



## รายงานการวิจัย

อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร  
ที่มีผลต่อการปรับปรุงส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่และเนื้อไก่  
(Dietary n-6 to n-3 fatty acid ratio alters the fatty acid composition  
of egg and chicken meat)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



## รายงานการวิจัย

อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร  
ที่มีผลต่อการปรับปรุงส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่และเนื้อไก่  
(Dietary n-6 to n-3 fatty acid ratio alters the fatty acid composition  
of egg and chicken meat)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ดร. วิทวัช โมพี

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ผศ.ดร. สุทิสรา เข้มพะกา

นายเฉลิมชัย หอมตา

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556-2557

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2561

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556-2557 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์ โรงเรือนและอุปกรณ์สำหรับการเลี้ยงไก่วิจัย ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการวิเคราะห์ทางเคมีตัวอย่างอาหารทดลอง ไข่ไก่และเนื้อไก่ และ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณฐานันท์ แยมเพชร คุณสุวิมล พิทักษ์วงษ์ คุณบัณฑิตา ทักขนนท์ คุณวิชชุดา ขอสินกลาง และคุณธนินฐา โมรวางษ์ ที่ได้มีส่วนช่วยให้การทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

วิฑวัช โมพี



## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต องค์ประกอบของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 และอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในไข่และเนื้อไก่ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ทางการค้า Isa Brown อายุ 42 สัปดาห์ จำนวน 180 ตัว สุ่มไก่เข้าการทดลองด้วยการให้อาหารที่มีอัตราส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 แตกต่างกัน 3 อัตราส่วน ได้แก่ 10:1, 5:1 และ 1:1 ตามลำดับ โดยแบ่งไก่ทดลองออกเป็น 4 ซ้ำ ๆ ละ 15 ตัว และให้อาหารด้วยสูตรอาหารทดลองเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าการกินได้ของไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรที่มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีปริมาณที่ต่ำกว่าไก่ไข่ในกลุ่มอื่น ๆ ( $P < 0.01$ ) ซึ่งส่งผลทำให้ผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ลดลงตามไปด้วย ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่กระทบต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ ( $P > 0.05$ ) การเปลี่ยนอัตราส่วนกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในสูตรอาหาร ยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพของไข่ โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอัตราส่วน 1:1 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ไข่แดงต่ำกว่า และเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวสูงกว่าไก่ไข่ในกลุ่มอื่น ๆ ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักเปลือกไข่ ความหนาเปลือกไข่ คุณภาพไข่ขาว และสีของไข่แดง ( $P > 0.05$ ) ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในไข่แดงมีความสัมพันธ์กับชนิดและปริมาณของกรดไขมันในอาหารที่ไก่ไข่ได้รับ โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีอัตราส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอัตราส่วน 10:1, 5:1 และ 1:1 มีอัตราส่วนของกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้ในไข่แดงใกล้เคียงกับในอาหาร ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีอัตราส่วน 1:1 มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 สูงที่สุด ( $P < 0.01$ ) ส่วนไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีอัตราส่วน 5:1 และ 10:1 มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่ลดลง ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) ตามสัดส่วนของปริมาณน้ำมันปลาที่อยู่ในอาหารที่ลดลง และปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารที่เพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การลดอัตราส่วนกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ลงไปถึงอัตราส่วน 1:1 สามารถลดอัตราส่วนของกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้ในไข่แดงลงได้ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกับในอาหาร และมีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่สูงที่สุด แต่ส่งผลกระทบต่อการกินได้ของไก่ไข่ ที่ส่งผลต่อเนื่องกับสมรรถนะการผลิตที่ทำให้ผลผลิตไข่ไก่ลดลง รวมไปถึงน้ำหนักไข่ไก่ที่ลดลงด้วย ดังนั้นการลดอัตราส่วนกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหารเป็น 5:1 จึงมีความเหมาะสมกว่า แม้จะมีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในไข่แดงที่ต่ำกว่า แต่ไข่ไก่ที่ได้ยังถือว่าเป็นไข่ไก่ที่มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 สูง และยังไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพของไข่ไก่

การทดลองที่ 2 ใช้ไก่เนื้อเพศผู้ สายพันธุ์ Ross 308 อายุ 1 วัน จำนวน 450 ตัว แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 25 ตัว โดยมีปัจจัยหลัก 3 ระดับ คือ อาหารที่มีอัตราส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 แตกต่างกัน 3 อัตราส่วน ได้แก่ 10:1, 5:1 และ 1:1 ตามลำดับ และปัจจัยรอง 2 ระดับ คือ ช่วงระยะเวลาการเสริมในอาหารที่ช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์ และ 3-6 สัปดาห์ ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ไม่พบอิทธิพลร่วมกันระหว่างอัตราส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 กับระยะเวลาในการให้อาหาร ( $P>0.05$ ) อาหารที่มีอัตราส่วนของกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้ในอัตรา 1:1 ส่งผลทำให้น้ำหนักตัวต่ำกว่าและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ( $P<0.01$ ) สัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง C18:2n-6 ต่ำที่สุด และสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง C20:5n-3 และ C22:6n-3 สูงที่สุดในไก่ที่กินอาหารที่มีอัตราส่วนของกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้เท่ากับ 1:1 ( $P<0.001$ ) ส่งผลทำให้อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันทั้งสองชนิดมีค่าต่ำสุดในไก่ที่กินอาหารที่มีอัตราส่วนของกรดไขมัน 1:1 ( $P<0.001$ ) และระยะเวลาในการเสริมไม่มีผลต่อทุกพารามิเตอร์ที่ศึกษา ( $P>0.05$ )

ในการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า ไก่ที่กินอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 เท่ากับ 1:1 สามารถผลิตเนื้อไก่ที่มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 สูงที่สุด และมีอัตราส่วนของกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกับในอาหาร แต่ส่งผลกระทบต่อสมรรถการเจริญเติบโตที่ลดลง ดังนั้นการเสริมอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 เท่ากับ 5:1 ในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ จึงมีความเหมาะสมในการผลิตเนื้อไก่โอเมก้า-3 โดยที่ไม่ส่งผลเสียต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

**คำสำคัญ :** กรดไขมันชนิดโอเมก้า-3, อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3, ระยะเวลาการให้อาหาร, ไก่ไข่, ไก่เนื้อ

## ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the effect of dietary n-6:n-3 PUFA ratios in diets on productive performance, n-3 PUFA composition and n-6:n-3 PUFA ratio in egg or chicken meat. This research is divided into 2 experiments.

In experiment 1, one hundred and eighty 42 week-old Isa Brown laying hens were randomly divided into three different dietary ratios of n-6:n-3 PUFA: 10:1, 5:1 and 1:1, respectively. Each treatment was represented by 4 replications containing 15 birds each. The experiment was conducted for 12 weeks. The results showed that the feed intake of laying hens fed the 1:1 dietary ratio of n-6:n-3 PUFA was lower than other treatments ( $P<0.01$ ). Consequently, egg production and egg weight of laying hens fed the 1:1 dietary ratio of n-6:n-3 PUFA were also lower than that of other groups ( $P<0.05$ ). However, the different dietary ratios of n-6:n-3 PUFA had no effect on the feed conversion ratio throughout the experiment ( $P>0.05$ ). The change of the n-6:n-3 PUFA ratio in diets affected egg quality. Yolk and albumen percentage of laying hens fed the 1:1 dietary ratio of n-6:n-3 PUFA were lower and higher than other treatments ( $P<0.05$ ), respectively. However, there were no significant differences in shell weight, shell thickness, albumen quality and yolk color among treatments ( $P>0.05$ ). The n-6:n-3 PUFA ratio in egg yolk was related to the ratio of n-6:n-3 PUFA in diets. Laying hens fed 10:1, 5:1 and 1:1 dietary ratios of n-6:n-3 PUFA produced eggs that had a ratio of n-6:n-3 PUFA similar to the ratio in diets. The highest n-3 PUFA eggs were produced from laying hens fed the 1:1 dietary ratio of n-6:n-3 PUFA ( $P<0.01$ ). The yolk n-3 PUFA composition of laying hens fed the 5:1 and the 10:1 dietary ratios of n-6:n-3 PUFA were decreased ( $P<0.01$ ) as the dietary tuna oil decreased and the dietary soybean oil increased.

In conclusion, the 1:1 dietary ratio of n-6:n-3 PUFA could produce high n-3 PUFA eggs with the lowest ratio of n-6:n-3 PUFA as related to diet. However, this ratio had negative effects on feed intake, egg production and egg weight. Therefore, the 5:1 dietary ratio of n-6:n-3 PUFA is suitable for production of high n-3 PUFA eggs, even lower n-3 PUFA than the 1:1 dietary ratio, but can be claimed as high n-3 PUFA eggs without negative effects on productive performance and egg quality.

In experiment 2, a total of 450 one-day-old Ross 308 broilers were allocated to 6 experimental treatments as a result of the combination of 3 dietary n-6:n-3 PUFA ratios (10:1, 5:1 and 1:1) and 2 feeding periods (0-6 and 3-6 weeks of age). Each treatment had 3 replicate pens of 25 chicks each. There was no interaction between the ratio of n-6:n-3 PUFA and feeding period for all the variables ( $P>0.05$ ). Body weight gain and feed conversion ratio were poor in broilers fed a 1:1 dietary ratio of n-6:n-3 PUFA ( $P<0.01$ ). The profiles of n-6 PUFA, especially C18:2n-6 were lower, while the profiles of n-3 PUFA, especially C20:5n-3 and C22:6n-3 were higher in broilers fed 1:1 dietary ratio of n-6:n-3 PUFA ( $P<0.001$ ). Consequently, the n-6:n-3 PUFA ratio was lower in broilers fed 1:1 dietary ratio of n-6:n-3 PUFA ( $P<0.001$ ). Feeding period had no effect on any parameters ( $P>0.05$ ).

