิทยาศาสตร์และการแพทย์ หรือใช้ในอุตสาหกรรมการทำปุ๋ย สี แชมพู และการย้อมหนัง เป็นต้น (ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543)

ไข่มีโภชนาสำคัญ ๆ ต่าง ๆ จัดอยู่ในประเภทอาหารคุณภาพสูง ใช้สำหรับการเติบโต การเลี้ยงเด็ก ช่วยบำบัดร่างกายผู้ร้อไข่ให้คืนสู่สภาพเดิม ไข่แก้โรคขาดสารอาหาร และขาดวิตามินสำคัญ ๆ รวมทั้งโรคโลหิตจางแบบต่าง ๆ อีกด้วย มีบางโรคเท่านั้นที่ห้ามผู้ป่วยกินไข่ มนุษย์รู้จักใช้ไข่เป็นอาหารมาตั้งแต่โบราณกาล ต่อมาการเลี้ยงสัตว์เป็นปึกแผ่นขึ้นมีการเลี้ยงสัตว์ปีกต่าง ๆ มากขึ้น เช่น เป็ด ห่าน ไก่ต๊อก ไก่วง โดยเฉพาะเป็ดและไก่ไข่ ที่ซื้อขายเป็นสินค้ากันมากที่สุดในโลก คือ ไข่ไก่ รองลงมาคือ ไข่เป็ด (สุวรรณ, 2529)

2.1.1 โครงสร้างและองค์ประกอบของไข่

ไข่ทั้งฟองของสัตว์ปีกชนิดต่าง ๆ ซึ่งรวมทั้งเป็ด ไก่ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ไข่แดง ไข่ขาว และเปลือกไข่ ดังภาพที่ 2.1 โดยมีสัดส่วนใกล้เคียงกันแต่จะมีปริมาณต่างกันตามชนิดของสัตว์ปีก เยื่อเปลือกไข่ (shell membrane) ประกอบด้วย เยื่อโปรตีน 2 ชั้น คือ เยื่อชั้นนอกและเยื่อชั้นใน ซึ่งแต่ละชั้นยังประกอบด้วยชั้นย่อยอีก เยื่อทั้งสองชั้นนี้จะผนึกติดกัน ยกเว้นทางด้านป้านของไข่จะเปิดเป็นช่องอากาศ ช่องอากาศของไข่ (air cell) ไข่ที่ออกจากแม่ไก่ใหม่ ๆ ยังไม่มีช่องอากาศเมื่อไข่เย็นลง เยื่อเปลือกไข่ด้านที่ติดกับเปลือกไข่หดตัวได้น้อยกว่าด้านที่ติดกับไข่ขาว ทำให้เยื่อทั้งสองแยกออกจากกันทางด้านป้านเกิดเป็นช่องอากาศขึ้น (สุวรรณ, 2529)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างไข่ทั้งฟอง

ที่มา : Herren (1998)

2.1.1.1 ไข่แดง

เยื่อหุ้มไข่แดง (vitelline membrane) เป็นเนื้อเยื่อบางที่แยกไข่แดงออกจากไข่ขาว มีลักษณะอ่อนนุ่มยืดหดได้ องค์ประกอบส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 80 เป็นโปรตีน ไข่แดง (yolk) เป็นส่วนสำคัญของไข่ สะสมอาหารสำหรับตัวอ่อน และมีพลาสโตเดอรัมที่เป็นจุดตั้งต้นเจริญเติบโตของเชื้อลูกไก่ ไข่แดงมีรูปทรงกลม สีเหลืองถึงสีส้ม เนื่องจาก รังควัตถุในอาหารที่ไก่กินเข้าไปส่วนใหญ่เป็นแซฟโฟรอฟิล (xanthophyll) ไข่แดงของไข่ใหม่จะลอยอยู่กลางไข่และมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าไข่ขาว ภายในไข่แดงแบ่งเป็นสี่เข็มและจางสลับกันแกนไข่แดง (latebra) อยู่ใจกลางไข่แดง จากแกนไข่แดงมีท่อทางยาวไปสู่ผิวไข่แดง ปากทางผายกว้างออกที่พลาสโตเดอรัม

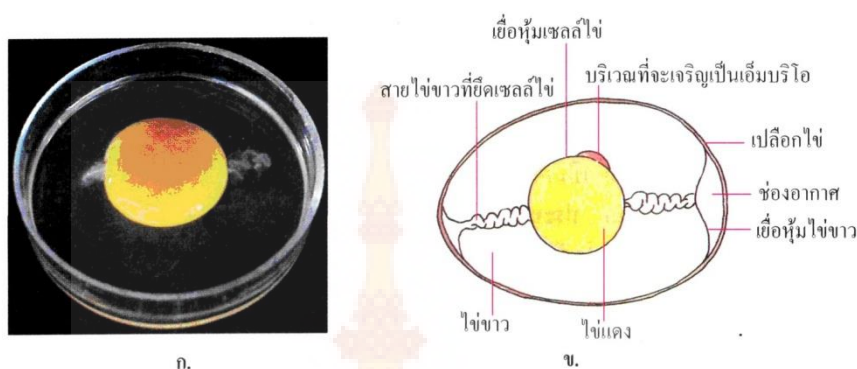
2.1.1.2 ไข่ขาว

องค์ประกอบส่วนใหญ่ของไข่ขาวเป็นน้ำ และโปรตีนที่เหลืออีกเล็กน้อยเป็นคาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และไขมัน ที่เรียกว่า ไข่ขาวเพราะเมื่อได้รับความร้อนจะเป็นสีขาว ส่วนไข่ขาวที่มีสีเหลืองอ่อนเนื่องจาก โอโวฟลาวิน (Ovoflavin) หรือรังควัตถุอื่น ๆ ซึ่งขึ้นกับอาหารที่ใช้เลี้ยงด้วย ไข่ขาวแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ ไข่ขาวใสชั้นนอก (Outer thin white) ไข่ขาวใสชั้นใน (Inner thin white) ไข่ขาวข้น (Middlethick white) และเยื่อขั้วไข่แดง (Chalaziferous) ในสัดส่วนร้อยละ 23.2, 16.8, 57.8 และ 27 ตามลำดับ ไข่ขาวประกอบด้วยโปรตีนมากกว่า 40 ชนิด โปรตีนแต่ละชนิดจะมีสมบัติทางชีวภาพแตกต่างกันไป

2.1.1.3 เปลือกไข่

เยื่อผิวไข่ (cuticle) อยู่รอบนอกสุด เป็นเยื่อบางมากเคลือบติดแน่นกับผิวนอกของเปลือก ประกอบด้วย โปรตีนประมาณร้อยละ 85 เปลือกไข่ (shell) หนากว่าเยื่อผิวไข่ประมาณ 30 เท่า ประกอบด้วย แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนใหญ่และโปรตีนเป็นองค์ประกอบ

เล็กน้อย เปลือกไข่มีลักษณะเป็นรูพรุนเป็นทางผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจน (O_2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ขณะเดียวกันก็เป็นด่านกั้นจุลินทรีย์ต่าง ๆ ด้วยรูเปลือก (pores) มีลักษณะเป็นรูปแบบต่าง ๆ กันและจะเชื่อมโยงจากภายนอกถึงเยื่อเปลือกไข่ได้



ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของเซลล์ไข่ไก่และบริเวณที่จะเจริญเป็นเอ็มบริโอ
ที่มา : สสวท. (2547)

2.1.2 คุณค่าทางอาหารของไข่

ไข่เป็นอาหารโปรตีนที่บริโภคได้ง่ายและราคาไม่แพง ผู้ที่อยู่ในวัยเจริญวัยบริโภคไข่ได้วันละประมาณ 2 ฟอง สำหรับคนชราหรือผู้ป่วยซึ่งต้องระมัดระวังในเรื่องปริมาณคอเลสเตอรอลควรบริโภคไข่ให้น้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากไข่แดงมีส่วนประกอบของไขมันอยู่ถึงร้อยละ 30 ของน้ำหนักไข่และในไขมันดังกล่าวมีสารประกอบคอเลสเตอรอลอยู่ประมาณ 230 มิลลิกรัมต่อไข่ไก่ขนาดประมาณ 50 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับอาหารโปรตีนชนิดอื่น ๆ คุณค่าทางอาหารในไข่ (ตารางที่ 2.1) อาจจำแนกเป็นประเภทได้ดังนี้ (ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543)

2.1.2.1 โปรตีน

เป็นสารอาหารที่มีอยู่มากทั้งในไข่ขาวและไข่แดง เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพและย่อยง่าย

2.1.2.2 ไขมัน

มีอยู่มากในไข่แดง ประกอบด้วยไขมันชนิดต่าง ๆ คือ ไตรกลีเซอไรด์ 65.5% ฟอสโฟลิพิด 28.3% และคอเลสเตอรอล 5.2% ชนิดและปริมาณกรดไขมันในไข่จะเปลี่ยนแปลงได้ตามอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่

2.1.2.3 น้ำ

มีอยู่ในทุกส่วนของไข่ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยไข่ขาวจะมีน้ำมากกว่าไข่แดง ปริมาณน้ำที่ต่างกันนี้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากไข่ขาวเข้าสู่ไข่แดง เมื่อเก็บไข่ไว้นาน ๆ ไข่แดงจึงแบนและแตกง่าย หน้าที่หลักของน้ำคือ เป็นตัวทำละลายและระบายความร้อนให้แก่ไข่ที่เชื้อกำลังเจริญเติบโต

2.1.2.4 คาร์โบไฮเดรต

มีอยู่เพียงเล็กน้อยในไข่โดยอยู่ในรูปสตาร์ช ซึ่งรวมกับโปรตีนในรูปไกลโคโปรตีน

2.1.2.5 แร่ธาตุ

ที่สำคัญในไข่ได้แก่ ซัลเฟอร์ โพแทสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็ก ปริมาณของแร่ธาตุต่าง ๆ นี้จะเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยดังนี้ คือ สภาพแวดล้อมของไก่ ฤดูกาล อาหารและอายุของไก่

2.1.2.6 วิตามิน

มีวิตามินที่ละลายในน้ำทุกชนิด เว้นวิตามินซีและมีวิตามินที่ละลายในไขมันคือ วิตามินเอ ดี อี และเค โดยเฉพาะวิตามินเอ และดีซึ่งมีอยู่มากในไข่แดง มีปริมาณมากรองลงมาจากน้ำมันตับปลา

ตารางที่ 2.1 สารประกอบในไข่แดง ไข่ขาว เปลือกไข่และไข่ทั้งเปลือก

ส่วนของไข่	แต่ละส่วน (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	สตาร์ช (%)	เถ้า (%)	น้ำ (%)
ไข่ขาว	58.0	9.7 – 10.6	0.3	0.4 – 0.9	0.5 – 0.6	88.0
ไข่แดง	31.1	15.7 – 16.6	31.8 – 35.5	0.2 – 1.0	1.1 – 2.0	48.0
เปลือก	11.0	1.0	-	-	99.0	1.0
ไข่ทั้งเปลือก	100.0	12.8 – 13.4	10.5 – 11.8	0.3 – 1.0	11.7	65.5 – 75.0

ที่มา : สุวรรณ (2529)

2.1.3 ผลผลิตจากไข่

การทำผลิตภัณฑ์จากไข่ทั้งเปลือกนั้นรู้จักกันมาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยชาวจีนโบราณนำไข่เป็ดมาเก็บรักษาโดยวิธีดองเค็มซึ่งเรียกว่า ผลิตภัณฑ์ไข่เค็ม หรือนำไข่มาพอกด้วยสารที่ทำให้ฤทธิ์เป็นเบสจนกระทั่งเกิดเป็นไข่เยี่ยวม้า ไข่ซึ่งจะนำมาทำผลิตภัณฑ์ควรเป็นไข่สดไม่มีตำหนิ แดกร้าวและควรล้างให้สะอาดก่อนทำ วิธีการผลิตมีรายละเอียดพอสรุปได้ดังนี้ (ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543)

2.1.3.1 ไข่เค็ม

เป็นการเก็บรักษาไข่โดยใช้เกลือ ซึ่งมีการทำได้ 2 แบบคือ

1) การดองเค็มแบบเปียก คือ การแช่ไข่ในน้ำเกลือความเข้มข้นประมาณ 18-20% โดยให้ไข่จมอยู่ภายใต้ระดับน้ำเกลือนานประมาณ 3-4 สัปดาห์แล้วจึงนำไข่ขึ้นจากน้ำเกลือต้มในน้ำเดือดประมาณ 5 นาทีจนไข่สุกและแข็งตัว

2) การดองแห้ง คือ การนำเกลือ 2 ส่วนผสมกับดินเหนียวและขี้เถ้ารวม 5 ส่วนมาพอกไข่ซึ่งจะต้องใช้เวลาประมาณ 1-1 ½ เดือนจึงจะได้ที่เอาดินออกแล้วนำมาต้ม ในน้ำเดือดเพื่อเก็บรักษาต่อไป

2.1.3.2 ไข่เยี่ยวม้า

การผลิตไข่เยี่ยวม้า ทำได้ 2 ลักษณะคือ

1) การพอกไข่ด้วยส่วนผสม ดังแสดงในตารางที่ 2.2 หลังพอกไว้ 30-50 วัน ในภาชนะที่มีฝาปิดและเก็บในที่เย็น (24-25°C) ไข่ขาวจะเปลี่ยนสภาพเป็นวุ้นใสสีขาวและไข่แดงจะแข็งเป็นลิ่มสีขาวอมส้มหรือสีเขียวปนดำ ทั้งนี้ขึ้นกับสูตรที่ใช้พอกไข่

2) การแช่ไข่ในส่วนผสมของสารละลายเบส ดังตารางที่ 2.2 จะได้ไข่เยี่ยวม้าในเวลาสั้นกว่าแบบพอกยิ่งไข่ฟองเล็ก เช่น ไข่ขนาดเล็ก ถ้าดองด้วยวิธีนี้จะใช้เวลาดองเพียง 7-10 วัน เมื่อดองได้ที่แล้วให้ต้มในน้ำเดือดนาน 3-5 นาทีจะช่วยในการแข็งตัวของไข่ขาวซึ่งสูตรที่ 1 ใช้ได้ดีกับไข่ขนาดเล็ก ปัจจุบันการบริโภคไข่เยี่ยวม้าจะต้องระวังอันตรายจากการบริโภคโลหะหนัก เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตในเชิงการค้า ผู้ผลิตมักเติมตะกั่วออกไซด์หรือซัลไฟด์ลงในส่วนผสมที่ใช้พอกหรือแช่ เพื่อช่วยให้การเป็นไข่เยี่ยวม้าเกิดผลได้สูง ถ้าสังเกตเห็นไข่เยี่ยวม้าที่ไข่ขาวมีสีดำมากจะเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าไข่นั้นมีสารโลหะหนักอยู่มาก ควรหลีกเลี่ยงไม่บริโภคเพราะจะทำให้เกิดอันตรายเนื่องจากการสะสมของโลหะหนักภายในร่างกายก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบประสาทของผู้บริโภค

ตารางที่ 2.2 สัดส่วนของสารที่ใช้พอกและแช่ไข่เปิด 100 ฟอง หรือไข่นกกระทา 150 ฟองเพื่อทำไข่เยี่ยวม้า

ส่วนประกอบสำหรับพอก*	ส่วนประกอบสำหรับแช่	
	สูตรที่ 1**	สูตรที่ 2***
ใบชา 39 กรัม/น้ำ 150 มล.	ใบชา 8 กรัม	ใบชา 16.6 กรัม
จี๊ดเถ้าไม้ 2 ลิตร	น้ำ 1,660 กรัม	น้ำ 3.3 ลิตร
เกลือ 94 กรัม	เกลือ 166 กรัม	NaOH 133.3 กรัม
Na ₂ CO ₃ 102 กรัม	NaOH 66 กรัม	เกลือ 333.3 กรัม
ปูนขาว 390 กรัม		

* รุจี (2530)

** วรรณวิบูลย์ (2533)

*** Lee (1962) อ้างตามรุจี (2530)

นอกจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ไข่สามารถนำมาเก็บรักษาในรูปของเนื้อไข่ คือ ไข่ขาว ไข่แดงและไข่ขาวผสมไข่แดง (whole egg) วิธีการแปรรูปที่ใช้กันแพร่หลายคือ การแช่เยือกแข็งและการทำแห้ง

2.1.3.3 ไข่ดอง

ไข่ดอง เป็นไข่ที่เก็บรักษาไว้ในน้ำส้มสายชู โดยมีสูตรที่แตกต่างกันไปจำนวนมากขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละบุคคลโดยสามารถเพิ่มรสชาติโดยการใส่เครื่องเทศที่มีกลิ่นรสตามที่ต้องการ หากต้องการให้มีสีสันทึมนำรับประทานก็สามารถเพิ่มน้ำผลไม้ที่มีสีตามที่ต้องการได้ เช่น น้ำปีทรุท จะทำให้ไข่เป็นสีชมพูนำรับประทานยิ่งขึ้น ไข่ดอง มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากเพราะมีไขมันต่ำ คาร์โบไฮเดรตต่ำ และเป็นแหล่งโปรตีนที่ดี จึงเหมาะที่จะเป็นทางเลือกของอาหารว่างเพื่อสุขภาพ

สูตรการดอง

- สูตรของต่างประเทศ (Washington state university, 2002) มี 2 สูตร คือ

(1) ไข่กับจิงดอง

ส่วนผสม

ไข่ต้มสุก	16 ฟอง
น้ำส้มสายชู	1 ลิตร
จิง	15 กรัม
พริกไทยดำ	15 กรัม
เครื่องเทศ	15 กรัม

ขั้นตอนการทำ



(2) ไข่กับบิทรูท

ส่วนผสม

ไข่ต้มสุก	6 ฟอง
น้ำส้มสายชูหมัก	1 ถ้วย
น้ำบิทรูท	1 ถ้วย
น้ำตาลทรายแดง	1/3 ถ้วย
หอมใหญ่สับ	1/4 ถ้วย
กระเทียม	3 กลีบ

ขั้นตอนการทำ



- สูตรไข่แดงของไทย (เกษตรกรรมธรรมชาติ, 2546)

ส่วนผสม

ไข่เป็ด ไข่ไก่ หรือไข่นกกระทาจำนวนตามต้องการ
น้ำส้มสายชูหมัก
เครื่องเทศ (ผงอบเชย ลูกจันทน์ โป๊ยกั๊ก กานพลู)

ขั้นตอนการทำ

ผสมน้ำส้มตามส่วนต่อไปนี้ น้ำส้มสายชู 1 ถ้วย น้ำตาล $\frac{1}{2}$ ถ้วย เกลือ 1 ช้อนชาและเครื่องเทศ (ผงอบเชย ลูกจันทน์ โป๊ยกั๊ก กานพลู อย่างละนิด) ห่อในผ้าขาวบาง

ต้มไข่จนสุก จากนั้นแช่ไข่ในน้ำเย็นแล้วปอกเปลือก

ต้มน้ำส้มที่ผสมแล้วให้เดือดใช้เวลา 10 นาที นำไข่ที่ปอกเปลือกแล้วใส่ลงในน้ำส้มขณะยังเดือด ต้มต่อไปอีก 5 นาที แล้วนำไปบรรจุขวด

นำไปนึ่งฆ่าเชื้อในน้ำเดือดต่ออีก 25 นาที โดยปิดฝักขวดให้สนิทเก็บไว้ 1 สัปดาห์ จึงรับประทาน

2.2 การถนอมอาหารโดยการดอง

การดอง เป็นการถนอมอาหารโดยการแช่ หรือหมักชิ้นอาหารในเกลือ หรือน้ำเกลือ หรือ สัมสาขุ ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียช่วยเก็บอาหารไว้ ได้นาน และมีรสชาติแปลกใหม่ขึ้น (กุลยา, 2533)

การถนอมอาหารโดยกระบวนการทางเคมีนั้นอาศัยการเปลี่ยนแปลงโดยใช้สารทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเพื่ถนอมอาหาร เช่น ใช้สารพวกเกลือในการหมักดอง พวกกรดในการ ปรับสภาพอาหารให้มีฤทธิ์เป็นกรด การใช้น้ำตาล การใช้กำมะถัน เช่น ในรูปของแก๊สซัลเฟอร์ได ออกไซด์ การรมควัน การทำให้เกิดมีฤทธิ์เป็นแอลกอฮอล์ และการใช้สารเคมีต่าง ๆ การถนอม อาหารโดยวิธีนี้จะทำให้โครงสร้างของอาหารเปลี่ยนแปลง เช่น ทำให้น้ำออกจากเนื้อเยื่อในระหว่าง หมักดอง รมควัน โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจะเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติถ้าปรับสภาพเป็นกรด จะทำให้กลิ่นและโครงสร้างเปลี่ยนแปลงได้กลิ่นและรสชาติใหม่ เป็นต้น

