



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ความปลอดภัยของอาหาร)

ปริญญา

ความปลอดภัยของอาหาร

สัตว์บาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง คุณภาพและความปลอดภัยของไข่ไก่เพื่อการบริโภค: การสำรวจตั้งแต่ฟาร์มถึง
แหล่งจำหน่าย

Quality and Safety of Chicken Eggs for Human Consumption: A Survey from
Farm to Market

นามผู้วิจัย นางสาวอิสริ สายรวมญาติ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์สุกัญญา รัตนพิทักษ์ทอง, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อตมามงกุฎ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุวเรศ เรืองพานิช, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อตมามงกุฎ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

คุณภาพและความปลอดภัยของไข่ไก่เพื่อการบริโภค: การสำรวจตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย

Quality and Safety of Chicken Eggs for Human Consumption: A Survey from Farm to Market

โดย

นางสาวอิสรี สายรวมญาติ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ความปลอดภัยของอาหาร)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อิสริ์ สายรวมญาติ 2555: คุณภาพและความปลอดภัยของไข่ไก่เพื่อการบริโภค: การ
สำรวจตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย ปริญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต (ความปลอดภัย
ของอาหาร) สาขาวิชาความปลอดภัยของอาหาร ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์สุกัญญา รัตนทัพบิมทอง, Ph.D. 100 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพ และความปลอดภัยของไข่ไก่เพื่อการ
บริโภคโดยสำรวจตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย งานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 การศึกษา ในการศึกษาที่ 1
ทำการตรวจสอบคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิต โดยเริ่ม
ตั้งแต่ฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า จนกระทั่งถึงแหล่งจำหน่าย ในการศึกษา
ได้คัดเลือกเส้นทางการผลิตไข่ไก่จำนวน 6 เส้นทาง ซึ่งพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ของขนาดการผลิต
และรูปแบบการปฏิบัติงานของศูนย์รวบรวมและคัดไข่เป็นหลัก โดยในแต่ละเส้นทางการผลิตมี
การติดตามศึกษาไข่ชุดเดียวกันตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย ไข่ไก่ถูกสุ่มจากฟาร์มจำนวน 3 แห่ง
ศูนย์รวบรวมและคัดไข่จำนวน 6 แห่ง ศูนย์กระจายสินค้าจำนวน 2 แห่ง และแหล่งจำหน่ายจำนวน
6 แห่งในภาคกลางและภาคตะวันออกของประเทศไทย นำตัวอย่างไข่ไก่มาวิเคราะห์คุณภาพ และ
การปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ พบว่า ค่าความสูงไข่ขาว และค่าฮอฟยูนิตลดลงตั้งแต่ฟาร์มถึง
แหล่งจำหน่ายในทุกเส้นทางการผลิต ขณะที่ค่าความเป็นกรดต่ำ มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเริ่มต้นจากฟาร์ม
ถึงแหล่งจำหน่าย ด้านการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* นั้นพบว่า มีการปนเปื้อนบน
เปลือกไข่มากกว่าภายในฟองไข่ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างไข่ไก่ที่เก็บขณะอยู่ที่ฟาร์ม
มีคุณภาพดีที่สุด และคุณภาพภายในของไข่ไก่ลดลงอย่างต่อเนื่องเริ่มจากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย
ในการศึกษาที่ 2 ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่จาก
ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต โดยสุ่มตัวอย่างไข่ไก่จากตลาดสดจำนวน 7 แห่ง และซูเปอร์
มาร์เก็ตจำนวน 8 แห่ง พบว่า ไข่ไก่จากตลาดสดมีค่าความถ่วงจำเพาะฟองไข่ ค่าความสูงไข่ขาว
และค่าฮอฟยูนิต สูงกว่าไข่ไก่จากซูเปอร์มาร์เก็ต และพบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. และ
E. coli ในไข่ที่ได้จากทั้งตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต

Issaree Sayraumyart 2012: Quality and Safety of Chicken Eggs for Human Consumption A Survey from Farm to Market. Master of Science (Food Safety), Major Field: Food Safety, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Ms. Sukanya Rattanatabtimtong, Ph.D. 100 pages.

The objective of this research was to investigate the quality and safety of chicken eggs for human consumption surveyed from farm to market. This research was divided into two studies. In the first study, the quality and bacterial contamination of eggs collected from layer farms, egg grading and collecting centers, distribution centers and markets were determined. The production scale and operation pattern of egg grading and collecting center were considered as two major criteria for the selection of six egg production routes in this study. In each egg production route, the same set of eggs was tracked from farm to market. Eggs were randomly sampled from 3 layer farms, 6 egg grading and collecting centers, 2 distribution centers and 6 retail markets in the central and eastern area of Thailand. The egg samples were analyzed for quality and bacterial contamination. The results showed that the values of egg albumen height and haugh unit respectively decreased from farm to market in all egg production routes. In contrast, the albumen pH increased from farm to market. The higher ratio of bacterial contamination was detected in egg shell samples compared with egg content samples. The results of this study indicate that the eggs collected from farm have the best quality. However, the internal egg quality continuously declines from farm to market. In the second study, the quality and bacterial contamination of eggs collected from retail markets (local fresh markets and supermarkets) were analyzed and compared. The chicken eggs were randomly sampled from 7 local fresh markets and 8 supermarkets. The results showed that the values of specific gravity, albumen height, and haugh unit of eggs from local fresh market were higher than those of eggs from supermarket. The contamination of *Salmonella* spp. and *E. coli* was detected in eggs from both local fresh markets and supermarkets.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สุกัญญา รัตนทัพบิมทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสม อาตมางกูรและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวเรศ เรืองพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านการศึกษาและคำแนะนำในด้านการทดลองอย่างใกล้ชิด ตลอดจนการเขียนรายงานวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ และขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ภาควิชาสัตวบาลทุกท่านสำหรับความช่วยเหลือตลอดมา

ขอขอบคุณสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติที่ได้สนับสนุนทุนการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ช่วยสนับสนุนทุนในการศึกษาและเป็นที่กำลังใจในการศึกษาตลอดมา ขอขอบคุณความช่วยเหลือและกำลังใจจากทุกๆ คนที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้การศึกษและการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อิสริ์ สายรวมญาติ

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	31
อุปกรณ์	31
วิธีการ	31
ผลการศึกษาและวิจารณ์	42
สรุปและข้อเสนอแนะ	89
สรุป	89
ข้อเสนอแนะ	90
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	91
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	100

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มาตรฐานคุณภาพไข่ไก่ของประเทศไทย	9
2	มาตรฐานคุณภาพไข่ไก่ของสหรัฐอเมริกา	10
3	มาตรฐานน้ำหนักไข่ไก่ของประเทศไทย	12
4	มาตรฐานน้ำหนักไข่ไก่ของสหรัฐอเมริกา	12
5	มาตรฐานน้ำหนักไข่ไก่ของประเทศจีน	13
6	ค่าความถ่วงจำเพาะของฟองไข่	14
7	ค่ากำหนดของเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารดิบตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข	23
8	เปอร์เซ็นต์ไข่บุบร้าว ไข่แตก ไข่เปื้อนที่ผิวเปลือก และไข่เปื้อนเลือดของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	45
9	ค่าน้ำหนักไข่เฉลี่ยของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	49
10	ค่าความถ่วงจำเพาะฟองไข่ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	50
11	ค่าคะแนนสีไข่แดงของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	51
12	ค่าเปอร์เซ็นต์ไข่ขาว ไข่แดง และเปลือกไข่ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	52
13	ค่าความหนาเปลือกไข่ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	54
14	ค่าสีเปลือกไข่ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	55
15	ค่าความสูงไข่ขาวของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	59
16	ค่าฮอฟยูนิคของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	61
17	ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	65

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ค่าความสูงไขขาว ค่าสอฟูนิต และค่าความเป็นกรด-ด่างของไขขาวของตัวอย่างไขไก่ที่มีผลมาจากขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่ และรูปแบบการปฏิบัติงาน	66
19	เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ <i>Salmonella</i> spp. ของตัวอย่างไขไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	70
20	เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ <i>E. coli</i> ของตัวอย่างไขไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต	72
21	ค่าน้ำหนักไขเฉลี่ย และความถ่วงจำเพาะของไขของตัวอย่างไขไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน	74
22	ค่าคะแนนสีไข่แดง และความหนาเปลือกไข่ของตัวอย่างไขไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน	75
23	ค่าความสูงไขขาว และค่าสอฟูนิตของตัวอย่างไขไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน	77
24	ค่าความเป็นกรด-ด่างของไขขาวของตัวอย่างไขไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน	78
25	ค่าสีเปลือกไข่ของตัวอย่างไขไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน	79
26	ค่าเปอร์เซ็นต์ไขขาว ไข่แดง และเปลือกไข่ของตัวอย่างไขไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน	84
27	เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ <i>Salmonella</i> spp. และ <i>E. coli</i> ของตัวอย่างไขไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน	85
28	เปรียบเทียบลักษณะคุณภาพของไขไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน	86
29	เปรียบเทียบการปนเปื้อนเชื้อ <i>Salmonella</i> spp. และ <i>E. coli</i> ของตัวอย่างไขไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน	87

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของไข่	3
2	การตรวจสอบคุณภาพไข่ไก่โดยการส่องไข่	15
3	ตัวอย่างเส้นทางระบบการตลาดไข่ไก่ในประเทศไทย	29
4	ตัวอย่างเส้นทางระบบการตลาดไข่ไก่ของสหรัฐอเมริกา	30

คุณภาพและความปลอดภัยของไข่ไก่เพื่อการบริโภค:
การสำรวจตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย

Quality and Safety of Chicken Eggs for Human Consumption:
A Survey from Farm to Market

คำนำ

ไข่เป็นสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญของประเทศไทย มีการค้าขายเพื่อการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในรูปของไข่ไก่ทั้งฟอง หรือเป็นวัตถุดิบในโรงงานแปรรูปอาหาร เป็นต้น เนื่องจากไข่ไก่เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหมาะกับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย นอกจากนี้ยังหาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพง ง่ายต่อการนำมาปรุงอาหาร และมีรสชาติที่ถูกปากคนทั่วไป ซึ่งการปฏิบัติต่อไข่ก่อนส่งถึงมือผู้บริโภคนั้น ต้องผ่านหลายขั้นตอนเริ่มต้นจากฟาร์มไก่ไข่ ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย โดยไข่ไก่ที่ผลิตได้จากฟาร์มจะถูกรวบรวมไปยังศูนย์รวบรวมและคัดไข่ เพื่อผ่านกระบวนการต่างๆ ก่อนที่จะมีการจัดส่งไปยังตลาดสด ซูเปอร์มาร์เก็ต โรงแรมหรือโรงงานแปรรูปอาหารต่อไป ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวมีความสำคัญที่ต้องมีการดำเนินการอย่างรวดเร็ว และลดปัญหาการปนเปื้อนให้มากที่สุด ทั้งนี้ไข่จัดได้ว่าเป็นอาหารกลุ่มที่มีความเสี่ยงในการปนเปื้อนจุลินทรีย์ และมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงควรมีการจัดการด้านความปลอดภัย และควบคุมการผลิตไข่ไก่ เพื่อให้ได้ไข่ไก่ที่มีคุณภาพและมีความเหมาะสมต่อผู้บริโภค

ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพ และการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ในแต่ละขั้นตอนการผลิตเริ่มตั้งแต่ฟาร์มไก่ไข่จนถึงแหล่งจำหน่าย โดยทำการตรวจสอบลักษณะภายนอก และวิเคราะห์คุณภาพภายในฟองไข่ รวมทั้งศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* บนผิวเปลือกไข่และภายในฟองไข่ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางสำหรับการจัดการที่จะทำให้ไข่ไก่มีคุณภาพ สะอาด และปลอดภัยต่อผู้บริโภคต่อไป

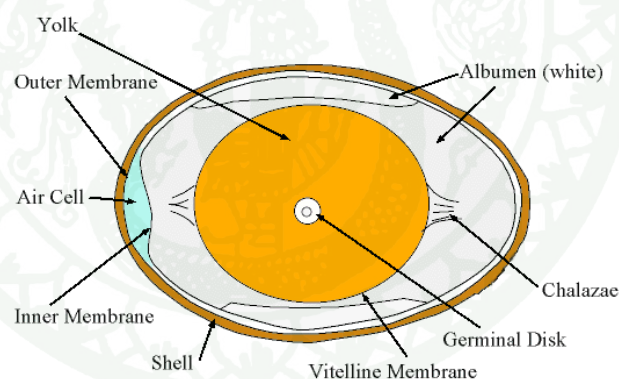
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณภาพของไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิตตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย
2. เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียของไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิตตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพและการปนเปื้อนของแบคทีเรียของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกัน (ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต)

ตรวจสอบเอกสาร

ไข่ไก่เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดี มีธาตุเหล็ก ฟอสฟอรัส และวิตามินที่สำคัญ แคลอรีต่ำ และย่อยง่าย จึงนิยมนำมาใช้ประกอบอาหารหลากหลายชนิด เนื่องจากร่างกายของมนุษย์นั้นสามารถนำโปรตีนจากไข่ไปใช้ได้ทั้งหมด จะเห็นได้ว่าคุณภาพไข่ไก่เป็นดัชนีบ่งชี้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของไข่ไก่ ดังนั้นในการจัดการควรมีความรู้ ความเข้าใจ และต้องมีพื้นฐานการจัดการแบบวันต่อวัน (Food and Agriculture Organization of the United Nation, 2003) ไข่ไก่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อนำระเหยออกหมด ส่วนวัตถุแห้งที่ปรากฏนั้นจะประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และอินทรีย์สารอีกเล็กน้อย (สุวรรณ และคณะ, 2535)

ไข่ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักคือ ไข่แดง (yolk) ไข่ขาว (albumen) และเปลือกไข่ (shell) โดยมีโครงสร้างของฟองไข่ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างของไข่

ที่มา: Johnson and Ridlen (2009)

องค์ประกอบของไข่

เปลือกไข่ (shell)

เปลือกไข่มีน้ำหนักประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนประกอบของเถ้าเป็นหลักประมาณ 93.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ โปรตีน และน้ำ ประมาณ 4.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายนอกของเปลือกไข่มีนวลไข่เคลือบเพื่อป้องกันอันตรายเข้าสู่ภายในฟองไข่ ก่อนถึงภายในฟองไข่มีเยื่อบางๆ เหนียว ส่วนด้านป้านของไข่จะเป็นโพรงอากาศ เปลือกไข่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ 3 ส่วน (สุวรรณ และคณะ, 2535) ดังนี้

1. เปลือกไข่ชั้นใน (mammary layer หรือ cone layer) มีความหนาประมาณ 0.08 มิลลิเมตร เป็นเปลือกไข่ที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ ส่วนปลายสุดของเปลือกไข่ชั้นใน (basal cap) ฝังอยู่ในเยื่อไข่ชั้นนอก (outer shell membrane) ซึ่งเป็นสารประกอบเมกนีเซียมกับฟอสเฟต แร่ธาตุเหล่านี้อยู่ในรูปของผลึก

2. เปลือกไข่ชั้นนอก (palisade layer หรือ column layer) มีความหนาประมาณ 0.18 มิลลิเมตร หรือประมาณ 2 เท่าของเปลือกไข่ชั้นใน เป็นเปลือกไข่ที่แข็ง และเป็นแหล่งของแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปผลึกหินปูนตั้งตรงทางแกนยาวของผลึกกับผิวเปลือก

3. นวลไข่ (cuticle) เป็นส่วนของชั้นนอกสุดของเปลือกไข่ และเป็นส่วนสุดท้ายของฟองไข่ มีลักษณะเป็นของเหลวเหนียว ทำหน้าที่เป็นน้ำมันหล่อลื่นในขณะที่มีการเบ่งไข่และจะแห้งทันทีหลังจากออกไข่ เมื่อแห้งจะหุ้มปิดรู (pores) ทั่วเปลือกไข่ ทำหน้าที่ป้องกันการระเหยของน้ำภายในไข่ และป้องกันเชื้อแบคทีเรียเข้าภายในฟองไข่ เมื่อเก็บไว้นานๆ นวลไข่ก็จะแห้งเปลือกไข่ก็จะมียาอากาศถ่ายเทเข้าออกมากขึ้นทำให้ไข่เสียเร็ว

เปลือกไข่ มีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้

1. โปรตีนพบน้อยมาก ส่วนมากจะอยู่ที่นวลไข่ เป็นสารประกอบพวกมิวซิน (mucin) และคอลลาเจน โปรตีนสามารถทำให้เปลือกไข่คงรูปร่างอยู่ได้ ในเยื่อหุ้มไข่จะพบสารประกอบพวกโอโวเคราติน

2. สารประกอบอนินทรีย์ จะพบพวกแคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมฟอสเฟต ไอโอดีน ตะกั่ว แมกนีเซียม และรงควัตถุอีกเล็กน้อย (สมชาย, 2549)

ไข่ขาว (albumen)

ไข่ขาวมีส่วนที่เหลวและส่วนข้นติดอยู่กับไข่แดง ซึ่งมีปริมาณมากกว่าส่วนเหลวประมาณ 4 เท่า ไข่ขาวเหลวจะกระจายตัวอยู่รอบๆ ไข่ขาวข้น ไข่ที่มีไข่ขาวที่ข้นและคงรูปนั้นจะเป็นไข่ที่มีคุณภาพดี แบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้ (ปฐม, 2540)

1. ไข่ขาวใสชั้นนอก (outer liquid) มีประมาณ 23.2 เปอร์เซ็นต์ของไข่ทั้งฟอง สร้างขึ้นเพื่อหุ้มไข่แดง มีลักษณะค่อนข้างเหลว เนื่องจากมีน้ำเข้าไปผสมไม่เท่ากันในขณะที่ไข่แดงเคลื่อนลงไปยังท่อสร้างเปลือกไข่ (uterus) จึงทำให้เกิดไข่ขาวชั้นต่างๆ ขึ้น

2. ไข่ขาวใสชั้นใน (inner liquid) พบ 16.8 เปอร์เซ็นต์ของไข่ทั้งฟอง เป็นไข่ขาวเหลว

3. ไข่ขาวข้น (dense albumen) มีไข่ขาวข้นประมาณ 57.8 เปอร์เซ็นต์ของไข่ทั้งฟอง ประกอบด้วยสารมิวซิน มีลักษณะเหนียวข้น

4. เยื่อหุ้มไข่แดง (chalaziferous) มีประมาณ 2.2 เปอร์เซ็นต์ของไข่ทั้งฟอง เป็นไข่ขาวชั้นในติดกับไข่แดง มีลักษณะเป็นเกลียวทั้ง 2 ด้านของไข่แดง (ทางด้านปลายแหลมและปลายป้านของฟองไข่) ทำหน้าที่ยึดให้ไข่แดงอยู่ตรงกลางฟองไข่ หุ้มไข่แดงทันทีที่เคลื่อนไปถึงท่อสร้างไข่ขาวลักษณะเป็นเกลียวที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ไข่แดงเคลื่อนลงไปยังส่วนล่างของท่อไข่ ด้วยการหมุนตัวลงไปจึงเกิดเป็นเกลียวขึ้น และมองเห็นได้ชัดเจนเมื่อไข่แดงไปถึงท่อสร้างเปลือกไข่

ไข่ไก่มีไข่ขาวประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของไข่ทั้งฟอง มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก 84 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือโปรตีน 11 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.2 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 1 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโปรตีนที่พบในไข่ขาว (Froning, 1998) ได้แก่

1. โอวัลบูมิน (ovalbumin) พบมากที่สุดถึง 75 เปอร์เซ็นต์ของไข่ขาว เป็นสารที่ประกอบด้วยฟอสฟอรัส คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน โอวัลบูมินสามารถทนความร้อนได้ดีแต่จะ

เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อมีการเข่าสารละลายของโปรตีน อีกทั้งโอวัลบูมินยังเป็นสาเหตุของการเกิดก๊าซไข่เน่า (hydrogen sulfide)

2. โอโวโคนัลบูมิน (ovoconalbumin) เป็นส่วนประกอบ 3 เปอร์เซ็นต์ของไข่ขาว เป็นสารประกอบระหว่างโปรตีนกับคาร์โบไฮเดรตที่เรียกว่า ไกลโคโปรตีน แยกโปรตีนอย่างอื่นได้ง่ายโดยวิธีการตกตะกอนกับแอมโมเนียซัลเฟต สลายตัวเมื่อถูกความร้อน แต่ถ้าจับตัวกับไอออนของโลหะจะให้สีต่างกันตามชนิดของโลหะที่มันจับอยู่ และจะทำให้โปรตีนทนต่อความร้อนและการย่อยสลายของเอนไซม์ได้ดีขึ้น

3. โอโวมิวคอยด์ (ovomuroid) พบ 13 เปอร์เซ็นต์ของไข่ขาว เป็นสารประกอบพวกไกลโคโปรตีนที่ทนต่อความร้อนได้ดี และสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน โปรตีนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายที่ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีผลทำให้โปรตีนหมดความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน และจะถูกย่อยได้ดีขึ้นโดยเอนไซม์ไคโมทริปซิน ด้วยคุณสมบัติของโปรตีนนี้จึงไม่ควรบริโภคไข่ขาวดิบ เนื่องจากจะทำให้การย่อยโปรตีนของเอนไซม์ทริปซินเกิดขึ้นได้น้อยลง

4. โอโวกلوبูลิน (ovoglobulin) พบ 2 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยโปรตีนชนิด G_2 และ G_3 เป็นโปรตีนที่ทำให้ไข่ขาวเกิดฟอง

5. ไลโซไซม์ (lysozyme) เป็นเอนไซม์ในไข่ขาวสามารถย่อยผนังเซลล์ของแบคทีเรียช่วยป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายฟองไข่ ถูกทำลายได้ด้วยความร้อน

6. โอโวมิวซิน (ovomucin) เป็นไกลโคโปรตีนที่ทำให้ไข่ขาวมีลักษณะคล้ายวุ้น พบในไข่ขาวชั้น มีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของไวรัสบางตัว และโปรตีนนี้จะรวมตัวกับไลโซไซม์เกิดเป็นสารประกอบไม่ละลายน้ำ พบว่าปฏิกิริยาการรวมตัวกันของโปรตีนทั้งสองจะลดลงเมื่อความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น ทำให้เชื่อว่าการเพิ่มขึ้นของความเป็นกรด-ด่างในไข่ขาวระหว่างการเก็บรักษาทำให้ไลโซไซม์แยกตัวจากโอโวมิวซิน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ไข่ขาวชั้นเปลี่ยนเป็นไข่ขาวเหลว

7. เอวิดิน (avidin) เป็นโปรตีนที่คอยขัดขวางการทำงานของสารไบโอติน ซึ่งเป็นโคเอนไซม์ที่มีความสำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในของสิ่งมีชีวิต พบเอวิดิน 1 โมเลกุลสามารถจับกับไบโอตินได้ 3 โมเลกุล แต่ถ้าทำให้ไข่ส่วนของเอวิดินก็จะสลายตัวไป

8. โอโวอินฮิบิเตอร์ (ovoinhibitor) มีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีน

9. ฟลาโวโปรตีน (flavoprotein) รวมตัวอยู่กับวิตามินบี 2 หรือไรโบฟลาวิน เป็นแหล่งสะสมวิตามินบี 2

ไข่แดง (yolk)

ไข่ไก่มีไข่แดงประมาณ 13-20 กรัม มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก 48 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือไขมัน 32.5 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 17.5 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 1 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 1 เปอร์เซ็นต์ โดยไขมันในไข่แดงเป็นพวกไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟไลปิด และไลโปโปรตีน ฟอสโฟไลปิดในไข่แดงที่สำคัญคือ เลซิธิน (lecithin) โปรตีนในไข่แดงเป็นพวกวิทิลลิน (vitellin) วิตามินที่พบคือ วิตามินบี เอ ดี อี เค และไม่พบวิตามินซี คาร์โบไฮเดรตพบน้อยมาก ธาตุที่พบได้แก่ ฟอสฟอรัส แคลเซียม โพแทสเซียม และในไข่แดงยังมีเม็ดสีที่ทำให้ไข่มีสีเหลือง (วิรัตน์, 2542)

คุณภาพของไข่ไก่

มาตรฐานคุณภาพของไข่ไก่

มาตรฐานคุณภาพของไข่ไก่กำหนดขึ้นเพื่อประเมินคุณภาพฟองไข่ โดยการประเมินองค์ประกอบภายนอกและภายในฟองไข่ ซึ่งมาตรฐานคุณภาพของไข่ไก่สามารถเปรียบเทียบได้จากความสัมพันธ์ของลักษณะภายในฟองไข่ที่เห็นจากการส่องไข่กับลักษณะที่เป็นจริงจากการตอกไข่ (USDA, 2009) ในแต่ละประเทศจะมีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพไข่ไก่ที่แตกต่างกัน เช่น ประเทศไทยมีการกำหนดคุณภาพของไข่ไก่โดย คณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ส่วนประเทศสหรัฐอเมริกามีการกำหนดมาตรฐานของไข่ไก่โดย USDA ซึ่งมีการแบ่ง

ตามระดับชั้นคุณภาพ (ตารางที่ 1 และ 2) ซึ่งมาตรฐานคุณภาพไข่ของประเทศไทยมีรายละเอียดดังนี้

คุณภาพไข่เกรด AA

ไข่ไก่มีลักษณะเปลือกสะอาด ไม่บุบร้าว และมีรูปร่างปกติ ขนาดช่องอากาศไม่เกิน 1/8 นิ้ว องค์กรประกอบภายในฟองไข่อาจเคลื่อนที่ได้อิสระเมื่อมีการหมุนฟองไข่ในขณะส่องไข่ ไข่ขาวต้องใส และชั้นจันเห็นเงาไข่แดงอยู่ตรงกลาง ไข่แดงต้องไม่มีลักษณะที่ผิดปกติใดๆ

คุณภาพไข่เกรด A

ไข่ไก่มีลักษณะเปลือกสะอาด ไม่บุบร้าว และมีรูปร่างปกติ ขนาดช่องอากาศไม่เกิน 3/16 นิ้ว องค์กรประกอบภายในฟองไข่เคลื่อนที่ได้อิสระเมื่อมีการหมุนฟองไข่ในขณะส่องไข่ ไข่ขาวต้องใส และค่อนข้างชั้นจันไข่แดงลอยตัวอยู่ในอาณาบริเวณตอนกลางของขนาดฟองไข่

คุณภาพไข่เกรด B

ไข่ไก่มีลักษณะเปลือกไม่บุบร้าว รูปร่างอาจผิดปกติหรือมีรอยเปื้อนเป็นจุดได้ไม่เกิน 1/32 นิ้ว หรือกระจายอยู่ทั่วไปได้ไม่เกิน 1/16 นิ้วของพื้นที่ผิวเปลือกไข่ ช่องอากาศมีขนาดใหญ่กว่า 3/16 นิ้ว การเคลื่อนที่ขององค์กรประกอบภายในฟองไข่เคลื่อนที่ได้อิสระเมื่อมีการหมุนฟองไข่ในขณะส่องไข่ ไข่ขาวเหลว และเห็นไข่แดงชัดเจน ซึ่งอาจมีสีเข้ม ขนาดใหญ่ แบน เห็นจุดกำเนิดได้ชัดเจน เส้นเลือดต้องไม่มีร่างแห อาจพบมีลักษณะผิดปกติอื่นๆ ได้ สามารถนำมาบริโภคได้ หากพบจุดเลือด จุดเนื้อควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1/18 นิ้ว

คุณภาพไข่เกรด C

ไข่ไก่มีลักษณะเปลือกไม่แตกร้าว มีรอยค่างไม่เกิน 1/4 ของพื้นที่ไม่เปื้อน มีรอยเปื้อนเป็นจุดได้ไม่เกิน 1/32 นิ้ว หรือกระจายอยู่ทั่วไปได้ไม่เกิน 1/16 นิ้วของพื้นที่ผิวเปลือกไข่ ผิวหยาบ มีสี และลักษณะเนื้อที่ผิดปกติเห็นได้ชัด ขนาดช่องอากาศเกิน 0.8 เซนติเมตร ไข่ขาวใส เหลว เห็นเงาของไข่แดงชัดเจน ไข่แดงไม่ลอยอยู่ตรงกลาง เป็นไข่มีเชื้อ มีจุดกำเนิดบนผิวหน้าขยายใหญ่ มีรอบวงสีขาว มีจุดเลือด จุดเนื้อ ไข่ขาวมีลักษณะเหลว

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพไข่ไก่ของประเทศไทย

คุณลักษณะ	ระดับชั้นคุณภาพ			
	ระดับชั้น AA	ระดับชั้น A	ระดับชั้น B	ระดับชั้น C
1. ลักษณะภายนอกเปลือก	สะอาด ไม่แตกร้าว สีเปลือกไข่ปกติ เนื้อเปลือกดีไม่มีร้าว รอย หยาบเป็นคลื่นหรือปุ่มเปลือกแข็งปกติ	เช่นเดียวกับระดับชั้น AA	สะอาด รอยเปื้อนกระจายตัวไม่เกิน 1/16 ของพื้นที่ ถ้ามีจุดเดียวต้องไม่เกิน 1/32 ของพื้นที่ เปลือกหยาบ	เช่นเดียวกับ B แต่อาจจะมีสีและลักษณะเนื้อเปลือกที่ผิดปกติเห็นได้ชัดเจน
2. การส่องไข่เปลือก	สะอาด ไม่แตกร้าว	เช่นเดียวกับระดับชั้น AA	ไม่แตกร้าว มีรอยด่าง ไม่เปื้อน	ไม่แตกร้าว มีรอยด่างไม่เกิน 1/4 ของพื้นที่ ไม่เปื้อน
ช่องอากาศ	ไม่เกิน 0.3 ซม. (1/8 นิ้ว)	ไม่เกิน 0.5 ซม. (2/8 นิ้ว)	ไม่เกิน 0.8 ซม. (3/8 นิ้ว)	เกิน 0.8 ซม. (3/8 นิ้ว)
ไข่ขาว	ใส โปร่งแสง ขึ้น	ใส ขึ้นพอควร	ใส ก่อนข้างเหลว	ใส เหลว ไหลไปมา มีจุดเลือดจุดเนื้อ
3. การต่อไข่ไข่แดง	ไม่มีเชื้อ จุดกำเนิดบนผิวหน้าไข่แดงมีขนาดเล็กละ มีสีขาวเข้ม ไม่มีจุดเลือดจุดเนื้อ ไข่แดงนูน	เช่นเดียวกับระดับชั้น AA มีจุดเลือด จุดเนื้อ น้อย ไข่แดงนูน	ทั้งไข่ไม่มีเชื้อและมีเชื้อ มีจุดกำเนิดบนผิวหน้าไข่แดง ขยายใหญ่ มีรอบวงสีขาว รูปร่างคล้ายขนมโดนัท มีจุดเลือด จุดเนื้อ บ้าง ไข่แดงไม่นูน	เช่นเดียวกับระดับชั้น B จุดกำเนิดบนผิวหน้าของไข่แดงขยายใหญ่ มีรอบวงสีขาว มีจุดเลือดจุดเนื้อชัดเจน ไข่แดงไม่นูน
ไข่ขาว	ไข่ขาวชั้นนูน	ไข่ขาวชั้น	ไข่ขาวเหลวบ้าง	ไข่ขาวเหลว

ที่มา: มกษ. 6702 (2553)

ตารางที่ 2 มาตรฐานคุณภาพไข่ไก่ของประเทศสหรัฐอเมริกา

คุณลักษณะ	ระดับชั้นคุณภาพ		
	AA	A	B
เปลือกไข่	สะอาด ไม่บุบร้าว และมีรูปร่างปกติ	สะอาด ไม่บุบร้าว และมีรูปร่างปกติ	สะอาด มีรอยเปื้อน เล็กน้อย ไม่แตกร้าว รูปร่างปกติ
ช่องอากาศ	1/8 นิ้วหรือน้อยกว่า เคลื่อนไหวได้อิสระ	3/16 นิ้วหรือน้อยกว่า เคลื่อนไหวได้อิสระ	3/16 นิ้วหรือมากกว่า เคลื่อนไหวได้อิสระ
ไข่ขาว	ใส ช้น	ใส ช้นพอสมควร	เหลวและไหลเป็นน้ำ มีจุดเลือดจุดเนื้อ
ไข่แดง	เห็นขอบเขตไม่ชัดเจน ไม่มีความผิดปกติใดๆ	เห็นขอบเขตพอสมควร ไม่มีความผิดปกติใดๆ	เห็นขอบเขตชัดเจน ขนาดใหญ่และแบน ไม่มีจุดเลือด

ที่มา: USDA (2000)

การพิจารณาคุณภาพของไข่ไก่

การพิจารณาคุณภาพของไข่ไก่สามารถตรวจสอบได้จากลักษณะภายนอกและภายใน ฟองไข่ ซึ่งมีการตรวจสอบ (Jacqueline *et al.*, 2009) ดังนี้

การตรวจสอบคุณภาพภายนอกไข่ไก่

ลักษณะเปลือกไข่ เป็นการตรวจสอบคุณลักษณะภายนอกของฟองไข่ โดยลักษณะเปลือกไข่ที่สามารถตรวจสอบได้ ดังนี้

1. สะอาด (clean) คือ เปลือกไข่ที่ปราศจากสิ่งแปลกปลอม รอยเปื้อนหรือสีที่ผิดปกติที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ในบางครั้งอาจพบว่ามีรอยเปื้อนหรือรอยขีดข่วนจากกรงหรือน้ำมันจากกระบวนการจัดการได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2. สกปรก (dirty) คือ เปลือกไข่ที่ไม่แตกร้าว แต่มีสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ผิวเปลือก หรือมีรอยเปื้อนมากหรือปานกลาง อาจเป็นจุดหรือกระจายอยู่ทั่วไปมากกว่า $1/32$ หรือ $1/16$ ของพื้นที่ผิวเปลือกไข่

3. ไข่บุบ (check) คือ เปลือกไข่มีรอยแตก บุบร้าว แต่เชื้อเปลือกไข่และองค์ประกอบภายในยังอยู่ในสภาพสมบูรณ์ถือว่าคุณภาพต่ำกว่าไข่ที่มีรอยเปื้อน

4. ปกติ (practically normal) คือ เปลือกไข่ที่มีรูปร่างปกติ ไม่มีจุด อาจมีรอยหยาบหรือมีปุ่มนูนได้ แต่ต้องไม่กระทบต่อรูปร่างและความแข็งแรงของเปลือกไข่

5. ผิดปกติ (abnormal) คือ เปลือกไข่ที่มีรูปร่างผิดปกติไปจากรูปร่างหรือพบว่ามีปุ่มนูนหรือจุดที่มีขนาดใหญ่ที่ชัดเจน

น้ำหนักฟองไข่ เป็นการตรวจสอบให้ตรงตามมาตรฐานน้ำหนักไข่ที่ได้มีการกำหนดไว้ โดยน้ำหนักฟองไข่จะมีการผันแปรขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สายพันธุ์ อายุ น้ำ อาหาร สภาพการเลี้ยงดู และอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ซึ่งมาตรฐานน้ำหนักของไข่ได้มีการพิจารณาจากน้ำหนักต่อฟองหรือน้ำหนักขั้นต่ำต่อโหล สำหรับประเทศไทยมีการแบ่งขนาดตามน้ำหนักเป็นเบอร์ ในแต่ละเบอร์มีน้ำหนักไข่ต่อฟองต่างกันเบอร์ละ 5 กรัม และน้ำหนักต่อโหลก็ต่างกัน 60 กรัมต่อเบอร์ (ตารางที่ 3) ส่วนน้ำหนักมาตรฐานของไข่ไก่ในประเทศสหรัฐอเมริกา และจีน ซึ่งเป็นประเทศที่มีการผลิตไข่ไก่เป็นจำนวนมากก็มีการกำหนดมาตรฐานน้ำหนักฟองไข่ที่แตกต่างกันออกไป (ตารางที่ 4 และ 5)

ตารางที่ 3 มาตรฐานน้ำหนักไข่ไก่ของประเทศไทย

เบอร์	ขนาด	น้ำหนักต่อฟอง (กรัม)	น้ำหนักต่อโหล (กรัม)
0	ไข่อักษ์	มากกว่า 70	มากกว่า 840
1	ไข่ใหญ่พิเศษ	มากกว่า 65 ถึง 70	มากกว่า 780
2	ใหญ่	มากกว่า 60 ถึง 65	มากกว่า 720
3	กลาง	มากกว่า 55 ถึง 60	มากกว่า 660
4	เล็ก	มากกว่า 50 ถึง 55	มากกว่า 600
5	จิ๋ว	มากกว่า 45 ถึง 50	มากกว่า 540

ที่มา: มกษ.6702 (2553)

ตารางที่ 4 มาตรฐานน้ำหนักไข่ไก่ของประเทศสหรัฐอเมริกา

ขนาด	น้ำหนักต่อโหล (ออนซ์)	น้ำหนักต่อฟอง (กรัม)
ไข่ใหญ่พิเศษ	30	71.86
ไข่ใหญ่มาก	27	64.79
ไข่ใหญ่	24	57.70
ไข่กลาง	21	49.61
ไข่เล็ก	18	42.51
ไข่จิ๋ว	15	35.44

ที่มา: USDA (2009)

ตารางที่ 5 มาตรฐานน้ำหนักไข่ไก่ของประเทศไทย

ขนาด	น้ำหนักต่อฟอง (กรัม)
ไข่ใหญ่พิเศษ	มากกว่า 73
ใหญ่	63-73
กลาง	53-63

ที่มา: USDA (2000)

ความถ่วงจำเพาะของฟองไข่ เป็นการพิจารณาคุณภาพของเปลือกไข่ โดยไข่ที่มีความถ่วงจำเพาะฟองไข่สูงเป็นไข่ที่มีเปลือกหนา และเป็นไข่ที่มีคุณภาพเปลือกดี การหาความถ่วงจำเพาะฟองไข่ ทำได้โดยใช้สารละลายของเกลือแกงที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน และเอาไข่ใส่ลงไป ไข่ที่ลอยในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงๆ จะเป็นไข่ที่มีเปลือกหนา ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดความถ่วงจำเพาะฟองไข่โดยให้เป็นคะแนนตามความหนาเปลือกไข่ ดังแสดงในตารางที่ 6

ความหนาเปลือกไข่ เป็นการพิจารณาคุณภาพของเปลือกไข่เช่นกัน โดยการวัดความหนาเปลือกไข่ จะวัดจำนวน 3 จุด คือ ส่วนด้านป้าน ด้านแหลม และส่วนกลางของฟองไข่ โดยจะมีการลอกเยื่อหุ้มเปลือกไข่ออกก่อน แล้วนำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 6 ค่าความถ่วงจำเพาะของฟองไข่

คะแนนความหนาเปลือกไข่	ความถ่วงจำเพาะของสารละลาย
0 (บางที่สุด)	1.068
1	1.072
2	1.076
3	1.080
4	1.084
5	1.088
6	1.092
7	1.096
8 (หนาที่สุด)	1.100

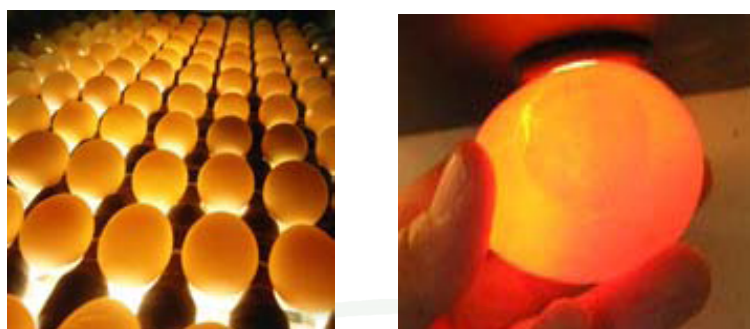
ที่มา: อวูธ (2538)

การตรวจสอบคุณภาพภายในฟองไข่

การตรวจสอบคุณภาพภายในฟองไข่ มีวิธีการดังนี้ (USDA, 2009)

1. การตรวจสอบโดยวิธีการส่องไข่ (candling method)

การส่องไข่เป็นวิธีการเดียวที่สามารถใช้ตรวจสอบคุณภาพทั้งภายในและภายนอกของไข่ไก่โดยไม่ต้องตอกไข่ มีการตรวจสอบโดยวางฟองไข่ไว้ด้านหน้าของลำแสงเพื่อให้สามารถมองเห็นองค์ประกอบภายในของไข่ไก่ (ภาพที่ 2) การส่องไข่สามารถตรวจสอบลักษณะต่างๆ ของไข่ไก่ได้ ดังนี้



ภาพที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพข้าวโดยการส่องไฟ

ที่มา: Jedlicha (2003)

ลักษณะเปลือกไข่ ซึ่งโดยปกติแล้วที่เปลือกไข่จะมีเชื้อหุ้มเปลือกไข่ 2 ชั้น ที่จะแนบติดกันตลอดแล้วแยกออกจากกันตรงบริเวณส่วนป้านของฟองไข่เรียกว่า โพรงอากาศ ไข่ที่ออกมาจากตัวแม่ไก่ใหม่ๆ โพรงอากาศนี้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร และส่วนลึกประมาณ 0.32 เซนติเมตร เมื่อฟองไข่มีอายุมากขึ้นขนาดของโพรงอากาศนี้จะขยายขึ้นเรื่อยๆ การขยายนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ ถ้าอุณหภูมิสูงการไหลเวียนของอากาศเร็ว การขยายตัวก็จะเร็วตามไปด้วย (สมชาย, 2549)

ลักษณะไข่แดง การตัดสินคุณภาพภายในฟองไข่นั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะภายในที่สามารถมองเห็นได้จากการส่องไฟ ลักษณะการเคลื่อนไหวและรูปร่างของไข่ ไข่แดงที่ผิดปกติมีลักษณะของไข่แดงเอียง ไข่แดงติดเชื้อหุ้มเปลือก ไข่แดงสีไม่สม่ำเสมอ รูปร่างไข่แดงผิดปกติ และสีไข่แดงผิดปกติ (สุวรรณ และคณะ, 2535)

ลักษณะของไข่ขาว คุณภาพของไข่ขาวพิจารณาจากลักษณะการเคลื่อนไหวและขอบเขตของเส้นรูปร่างไข่แดง ซึ่งลักษณะผิดปกติจะพบลักษณะ สีผิดปกติ สีไข่ขาวขุ่นมัว มีลักษณะเหนียวหนืด

2. การตรวจสอบโดยวิธีการตอกไข่ (break-out method)

หลังจากไข่ออกจากตัวแม่ไก่แล้วคุณภาพของไข่จะเริ่มเสื่อมลงตลอดเวลา อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของแต่ละส่วนของไข่ ฉะนั้นลำดับการดูสภาพภายนอกและการส่องไข่สำหรับใช้ตรวจสอบคุณภาพภายในยังไม่เป็นการเพียงพอ จึงควรมีการวัดคุณภาพภายในของไข่ไก่ด้วยวิธีที่แม่นยำที่สุด คือ การตอกไข่ตรวจสอบ โดยสามารถตรวจสอบลักษณะต่างๆ (American Egg Board, 2009) ได้ดังนี้

น้ำหนักไข่ขาว ไข่แดง และฟองไข่ ไข่ไก่มีน้ำหนักฟองไข่ที่ผันแปรตามปัจจัยหลายอย่าง ดังที่ได้กล่าวข้างต้น ซึ่งในไข่ไก่ 1 ฟองจะแยกส่วนประกอบออกได้เป็นน้ำหนักของไข่ขาว ไข่แดง และเปลือกไข่ ในแต่ละส่วนประกอบจะมีสัดส่วนดังนี้ ไข่ไก่ที่น้ำหนัก 60 กรัม มีสัดส่วนของไข่ขาว 36.9 กรัม (61.5 เปอร์เซ็นต์) ไข่แดง 17.4 กรัม (22 เปอร์เซ็นต์) และเปลือกไข่ 5.6 กรัม (9.5 เปอร์เซ็นต์) (จิตรนา, 2539)

การเกิดจุดเลือด และจุดเนื้อมันไข่ขาว ซึ่งการเกิดจุดเลือดเกิดจากการที่เส้นเลือดฝอยที่ถุงหุ้มนิกขาด ทำให้มีเลือดซึมออกมาติดกับไข่แดง เมื่อผ่านกระบวนการสร้างฟองไข่ จึงทำให้เลือดติดมาด้วย ส่วนการเกิดจุดเนื้อ เกิดขึ้นเมื่อขณะตอกไข่ ถุงหุ้มไข่เกิดการฉีกขาดหลุดมาพร้อมกับไข่แดง เมื่อผ่านกระบวนการสร้างฟองไข่จึงเกิดเป็นจุดเนื้อขึ้น (วรวิทย์, 2531)

ความสูงของไข่ขาว โดยเมื่อมีระยะเวลาผ่านไปไข่ขาวชั้นจะเริ่มมีความสูงลดลง ไข่ขาวจะมีลักษณะบางและกลายนํ้ามากขึ้น น้ำจากไข่ขาวจะเข้าสู่ส่วนของไข่แดง ส่งผลให้ไข่แดงค่อยๆ แบนลง และมักอยู่ก่อนไปทางด้านใดด้านหนึ่งของไข่ ไข่แดงจึงแตกได้ง่าย การวัดความสูงไข่ขาวทำได้โดยตอกไข่ใส่ภาชนะแบนๆ แล้ววัดความสูงด้วยเครื่องวัดความสูงไข่ขาว แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าฮอฟยูนิต (Roush, 1981) ดังสมการต่อไปนี้

$$HU = 100 \times \log (H + 7.57 - 1.7W^{0.37})$$

เมื่อ	HU =	ค่าฮอฟฟ์ยูนิต
	H =	ความสูงของไข่ขาว (มิลลิเมตร)
	W =	น้ำหนักฟองไข่ (กรัม)

สีของไข่แดง ซึ่งประกอบไปด้วยสารสีที่เป็นสีเหลือง โดยได้รับมาจากแคโรทีน ที่มีอยู่ในอาหารสัตว์ ซึ่งผู้บริโภครส่วนใหญ่นิยมบริโภคไข่ที่มีสีแดงเข้มมากๆ โดยที่สีของไข่แดงนั้นไม่มีส่วนในการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร แต่ให้ประโยชน์ทางความสวยงามและความพึงพอใจของผู้บริโภค การวัดสีไข่แดงจะใช้ Roche colour fan ซึ่งมีค่าระหว่าง 1-15 โดยค่า 1 มีสีอ่อนสุด และค่า 15 มีสีเข้มสุด

การเกิดจุดบนผิวไข่แดง โอกาสในการเกิดจุดบนไข่แดงนั้นเป็นไปได้้น้อยมาก จุดที่เกิดขึ้นนี้จะมีลักษณะคล้ายเม็ดน้ำมันอยู่บนผิวของไข่แดง สาเหตุของการเกิดเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของน้ำจากไข่ขาวผ่านผิวของไข่แดงเข้าไปในไข่แดง การเกิดจุดบนผิวไข่แดงนี้จะเกิดขึ้นมากในช่วงฤดูร้อน สาเหตุการเกิดอาจเนื่องมาจากก๊าซแอมโมเนีย สาร gossypol และ peperazine ก็มีส่วนในการกระตุ้นให้เกิดลักษณะนี้ได้ จุดที่เกิดบนผิวไข่แดงนี้จะแตกต่างจากจุดที่เรียกว่า germinal disc (ซึ่งเป็นจุดที่มีสีแดงจางๆ ทำหน้าที่รับการผสมจาก sperm ซึ่งในไข่แต่ละฟองจะมีจุดนี้เพียงจุดเดียว) (วรวิทย์, 2531)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ไก่

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ไก่เริ่มตั้งแต่แม่ไก่วางไข่ หลังจากไข่ออกจากตัวแม่ไก่ คุณภาพของไข่ก็จะลดลงเรื่อยๆ การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับไข่ขาว ไข่แดง และเปลือกไข่ ซึ่งมีผลให้คุณสมบัติของไข่เปลี่ยนไปจากไข่สด โดยพบลักษณะดังนี้

1. ขนาดของโพรงอากาศมีการเปลี่ยนแปลง

หลังจากที่ไข่ออกจากตัวแม่ไก่ในช่วงแรกจะไม่พบโพรงอากาศ ต่อมาเมื่ออุณหภูมิของฟองไข่ลดลงจะเกิดการหดตัวของของเหลวภายในฟองไข่ ทำให้เกิดโพรงอากาศที่ด้านป้านและเมื่ออายุของฟองไข่เพิ่มมากขึ้นขนาดของโพรงอากาศก็จะขยายใหญ่ขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสามารถ

มองเห็นได้ชัดเจนเมื่อตรวจสอบคุณภาพโดยวิธีส่องไข่ ขนาดของโพรงอากาศที่ใหญ่ขึ้น มีผลทำให้น้ำหนักของฟองไข่ลดลงเนื่องจากน้ำภายในฟองไข่แพร่ผ่านรูบนเปลือกไข่สู่บรรยากาศ จึงสามารถใช้ขนาดของโพรงอากาศเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของไข่ไก่ได้ การเก็บรักษาไข่ไก่ในที่ที่มีความชื้นสูงจะช่วยให้การแพร่ของน้ำจากภายในฟองไข่เกิดขึ้นน้อยลง (จิตรนา, 2539)

2. ไข่ขาวชั้นมีลักษณะเหลว

ไข่เมื่อมีอายุการเก็บรักษามากขึ้นไข่ขาวชั้นจะเปลี่ยนเป็นไข่ขาวเหลว เนื่องจากองค์ประกอบภายในของไข่ขาวมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบหลัก แล้วเมื่อโปรตีนเกิดการเสียสภาพทำให้น้ำเพิ่มมากขึ้น ไข่ขาวชั้นจึงเปลี่ยนเป็นไข่ขาวเหลว (Kemps *et al.*, 2007)

3. ขนาดของไข่แดงขยายใหญ่ขึ้น

เมื่อมีอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น จะมีการแพร่ของน้ำจากไข่ขาวเข้าสู่ไข่แดง โดยแรงดันออสโมซิส ทำให้ความเข้มข้นของไข่แดงต่ำลง ไข่แดงจึงมีความกว้างมากขึ้น ไม่อยู่ตรงกลางฟองไข่ เยื่อหุ้มไข่แดงจะยืดออกและอ่อนตัวลงจนขาดง่าย ทำให้แยกไข่แดงออกจากไข่ขาวในไข่เก่าได้ยาก บางครั้งไข่แดงจะเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง ถ้ามีการเก็บรักษาไข่ไว้ในอุณหภูมิที่สูง การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากขึ้น (สุวรรณ และคณะ, 2535)

4. ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น

ไข่เมื่อมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น จะเกิดการระเหยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านรูเปลือกไข่ ทำให้ไข่มีฤทธิ์เป็นด่างมากขึ้น เนื่องจากในสภาวะปกติภายในฟองไข่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำ ทำให้ได้เกลือไบคาร์บอเนตและไฮโดรเจนไอออน โดยปกติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในฟองไข่จะมีค่าสูงกว่าภายนอกฟองไข่ จึงเกิดการระเหยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภายในฟองไข่สู่สภาพแวดล้อม ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับคาร์บอนไดออกไซด์ภายในฟองไข่ที่ค่อยๆ ลดลง ทำให้ปฏิกิริยาการละลายคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำลดลง จึงเกิดไฮโดรเจนไอออนลดลง ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น การระเหยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จนกระทั่งเกิดสมดุลระหว่างภายในและภายนอกฟองไข่ จะไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น จึงทำให้การเพิ่มขึ้นของความเป็นกรด-ด่าง เกิดขึ้นได้น้อยมาก (Kemps *et al.*, 2007)

5. รสชาติและกลิ่นเปลี่ยนไป

ไข่ที่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น จะมีรสชาติและกลิ่นเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากเกิดการสลายตัวของโอวีโอไมวซิน ถ้ามีการเก็บรักษาไข่ไว้ในที่ที่มีกลิ่นเหม็น ไข่อาจดูดกลิ่นอันไม่พึงปรารถนาเข้าไปตามรูของเปลือก รสชาติที่เปลี่ยนไปนี้สังเกตได้ชัดเมื่อใช้ไข่ปรุงอาหารที่ไม่มีเครื่องปรุงอื่นผสมอยู่มาก

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพไข่ไก่

ไข่ไก่คุณภาพดี ควรมีไข่แดงที่กลม ช้น คงรูปได้ดี ล้อมรอบด้วยไข่ขาวชั้นปริมาณมาก ไข่แดงมีสีเข้ม บางครั้งไข่แดงที่มีสีซีดไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (FAO, 2003) โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ไก่ มีดังนี้

1. ปัจจัยโดยธรรมชาติ เช่น กระบวนการสร้างไข่ ทำให้เกิดจุดเลือด จุดเนื้อ เป็นต้น ไข่ที่มีจุดเลือด เกิดจากเส้นเลือดฝอยที่ถุงหุ้มไข่ฉีกขาดทำให้มีเลือดซึมออกมา เมื่อผ่านกระบวนการสร้างฟองไข่จึงทำให้เลือดติดมาด้วย พบในไข่ที่ได้จากแม่ไก่ที่ให้ผลผลิตสูง ลักษณะการมีจุดเลือดหรือจุดเนื้อในฟองไข่เป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดได้ทางพันธุกรรม สามารถปรับปรุงลักษณะนี้ได้โดยการคัดพันธุ์ (วรวิทย์, 2531)

2. อุณหภูมิ มีผลต่อคุณภาพของไข่ไก่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมีที่เป็นผลเนื่องมาจากอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมที่เพิ่มสูงขึ้น จึงควรเก็บรักษาไข่ไก่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม มีการระบายอากาศที่ดี อุณหภูมิควรพิจารณาพร้อมกับความชื้นของสภาพแวดล้อม เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงของไข่ไก่ได้ (วรวิทย์, 2531)