การหมักดองจะสามารถดำเนินไปได้รวดเร็วเพียงไรขึ้นอยู่กับ การเจริญของจุลินทรีย์และ สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ต้องเหมาะสมด้วย เพื่อให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตเต็มที่และผลิตเอนไซม์เพียงพอที่จะทำปฏิกิริยาเคมี เพื่อเปลี่ยนแปลงสารที่หมัก สิ่งสำคัญในการหมักดอง คือ สภาพความเป็น กรดต่าง (pH) อุณหภูมิ ออกซิเจน เกลือ และปริมาณเชื้อสำ (starter)

ความเป็นกรดต่างของอาหารจะแตกต่างกันในอาหารแต่ละชนิด เช่น น้ำผลไม้จะมีอยู่ ระหว่าง 2.9 -4.5 ผัก pH 4.0-6.5 นม 6.4 และเนื้อสด pH ประมาณ 7.2 จุลินทรีย์ที่ใช้หมักอาหาร พวกนี้จะแตกต่างกันไปอุณหภูมิก็มีผลเช่นเดียวกัน นมสดเก็บที่ 32°F (0°C) ไม่ค่อยมีการ เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น แต่ถ้าเก็บไว้ที่ 100°F (37.8°C) จะมีเชื้อ *Streptococcus laction* เจริญเติบโตมาก และถ้าอุณหภูมิสูงถึง 150°F (65.5°C) จะพบว่าเชื้อ *Lactobacillus thermophilus* เจริญเติบโตได้ มาก หรือการทำไวน์ พบว่าอุณหภูมิในการทำไวน์ขาวจะต่ำกว่า 15°C และต่ำกว่า 21°C สำหรับไวน์ แดง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 37.8°C ยีสต์จะเจริญเติบโตช้าลง ดังนั้นการเกิดแอลกอฮอล์จะลดลง

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักดองต่างชนิดกัน มีความต้องการออกซิเจนต่างกันเพื่อใช้ในการ เจริญเติบโต เช่น เชื้อยีสต์ทำขนมปัง *Saccharomyces cerevisiae* ต้องการออกซิเจนในการหมัก (aerobic) แต่ยีสต์ที่ใช้ในการหมักไวน์จะต้องอยู่ในสภาพปลอดออกซิเจน (anaerobic) เพราะยีสต์จะ เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ในสภาวะไร้ออกซิเจน ยีสต์ทำขนมปังต้องอัดอากาศเข้าไปในถังหมัก

การหมักดองมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดรสชาติและผลิตภัณฑ์ใหม่ที่นำพอใจ และเก็บอาหาร ไว้ได้นาน สารกันอาหารเสียที่เกิดจากกระบวนการหมักดองโดยการกระทำของจุลินทรีย์ ส่วนมาก จะเป็นกรดซึ่งมักจะเป็นกรดแลกติก แอลกอฮอล์ ซึ่งสารที่ผลิตขึ้นจากกระบวนการหมักดอง ดังกล่าวนี้นี้ จะเกิดผลสมบูรณ์มักต้องมีสารอื่นช่วย ความร้อน การใช้อุณหภูมิต่ำ สภาพปราศจาก

อากาศ แกลีเอแก น้ำตาล การเติมกรดลงไป เช่น ในการดองผักดองเปรี้ยวต่าง ๆ นมหมักเปรี้ยว เนยแข็ง ไข่กรอก เนื้อสัตว์ ปลาหมักเปรี้ยว ความเป็นกรดเกิดขึ้นจากน้ำตาลที่มีอยู่ในผักดองจะเกิดกรดเต็มที หรืออาจทำให้ความเป็นกรดหยุดก่อนจะเกิดกรดเต็มที เช่น ใช้ความเย็นบังคับปฏิกิริยา เช่น นมหมักเปรี้ยว ซึ่งในการหมักดองถ้าจะแยกชนิดของการหมักดองจะแยกได้ คือ การหมักดองเพื่อให้เกิดแอลกอฮอล์ การหมักดองเพื่อทำให้เกิดกรดแลกติก และการหมักดองเพื่อให้เกิดกรดน้ำส้ม (acetic acid fermentation)

2.2.1 ประเภทของการหมักดองอาหาร

กฤษยา (2533) ได้แบ่งการหมักดองออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.2.1.1 การหมักเค็ม

เกลือจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตามการป้องกันจะได้ผลก็ต่อเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเกลือประมาณ 15-25% และโดยปกติแล้วจะไม่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการได้ทั้งหมด เพียงแต่จะทำให้เชื้ออ่อนตัวลงเท่านั้น เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้จะเป็นสาเหตุของการบูดเน่า แต่อย่างไรก็ตาม มีจุลินทรีย์หลายชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีสารละลายเกลือเข้มข้นสูง แต่มีข้อดีที่ว่า การเจริญของเชื้อพวกนี้จะไประงับไม่ให้เชื้อที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเชื้อที่ทำให้อาหารเป็นพิษเจริญเติบโตได้เนื่องจากปริมาณเกลือที่ใช้และอิทธิพลของกรดที่ผลิตได้

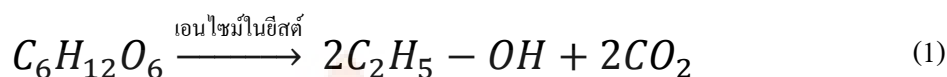
การใส่เกลือนอกจากจะช่วยถนอมอาหารแล้ว ยังเป็นการช่วยกำหนดชนิดของจุลินทรีย์ที่ต้องการให้เจริญเติบโตได้และป้องกันเชื้อชนิดอื่นไม่ให้มาปะปน เช่น การดองกะหล่ำปลี การทำแตงดอง การหมักหัวผักกาดดองต้องการเชื้อที่ผลิตกรดแลกติกโดยใช้เกลือประมาณ 2.5% เก็บไว้ที่ 21°C เชื้อแลกติกจะเจริญเติบโตและย่อยน้ำตาลให้เปลี่ยนเป็นกรดแลกติก กรดน้ำส้ม เอทิลแอลกอฮอล์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่กรดที่ได้จากการหมักส่วนมากจะเป็นกรดแลกติก และ pH ของกะหล่ำปลีจะเปลี่ยนไป ซึ่งจะช่วยในการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อชนิดต่าง ๆ ไม่ให้เจริญด้วย

2.2.1.2 อาหารหมักประเภทแอลกอฮอล์

อาหารหมักที่เป็นประเภทแอลกอฮอล์นั้น ใช้เชื้อยีสต์ในการหมัก เช่น พวง กล้วย (เบียร์) ผลไม้ (ไวน์) และน้ำผึ้ง (เหล้าน้ำผึ้ง) ปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มประเภทนี้ประมาณ 3-18%

วิธีการหมัก นั้นนำอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต หมักกับเชื้อยีสต์บางชนิด อาจจะเป็นพวกน้ำตาลสองชั้นหรือชั้นเดียวจากผลไม้ แป้งจากพวกข้าว พวกาหารที่ได้จากการ

หมักคองนี้ เช่น ไวน์ เบียร์ กระแช่ น้ำตาลเมา ไวน์กลูเลอร์ ไวน์ คือเหล้าจากน้ำผลไม้ เชื้อไวน์ คือ ยีสต์ หรือส่าเหล้า มีอยู่ตามธรรมชาติ ปริมาณมากในเปลือกองุ่น และตาสับปะรด ยีสต์เหล่านี้จะ เปลี่ยนน้ำตาลในองุ่นหรือสับปะรดให้เป็นแอลกอฮอล์ ดังสมการ



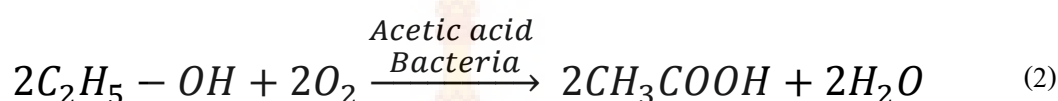
การอาศัยยีสต์จากธรรมชาติจะได้ผลช้าและรสชาติอาจจะไม่ดีตามที่ต้องการ เพราะอาจจะมีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นปนลงไป จึงต้องนำน้ำผลไม้ที่คั้นได้นั้นไปตั้งไฟฆ่าเชื้อก่อน แล้วจึงใส่เชื้อที่เหมาะสมภายหลังเชื้อยีสต์ที่นิยมและใช้แล้วได้ ไวน์รสดีกลั่นดีที่สุดคือ *Saccharomyces ellipsoideus* ผลไม้ที่มี pH 3.5-4.5 เหมาะที่จะนำมาทำไวน์ เพราะยีสต์ที่ผลิต แอลกอฮอล์จะเจริญได้ดีพวกผลไม้รสจัด เช่น องุ่น สับปะรด มะยม กระเจี๊ยบ มะขาม จะได้ไวน์ที่มี รสดี ส่วนมากที่มีความเป็นกรดต่ำก็จะเดิมกรด เช่น กรดทาร์ทาริก กรดซิตริก กรดมาลิก

ตัวอย่างอาหารหมักประเภทนี้ ได้แก่ เบียร์ และไวน์ ซึ่งเบียร์เป็นเครื่องดื่มที่ได้จากการหมักธัญพืช จะมีเอทานอลประมาณร้อยละ 3-12 เป็นเครื่องดื่มที่นิยมกันโดยทั่วไป เบียร์ มีหลายชนิดแตกต่างกันตามกลิ่น รส อันเนื่องมาจากข้าวมอลต์ (malt) และดอกฮอป (hop) และชนิดของยีสต์ที่ใช้ซึ่งอาจจะเป็นท็อปยีสต์ (top yeast) หรือยีสต์ชนิดที่ตกตะกอนที่ก้นถัง (bottom yeast) เบียร์อาจจะเป็นแบบฆ่าเชื้อแบบพาสเตอร์ซึ่งฆ่าเชื้อหรืออาจจะเป็นเบียร์สดส่วนไวน์คือเหล้าผลไม้ที่ได้จากการหมักองุ่น แต่ถ้าทำจากผลไม้ชนิดอื่น ๆ มักเรียกรวมกันว่าไวน์ผลไม้ ไวน์ขาวทำจากองุ่นเขียวและองุ่นแดงที่แยกเอาเปลือกและเมล็ดออก ใช้แต่น้ำองุ่นมาหมักจนไม่มีน้ำตาลเหลืออยู่ เรียกว่า drywine ส่วนไวน์แดง (red wine) นั้น ใช้ทั้งเปลือกและน้ำองุ่นในการหมัก เพื่อเอาสีแดงจากเปลือกองุ่น ไวน์แดงใช้เวลาในการบ่มนานกว่าไวน์ขาว ทั้งนี้เพื่อให้ได้รสชาติที่กลมกล่อม ส่วนไวน์สีชมพูได้จากการหมักองุ่นและเปลือกในช่วงระยะเวลาสั้น หรือผสมไวน์แดงและไวน์ขาว

2.2.1.3 การหมักที่ทำให้เกิดกรดอะซิติกหรือน้ำส้มสายชู (vinegar)

น้ำส้มสายชูหมัก หมายถึง น้ำส้มที่ได้จากการหมักพวกธัญพืช น้ำผลไม้ เช่น malt vinegar ทำได้จากข้าวมอลต์หรือน้ำส้มที่ได้จากน้ำมะพร้าว น้ำตาลสด น้ำแอปเปิ้ล น้ำองุ่น หรือพวกน้ำผลไม้อื่น ๆ เป็นพวก fruit vinegar หรือได้จากการหมักสุรากลั่น (distilled vinegar) น้ำส้มสายชูจะเกิดได้ดีเมื่อน้ำตาลที่มีอยู่ถูกเปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์จนหมด เพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำส้มสายชูต่อไป น้ำตาลที่มีอยู่ในน้ำของสิ่งที่จะนำมาหมักน้ำส้มนั้น ไม่ควรมีน้อยกว่าร้อยละ 10 ซึ่งปริมาณน้ำตาลขนาดนี้จะทำให้เกิดกรดน้ำส้มได้ร้อยละ 4 ขึ้นไป

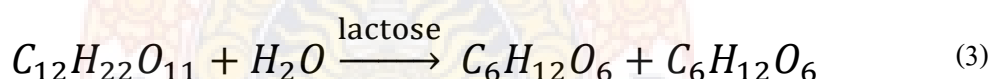
หลักการหมักน้ำส้ม เริ่มจากน้ำตาลชั้นเดียวที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น น้ำผลไม้ที่จะนำมาหมัก หรือน้ำตาลที่เกิดจากการหมักถูกเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์โดยไม่จำเป็นต้องใช้แก๊สออกซิเจนดังสมการที่ 1 และต้องปรับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ให้เป็นร้อยละ 7-8 ก่อนที่แบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดน้ำส้มสายชูจะทำงาน เพื่อป้องกันการเสียจากแบคทีเรียชนิดอื่นที่เรียกว่า wine flowers หลังจากเกิดแอลกอฮอล์แล้ว แอลกอฮอล์จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดน้ำส้มโดยแบคทีเรียในกลุ่มสร้างกรดน้ำส้มในสภาพมีออกซิเจน ดังสมการที่ 2



ยีสต์ที่ใช้ทำน้ำส้ม อาจใช้ *S.cerevisiae* เหมาะสำหรับการหมักพวกที่ทำจากแป้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรด เช่น *Acetobacter aceti* *S. ellipsoideus* (ยีสต์ชนิดนี้จะเจริญได้เร็วให้แอลกอฮอล์สูง) *S. malei*

2.2.1.4 การหมักโดยการทำให้เกิดกรดแลกติก

คือการทำให้เกิดการเปรี้ยวในอาหารพวกเนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ หลักในการหมักนี้คือ เปลี่ยนน้ำตาลชั้นเดียวให้เป็นกรดแลกติก โดยแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลกติก ดังสมการที่ 3 และ 4



การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นในพวก ผัก ผลไม้ดอง เช่น ผักกาดดอง แตงกวาดอง มะม่วงดอง ฯลฯ และพวกเนื้อสัตว์ ปลาหมึก นมเปรี้ยว การเกิดกรดแลกติกไม่ต้องใช้ออกซิเจน การหมักนี้เกิดกรดแลกติก ประมาณ 0.6-1.5% การหมักพวกเนื้ออาจจะหมักได้โดยใช้ส่วนผสมของเกลือและดินประสิว (saltpeter) ไม่ให้ถูกอากาศ ทั้งไว้สักพักหนึ่งหรือสองอาทิตย์ในถังโอ๊ก แต่ถ้าเป็นการหมักดองพวกเนื้อ ในสภาพสารละลายก็ใช้ส่วนผสมระหว่างเกลือและดินประสิ่วเช่นเดียวกัน ดินประสิ่วจะช่วยรักษาสารดินประสิ่วเป็นสารประกอบพวก KNO_3 ถูกวิธีด้วยเอนไซม์เป็นไนไตรต์ ในประเทศอังกฤษ สหรัฐอเมริกา และประเทศอื่น ๆ หลายประเทศหมักดองอาหารโดยใช้สารประกอบพวกโซเดียมคลอไรด์ หรือพวกไนไตรต์ ซึ่งสารประกอบพวกไนเตรด

และไนไตรต์นี้เป็นสารก่อมะเร็งพวกไนโตรซามีน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง Secondary amines กับสารประกอบพวกไนไตรต์ ดังนั้นถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไปทั้งสารประกอบพวกไนไตรต์ และไนไตรต์ จะเกิดอันตรายได้ จึงต้องควบคุมปริมาณที่ใช้อย่างเข้มงวด (ในระดับ ppm) ในปัจจุบันนี้ในการถนอมอาหารพวกเนื้อจึงนิยมใช้เกลือมากกว่าหลังจากนั้นก็ใช้วิธีรมควันช่วย

การเกิดสีแดงในเนื้อเกิดจากไนตริกออกไซด์ (NO) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของสารประกอบไนไตรต์ ในสารละลายกรด (ค่า pH ของเนื้อประมาณ 5.5-6.5) ในรูปไนตริกออกไซด์ ไนโอโกลบินสีแดง (nitrosomyoglobin) ซึ่งสีแดงในกล้ามเนื้อ ไนโอโกลบินนี้จะอยู่ในสภาพเสถียร เรียกว่า nitric oxide myochromogen มีสีแดง ซึ่งจะทำให้เก็บเนื้อไว้ได้นานในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม

2.2.2 ผลจากเครื่องปรุงต่ออาหารหมักดอง

การทำอาหารหมักดองนั้นต้องใช้เกลือหรือน้ำส้มหรือทั้งสองอย่าง บางครั้งก็จะมีการใช้พวกน้ำตาล และเครื่องเทศด้วย แต่ละอย่างที่กล่าวมาจะมีประโยชน์เป็นตัวทำให้เกิดการหมักดอง (pickling agent) ในรูปแบบต่างกัน (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, 2543)

2.2.2.1 เกลือ

เกลือจะมีผลต่อรสชาติของอาหารหมักดองเหมือนกับให้รสเค็มกับอาหารอื่นๆ ถ้าในปริมาณมากพอจะสามารถทำหน้าที่เป็นตัวกันบูดได้ ปริมาณเกลือที่ใช้เกลือเค็มลงในอาหารย่อมขึ้นกับประเภทของการถนอมอาหารนั้นๆ น้ำเกลือเจือจางโดยใช้เกลือประมาณ 3 ช้อนตวง จนถึง ½ ถ้วยตวง ในน้ำ 4 ถ้วยตวง การใช้เกลือนั้นอาจใช้ในรูปแบบเกลือแห้งหรือในรูปแบบน้ำเกลือก็ได้ ถ้าใช้เกลือแห้งน้ำในอาหารจะถูกดึงออกมาแล้วเกลือกก็ละลายในน้ำจากอาหารนี้ กลายเป็นน้ำเกลือ ส่วนน้ำและสารละลายได้ในน้ำต่างๆของอาหารที่จะดอง จะถูกดึงออกมาโดยขบวนการออสโมซิส น้ำตาลชนิดที่หนักได้ที่ละลายในน้ำอาหารนั้นก็ถูกดึงออกมาด้วย และน้ำตาลนี้จะเป็นอาหารของแบคทีเรียชนิดที่ทำให้เกิดกรดแลกติกได้ต่อไป

2.2.2.2 น้ำส้ม

รสชาติของอาหารหมักดองนั้นมีผลมาจากน้ำส้มด้วย น้ำส้มทำให้เกิดกรดซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันไปจากกรดแลกติกที่เกิดจากการหมัก นอกจากนี้ น้ำส้มยังทำหน้าที่เป็นตัวกันบูด เชื้อแบคทีเรียแทบทั้งหมดที่จะชะงักการทำงานในสารละลายกรด อย่างไรก็ตามเชื้อราและเชื้อยีสต์ยังอาจเจริญได้แม้ในกรดค่อนข้างแรง ดังนั้นอาหารหมักดองที่มีกรดสูงอาจจะขึ้นราได้ถ้ามีอากาศ

2.2.2.3 น้ำตาลและเครื่องเทศ

นอกจากเป็นอาหารของจุลินทรีย์กลุ่มสร้างแลกติกแล้ว น้ำตาลยังทำหน้าที่เป็นกัมมูต โดยการไปเพิ่มความหนาแน่นของสารละลายที่ใช้ดองอาหารนั้นเป็นสำคัญ ดังนั้นจึงมีผลทำให้อาหารนั้นยากแก่การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์มากยิ่งขึ้น สำหรับเครื่องเทศเนื่องจากมีน้ำมันระเหยที่จะช่วยในเรื่องรสชาติ และทำให้กลิ่นชวนรับประทานยิ่งขึ้น เครื่องเทศนั้นอาจใช้ในรูปแบบละเอียด แต่ถ้าใช้ในรูปแบบนี้จะทำให้สีอาหารหมักดองออกสีคล้ำได้ อาจใช้วิธีจุ่มเครื่องเทศเป็นชิ้นๆ ลงในน้ำส้มหรือใช้วิธีผูกไว้ในถุง แล้วใส่เครื่องเทศนี้ลงในส่วนผสมขณะตั้งไฟ อาจเติมน้ำมันน้ำหอมของพวกเครื่องเทศ เช่น อบเชย กานพลู ลูกจันทร์ ฯลฯ ลงไปด้วย นอกจากจะช่วยให้กลิ่นแล้วยังช่วยเป็นตัวต่อต้านการทำงานของยีสต์และเชื้อราด้วย ส่วนเครื่องเทศชนิดอื่นๆ ถ้าจะมีผลในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้เครื่องเทศยังมีสรรพคุณทางยามากมาย