3. ความชื้น หากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในบริเวณที่มีการเก็บรักษาไข่ไก่ต่ำทำให้เกิดการระเหยของน้ำออกจากรูเปลือกไข่ อัตราการระเหยของน้ำเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนผกผันกับความชื้นภายในและภายนอกฟองไข่ ดังนั้นไข่ไก่จะต้องมีการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (วรวิทย์, 2531)

4. ระยะเวลา มีผลต่อคุณภาพของไข่ไก่ เนื่องจากการเก็บรักษาไข่ไก่เป็นเวลานานส่งผลให้คุณภาพของไข่ไก่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ควรพิจารณาร่วมกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไข่ไก่ (วรวิทย์, 2531)

5. การจัดการ ในการจัดการไข่ไก่ต่างๆ ไปต้องเริ่มต้นที่ฝูงแม่ไก่ การเก็บไข่ควรมีการเก็บไข่บ่อยครั้งในแต่ละวัน จะช่วยลดปัญหาไข่สกปรกและเสียหายได้

6. การเก็บรักษา ควรมีการควบคุมอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 10–13 องศาเซลเซียส (50–55 องศาฟาเรนไฮต์) และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 70–85 เปอร์เซ็นต์ (มกษ.6702, 2553)

ปัจจัยที่กล่าวมานี้ล้วนแต่มีความจำเป็นต้องมีการพิจารณาเพื่อรักษาคุณภาพของไข่ไก่ทั้งสิ้น แต่ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ไก่อมากที่สุดคือ ปฏิกริยาร่วมระหว่างระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา จะพบว่ามียุทธพลอย่างมากต่อการสูญเสียน้ำหนักของฟองไข่ ค่าความสูงไข่ขาว ค่าสอฟูนิต และค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาว เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของเสกสม และคณะ (2548) ที่พบว่า การเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่แตกต่างกัน มีผลให้น้ำหนักไข่ และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไข่สูญเสียเพิ่มขึ้น ตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

Stadelman and Cotterill (1995) รายงานเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข่ที่อุณหภูมิ 25, 34 และ 40 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 2, 4 และ 6 ชั่วโมงพบว่า ไข่ที่มีการเก็บรักษาในอุณหภูมิสูง และระยะเวลานานขึ้นจะมีโอกาสสูญเสียน้ำหนักได้มากกว่าไข่ที่มีการเก็บในอุณหภูมิต่ำ และระยะเวลานั้น

Samli *et al.* (2005) ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ไก่ โดยมีการเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิ 5, 21 และ 29 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 5 และ 10 วันพบว่า เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้คุณภาพของไข่ไก่เกิดการเปลี่ยนแปลงคือ น้ำหนักฟองไข่ ค่าความถ่วงจำเพาะฟองไข่ ความสูงไข่ขาว และค่าสอฟูนิตลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่แดงและไข่ขาวเพิ่มขึ้น จึงสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพภายในของไข่ไก่ได้ดี เนื่องจากสามารถพบการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน

Scott *et al.* (2000) และ Silversides and Scott (2001) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ไก่ โดยทำการตรวจวัดความสูงไข่ขาว ค่าสอฟูยูนิต และค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ไก่ที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 1, 3, 5 และ 10 วัน พบว่า เมื่อมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความสูงไข่ขาวจะลดลง ส่งผลให้ค่าสอฟูยูนิตลดลง ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีค่าเพิ่มขึ้น

Jones and Musgrove (2005) รายงานว่า การเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิปกติ (32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ในช่วงระยะเวลา 3 วันแรก ไข่ไก่ที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ มีค่าความสูงไข่ขาวและค่าสอฟูยูนิตลดลง แต่ในไข่ไก่ที่มีการเก็บรักษาอุณหภูมิปกติ มีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว และมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อมีการเก็บรักษา 9 วันขึ้นไป

การปนเปื้อนแบคทีเรียในไข่ไก่

ปัจจุบันไข่ไก่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารได้มากมายสำหรับมนุษย์ ซึ่งไข่ที่นำมาใช้ต้องเป็นไข่ที่มีคุณภาพและปลอดภัย การปนเปื้อนแบคทีเรียในไข่เกิดได้จากปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิและความชื้นที่ไม่เหมาะสม ระยะเวลาการเก็บรักษานาน การปนเปื้อนในระหว่างการออกไข่ การปนเปื้อนจากแม่ไก่ (Board and Fuller, 1994) และการจัดการฟาร์มที่ไม่ดี การแพร่กระจายของแบคทีเรียเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยแบคทีเรียผ่านเข้าภายในไข่โดยผ่านชั้นเปลือก (Wilson, 1997) เยื่อเปลือกไข่ ไข่ขาว และไข่แดง ซึ่งทำให้คุณภาพภายในฟองไข่ลดลง (Cox *et al.*, 2000) ถ้าไข่ที่นำมาบริโภคไม่สะอาดและมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกายของผู้บริโภคได้

การรักษาคุณภาพของไข่ไก่โดยอาศัยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เป็นวิธีป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของอาหาร อุณหภูมิที่ต่ำช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ให้ช้าลง ไม่ได้เป็นการยับยั้งหรือทำลายการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่พบในไข่ไก่นั้นมีหลายชนิด โดยมีการแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่คือ จุลินทรีย์ที่สามารถก่อโรค (pathogenic microorganisms) และจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรค (non-pathogenic microorganisms) (ปรีชา และสุดสาย, 2549) โดยจุลินทรีย์ที่ก่อโรค แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ประเภทที่เข้าไปเป็นอันตรายโดยตรงแก่คน เช่น พวกเชื้อไทฟอยด์ และเชื้อที่ทำให้ท้องเสียอื่นๆ เช่น *Salmonella* spp. กับ *Staphylococci* (ปรีชา และสุดสาย, 2549)

2. ประเภทที่สร้างสารพิษ (toxin) ออกมาหรือทำให้อาหารเป็นพิษ เป็นอันตรายโดยอ้อม เมื่อคนบริโภคพิษของมันเข้าไป เช่น *Staphylococci*, *Clostridium* spp. เป็นต้น (ปรียา และสุคสาย, 2549) แบคทีเรียชนิดที่ทำให้เกิดโรคแก่คน และพบมากในสัตว์ปีกต่างๆ คือ *Salmonella* ที่ทำให้คนท้องเสีย (gastrointestinal disturbances) ได้แก่ *S. orangienburg*, *S. montevideo*, *S. newport*, *S. enteritidis*, *S. anatum*, *S. typhimurium*, *S. gallinarum*, กับ *S. pullorum*, โรคจากแบคทีเรียอื่นๆ ที่ติดต่อกันได้แก่ Paracolon infections, Erysipelas, Staphylococcal infections, Streptococcal infections, Tuberculosis, Brucellosis, Listerosis, Tularemia, Pasteurellosis, Pseudotuberculosis, Diphtheria, Anthrax, Botulism, Leptospirosis (สุวรรณ, 2529)

การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp.

คุณสมบัติและการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp.

Salmonella spp. เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ลักษณะเป็นท่อน ส่วนใหญ่เคลื่อนที่ได้ ไม่สร้างสปอร์ มีขนาด 0.7-1.5 ไมโครเมตร ยาว 2.0-5.0 ไมโครเมตร มีผนังเซลล์แบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นในสุดคือ cytoplasmic membrane ชั้นกลางเป็นชั้น peptidoglycan หรือ murin ชั้นนอกสุดคือ ชั้น outer membrane (Way and Way, 2000) เจริญได้ดีทั้งในสภาพมีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ไม่ทนต่อความร้อน อยู่ในสกุล Enterobacteriaceae (อรุณ, 2546)

Greenwood *et al.* (2002) กล่าวว่า การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. สามารถพบในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์ปีก พบว่าสามารถปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ตั้งแต่ไข่อยู่ในฟองน้ำไปจนถึงเนื้อสัตว์ที่มีการสร้างเปลือกไข่ หลังจากนั้นเมื่อมีการวางไข่ลงบนพื้นที่มีการปนเปื้อนหรือสกปรกนั้นก็จะทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ได้

แบคทีเรียนี้ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษที่มีความรุนแรง โดยแบคทีเรียเหล่านี้อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์ชนิดต่างๆ เชื้อ *Salmonella* spp. มีหลายชนิดด้วยกัน บางชนิดทำให้เกิดไข้ไทฟอยด์ ไข้พาราไทฟอยด์ และอีกหลายชนิดทำให้เกิดโรคซัลโมเนลโลซิส (Salmonellosis) ในคน ซึ่งเชื้อนี้เมื่อเข้าสู่ร่างกายทำให้เกิดอาการเป็นไข้ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง อุจจาระร่วง บางรายมีอาการรุนแรงจนเสียชีวิตเนื่องจากเชื้อเข้าสู่กระแสเลือด เชื้อหุ้มสมอง (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2543) กระทรวงสาธารณสุขได้แสดงค่ากำหนดของเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารดิบดังแสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่ากำหนดของเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารดิบตามประกาศกระทรวง
สาธารณสุข

ประเภทอาหาร	ค่ากำหนด	ผล
อาหารดิบที่ยังบริโภคไม่ได้ ต้องผ่านการทำให้สุกหรือผ่านกรรมวิธีก่อนการบริโภค ได้แก่ เนื้อสด ปลาสด ไข่กรอก อีสานดิบ ปลาแห้ง และเนื้อเค็มดิบ ไข่ เครื่องแกง เป็นต้น	<i>Salmonella</i> 25 กรัม/ตัวอย่าง	ไม่พบ

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2543)

Adesiyun *et al.* (2007) รายงานว่า ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ นั้นมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากการรวบรวมไข่ไก่มาจากฟาร์มหลายฟาร์ม โดยไม่มีการแยกไข่ที่สกปรกออก แต่ใช้วิธีการเอามัดหรือกระดาศทรายขัดคราบเปื้อนออกเท่านั้น ส่วนการปนเปื้อนภายในฟองไข่มีสาเหตุมาจากการแตกร้าวของเปลือกไข่ ทำให้เชื้อ *Salmonella* spp. ที่ติดมากับเปลือกไข่อาจเข้าสู่ภายในฟองไข่ได้

Scanes *et al.* (2004) รายงานว่าเชื้อ *Salmonella* spp. สามารถแทรกซึมเข้าภายในฟองไข่ตามรอยแตกร้าวหรือตามรูพรุนเปลือกไข่เข้าสู่เยื่อหุ้มไข่ และสามารถปนเปื้อนได้ขณะที่มีการตอกไข่เพื่อประกอบอาหารต่างๆ

Telo *et al.* (1999) ศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในไข่ไก่นำเข้า พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนเปลือกไข่คิดเป็น 1.26 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบการปนเปื้อนภายในฟองไข่

การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli*

คุณสมบัติและการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli*

เชื้อ *E. coli* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ลักษณะเป็นรูปแท่ง ปลายมน สามารถเจริญได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ส่วนใหญ่พบได้ในลำไส้ใหญ่หรืออุจจาระของคนและสัตว์ แหล่งอาศัยปกติอยู่ในต่อทางเดินอาหารของคนและสัตว์เลื้อยคลาน พบอยู่บริเวณลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ส่วนปลาย การติดเชื้อก่อให้เกิดความเสียหายมากต่ออุตสาหกรรมเลี้ยงไก่ (Kumar *et al.*, 2003)

การปนเปื้อน *E. coli* ในไข่เกิดขึ้นได้หลายวิธี ได้แก่ การปนเปื้อนผ่านไข่ไก่ โดยได้รับเชื้อจากอุจจาระที่ปนเปื้อนเปลือกไข่ วัสดุรองนอน สิ่งขับถ่าย หรือน้ำที่ไข่เลี้ยง เป็นต้น จากการที่เชื้อจุลินทรีย์ปะปนอยู่ในสภาพแวดล้อมทั่วไป (วีรานูช, 2551)

ในขั้นตอนการผลิตไข่ไก่พบว่าการปนเปื้อนแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะจากฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ เนื่องจากการเก็บรวบรวมไข่ไก่ที่มีการปนเปื้อนอุจจาระไกร่วมกับไข่ที่เปลือกสะอาด โดยไม่มีการทำความสะอาดผิวเปลือกไข่ก่อนการแพรระบาดของเชื้อมาจากการสัมผัสกับเชื้อโดยตรงจากอุปกรณ์การเลี้ยง อาหารสัตว์ และเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เอง ดังเช่น ถาดไข่ ซึ่งมีความสำคัญในการเลี้ยงไก่ไข่ โดยอาจมีโอกาสนำเชื้อแพรระบาดได้ง่าย (สุเจตน์ และคณะ, 2548) เนื่องจากการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ โดยไม่มีการทำความสะอาดถาดไข่ก่อนที่จะมีการจุ่มลงในน้ำยาฆ่าเชื้อหรือมีการล้างถาดไข่ที่ไต่สะอาด ซึ่งอาจทำให้มีการปนเปื้อนเชื้อได้

Kumar *et al.* (2003) กล่าวว่า การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในไข่ไก่ส่วนใหญ่พบบนเปลือกไข่ เนื่องจากเปลือกไข่มีรอยเปื้อนของอุจจาระ จึงควรมีการทำความสะอาดก่อนเพื่อป้องกันการปนเปื้อนแบคทีเรียที่เกิดจากอุจจาระโดยตรง

ปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในไข่

ปัจจัยพื้นฐานสำคัญที่มีผลต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์จากภายนอกเปลือกไข่เข้าสู่ภายในฟองไข่ มีดังต่อไปนี้

1. โครงสร้างของเปลือกไข่ โครงสร้างที่ทำหน้าที่สำคัญในการป้องกันจุลินทรีย์ผ่านเข้าสู่ภายในไข่ คือ เปลือกไข่ชั้นนอก ซึ่งประกอบด้วย นวลไข่ เปลือกชั้นนอกที่หุ้มเปลือกไข่ เปลือกไข่เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่มีความแข็งแรงจึงทำหน้าที่เป็น โครงสร้างหลักของฟองไข่ไว้ แม้ว่าเปลือกไข่จะมีความแข็งแรงแต่กลับมีความเปราะ และมีรูพรุนตลอดทั่วทั้งเปลือกไข่ ขณะที่ไข่ไก่ออกจากตัวแม่ไก่อ้นั้น นวลไข่จะยังขึ้นและมีลักษณะวาว ต่อมานวลไข่จะแห้งคลุมเปลือกไข่ด้านนอกไว้ทั้งหมดและทำหน้าที่สำคัญเป็นปราการด่านแรกในการป้องกันมิให้สิ่งสกปรกหรือจุลินทรีย์ผ่านเข้าไปในฟองไข่ (สุวรรณ และคณะ, 2535)

2. ความแตกต่างของอุณหภูมิ ไข่ที่เพิ่งจะวางจากแม่ไก่จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ในขณะที่อุณหภูมิของไข่มีการปรับตัวลดลงให้เท่ากับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ทำให้มีการหดตัวของไข่เข้าสู่ภายใน อันเนื่องมาจากความดันภายในไข่ที่ลดลง (negative pressure) ดังนั้น ในจังหวะนี้เองที่อาจจะมีโอกาสดูดเอาสิ่งสกปรกหรือจุลินทรีย์จากภายนอกเปลือกไข่เข้าสู่ภายในไข่ได้ (Board and Fuller, 1994)

3. ความชื้น โดยปกติความชื้นในรูปที่เป็นน้ำหรือไอน้ำมีความสำคัญต่อการผ่านเข้าสู่ภายในไข่ของสิ่งสกปรกและจุลินทรีย์ การที่มีน้ำในปริมาณสูงบางครั้งถือว่าเป็นขั้นตอนพื้นฐานแรกสุดในการเกิดการติดเชื้อของไข่ การมีน้ำที่ผิวเปลือกไข่นั้น อาจะมาจากการกลั่นตัวของไอน้ำเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างไข่กับสิ่งแวดล้อม บางครั้งเรียกว่า sweating เช่น การนำไข่จากตู้เย็นมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่ง sweating นี้จะก่อให้เกิดปัญหา เมื่อมีจุลินทรีย์อยู่ที่ผิวเปลือกไข่ น้ำที่เกิดจากการกลั่นตัว กอปรกับความแตกต่างของอุณหภูมิจะเป็นกลไกร่วมกันที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ผ่านทางเปลือกไข่ได้ (Board and Fuller, 1994)

4. การปรากฏของจุลินทรีย์ การจะเกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์เข้าสู่ไข่ได้นั้น จะต้องมิจุลินทรีย์อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่สัมผัสกับฟองไข่โดยตรงหรือโดยอ้อมในกรณีใดก็ตามนั้น ดังที่ปรากฏในการศึกษาพบว่า สภาพแวดล้อมที่มีจุลินทรีย์ในจำนวนมากในระดับสิบล้านเซลล์จะมีโอกาสที่ไข่จะได้รับเชื้อเข้าไปสูงกว่าในสภาพแวดล้อมที่สะอาดซึ่งมีจุลินทรีย์อยู่ในระดับพันเซลล์

(Board and Fuller, 1994) โดยปกติไข่ไก่ที่เพิ่งออกจากตัวแม่ไก่ ที่ผิวเปลือกไข่จะไม่พบจุลินทรีย์ต่างๆ ต่อมาเมื่อไข่ตกลงถึงพื้นรังไข่ พื้นคอก พื้นกรง หรือสิ่งแวดล้อมภายนอก จุลินทรีย์สามารถเข้าไปภายในฟองไข่ได้ ก็ต่อเมื่อเปลือกไข่แตกร้าวหรือเมื่อวัตถุเคลือบผิวไข่บนเปลือกไข่ถูกขจัดสีทำลายไป เปลือกไข่เปียกหรือมีน้ำเพียงเล็กน้อยก็ยังช่วยให้การเข้าไปเจริญเติบโตภายในฟองไข่ จุลินทรีย์บางชนิดเข้าไปอยู่ภายในฟองไข่แล้วก็เริ่มมีความต้านทานต่อสิ่งป้องกันทางเคมีของไข่ หากโปรตีนในไข่เกิดการแตกตัว จุลินทรีย์สามารถใช้เพื่อการดำรงชีวิตต่อไปจนสามารถสร้างน้ำย่อยโปรตีนได้เอง พอน้ำย่อยเริ่มทำงานได้ก็จะช่วยให้จุลินทรีย์ชนิดอื่นเจริญเติบโตทวีจำนวนขึ้น จึงกล่าวได้ว่าเปลือกไข่เป็นด่านแรกที่ป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์เข้าสู่ภายในฟองไข่ทราบได้ที่รูเปลือกไข่มีวัตถุเคลือบติดอยู่ แม้ว่าจุลินทรีย์จะผ่านเข้าสู่รูเปลือกไข่ถึงไข่ขาวก็จะถูกป้องกันด้วยองค์ประกอบทางเคมีของไข่ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่างไข่ขาวไลโซไซม์ในไข่ขาวและจากโปรตีนของไข่ขาวที่มีสภาพไม่เหมาะสมที่จะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ (Krockel *et al.*, 2005)

การป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในฟองไข่

ธรรมชาติมีการสร้างส่วนประกอบทางโครงสร้างกับองค์ประกอบทางเคมี ที่จะมีการรับมือกับจุลินทรีย์ที่จะเข้าไปทำลายไข่ โดยการป้องกันทางโครงสร้าง ได้แก่ ความแข็งแรงของเปลือกไข่กับรูเปลือกไข่ ถ้าผิวเปลือกไข่ไม่ถูกทำลายหรือเปียกน้ำจุลินทรีย์ก็ไม่สามารถเข้าไปภายในฟองไข่ได้ ส่วนการป้องกันทางเคมีนั้น ไข่ขาวเป็นด่านที่จะขัดขวางการงอกของจุลินทรีย์ ถ้าจุลินทรีย์สามารถผ่านรูเปลือกไข่และเปลือกไข่เข้าไปได้ (Cox *et al.*, 2000) ก็มักจะถูกทำลายภายในไข่ขาว แต่ถ้าไข่แดงแตกมาปนกับไข่ขาว ก็จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดี ไข่ขาวมีสารที่ทำลายจุลินทรีย์ 2 ชนิดได้แก่ ไลโซไซม์และเอวดีน โดยไลโซไซม์จะทำลายแบคทีเรียทั้งชนิดเป็นและตาย โดยวิธี depolymerization หรือ hydrolysis of mucopolysaccharides ส่วนเอวดีนก็มีคุณสมบัติที่จะทำให้เซลล์แตกตัว ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยกันไม่ให้ไบโอดีนละลายเพื่อเป็นประโยชน์ต่อแบคทีเรีย จุลินทรีย์สามารถเข้าสู่ภายในฟองไข่ได้ตลอดเวลาในสภาพที่ความชื้น อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่างในไข่ขาวไม่เหมาะสม

ระบบการผลิตและการจัดการไข่ไก่โดยทั่วไป

ระบบการผลิตไข่ไก่เริ่มต้นจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ และแหล่งจำหน่าย ในการผลิตไข่ไก่ให้มีคุณภาพและปลอดภัยควรมีขั้นตอนในการปฏิบัติต่อไข่ ณ จุดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง (กรมปศุสัตว์, 2553) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ฟาร์มเลี้ยงไข่ไก่ จะต้องได้รับการรับรองมาตรฐานของกรมปศุสัตว์ มีหน้าที่ในการผลิตไข่ไก่ที่มีคุณภาพ เพื่อส่งต่อไปยังศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ในฟาร์มเลี้ยงไข่ไก่จะต้องมีการเลี้ยงในโรงเรือนระบบปิด มีระบบการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรงเรือน และอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพ ควรทำการเก็บไข่อย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง ซึ่งไข่ไก่ที่มาจากฟาร์มจะไม่มีมีการคัดขนาด เนื่องจากเป็นการขายแบบคละขนาด ไข่ไก่จากฟาร์มถูกส่งต่อไปยังศูนย์รวบรวมและคัดไข่ โดยใช้พาหนะที่จะต้องมีความแข็งแรง มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการขนส่งได้ เพื่อเป็นการป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ไก่

ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ มีการจัดการไข่ไก่เมื่อไข่มาถึงศูนย์รวบรวมและคัดไข่ โดยจะต้องมีการบันทึกข้อมูลการรับไข่ไก่ และมีการจำแนกไข่ที่มาจากแหล่งต่างกัน หลังจากนั้นทำการคัดแยกขนาด และทำความสะอาดไข่ไก่ที่เปื้อนมูลด้วยวิธีการแบบแห้ง หรือแบบเปียก เมื่อมีการคัดขนาดไข่แล้ว จะมีการจัดวางถาดไข่บนพื้นหรือบนชั้นไม้ ระยะเวลาที่ไข่ไก่อยู่ในศูนย์รวบรวมและคัดไข่ประมาณ 1-3 วัน เมื่อมีการคัดแยกขนาดแล้วจะมีการบรรจุลงบนถาดไข่ก่อนส่งต่อไปยังแหล่งจำหน่าย (มกษ.6702., 2553)

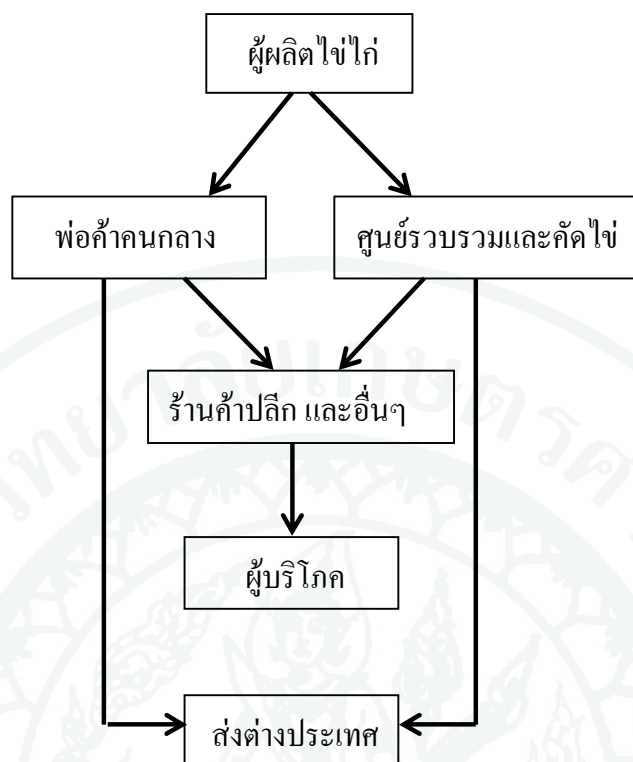
แหล่งจำหน่าย การจัดการไข่ในแหล่งจำหน่ายจะต้องมีการบันทึกข้อมูลการรับไข่ไก่ โดยไข่ไก่ที่รับมาจากศูนย์รวบรวมและคัดไข่จะมีการบรรจุลงบนถาดไข่ มีการแยกตามขนาด และมีการกำหนดวันผลิต วันหมดอายุเรียบร้อยแล้ว ระบบในการกระจายสินค้าประเภทไข่จากผู้ผลิตไปถึงผู้บริโภคนั้น สินค้ามีการผ่านคนกลางหลายขั้นตอน ในอดีตการขายไข่ทำกันอย่างง่าย ๆ คือจากผู้ผลิตไปถึงผู้บริโภคเลยหรือผ่านคนกลางเพียงคนเดียว ซึ่งการเลี้ยงไก่เพื่อการค้าในปัจจุบันมีทางผ่านหลายทางก่อนถึงมือผู้บริโภค และเมื่อถึงมือผู้บริโภคไข่จะบรรจุในถาดไข่พลาสติกหรือกระดาษที่สวยงาม สะอาด และมีคุณภาพที่ดีตามมาตรฐานสากล การตลาดนับได้ว่ามีบทบาทสำคัญและเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการเลี้ยงไข่ไก่ ซึ่งเป็นตัวชี้ว่าธุรกิจการเลี้ยงไข่ไก่ประสบผลสำเร็จมากน้อยเพียงใด ถ้าผู้เลี้ยงไข่ไก่สามารถขายไข่ได้ราคาดี มีผลกำไรมากเท่าไร ยิ่งได้รับความสำเร็จมากเท่านั้น ระบบการตลาดไข่ไก่แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การขายปลีก ลักษณะการจำหน่ายแบบนี้มักเกิดจากฟาร์มไก่ไข่ที่อยู่ใกล้เมืองใหญ่ แหล่งชุมชนหรือถนนใหญ่ ทั้งนี้เพราะว่าสามารถจำหน่ายไข่ให้กับผู้บริโภคได้ โดยนำไข่ไปวางขายในแหล่งจำหน่าย เช่น ตลาดสด ซูเปอร์มาร์เก็ต บ้าน หรืออาจมีบางฟาร์มที่ตั้งร้านขายไข่ไว้ริมถนนที่มีรถยนต์วิ่งผ่านไปมา