2.2.3 สาเหตุของการเสียในอาหารหมักดอง

ปัญหาหรือข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบโดยเฉพาะชนิดที่ใช้วิธีการหมัก อาหารหมักดองที่มีลักษณะอ่อนล้นเป็นเมือกเป็นลักษณะไม่ดี มักเป็นผลมาจากใช้น้ำเกลือเจือจางเกินไป ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการสามารถเจริญเติบโตขึ้นมาได้ อาหารหมักดองที่มีลักษณะอ่อนอาจจะเป็นผลมาจากการโดนกับอากาศได้ด้วย ดังนั้นอาหารหมักดองจะต้องให้มิดน้ำเกลือปิดท่วมน้ำขึ้นมา (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, 2543)

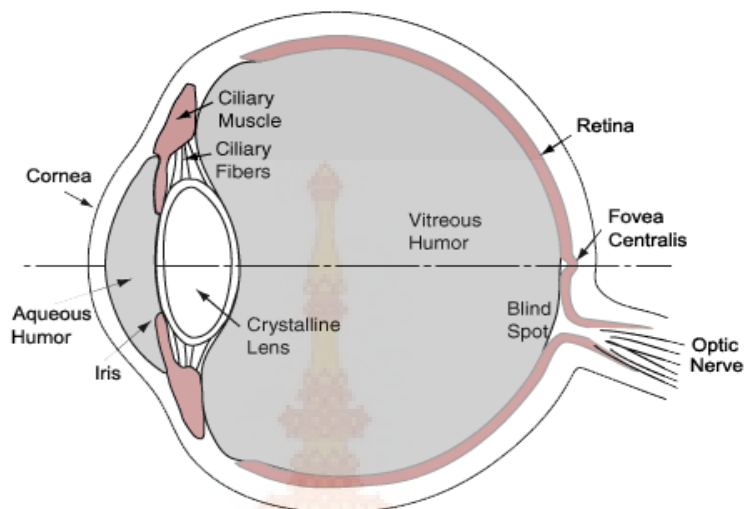
2.3 การศึกษาสมบัติของอาหาร

2.3.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

2.3.1.1 สี

สีมีผลต่อคุณภาพของอาหาร เช่น ลักษณะปรากฏ ความแก่-ความอ่อน ความสุก ความสด และการเน่าเสียของอาหาร โดยทั่วไปการวัดสีทำได้โดยใช้มนุษย์ (subjective measurement) และเครื่องมือ (objective measurement) อวัยวะที่สำคัญของมนุษย์ในการจำแนกสีคือ ตา ส่วนประกอบภายในลูกตา ได้แก่ ตาขาว ตาดำ แก้วตา และจอตา เป็นต้น ตาขาว (sclera) คือส่วนสีขาวของนัยน์ตา ผนังด้านหน้าของลูกตาเป็นเนื้อเยื่อใสเรียกว่า กระจกตา (cornea) ถ้าเป็นฝ้าขาวทำให้ตาบอดได้ ตาดำ (sclera) คือส่วนที่เป็นม่านตา (iris) ตรงกลางม่านตามีรูกลมเรียกว่า รูม่านตา (pupil) ซึ่งเป็นทางให้แสงผ่านเข้าลูกตา แก้วตา (lens) อยู่หลังรูม่านตา จอตา (retina) อยู่หลังแก้วตา จอตาเป็นเซลล์ที่ไวต่อการรับแสง ประกอบด้วยเซลล์แท่ง (rod cell) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรับรู้

ความมืดความสว่าง และเซลล์กรวย (cone cell) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรับรู้สี ดังภาพที่ 2.3 (อัมพวัน, 2551)



ภาพที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบของตา

ที่มา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ม.ป.ป.)

ในระบบ Hunter การบอกค่าสีใช้ค่า L , a และ b ดังภาพที่ 2.4

$$\text{โดย } L^* = 10Y^{1/2} \quad (5)$$

$$a^* = [17.5 (1.02X - Y)] / Y^{1/2} \quad (6)$$

$$b^* = [7.0 (Y - 0.847 Y)] / Y^{1/2} \quad (7)$$

โดย L^* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

$$L^* = 0 \quad \text{แสดงว่ามีคี่ที่สุด}$$

$$L^* = 100 \quad \text{แสดงว่าสว่างที่สุด}$$

a^* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว

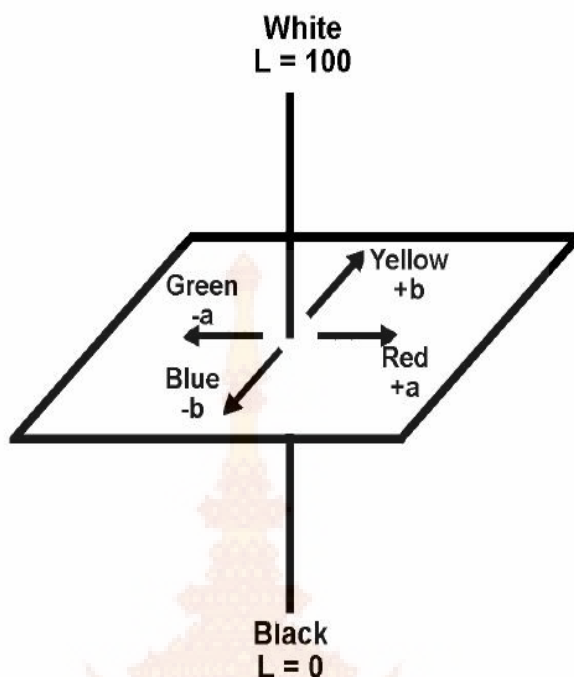
$$a^* \text{ เป็น } + \quad \text{แสดงความเป็นสีแดง}$$

$$a^* \text{ เป็น } - \quad \text{แสดงความเป็นสีเขียว}$$

b^* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

$$b^* \text{ เป็น } + \quad \text{แสดงความเป็นสีเหลือง}$$

$$b^* \text{ เป็น } - \quad \text{แสดงความเป็นสีน้ำเงิน}$$



ภาพที่ 2.4 แผนภาพสีระบบ Hunter

ที่มา : Francis (2005)

2.3.1.2 การเสียรูป

การเสียรูป เป็นการที่วัสดุถูกกระทำด้วยแรงทางกล เช่น การกด (compression) การเหวี่ยง (shearing) การตัด (cutting) และการดึง (tensile) การกระทำของแรงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่าง (deformation) และการไหล (flow) ในวัสดุอาหารเรียกว่าเป็น สมบัติทางวิทยากระแส (Rheological properties)

วิทยากระแส (Rheology) หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนรูป และการไหล ซึ่งพฤติกรรมทางกลของวัสดุสามารถแสดงออกมาในเทอมของตัวแปร 3 ชนิด ได้แก่ แรง การเปลี่ยนรูป และเวลา แสดงถึงสมบัติทางวิทยากระแสของอาหารแบ่งเป็น 2 จำพวกหลัก ๆ คือ ของแข็ง (solid) และของไหล (fluid)

1) นิยามของเทอมที่เกี่ยวกับวิทยากระแส

- ความเค้น (stress) หมายถึง ความเข้มของแรง ซึ่งกระทำบนระนาบผ่านจุดใด ๆ ของวัสดุ

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (8)$$

$$\begin{aligned}\text{เมื่อ } \sigma &= \text{ความเค้น (N/m}^2\text{)} \\ F &= \text{แรงกระทำ (N)} \\ A &= \text{พื้นที่หน้าตัด (m}^2\text{)}\end{aligned}$$

- ความเครียด (strain) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของขนาดหรือรูปร่างของวัสดุจากขนาดหรือรูปร่างเดิม เนื่องจากแรงกระทำ

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (10)$$

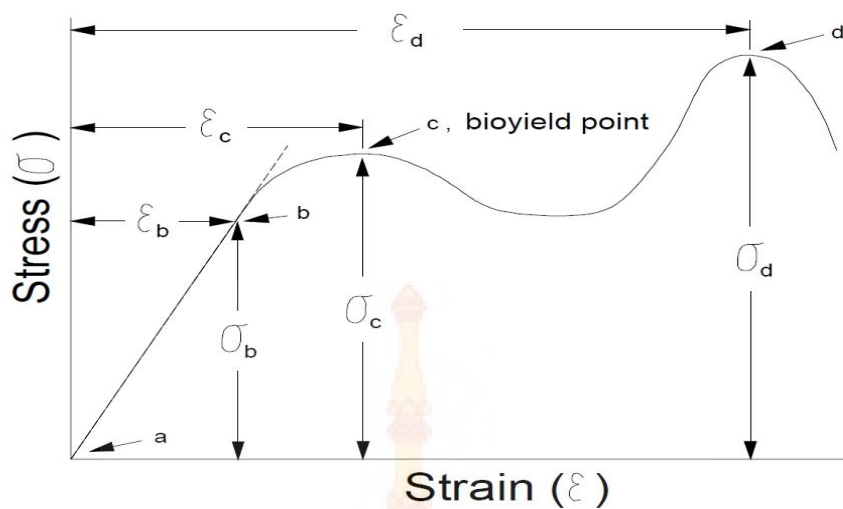
$$\begin{aligned}\text{เมื่อ } \varepsilon &= \text{ความเครียด} \\ \Delta l &= \text{ส่วนที่อัดหรือยืด (m)} \\ l &= \text{ขนาดของวัสดุ (m)}\end{aligned}$$

- สัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น (modulus of elasticity) หมายถึง อัตราส่วนความเค้นต่อความเครียดภายใต้ความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงระหว่างความเค้นและความเครียด

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (11)$$

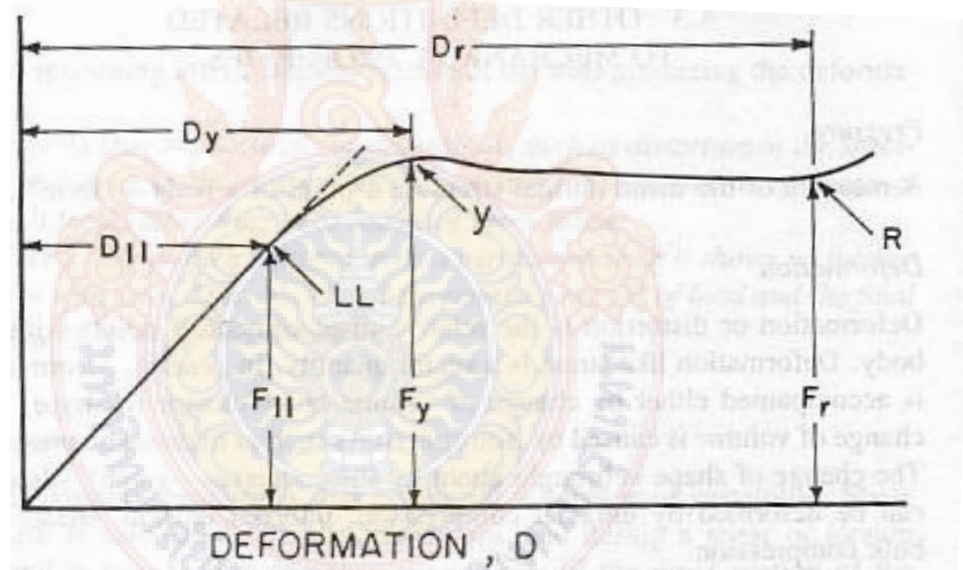
$$\begin{aligned}\text{เมื่อ } E &= \text{สัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น (N/m}^2\text{)} \\ \sigma &= \text{ความเค้น (N/m}^2\text{)} \\ \varepsilon &= \text{ความเครียด}\end{aligned}$$

- จุดชีวกลาก (bioyield point) หมายถึง จุดๆ หนึ่งบนกราฟความเค้นความเครียด (ภาพที่ 2.5) หรือ แรง การเปลี่ยนรูป (ภาพที่ 2.6) ซึ่งเมื่อเกิดการเปลี่ยนรูปเพิ่มขึ้นตรงจุดนั้น แรงอาจจะคงที่หรือลดลง ในวัสดุชีวภาพบางอย่าง bioyield point จะเป็นตัวกำหนดการเริ่มการแตกหักของเซลล์ ในโครงสร้างของวัสดุ bioyield point จะเกิดขึ้นที่จุดถัดไปจากจุดที่การยืดหยุ่นสิ้นสุดลงซึ่งเป็นจุดที่กราฟเริ่มโค้งออกจากแนวเส้นตรงเริ่มต้น



ภาพที่ 2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (stress) และความเครียด (strain)

ที่มา : Steffe (1996)



ภาพที่ 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง (force) และการเปลี่ยนรูป (deformation)

ที่มา : Mohsenin (1970)

- จุดแตก (rupture point) หมายถึง จุด ๆ หนึ่งบนกราฟความเค้น ความเครียด (ภาพที่ 2.5) หรือแรง การเปลี่ยนรูป (ภาพที่ 2.6) ซึ่งวัสดุถูกกระทำตามแนวแกนจนแตกในวัสดุทางชีวภาพการแตกดังกล่าวทำให้เกิดการแยกออกมาของผิววัสดุนั้น จากกราฟแรง การเปลี่ยนรูป rupture point ของตัวอย่างเกิดขึ้นที่จุดถัดไปจาก bioyield point

Ultimate strength หมายถึง ความเค้นที่ทำให้เกิด rupture point (σ_d ในภาพที่ 2.5)

Bioyield strength หมายถึง ความเค้นที่ทำให้เกิด bioyield point (σ_c ในภาพที่ 2.5)

- Toughness หมายถึง งานที่ใช้ทำให้เกิดการแตกในวัสดุ ซึ่งสามารถหาโดยการคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟความเค้น ความเครียด หรือแรง การเปลี่ยนรูป จนถึงจุดที่เป็น rupture point ในกรณีที่มา toughness โดยใช้กราฟความเค้น ความเครียด ต้องระบุขนาดของตัวอย่างและพื้นที่รับแรง

- Resilience หมายถึง ความสามารถของวัสดุในการเก็บพลังงานจากความเครียด (strain energy) ในช่วงการยืดหยุ่น (elastic range) ค่า resilience ของวัสดุคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟความเค้น ความเครียด หรือกราฟแรง การเปลี่ยนรูปจนถึงจุดที่การยืดหยุ่นสิ้นสุดลง ในกรณีทีเลือกกราฟความเค้น ความเครียดต้องระบุขนาดตัวอย่างและพื้นที่ผิวที่แรงกระทำ

2) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine สำหรับเครื่องวัดเนื้อสัมผัสอัตโนมัติ เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ จะได้ค่าที่แสดงออกมาจะเป็นกราฟระหว่างแรงต้านการสัมผัส กับเวลา ซึ่งกราฟที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันของตัวอย่างที่นำมาทดสอบทำให้ทราบถึงแรงที่มากที่สุดที่วัสดุตัวอย่างสามารถรับได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่ให้ความสำคัญกับเนื้อสัมผัส นอกจากนั้นการวัดเนื้อสัมผัสสามารถบอกความแก่อ่อนของผักและผลไม้บางชนิดได้อีกด้วย โดยอาศัยคุณสมบัติของผัก ผลไม้ คือเมื่อผักและผลไม้ยังแก่มากขึ้น ก็จะมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากขึ้น ดังนั้นเมื่อเราใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส วัดค่าความแข็งของผัก หรือผลไม้ ทำให้เราสามารถทราบถึงความแก่ อ่อน ของผลไม้ชนิดนั้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการส่งออก (ธงชัย, 2553)

2.3.2 การตรวจสอบคุณลักษณะเชิงประสาทสัมผัส

จากข้อมูลของไพโรจน์ (2545) การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) นับว่ามีบทบาทสำคัญมากในงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอุตสาหกรรมเกษตร โดยเฉพาะในด้านอาหาร รวมทั้งมีความสำคัญต่องานด้านเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ด้วย ตลอดจนได้เข้าไปมีบทบาทในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์เพราะเป็นเครื่องมือที่แสดงออกโดยทางอ้อมได้ชัดเจน เช่น รสชาติ กลิ่น สี และลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อมีการบริโภคอาหาร

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการประเมินทางประสาทสัมผัสมีประโยชน์อย่างมาก สำหรับการรักษาระดับคุณภาพ การปรับปรุงคุณภาพ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์และการสำรวจตลาดเพื่อหาความชอบผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปแล้วการประเมินทางประสาทสัมผัสมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- คัดเลือกหาผู้ตัดสินที่มีความสามารถ
- ศึกษาการยอมรับคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ของมนุษย์
- ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สึกลึกทางประสาทสัมผัสกับค่าที่วัดหรือ

วิเคราะห์ได้ทางเคมี และกายภาพ

- ศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในการเก็บรักษา
- ศึกษาผลกระทบต่อกระบวนการผลิต
- รักษาระดับคุณภาพของผลิตผลและวัตถุดิบ
- พยายามลดต้นทุนการผลิต
- ศึกษาปฏิกิริยาของผู้บริโภคในการหาความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์

สถาบันของนักเทคโนโลยีทางด้านอาหาร (The Institute of Food Technologists: IFT) ในหน่วยของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้คำนิยามของคำว่า “ประเมินทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)” ว่าเป็นกฎเกณฑ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อวัดค่าวิเคราะห์ผลและสรุปผลจากปฏิกิริยาต่าง ๆ ต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้รับจากความรู้สึกลึกของมนุษย์ในการมองเห็น การได้รับกลิ่น รสชาติ การสัมผัส และการได้ยิน เป็นต้น ผลของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์การรับรู้ผลิตภัณฑ์ว่ามีความเป็นเอกภาพและมีความสำคัญต่อการยอมรับของมนุษย์ได้ ปฏิกิริยาของมนุษย์ต่อผลิตภัณฑ์ที่สามารถที่จะอธิบายได้ในลักษณะที่คล้ายกับการวิเคราะห์ทางด้านเคมีกายภาพ และ/หรือทางด้านชีวภาพของผลิตภัณฑ์ และคำ นิยามดังกล่าวยังรวมถึงความจำเป็นที่ต้องใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์เพื่อการฝึกปฏิบัติเทคนิคการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสด้วย

2.3.2.1 ลักษณะทางประสาทสัมผัส

ผู้บริโภคหนึ่งๆสามารถเลือกผลิตภัณฑ์บนพื้นฐานของความรู้สึกลึกอย่างมีเหตุมีผลเบื้องต้นต่อลักษณะที่ยอมรับ และบนพื้นฐานของความคิดเห็นทั่วไปต่อความสอดคล้องของการใช้งาน การเลือกจะตั้งอยู่บนพื้นฐานของคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่

กำหนด มนุษย์มักจะใช้ความรู้ต่อลักษณะผลิตภัณฑ์หลาย ๆ อย่างเพื่อตัดสินใจในการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยรวม โดยทั่วไปการรับรู้ของมนุษย์มักพิจารณาในลักษณะดังนี้ตามลำดับ ลักษณะที่ปรากฏ (Appearance) กลิ่น (Odor) ลักษณะเนื้อสัมผัสและค่าความคงตัว (Texture and consistency) รสชาติ (Taste) กลิ่น (Flavor) และลักษณะต่างๆ ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสเหล่านี้จะประกอบกัน และแสดงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับจากผู้บริโภค ลักษณะเบื้องต้น (ลักษณะที่ปรากฏ ลักษณะทางกายภาพ และกลิ่น) เมื่อมีการประเมินทางคุณภาพด้านกลิ่น สิ่งแรกๆ ที่ผู้บริโภคจะคำนึงถึงคือการรับรู้ทางปากซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของลักษณะเนื้อสัมผัสและตามด้วยการดมและการได้รับรสชาติ อย่างไรก็ตามการยอมรับผลิตภัณฑ์ ในขั้นสุดท้ายอาจจะเกิดจากผลของปัจจัยของลักษณะที่ปรากฏ เช่น คำนิ ขนาด รูปร่าง เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ในวงจรได้ถูกนำมาพิจารณาอย่างครบถ้วนในการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสครั้งหนึ่ง ๆ

เนื่องจากการยอมรับของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับการรับรู้ของผู้บริโภค ดังนั้นการตระหนักถึงกระบวนการของผู้บริโภคต่อการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสจึงต้องมีการพิจารณาอย่างชัดเจนถึงลักษณะที่แตกต่างของผลิตภัณฑ์ในแง่ดังกล่าว จากเหตุผลข้างต้นความรู้ความเข้าใจของธรรมชาติและพฤติกรรมของลักษณะของผลิตภัณฑ์จะต้องถูกกำหนดเพื่อใช้ในการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส รวมทั้งสามารถพัฒนาเครื่องมือ (ผู้บริโภค) เพื่อใช้ในการวัดค่าอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.2.2 ปัจจัยลักษณะที่ปรากฏ

มนุษย์ในแต่ละคนจะมีวิธีการที่แตกต่างกันในการมองภาพการยอมรับผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ บางคนอาจจะพิจารณาถึงขนาด รูปร่างในเบื้องต้น บางคนอาจจะคำนึงถึงคำนิที่ผิดปกติของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่บางคนติดอยู่กับสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ ปฏิบัติการแรกเริ่มต่อผลิตภัณฑ์ขึ้นกับการสังเกตเห็นด้วยสายตาเป็นหลัก โดยปราศจากการใช้การสัมผัส แม้กระทั่งการรับรสชาติ ดังนั้นลักษณะที่ปรากฏทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จึงนับว่ามีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการยอมรับและการปฏิเสธของผู้บริโภค

1) สี ลักษณะที่ปรากฏทางด้านสีของผลิตภัณฑ์จะเป็นลักษณะแรกที่ทำให้ผู้บริโภคมีความสนใจในตัวผลิตภัณฑ์ แม้ว่าจะมีความหลากหลายในระดับของสีที่ปรากฏดังกล่าว โดยทั่วไปตำแหน่งสูงสุดของระดับสีจะอยู่ในช่วงสีส้มแดงจนถึงส้ม ความสนใจในด้านสีเป็นการตอบสนองจากการเรียนรู้ และสามารถที่จะใช้เป็นเครื่องมือวัดลักษณะที่ปรากฏได้อย่างดี เมื่อมนุษย์ได้รับผลิตภัณฑ์อย่างหนึ่ง มนุษย์จะมีความคิดทั่วไปบางอย่างเกี่ยวกับสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

2) **ความรู้สึกละเอียดที่สามารถสัมผัสด้วยนิ้วมือและปาก (Kinesthetics)** นิยามของคำว่า Kinesthetics เป็นความรู้สึกละเอียดจากปลายอวัยวะบริเวณของกล้ามเนื้อ เส้นเอ็น และข้อต่อต่างๆ สามารถถูกกระตุ้นโดยแรงตึงตัวของร่างกาย ในแง่ของการประยุกต์ให้เข้ากับความรู้สึกละเอียดของผู้บริโภค คำว่า Kinesthetics อาจจะอธิบายได้ในเชิงความรู้สึกละเอียดและการสัมผัสที่เกิดจากประสบการณ์ โดยการสัมผัสด้วยนิ้วมือและปาก ซึ่งรวมถึงลักษณะ เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) และความหนืด (Viscosity) หรือความคงตัว (Consistency) ในวงจรของ Kramer แสดงให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยในลักษณะที่ปรากฏเช่นเดียวกัน แม้ว่าจะปราศจากการสัมผัสหรือความรู้สึกละเอียดต่อวัตถุ ความคิดทั่วไปของคุณสมบัติทาง Kinesthetics ของมันก็สามารถแสดงได้บนพื้นฐานของประสบการณ์ที่เคยผ่านมาในอดีต จากการสังเกตแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์อาหารอาจจะสูญเสียตลาดไปไม่เฉพาะแต่บนพื้นฐานของการใช้ แต่บ่อยครั้งเกิดจากลักษณะที่ปรากฏทั่วไปของมันนั่นเอง ดังนั้นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งคือต้องมีการศึกษาและทราบถึงผลของลักษณะที่ปรากฏและปัจจัยความรู้สึกละเอียดของปฏิกริยาของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อย่างเด่นชัด

3) **ลักษณะเนื้อสัมผัส** เนื่องจากการตระหนักถึงลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งในผลิตภัณฑ์อาหาร การวิจัยมากมายจึงมุ่งเน้นในเรื่องดังกล่าวอย่างจริงจัง ลักษณะเนื้อสัมผัสแสดงให้เห็นว่ามีบทบาทที่สำคัญในการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ และเป็นดัชนีในการคาดคะเนถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์ระหว่างการบ่ม (Ripening) กระบวนการผลิต (Processing) การเก็บรักษา (Storage) การขนส่ง (Transport) และการกระจายผลิตภัณฑ์ (Distribution) เป็นต้น

4) **กลิ่นและรสชาติ** คำว่า Flavor เป็นการรวมคำสองคำไว้ด้วยกันคือคำว่า กลิ่น (Odor) และรสชาติ (Taste) ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญมากในผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นการวิเคราะห์ว่าผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคหรือถูกปฏิเสธจากผู้บริโภค

- **กลิ่น (Odor):** การกระตุ้นของการรับรู้กลิ่นมีผลต่อพื้นที่เล็กๆของเซลล์ที่รับรู้ที่มีสีเหลืองน้ำตาล ซึ่งอยู่บริเวณเพดานของจมูกด้านใน ซึ่งมนุษย์ส่วนมากสามารถรับรู้กลิ่นที่แตกต่างกันเป็นจำนวนมาก และก็เป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่ผู้บริโภคใช้ประกอบการตัดสินใจในการซื้อผลิตภัณฑ์นั้นๆ

- **รสชาติ (Taste; Chemical sense):** สิ่งที่จะรับรู้รสชาติคือปุ่มรับรสชาติ (Taste buds) ซึ่งอยู่บริเวณของลิ้น อย่างไรก็ตามบริเวณที่ตอบสนองต่อรสชาติถูกพบว่ามีอยู่บริเวณเพดานปากในช่องที่ติดต่อกับปากและช่องคอ อย่างไรก็ตามบริเวณที่มีการตอบสนองที่ดีที่สุดจะอยู่บนผิวด้านบนของลิ้นที่บริเวณปลายลิ้น ด้านข้างของลิ้น และด้านหลังของลิ้น ส่วนบริเวณกลางของลิ้นจะไม่มีสิ่งรับรสชาติเลย รสชาติหลัก 4 ประเภทได้แก่

(1) ความเปรี้ยว (Sourness) เป็นรสชาติที่ง่ายที่สุด สิ่งกระตุ้นรสชาตินี้คือกรด โดยเฉพาะ ไฮโดรเจนไอออน โดยทั่วไปถ้ามีปริมาณไฮโดรเจนไอออนมาก ยิ่งทำให้สารละลายมีความเปรี้ยวมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามบัฟเฟอร์ในสารละลายที่มีความเปรี้ยว อาจจะเปลี่ยนความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนอย่างเหมาะสม และทำให้เกิดรสชาติเปรี้ยวของตัวอย่าง

(2) ความหวาน (Sweetness) สิ่งกระตุ้นรสชาติหวานอย่างง่าย ๆ คือ น้ำตาล อย่างไรก็ตามสารประกอบมากมายที่มีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันจะมีรสชาติหวาน ตัวอย่างเช่น Lead salt, Saccharine, Cyclamates และ D-asparagine เป็นต้น

(3) ความเค็ม (Saltiness) โซเดียมคลอไรด์ หรือเกลือแกง เป็นสารที่ทำให้รสชาติเค็มและค่อนข้างสม่ำเสมอ เนื่องจากสารอนินทรีย์ที่ละลายได้เกือบทั้งหมดจะมีรสชาติหลากหลายเช่น ขม ค้าง หวาน และเค็มในส่วนผสมที่แตกต่างกัน

(4) ความขม (Bitterness) สารประกอบที่แตกต่างกันทางเคมีหลายชนิดจะมีรสชาติขม บางชนิดมีความขมมาก เช่น Alkaloids จำพวก Caffeine, Nicotine, Quinine และ Brucine เป็นต้น

2.3.2.3 ความเหมาะสมและความล่าในการทดสอบ

ความเหมาะสมและความเมื่อยล้าในการทดสอบของรสชาติหลักทั้งสี่ดังกล่าวข้างต้นนั้นจะมีความแตกต่างกัน

ความเค็ม ระหว่าง 24 ชนิดที่แตกต่างกันของเกลืออนินทรีย์ ความเหมาะสมของเกลือชนิดหนึ่งจะไม่มีผลกระทบต่อความไวกับเกลืออีกชนิดหนึ่ง

ความเปรี้ยว ความเหมาะสมของกรดชนิดหนึ่งจะลดความไวของผู้ทดสอบต่อกรดชนิดอื่นๆ เพราะสิ่งที่กระตุ้นความเปรี้ยวคือ ไฮโดรเจนไอออน การคืนตัวของความไวจะรวดเร็วทั้งนี้เพราะกรดปกติโดยทั่วไปส่วนใหญ่มักจะละลายและถูกล้างได้อย่างรวดเร็วพร้อมน้ำลาย ความเร็วและช่วงเวลาของการกระตุ้นสามารถถูกปรับโดยบัฟเฟอร์ที่มีในน้ำลายหรือในปากในเวลาเดียวกับที่ทดสอบ

ความหวาน ความเหมาะสมของสารให้ความหวานหนึ่ง ๆ อาจจะลดหรือไม่สามารถลดความไวของสารให้ความหวานชนิดอื่น ๆ ได้ น้ำตาลและสาร Saccharine ไม่ทำให้ความไวของการทดสอบล้าเมื่อมีการทดสอบสารให้ความหวานอื่น ๆ ต่ออีก การคืนตัวของความไวสำหรับน้ำตาลบางชนิดจะเร็วกว่าสารให้ความหวานชนิดอื่นๆ

ความขม รสชาติความขมอาจจะทิ้งร่องรอยของความรู้สึกขมไว้นานพอควรมากกว่ารสชาติพื้นฐานอื่นๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ทั้งนี้เพราะสารให้ความขมส่วนมากจะมีความ

เหมาะสมต่อผิวหนังและต่อ Taste buds ของมัน ความคมอาจจะคงรสชาติอยู่มากกว่า 1 นาที แม้ว่าจะมีการล้างแล้วก็ตาม

ผู้ทดสอบแต่ละคนมีความแตกต่างในการรับรู้รสชาติจากความเข้มข้นต่ำสุดที่ได้รับ ผู้ทดสอบที่มีความไวเกือบทั้งหมดสามารถตรวจสอบความเข้มข้นของสารในปริมาณ 1/50 เช่นเดียวกับผู้ทดสอบที่มีความไวน้อยกว่า การวิเคราะห์ของระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ผู้บริโภครับรู้ได้จะมีความผันแปรไปขึ้นกับวิธีทดสอบที่ใช้ ดังนั้นวิธีที่ใช้ทดสอบจะต้องทำ ความเข้าใจอย่างชัดเจนเมื่อมีการใช้ค่าดังกล่าวรายงาน ความผันแปรส่วนใหญ่ของผู้ทดสอบแต่ละท่านอาจจะเกิดขึ้นระหว่างวันหนึ่ง ๆ และจากวันหนึ่งสู่อีกวันหนึ่ง

ข้อสรุปกล่าวคือกลิ่นและรสชาติเป็นความรู้สึกที่ไม่สามารถเข้าใจอย่างถ่องแท้เช่นเดียวกับความรู้สึกในการได้ยินและการมองเห็น ดังนั้นจึงมีความยากในการประเมิน อย่างไรก็ตามการขาดความเข้าใจในสิ่งจำเป็นจะต้องผลักดันในการพัฒนาเทคนิคการประเมินทางด้านการประสาทสัมผัสเป็นการเฉพาะ ซึ่งมีความจำ เป็นอย่างยิ่งเพราะเครื่องมือทางเคมีกายภาพที่แม่นยำถูกต้องยังไม่สามารถสร้างได้อย่างสมบูรณ์แบบต่อการทดสอบกลิ่นและรสชาติของผู้บริโภค ในปัจจุบันนี้มีการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถใช้ได้อย่างดี และเทคนิคทาง Chromatographic techniques เพื่อสร้างความมั่นใจในการทดสอบกลิ่นและรสชาติในอนาคตให้ดียิ่งขึ้น

2.3.3 การตรวจสอบทางจุลชีววิทยา

การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยามุ่งเน้นเรื่องความสะอาดและปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอาหารซึ่งอาจมีอันตรายต่อผู้บริโภค เชื้อจุลินทรีย์ที่มักปนเปื้อนมาในอาหาร คือ(ศิริลักษณ์, 2525; สถาบันอาหาร, 2551; สำนักอนามัยกรุงเทพมหานคร, 2552; คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 2549)

2.3.3.1 เชื้อรา (Molds)

รูปร่างลักษณะ เชื้อราจะอยู่ในพวกพืชชั้นต่ำพวก fungi ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นประกอบด้วยหลายเซลล์ เมื่อเจริญบนอาหารจะมองเห็นมีลักษณะเป็นปุย ส่วนสำคัญซึ่งเจริญเติบโตให้เราเห็นมักจะมีสีขาว แต่อาจจะมีสีอื่นหรือสีคล้ำได้ ราที่แก่เต็มที่บางชนิดจะสร้างเกราะ(spore) ซึ่งมีสีต่างกัน และทำให้เรามองเห็นรานั้นเป็นสีต่างๆด้วย

คุณประโยชน์และโทษ คนเราใช้ราในขบวนการผลิตอาหารหลายอย่าง เช่น ใช้ในขบวนการผลิตเนยแข็ง เพื่อทำให้มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะ เช่น ในเนยแข็งพวก Blue cheese, Roguefort, Cemembert ฯลฯ ใช้ในการทำน้ำซอว์หรือน้ำซอสจากถั่วเหลือง ใช้ในการทำเต้าเจี้ยว เต้าหู้ยี้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารบางอย่างที่ใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร เช่น

ผลิต amylase ซึ่งใช้ในการทำขนมปัง ผลิต citric acid ใช้ในการทำเครื่องดื่ม สำหรับโทษที่เกี่ยวกับอาหารนั้นคือทำให้อาหารบูดและเน่าเสีย

2.3.3.2 ยีสต์ (Yeast)

รูปร่างลักษณะ เชื้อยีสต์เป็นพืชจัดอยู่ในจำพวก fungi มีเซลล์เดียว ไม่มีคลอโรพลาสต์ลักษณะรูปร่างมีหลายแบบ เช่น กลม รูปไข่ รูปคล้ายลูกมะนาวและรูปทรงกระบอก เป็นต้น

คุณประโยชน์และโทษ ยีสต์สามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ชนิดดื่มได้ ดังนั้นจึงใช้ในการทำขนมปังโดยอาศัยประโยชน์จากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่สร้างขึ้น นอกจากนี้ยังใช้ในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และผลิตแอลกอฮอล์สำหรับใช้ประโยชน์ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น พวกเบียร์ ไวน์ อาหารใช้ยีสต์ช่วยในกระบวนการผลิตได้แก่ น้ำส้ม เนยแข็ง น้ำขาว บางแห่งมีการเลี้ยงยีสต์เพื่อสกัดเอาเอนไซม์ และบางแห่งเลี้ยงเพื่อใช้ในอาหารเสริมธาตุอาหาร สำหรับโทษจากยีสต์ก็ได้แก่การทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ และเกิดการเน่าเสียใน กะหล่ำปลีดอง น้ำผลไม้ น้ำเชื่อม น้ำเชื่อมกาน้ำตาล น้ำผึ้ง เยลลี่ เนื้อ ไวน์ เบียร์ เป็นต้น ป้องกันและกำจัดได้โดยการหมักวันก่่ามะถัน

2.3.3.3 ซาลโมเนลลา (Salmonella)

ซาลโมเนลลา เป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะเป็นรูปท่อน เคลื่อนที่โดยใช้แฟลเจลลารอบเซลล์ ต้องการออกซิเจนในการเติบโต อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติบโตอยู่ที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส และที่ช่วง pH ระหว่าง 4.1-9.0 เชื้อซาลโมเนลลา มีความสามารถในการทนความร้อนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์และผลจากสิ่งแวดล้อมที่เติบโต

ซาลโมเนลลา จะปะปนมากับอาหารประเภทเนื้อ เช่น พายเนื้อ ไส้กรอก แฮม เบคอน แชนวีซ และมักเป็นอาหารที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ปลาและอาหารทะเลที่ไม่ได้ผ่านความร้อนอย่างเพียงพออาหารสุกๆ ดิบๆ ไม่ว่าจะเป็นแฮม ลาบ ยำ ปูเค็ม ปูดอง ผักสด เป็นต้น

อันตรายของเชื้อ ซาลโมเนลลา ซาลโมเนลลา เป็นแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเป็นพิษที่เรียกว่า Salmonellosis อาการจะเกิดขึ้นหลังบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนไปแล้วประมาณ 6 – 48 ชั่วโมง จะมีอาการ คือ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดิน ปวดศีรษะ ปวดท้อง มีไข้ หนาวสั่น และอ่อนเพลีย โดยความรุนแรงของอาการจะขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่บริโภค และความต้านทานโรคของผู้บริโภค

2.3.3.4 สแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus)

สแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส เป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะกลม เรียงตัวเป็นกลุ่ม คล้ายพวงองุ่น หรือเป็นคู่ หรือเป็นสายสั้นๆ ไม่เคลื่อนที่ เจริญเติบโตได้ดีในสภาพมีออกซิเจน

มากกว่าในสภาพไม่มีออกซิเจน อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 35 - 40 องศาเซลเซียส และช่วง pH ระหว่าง 7 - 7.5

สเตปฟีโลคอคคัส ออเรียส จะปนเปื้อนกับอาหารประเภทเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ เนื้อสัตว์ปีกและผลิตภัณฑ์จากไข่ อาหารประเภทสลัด เช่น ไข่ ทูน่า เนื้อไก่ มันฝรั่ง และมักกะโรนี ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ครีมพาย แอแคลร์ ช็อกโกแลต และผลิตภัณฑ์นม ที่เก็บไว้เป็นเวลานานก่อนรับประทาน

อันตรายของเชื้อ สเตปฟีโลคอคคัส ออเรียส สเตปฟีโลคอคคัส ออเรียส บางสายพันธุ์สามารถสร้างสารพิษ คือ เอนเทอโรทอกซิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทนต่อความร้อนได้ดี อาการที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยคือ คลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียน เป็นตะคริวในช่องท้องและอ่อนเพลีย

2.3.3.5 กลอสตริเดียมเพอร์ฟริงเจนส์ (*Clostridium perfringens*)

กลอสตริเดียมเพอร์ฟริงเจนส์ สามารถสร้างสปอร์ได้และไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต อาหารที่มักพบเชื้อนี้คือ สตู พายไก่และพายเนื้อ เป็นต้น ถ้าหากพบเชื้อนี้มากแสดงให้เห็นว่าอาหารนั้นทำมาจากอาหารดิบที่มีการปนเปื้อนของเชื้อ ซึ่งเชื้อประเภทนี้ทนต่อสิ่งแวดล้อมได้นานกว่าเชื้อชนิดอื่น ๆ เนื่องจากมีสปอร์ หากในอาหารพบเชื้อนี้อาจแสดงว่าอาหารนั้นถูกปนเปื้อนด้วยอุจจาระมาแล้ว

อันตรายของเชื้อ กลอสตริเดียมเพอร์ฟริงเจนส์ กลอสตริเดียมเพอร์ฟริงเจนส์ อาการของผู้ที่ได้รับเชื้อนี้ คือ ผู้ป่วยจะเกิดภาวะอุจจาระร่วงปานกลางถึงรุนแรง มักปวดท้องบริเวณลิ้นปี่ แต่มักไม่ค่อยมีไข้หรืออาเจียน

2.3.3.6 เอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*)

เอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*) เป็นแบคทีเรียที่มักปนเปื้อนมากับน้ำที่ไม่สะอาด และมักพบในอาหารพวกแฮมเบอร์เกอร์ที่ผลิตเพื่อรับประทานเองในบ้าน

อันตรายของเชื้อ เอสเชอริเชีย โคไล เอสเชอริเชีย โคไล เป็นแบคทีเรียกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (*Enterohaemorrhagic E. coli, EHEC*) มีสายพันธุ์ที่สำคัญได้แก่ เอสเชอริเชีย โคไล 0157:H7 (*Escherichia coli* 0157:H7) ซึ่งสามารถสร้างสารพิษได้ เชื้อชนิดนี้จะไม่เจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส และไม่ทนต่อความร้อน หลังบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนของเชื้อจะทำให้เกิดอาการปวดท้องอย่างรุนแรงท้องเสีย อาเจียนด้วย ตัวไม่ร้อน

2.3.4 การทดสอบทางเคมี

2.3.4.1 การออสโมซิส (osmosis)