2. การขายส่ง ลักษณะการจำหน่ายแบบนี้จะได้ราคาต่ำกว่าการขายปลีก การขายส่งทำได้โดยการนำไข่ไปขายให้กับตลาดกลางไข่ไก่ ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ หรือส่งขายตามร้านค้าขายส่งในท้องถิ่น อาจเป็นร้านขายอาหารสัตว์หรือร้านค้าในท้องถิ่น ราคาที่ขายได้ขึ้นอยู่กับราคาที่ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ในกรุงเทพฯ เป็นผู้กำหนดราคา

3. การขายประกันราคา ผู้เลี้ยงไก่ไข่บางรายขายไข่ในรูปของการทำสัญญากับบริษัทอาหารสัตว์ โดยที่บริษัทดังกล่าวจะขายแม่ไก่ อาหาร และยาสัตว์ให้ แล้วบริษัทมีการรับซื้อไข่ทั้งหมดในราคาประกันตลอดทั้งปีและผู้เลี้ยงมีกำไรพอสมควร และไม่ต้องเสี่ยงต่อการขาดทุนเมื่อราคาไข่ตกต่ำ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548)

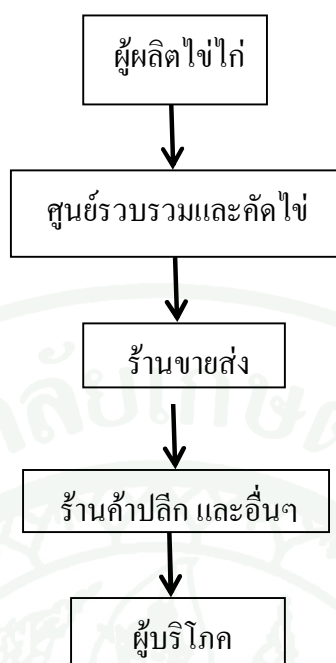
ระบบการตลาดสำหรับการจำหน่ายไข่ไก่ของประเทศไทย (ภาพที่ 3) จะเห็นได้ว่าไข่ส่วนใหญ่ (ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์) จากผู้ผลิตจะผ่านพ่อค้าคนกลาง ซึ่งเป็นตัวแทนขายอาหารสัตว์ ซึ่งอาจจะรับซื้อไข่จากผู้เลี้ยงตามราคาขึ้นลงของตลาด หรืออาจจะทำสัญญากำหนดราคาแน่นอนตลอดทั้งปีก็ได้ หรือในบางรายผู้เลี้ยงอาจเป็นผู้รับจ้างเลี้ยง ก็จะผ่านไปยังศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ในขณะที่เดียวกันก็ทำหน้าที่เป็นร้านขายส่งไปด้วย ไข่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ส่วนใหญ่ก็จะถูกส่งไปยังร้านขายปลีก โรงแรม โรงพยาบาล และโรงงานทำขนมปัง และในขณะที่เดียวกันศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ก็ทำการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ เช่น ฮองกง (ปฐม, 2540)



ภาพที่ 3 ตัวอย่างเส้นทางระบบการตลาดไม้ไผ่ในประเทศไทย

ที่มา: สมะชาย (2549)

เมื่อมีการเปรียบเทียบระบบการตลาดของประเทศไทยกับตลาดไม้ไผ่ในต่างประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา (ภาพที่ 4) จะเห็นได้ว่าผู้ผลิตส่วนใหญ่จะมีการส่งไม้ไผ่ไปยังศูนย์รวบรวมและคัดไม้ เพื่อนำไปทำความสะอาด ตรวจสอบคุณภาพ และทำการซับน้ำหนัไม้ไผ่เพื่อแยกขนาดของไม้ หลังจากนั้นก็มีพ่อค้าคนกลางมารับซื้อเพื่อส่งไปยังร้านขายปลีก เพื่อทำการขายให้กับผู้บริโภค



ภาพที่ 4 ตัวอย่างเส้นทางระบบการตลาดไข่ไก่ของประเทศสหรัฐอเมริกา

ที่มา: FAO (2003)

อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตไข่ไก่ตั้งแต่ฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ จนกระทั่งถึงแหล่งจำหน่ายมีการจัดการกับผลผลิตที่แตกต่างกัน เช่น ไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายมีการแบ่งเกรดคุณภาพ ขนาด ความสด ความสะอาด การบรรจุ ราคา ซึ่งผู้ผลิตส่วนใหญ่ไม่ยึดถือกฎระเบียบหรือข้อปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงก่อให้เกิดความหลากหลายทำให้ผู้บริโภคสับสนในมาตรฐานด้านคุณภาพและความปลอดภัยจากการบริโภคไข่ไก่ จึงได้มีการสำรวจไข่ไก่โดยนำมาตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่อาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพตามเส้นทางการผลิตตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย เพื่อเป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางการจัดการในการผลิตไข่ไก่ในประเทศไทยให้มีคุณภาพและปลอดภัยต่อการบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 การศึกษาคือ 1) การศึกษาคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิตตั้งแต่ระดับฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย และ 2) ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกัน (ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล (digital scale)
2. เครื่องไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer)
3. เครื่องวัดความสูงไข่ขาว (digital albumen height gauge)
4. พัดวัดสีไข่แดง (yolk colour fan)
5. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาว (pH meter)
6. เครื่องวัดความหนาเปลือกไข่ (vernier micrometer)
7. เครื่องวัดสีเปลือกไข่ (colorimeter)

วิธีการศึกษา

การศึกษาที่ 1 การศึกษาคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิตตั้งแต่ระดับฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย

การศึกษาคุณภาพและการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียของไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิตตั้งแต่ฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย ได้ทำการคัดเลือกเส้นทางการผลิตไข่ไก่สำหรับการสุ่มเก็บตัวอย่าง โดยใช้เกณฑ์ของศูนย์รวบรวมและคัดไข่เป็นหลักในการพิจารณาภายใต้ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 2 ประเด็นคือ ขนาดการผลิตของศูนย์รวบรวมและคัดไข่ และรูปแบบการปฏิบัติงานของศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ซึ่งขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่มีการแบ่งออกเป็น 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ซึ่งในแต่ละขนาดมีรายละเอียดดังนี้

1. ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กที่มีการผลิตไข่ไก่ตั้งแต่ 50,000–100,000 ฟองต่อวัน
2. ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางที่มีการผลิตไข่ไก่ตั้งแต่ 200,000–300,000 ฟองต่อวัน
3. ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ที่มีการผลิตไข่ไก่มากกว่า 500,000 ฟองต่อวัน

ส่วนรูปแบบการปฏิบัติงานมี 2 ลักษณะคือ ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีการรับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่นๆ และศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีฟาร์มไก่ไข่และรับไข่ไก่จากฟาร์มของตนเอง จึงคัดเลือกเส้นทางการผลิตไข่ไก่สำหรับการศึกษาได้เป็น 6 เส้นทาง โดยแต่ละเส้นทางการผลิตมีสถานที่ต่างๆ สำหรับการสุ่มตัวอย่างไข่ไก่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดดังนี้

เส้นทางที่ 1 ฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กที่มีการรับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่นๆ และแหล่งจำหน่าย

เส้นทางที่ 2 ฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางที่มีการรับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่นๆ และแหล่งจำหน่าย

เส้นทางที่ 3 ฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ที่มีการรับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่นๆ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย

เส้นทางที่ 4 ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กที่รับไข่ไก่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง และแหล่งจำหน่าย

เส้นทางที่ 5 ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางที่รับไข่ไก่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง และแหล่งจำหน่าย

เส้นทางที่ 6 ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ที่รับไข่ไก่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย

ทั้งนี้ในการศึกษาที่ 1 ได้คัดเลือกสถานที่ต่างๆ สำหรับการสุ่มเก็บตัวอย่างในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกของประเทศไทย

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ใน 6 เส้นทางการผลิต ทำการสุ่มตัวอย่างไข่ไก่ชุดเดียวกันตลอดในแต่ละเส้นทางการผลิต โดยเริ่มจากการเก็บตัวอย่างไข่ไก่จากฟาร์ม จากนั้นติดตามไปเก็บไข่ไก่ชุดเดียวกันที่ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย ซึ่งในแต่ละแห่งที่ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมีการนำตัวอย่างกลับมายังห้องปฏิบัติการทันที โดยใส่กล่องโฟมที่มีน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจากฟาร์มจำนวน 3 แห่ง ศูนย์รวบรวมและคัดไข่จำนวน 6 แห่ง ศูนย์กระจายสินค้าจำนวน 2 แห่ง และแหล่งจำหน่ายจำนวน 6 แห่ง รวมทั้งสิ้น 17 แห่ง ในเขตภาคกลางและภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยสุ่มตัวอย่างไข่ไก่แห่งละ 1-2 ครั้ง ครั้งละ 300 ฟอง รวมจำนวนไข่ไก่ทั้งสิ้น 9,900 ฟอง นำตัวอย่างไข่ไก่ 300 ฟอง มาตรวจสอบลักษณะภายนอกฟองไข่ แล้วสุ่มตัวอย่างไข่ไก่จาก 300 ฟองอีกครั้งเป็นจำนวน 150 ฟอง เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพไข่จำนวน 100 ฟอง และวิเคราะห์การปนเปื้อนแบคทีเรียจำนวน 50 ฟอง

วิธีการศึกษา

1. การวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่

นำไข่ไก่ที่สุ่มได้จากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายมายังห้องปฏิบัติการ และทำการวิเคราะห์ทางกายภาพดังนี้คือ

1.1 บันทึกลักษณะภายนอกฟองไข่ของไข่ไก่ ได้แก่ ไข่บุบร้าว ไข่แตก ไข่เปื้อนบนผิวเปลือกไข่ เช่น เปื้อนอุจจาระไก่ ขนไก่ เป็นต้น และไข่เปื้อนคราบเลือดบนผิวเปลือกไข่ แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์

1.2 ชั่งน้ำหนักไข่ไก่ โดยชั่งน้ำหนักฟองไข่และส่วนประกอบของฟองไข่ ซึ่งเครื่องชั่งน้ำหนักมีหน่วยเป็นกรัม และมีจุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขาว น้ำหนักไข่แดง และน้ำหนักเปลือกไข่ของไข่ทั้งฟอง

1.3 หาความถ่วงจำเพาะของไข่ไก่แต่ละฟอง โดยเตรียมน้ำเกลือที่ความถ่วงจำเพาะต่างๆ ตั้งแต่ 1.060, 1.064, 1.068, 1.072, 1.076, 1.080, 1.084, 1.088, 1.092, 1.096, 1.100 และ 1.104 ด้วยการใช้ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer) วัดความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือให้ได้ตามกำหนด แล้วนำไข่ที่ต้องการทดสอบมาลอยในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นไปหามาก หากไข่ฟองใดมีส่วนเปลือกลอยเหนือผิวน้ำ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร (ขนาดเท่าเหรียญบาท) แสดงว่าไข่ฟองนั้นมีความถ่วงจำเพาะพอๆ ไข่เท่ากับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือ

1.4 วัดความสูงไข่ขาว โดยการตอกไข่ลงบนแท่นสำหรับรองรับไข่ ใช้อุปกรณ์สามขาที่ตรงกลางมีแกนโลหะเลื่อนขึ้นลงได้วัดความสูงไข่ขาว โดยวัดที่จุดกึ่งกลางระหว่างขอบนอกของไข่ขาวชั้น และขอบนอกของไข่แดงในบริเวณที่ไม่มีมีข้าวไข่ขาว วัดค่าทั้งหมด 3 ตำแหน่ง แล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย มีการแสดงค่าความสูงไข่ขาวที่วัดได้เป็นมิลลิเมตร หลังจากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าฮอฟฟ์ยูนิต

1.5 วัดสีไข่แดง โดยใช้พัควัดสีไข่แดงซึ่งมีมาตรฐาน Roche (มีค่าระดับ 1-15) โดยคะแนนสีไข่แดงระดับที่ 1 มีค่าความเข้มของสีเริ่มจากสีเหลืองอ่อน เพิ่มความเข้มเป็นสีเหลืองเข้ม สีส้ม และสีแดงเข้มมีระดับคะแนนสีไข่แดงระดับที่ 15 ตามลำดับ

1.6 วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวโดยใช้เครื่อง pH meter รุ่น HI 110 (Hanna Instruments, USA.) โดยแยกไข่ขาวออกจากไข่แดง แล้วนำไข่ขาวมาตีให้เข้ากันเพื่อนำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวโดยค่าที่ได้มีจุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

1.7 วัดความหนาเปลือกไข่ โดยใช้ vernier micrometer โดยนำเปลือกไข่ล้างให้สะอาด ลอกเยื่อเปลือกไข่ออก ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วหักเปลือกไข่เป็นชิ้นเล็กๆ ไม่ติดเยื่อหุ้มไข่จากแนวกึ่งกลางฟองไข่ขนาด 0.5x0.5 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

1.8 วัดสีเปลือกไข่ด้วย Hunter's colorimeter รุ่น CR-200 (Minolta, Japan) โดยใช้หลักการหักเหของแสง มีการรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย โดยค่าที่ได้แสดงออกมาเป็นค่า L^* , a^* , b^* , c และ h° มีรายละเอียดดังนี้

ค่า L^* เป็นค่าที่เรียกว่า lightness factor (value) มีค่าระหว่าง 0–100 โดยค่าที่เข้าใกล้ 0 จะมีสีคล้ำ และค่าที่เข้าใกล้ 100 มีสีสว่าง

ค่า a^* และ b^* เป็นค่าที่เรียกว่า chromaticity coordinates มีค่าอยู่ในช่วง -60 ถึง +60 โดยที่ค่า a^* มีค่าเป็นลบ แสดงว่ามีสีเขียว ถ้าเป็นบวกมีสีแดง ส่วนค่า b^* มีค่าเป็นลบ แสดงว่ามีสีน้ำเงิน หากเป็นบวกก็มีสีเหลือง

ค่า c เป็นค่าที่เรียกว่า chroma จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-90 โดยค่าที่เข้าใกล้ 0 เปลือกไข่จะมีสีซีดหรือสีเทา แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 90 เปลือกไข่จะมีสีเข้ม

ค่า h° เป็นค่าที่เรียกว่า hue angle โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 90–180 องศา โดยค่าที่เข้าใกล้ 90 องศา สีเปลือกไข่มีเฉดสีไปทางสีเหลือง และถ้ามีค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีเปลือกไข่มีเฉดสีเขียว

2. การวิเคราะห์การปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่

นำไข่ไก่ที่สุ่มได้จากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายมายังห้องปฏิบัติการและทำการวิเคราะห์การปนเปื้อนแบคทีเรีย *Salmonella* spp. และ *E. coli* โดยวิธี microbiological culture methods ตามหลักของ AOAC (2000) ดังนี้

2.1 การตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp.

วิธีการศึกษา

- นำตัวอย่างเปลือกไข่ หรือไข่ขาวและไข่แดงอย่างละ 25 กรัม ใส่ใน buffered peptone water (BPW) 225 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าตู้บ่มเชื้อ (incubator) อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 18 ชั่วโมง

- นำของเหลวที่ได้จากข้อ 1 จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มี 10 มิลลิลิตร Rappaport-Vassiliadis enrichment media บ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส และ tetratrate broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และของเหลวอีก 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด

ทดลองที่มี 10 มิลลิลิตร selenite–cystine enrichment media บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 18-24 ชั่วโมง

3. ใช้ที่เขี่ยเชื้อแบคทีเรียจุ่มลงใน enrichment media แล้วนำไป streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อ XLD agar plates และ brilliant green phenol–red lactose sucrose (BPLS) agar plates แล้วนำ plates ทั้งหมดเข้าตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 18-24 ชั่วโมง

4. ตรวจสอบโคโลนีของเชื้อ *Salmonella* spp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อต่างๆ แล้วเขี่ยเชื้อโคโลนีที่พบนำไปใส่ใน standard I nutrient agar plates บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 18-24 ชั่วโมง

5. นำโคโลนีบน standard I nutrient agar plates ไปทดสอบเพื่อยืนยันว่าเป็นเชื้อ *Salmonella* spp. ด้วยวิธีทางชีวเคมี (biochemical methods) โดยใช้ triple sugar iron (TSI) agar และ urease test

2.2 การตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli*

วิธีการศึกษา

1. นำตัวอย่างเปลือกไข่ หรือไข่ขาวและไข่แดงอย่างละ 25 กรัม ใส่ใน buffered peptone water (BPW) 225 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าตู้บ่มเชื้อ (incubator) อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 18 ชั่วโมง

2. นำของเหลวที่ได้จากข้อ 1 ไป streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อ levine' s eosin–methylene blue (L-EMB) และ mac conky agar plates แล้วนำ plates ทั้งหมดเข้าตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 18 ชั่วโมง

3. ตรวจสอบโคโลนีของเชื้อ *E. coli* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วเขี่ยเชื้อโคโลนีที่พบนำไปใส่ใน standard I nutrient agar plates บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 18-24 ชั่วโมง

4. นำโคโลนีบน standard I nutrient agar plates ไปทดสอบว่าเป็น เชื้อ *E. coli* ด้วยวิธีทางชีวเคมี (biochemical methods) โดยใช้ indole test, methyl red-vogesproskauer test และ citrate utilization test

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกการวิเคราะห์คุณภาพไข่ไก่

1.1 บันทึกลักษณะภายนอกไข่ไก่ ได้แก่ ไข่บุบร้าว ไข่แตก ไข่เปื้อนบนผิวเปลือกไข่ เช่น อุจจาระไก่ ขนไก่ เป็นต้น และไข่ที่มีคราบเลือดบนผิวเปลือก

1.2 บันทึกน้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟอง

1.3 บันทึกความถ่วงจำเพาะฟองไข่

1.4 บันทึกน้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักเปลือกไข่

1.5 บันทึกความสูงไข่ขาว เพื่อนำมาคำนวณค่าฮอฟฟีนิตตามหลักของ Haugh (1937)

1.6 บันทึกระดับคะแนนสีไข่แดง

1.7 บันทึกความหนาเปลือกไข่

1.8 บันทึกสีเปลือกไข่

2. บันทึกการวิเคราะห์การปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่

บันทึกจำนวนตัวอย่างไข่ไก่ที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* ภายในฟองไข่และเปลือกไข่

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่ออธิบายถึงคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตตั้งแต่ระดับฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) แสดงค่าเฉลี่ย (mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, S.D.) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation, C.V.) โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป และนำข้อมูลของความสูงไข่ขาว ฮอฟฟีนิต และความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวมาวิเคราะห์

ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ 2x3 factorial in completely randomized design และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ($P < 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยมีแบบหุ่นทางสถิติคือ

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

เมื่อ

Y_{ijk} = ค่าสังเกตของไข่มุก

μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

A_i = อิทธิพลของขนาดศูนย์รวมและกัดไข่มุก (i = เล็ก, กลาง, ใหญ่)

B_j = อิทธิพลของรูปแบบการปฏิบัติงาน (j = รับซื้อไข่มุกจากฟาร์มอื่นๆ, รับซื้อไข่มุกจากฟาร์มของตนเอง)

AB_{ij} = อิทธิพลร่วมของขนาดศูนย์รวมและกัดไข่มุกและรูปแบบการปฏิบัติงาน

ϵ_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

การศึกษาที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่มุกในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่มุกที่แตกต่างกัน (ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต)

การศึกษาคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่มุกในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่มุกที่แตกต่างกัน (ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต) เป็นการศึกษาตัวอย่างไข่มุกจากแหล่งจำหน่าย 2 ลักษณะคือ

1. ตลาดสด เป็นสถานที่ที่มีลักษณะเปิดโล่ง มีการจัดวางภาชนะบนพื้นหรือแผงร้านค้า ร่วมกับสินค้าชนิดอื่นๆ มีการเก็บรักษาไข่มุกตามสภาพแวดล้อม อุณหภูมิโดยประมาณสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ลักษณะการบรรจุไข่มุกมีการบรรจุลงบนภาชนะพลาสติกหรือกระดาษขนาด 30 ฟอง ที่ไม่มีฝาปิด ไม่มีการติดฉลากสินค้า ไม่มีการกำหนดวันผลิต วันหมดอายุของไข่มุก และในการจำหน่ายไข่มุกผู้ขายจะบรรจุไข่มุกลงในถุงพลาสติก มีหรือไม่มีการใช้วัสดุรอง เช่น กระดาษหรือวัสดุเหลือใช้อื่นๆ เป็นต้น ภายในถุง

2. ชุปเปอร์มาร์เก็ต เป็นสถานที่ที่มีลักษณะปิด และมีการแยกบริเวณของสินค้าประเภทอาหารสด มีการเก็บรักษาไข่ไก่ในสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมอุณหภูมิภายใต้เครื่องปรับอากาศ มีอุณหภูมิโดยประมาณ 25 องศาเซลเซียส ลักษณะการบรรจุไข่ไก่มีการบรรจุในภาชนะที่เป็นกล่องพลาสติกขนาด 1 โหลมีฝาปิด หรือบรรจุลงในถาดไข่ที่เป็นกระดาษขนาด 30 ฟองมีฝาพลาสติกปิด บรรจุภัณฑ์มีการติดฉลากสินค้า มีการระบุวันผลิต วันหมดอายุของไข่ไก่ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าไข่ไก่นั้นมีอายุการเก็บรักษานานเพียงใด เนื่องจากวันที่ผลิตเป็นวันที่ทำการบรรจุลงในภาชนะ และมีการจัดวางไข่ที่ถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์บนชั้นวางสินค้าแยกเป็นสัดส่วนเพื่อการจำหน่าย

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายทำการสุ่มตัวอย่างไข่ไก่จากตลาดสดจำนวน 7 แห่ง และซุปเปอร์มาร์เก็ตจำนวน 8 แห่ง รวมทั้งสิ้น 15 แห่ง โดยทำการสุ่มตัวอย่างไข่ไก่แห่งละ 1-2 ครั้ง ครั้งละ 300 ฟอง รวมจำนวนไข่ไก่ทั้งสิ้น 8,400 ฟอง นำตัวอย่างไข่ไก่ 300 ฟอง มาตรวจสอบลักษณะภายนอกฟองไข่ แล้วสุ่มตัวอย่างไข่ไก่จาก 300 ฟองอีกครั้งเป็นจำนวน 150 ฟอง เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพไข่จำนวน 100 ฟอง และนำมาวิเคราะห์การปนเปื้อนแบคทีเรียจำนวน 50 ฟอง ในการวิเคราะห์คุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ปฏิบัติตามวิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่ออธิบายถึงคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกัน (ตลาดสดและซุปเปอร์มาร์เก็ต) โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) แสดงค่าเฉลี่ย (mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, S.D.) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation, C.V.) โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ completely randomized design เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี student's t-test ($P < 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยมีแบบหุ่นทางสถิติคือ

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

เมื่อ

Y_{ij} = ค่าสังเกตของไข่ไก่

μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

T_i = อิทธิพลของทรีทเมนต์ (ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต)

e_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

สถานที่และระยะเวลาการศึกษา

สถานที่ทำการศึกษา

1. ห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยา ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม เพื่อศึกษาคุณภาพของไข่ไก่
2. ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม เพื่อศึกษาการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่

ระยะเวลาในการศึกษา

การศึกษานี้เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2554 และสิ้นสุดการศึกษาเดือนตุลาคม พ.ศ. 2554

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้ข้อมูลที่ได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิต ตั้งแต่ระดับฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดมาตรฐานในการผลิตไข่ไก่ให้มีคุณภาพและปลอดภัย
2. สามารถใช้ข้อมูลที่ได้อธิบายถึงรูปแบบการจัดการ วิธีการ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิตตั้งแต่ระดับฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย
3. ผู้บริโภคสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการเลือกซื้อ และวิธีการประกอบอาหารของไข่ไก่ เพื่อให้มีการบริโภคไข่ไก่ที่มีคุณภาพและปลอดภัย

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาที่ 1 การศึกษาคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิตตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย

ผลการศึกษาคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิตตั้งแต่ฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย มีข้อมูลดังนี้

คุณภาพภายนอกและคุณภาพภายในของไข่ไก่

1. ลักษณะภายนอกของไข่

จากการศึกษาคุณภาพของลักษณะภายนอกของไข่ได้แก่ ลักษณะไข่บุบร้าว ไข่แตก ไข่เปื้อนบนผิวเปลือกไข่ เช่น อุจจาระไก่ ขนไก่ และไข่ที่เปื้อนคราบเลือดบนผิวเปลือกไข่ของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายพบว่า ในแต่ละเส้นทางการผลิตไข่ไก่ไม่มีปริมาณไข่บุบร้าวไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ไข่แตกไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ไข่ที่เปื้อนบนผิวเปลือกไข่เป็นจุดขนาด $1/32$ หรือกระจายอยู่มีขนาด $1/16$ ของพื้นที่ผิวเปลือกไข่พบไม่เกิน 58 เปอร์เซ็นต์ และไข่ที่เปื้อนคราบเลือดบนผิวเปลือกไข่พบไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8) โดยไข่ไก่ที่สุ่มจากฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีการรับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่นพบว่า สัดส่วนของไข่ไก่ที่มีลักษณะการบุบร้าว และไข่แตกมากกว่าศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีการรับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง เนื่องจากไข่ไก่ต้องมีการขนย้ายจากฟาร์มหลายแห่ง ซึ่งฟาร์มตั้งอยู่ห่างจากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ไม่ได้อยู่ในบริเวณเดียวกัน ซึ่งไข่ไก่ที่มีการเปื้อนบนผิวเปลือกไข่ได้แก่ เปื้อนอุจจาระไก่ ขนไก่ เป็นต้น พบว่า ไข่ไก่ที่มีการสุ่มมาจากฟาร์มมีการเปื้อนบนผิวเปลือกไข่มากที่สุด เนื่องจากไข่ไก่จากฟาร์มยังไม่มี การทำความสะอาด ซึ่งจะมีการทำความสะอาดไข่ไก่ที่เปื้อนบนผิวเปลือกไข่หลังจากที่ไข่ไก่ได้มีการขนส่งมายังศูนย์รวบรวมและคัดไข่ และเมื่อไข่ไก่ถูกขนส่งไปยังแหล่งจำหน่ายพบว่า ไข่ไก่มีการเปื้อนบนผิวเปลือกไข่น้อยที่สุด เนื่องจากไข่ไก่ที่มีการจำหน่ายได้ผ่านการทำความสะอาดจากศูนย์รวบรวมและคัดไข่แล้ว และพบสัดส่วนของไข่ไก่ที่มีการเปื้อนคราบเลือดในปริมาณน้อย เนื่องจากการเปื้อนคราบเลือดบนผิวเปลือกไข่อาจเกิดจากความผิดปกติจากตัวแม่ไก่

ส่วนไขไก่ที่สุ่มจากฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีฟาร์มไก่ไข่และรับไข่จากฟาร์มตนเองพบว่า ไขไก่ที่มีลักษณะการบูนร้าว ไข่แตก และไข่ที่เปื้อนคราบเลือดในปริมาณน้อย เนื่องจากฟาร์มมีศูนย์รวบรวมและคัดไข่ในพื้นที่เดียวกัน ไม่ต้องมีการขนย้ายไขไก่ในระยะทางไกล ส่วนไขไก่ที่เปื้อนบนผิวเปลือกไข่ พบว่า ไขไก่ที่มีการสุ่มจากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่รับไข่จากฟาร์มตนเองมีการเปื้อนมากที่สุด เนื่องจากไขไก่ที่รับมาจากฟาร์มโดยตรงยังไม่มี การทำความสะอาด โดยไขไก่จากฟาร์มจะส่งมาทำความสะอาดที่ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ และพบการเปื้อนบนผิวเปลือกไข่มีปริมาณน้อยลงในแหล่งจำหน่าย เนื่องจากไขไก่ในแหล่งจำหน่ายได้ผ่านการทำความสะอาดจากศูนย์รวบรวมและคัดไข่แล้ว จากการศึกษาสอดคล้องกับการสำรวจของ เสกสม และคณะ (2548) ที่รายงานการสำรวจลักษณะคุณภาพภายนอกฟองไข่ของไขไก่ในฟาร์มที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิดพบว่า ไขไก่ส่วนใหญ่ที่อยู่ในฟาร์มมีลักษณะการบูนร้าว ไข่แตก และมีการเปื้อนอุจจาระไข่บนผิวเปลือกไข่ในปริมาณน้อย ยกเว้นฟาร์มที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดพบการเปื้อนอุจจาระไข่บนผิวเปลือกไข่ในปริมาณมาก ซึ่งเกิดจากการที่ไก่กินน้ำในปริมาณมาก ส่งผลให้มีการขับถ่ายเหลว เมื่อไข่ออกจากกันแม่ไก่ทำให้เกิดการเปื้อนได้ง่ายขึ้น

2. น้ำหนักไข่เฉลี่ย

จากการวิเคราะห์คุณภาพของไขไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายพบว่า ในแต่ละเส้นทางการผลิตไขไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ มีค่าน้ำหนักไข่เฉลี่ยใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 9) ซึ่งจะเห็นได้ว่า เส้นทางการผลิตไขไก่และรูปแบบ และระยะเวลาของการจัดการไขไก่จากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่ายที่แตกต่างกันภายใต้การศึกษานี้ไม่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักไข่เฉลี่ย โดยปกติน้ำหนักไข่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงลดลงได้หากไขไก่คงอยู่ในเส้นทางการผลิตเป็นระยะเวลานาน เพราะมีการสูญเสียของน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากฟองไข่ โดยไขไก่ที่นำมาศึกษาเป็นไขไก่เบอร์ 2 มีน้ำหนักประมาณ 60-65 กรัมต่อฟอง จากการศึกษาจึงกล่าวได้ว่า ไขไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตมีน้ำหนักไข่เฉลี่ยสอดคล้องกับมาตรฐานของ มกษ.6702 (2553) ซึ่งมีการกำหนดมาตรฐานในการคัดขนาดและแบ่งเกรดของไขไก่ออกเป็น 6 ขนาดคือ ไข่ยักษ์ ไข่ใหญ่พิเศษ ไข่ใหญ่ ไข่กลาง ไข่เล็ก และไข่จิ๋ว ในแต่ละขนาดมีการกำหนดเป็น 6 เบอร์คือ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ซึ่งมีน้ำหนักไข่เฉลี่ยดังนี้ >70, 65-70, 60-65, 55-60, 50-55 และ 45-50 กรัมต่อฟอง ตามลำดับ เช่นเดียวกับมาตรฐานของ USDA (2000) ที่มีการกำหนดมาตรฐานไขไก่ออกเป็น 6 ขนาดคือ ไข่ยักษ์ ไข่ใหญ่พิเศษ ไข่ใหญ่ ไข่กลาง ไข่เล็ก และไข่จิ๋ว ซึ่งมีน้ำหนักมาตรฐานไข่เฉลี่ย 71.86, 64.79, 57.70, 49.61, 42.51 และ 35.44 กรัมต่อฟอง ตามลำดับ

3. ความถ่วงจำเพาะฟองไข่

จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวม และคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายพบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะฟองไข่ในแต่ละเส้นทางการผลิตไข่ไก่เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ มีค่าลดลงจากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย (ตารางที่ 10) โดยไข่ไก่จากฟาร์มมีค่าความถ่วงจำเพาะฟองไข่สูงที่สุด และมีค่าลดลงจากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าค่าความถ่วงจำเพาะฟองไข่จะมีค่าลดลงตามระยะเวลาการจัดการไข่ไก่ที่นานขึ้นในแต่ละเส้นทางการผลิต จากการศึกษาสอดคล้องกับการทดลองของเสกสม และคณะ (2548) ที่รายงานว่าไข่ไก่จากฟาร์ม ศูนย์รวบรวม และคัดไข่ ตลาดสด และซูเปอร์มาร์เก็ต มีค่าความถ่วงจำเพาะฟองไข่ลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 1.090, 1.083, 1.074 และ 1.075 ตามลำดับ

4. คะแนนสีไข่แดง

จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวม และคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายพบว่า ไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตมีค่าคะแนนสีไข่แดงจากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่ายใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 11) โดยมีค่าคะแนนสีไข่แดงอยู่ที่ระดับคะแนนระหว่าง 7-11 ซึ่งจะเห็นได้ว่า คะแนนสีไข่แดงมีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละเส้นทางการผลิต เนื่องจากความแตกต่างของคะแนนสีไข่แดงไม่มีอิทธิพลมาจากการจัดการไข่ไก่ แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารแซนโทฟิลล์จากอาหารที่แม่ไก่ได้รับ (เกียรติศักดิ์, 2545) ซึ่งคะแนนสีไข่แดงไม่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาใดๆ และไม่เกี่ยวข้องกับคุณภาพไข่โดยตรง แต่พบว่ามีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์ไผ่บุบร้าว ไผ่แตก ไผ่เปื้อนที่ผิวเปลือก และไผ่เปื้อนเลือดของตัวอย่างไผ่ไก่อ่
ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	ลักษณะภายนอกฟองไผ่ (เปอร์เซ็นต์)	
		ไผ่บุบร้าว	ไผ่แตก
1	ฟาร์ม	4.83	0
	ศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดเล็ก	0.67	0
	แหล่งจำหน่าย	1.33	0
2	ฟาร์ม	2.33	0
	ศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดกลาง	3.00	0
	แหล่งจำหน่าย	1.00	1.00
3	ฟาร์ม	3.67	0
	ศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดใหญ่	4.83	0.50
	ศูนย์กระจายสินค้า	0.17	0
4	ฟาร์ม	0.17	0
	แหล่งจำหน่าย	0.17	0
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดเล็ก	1.50	0.83
	แหล่งจำหน่าย	1.50	0.17
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดกลาง	2.17	0
	แหล่งจำหน่าย	2.00	0
7	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดใหญ่	1.50	0
	ศูนย์กระจายสินค้า	0.67	0
	แหล่งจำหน่าย	1.33	0

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไผ่ไก่อ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไผ่ไก่อ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไผ่ไก่อ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไผ่ไก่อ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไผ่ไก่อ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไผ่ไก่อ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไผ่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม

ตารางที่ 8 (ต่อ)

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	ลักษณะภายนอกฟองไข่ (เปอร์เซ็นต์)	
		ไข่เป็นผิวเปลือก	ไข่เป็นเลือด
1	ฟาร์ม	38.17	0
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	23.17	0
	แหล่งจำหน่าย	22.17	0
2	ฟาร์ม	58.00	0
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	33.67	0
	แหล่งจำหน่าย	9.67	1.67
3	ฟาร์ม	30.00	1.33
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	29.17	0.17
	ศูนย์กระจายสินค้า	17.50	0.17
	แหล่งจำหน่าย	4.67	0
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	31.33	1.50
	แหล่งจำหน่าย	17.83	1.00
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	47.00	0
	แหล่งจำหน่าย	27.83	0
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	47.17	0
	ศูนย์กระจายสินค้า	19.67	0
	แหล่งจำหน่าย	2.67	0

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม

5. เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว ไข่แดง และเปลือกไข่

จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวม และคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายพบว่า สัดส่วนของไข่ขาว ไข่แดง และเปลือกไข่ มีค่าใกล้เคียงกันในทุกเส้นทางการผลิตไข่ไก่ตั้งแต่ฟาร์มจนถึงแหล่งจำหน่าย ซึ่งมีค่าระหว่าง 61.00–64.00, 25.00–28.00, และ 9.00–10.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ซึ่งจะเห็นได้ว่า เส้นทางการผลิตไข่ไก่ที่แตกต่างกัน ไม่ได้มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของฟองไข่ แต่ลักษณะ ดังกล่าวนี้นี้พบว่าจะขึ้นอยู่กับชนิดของสายพันธุ์และอายุของแม่ไก่ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Wu *et al.* (2007) ที่พบว่า สัดส่วนของไข่ขาว ไข่แดง และเปลือกไข่เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งค่าดังกล่าวอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น สายพันธุ์ อายุ และ สภาพแวดล้อม เป็นต้น เช่นเดียวกับ Froning (1998) ที่พบว่า สัดส่วนของไข่ขาว ไข่แดง และ เปลือกไข่มีค่าเท่ากับ 60.00, 29.00, และ 11.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ North and Bell (1990) พบว่า ไข่ไก่ที่มีน้ำหนัก 58 กรัมต่อฟอง มีสัดส่วนของไข่ขาว ไข่แดง และ เปลือกไข่เท่ากับ 55.80, 31.90, และ 12.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Watkins (1995) ที่รายงานว่า ไข่ไก่มีสัดส่วนของไข่ขาว ไข่แดง และเปลือกไข่เท่ากับ 64.00, 27.00, และ 9.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

6. ความหนาเปลือกไข่

จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวม และคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายพบว่า ในแต่ละเส้นทางการผลิตไข่ไก่มีค่าความ หนาเปลือกไข่จากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่ายใกล้เคียงกัน โดยมีความหนาเปลือกไข่ประมาณ 0.300-0.380 มิลลิเมตร (ตารางที่ 13) ซึ่งจะเห็นได้ว่า เส้นทางการผลิตไข่ไก่ที่แตกต่างกัน ไม่ได้มีอิทธิพล ต่อความหนาเปลือกไข่ โดยปกติความหนาของเปลือกไข่นั้นจะขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสายพันธุ์ ปริมาณแคลเซียมที่ได้รับในอาหาร สภาพแวดล้อม และความผิดปกติเนื่องมาจากโรค เป็นต้น (North and Bell, 1990) ซึ่งสอดคล้องกับ Emery *et al.* (1984) ที่รายงานว่า ค่าความหนาเปลือกไข่ อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น สายพันธุ์ อาหาร สรีระสภาพของสัตว์ สภาพแวดล้อม และการเกิดโรค เป็นต้น จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองของเสกสม และคณะ (2548) พบว่า ไข่ไก่จากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ตลาดสด และซูเปอร์มาร์เก็ต มีค่าความหนาเปลือกไข่เท่ากับ 0.384, 0.397, 0.389 และ 0.398 มิลลิเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับ

การรายงานของ Nobakht *et al.* (2007) ที่รายงานว่า ค่าความหนาเปลือกไข่โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 0.260–0.380 มิลลิเมตร

7. สีเปลือกไข่

จากการวิเคราะห์สีเปลือกไข่ของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย โดยค่าที่ได้แสดงออกมาเป็นค่า L^* , a^* , b^* , c และ h° ซึ่งค่า L^* (lightness) ใช้กำหนดค่าความสว่างของสีเปลือกไข่ไก่ มีค่าระหว่าง 0-100 โดยค่าที่เข้าใกล้ 0 จะมีสีคล้ำ และค่าที่เข้าใกล้ 100 มีสีสว่าง ส่วนค่า a^* (redness) ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสีแดงกับสีเขียว และค่า b^* (yellowness) ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสีเหลืองกับสีน้ำเงิน ซึ่งค่า a^* และ b^* มีค่าอยู่ในช่วง -60 ถึง +60 โดยถ้าค่า a^* มีค่าลบ แสดงว่าเปลือกไข่มองเห็นเป็นสีเขียว ถ้าเป็นบวกมีสีแดง ส่วนค่า b^* มีค่าบวก มองเห็นเป็นสีเหลือง ถ้ามีค่าเป็นลบมองเห็นเป็นสีน้ำเงิน ส่วนค่า c (chroma) ใช้ในการเปรียบเทียบความบริสุทธิ์ของสีเปลือกไข่มีค่าอยู่ระหว่าง 0-90 โดยค่าที่เข้าใกล้ 0 จะมีสีซีดหรือสีเทา และค่าที่เข้าใกล้ 90 มีสีเข้ม และค่า h° (hue angle) ใช้กำหนดค่ามุมของเฉดสีระหว่างสีเหลืองกับสีเขียว มีค่าอยู่ระหว่าง 90-180 องศา โดยค่าที่เข้าใกล้มุม 90 องศา สีเปลือกไข่ไก่มีเฉดสีไปทางสีเหลือง ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีเปลือกไข่ไก่มีเฉดสีเขียว

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในทุกเส้นทางการผลิตไข่ไก่มีค่า L^* , a^* , b^* , c และ h° จากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่ายใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 14) โดยค่า L^* มีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่า มองเห็นเป็นสีสว่าง ค่า a^* และ b^* มีค่าเป็นบวกแสดงว่า สีเปลือกไข่มองเห็นในทางสีแดงและสีเหลือง ตามลำดับ ค่า c มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า เปลือกไข่มีสีซีด และ h° มีค่าเข้าใกล้มุม 90 องศา แสดงว่า สีเปลือกไข่มีมุมเฉดสีไปทางสีเหลือง จะเห็นได้ว่าค่าสีของเปลือกไข่ที่แตกต่างกันไม่ได้มีอิทธิพลมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ระยะเวลา แต่สีของเปลือกไข่ที่แตกต่างกันเกิดจากสายพันธุ์แม่ไก่ (North and Bell, 1990) ซึ่งไข่ไก่ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากแม่ไก่สายพันธุ์ทางการค้าที่ให้ไข่ไก่เปลือกสีน้ำตาล

ตารางที่ 9 คำนำน้หนักไข่เฉลี่ยของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัมต่อฟอง)		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	64.47	4.18	6.48
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	61.38	1.40	2.28
	แหล่งจำหน่าย	63.15	1.44	2.28
2	ฟาร์ม	63.91	3.08	4.82
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	63.53	1.43	2.44
	แหล่งจำหน่าย	62.94	1.30	2.44
3	ฟาร์ม	60.33	4.33	7.18
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	62.30	1.51	2.42
	ศูนย์กระจายสินค้า	62.45	1.50	2.40
	แหล่งจำหน่าย	63.11	5.01	7.94
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	62.30	1.52	2.44
	แหล่งจำหน่าย	60.14	2.50	4.16
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	63.40	1.05	1.66
	แหล่งจำหน่าย	62.43	1.66	2.66
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	62.67	1.57	2.51
	ศูนย์กระจายสินค้า	62.32	1.79	2.87
	แหล่งจำหน่าย	62.08	1.50	2.24

หมายเหตุ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม

เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา

เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี

เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม

เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม

เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม

$\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 10 ค่าความถ่วงจำเพาะฟองไข่ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	ความถ่วงจำเพาะฟองไข่		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	1.086	0.004	0.368
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	1.087	0.004	0.368
	แหล่งจำหน่าย	1.082	0.006	0.555
2	ฟาร์ม	1.085	0.004	0.369
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	1.083	0.005	0.461
	แหล่งจำหน่าย	1.074	0.005	0.466
3	ฟาร์ม	1.088	0.005	0.460
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	1.086	0.006	0.552
	ศูนย์กระจายสินค้า	1.084	0.008	0.738
	แหล่งจำหน่าย	1.070	0.007	0.654
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	1.088	0.007	0.643
	แหล่งจำหน่าย	1.087	0.007	0.644
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	1.088	0.006	0.551
	แหล่งจำหน่าย	1.085	0.007	0.461
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	1.087	0.004	0.368
	ศูนย์กระจายสินค้า	1.083	0.005	0.468
	แหล่งจำหน่าย	1.075	0.005	0.465

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 11 ค่าคะแนนสีไข่แดงของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	คะแนนสีไข่แดง		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	11.16	0.85	7.62
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	11.77	0.59	5.01
	แหล่งจำหน่าย	11.99	0.38	3.17
2	ฟาร์ม	8.88	0.52	5.86
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	8.85	0.43	4.86
	แหล่งจำหน่าย	8.03	0.56	6.97
3	ฟาร์ม	7.41	0.67	9.04
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	7.11	0.62	8.72
	ศูนย์กระจายสินค้า	7.01	0.43	6.13
	แหล่งจำหน่าย	8.98	0.53	5.90
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	9.24	0.76	8.23
	แหล่งจำหน่าย	8.61	0.75	8.71
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	8.43	0.69	8.19
	แหล่งจำหน่าย	8.68	0.72	8.29
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	8.87	0.64	7.22
	ศูนย์กระจายสินค้า	9.03	0.58	6.42
	แหล่งจำหน่าย	9.08	0.34	3.74

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 12 ค่าเปอร์เซ็นต์ไขขาว ไขแดง และเปลือกไขของตัวอย่างไขไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	ไขขาว (เปอร์เซ็นต์)			ไขแดง (เปอร์เซ็นต์)		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.	$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	63.93	2.77	4.33	25.95	2.64	10.17
	ศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดเล็ก	63.67	2.69	4.26	26.05	2.60	9.98
	แหล่งจำหน่าย	62.22	2.43	3.91	27.83	2.39	8.59
2	ฟาร์ม	63.38	2.82	4.45	26.76	2.63	9.83
	ศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดกลาง	62.27	2.66	4.27	28.09	2.62	9.33
	แหล่งจำหน่าย	61.41	2.12	3.45	28.83	2.06	7.15
3	ฟาร์ม	64.22	2.82	4.39	25.94	2.60	10.02
	ศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดใหญ่	63.99	2.63	4.11	26.12	2.38	9.11
	ศูนย์กระจายสินค้า	63.99	2.21	3.45	26.25	2.33	8.88
	แหล่งจำหน่าย	62.63	2.70	4.31	27.11	2.61	9.63
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดเล็ก	63.77	2.09	3.28	26.10	2.04	7.82
	แหล่งจำหน่าย	63.09	2.44	3.87	26.50	2.43	9.17
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดกลาง	63.31	2.40	3.79	26.60	2.32	8.72
	แหล่งจำหน่าย	62.71	2.13	3.40	27.12	2.00	7.38
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดใหญ่	62.95	2.32	3.69	26.86	2.29	8.53
	ศูนย์กระจายสินค้า	63.19	2.02	3.20	26.85	1.88	7.00
	แหล่งจำหน่าย	62.81	2.27	3.61	26.78	2.28	8.51

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไขขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 12 (ต่อ)

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	เปลือกไข่ (เปอร์เซ็นต์)		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	10.12	0.70	6.92
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	10.28	0.67	6.52
	แหล่งจำหน่าย	9.95	0.78	7.84
2	ฟาร์ม	9.84	0.70	7.11
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	9.64	0.71	7.37
	แหล่งจำหน่าย	9.76	0.72	7.38
3	ฟาร์ม	9.84	1.00	10.16
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	9.90	0.96	9.70
	ศูนย์กระจายสินค้า	9.76	0.87	8.91
	แหล่งจำหน่าย	10.26	0.87	8.48
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	10.13	0.75	7.40
	แหล่งจำหน่าย	10.41	0.84	8.07
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	10.10	0.83	8.22
	แหล่งจำหน่าย	10.17	0.68	6.69
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	10.19	0.81	7.95
	ศูนย์กระจายสินค้า	9.96	0.82	8.23
	แหล่งจำหน่าย	10.41	0.71	6.82

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 13 ค่าความหนาเปลือกไข่ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	ความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	0.370	0.025	6.757
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	0.369	0.027	7.317
	แหล่งจำหน่าย	0.360	0.025	6.944
2	ฟาร์ม	0.358	0.025	6.983
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	0.341	0.026	7.625
	แหล่งจำหน่าย	0.328	0.039	11.890
3	ฟาร์ม	0.309	0.036	11.650
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	0.314	0.028	8.917
	ศูนย์กระจายสินค้า	0.310	0.037	11.935
4	แหล่งจำหน่าย	0.312	0.029	9.295
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	0.360	0.027	7.500
	แหล่งจำหน่าย	0.366	0.034	9.290
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	0.355	0.033	9.296
	แหล่งจำหน่าย	0.353	0.024	6.799
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	0.370	0.019	9.459
	ศูนย์กระจายสินค้า	0.359	0.028	7.799
	แหล่งจำหน่าย	0.380	0.026	6.842

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 14 ค่าสีเปลือกไข่ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	ค่าสีเปลือกไข่ ^y					
		L*			a*		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.	$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	60.38	3.76	6.23	15.88	1.78	11.21
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	62.56	4.05	6.47	15.35	2.08	13.55
	แหล่งจำหน่าย	62.48	4.01	6.42	14.93	1.90	12.73
2	ฟาร์ม	63.42	3.43	5.41	15.68	1.71	10.91
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	61.63	4.11	6.67	16.02	1.93	12.05
	แหล่งจำหน่าย	61.75	3.83	6.20	14.65	1.94	13.24
3	ฟาร์ม	61.53	4.22	6.86	15.51	2.00	12.89
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	61.97	4.16	6.71	15.40	1.86	12.08
	ศูนย์กระจายสินค้า	61.32	4.49	7.32	15.17	1.99	13.12
	แหล่งจำหน่าย	61.63	4.46	7.24	13.45	1.85	13.75
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	60.67	3.48	5.74	15.64	2.01	12.85
	แหล่งจำหน่าย	60.76	4.53	7.46	15.68	1.92	12.24
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	61.30	5.21	8.50	16.06	2.27	14.13
	แหล่งจำหน่าย	61.49	4.48	7.29	15.30	1.83	11.96
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	64.79	4.00	6.17	13.83	2.03	14.68
	ศูนย์กระจายสินค้า	65.10	4.11	6.31	14.02	1.94	13.84
	แหล่งจำหน่าย	64.16	3.92	6.11	13.65	1.91	13.99

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม

^y ค่าสีเปลือกไข่ ค่า L*: ค่าความสว่างของสีเปลือกไข่, a*: ค่าเปรียบเทียบระหว่างสีแดงกับสีเขียว

$\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 14 (ต่อ)

เส้นทาง ที่ ^x	สถานที่	ค่าสีเปลือกไข่ ^y					
		b*			c		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.	$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	28.57	2.18	7.63	32.73	2.28	6.97
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	28.74	1.94	6.75	32.63	2.27	6.96
	แหล่งจำหน่าย	27.99	2.17	7.75	31.77	2.41	7.59
2	ฟาร์ม	28.44	1.92	6.75	32.51	2.21	6.80
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	28.45	1.86	6.54	32.68	2.18	6.67
	แหล่งจำหน่าย	27.17	2.20	8.10	30.90	2.55	8.25
3	ฟาร์ม	28.22	2.22	7.87	32.24	2.56	7.94
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	28.02	1.98	7.07	32.04	2.14	6.68
	ศูนย์กระจายสินค้า	26.28	3.05	11.61	30.41	3.08	10.13
	แหล่งจำหน่าย	26.89	2.16	8.03	30.11	2.35	7.80
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	25.64	2.02	7.88	30.09	2.18	7.24
	แหล่งจำหน่าย	26.62	2.61	9.80	30.97	2.46	7.94
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	27.72	2.92	10.53	32.08	3.25	10.13
	แหล่งจำหน่าย	28.47	2.59	9.10	32.26	2.67	8.28
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	26.31	3.03	11.52	29.78	3.15	10.58
	ศูนย์กระจายสินค้า	27.63	2.39	8.65	31.02	2.64	8.51
	แหล่งจำหน่าย	27.91	1.80	6.45	31.10	2.17	6.98

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม

เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา

เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี

เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม

เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม

เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม

^y ค่าสีเปลือกไข่ ค่า b*: ค่าเปรียบเทียบระหว่างสีเปลือกกับสีน้ำเงิน, c: ค่าความบริสุทธิ์ของสีเปลือกไข่

$\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 14 (ต่อ)

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	ค่าสี่เหลี่ยมไขว้ ^y		
		h°		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	60.92	2.95	4.84
	ศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดเล็ก	61.95	3.05	4.92
	แหล่งจำหน่าย	61.97	2.85	4.60
2	ฟาร์ม	61.16	2.33	3.81
	ศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดกลาง	60.67	2.78	4.58
	แหล่งจำหน่าย	61.71	2.72	4.41
3	ฟาร์ม	61.25	2.81	4.59
	ศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดใหญ่	61.15	3.00	4.91
	ศูนย์กระจายสินค้า	59.89	3.84	6.41
	แหล่งจำหน่าย	63.45	3.10	4.89
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดเล็ก	58.63	3.54	6.04
	แหล่งจำหน่าย	59.42	3.97	6.68
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดกลาง	59.91	3.26	5.44
	แหล่งจำหน่าย	61.70	3.22	5.22
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดใหญ่	62.19	3.71	5.97
	ศูนย์กระจายสินค้า	63.08	3.17	5.03
	แหล่งจำหน่าย	64.02	2.80	4.37

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไซ้ไถ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไซ้ไถ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไซ้ไถ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไซ้ไถ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไซ้ไถ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไซ้ไถ่จากศูนย์รวบรวมและคัดไซ้ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม

^y ค่าสี่เหลี่ยมไขว้ ค่า h°: ค่ามุมของเนตสี่เหลี่ยมไขว้ระหว่างสี่เหลี่ยมกับสี่เหลี่ยม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