ออสโมซิส การแพร่ของของเหลวหรือการแพร่ของน้ำผ่านเยื่อทางเลือกผ่าน (differentially permeable membrane) โดยหลักการแพร่ทั่ว ๆ ไปคือ น้ำจะแพร่จากบริเวณที่มีความหนาแน่นของน้ำมาก (สารละลายเจือจาง) ไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นของน้ำน้อย (สารละลายเข้มข้น) จนกระทั่งถึงจุดสมดุล เมื่ออัตราการแพร่ผ่านเยื่อเลือกผ่านไปและกลับมีค่าเท่า ๆ กัน โดยการทดสอบแรงดันออสโมซิสสามารถวัดอัตราการแพร่ได้ด้วยเครื่อง ออสโมมิเตอร์ (osmometer) (ชลธิชา, 2554)

2.3.4.2 การตรวจสอบปริมาณกรดในน้ำส้มสายชู

สารละลายและสารเคมีที่ใช้

- (1) สารละลายค่ามาตรฐานเข้มข้น 0.5 นอร์มัล
- (2) สารละลายฟีนอล์ฟทาเลิน

วิธีวิเคราะห์

นำตัวอย่างน้ำส้มสายชู 10 มิลลิลิตร ทำให้เจือจางด้วยน้ำซึ่งต้มเดือดแล้วทำให้เย็นใหม่ ๆ จนกระทั่งได้เป็นสารละลายสีจาง ไตเตรตด้วยค่า 0.5 นอร์มัล ใช้ฟีนอล์ฟทาเลินเป็นอินดิเคเตอร์ (indicator) คำนวณหาปริมาณของกรดจากค่าของค่า 0.5 นอร์มัล 1 มิลลิลิตร ซึ่งเท่ากับกรดอะซิติก 0.030 กรัม (มอก. น้ำส้มสายชู, 2517)

2.3.4.3 การทดสอบสารละลายกรด – ด่าง

การทดสอบสารละลายกรด – ด่าง ของสารต่างๆที่ใช้ในบ้าน จะทดสอบกับสารที่เรียกว่า อินดิเคเตอร์ (Indicators) ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือสารที่สมบัติเป็นกรด เป็นด่าง และเป็นกลาง อินดิเคเตอร์ที่ใช้ได้แก่ กระดาษลิตมัส, ยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ และเครื่องตรวจสอบค่า pH ซึ่งเมื่อทดสอบจะได้ผลดังนี้ (แก้วกานต์, 2548)

1) ใช้กระดาษลิตมัส

- สารที่เป็นกรด จะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน
- สารที่เป็นด่าง จะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง
- สารที่เป็นกลาง จะไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส

2) ใช้ยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ กรด- ด่าง จะทำให้กระดาษ ยูนิเวอร์แซล

อินดิเคเตอร์ เป็นสีต่าง ๆ ที่ค่า pH ต่างกัน ทำให้ทราบได้ว่าสารใดเป็นกรด ด่าง หรือ กลาง และสามารถทราบค่า pH ของสารได้อย่างคร่าว ๆ

3) ใช้เครื่องตรวจสอบ pH (pH meter)

การตรวจสอบด้วย pH meter ทำให้ทราบค่า pH ที่แน่นอน สามารถบอกสมบัติความเป็นกรด – ด่างได้ชัดเจน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

- ค่า pH ต่ำกว่า 7.0 สารมีสมบัติเป็นกรด
- ค่า pH เท่ากับ 7.0 สารมีสมบัติเป็นกลาง
- ค่า pH มากกว่า 7.0 – 14.0 สารมีสมบัติเป็นด่าง

4) การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

Titrateable acidity หมายถึง ปริมาณกรดทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารที่ได้จากการไตเตรทสารละลายอาหารตัวอย่างด้วยสารละลายเบสมาตรฐาน (ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน) โดยใช้การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เป็นตัวบ่งชี้จุดยุติของไตเตรท ในการคำนวณ titrateable acidity จะคำนวณเทียบในรูปของกรดที่พบเป็นส่วนใหญ่ในอาหารนั้น ผักและผลไม้จะพบกรดซิตริกและกรดมาลิกเป็นส่วนมาก ชนิดของกรดที่มีปริมาณมากจะเปลี่ยนแปลงตามความแก่อ่อนของผลไม้ เช่น พบกรดมาลิกมากในองุ่นแก่ แต่พบกรดทาร์ทาริกมากในองุ่นสุก ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดโดยวิธีการ ไตเตรทไม่สามารถบอกได้ว่าในอาหารมีกรดอ่อนหรือกรดแก่เล็กน้อยเพียงใด นอกจากจะหาปริมาณไฮโดรเจนไอออนที่แตกตัวออกมาซึ่งทราบจากค่า pH

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ganasen and Benjakul (2010) ได้ทำการศึกษาผลของสารที่มีประจุบวกเดี่ยวและคู่ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างทางจุลภาคของไข่แดงในไข่เยี่ยวม้า โดยใช้ไข่เป็ดที่ผ่านการทำความสะอาดและนำไปคองในสารละลายน้ำดอง 1 Kg ที่ประกอบด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 42 g เกลือ (NaCl) 50 g และซาเจียว 20 g จากนั้นเติมสารประจุบวกคู่ ได้แก่ CaCl_2 , MgCl_2 และประจุเดี่ยว KCl ที่ความเข้มข้นระดับคือ 2 และ 5 g ต่อสารละลาย 1 kg และเปรียบเทียบกับการผลิตไข่เยี่ยวม้าทางการค้าที่ใช้ PbO_2 หรือ ZnCl_2 2 g คองเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าค่าความแข็ง, อัตราส่วนของความแข็ง ปริมาณเกลือและค่าความเป็นกรดต่างของไข่แดงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างช้าๆ ในทางกลับกันปริมาณความชื้น, ความแน่นเนื้อ (cohesiveness) และความยืดหยุ่น (adhesiveness) มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการคองเพิ่มขึ้นจนถึง 6 สัปดาห์ (โดยไม่คำนึงถึงผลของสารที่มีประจุบวก) ในส่วนของค่าสี ค่า L^* , b^* ของภายในและ a^* ของภายนอกไข่แดงมีค่าลดลงในขณะที่ค่า L^* , b^* ของภายนอกและ a^* ของภายในไข่แดงมีค่าเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ซึ่งไข่แดงของไข่เยี่ยวม้าที่มีการเติม PbO_2 ที่ระดับ 2 g พบว่าค่าความแข็ง, ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นมีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่เมื่อเติม ZnCl_2 หรือ CaCl_2 ที่ระดับ 2 g ให้ค่า

อัตราส่วนความแข็งและความยืดหยุ่นที่สูงกว่า แต่ค่าความแน่นเนื้อต่ำกว่าการเติมสารอื่น และผลที่ได้จากการส่องกล้องจุลทรรศน์ชนิด Confocal laser scanning microscope ซึ่งให้เห็นว่ามีการคายน้ำมากขึ้นและการปลดปล่อยของไขมันที่เกิดขึ้นในระหว่างการคองของไข่แดงภายในระยะเวลา 6 สัปดาห์

Ganasen and Benjakul (2011) ได้ศึกษาผลของชาเขียวและชาจีนต่อคุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบของไข่ขาวในไข่เยี่ยวม้า โดยไข่ไข่เป็ดที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วนำไปคองในสารละลายน้ำคองที่ประกอบด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ เกลือ และ ZnCl_2 4.2, 5 และ 0.2 % ตามลำดับ ร่วมกับชาเขียวและชาจีนสองระดับคือ 2 และ 5% โดยปริมาตร คองที่อุณหภูมิห้อง (28-30 °C) พบว่าค่าความแข็ง ความแน่นเนื้อ (cohesiveness) and และความยืดหยุ่น (adhesiveness) ของไข่ขาวในไข่เยี่ยวม้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในระหว่างการคองและลดลงในช่วงต่อมา โดยไม่คำนึงถึงชนิดและปริมาณของชาที่ใช้ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 และ 294 nm และค่าความเป็นกรดต่างของไข่ขาวมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการคองที่มากขึ้น นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าลดลง ในขณะที่ค่า a^* และ b^* มีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยชนิดของชาส่งผลให้ค่าความเป็นสีน้ำตาลในไข่ขาวมีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งชาจีนจะมีค่าสูงกว่าชาเขียว ในขณะที่ปริมาณการใช้ของชาทั้งสองชนิดที่ระดับ 2 และ 5 % ให้ค่าไม่แตกต่างกัน

Richard and Cutter (2011) ได้ทำการศึกษากระบวนการคองไข่ต้มสุก (Hard Cooked Eggs; HCEs) ต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร ทำการทดลองโดยผสมสารละลายที่ประกอบด้วยเชื้อ *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* และ *Escherichia O157: H7* ความเข้มข้น $8 \log_{10}$ cfu/ ml ลงไปบนไข่ต้ม เป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้ได้เชื้อพบพื้นผิวของไข่ต้มสุกไม่น้อยกว่า $6.55 \log_{10}$ cfu /g จากนั้นนำไปคองในสารละลายซึ่งประกอบด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.99–1.1 mol/L และสารละลายเกลือความเข้มข้น 1.2–1.4 mol/L เป็นเวลา 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (20-22 °C) และบรรจุในสารละลายซึ่งประกอบด้วยกรดอะซิติกและสารละลายเกลือความเข้มข้น 0.68–0.73 mol/L และ 1.3–1.5 mol/L ตามลำดับ พบว่าการคองและการเก็บรักษาที่สภาวะดังกล่าวส่งผลให้จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในไข่ลดลงได้มากกว่า $4.85 \log_{10}$ cfu /g ภายในเวลา 96 ชั่วโมง (20-22 °C)

Hagiwara and Yoshihide (2000) ได้จัดสิทธิบัติเกี่ยวกับกระบวนการผลิตไข่คองในรูปแบบผง ซึ่งโดยทั่วไปไข่คองถูกเตรียมแช่ไข่ไว้ในน้ำส้มสายชูลงและคองทิ้งไว้ 5 ถึง 10 วัน ซึ่งระยะเวลาในการคองจะส่งผลต่อรสชาติและการเก็บรักษาของไข่คอง โดยระยะเวลาในการคองที่เพิ่มมากขึ้น

จะทำให้ไข่แดงมีรสชาติที่ไม่อร่อย และมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่จำกัด และไข่แดงที่ทำจากไข่ดิบเมื่อเก็บไว้นานๆจะทำให้เกิดสเปรี้ยวและเหม็น ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาคือการให้ความร้อนเพื่อทำการฆ่าเชื้อแก่ไข่ แต่การให้ความร้อนโดยตรงจะทำให้โปรตีนเสียรูป จึงมีการคิดค้นวิธีการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในไข่แดงโดยวิธีใหม่คือการทำให้เป็นผงด้วยความร้อน (spray-dried) ซึ่งจะช่วยในเรื่องของกลิ่นและรสเปรี้ยวที่ลดลงทำให้ง่ายต่อการบริโภคมากขึ้น ทำให้ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการ spray-dried อยู่ที่ $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาอยู่ที่ 0 ถึง $50\text{ }^{\circ}\text{C}$



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบและวัสดุสิ้นเปลือง

- 3.1.1.1 ไข่ไก่ (เบอร์ 1)
- 3.1.1.2 น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวหอมมะลิ (บริษัท โซชิฟู้ดส์)
- 3.1.1.3 ฝาง
- 3.1.1.4 ดอกอัญชัน
- 3.1.1.5 ตะไคร้
- 3.1.1.6 ใบเตย
- 3.1.1.7 น้ำตาลทรายแดง
- 3.1.1.8 เกลือ
- 3.1.1.9 น้ำเปล่า

3.1.2 สารเคมี

- 3.1.2.1 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล
- 3.1.2.2 ฟีนอล์ฟทาลินเข้มข้น 1 %

3.1.3 อุปกรณ์

- 3.1.3.1 อุปกรณ์ทำครัว
- 3.1.3.2 โหลแก้วมีฝาปิด
- 3.1.3.3 บีกเกอร์ขนาด 100, 500, และ 1000 มิลลิลิตร
- 3.1.3.4 บิวเรต
- 3.1.3.5 ปิเปต
- 3.1.3.6 เทอร์โมมิเตอร์
- 3.1.3.7 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

3.1.4 วัสดุอุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

3.1.4.1 อุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

1) เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Universal Testing Machine ยี่ห้อ Instruments รุ่น LR5K)

2) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter) ยี่ห้อ Satorius รุ่น RS12_pH

3) เครื่องวัดสี รุ่น Miniscan EZ

3.1.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในทดสอบทางประสาทสัมผัส

1) ถ้วยพลาสติก ขนาด 1 ออนซ์

2) ถาด

3) แก้วน้ำ

4) ช้อน

5) กระดาษทิชชู

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมไข่ต้มสำหรับการดอง

3.2.1.1 เลือกไข่ไก่ที่สะอาด เป็นไข่ไก่ที่มีอายุการเก็บรักษาอย่างน้อย 7 วันมาแล้ว

3.2.1.2 นำไข่ไก่ใส่หม้อ เติมน้ำเย็น ใส่เกลือเล็กน้อย นำไปตั้งไฟ (ใช้ไฟปานกลาง) ต้มเป็นระยะเวลา 15 นาที

3.2.1.3 นำไข่ที่ผ่านการต้มแล้วลงไปแช่ในน้ำเย็นจากนั้นปอกเปลือกไข่

3.2.2 การหาสูตรพื้นฐานของน้ำดองสำหรับการดอง

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาสัดส่วนของสารละลายน้ำส้มสายชู ที่เหมาะสมกับการดอง สารละลายน้ำดองประกอบด้วย น้ำ น้ำส้มสายชูหมัก เกลือ และน้ำตาลทรายแดง โดยสัดส่วน องค์ประกอบของน้ำดองแปรเปลี่ยนตามปริมาณน้ำส้มสายชูหมักและน้ำเป็นหลักดังแสดงในตาราง ที่ 3.1 การทดลองเป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนของสารละลายน้ำคองสูตรพื้นฐาน

สูตรที่	ปริมาณสารละลายสูตรพื้นฐาน (%)			
	น้ำส้มสายชู	น้ำ	เกลือ	น้ำตาลทรายแดง
1	26.67	66.67	1.33	5.33
2	22.37	69.93	1.53	6.15
3	21.42	71.42	1.42	5.71
4	18.21	73.68	1.62	6.48
5	15.38	76.92	1.53	6.15

3.2.2.1 การเตรียมน้ำคอง

- 1) ตวงปริมาณเกลือ น้ำตาลทรายแดง น้ำ และส้มสายชูตามสูตรที่เตรียมไว้
- 2) ผสมเกลือและน้ำตาลทรายแดงและน้ำลงในหม้อ นำไปตั้งไฟ (ใช้ไฟปานกลาง) คนให้เกลือและน้ำตาลทรายแดงละลายเข้าด้วยกันพร้อมวัดอุณหภูมิ ในขณะเดียวกันนำไข่ที่ต้มไว้ในข้อที่ 3.2.1 มาลวกน้ำร้อนอีกครั้งเพื่อฆ่าเชื้อโรค นำไข่ที่ลวกแล้วใส่ลงในโหลแก้วที่ผ่านการลวกฆ่าเชื้อโรค
- 3) เมื่ออุณหภูมิของสารละลายเท่ากับ 100 °C นำลงจากเตาแก๊ส แล้วทำการลดอุณหภูมิจนเหลือ 80 °C รินน้ำส้มสายชูลงไปทันที คนให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำน้ำคองที่ได้รินลงในโหลที่ใส่ไข่รอไว้แล้ว ปิดฝานำไปแช่ตู้เย็นเป็นระยะเวลา 14 วัน
- 4) ทำการทดสอบชิมไข่หลังจากคองเป็นระยะเวลา 14 วันโดยผู้ทำการทดลอง แล้วเลือกสูตรที่ดีมา 4 สูตร

3.2.2.2 การทดสอบความชอบแบบเรียงลำดับ (ranking test)

นำสูตรที่ได้ทั้ง 4 สูตรจากข้อ 3.2.2.1 มาทำการคองไข่อีกครั้งตามขั้นตอนข้างต้นเมื่อคองไข่ครบกำหนดระยะเวลา 14 วัน ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคโดยวิธีเรียงลำดับ (ranking test) โดยในขั้นตอนนี้เป็นการสำรวจความชอบของผู้บริโภคต่อไข่คอง เพื่อให้ได้สูตรที่ได้รับความนิยมมากที่สุด มาพัฒนาทางด้านสีและกลิ่นต่อไป ในการทดสอบจะใช้ตัวอย่างในการทดสอบจำนวน 4 ตัวอย่าง ซึ่งผู้ทดสอบจะเรียงลำดับความเข้มข้นของตัวอย่างความชอบโดยรวมของไข่คองสูตรต่างๆ ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

- 1) นำไข่คองในแต่ละสูตรใส่จานที่เตรียมไว้ดังภาพที่ 3.1 โดยขึ้นไข่คองแต่ละสูตรจะถูกจัดวางไว้ในถ้วยพลาสติกมีการเขียนอักษรรหัสกำกับไว้ที่ได้ด้วยทุกถ้วย อักษร

รหัสบอกถึงสูตรแต่ละสูตร โดยที่ผู้ทดสอบไม่สามารถมองเห็นได้ขณะทำการทดสอบ อักษรรหัสเป็นดังนี้

รหัส 0001 คือ สูตรที่ 2

รหัส 0002 คือ สูตรที่ 3

รหัส 0003 คือ สูตรที่ 4

รหัส 0004 คือ สูตรที่ 5



ภาพที่ 3.1 การจัดวางชุดทดลอง

2) ให้ผู้บริโภคระเมินความชอบโดยรวมที่มีต่อไข่แดงทั้ง 4 สูตร โดยการเรียงลำดับความชอบจากน้อยไปมาก ดังภาพที่ 3.2

3) นำผลการประเมินมาคำนวณค่า R-index และวิเคราะห์ทางสถิติแบบ 2-tailed test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้สูตรที่มีรสชาติดีที่สุดเพียง 1 สูตร



ภาพที่ 3.2 การเรียงลำดับความชอบจากน้อยไปมาก

3.2.3 การพัฒนาสีและกลิ่นรสของไข่แดง

การทดลองนี้เป็นการเพิ่มสีและกลิ่นรสของไข่แดง โดยใช้สีและกลิ่นรสที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย แก่นฝาง ดอกอัญชัน พริกชี้ฟ้า ตะไคร้และใบเตย การเตรียมสารละลายทำดังต่อไปนี้

3.2.3.1 การเตรียมน้ำแดงที่ให้สี

- 1) เตรียมสีจากแก่นฝางโดยใช้อัตราส่วน แก่นฝาง 1 กรัมต้มกับน้ำ 20 กรัม ต้มจนกว่าสีจากแก่นฝางสีจางลงโดยใช้ไฟปานกลางจะได้สีน้ำที่มีสีส้มเจือจาง
- 2) เตรียมสีจากดอกอัญชันโดยใช้อัตราส่วน ดอกอัญชัน 1 กรัมต้มกับน้ำ 15 กรัม ต้มจนกว่าสีจากดอกอัญชันสีจางลงโดยใช้ไฟปานกลางจะได้สีน้ำเงิน

3.2.3.2 การเตรียมน้ำแดงที่ให้กลิ่นรส

- 1) เตรียมกลิ่นรสจากพริกชี้ฟ้าโดยหั่นเป็นชิ้นๆ จำนวน 25 กรัม ต้มพร้อมกับน้ำแดง
- 2) เตรียมกลิ่นรสจากตะไคร้-ใบเตยโดยตะไคร้หั่นเป็นชิ้นๆ จำนวน 25 กรัม ต้มพร้อมกับน้ำใบเตยที่ปั่นและคั้นเอาน้ำใช้อัตราส่วน ใบเตย 1 กรัมต้มกับน้ำ 5 กรัม

3.2.3.3 นำน้ำคองที่ให้สีและกลิ่นรสมาคองไข่เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อครบกำหนดเวลาให้นำไข่ที่คองไว้มาพิจารณาสี กลิ่นรสโดยผู้ทำการทดลอง เลือกสูตรที่เหมาะสมของสีและกลิ่นรมาอย่างละ 1 สูตร

3.2.4 การทดลองสูตรปรุงแต่ง

การทดลองนี้เป็นการทำสูตรปรุงแต่งที่มีการผสมผสานระหว่างสีและกลิ่นรมาด้วยกัน จากผลการทดลองในข้อ 3.2.3 ได้สีที่เหมาะสมคือจากดอกอัญชันและกลิ่นรจากพริกชี้ฟ้า มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.4.1 เตรียมน้ำคองที่มีส่วนผสมของพริกชี้ฟ้าและน้ำอัญชันดังตารางที่ 3.2