8. ความสูงไข่ขาว

จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวม และคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายพบว่า ในแต่ละเส้นทางการผลิต ไข่ไก่มีค่าความสูงไข่ขาวลดลงจากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย (ตารางที่ 15) โดยไข่ไก่จากฟาร์ม มีค่าความสูงไข่ขาวสูงที่สุด และมีค่าลดลงจากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย ตามลำดับ จากการศึกษาค่าความสูงไข่ขาวมีค่าลดลง เนื่องมาจากระยะเวลาและ อุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ไก่ไม่เหมาะสม โดยในแต่ละเส้นทางผลิตไข่ไก่ใช้ระยะเวลาจาก ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่ายมากกว่า 1 วัน ทั้งนี้การจัดการตั้งแต่ฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายมีการเก็บรวบรวมไข่ไก่ในหลายสถานที่ก่อนจะถึงผู้บริโภค ในระยะเวลาที่แตกต่างกันไป และมีการเก็บรวบรวมไว้ในอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงตาม สภาพแวดล้อม ทำให้ไข่ไก่เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของไข่ขาวขึ้นเป็นไข่ขาวเหลว เนื่องจากโปรตีน ของไข่ขาวเกิดการเสียสภาพ ทำให้น้ำเพิ่มมากขึ้น ไข่ขาวขึ้นจึงเปลี่ยนเป็นไข่ขาวเหลว จึงส่งผลให้ ความสูงไข่ขาวลดลง (Hunton, 1987) จากการศึกษาสอดคล้องกับการทดลองของ Samli *et al.* (2005) โดยพบว่า เมื่อมีการเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิ 5, 21 และ 29 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน จะส่งผลให้ค่าความสูงไข่ขาวลดลงจาก 8.56 เป็น 6.18, 3.76 และ 2.81 มิลลิเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดลองของ Walsh *et al.* (1995) ที่รายงานว่า การเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน มีค่าความสูงไข่ขาวลดลง 1.40 เปอร์เซนต์ และจากการ ทดลองของ Silversides and Scott (2001) ที่พบว่าไข่ไก่ที่มีการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 วัน มีค่า ความสูงไข่ขาวลดลงจาก 9.16 เป็น 4.75 มิลลิเมตร จึงกล่าวได้ว่าความสูงไข่ขาวมีค่าลดลงเมื่อมี ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เช่นเดียวกับการรายงานของ Silversides and Villeneuve (1994) ที่รายงานว่า ค่าความสูงไข่ขาวมีค่าสูงสุดเมื่อไข่ออกจากรังไข่ และจะมีค่าลดลงเมื่อมีการเก็บ รักษาที่นานขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ไก่ ถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่มี ความสำคัญที่มีผลต่อค่าความสูงไข่ขาว (Hildago *et al.*, 1995 และ Hidalgo *et al.*, 2006)

ตารางที่ 15 ค่าความสูงไข้วของตัวอย่างไข้วไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	ความสูงไข้ว (มิลลิเมตร)		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	5.41	1.13	20.89
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดเล็ก	5.13	1.02	19.88
	แหล่งจำหน่าย	4.06	0.69	16.99
2	ฟาร์ม	5.35	1.15	21.49
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดกลาง	5.11	1.26	24.66
	แหล่งจำหน่าย	3.58	0.64	17.88
3	ฟาร์ม	5.94	1.27	21.38
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดใหญ่	5.39	1.27	23.56
	ศูนย์กระจายสินค้า	4.64	1.12	24.14
	แหล่งจำหน่าย	3.52	0.71	20.17
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดเล็ก	6.48	1.54	23.77
	แหล่งจำหน่าย	4.20	0.93	22.14
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดกลาง	5.58	1.25	22.40
	แหล่งจำหน่าย	4.07	0.83	20.39
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดใหญ่	4.69	1.32	28.15
	ศูนย์กระจายสินค้า	3.85	0.71	18.83
	แหล่งจำหน่าย	3.77	0.60	15.58

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข้วไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข้วไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข้วไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข้วไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข้วไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข้วไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข้วขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

9. ค่าฮอฟฟ์ยูนิต

จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวม และคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายพบว่า ในแต่ละเส้นทางการผลิตไข่ไก่ นั้น ค่าฮอฟฟ์ยูนิตจะลดลงจากฟาร์มไปจนถึงแหล่งจำหน่าย (ตารางที่ 16) โดยไข่ไก่จากฟาร์มมีค่าฮอฟฟ์ยูนิตสูงที่สุด และมีค่าลดลงจากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย ตามลำดับ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 60-80, 60-70, 50-65, และ 40-60 ตามลำดับ ซึ่งค่าฮอฟฟ์ยูนิตเป็นค่าที่แสดงลักษณะคุณภาพของไข่ขาว เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความสูงไข่ขาว กับน้ำหนักไข่แต่ละฟอง (Akbas *et al.*, 1996 และ Kul and Seker, 2004) โดยค่าฮอฟฟ์ยูนิตมีค่าลดลงเมื่อค่าความสูงไข่ขาวลดลง เนื่องจากโปรตีนของไข่ขาวเกิดการเสียสภาพ ทำให้มีปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้น ไข่ขาวชั้นจึงเปลี่ยนเป็นไข่ขาวเหลว ส่งผลให้ความสูงไข่ขาวลดลง จึงมีผลทำให้ค่าฮอฟฟ์ยูนิตลดลงเช่นกัน (Hunton, 1987) จากการศึกษาสอดคล้องกับการทดลองของเสกสม และคณะ (2548) ที่ได้ศึกษาตัวอย่างไข่ไก่จากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ตลาดสด และซูเปอร์มาร์เก็ตพบว่า ไข่ไก่จากแหล่งต่างๆ มีค่าฮอฟฟ์ยูนิตเท่ากับ 79.17, 63.95, 36.24, และ 44.03 ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดลองของ Jones and Musgrove (2005) ที่รายงานว่าการเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ มีค่าฮอฟฟ์ยูนิตลดลงจาก 82.59 เป็น 67.43 ในขณะที่มีการเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิปกติ (32 องศาเซลเซียส) จะมีค่าฮอฟฟ์ยูนิตลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อมีการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 5 วัน โดยมีค่าลดลงจาก 74.86 เป็น 61.81 และ 33.66 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Lapao *et al.* (1999) และ Samli *et al.* (2005) ที่รายงานว่าการเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิ 5, 21 และ 29 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วันพบว่า มีค่าฮอฟฟ์ยูนิตลดลงจาก 91.40 เป็น 76.30, 53.70, และ 40.60 ตามลำดับ

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่และการจัดการกับไข่ไก่ที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ค่าฮอฟฟ์ยูนิตมีค่าต่างกัน ดังจะเห็นได้จากค่าฮอฟฟ์ยูนิตของไข่ไก่ที่สุ่มมาจากแหล่งจำหน่ายของเส้นทางการผลิตที่ 3 นั้นมีค่าต่ำกว่าจากแหล่งจำหน่ายของเส้นทางอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเส้นทางการผลิตที่ผ่านศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ ซึ่งมีการจำหน่ายไข่ออกไปในหลายเส้นทาง และใช้ระยะเวลานานกว่าในการขนส่งไปยังแหล่งจำหน่ายต่างๆ จึงทำให้ไข่ไก่ออกอยู่ในเส้นทางการผลิตที่นานกว่าไข่ไก่จากเส้นทางอื่นๆ และส่งผลให้มีค่าฮอฟฟ์ยูนิตต่ำกว่าเส้นทางอื่น

ตารางที่ 16 ค่าสอพิยูนิตของตัวอย่างไข้ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	สอพิยูนิต		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	69.13	10.06	14.55
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	68.05	9.53	14.00
	แหล่งจำหน่าย	56.69	7.74	13.65
2	ฟาร์ม	68.88	9.79	14.21
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	68.74	10.77	15.67
	แหล่งจำหน่าย	53.96	7.34	13.60
3	ฟาร์ม	75.07	9.39	12.51
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	69.46	11.46	16.50
	ศูนย์กระจายสินค้า	62.50	11.28	18.05
	แหล่งจำหน่าย	49.81	9.11	18.29
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	77.96	10.85	13.92
	แหล่งจำหน่าย	64.80	9.26	14.29
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	70.83	10.63	15.01
	แหล่งจำหน่าย	56.88	9.62	16.91
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	62.62	12.33	19.69
	ศูนย์กระจายสินค้า	53.68	7.82	14.57
	แหล่งจำหน่าย	51.99	7.57	14.56

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

10. ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาว

จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวม และคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายพบว่า ในแต่ละเส้นทางการผลิตไข่ไก่มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวเพิ่มขึ้นจากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย (ตารางที่ 17) ซึ่งไข่ไก่จากฟาร์มมีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวต่ำที่สุด และมีค่าเพิ่มขึ้นจากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย ตามลำดับ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวที่เพิ่มขึ้น เกิดขึ้นเนื่องจากในสภาวะปกติภายในฟองไข่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำ ทำให้ได้กลีโบริบอเนตและไฮโดรเจนไอออนที่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวต่ำลง และเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในฟองไข่สูงกว่าภายนอกฟองไข่ จึงทำให้เกิดการระเหยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภายในฟองไข่สู่สภาพแวดล้อม ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับคาร์บอนไดออกไซด์ภายในฟองไข่ที่ค่อยๆ ลดลง ทำให้ปฏิกิริยาการละลายคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำลดลง จึงเกิดไฮโดรเจนไอออนลดลง ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการระเหยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดขึ้นจนกระทั่งเกิดความสมดุลระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ภายในและภายนอกฟองไข่ จากนั้นจะไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น (Kemps *et al.*, 2007) จึงจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวนั้น ไม่สามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพไข่ไก่เมื่อมีการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานๆ ได้อย่างชัดเจนและแม่นยำ จึงควรมีการนำตัวชี้วัดอื่นๆ มาเปรียบเทียบกับประกอบกัน เช่น ค่าความสูงไข่ขาว และค่าสอฟูนิต เป็นต้น

จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองของเสกสม และคณะ (2548) ที่พบว่า การเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 6 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวเพิ่มขึ้นจาก 8.02 เป็น 9.38 และเช่นเดียวกับการทดลองของ Scott and Silversides (2000) ที่พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ 2 วันขึ้นไปไม่ว่าจะมีการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำ โดยไข่ไก่ที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวเพิ่มขึ้นจาก 7.47 เป็น 9.20 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Walsh *et al.* (1995) ที่มีการศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวพบว่า การเก็บรักษาไข่ไก่ในอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Akyurel and Okur (2009) ที่รายงานค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวเพิ่มขึ้นจาก 8.01 เป็น 9.72 เมื่อมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 วัน เช่นเดียวกับการทดลองของ Samli *et al.* (2005) และ Lapao *et al.* (1999) ที่รายงาน

ว่า การเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวเพิ่มขึ้นจาก 7.47 เป็น 9.20 และจากการรายงานของ Li-chan *et al.* (1995) ที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวสามารถป้องกันได้โดยการเก็บรักษาไข่ไก่ไว้ในบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในเส้นทางการผลิตตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย โดยมีปัจจัยในเรื่องขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่ และรูปแบบของการปฏิบัติงานที่แตกต่างกัน ต่อค่าความสูงไข่ขาว ค่าฮอฟยูนิต และค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาว (ตารางที่ 18) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่มีผลต่อค่าความสูงไข่ขาว ค่าฮอฟยูนิต และค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาว โดยไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก มีค่าความสูงไข่ขาว และค่าฮอฟยูนิตสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางและใหญ่ ($P < 0.05$) เนื่องจากว่าศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กมีการผลิตไข่ในแต่ละวันจำนวนน้อยกว่า จึงทำให้การจัดการต่อไข่ในเรื่องการทำความสะอาด การคัดไข่ การขนส่ง ใช้ระยะเวลาในการปฏิบัติงานน้อยกว่า ส่งผลให้ไข่มีการขนส่งไปยังแหล่งจำหน่าย และถึงผู้บริโภคได้เร็วกว่า ทำให้คงความสดได้ดีกว่าไข่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีขนาดการผลิตที่ใหญ่ขึ้น จากการศึกษาพบว่า ค่าฮอฟยูนิตและค่าความสูงไข่ขาวของศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่มีค่าต่ำที่สุด ($P < 0.05$) เนื่องจากการจัดการต่อไข่ไก่จากฟาร์มไปยังศูนย์รวบรวมและคัดไข่แล้ว จะมีการขนส่งไข่ไปยังศูนย์กระจายสินค้าก่อนที่จะมีการขนส่งไปยังแหล่งจำหน่ายอื่นที่ทำให้มีระยะเวลานานขึ้น ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวของไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กสูงกว่าศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง แต่ไม่แตกต่างจากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากระยะเวลาของไข่ไก่ที่อยู่ในกระบวนการจัดการของแต่ละเส้นทางการผลิต มีระยะเวลาที่แตกต่างกัน

รูปแบบการปฏิบัติงานของศูนย์รวบรวมและคัดไข่มีผลต่อค่าความสูงไข่ขาว ค่าฮอฟยูนิต และค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวโดยไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีการรับไข่ไก่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเองมีค่าความสูงไข่ขาวและค่าฮอฟยูนิตมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีการรับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่นๆ ($P < 0.05$) เนื่องจากว่าศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีการรับไข่ไก่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเองมีระบบการจัดการต่อไข่ในเรื่องของการรวบรวมไข่ไก่จากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมและคัดไข่ใช้ระยะเวลาน้อยกว่าศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีการรับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่นๆ ซึ่งในการรับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่นๆ มีการเก็บรวบรวมไข่ไก่ไว้ที่ฟาร์มเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะมีการขนส่งมายังศูนย์รวบรวมและคัดไข่ เพื่อทำความสะอาดและ

คัดขนาดไข่ จึงส่งผลให้ไข่มีการขนส่งไปยังแหล่งจำหน่ายและผู้บริโภคได้ช้ากว่า ทำให้ไข่มีความสดที่ต่ำกว่าไข่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีการรับไข่ไก่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวของไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีการรับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่นๆ มีค่าสูงกว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวของไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีการรับไข่ไก่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง

ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมของขนาดศูนย์รวบรวมและคัดไข่และรูปแบบการปฏิบัติงานของศูนย์รวบรวมและคัดไข่มีผลต่อค่าความสูงไข่ขาว ค่าสอฟูยูนิต และค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาว โดยไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กที่รับไข่ไก่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเองมีค่าความสูงไข่ขาวและค่าสอฟูยูนิตสูงที่สุด เมื่อมีการเปรียบเทียบกับขนาดและรูปแบบของการปฏิบัติงานของศูนย์รวบรวมและคัดไข่อื่นๆ ($P < 0.05$) เนื่องจากว่าศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กที่รับไข่ไก่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง มีการรวบรวมไข่ไก่จากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมและคัดไข่ และมีการผลิตไข่ในแต่ละวันจำนวนน้อยกว่า จึงทำให้การจัดการต่อไข่ในเรื่องการทำความสะอาด การคัดไข่ การขนส่งใช้ระยะเวลาในการปฏิบัติงานน้อยกว่า ส่งผลให้มีการขนส่งไข่ไปยังแหล่งจำหน่ายและถึงมือผู้บริโภคได้เร็วกว่า ทำให้คงความสดได้ดีกว่าไข่ไก่จากขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่และรูปแบบการปฏิบัติงานอื่นๆ ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวของไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ที่รับไข่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเองมีค่าสูงกว่าศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่รับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่นๆ และศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กและขนาดกลางที่รับไข่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง แต่ไม่แตกต่างจากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กที่รับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่นๆ ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่าขนาดและรูปแบบการปฏิบัติงานของศูนย์รวบรวมและคัดไข่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ไก่

ตารางที่ 17 ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละ
เส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	ความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาว		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.
1	ฟาร์ม	8.97	0.21	2.34
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	9.09	0.22	2.42
	แหล่งจำหน่าย	9.30	0.09	0.97
2	ฟาร์ม	8.77	0.20	2.28
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	8.90	0.23	2.59
	แหล่งจำหน่าย	9.27	0.16	1.73
3	ฟาร์ม	8.75	0.19	2.17
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	8.90	0.21	2.36
	ศูนย์กระจายสินค้า	9.10	0.16	1.76
	แหล่งจำหน่าย	9.23	0.09	0.98
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	8.75	0.16	2.11
	แหล่งจำหน่าย	9.11	0.16	1.76
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	8.60	0.12	1.40
	แหล่งจำหน่าย	9.18	0.13	1.42
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	9.11	0.27	2.96
	ศูนย์กระจายสินค้า	9.13	0.16	1.72
	แหล่งจำหน่าย	9.28	0.12	1.31

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 18 ค่าความสูงไข่วาง ค่าฮอฟยูนิค และค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่วางของตัวอย่างไข่วาง
ที่มีผลมาจากขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่ และรูปแบบการปฏิบัติงาน

กลุ่มศึกษา	ความสูงไข่วาง (มิลลิเมตร)	ฮอฟยูนิค
ขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่ x รูปแบบการปฏิบัติงาน		
ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กที่รับซื้อไข่วางจากฟาร์มอื่น	5.13 ^c	68.05 ^c
ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางที่รับซื้อไข่วางจากฟาร์มอื่น	5.11 ^c	68.74 ^{bc}
ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ที่รับซื้อไข่วางจากฟาร์มอื่น	5.39 ^b	69.46 ^{bc}
ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กที่รับไข่วางจากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง	6.48 ^a	77.96 ^a
ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางที่รับไข่วางจากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง	5.58 ^b	70.83 ^b
ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ที่รับไข่วางจากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง	4.69 ^d	62.62 ^d
ขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่		
ขนาดเล็ก	5.81 ^e	73.00 ^e
ขนาดกลาง	5.42 ^f	70.12 ^f
ขนาดใหญ่	5.03 ^g	65.98 ^g
รูปแบบของการปฏิบัติงานของศูนย์รวบรวมและคัดไข่		
มีการรับซื้อไข่วางจากฟาร์มอื่น	5.22 ⁱ	68.73 ⁱ
มีการรับไข่วางจากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง	5.58 ^h	70.47 ^h
P-value		
ขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่ x รูปแบบการปฏิบัติงาน	<0.0001	<0.0001
ขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่	0.0019	0.0001
รูปแบบการปฏิบัติงาน	< 0.0001	< 0.0001
Pool SE±	10.71	1.18

หมายเหตุ ^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน (ปัจจัยด้านอิทธิพลร่วมของขนาดศูนย์รวบรวมและคัดไข่และรูปแบบการปฏิบัติงาน) แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^{e, f, g} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน (ปัจจัยขนาดของศูนย์รวบรวมและคัดไข่) แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^{h, i} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน (ปัจจัยของรูปแบบการปฏิบัติงาน) แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 18 (ต่อ)

กลุ่มศึกษา	ความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาว
ขนาดของศูนย์รวมรวมและคัดไข่ x รูปแบบการปฏิบัติงาน	
ศูนย์รวมรวมและคัดไข่ขนาดเล็กที่รับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่น	9.09 ^a
ศูนย์รวมรวมและคัดไข่ขนาดกลางที่รับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่น	8.90 ^b
ศูนย์รวมรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ที่รับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่น	8.90 ^b
ศูนย์รวมรวมและคัดไข่ขนาดเล็กที่รับไข่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง	8.75 ^{bc}
ศูนย์รวมรวมและคัดไข่ขนาดกลางที่รับไข่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง	8.60 ^c
ศูนย์รวมรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ที่รับไข่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง	9.11 ^a
ขนาดของศูนย์รวมรวมและคัดไข่	
ขนาดเล็ก	8.91 ^c
ขนาดกลาง	8.71 ^f
ขนาดใหญ่	8.99 ^e
รูปแบบของการปฏิบัติงานของศูนย์รวมรวมและคัดไข่	
มีการรับซื้อไข่ไก่จากฟาร์มอื่น	8.96 ^b
มีการรับไข่จากฟาร์มไก่ไข่ของตนเอง	8.82 ⁱ
P-value	
ขนาดของศูนย์รวมรวมและคัดไข่ x รูปแบบการปฏิบัติงาน	<0.0001
ขนาดของศูนย์รวมรวมและคัดไข่	0.0043
รูปแบบการปฏิบัติงาน	< 0.0001
Pool SE±	0.27

หมายเหตุ ^{a, b, c,} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน (ปัจจัยด้านอิทธิพลร่วมของขนาดศูนย์รวมรวมและคัดไข่และรูปแบบการปฏิบัติงาน) แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^{e, f, g} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน (ปัจจัยขนาดของศูนย์รวมรวมและคัดไข่) แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^{h, i} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน (ปัจจัยของรูปแบบการปฏิบัติงาน) แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่

1. การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp.

จากการวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายพบว่า ในแต่ละเส้นทางการผลิตพบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ทั้งบนเปลือกไข่และภายในฟองไข่ (ตารางที่ 19) โดยมีการปนเปื้อนบนเปลือกไข่มากกว่าภายในฟองไข่ เนื่องจากขณะทำการรวบรวมไข่ไก่มีการเก็บไข่ที่เปื้อนอุจจาระไก่ ขนไก่ รวมกับไข่ที่ไม่มีการปนเปื้อน โดยไม่มีการทำความสะอาดผิวเปลือกไข่ก่อน นอกจากนี้การปนเปื้อนอาจเกิดขึ้นได้ขณะที่มีการบรรจุไข่ไก่ลงในถาดไข่ที่ไม่มีการทำความสะอาดก่อนที่จะมีการจุ่มลงในน้ำยาฆ่าเชื้อหรือมีการทำความสะอาดไข่ขณะที่ยังมีอุจจาระไก่และสิ่งสกปรกติดค้างอยู่ ทั้งนี้ความคงทนของเชื้อ *Salmonella* spp. สามารถมีชีวิตในอุจจาระไก่ที่ปนเปื้อนบนผิวของเปลือกไข่ และถาดไข่ได้นานอย่างน้อย 7 วัน (สุเจตน์ และคณะ, 2548) อีกทั้งไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ที่มีการปนเปื้อนนั้นพบว่า มีการปนเปื้อนมาตั้งแต่ฟาร์ม โดยไม่มีการแยกไข่ไก่ที่เปื้อนออกหรือทำความสะอาดเอาสิ่งปนเปื้อนออก แต่ใช้วิธีการเอามิดหรือกระดาศทรายมูลเอกราบเปื้อนออกเท่านั้น แต่ยังคงมีสิ่งตกค้างบางส่วนอยู่ ส่วนไข่ไก่ที่มีการปนเปื้อนภายในฟองไข่เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การแตกร้าวของเปลือกไข่ หรือน้ำที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดไข่ไก่ เป็นต้น (Adesiyun *et al.*, 2007) ส่งผลให้เชื้อ *Salmonella* spp. ที่ติดมากับเปลือกไข่อาจเข้าสู่ภายในฟองไข่ได้ เช่นเดียวกับรายงานของ Scanes *et al.* (2004) ที่รายงานว่าเชื้อ *Salmonella* spp. สามารถซึมเข้าสู่ภายในฟองไข่ตามรอยแตกร้าวหรือตามรูพรุนเปลือกไข่เข้าสู่เยื่อหุ้มไข่ และสามารถปนเปื้อนได้ขณะที่มีการตอกไข่เพื่อประกอบอาหารต่างๆ ได้

จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Suresh *et al.* (2006) ที่ศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในไข่ไก่จากร้านค้าขายปลีกบริเวณชุมชนของเมืองโคอิมบะโทรีในประเทศอินเดีย พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. จากตัวอย่างเปลือกไข่และภายในฟองไข่ในสัดส่วนเท่ากับ 5.90 และ 1.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดลองของ Stepien (2010) ที่ศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในไข่ไก่จากฟาร์มขนาดใหญ่ และซูเปอร์มาร์เก็ต พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนเปลือกไข่ 3.20 และ 3.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ภายในฟองไข่ 0.80 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดลองของ Adesiyun *et al.* (2007) ที่ศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ของ

ไข่ไก่จากฟาร์ม และซุปรเปอร์มาร์เก็ตพบว่า ไข่ไก่จากฟาร์มมีการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนเปลือกไข่ และภายในฟองไข่เท่ากับ 6.50 และ 6.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนเปลือกและภายในฟองไข่ของไข่ไก่จากซุปรเปอร์มาร์เก็ตพบ 7.50 และ 2.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Dorn *et al.* (1984) ที่รายงานว่าไข่ไก่ที่ไม่มีการทำความสะอาดพบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนเปลือกไข่ และภายในฟองไข่เท่ากับ 0.13 และ 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีการศึกษาการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ที่วางไข่บนพื้นและบริเวณรังพบว่า มีการปนเปื้อนเท่ากับ 0.06 และ 0.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการรายงานของ Indar *et al.* (1998) ที่รายงานว่า พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนเปลือกไข่สูงกว่าภายในฟองไข่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.70 และ 1.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการศึกษามีความขัดแย้งกับรายงานของชลฎา และสุตสายชล (2549) ที่รายงานการสำรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในไข่ไก่ที่จำหน่ายจากตลาดหนองมนและตลาดนัดหลังมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดชลบุรี พบว่ามีการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนเปลือกไข่ 9.17 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบการปนเปื้อนภายในฟองไข่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของชูศักดิ์ และศรี (2534) ที่ศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในไข่ไก่จากตลาดต่างๆ ในกรุงเทพมหานคร พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนเปลือกไข่ 15.50 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ภายในฟองไข่ เช่นเดียวกับรายงานของยศนันท์ (2540) ที่ศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในไข่ไก่จากตลาดสดและห้างสรรพสินค้าในบริเวณกรุงเทพมหานคร พบว่ามีการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนเปลือกไข่ 4.76 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบการปนเปื้อนภายในฟองไข่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Telo *et al.* (1999) ที่ศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในไข่ไก่นำเข้า พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนเปลือกไข่คิดเป็น 1.26 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบการปนเปื้อนภายในฟองไข่ จากการศึกษาไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ภายในฟองไข่ เนื่องมาจากส่วนของไข่ขาวมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และยังมีเอนไซม์ไลโซไซม์เป็นจำนวนมาก ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ (บัญญัติ, 2534) การปนเปื้อนในไข่ไก่เริ่มตั้งแต่ฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่ ห้องเก็บรักษาไข่ไก่ ก่อนส่งจำหน่าย พาหนะขนส่ง สถานที่จำหน่ายก่อนถึงมือผู้บริโภค มีระบบการป้องกันที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อโรคต่างๆ ได้ เช่นเดียวกับการรายงานของสุเจตน์ และคณะ (2548) ที่รายงานว่าเชื้อ *Salmonella* spp. สามารถมีชีวิตรอดอยู่ในอุจจาระสัตว์ อาหารสัตว์ เกษตรกรผู้เลี้ยง และอุปกรณ์ต่างๆ โดยอุปกรณ์ที่สำคัญในการเลี้ยงไก่ไข่ที่มีโอกาสเชื้อแพร่ระบาดได้ง่ายคือ ถาดไข่ เนื่องจากเกษตรกรต้องนำถาดไข่มาหมุนเวียนใช้ใหม่ หากมีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ก็อาจทำให้เชื้อโรคแพร่กระจายได้ง่าย ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เชื้อ

Salmonella spp. มีการแพร่ระบาดและปนเปื้อนได้ค่อนข้างง่าย ถ้าในแต่ละเส้นทางการผลิตตั้งแต่ฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ สถานที่จำหน่าย และการขนส่งไม่มีมาตรการด้านสุขาภิบาลและสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ดีเพียงพอ

2. การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli*

จากการวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายพบว่า ในแต่ละเส้นทางการผลิตไข่ไก่พบการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ทั้งบนเปลือกไข่และภายในฟองไข่ โดยพบการปนเปื้อนบนเปลือกไข่มากกว่าภายในฟองไข่ (ตารางที่ 20) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Musgrove *et al.* (2004) และ Adesiyun *et al.* (2005) ได้ศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* จากฟาร์มและซูเปอร์มาร์เก็ต พบไข่ไก่จากฟาร์มมีการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* บนเปลือกไข่และภายในฟองไข่เท่ากับ 58.70 และ 4.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนไข่ไก่จากซูเปอร์มาร์เก็ตมีการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* บนเปลือกไข่และภายในฟองไข่เท่ากับ 8.70 และ 2.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดลองของเสกสม และคณะ (2548) ที่มีการศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* บนเปลือกไข่และภายในฟองไข่จากตัวอย่างไข่ไก่จากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ตลาดสด และซูเปอร์มาร์เก็ต พบการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* บนเปลือกไข่และภายในฟองไข่เท่ากับ 45.30 และ 13.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยภาพรวมพบว่าฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่พบการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* บนเปลือกไข่มากกว่าตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต ซึ่งการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในไข่ไก่ส่วนใหญ่พบบนเปลือกไข่ เนื่องจากเปลือกไข่มีรอยเปื้อนของอุจจาระไก่ ขนไก่ ดังนั้นจึงต้องมีการทำความสะอาดไข่ไก่ก่อน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนแบคทีเรียที่เกิดจากอุจจาระ และขนไก่โดยตรง (Kumar *et al.*, 2003) ซึ่งการปนเปื้อนก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ไข่

ตารางที่ 19 เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	พารามิเตอร์	การปนเปื้อนเชื้อ <i>Salmonella</i> spp. (เปอร์เซ็นต์)	
			ภายในฟองไข่	เปลือกไข่
1	ฟาร์ม		10 (2/20) ^y	15 (3/20)
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก		5 (1/20)	10 (2/20)
	แหล่งจำหน่าย		10 (2/20)	25 (5/20)
2	ฟาร์ม		10 (1/10)	10 (1/10)
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง		0 (0/10)	10 (1/10)
	แหล่งจำหน่าย		10 (1/10)	20 (2/10)
3	ฟาร์ม		10 (1/10)	10 (1/10)
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่		0 (0/20)	0 (0/20)
	ศูนย์กระจายสินค้า		15 (3/20)	20 (4/20)
	แหล่งจำหน่าย		5 (1/20)	25 (5/20)
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก		0 (0/20)	20 (4/20)
	แหล่งจำหน่าย		0 (0/20)	20 (4/20)
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง			
	กลาง		0 (0/20)	25 (5/20)
6	แหล่งจำหน่าย		0 (0/20)	20 (4/20)
	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่		5 (1/20)	20 (4/20)
	ศูนย์กระจายสินค้า		0 (0/10)	20 (2/10)
	แหล่งจำหน่าย		10 (1/10)	20 (2/10)

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม

^y ตัวเลขในวงเล็บแสดงสัดส่วนจำนวนตัวอย่างที่มีการตรวจพบจุลินทรีย์ต่อจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการทดสอบ

ตารางที่ 20 เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากสถานที่ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางการผลิต

เส้นทางที่ ^x	สถานที่	พารามิเตอร์	
		การปนเปื้อนเชื้อ <i>E. coli</i> (เปอร์เซ็นต์)	
		ภายในฟองไข่	เปลือกไข่
1	ฟาร์ม	5 (1/20) ^y	30 (6/20)
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	10 (2/20)	30 (6/20)
	แหล่งจำหน่าย	10 (2/20)	20 (4/20)
2	ฟาร์ม	10 (1/10)	20 (2/10)
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	10 (1/10)	20 (2/10)
	แหล่งจำหน่าย	10 (1/10)	20 (2/10)
3	ฟาร์ม	10 (1/10)	40 (4/10)
	ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	0 (0/20)	30 (6/20)
	ศูนย์กระจายสินค้า	5 (1/20)	40 (8/20)
4	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็ก	5 (1/20)	30 (6/20)
	แหล่งจำหน่าย	15 (3/20)	40 (8/20)
5	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลาง	15 (3/20)	30 (6/20)
	แหล่งจำหน่าย	10 (2/20)	40 (8/20)
6	ฟาร์มและศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่	5 (1/20)	25 (5/20)
	ศูนย์กระจายสินค้า	10 (1/10)	20 (2/10)
	แหล่งจำหน่าย	0 (0/10)	20 (2/10)

หมายเหตุ ^x เส้นทางที่ 1: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 2: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.ฉะเชิงเทรา
 เส้นทางที่ 3: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.ชลบุรี
 เส้นทางที่ 4: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดเล็กในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 5: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดกลางในเขต จ.นครปฐม
 เส้นทางที่ 6: ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ขนาดใหญ่ในเขต จ.นครปฐม
^y ตัวเลขในวงเล็บแสดงสัดส่วนจำนวนตัวอย่างที่มีการตรวจพบจุลินทรีย์ต่อจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการทดสอบ

การศึกษาที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกัน (ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต)

ผลการตรวจสอบคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกัน (ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต) มีข้อมูลดังนี้

2.1 น้ำหนักไข่เฉลี่ย จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่าน้ำหนักไข่เฉลี่ยเท่ากับ 60.30, 62.43, 62.35, 63.15, 57.94, 57.08 และ 62.69 กรัมต่อฟอง ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่าน้ำหนักไข่เฉลี่ยเท่ากับ 61.26, 62.25, 72.19, 71.84, 63.11, 56.42, 67.08 และ 56.51 กรัมต่อฟอง ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำหนักไข่เฉลี่ยของไข่ไก่จากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 21)

2.2 ความถ่วงจำเพาะของไข่ จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่าความถ่วงจำเพาะของไข่เท่ากับ 1.083, 1.092, 1.083, 1.082, 1.074, 1.086 และ 1.082 ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่าความถ่วงจำเพาะของไข่เท่ากับ 1.084, 1.084, 1.065, 1.068, 1.070, 1.070, 1.085 และ 1.066 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความถ่วงจำเพาะของไข่จากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 21)

2.3 คะแนนสีไข่แดง จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่าคะแนนสีไข่แดงเท่ากับ 7.93, 8.68, 8.20, 11.99, 8.03, 8.73 และ 8.99 ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่าคะแนนสีไข่แดงเท่ากับ 6.42, 7.66, 7.86, 7.37, 8.98, 7.28, 9.08 และ 8.03 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าคะแนนสีไข่แดงของไข่ไก่จากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 22)

2.4 ความหนาเปลือกไข่ จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายใน

ตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่าความหนาเปลือกไข่เท่ากับ 0.366, 0.353, 0.352, 0.360, 0.328, 0.337 และ 0.353 มิลลิเมตร ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่าความหนาเปลือกไข่เท่ากับ 0.298, 0.300, 0.307, 0.315, 0.312, 0.329, 0.380 และ 0.304 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความหนาเปลือกไข่ของไข่ไก่จากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 21 ค่าน้ำหนักไข่เฉลี่ย และความถ่วงจำเพาะของไข่ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากตลาดสด และซูเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน

แหล่งที่มา ^x		น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัมต่อฟอง)			ความถ่วงจำเพาะของไข่		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.	$\bar{X}$	S.D.	C.V.
ตลาดสด	A	60.30	2.74	4.55	1.083	0.008	0.739
	B	62.43	1.66	2.66	1.092	0.005	0.457
	C	62.35	1.51	2.42	1.083	0.007	0.464
	D	63.15	1.44	2.28	1.082	0.006	0.554
	E	57.94	1.30	2.24	1.074	0.005	0.465
	F	57.08	2.56	5.01	1.086	0.009	0.829
	G	62.69	1.42	2.26	1.082	0.005	0.462
ซูเปอร์มาร์เก็ต	H	61.26	2.51	4.10	1.084	0.007	0.646
	I	62.25	1.55	2.49	1.084	0.007	0.646
	J	72.19	2.76	3.83	1.065	0.005	0.469
	K	71.84	2.47	3.44	1.068	0.006	0.562
	L	63.11	2.01	3.19	1.070	0.007	0.654
	M	56.42	1.69	2.99	1.070	0.007	0.654
	N	67.08	1.50	2.23	1.085	0.004	0.369
	O	56.51	1.69	2.99	1.066	0.006	0.563

หมายเหตุ ^x ตลาดสด A, D, E และ G: เขตกรุงเทพมหานคร, B และ C: เขต จ.นครปฐม,
F: เขต จ.สุพรรณบุรี
ซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K และ O: เขตกรุงเทพมหานคร, L, M และ N: เขต
จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation),
C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 22 ค่าคะแนนสีไข่แดง และความหนาเปลือกไข่ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและ
ซูเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน

แหล่งที่มา ^x		คะแนนสีไข่แดง			ความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.	$\bar{X}$	S.D.	C.V.
ตลาดสด	A	7.93	0.73	9.19	0.366	0.027	7.377
	B	8.68	0.72	8.31	0.353	0.024	6.799
	C	8.20	1.00	12.13	0.352	0.026	7.386
	D	11.99	0.68	13.18	0.360	0.025	6.944
	E	8.03	0.56	6.96	0.328	0.039	11.890
	F	8.73	1.18	14.91	0.337	0.033	9.792
	G	8.99	0.73	8.15	0.353	0.028	7.932
ซูเปอร์มาร์เก็ต	H	6.42	0.65	10.06	0.298	0.030	10.07
	I	7.66	1.03	13.50	0.300	0.031	10.33
	J	7.86	1.16	14.71	0.307	0.307	10.00
	K	7.37	0.89	12.08	0.315	0.031	9.84
	L	8.98	1.53	17.04	0.312	0.029	9.29
	M	7.28	1.03	14.20	0.329	0.037	11.25
	N	9.08	1.34	14.75	0.380	0.026	6.84
	O	8.03	1.08	13.45	0.304	0.035	11.51

หมายเหตุ ^x ตลาดสด A, D, E และ G: เขตกรุงเทพมหานคร, B และ C: เขต จ.นครปฐม,
F: เขต จ.สุพรรณบุรี
ซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K และ O: เขตกรุงเทพมหานคร, L, M และ N : เขต
จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation),
C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

2.5 ค่าความสูงไข่วาง จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่วางในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่วางที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่วางที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่าความสูงไข่วางเท่ากับ 4.20, 4.07, 4.44, 4.06, 3.58, 4.48 และ 4.90 มิลลิเมตร ตามลำดับ และไข่วางในซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่าความสูงไข่วางเท่ากับ 4.42, 4.54, 3.51, 3.51, 3.52, 3.19, 3.85 และ 3.30 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความสูงไข่วางของไข่วางจากตลาดสดมีค่าสูงกว่าซูเปอร์มาร์เก็ต (ตารางที่ 23)

2.6 ค่าฮ่อฟิยูนิต จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่วางในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่วางที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่วางที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่าฮ่อฟิยูนิตเท่ากับ 59.00, 56.88, 61.06, 56.69, 53.96, 66.88 และ 64.91 ตามลำดับ และไข่วางในซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่าฮ่อฟิยูนิตเท่ากับ 60.95, 61.62, 43.14, 43.82, 49.81, 49.18, 51.99 และ 50.42 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าฮ่อฟิยูนิตของไข่วางจากตลาดสดมีค่าสูงกว่าซูเปอร์มาร์เก็ต (ตารางที่ 23)

2.7 ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่วาง จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่วางในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่วางที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่วางที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่วางเท่ากับ 9.16, 9.18, 9.27, 9.30, 9.27, 9.18 และ 9.07 ตามลำดับ และไข่วางในซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่วางเท่ากับ 9.12, 9.06, 9.34, 9.32, 9.23, 9.05, 9.13 และ 9.28 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่วางจากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 23 ค่าความสูงไขขาว และค่าสอฟิยูนิตของตัวอย่างไขไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน

แหล่งที่มา ^x		ความสูงไขขาว (มิลลิเมตร)			สอฟิยูนิต		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.	$\bar{X}$	S.D.	C.V.
ตลาดสด	A	4.20	0.95	22.70	59.00	11.64	19.74
	B	4.07	0.82	20.28	56.88	9.62	16.92
	C	4.44	0.86	19.34	61.06	9.09	14.88
	D	4.06	0.69	16.92	56.69	7.74	13.65
	E	3.58	0.64	17.97	53.96	7.34	13.61
	F	4.48	0.95	21.27	66.88	9.39	14.04
	G	4.90	1.26	25.59	64.91	11.37	17.52
ซูเปอร์มาร์เก็ต	H	4.42	1.03	23.87	60.95	11.11	18.22
	I	4.54	1.11	24.35	61.62	11.34	18.40
	J	3.51	0.79	22.47	43.14	11.58	26.83
	K	3.51	0.66	18.82	43.82	9.79	22.34
	L	3.52	0.71	20.14	49.81	9.11	18.29
	M	3.19	0.77	24.21	49.18	10.74	21.84
	N	3.85	0.59	15.51	51.99	7.57	14.56
	O	3.30	0.91	27.54	50.42	11.41	22.63

หมายเหตุ ^x ตลาดสด A, D, E และ G: เขตกรุงเทพมหานคร, B และ C: เขต จ.นครปฐม, F: เขต จ.สุพรรณบุรี
 ซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K และ O: เขตกรุงเทพมหานคร, L, M และ N : เขต จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation),
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 24 ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน

แหล่งที่มา ^x		ความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาว		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.
ตลาดสด	A	9.16	0.27	2.93
	B	9.18	0.13	1.46
	C	9.27	0.07	0.76
	D	9.30	0.09	0.95
	E	9.27	0.16	1.77
	F	9.18	0.14	1.49
	G	9.07	0.23	2.55
ซูเปอร์มาร์เก็ต	H	9.12	0.15	1.61
	I	9.06	0.18	1.95
	J	9.34	0.09	0.94
	K	9.32	0.08	0.89
	L	9.23	0.09	1.00
	M	9.05	0.13	1.38
	N	9.13	0.12	1.31
	O	9.28	0.10	1.08

หมายเหตุ ^x ตลาดสด A, D, E และ G: เขตกรุงเทพมหานคร, B และ C: เขต จ.นครปฐม, F: เขต จ. สุพรรณบุรี
 ซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K และ O: เขตกรุงเทพมหานคร, L, M และ N : เขต จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation),
 C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 25 ค่าสีเปลือกไข่ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน

แหล่งที่มา ^x		ค่าสีเปลือกไข่ ^y								
		L*			a*			b*		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.	$\bar{X}$	S.D.	C.V.	$\bar{X}$	S.D.	C.V.
ตลาดสด	A	62.33	4.45	7.14	14.71	1.95	13.24	29.01	2.00	6.88
	B	61.49	4.48	7.29	15.30	1.83	11.94	28.47	2.59	9.08
	C	63.91	3.46	5.42	14.18	1.69	11.90	26.15	3.03	11.60
	D	62.48	4.20	6.72	14.93	2.00	13.40	27.99	2.18	7.80
	E	61.75	3.83	6.21	14.65	1.94	13.22	27.17	2.20	8.09
	F	62.30	4.94	7.93	14.42	2.49	17.26	22.99	2.15	9.34
	G	62.72	3.82	6.10	14.75	2.24	15.19	27.70	2.24	8.09
ซูเปอร์มาร์เก็ต	H	60.87	4.41	7.25	15.42	1.94	12.56	23.73	2.86	6.26
	I	60.99	4.54	7.44	14.69	2.19	14.94	26.29	2.91	11.07
	J	63.77	5.52	8.65	14.11	1.99	14.11	27.66	2.45	8.86
	K	62.63	5.71	9.12	14.17	2.09	14.74	27.14	2.45	9.04
	L	61.63	4.46	7.23	13.45	1.85	13.76	26.89	2.16	8.04
	M	62.36	5.42	8.68	14.77	2.22	15.04	27.69	2.52	9.09
	N	64.16	3.92	6.11	13.65	1.91	14.02	27.91	1.80	6.46
	O	62.12	4.54	7.31	14.85	2.24	15.08	27.56	2.32	8.42

หมายเหตุ ^x ตลาดสด A, D, E และ G: เขตกรุงเทพมหานคร, B และ C: เขต จ.นครปฐม,

F: เขต จ.สุพรรณบุรี

ซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K และ O: เขตกรุงเทพมหานคร, L, M และ N : เขต จ.นครปฐม

^y ค่าสีเปลือกไข่ ค่า L* = ค่าความสว่าง; a* = ค่าพิสัยช่วงของสีเขียวถึงสีเหลือง;
b* = ค่าพิสัยช่วงสีน้ำเงินถึงสีเขียว;

$\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation),

C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 25 (ต่อ)

แหล่งที่มา ^x		ค่าสีเปลือกไข่ ^y					
		c			h°		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.	$\bar{X}$	S.D.	C.V.
ตลาดสด	A	32.57	2.27	6.95	63.15	2.92	4.62
	B	32.36	2.67	8.25	61.70	3.22	5.22
	C	29.80	3.00	10.07	61.38	3.53	5.75
	D	31.77	2.48	7.79	61.97	2.97	4.80
	E	30.90	2.55	8.25	61.71	2.72	4.41
	F	27.24	2.32	8.50	57.99	5.09	8.77
	G	31.44	2.61	8.29	62.04	3.37	5.43
ซูเปอร์มาร์เก็ต	H	28.39	3.65	12.86	56.68	4.77	8.41
	I	30.17	3.11	10.30	60.78	3.74	6.15
	J	31.10	2.64	8.50	62.98	3.26	5.17
	K	30.66	2.75	8.96	62.46	3.20	5.13
	L	30.11	2.35	7.81	63.45	3.10	4.88
	M	31.44	2.79	8.86	61.94	3.57	5.77
	N	31.10	2.17	6.98	64.02	2.80	4.38
	O	31.36	2.61	8.32	61.74	3.58	5.80

หมายเหตุ ^x ตลาดสด A, D, E และ G: เขตกรุงเทพมหานคร, B และ C: เขต จ.นครปฐม, F: เขต จ.สุพรรณบุรี

ซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K และ O: เขตกรุงเทพมหานคร, L, M และ N : เขต จ.นครปฐม

^y ค่าสีเปลือกไข่ ค่า c =ค่าแสดงความบริสุทธิ์ของสี; h° = ค่ามุมของเฉดสีเปลือกไข่

$\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation),

C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

2.8 สีเปลือกไข่ จากการวิเคราะห์สีเปลือกของไข่ไก่ในแต่ละเส้นทางการผลิตจากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย โดยค่าที่ได้แสดงออกมาเป็นค่า L^* , a^* , b^* , c และ h° ซึ่งค่า L^* (lightness) ใช้กำหนดค่าความสว่างของสีเปลือกไข่ไก่ มีค่าระหว่าง 0-100 โดยค่าที่เข้าใกล้ 0 จะมีสีคล้ำ และค่าที่เข้าใกล้ 100 มีสีสว่าง ค่า a^* (redness) ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสีแดงกับสีเขียว และค่า b^* (yellowness) ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสีเหลืองกับสีน้ำเงิน ค่า a^* และ b^* มีค่าอยู่ในช่วง -60 ถึง +60 โดยที่ค่า a^* มีค่าลบ แสดงว่ามีสีเขียว ถ้าเป็นบวกมีสีแดง ส่วนค่า b^* มีค่าบวก มองเห็นเป็นสีเหลือง ถ้ามีค่าลบมองเห็นเป็นสีน้ำเงิน ค่า c (chroma) ใช้ในการเปรียบเทียบความบริสุทธิ์ของสีเปลือกไข่ไก่ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-90 โดยค่าที่เข้าใกล้ 0 จะมีสีซีดหรือสีเทา และค่าที่เข้าใกล้ 90 มีสีเข้ม และค่า h° (hue angle) ใช้กำหนดค่ามุมของเฉดสีระหว่างสีเหลืองกับสีเขียว มีค่าอยู่ระหว่าง 90-180 องศา โดยค่าที่เข้าใกล้มุม 90 องศา สีเปลือกไข่ไก่มีเฉดสีไปทางสีเหลือง ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีเปลือกไข่ไก่มีเฉดสีเขียว

2.8.1 ค่า L^* จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่า L^* เท่ากับ 62.33, 61.49, 63.91, 62.48, 61.75, 62.30 และ 62.72 ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่า L^* เท่ากับ 60.87, 60.99, 63.77, 62.63, 61.63, 62.36, 64.16 และ 62.12 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า L^* ของไข่ไก่จากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 25)

2.8.2 ค่า a^* จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่า a^* เท่ากับ 14.71, 15.30, 14.18, 14.93, 14.65, 14.42 และ 14.75 ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่า a^* เท่ากับ 15.42, 14.69, 14.11, 14.17, 13.45, 14.77, 13.65 และ 14.85 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า a^* ของไข่ไก่จากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 25)

2.8.3 ค่า b^* จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่า b^* เท่ากับ 29.01, 28.47, 26.15, 27.99, 27.17, 22.99 และ 27.70 ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่า b^* เท่ากับ 23.73, 26.29, 27.66, 27.14,

26.89, 27.69, 27.91 และ 27.56 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า b^* ของไข่ไก่จากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 25)

2.8.4 ค่า c จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่า c เท่ากับ 32.57, 32.36, 29.80, 31.77, 30.90, 27.24 และ 31.44 ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูปเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่า c เท่ากับ 28.39, 30.17, 31.10, 30.66, 30.11, 31.44, 31.10 และ 31.36 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า c จากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 25)

2.8.5 ค่า h^o จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่า h^o เท่ากับ 63.15, 61.70, 61.38, 61.97, 61.71, 57.99 และ 62.04 ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูปเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่า h^o เท่ากับ 56.68, 60.78, 62.98, 62.46, 63.45, 61.94, 64.02 และ 61.74 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า h^o จากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 25)

2.9 เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่าเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวเท่ากับ 62.36, 62.71, 62.61, 62.22, 61.41, 63.00 และ 63.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูปเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่าเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวเท่ากับ 63.15, 64.22, 65.02, 65.22, 62.43, 61.12, 62.80 และ 63.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวของไข่ไก่จากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 26)

2.10 เปอร์เซ็นต์ไข่แดง จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่าเปอร์เซ็นต์ไข่แดงเท่ากับ 27.19, 27.12, 27.34, 27.83, 28.83, 26.33 และ 26.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูปเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่าเปอร์เซ็นต์ไข่แดงเท่ากับ 26.47, 25.88, 25.76, 25.46, 27.32, 28.05, 26.79 และ 26.47

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไข่แดงของไข่ไก่จากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 26)

2.11 เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ จากการวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่เท่ากับ 10.42, 10.17, 10.05, 9.95, 9.76, 10.66 และ 10.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูปเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่เท่ากับ 10.37, 9.91, 9.22, 9.32, 10.26, 10.82, 10.41 และ 10.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ของไข่ไก่จากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 26)

2.12 การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. จากการวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ภายในฟองไข่เท่ากับ 0, 0, 10, 10, 10, 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ของไข่ไก่บนเปลือกไข่เท่ากับ 20, 20, 30, 25, 20, 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูปเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ภายในฟองไข่เท่ากับ 10, 15, 0, 0, 5, 15, 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ของไข่ไก่บนเปลือกไข่เท่ากับ 20, 40, 15, 15, 25, 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ของไข่ไก่จากตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ต พบการปนเปื้อนทั้งบนเปลือกไข่และภายในฟองไข่ แต่พบการปนเปื้อนบนเปลือกไข่มากกว่าภายในฟองไข่ (ตารางที่ 27)

2.13 การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* จากการวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันคือ ตลาดสดและซูปเปอร์มาร์เก็ต พบว่าไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสด A, B, C, D, E, F และ G มีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ภายในฟองไข่เท่ากับ 15, 10, 10, 10, 10, 10 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ของไข่ไก่บนเปลือกไข่เท่ากับ 40, 40, 10, 20, 20, 35 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไข่ไก่ในซูปเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K, L, M, N และ O มีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ภายในฟองไข่เท่ากับ 0, 5, 25, 5, 0, 0, 0 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ของไข่ไก่บนเปลือกไข่เท่ากับ 35, 35, 40, 20, 15, 25, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ซึ่งจะเห็นได้ว่าการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ของไข่ไก่จากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบการปนเปื้อนทั้งบนเปลือกไข่และภายในฟองไข่ แต่พบการปนเปื้อนบนเปลือกไข่มากกว่าภายในฟองไข่ (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 26 ค่าเปอร์เซ็นต์ไข่ขาว ไข่แดง และเปลือกไข่ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน

แหล่งที่มา ^x		ไข่ขาว (เปอร์เซ็นต์)			ไข่แดง (เปอร์เซ็นต์)			เปลือกไข่ (เปอร์เซ็นต์)		
		$\bar{X}$	S.D.	C.V.	$\bar{X}$	S.D.	C.V.	$\bar{X}$	S.D.	C.V.
ตลาดสด	A	62.36	2.30	3.69	27.19	2.11	7.74	10.42	0.81	7.74
	B	62.71	2.13	3.40	27.12	2.00	7.37	10.17	0.68	6.71
	C	62.61	2.35	3.75	27.34	2.17	7.94	10.05	0.75	7.42
	D	62.22	2.44	3.92	27.83	2.41	8.65	9.95	0.78	7.86
	E	61.41	2.12	3.45	28.83	2.06	7.15	9.76	0.72	7.35
	F	63.00	3.23	5.12	26.33	3.27	12.43	10.66	0.94	8.80
	G	63.54	2.12	3.34	26.38	2.10	7.95	10.08	0.80	7.92
ซูเปอร์มาร์เก็ต	H	63.15	2.38	3.77	26.47	2.26	8.52	10.37	1.12	10.80
	I	64.22	2.38	3.70	25.88	2.22	8.59	9.91	0.87	8.75
	J	65.02	2.87	4.42	25.76	2.78	10.79	9.22	0.77	8.38
	K	65.22	2.41	3.70	25.46	2.23	8.77	9.32	0.86	9.21
	L	62.43	3.20	5.13	27.32	3.13	11.44	10.26	0.87	8.51
	M	61.12	4.63	7.57	28.05	4.31	15.37	10.82	1.32	12.16
	N	62.80	2.27	3.61	26.79	2.27	8.47	10.41	0.71	6.82
	O	63.15	2.38	3.77	26.47	2.26	8.52	10.37	1.12	10.80

หมายเหตุ ^x ตลาดสด A, D, E และ G: เขตกรุงเทพมหานคร, B และ C: เขต จ.นครปฐม, F: เขต จ.สุพรรณบุรี
ซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K และ O: เขตกรุงเทพมหานคร, L, M และ N : เขต จ.นครปฐม
 $\bar{X}$: ค่าเฉลี่ย (mean), S.D.: ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation),
C.V.: ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) (%)

ตารางที่ 27 เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* ของตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มจากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน

แหล่งที่มา ^x		การปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย (เปอร์เซ็นต์)			
		<i>Salmonella</i> spp.		<i>E. coli</i>	
		ภายในฟองไข่	เปลือกไข่	ภายในฟองไข่	เปลือกไข่
ตลาดสด	A	0 (0/20) ^y	20 (4/20)	15 (3/20)	40 (8/20)
	B	0 (0/20)	20 (4/20)	10 (2/20)	40 (8/20)
	C	10 (1/10)	30 (3/10)	10 (1/10)	10 (1/10)
	D	10 (2/20)	25 (5/20)	10 (2/20)	20 (4/20)
	E	10 (1/10)	20 (2/10)	10 (1/10)	20 (2/10)
	F	0 (0/20)	30 (6/20)	10 (2/20)	35 (7/20)
	G	5 (1/20)	20 (4/20)	10 (2/20)	25 (5/20)
ซูเปอร์มาร์เก็ต	H	10 (2/20)	20 (4/20)	0 (0/20)	35 (7/20)
	I	15 (3/20)	40 (8/20)	5 (1/20)	35 (7/20)
	J	0 (0/20)	15 (3/20)	25 (5/20)	40 (8/20)
	K	0 (0/20)	15 (3/20)	5 (1/20)	20 (4/20)
	L	5 (1/20)	25 (5/20)	0 (0/20)	15 (3/20)
	M	15 (3/20)	15 (3/20)	0 (0/20)	25 (5/20)
	N	10 (1/10)	20 (2/10)	0 (0/10)	20 (2/10)
	O	0 (0/20)	25 (3/20)	0 (0/20)	25 (3/20)

หมายเหตุ ^x ตลาดสด A, D, E และ G: เขตกรุงเทพมหานคร, B และ C: เขต จ.นครปฐม, F: เขต จ.สุพรรณบุรี

ซูเปอร์มาร์เก็ต H, I, J, K และ O: เขตกรุงเทพมหานคร, L, M และ N : เขต จ.นครปฐม

^y ตัวเลขในวงเล็บแสดงสัดส่วนจำนวนตัวอย่างที่มีการตรวจพบจุลินทรีย์ต่อจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการทดสอบ

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบลักษณะคุณภาพของไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน

พารามิเตอร์	แหล่งจำหน่าย		P-value	Pool SE±
	ตลาดสด	ซูเปอร์มาร์เก็ต		
น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัมต่อฟอง)	65.99	64.20	0.7387	3.770
ความถ่วงจำเพาะฟองไข่	1.083 ^a	1.073 ^b	<0.0001	0.016
สีเปลือกไข่ ^x				
L*	62.54	62.09	0.5389	4.725
a*	14.54	14.24	0.6823	2.140
b*	27.21	27.31	0.6125	3.018
c	30.90	30.85	0.7243	3.054
h°	61.87	62.48	0.7589	4.087
คะแนนสีไข่แดง	9.09	8.04	0.3672	1.059
ความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)	0.350	0.321	0.9475	0.574
ความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาว	9.20	9.21	0.6548	0.157
ความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร)	4.28 ^a	3.73 ^b	<0.0001	14.47
ฮอฟฟ์ยูนิต	60.23 ^a	49.99 ^b	<0.0001	1.095
เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว	62.55	63.14	0.7368	3.311
เปอร์เซ็นต์ไข่แดง	27.29	26.82	0.6387	2.449
เปอร์เซ็นต์เปลือก	10.16	10.04	0.6618	0.632

หมายเหตุ ^x ค่าสีเปลือกไข่ ค่า L* = ค่าความสว่าง; a* = ค่าพิคัดช่วงของสีเขียวถึงสีเหลือง;

b* = ค่าพิคัดช่วงสีน้ำเงินถึงสีเขียว; c = ค่าแสดงความบริสุทธิ์ของสี;

h° = ค่ามุมของเฉดสีเปลือกไข่

^{a, b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* ของตัวอย่างไข่ไก่ที่
จัดจำหน่ายในตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกัน

สถานที่เก็บตัวอย่าง ^x	การปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย (เปอร์เซ็นต์)			
	<i>Salmonella</i> spp		<i>E. coli</i>	
	ภายในฟองไข่	เปลือกไข่	ภายในฟองไข่	เปลือกไข่
ตลาดสด	4.17 (5/120) ^y	23.33 (28/120)	10.83(13/120)	29.17 (35/120)
ซูเปอร์มาร์เก็ต	6.67 (10/150)	20.67 (31/150)	4.67 (7/150)	26.00 (39/150)

หมายเหตุ ^x ตลาดสดจำนวน 7 แห่ง และซูเปอร์มาร์เก็ตจำนวน 8 แห่ง

^y ตัวเลขในวงเล็บแสดงสัดส่วนจำนวนตัวอย่างที่มีการตรวจพบจุลินทรีย์ต่อจำนวน
ตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการทดสอบ

จากการตรวจสอบคุณภาพของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกัน (ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต) ค่าความถ่วงจำเพาะฟองไข่ ค่าความสูงไข่ขาว และค่าสอฟูนิต (ตารางที่ 28) จากการศึกษาพบว่าไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะฟองไข่ ค่าความสูงไข่ขาว และค่าสอฟูนิต โดยไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสดมีค่าความถ่วงจำเพาะฟองไข่ ค่าความสูงไข่ขาว และค่าสอฟูนิตมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับซูเปอร์มาร์เก็ต ($P < 0.05$) เนื่องจากว่าตลาดสดมีการจำหน่ายสินค้าในปริมาณน้อย มีการจำหน่ายใกล้แหล่งชุมชน จึงทำให้สินค้ามีการจำหน่ายได้เร็ว และทำให้สินค้าที่ค้างในคลังสินค้าหรือในร้านมีปริมาณน้อย ส่วนในซูเปอร์มาร์เก็ตเส้นทางการขนส่งไข่ไก่ไปยังซูเปอร์มาร์เก็ต ไข่ไก่จะถูกขนส่งไปยังศูนย์กระจายสินค้าก่อน เพื่อที่จะรอการขนส่งไข่ไก่ต่อไปยังซูเปอร์มาร์เก็ตหลังจากที่มีการกำหนดส่งสินค้า โดยการขนส่งไข่ไก่อมายังซูเปอร์มาร์เก็ตพบว่าการขนส่งร่วมกับสินค้าชนิดอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2548) ที่รายงานว่า การจำหน่ายปลีก หรือตามตลาดสดมีลักษณะการจำหน่ายไข่ไก่ที่อยู่ใกล้เมืองใหญ่ ใกล้แหล่งชุมชน สามารถที่จะจำหน่ายไข่ไก่ให้กับผู้บริโภคได้โดยตรง ไข่ไก่อจึงใช้ระยะเวลาในการจำหน่ายที่เร็วกว่า ส่งผลให้คุณภาพของไข่ไก่ในตลาดสดมีคุณภาพดีกว่าซูเปอร์มาร์เก็ต

จากการศึกษาพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวจะเกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการระเหยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่สภาพแวดล้อม ซึ่งทำให้ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในฟองไข่ที่ค่อยๆ ลดลง ทำให้ปฏิกิริยาการละลายคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำลดลง เมื่อการ

ระเหยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นจนกระทั่งเกิดความสมดุลระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ภายในและภายนอกฟองไข่ จะไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น (Kemps *et al.*, 2007) จึงจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวนั้นเกิดขึ้นอย่างจำกัด จึงไม่สามารถบ่งชี้ได้ถึงคุณภาพไข่ไก่เมื่อมีการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานๆ ได้อย่างชัดเจนและแม่นยำ

การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายที่มีระบบการจัดการที่แตกต่างกันจากตัวอย่างไข่ไก่ที่สุ่มเก็บจากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต พบว่าการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนเปลือกไข่จำนวน 28 และ 31 ตัวอย่าง จากตัวอย่างไข่ไก่ 120 และ 150 ตัวอย่าง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 23.33 และ 20.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ของไข่ไก่ภายในฟองไข่ที่สุ่มเก็บจากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตพบจำนวน 5 และ 10 ตัวอย่าง จากตัวอย่างไข่ไก่ 120 และ 150 ตัวอย่าง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.17 และ 6.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 29) ส่วนการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* พบว่าการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* บนเปลือกไข่ที่สุ่มเก็บจากตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตจำนวน 35 และ 39 ตัวอย่าง จากตัวอย่างไข่ไก่ 120 และ 150 ตัวอย่าง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 29.17 และ 26.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ของไข่ไก่ภายในฟองไข่พบจำนวน 13 และ 7 ตัวอย่าง จากตัวอย่างไข่ไก่ 120 และ 150 ตัวอย่าง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.83 และ 4.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 29) จากการศึกษาพบการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ทั้งบนเปลือกไข่และภายในฟองไข่ เนื่องจากบนเปลือกไข่มีการเปื้อนของอุจจาระไก่ ขนไก่ และสิ่งสกปรกจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งไข่ไก่ที่เปื้อนบนผิวเปลือกไข่จะเกิดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียเข้าสู่ภายในฟองไข่ได้ ซึ่งเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น เปลือกไข่นุบร้าว การทำความสะอาด มีการทำความสะอาดทั้งแบบเปียกและแบบแห้ง เป็นต้น สาเหตุเหล่านี้ทำให้จุลินทรีย์สามารถแทรกตัวเข้าภายในฟองไข่ได้

จากผลการศึกษาพบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* ทั้งบนเปลือกไข่และภายในฟองไข่ อาจเป็นความเสี่ยงที่เกิดขึ้นกับผู้บริโภคได้ อย่างไรก็ตามควรมีการทำความสะอาดไข่ไก่ทุกครั้งก่อนที่จะนำมาปรุงอาหาร ส่วนการบริโภคไข่ไก่ต้องมีการทำให้สุกหรือผ่านความร้อนก่อนเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์สามารถถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิ 71.7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที (มณธิดา, 2546)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การศึกษาคุณภาพของไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิตตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่ายพบว่า ในทุกเส้นทางการผลิตไข่ไก่มีคุณภาพลดลงจากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย โดยแสดงให้เห็นจากการที่ค่าความสูงไข่ขาว และค่าฮอฟยูนิตลดลง ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยไข่ไก่จากฟาร์มนั้นจะมีคุณภาพดีที่สุด ไข่ไก่จากศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายมีคุณภาพลดลง ตามลำดับ

2. การศึกษาการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ตลอดเส้นทางการผลิตตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่ายพบว่า ในทุกเส้นทางการผลิตไข่ไก่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* ทั้งบนเปลือกไข่และภายในฟองไข่ โดยพบการปนเปื้อนบนเปลือกไข่มากกว่าภายในฟองไข่

3. การเปรียบเทียบคุณภาพและการปนเปื้อนแบคทีเรียของไข่ไก่ในแหล่งจำหน่ายปลีกที่มีระบบการจัดการไข่ไก่ที่แตกต่างกัน (ตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต) พบว่า ไข่ไก่ที่จัดจำหน่ายในตลาดสดมีคุณภาพไข่ขาวดีกว่าไข่ไก่ที่จำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต ขณะที่การปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* นั้นพบในตัวอย่างไข่ไก่จากทั้งตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตในลักษณะเดียวกันคือ พบการปนเปื้อนบนเปลือกไข่สูงกว่าภายในฟองไข่ การปนเปื้อนแบคทีเรียที่เกิดขึ้นเป็นปัจจัยเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค ดังนั้นในการบริโภคไข่ไก่ต้องมีการผ่านความร้อนก่อนทุกครั้ง เพื่อเป็นการทำลายแบคทีเรียที่มีการปนเปื้อนมากับไข่ไก่ ซึ่งสามารถทำให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการสร้างระบบหรือสนับสนุนระบบที่จะควบคุมเกี่ยวกับการจัดการไข่ไก่ตั้งแต่ฟาร์ม ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตไข่ไก่ที่มีคุณภาพ สะอาด และปลอดภัยต่อผู้บริโภค

2. การจัดการในแหล่งจำหน่ายควรมีการควบคุมอุณหภูมิ โดยประมาณ 25 องศาเซลเซียส ควบคุมเกี่ยวกับระบบการจัดการต่อไข่ตั้งแต่การจัดวางถาดไข่ การบรรจุไข่ลงบนถาดไข่ การติดฉลากสินค้า การกำหนดวันผลิตและวันหมดอายุของไข่ไก่ และการขนส่งไข่ไก่ไปยังแหล่งจำหน่ายต่างๆ ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิในรถขนส่ง ไม่มีการขนส่งไข่ร่วมกับสินค้าชนิดอื่นๆ เพื่อให้ได้ไข่ไก่ที่ดีมีคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

3. การพัฒนาคุณภาพไข่ไก่จะต้องประกอบด้วยความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย เช่น ผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่ ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่าย ควรมีความเข้าใจในหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีสำหรับการผลิตอาหาร (GMP) รวมถึงพนักงาน ผู้จัดการจำหน่ายหรือพ่อค้าที่ตลาดสด จนถึงพ่อค้ารายย่อยที่นำไข่ไก่ไปจำหน่ายตามหมู่บ้านหรือชุมชน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องจะต้องมีการถ่ายทอดข้อมูล อธิบายและให้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องดังที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตไข่ไก่ที่มีคุณภาพและความปลอดภัยออกมาจำหน่ายสู่ผู้บริโภค

4. ควรมีการให้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในการเลือกซื้อไข่ไก่ที่มีความสด สะอาด ไม่มีรอยบุบร้าวแก่ผู้บริโภค รวมถึงวิธีการในการเก็บรักษาให้ไข่ไก่สามารถคงคุณภาพและความปลอดภัยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และขั้นตอนในการนำมาประกอบอาหารต้องผ่านความร้อนในระดับที่สามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียที่มีการปนเปื้อนมากับไข่ไก่ได้ ซึ่งสามารถทำให้ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจและปลอดภัยในการบริโภคไข่ไก่

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. มาตรฐานไข่ไก่. ประกาศมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- กรมปศุสัตว์. 2553. มาตรฐานฟาร์มไข่ไก่. แหล่งที่มา: <http://www.dld.go.th/datacenter/index.php>, 15 เมษายน 2555.
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2543. หมอเตือนระวังติดเชื้อโรคอุจจาระร่วงจากสัตว์เลี้ยงแสนรัก. บทความ. แหล่งที่มา: www.dmsh.moph.go.th/pr/shownews-novem43.html, 15 มกราคม 2553.
- เกรียงศักดิ์ พูนสุข. 2536. โรคติดเชื้อในไก่. คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 286 น.
- เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ. 2545. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์ปีก. คณะสัตวศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, นครศรีธรรมราช. 110 น.
- จิโรจน์ ศศิปรียจันทร์. 2535. คู่มือโรคไก่. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 49 น.
- จิตรนา แจ่มเมฆ. 2539. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 528 น.
- ชลญา ปะลา และสุตสายชล หอมทอง. 2549. การศึกษา Sallmonella ในไข่ไก่ และการทดสอบความไวต่อสารต้านจุลชีพ. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ชูศักดิ์ อาจสูงเนิน และศศิ เจริญพจน์. 2534. อุบัติการณ์ของ *Salmonella* ในไข่ไก่.
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. หน้า 1-9.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2534. **จุลชีววิทยาทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
358 น.

ปฐม เลาหะเกษตร. 2540. **คู่มือการเลี้ยงไก่ไข่ให้ได้ผลกำไร**. สำนักพิมพ์รวีเจิว, กรุงเทพฯ. 230 น.

ปรียา วินุชเสรษฐ์ และศุคสาย ตีรวานิช. 2549. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. ภาควิชา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 48-74.

มณธิดา กาวิชัย. 2546. เอกสารประกอบการสอนวิชา ทอ 310 จุลชีววิทยาทางอาหาร. สาขา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาเขตแพร่, แพร่.

ยศนันท์ โสภิตกักดีพงษ์. 2540. การศึกษาปริมาณ *Salmonella* ในไข่ไก่ โครงการวิทยาศาสตร์
สิ่งแวดล้อม. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.

วรวิทย์ วนิชากิชาติ. 2531. **ไข่และการฟักไข่**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์รวีเจิว, กรุงเทพฯ.
240 น.

วิรัตน์ สุรพิทยานนท์. 2542. **การผลิตสัตว์ปีก**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 234 น.

วีรานุช หลาง. 2551. **คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร**. สาขาจุลชีววิทยา สาขาวิทยาศาสตร์
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 184 น.

สมชาย ศรีพูล. 2549. หลักการผลิตสัตว์. แหล่งที่มา:

http://www.nsrh.ac.th/elearning/animals/lesson11_4.php, 29 มีนาคม 2554.

สุเจตน์ ชื่นชม, นาดิ แซ่เฮง, อรประพันธ์ ส่งเสริม, วัชรชัย ณรงค์ศักดิ์, สุชาติ สงวนพันธุ์, อรรถวุฒิ พลายบุญ. 2548. การศึกษาการคงอยู่ของเชื้อโรคและการลดเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับเปลือกไข่และถาดไข่. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. **ไข่และเนื้อไก่**. โรงพิมพ์อมรการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 382 น.

_____, ประทีป ราชแพทยาคม, กระจำง วิสุทธารมณ, บุญธง ศิริพานิช, วรรณภา สุจริต และสุภาพร อสิริโยดม. 2535. **การเลี้ยงไก่**. พิมพ์ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 น.

เสกสม อตมามงกูร, อรทัย ไตรวุฒานนท์, สุเจตน์ ชื่นชม, วิไลลักษณ์ ชาวอุทัย, วิรัตน์ สุมณ, อรประพันธ์ ส่งเสริม, อรรถวุฒิ พลายบุญ, สุชาติ สงวนพันธุ์, หนูจันทร์ มาตาและยูเรศ เรืองพานิช. 2548. การประกันคุณภาพไข่ไก่เพื่อการบริโภค. **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ 6702. 2553. **ไข่ไก่ (Hen egg)**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อรุณ บ้างตระกูลนนท์. 2546. การวิเคราะห์และการเฝ้าระวังการดื้อยาในปศุสัตว์. คู่มือการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 1-18.

อาวูธ ดันโซ. 2538. **การฟักไข่และการจัดการโรงฟัก**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 204 น.

Adesiyun A., N. Offiah, N. Seepersadsingh, S. Rodrigo, V. Lashley, L. Musai and K. Georges. 2005. Microbial health risk posed by table eggs in Trinidad. **Epidemiol Infect.** 133: 1049-1056.

_____ 2007. Antimicrobial resistance of *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* isolated from table eggs. **Food Control**. 18: 306-311.

Akbas Y., O. Altan and C. Kokoak. 1996. Effects of hen's age on external and internal egg quality characteristics. **Turk J. Vet Anim. Sci.** 20: 455-460.

Akyurel, H. and A. A. Okur. 2009. Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. **J. Anim. Vet. Adv.** 8: 1953-1958.

American Egg Board. 2009. Egg industry facts. Available Source :
http://www.aeb.org/egg_industry/industry_facts/shell_distribution.html Accessed,
December 15, 2009.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 17th ed. Methods 967.25, 967.28, 978.24, 989.12, 991.13, 994.04, and 995.20. **Journal of AOAC International**, Gaithersburg, MD.

Board, R. B. and R. Fuller. 1994. Microbiology and Avian Egg. Chatman and Hall, London, UK.

Cox, N. A., M. E. Berrang and J. A. Cason. 2000. Salmonella penetration of egg shells and proliferation in broiler hatching eggs. A review. **J. Poult. Sci.** 79: 1571-1574.

Dorn, P., P. Krabisch and W. Rapp. 1984. Untersuchung zur Salmonella contamination des frischen Hunereies-Proc of 17th World's Poultry Congress. Helsinki, Finland. pp. 615-616.

Emery, D. A., D. Vohra and R. A. Ernst. 1984. The effect of cycling and constant ambient temperature on feed consumption, egg production, egg weight and shell thickness of hens. **J. Poult. Sci.** 63: 2027-2035.

Food and Agriculture Organization of the United Nation. 2003. Egg Marketing. A guide for the production and sale of eggs. Available Source:

<http://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4628E/y4628E00.pdf>, December 15, 2010.

Froning, G. W. 1998. **Recent advances in egg products research and development**. In “Egg processing workshop”. (Riverside and Modesto ed.). University of California, USA.

Greenwood, D., R. C. B. Slack and J. F. Peutherer. 2002. Medical Microbiology: A guide to microbial infection, pathogenesis, immunity, laboratory diagnosis and control. 17th ed. **Elsevier. Sci. Limit.**

Haugh, R. R. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. U. S. Egg Poultry Mag. 43: 552-555.

Hildago, A., M. Rossi and C. Pompei. 1995. Furosine as a freshness parameters of shell eggs. **J. Food Chem.** 43: 1673-1677.

_____. 2006. Estimation of equivalent egg age through furosine analysis. **J. Food Chem.** 94: 608-612.

Hunton, P. 1987. Laboratory evaluation of egg quality. egg quality current problems and recent advances. Butterworths, London..

Indar, L., G. Baccu s-Taylor, E. Commissiong, P. Prabhakar and H. Reid. 1998. Salmonellosis in Trinidad: Evidence for transovarian transmission of Salmonella in farm eggs. **J. W. Indian. Med.** 47: 50-53.

Jacqueline, P. J., D. M. Richard and F. M. Ben. 2009. Egg Shell Quality. Available Source: <http://edis.ifas.ufl.edu/PS020>, December 22, 2009.

- Jedlicha, V. 2003. Egg candling. University of Nebraska Cooperative Extension in Lancaster Country. Available Source: www.lancaster.unl.edu, December 20, 2011.
- Johnson, H. S. and S. F. Ridlen. 2009. Structure of the egg. Incubation and embryology. Available Source: <http://www.aboutlawsuits.com/egg-farm-warning-letter-13556>, December 20, 2011.
- Jones, D. R. and M. T. Musgrove. 2005. Effects of extended storage on egg quality factors. **J. Poult. Sci.** 84: 1774-1777.
- Kemps, B., B. D. Ketelaere, F. Bamelis, K. Mertens, E. M. Decuypere, J. G. D. Baerdemaeker and F. Schwagelet. 2007. Albumen freshness assessment by combining visible Near-Infrared Transmission and Low-Resolution Proton Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. **J. Poult. Sci.** 86: 752-759.
- Krockel, L., R. Poser and F. Schwagele. 2005. Low resolution proton nuclear resonance spectroscopy: Application for the determination of the internal quality of intact eggs microbiological aspects. *Fleischwirtschaft*. 85(10): 108-112.
- Kul, S. and I. Seker. 2004. Phenotypic correlation between some external and internal egg quality traits in the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Elazig, Turkey*. 3 (6): 400-405.
- Kumar, A., N. Jindal, C. L. Shukla, Y. Pal, D. R. Ledoux and G. E. Rottinghaus. 2003. Effect of ochratoxin A on *Escherichia coli* – challenged broiler chick. **Avian Dis.** 47 (2): 415- 424.
- Lapao, C., L. T. Gama and M. Chaveiro Soares. 1999. Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. **J. Poult. Sci.** 78: 640–645.

- Li-Chan, E. C. Y., W. D. Powrie and S. Nakai, 1995. The chemistry of eggs and egg products. In Egg Science and Technology. Edited by W. J. Stadelman and O.J. Cotterill. The Haworth Press, Inc., New York.
- Musgrove, M. T., D. R. Jones, J. K. Northcutt, N. A. Cox and M. A. Harrison, 2004. Shell rinse and shell crush methods for the recovery of aerobic microorganisms and *Enterobacteriaceae* from shell eggs. **J. Food Protect.** 68: 2144-2148.
- Nobakht, A. M., M. Shivazad, M. Chamany and A. R. Safameher. 2007. The effects of dietary electrolyte balance on the performance and eggshell quality in the early laying period. **J. Nutrition.** 6 (6): 543-546.
- North, M. O. and D. D. Bell. 1990. Commercial Chicken Production Manual. AVI Publishing Company Inc. Westport Connecticut.
- Roush, W. B. 1981. TI59 calculator program for Haugh unit calculator. **J. Poult. Sci.** 60: 1086-1088.
- Samli, H. E., A. Agma and N. Senkoylu. 2005. Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hen. **J. A. Poult. Res.** 14: 548-553.
- Scanes, G., G. Brant and M. E. Ensminger. 2004. Review of the factors that influence egg fertility and hatchability in poultry. **J. Poult. Sci.** 86: 194-539.
- Scott, T. A. and F. G. Silversides. 2000. The effect of storage and strain of hen on egg quality. **J. Poult. Sci.** 79: 1725-1729.
- Silversides, F. G. and P. Villeneuve. 1994. Haugh unit correction for egg weight valid for eggs stored at room temperature. **J. Poult. Sci.** 73: 50-55.

- _____ and T. A. Scott. 2001. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. **J. Poult. Sci.** 80: 1240–1245.
- Stadelman, W. J. and O. J. Cotterill. 1995. Egg Science and Technology. 4th ed. Food products press. An Imprint of the Haworth Press, Inc., New York.
- Stepien, P. D. 2010. Occurrence of Gram-negative bacteria in hens' eggs depending on their source and storage conditions. **Pol. J. Vet. Sci.** 13: 507-513.
- Suresh, T., A. A. M. Hatha, D. Sreenivasan, N. Sangeetha and P. Lashmanaperumalsaw. 2006. Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* Enteritidis and other *Salmonella* in the eggs and eggs – storing tray from retails market of Coimbatore, South India. **Food. Micro.** 23: 294-229.
- Telo, A., B. Bijo, K. Sulaj and E. Beli. 1999. Occurrence of *Salmonella* spp. in imported eggs into Albania. **Int. J. Food Micro.** 49: 169-171.
- United States Department of Agriculture (USDA). 2000. United States Standards, Grades, and Weight Classes for Shell Eggs. Available Source : www.ams.usda.gov, July 20, 2010.
- _____. 2009. Egg-Grading Manual. Agricultural Marketing Services. Available Source: www.ams.usda.gov, January 13, 2010.
- Walsh, T. J., R. E. Rizk and J. Brake. 1995. Effects of temperature and carbon dioxide on albumen characteristics, weight loss, and early embryonic mortality of long stored hatching eggs. **J. Poult. Sci.** 74: 1403–1410.
- Watkins, B. A. 1995. The nutritive value of the egg. In "Egg Science and Technology" (W.S.O.J. Cotterill, ed). An Imprint of the Haworth Press, Inc., New York.

Way, C. and A. Way. 2000. Salmonella in Domestic Animal. Biddles Limited, Guildford and King's Lynn, UK.

Wilson, H. R. 1997. Hatching Egg Sanitation. Fact sheet PS-22. **Cooperative extension service, institute of food and agricultural sciences**. University of Florida. Available Source: http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_PS018, January 13, 2010.

Wu, G. M., M. Bryant, P. Gunawardana and D. A. Roland. 2007. Effect of nutrient density on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in eight commercial Leghorn strains during phase one. **J. Poult. Sci.** 86: 691-697.

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล

นางสาวอิสรี สายรวมญาติ

วัน เดือน ปี ที่เกิด

วันที่ 23 เมษายน พ.ศ. 2529

สถานที่เกิด

จ. นครปฐม

ประวัติการศึกษา

วท.บ. (สัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร)

มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

จ. เพชรบุรี พ.ศ. 2551