3.2.4.2 คองไข่ที่เตรียมไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคแบบเรียงลำดับ (ranking test) ตามข้อ 3.2.2.2 เพื่อให้ได้สูตรที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนของสารละลายน้ำคองสูตรปรุงแต่ง

สูตรที่	ปริมาณส่วนผสมน้ำคอง (%)	
	น้ำอัญชัน	พริก
1	95	5
2	94	6
3	93	7

3.2.5 คุณสมบัติของไข่คองตลอดระยะเวลาการคอง

การทดลองนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของไข่คองสูตรที่ได้จากสูตรที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.2.2 และ ข้อ 3.2.4 โดยทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 6 วัน ในวันที่ 1, 7, 14, 21 และ 28 ของระยะเวลาการคองเทียบกับไข่ต้มก่อนการคองและน้ำคองเริ่มต้น โดยมีการตรวจวัดดังต่อไปนี้

3.2.5.1 การตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ

1) การวัดสี

ตัวอย่างไข่จำนวน 2 ฟองมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี รุ่น Miniscan EZ วัดค่า CIE L*, a*, b* (CIELAB)

2) การทดสอบความแข็ง

การทดสอบความแข็งของไข่ โดยทำการสุ่มตัวอย่างไข่มา 5 ฟอง นำมา แยกไข่ขาวและไข่แดง ใช้บล็อกทรงกระบอกกดไข่ขาวให้ได้รูปทรงกระบอก ตัดให้ผิวเรียบทั้งสอง ด้านให้มีความสูง 11 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ส่วนไข่แดงให้วัดความสูงของไข่ ตัด ส่วนโค้งด้านหนึ่งให้มีฐานเรียบมีความสูงจากฐานถึงยอดของไข่แดงประมาณ 25 มิลลิเมตร นำ ตัวอย่างไข่ขาวและไข่แดงมากดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Universal Testing Machine) ด้วยหัวกด แบบกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร กดไข่ขาวให้เสียรูปจนถึง 65%ของความสูง กดไข่แดงให้เสียรูปจนถึง 70%ของความสูง โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดัง ภาพที่ 3.3



a) ไข่แดง

b) ไข่ขาว

ภาพที่ 3.3 การทดสอบความแข็ง

3.2.5.2 การตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมี

1) การหาปริมาณโปรตีน

สุ่มตัวอย่างไข่จำนวน 15 ฟอง ส่งตรวจวัดปริมาณโปรตีนที่ศูนย์ค้นคว้า และพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

2) การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธีของ AOAC (2000) โดยมี ขั้นตอนดังนี้

สุ่มตัวอย่างไข่จำนวน 2 ฟอง มาบดให้เป็นเนื้อเดียวกันแยกไข่แดงและ ไข่ขาว จากนั้นชั่งตัวอย่างจำนวน 10 กรัมเติมน้ำกลั่นลงไป 100 มิลลิลิตร นำมาผสมให้เป็นเนื้อ เดียวกันด้วยเครื่องผสมสาร นำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ที่ได้มีการปรับ ค่ามาตรฐานด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.00, 7.00 และ 10.00 ตามลำดับ วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3) การหาปริมาณกรดทั้งหมด (Total titratable acids) ตามวิธีของ AOAC (2000)

- การเตรียมสารเคมี

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล เตรียมได้โดยชั่ง โซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน 4 กรัมละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ฟีนอล์ฟธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ฟีนอล์ฟธาลีนเข้มข้น 1% เตรียมได้โดยชั่งฟีนอล์ฟธาลีน 1 กรัม ละลาย ฟีนอล์ฟธาลีนในแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

- วิธีการวิเคราะห์

(1) ชั่งตัวอย่างอาหาร 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนสารเป็นเวลา 30 นาที

(2) ปิเปตสารละลายที่ได้ 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 30 มิลลิลิตร และหยดฟีนอล์ฟธาลีน 1-2 หยด เขย่าให้เข้ากัน

(3) นำไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูใส

- การคำนวณ

$$\text{Acetic acid} = \frac{\text{ml NaOH} \times n - \text{NaOH} \times \text{meq. Acetle acid} \times 100}{\text{ml sample}} \quad (12)$$

เมื่อ	ml NaOH	คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท หน่วยเป็น มิลลิลิตร
	n-NaOH	คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท หน่วยเป็น นอร์มอล
	meq.Acetle acid	คือ มิลลิสมมูลย์ของกรดอะซิติก มีค่าเท่ากับ 0.06 กรัม
	ml sample	คือ ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

3.2.5.3 การตรวจวัดทางจุลินทรีย์

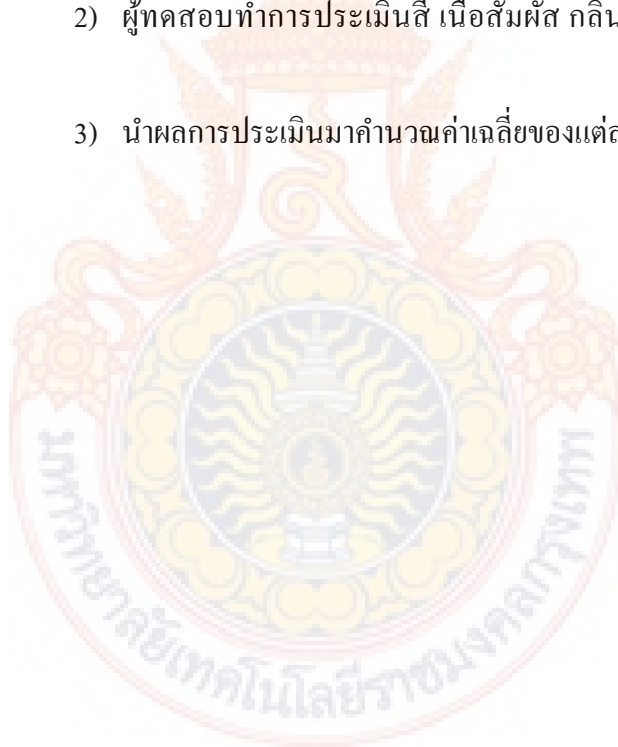
สุ่มตัวอย่างไข่จำนวน 15 ฟอง ส่งตรวจที่หน่วยชันสูตรโรคสัตว์ กำแพงแสน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนโดยตรวจเชื้อ ซาลโมเนลลา (*Salmonella*) สแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) เอสเชอริเชีย โคลิ (*Escherichia coli*) จำนวนแบคทีเรียรวมทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราทั้งหมด

3.2.5.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดลองนี้เป็นการสำรวจความชอบของผู้บริโภคต่อไข่ดองสูตรปรุงแต่ง ตลอดระยะเวลาการดองแบบการให้คะแนนความชอบ (hedonic scaling) โดยเสนอตัวอย่างให้ผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง สเกลที่ใช้คือ สเกลความชอบ 9 คะแนน (Nine-point hedonic scale) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

- 1) เสนอตัวอย่างไข่ดองสูตรปรุงแต่ง 1 ตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบ
- 2) ผู้ทดสอบทำการประเมินสี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติและภาพรวมของ
- 3) นำผลการประเมินมาคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะปรากฏ

ผลิตภัณฑ์



บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การพัฒนาสูตรพื้นฐานของน้ำดอง

จากการกำหนดสูตรพื้นฐานจำนวน 5 สูตร ดังตารางที่ 3.1 เมื่อครบกำหนดทำการชิมโดยผู้ทดลอง พิจารณาจากรสชาติโดยรวม และปริมาณน้ำส้มสายชูในการถนอมอาหารเป็นหลักผู้ทดลองเห็นว่าถึงแม้ไข่ดองจะมีรสชาติที่กลมกล่อมแต่ปริมาณน้ำส้มสายชูที่น้อยอาจส่งผลให้ถนอมไข่ไว้ได้ไม่นาน จึงพิจารณาเลือกสูตรพื้นฐานที่จะพัฒนาต่อไปให้เหลือเพียง 4 สูตร คือ สูตรที่มีปริมาณน้ำส้มสายชูร้อยละ 26.67, 22.37, 21.42 และ 18.21 เมื่อนำสูตรพื้นฐานทั้ง 4 สูตรมาทดสอบความชอบของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ใช้วิธีการทดสอบแบบเรียงลำดับ (ranking test) ค่า R-index ที่บ่งบอกความต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าร้อยละ 67.10 (จากตารางที่ ก1) พบว่าสูตรที่มีน้ำส้มสายชูร้อยละ 22.37 กับ 21.42 มีรสชาติที่ไม่แตกต่างกันผู้ทดลองจึงพิจารณาให้เหลือเพียง 3 สูตร คือสูตรที่มีปริมาณน้ำส้มสายชูร้อยละ 26.67, 21.42 และ 18.21

ผลได้ว่าผู้บริโภคไม่ได้มีความชอบต่อสูตรใดสูตรหนึ่งเป็นพิเศษ จากตารางที่ 4.1 ซึ่งแสดงค่า R-index ในการเปรียบเทียบระหว่างคู่ของทั้ง 3 สูตร จะเห็นได้ว่าค่า R-index ที่เปรียบเทียบคู่พบว่าผู้บริโภคมีความชอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าสูตรที่มีน้ำส้มสายชูร้อยละ 26.67, 21.42 และ 18.21 ผู้บริโภคจะไม่ได้มีความแตกต่างทางความชอบอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผู้บริโภคชอบสูตรที่มีน้ำส้มสายชูร้อยละ 18.21 มากที่สุดและให้เหตุผลว่ามีรสชาติกลมกล่อม ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่มีน้ำส้มสายชูร้อยละ 18.21 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบระหว่างสูตรค่า R-index ด้านความชอบของผู้บริโภคสูตรพื้นฐาน

เปรียบเทียบระหว่างสูตรที่มีปริมาณน้ำส้มสายชู	R-index
18.21% กับ 21.42%	56.44%
21.42% กับ 22.37%	53.88%
22.37% กับ 26.67%	67.11%

4.2 การพัฒนาสีและกลิ่นรสของไข่แดง

จากการทดลองเพิ่มสีและกลิ่นรสในไข่แดง โดยใช้สีและกลิ่นรสที่ได้จากธรรมชาติจาก แก่นฝาง ดอกอัญชัน ตะไคร้และใบเตย หลังทำการดองเป็นเวลา 7 วันไข่แดงที่ได้มีลักษณะของไข่แดงสี กลิ่นรสได้จากการปรุงแต่งดังภาพที่ 10 (a) สูตรฝาง (b) สูตรอัญชัน (c) สูตรพริกชี้ฟ้า และ (d) สูตรตะไคร้-ใบเตย จะเห็นได้ว่าสีจากดอกอัญชันให้ผลที่ชัดเจนกว่าสีจากฝาง ส่วนในเรื่องของ กลิ่นรสนั้นทั้ง 2 สูตรให้กลิ่นที่ต่างกัน สูตรตะไคร้-ใบเตยให้กลิ่นใบเตยที่เด่นชัดซึ่งกลิ่นดังกล่าว เหมาะกับของหวานมากกว่า ดังนั้นผู้ทดลองจึงเลือกสูตรพริกชี้ฟ้าสำหรับพัฒนากลิ่นรสและเลือก อัญชันสำหรับการพัฒนาสีของไข่แดง



รูป (a) สูตรฝาง



รูป (b) สูตรอัญชัน



รูป (c) สูตรพริกชี้ฟ้า



รูป (d) สูตรตะไคร้-ใบเตย

ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะของไข่แดงสูตรต่าง ๆ

4.3 การทดลองสูตรปรุงแต่ง

จากการกำหนดสูตรปรุงแต่งจำนวน 3 สูตร ดังตารางที่ 3.2 เมื่อครบกำหนดทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ใช้วิธีการทดสอบแบบเรียงลำดับ (ranking test) ค่า R-index ที่บ่งบอกความต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่า ร้อยละ 67.10 (จากตารางในภาคผนวก ก)

ผลได้ว่าผู้บริโภคไม่ได้มีความชอบต่อสูตรใดสูตรหนึ่งเป็นพิเศษ จากตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงค่า R-index ในการเปรียบเทียบระหว่างคู่ของทั้ง 3 สูตร จะเห็น ไม่พบว่าทั้ง 3 สูตรที่มีพริกร้อยละ 5, 6 และ 7 ผู้บริโภคประเมินให้ความชอบที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากการขอความคิดเห็นเพิ่มเติมของผู้ทดลองพบว่าสูตรที่มีพริกร้อยละ 7 เติบโตเกินไป ดังนั้นผู้ทดลองจึงเลือกสูตรที่มีพริกร้อยละ 6 เป็นสูตรที่มีความเผ็ดระหว่างกลางมาเป็นสูตรปรุงแต่ง

ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบระหว่างสูตรค่า R-index ด้านความชอบของผู้บริโภคสูตรปรุงแต่ง

เปรียบเทียบระหว่าง	R-index
5% กับ 6%	50.16%
5% กับ 7%	59.83%
6% กับ 7%	60.17%

4.4 ศึกษาคุณสมบัติของไข่แดงตลอดระยะเวลาการคอง

4.4.1 การตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ

4.4.1.1 การวัดสี

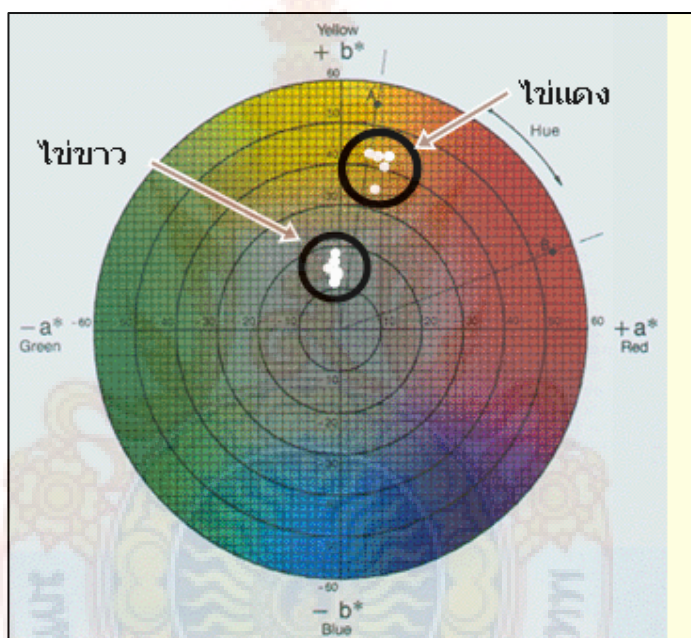
ในที่นี้ได้ตรวจวัดสีด้วยระบบ L^* , a^* , b^* โดยค่า L^* บ่งบอกถึงความสว่าง ค่า a^* หากมีค่าเป็นบวกบ่งบอกถึงความเป็นสีแดง หากมีค่าเป็นลบบ่งบอกถึงความเป็นสีเขียว และค่า b^* หากมีค่าเป็นบวกบ่งบอกถึงความเป็นสีเหลือง หากมีค่าเป็นลบบ่งบอกถึงความเป็นสีน้ำเงิน

1) ไข่แดงสูตรพื้นฐาน ค่าพารามิเตอร์สีของไข่แดงสูตรพื้นฐานของทุกระยะเวลาการคอง ค่า L^* มีแนวโน้มลดลงทั้งไข่แดงและไข่ขาว ซึ่งเป็นลักษณะปกติของอาหารหมักคอง จะมีสีคล้ำลงทำให้ทึบแสงมากขึ้น

a^* ของไข่แดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มลดลงในไข่ขาว b^* มีแนวโน้มลดลงในไข่แดง และลดลงในไข่ขาว การเปลี่ยนแปลงของสีในไข่แดง อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนอะบูมิน และกรดไขมันอิสระในไข่แดง (Ganafen and Bensaku, 2010a) ในกรณีของไข่ขาวการเปลี่ยนแปลงของสีอาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (mailard

reaction) ซึ่งเป็นการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) เนื่องจากน้ำตาลกับโปรตีน (Ganafen and Bensaku, 2010b) น้ำตาลในที่นี้เกี่ยวข้องกับทั้งกลูโคสที่อยู่ในไข่ขาวโดยธรรมชาติและน้ำตาลทรายแดงที่อยู่ในสารละลายน้ำคอง การเปลี่ยนแปลงของสีมีแนวโน้มค่อนข้างชัดเจนใน 21 วันแรกของการคอง จากนั้นการเปลี่ยนแปลงจะค่อนข้างคงที่ หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าการคองเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุล

สีของไข่สุกพื้นฐานระหว่างไข่ขาวและไข่แดงจะมองเห็นชัดเจนมากขึ้นเมื่อนำค่าพารามิเตอร์สี ไปวางไว้ในพื้นที่สี ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าไข่แดง มีสีออกเหลืองส้ม ในขณะที่ไข่ขาวมีสีคล้ำค่อนข้างไปทางเฉดสีเทา



ภาพที่ 4.2 ค่า a^* และ b^* จากไข่ขาวและไข่แดง ของไข่คองสุกพื้นฐาน

ตารางที่ 4.3 ค่า L*, a*, b* ของไข่สูตรพื้นฐาน

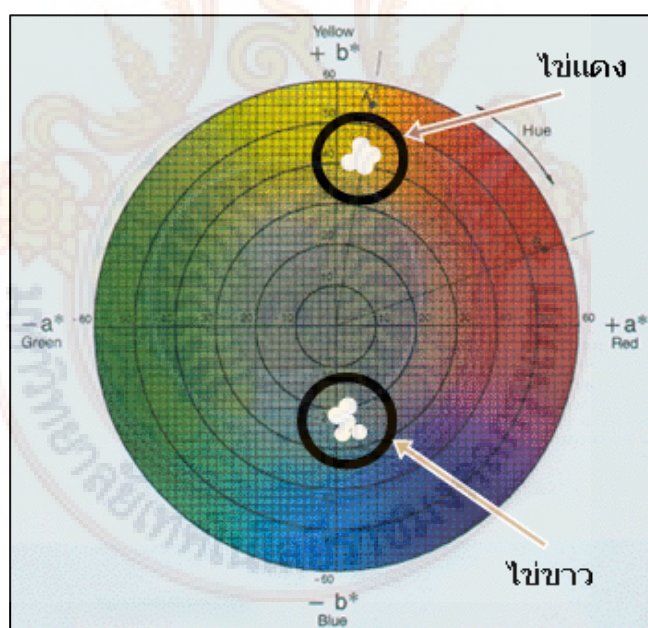
ระยะเวลาดอง (วัน)	L*		a*		b*	
	ไข่แดง	ไข่ขาว	ไข่แดง	ไข่ขาว	ไข่แดง	ไข่ขาว
1	77.75 ± 0.24 ^b	78.67 ± 0.3348 ^c	7.29 ± 0.3178 ^a	-0.38 ± 0.0458 ^c	42.29 ± 0.3431 ^c	14.07 ± 0.6601 ^a
7	73.89 ± 0.3181 ^a	80.48 ± 0.6722 ^d	8.39 ± 0.3365 ^b	-0.32 ± 0.0416 ^c	39.62 ± 1.2788 ^b	16.25 ± 0.205 ^b
14	73.63 ± 0.0115 ^a	77.39 ± 0.1464 ^b	8.64 ± 0.0208 ^b	-0.94 ± 0.02 ^a	33.46 ± 0.0115 ^a	19.39 ± 0.0493 ^d
21	73.65 ± 0.3286 ^a	75.53 ± 0.2079 ^a	11.72 ± 0.2137 ^c	-0.65 ± 0.0057 ^b	39.55 ± 0.4868 ^b	18.15 ± 0.0923 ^c
28	73.84 ± 0.1228 ^a	78.48 ± 0.1253 ^c	11.57 ± 0.1703 ^c	-0.66 ± 0.2157 ^b	40.27 ± 0.1997 ^b	14.82 ± 0.1101 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



2) ไข่ดองสูตรปรุงแต่ง ค่าพารามิเตอร์ของไข่แดงและไข่ขาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.4 ในกรณีของไข่แดงเหตุผลเป็นเช่นเดียวกับสูตรพื้นฐาน ในกรณีของไข่ขาวจะเห็นได้ว่า ค่า L^* มีค่าน้อยเนื่องจากอิทธิพลของสีน้ำเงินของดอกอัญชัน ทำให้ไข่ขาวมีความทึบแสงมากขึ้น โดยการแพร่ของน้ำคองจะแพร่จากไข่ขาวด้านนอกเข้าสู่ไข่ขาวและไข่แดงด้านใน ดังนั้นเมื่อระยะเวลาในการคองเพิ่มขึ้น การแพร่ของสีน้ำเงินของดอกอัญชันเข้าสู่ด้านในของไข่แดงและไข่ขาวทำให้ผิวด้านนอกของไข่ขาวมีสีน้ำเงินที่จางลง ส่งผลให้ค่า L^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น a^* ของไข่แดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่มีแนวโน้มลดลงในไข่ขาว b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งไข่แดงและไข่ขาว ค่า a^* และ b^* ไม่ได้รับอิทธิพลจากสีของดอกอัญชันมากนักจึงทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีชัดเจนเท่าไข่ขาว

สีของดอกอัญชัน ในน้ำคองมีอิทธิพลต่อสีของไข่ขาวในสูตรปรุงแต่งอย่างมากดังแสดงในภาพที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบไข่ขาวในภาพที่ 4.2 กับ 4.3 จะเห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์สีของไข่ขาวของพื้นที่ด้านบนของระบบมายังพื้นที่ด้านล่างของระบบสี การเปลี่ยนแปลงจากเฉดสีเทาไปยังเฉดสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.3 ค่า a^* และ b^* จากไข่ขาวและไข่แดงของไข่ดองสูตรปรุงแต่ง

ตารางที่ 4.4 ค่า L*, a*, b* ของไข่แดงสูตรปรุงแต่ง

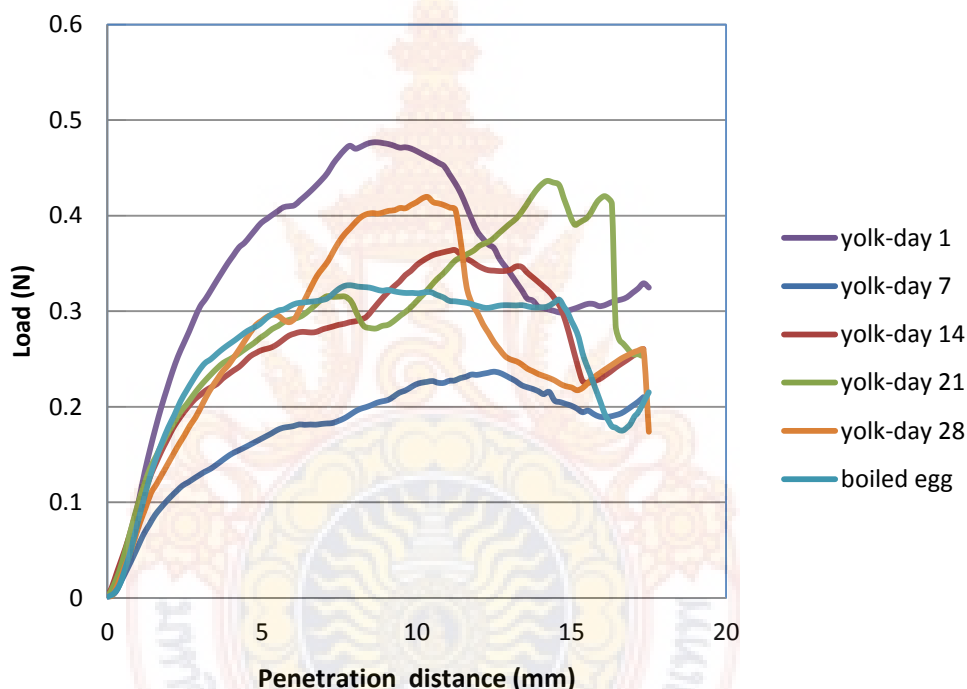
ระยะเวลาทอง (วัน)	L*		a*		b*	
	ไข่แดง	ไข่ขาว	ไข่แดง	ไข่ขาว	ไข่แดง	ไข่ขาว
1	72.52 ± 0.1323 ^a	23.29 ± 0.35 ^a	10.31 ± 0.4850 ^a	6.63 ± 0.0115 ^c	41.13 ± 0.1228 ^a	-24.95 ± 0.2740 ^a
7	73.53 ± 0.223 ^b	27.8 ± 0.2306 ^b	13.25 ± 0.5866 ^c	3.86 ± 0.0929 ^c	42.01 ± 1.0339 ^{ab}	-22.53 ± 0.1253 ^b
14	75.49 ± 0.1619 ^c	29.48 ± 0.3467 ^c	10.35 ± 0.0808 ^a	2.33 ± 0.0873 ^b	41.84 ± 0.1552 ^{ab}	-19.38 ± 0.127 ^d
21	72.41 ± 0.1249 ^a	29.73 ± 0.0435 ^c	11.74 ± 0.03 ^b	1.93 ± 0.02 ^a	42.82 ± 0.0208 ^b	-21.27 ± 0.1058 ^c
28	79.13 ± 0.3592 ^d	28.32 ± 0.5824 ^b	10.46 ± 0.2858 ^a	4.58 ± 0.1677 ^d	45.55 ± 0.4271 ^c	-24.98 ± 0.5265 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

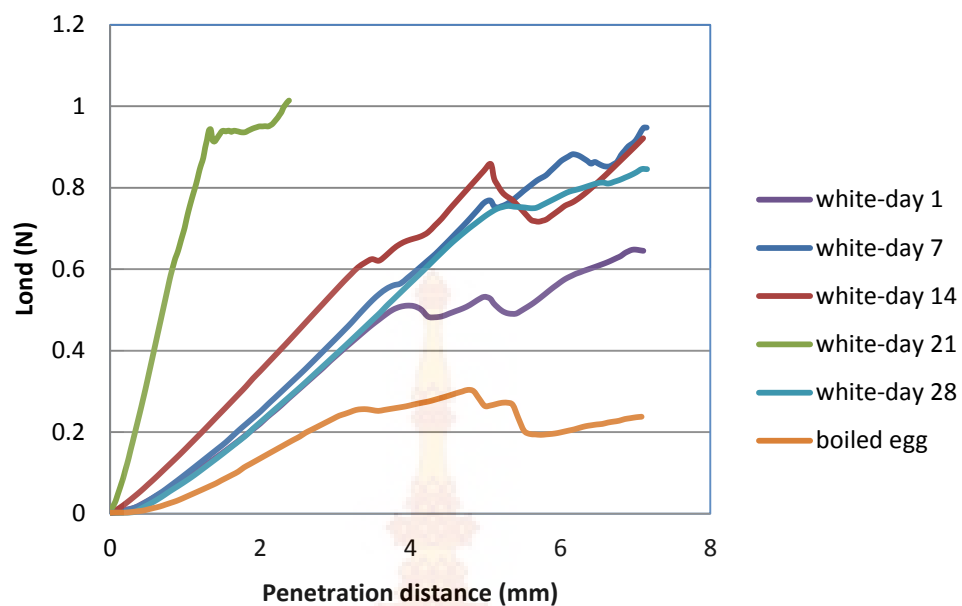


4.4.1.2 การทดสอบความแข็ง

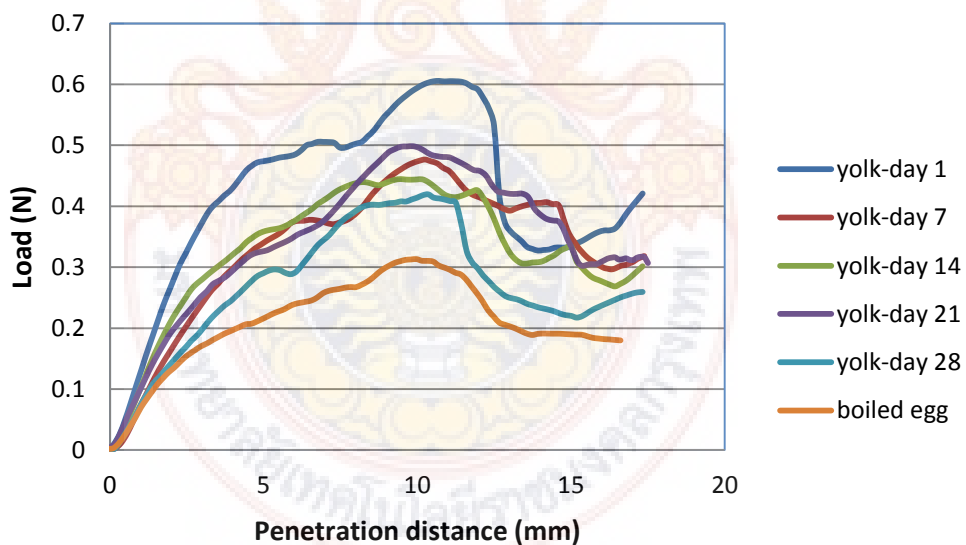
การทดสอบความแข็งโดยการใส่แรงกดลงบนเนื้อไข่ขาวและไข่แดง สามารถรายงานออกมาเป็นค่าแรงกดเทียบกับระยะการกดผ่านเนื้อของไข่ ดังรูป 4.4, 4.5, 4.6 และ 4.7 จะเห็นได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะการกดเท่ากัน แรงที่ใช้กดผ่านเนื้อไข่ขาวจะมากกว่าแรงที่กดผ่านเนื้อของไข่แดง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไข่แดงมีความแข็งน้อยกว่าไข่ขาว เมื่อพิจารณาไข่แดงเปรียบเทียบกับไข่ต้มจะเห็นได้ว่าค่าแรงที่ใช้ในการกดผ่านเนื้อไข่ของไข่แดงมีค่ามากกว่าของไข่ต้ม ทั้งในไข่ขาวและไข่แดง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีของกรดอะซิดิก (น้ำส้มสายชู) กับโปรตีนในไข่ส่งผลทำให้ต้องใช้แรงในการกดผ่านเนื้อไข่มากขึ้น



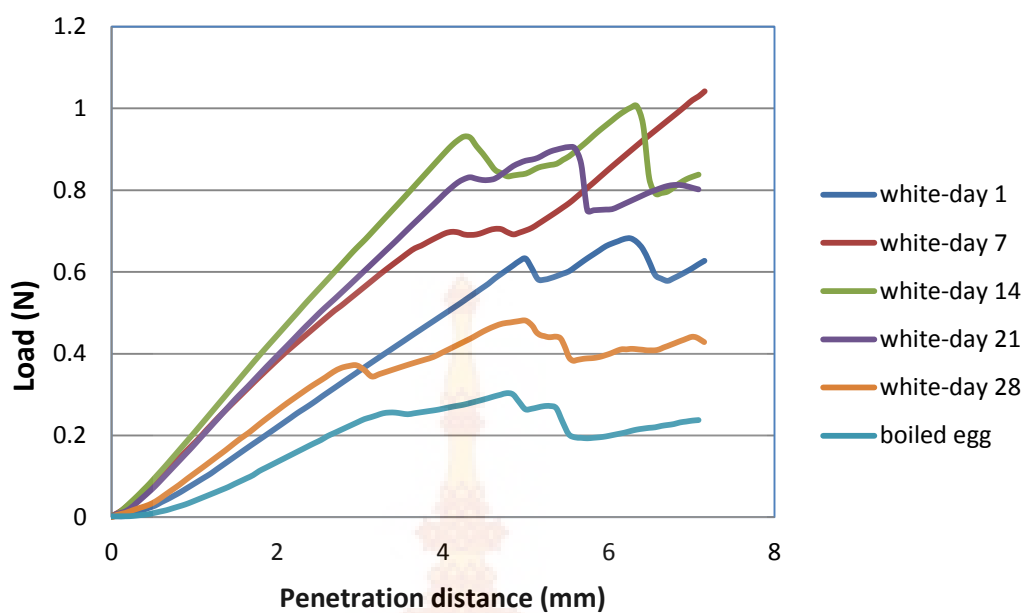
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load และ Deflection from preload ในไข่แดงสุตรพื้นฐาน



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load และ Deflection from preload ในไข่ขาวสูตรพื้นฐาน



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load และ Deflection from preload ในไข่แดงสูตรปรุงแต่ง



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load และ Deflection from preload ในไข่ขาวสูตรปรุงแต่ง

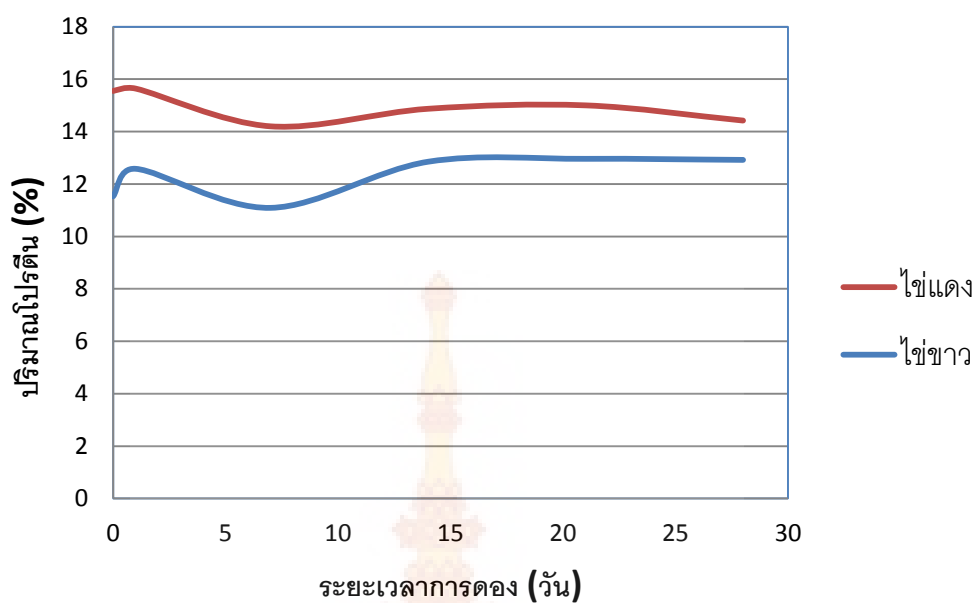
4.4.2 การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี

4.4.2.1 การตรวจหาค่าของโปรตีน

จากการตรวจวัดปริมาณ โปรตีนของไข่แดงพบว่า การคงด้วยสารละลายน้ำส้มสายชูไม่ส่งผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน ดังตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณโปรตีนไข่แดงสูตรพื้นฐาน

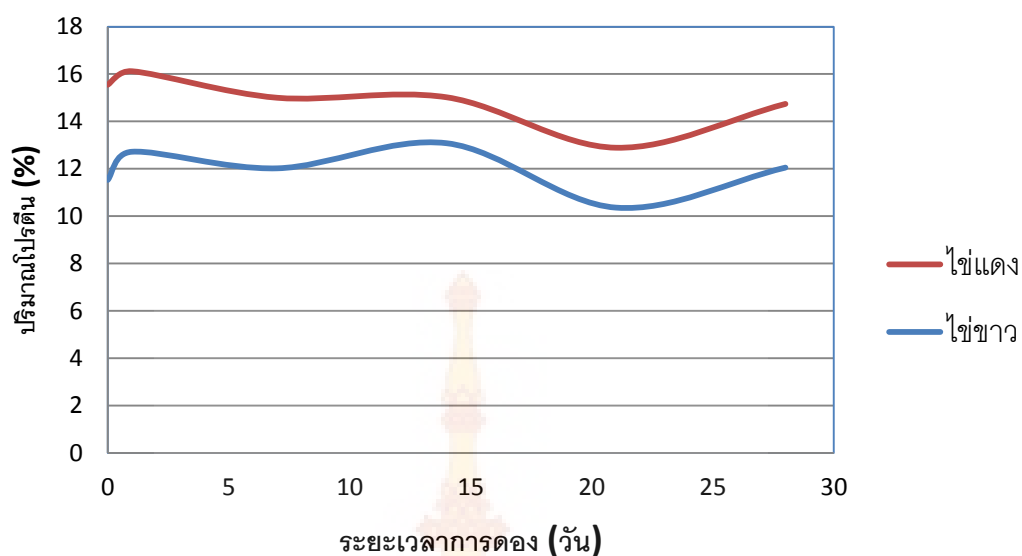
ระยะเวลาการคง (วัน)	ปริมาณโปรตีน (%)	
	ไข่แดง	ไข่ขาว
0	15.55	11.53
1	15.64	12.58
7	14.20	11.09
14	14.87	12.85
21	15.00	12.96
28	14.42	12.92



ภาพที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับระยะเวลาการดองของไข่ดองสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณโปรตีนไข่ดองสูตรปรุงแต่ง

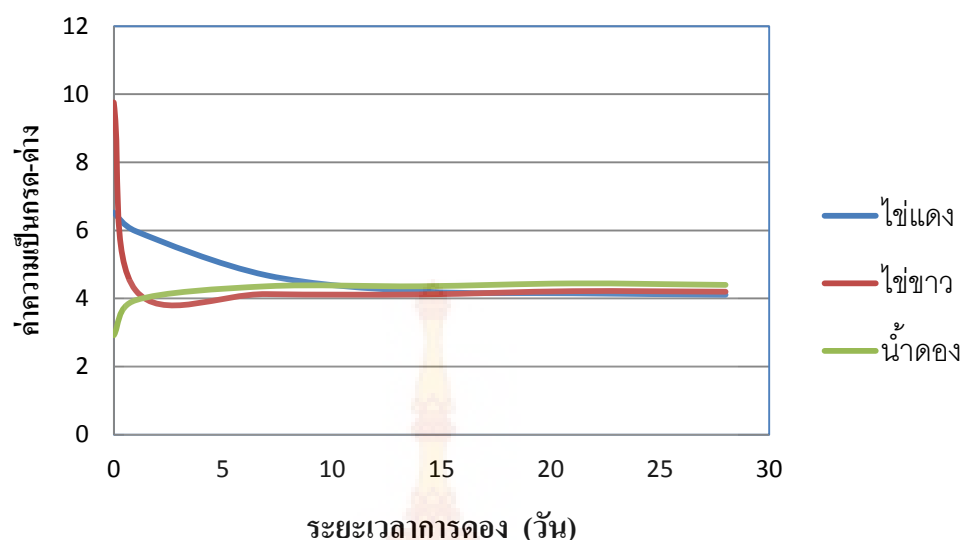
ระยะเวลาการดอง (วัน)	ปริมาณโปรตีน (%)	
	ไข่แดง	ไข่ขาว
0	15.55	11.53
1	16.12	12.72
7	15.00	12.02
14	15.02	13.08
21	12.89	10.36
28	14.74	12.05



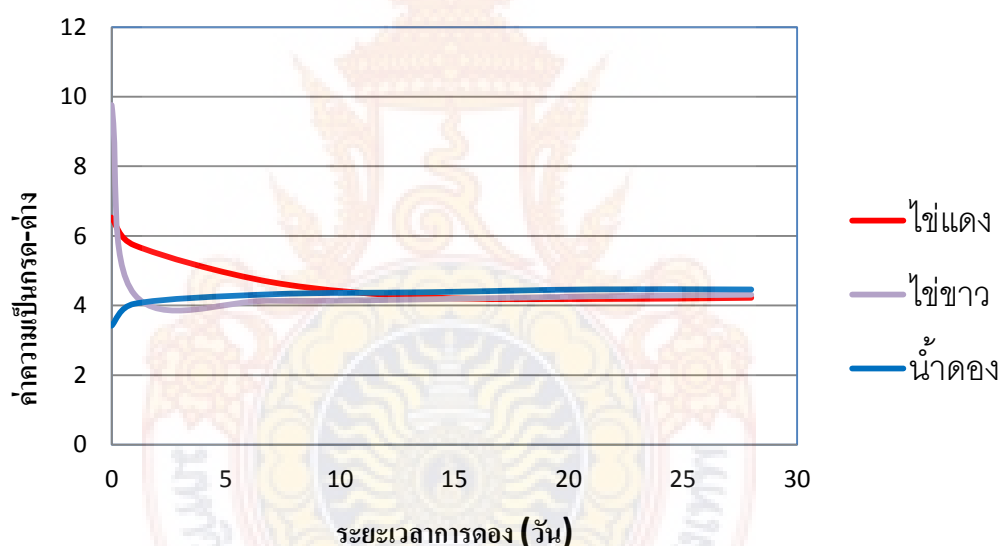
ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับระยะเวลาการดองของไข่ดองสูตรปรุงแต่ง

4.4.2.2 การตรวจหาค่าความเป็นกรด-ด่าง

ระยะ 14 วันแรกค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่แดง ไข่ขาว และน้ำดองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด แสดงดังภาพที่ 4.10 และ 4.11 และจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ และเริ่มเข้าสู่สมดุลในตอนปลาย ซึ่งพบว่า ในช่วง 14 วันแรกการแพร่ของน้ำดองเข้าสู่เนื้อไข่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดองมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างในไข่แดงและไข่ขาวมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยค่าความเป็นกรด-ด่างในไข่ขาวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าไข่แดง เนื่องจากน้ำดองจะถูกแพร่ผ่านในส่วน of เนื้อเยื่อไข่ขาวก่อนเนื้อเยื่อไข่แดง



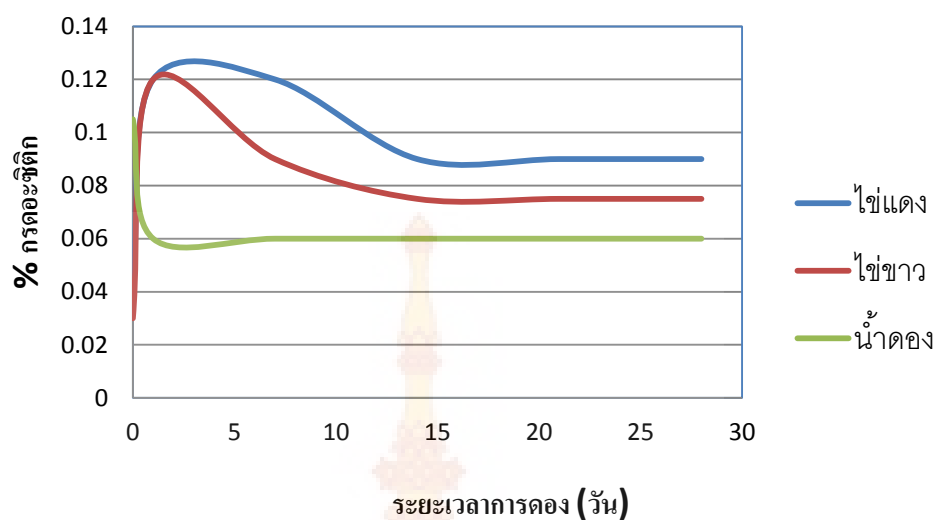
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด กับระยะเวลาการดอง สูตรพื้นฐาน



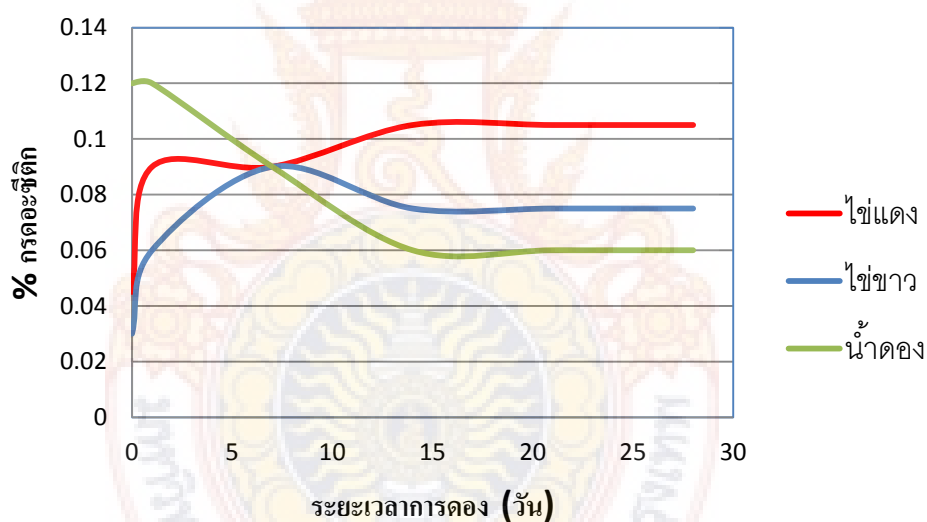
ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด กับระยะเวลาการดอง สูตรปรุงแต่ง

4.4.2.3 การหาปริมาณกรดทั้งหมด (Total titratable acids)

การหาปริมาณกรดทั้งหมดของไข่แดง ไข่ขาวและน้ำดองแสดงในรูปของ กรดอะซิติกซึ่งเป็นกรดน้ำส้มดังภาพที่ 4.12 และ 4.13 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมด สอดคล้องกับปริมาณการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง 14 วันแรกมีการเปลี่ยนแปลงอย่าง ช้า ๆ และเริ่มเข้าสู่สมดุลในตอนปลาย แต่ในสูตรปรุงแต่งมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างจากสูตร พื้นฐานเล็กน้อย เนื่องจากส่วนผสมของสูตรปรุงแต่ง เช่น ฟริกซีฟ้า และอัญชัน ซึ่งมีผลต่อการ เปลี่ยนของปริมาณกรด



ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การคองต่อระยะเวลาการคองสูตรพื้นฐาน



ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การคองต่อระยะเวลาการคองสูตรปรุงแต่ง

4.4.3 การตรวจสอบทางจุลินทรีย์

จากการตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์สูตรพื้นฐานและสูตรปรุงแต่ง เชื้อจุลินทรีย์ตาม มพช.1157/2549 ผลได้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ในไ้คองมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของ มพช.ไ้คองนี้ม แสดงให้เห็นว่าไ้คองทั้งสองสูตรมีความปลอดภัยในการบริโภคดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ในไข่สุตรพื้นฐาน

ระยะเวลา การดอง (วัน)	ชนิดจุลินทรีย์				
	ซาลโมเนลลา (cfu/g)	สแตปฟีโล คอคคัส ออ เรียส (MPN/g)	เอสเชอริเชีย โคไล (cfu/g)	แบคทีเรียรวม ทั้งหมด (cfu/g)	ยีสต์และรา ทั้งหมด (cfu/g)
0	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	4.20×10^4	< 100.00
1	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	1.90×10^5	< 100.00
7	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	6.20×10^4	< 100.00
14	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	1.50×10^5	< 100.00
21	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	8.30×10^4	< 100.00
28	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	9.20×10^4	< 100.00
ค่า มาตรฐาน*	ไม่พบใน ตัวอย่าง 25 กรัม	< 100.00 cfu/g	< 10 cfu/g	1.00×10^6 cfu/g	< 100.00

* ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่ต้ม (มผช.1157/2549)

ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ในไข่สุตรปรุงแต่ง

ระยะเวลา การดอง (วัน)	ชนิดจุลินทรีย์				
	ซาลโมเนลลา (cfu/g)	สแตปฟีโล คอคคัส ออ เรียส (MPN/g)	เอสเชอริเชีย โคไล (cfu/g)	แบคทีเรียรวม ทั้งหมด (cfu/g)	ยีสต์และรา ทั้งหมด (cfu/g)
0	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	4.20×10^4	< 100.00
1	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	6.20×10^4	< 100.00
7	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	6.90×10^4	< 100.00
14	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	1.20×10^4	< 100.00
21	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	3.00×10^5	< 100.00
28	ไม่พบ	< 3.00	ไม่พบ	3.50×10^4	< 100.00
ค่า มาตรฐาน*	ไม่พบใน ตัวอย่าง 25 กรัม	< 100.00 cfu/g	< 10 cfu/g	1.00×10^6 cfu/g	< 100.00

* ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่ต้ม (มผช.1157/2549)

4.4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินความชอบของผู้บริโภครส เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และภาพรวมของผลิตภัณฑ์ไข่แดงสูตรปรุงแต่งตลอดระยะเวลาการดอง 28 วัน ได้ระดับคะแนนความชอบเฉลี่ยดังตารางที่ 4.9 ผลที่ได้พบว่าค่าเฉลี่ยของลักษณะปรากฏในแต่ละด้านมีค่าใกล้เคียงกัน คือคะแนนเท่ากับ 7 ถือว่าอยู่ในระดับดีซึ่งผู้บริโภคสามารถยอมรับผลิตภัณฑ์ได้ การไม่กระจายตัวของระดับคะแนนเฉลี่ยอาจเนื่องมาจากลักษณะปรากฏของไข่แดงมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันตลอดระยะเวลาการดอง ทำให้ผู้บริโภคไม่สามารถแยกแยะลักษณะปรากฏของไข่แดงที่ต่างระยะเวลาการดองได้ จากการสอบถามเพิ่มเติมจากผู้บริโภค ควรมีการปรับปรุงเรื่องกลิ่น ให้มีกลิ่นของน้ำส้มสายชูลดลง มีการปรุงแต่งกลิ่นและสีที่หลากหลายมากขึ้น ส่วนด้านการนำไปบริโภค ผู้บริโภคให้ความเห็นว่าควรนำไปรับประทานกับอาหารประเภทยำ และสลัดผัก

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยความชอบของในแต่ละระยะเวลาการดอง

ลักษณะที่ปรากฏ	ระยะเวลาการดอง (วัน)				
	1	7	14	21	28
สีของไข่	7	7	7	7	7
เนื้อสัมผัสของไข่	7	7	6	7	7
กลิ่นของไข่	6	7	7	7	7
รสชาติของไข่	7	7	7	7	7
ภาพรวมของผลิตภัณฑ์	7	7	7	7	7

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สูตรน้ำคองพื้นพื้นฐานที่มีปริมาณที่เหมาะสมกับการคองไข่ประกอบด้วย น้ำส้มสายชู ร้อยละ 18.21 เกลือร้อยละ 1.62 น้ำตาลทรายแดงร้อยละ 6.48 และน้ำสะอาดร้อยละ 73.68

5.1.2 อัญชันและพริกชี้ฟ้าเป็นวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสมกับการปรุงแต่งสีและกลิ่นรสของไข่คอง

5.1.3 การคองมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีในไข่ขาวอย่างเห็นได้ชัด โดยไข่ขาวมีสีคล้ำขึ้นในสูตรพื้นฐาน และเปลี่ยนเป็นเฉดสีน้ำเงินอย่างเห็นได้ชัดในสูตรปรุงแต่ง

5.1.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดมีผลในทางสอดคล้องกัน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วง 14 วันแรกของการคอง ส่วนปริมาณโปรตีนไม่มีการเปลี่ยนแปลง

5.1.5 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของ มพช.ซึ่งถือว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

5.1.6 ผู้บริโภคสามารถยอมรับผลิตภัณฑ์สูตรปรุงแต่งในระดับที่ดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรขยายระยะเวลาการคองมากกว่า 28 วัน เพื่อศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่อาจเพิ่มมากขึ้น

5.2.2 ควรตรวจวัดสมบัติทางเคมี เช่น ค่า a_w และโครงสร้างทางจุลภาคของไข่คอง เพื่อศึกษาการแพร่ผ่านของน้ำส้มสายชูเข้าไปในไข่

5.2.3 ใช้วัสดุธรรมชาติในการปรุงแต่งสีและกลิ่นรส เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายและเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค

บรรณานุกรม

- กุลยา จันทรอรุณ. 2533. **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โรงพิมพ์การศาสนา, กรุงเทพฯ.
- แก้วกานต์ บุญยะเพ็ญ. 2548. **การออกแบบและพัฒนาเครื่องดองมะม่วงโดยใช้ความดันไฮโดรสแตติก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2543. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชลธิชา บังเลา. 2547. **การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์**. Web site เพื่อการเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา 355201 มหาวิทยาลัยนเรศวร. แหล่งที่มา: <http://student.nu.ac.th/u46410023/index.htm>, 18 มกราคม 2554.
- ธงชัย สุวรรณสิชณน์. มปป. **เทคนิคการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์**. แหล่งที่มา: <http://www.suwonsichon.in.th/thongchai/>, 26 ธันวาคม 2553
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. **การประเมินทางประสาทสัมผัส**. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- วิสิฐ จະวะสิต. มปป. **น้ำส้มสายชู**. แหล่งที่มา: <http://www.doctor.or.th/>, 30 ธันวาคม 2553
- ศิริลักษณ์ สินขวาลย์. 2525. **ทฤษฎีอาหารเล่ม 2 หลักการถนอมอาหาร และการควบคุมคุณภาพอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์ บี เอฟ ไอ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ศิริลักษณ์ สินขวาลย์. 2525. **ทฤษฎีอาหารเล่ม 2 หลักการถนอมอาหาร และการควบคุมคุณภาพอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์ บี เอฟ ไอ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. **ไข่และเนื้อไก่**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โรงพิมพ์อมรรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- อัมพวัน ต้นสกุล. 2551. **สมบัติทางวิศวกรรมของอาหารและวัสดุชีวภาพ**, พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา, กรุงเทพฯ.
- Ganasen, Palanivel and Soottawat Benjakul. 2010. Physical properties and microstructure of pidan yolk as affected by different divalent and monovalent cations. **Food Science and Technology**. 43: 77–85

Ganasen, Palanivel and Soottawat Benjakul. 2010. Effects of Green Tea and Chinese Tea on The Composition and Physical Properties of Pidan White. **Journal of Food Processing and Preservation**. 35: 907-916.

Hagiwara, Hideaki and Yoshihide Hagiwara. 2000. **Process for producing powdery acid-treated egg**. U.S. Patent CA 2311527.

Richard, E. Angela and Catherine N. Cutter. 2011. Validation of a Pickling Process for Controlling Pathogens Associated with Hard-Cooked Egg. **Journal of Food Safety**. 31: 417-423.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ตาราง R-index

ตารางภาคผนวก ก1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ที่นัยสำคัญต่าง ๆ โดยค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าที่เกิน 50%

R - Index: Percentage Critical Values expressed as Differences from Chance (50%)

Significance		1- tailed	0.200	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005	0.001
level		2- tailed	0.400	0.200	0.100	0.050	0.020	0.010	0.002
Sample size	N	%	%	%	%	%	%	%	%
5		19.39	26.98	31.76	35.00	37.91	39.49	41.98	
6		17.61	24.86	29.63	32.96	36.05	37.76	40.51	
7		16.25	23.18	27.87	31.24	34.43	36.23	39.18	
8		15.16	21.80	26.40	29.76	33.02	34.88	37.98	
9		14.26	20.64	25.14	28.48	31.76	33.67	36.88	
10		13.51	19.64	24.04	27.35	30.64	32.57	35.88	
11		12.86	18.78	23.07	26.34	29.63	31.58	34.95	
12		12.30	18.02	22.22	25.44	28.71	30.67	34.08	
13		11.80	17.35	21.45	24.62	27.88	29.83	33.28	
14		11.37	16.75	20.75	23.88	27.11	29.07	32.54	
15		10.97	16.20	20.12	23.20	26.40	28.35	31.84	
16		10.62	15.71	19.55	22.58	25.75	27.69	31.18	
17		10.29	15.26	19.02	22.00	25.14	27.07	30.57	
18		10.00	14.84	18.53	21.47	24.57	26.49	29.99	
19		9.73	14.46	18.07	20.97	24.04	25.95	29.44	
20		9.48	14.10	17.65	20.50	23.54	25.44	28.92	
21		9.25	13.77	17.26	20.07	23.07	24.96	28.42	
22		9.03	13.47	16.89	19.66	22.63	24.50	27.95	
23		8.83	13.18	16.55	19.28	22.22	24.07	27.51	
24		8.64	12.91	16.22	18.92	21.82	23.66	27.08	
25		8.47	12.65	15.91	18.57	21.45	23.27	26.68	
26		8.30	12.41	15.62	18.25	21.09	22.90	26.29	
27		8.14	12.19	15.35	17.94	20.75	22.54	25.91	
28		7.99	11.97	15.09	17.65	20.43	22.21	25.56	
29		7.85	11.77	14.84	17.37	20.12	21.88	25.21	
30		7.72	11.58	14.61	17.10	19.83	21.57	24.89	
31		7.59	11.39	14.38	16.85	19.55	21.28	24.57	
32		7.47	11.22	14.17	16.60	19.28	20.99	24.26	
33		7.36	11.05	13.96	16.37	19.02	20.72	23.97	
34		7.25	10.89	13.76	16.15	18.77	20.46	23.69	
35		7.14	10.73	13.57	15.93	18.53	20.20	23.41	
36		7.04	10.59	13.39	15.72	18.30	19.96	23.15	
37		6.95	10.44	13.22	15.53	18.08	19.72	22.89	
38		6.85	10.31	13.05	15.33	17.86	19.50	22.65	
39		6.76	10.18	12.89	15.15	17.65	19.28	22.41	
40		6.68	10.05	12.74	14.97	17.45	19.07	22.18	
45		6.29	9.48	12.03	14.17	16.55	18.10	21.11	
50		5.97	9.00	11.44	13.48	15.77	17.27	20.19	
55		5.69	8.59	10.92	12.89	15.09	16.54	19.38	
60		5.45	8.23	10.47	12.36	14.49	15.90	18.66	
65		5.23	7.91	10.07	11.90	13.96	15.32	18.02	
70		5.04	7.62	9.71	11.48	13.48	14.81	17.43	
75		4.87	7.37	9.39	11.11	13.05	14.34	16.90	
80		4.71	7.14	9.10	10.77	12.66	13.92	16.42	
85		4.57	6.92	8.83	10.46	12.30	13.53	15.97	
90		4.44	6.73	8.59	10.17	11.97	13.17	15.56	
95		4.32	6.55	8.36	9.91	11.67	12.84	15.18	
100		4.21	6.39	8.16	9.66	11.38	12.53	14.83	

adapted from J. Bi and M. O'Mahony J. Sensory Studies 1995, 10:341-347

ภาคผนวก ข
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ใช้น้ำ

มผช.๑๑๕๗/๒๕๕๙

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
ใช้น้ำ

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมไข่ที่หมักจนนุ่ม บรรจุในภาชนะบรรจุ

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

- ๒.๑ ใช้น้ำ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำไข่ทั้งฟอง เช่น ไข่ไก่ ไข่เป็ด ที่ผ่านการคัดเลือกและทำความสะอาดแล้ว มาหมักในน้ำหมักในระยะเวลาที่เหมาะสม
- ๒.๒ น้ำหมัก หมายถึง ของเหลวที่ได้จากการนำส่วนประกอบต่างๆ มาผสมกัน เช่น น้ำส้มสายชูหมัก น้ำข้าวข้าวเมส็ดข้าว เกลือ

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

- ๓.๑ ลักษณะทั่วไป
ต้องนุ่ม ไม่แตกหรือร้าว
- ๓.๒ ลักษณะภายใน
ต้องไม่มีสีผิดปกติ ไข่แดงและไข่ขาวแยกกันเห็นได้ชัดเจน
- ๓.๓ กลิ่นรส
ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของใช้น้ำ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นเน่า รสขม เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๔.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคน ไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนนจากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง
- ๓.๔ จุลินทรีย์
- ๓.๔.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
- ๓.๔.๒ ซาลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง ๒๕ กรัม
- ๓.๔.๓ สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
- ๓.๔.๔ คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่พบในตัวอย่าง ๐.๐ กรัม
- ๓.๔.๕ เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๑๐ ต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
- ๓.๔.๖ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

มผช.๑๑๕๗/๒๕๕๙

๔. สัญลักษณ์

๔.๑ สัญลักษณ์ในการทำไชนี่ม ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

๕. การบรรจุ

๕.๑ ให้บรรจุไชนี่มในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

๕.๒ จำนวนฟองของไชนี่มในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุไชนี่มทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

- (๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ไชนี่ม ไชนี่มหมัก ไช้ตอง
 - (๒) ส่วนประกอบที่สำคัญ
 - (๓) จำนวนฟอง
 - (๔) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”
 - (๕) ข้อแนะนำในการบริโภคและการเก็บรักษา
 - (๖) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
- ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ไชนี่มที่ทำด้วยไชนี่ชนิดเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

- ๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าไชนี่มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป ลักษณะภายใน และกลิ่นรส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๓ จึงจะถือว่าไชนี่มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๔ จึงจะถือว่าไชนี่มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

มผช.๑๑๕๗/๒๕๕๙

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างไข่ม่มต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ และข้อ ๗.๒.๓ ทุกข้อ จึงจะถือว่าไข่ม่มรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป ลักษณะภายใน และกลิ่นรส

- ๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบไข่ม่มอย่างน้อย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ
- ๘.๑.๒ วางตัวอย่างไข่ม่มลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบลักษณะทั่วไปโดยการตรวจพินิจ
- ๘.๑.๓ ฉีกเยื่อหุ้มของตัวอย่างไข่ม่ม ตรวจสอบลักษณะภายในและกลิ่นรสโดยการตรวจพินิจและชิม
- ๘.๑.๔ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ ๘.๑.๔)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องนิ่ม ไม่แตกหรือร้าว	๕	๓	๒	๑
ลักษณะภายใน	ต้องไม่มีสีผิดปกติ ไข่แดงและไข่ขาวแยกกันเห็นได้ชัดเจน	๕	๓	๒	๑
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของไข่ม่ม ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นเน่า รสขม	๕	๓	๒	๑

๘.๒ การทดสอบจุลินทรีย์

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๓ การทดสอบภาชนะบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก

ให้ตรวจพินิจ

๘.๔ การทดสอบจำนวนฟอง

ให้ใช้วิธีนับ