In conclusion, the 1:1 dietary ratio of n-6:n-3 PUFA could produce high n-3 PUFA chicken meat with the lowest ratio of n-6:n-3 PUFA as related to diet. However, this ratio had negative effects on growth performance. Therefore, the 5:1 dietary ratio of n-6:n-3 PUFA for 3-6 weeks of age is suitable for production of high n-3 PUFA chicken meat without negative effects on growth performance.

**Keywords:** n-3 fatty acids, n-6:n-3 fatty acid ratio, feeding period, laying hens, broiler

## สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
สารบัญ .....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ .....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย .....	3
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
กรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 .....	4
บทบาทของกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 โอเมก้า-3 และอัตราส่วนระหว่าง กรดไขมันทั้งสองชนิด ต่อสุขภาพของผู้บริโภค .....	5
แหล่งของกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหารสัตว์ .....	7
ผลการเสริมแหล่งของ n-3 PUFA ในอาหารต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตในไก่ไข่.....	8
ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบของกรดไขมัน ในไข่ไก่.....	10
ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตในไก่เนื้อ.....	12
ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบของซากไก่เนื้อ.....	13
ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบของกรดไขมัน ในเนื้อไก่.....	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
การทดลองที่ 1 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตไข่ คุณภาพไข่ และส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่ไก่.....	17
สัตว์และการจัดกลุ่มทดลอง .....	17



การบันทึกข้อมูล และการวิเคราะห์ทางเคมี.....	19
การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	20
<u>การทดลองที่ 2</u> ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการผลิต ส่วนประกอบซาก และส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่.....	20
สัตว์และการจัดกลุ่มทดลอง .....	21
การบันทึกข้อมูล และการวิเคราะห์ทางเคมี.....	21
การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	22
สถานที่และระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย .....	22
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์</b>	
<u>การทดลองที่ 1</u> ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพไข่ และส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่ไก่.....	24
ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิตของไข่ไก่ .....	24
ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อคุณภาพของไข่ไก่.....	26
ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่แดง.....	28
<u>การทดลองที่ 2</u> ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการผลิต ส่วนประกอบซาก และส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่.....	31
ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่เนื้อ .....	31
ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อส่วนประกอบซากของไก่เนื้อ .....	32
ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิด โอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่เนื้อ.....	34
<b>บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ</b>	
บทสรุป .....	38
เอกสารอ้างอิง .....	39
ประวัตินักวิจัย.....	45

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันจากแหล่งน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 เป็นส่วนประกอบหลัก.....	7
2.2 ผลการเสริมน้ำมันปลาทะเลในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตในไก่ไข่.....	9
2.3 ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่ไก่.....	11
2.4 ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตในไก่เนื้อ.....	12
2.5 ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบซากในไก่เนื้อ.....	13
2.6 ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่.....	15
3.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารไก่ไข่และองค์ประกอบของโภชนะ (การทดลองที่ 1).....	18
3.2 ส่วนประกอบของสูตรอาหารไก่เนื้อและองค์ประกอบของโภชนะ (การทดลองที่ 2).....	23
4.1 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่.....	25
4.2 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหารต่อคุณภาพของไข่ไก่.....	27
4.3 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหารต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่แดง.....	30
4.4 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาในการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ.....	31
4.5 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาในการให้อาหาร ต่อส่วนประกอบซากของไก่เนื้อ.....	33
4.6 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาในการให้อาหาร ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้ออก.....	36
4.7 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาในการให้อาหาร ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพก.....	37

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 กลไกการสังเคราะห์กรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6.....	4
2.2 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงการบริโภคอาหารของมนุษย์.....	5



# บทที่ 1

## บทนำ

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันมีกลุ่มผู้บริโภคในตลาดจำเพาะ (niche market) ที่มีความสามารถในการซื้อสินค้าบริโภคที่ส่งผลดีต่อสุขภาพ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ และโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด เป็นต้น สินค้าอาหารที่ได้รับความนิยมประเภทหนึ่ง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า-3 ได้แก่  $\alpha$ -linolenic acid (ALA, C18:3n-3), eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5n-3) และ docosahexaenoic acid (DHA; C22:6n-3) ซึ่งร่างกายมนุษย์และสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ได้และจำเป็นต้องได้รับโดยตรงจากอาหาร เช่น ปลาทะเลน้ำลึก แต่อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลายของสินค้าสำหรับผู้บริโภค และเพิ่มมูลค่าสินค้าสำหรับผู้ผลิตสัตว์ จึงได้มีการเสริมแหล่งของไขมันที่มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 สูง เช่น น้ำมันปลาทะเล น้ำมันลินซีด หรือน้ำมันคาโนลา ในอาหารสัตว์ ส่งผลให้สัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในผลผลิตที่ได้จากสัตว์สูงขึ้น

ไข่ไก่และเนื้อไก่ถือเป็นอาหารที่มีผู้นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย สำหรับประเทศไทย มีรายงานว่า ในปี พ.ศ. 2560 มีผลผลิตไข่ไก่ในประเทศ 14,037.23 ล้านฟอง ซึ่งผลผลิตดังกล่าวใช้ในการบริโภคในประเทศ 13,923.72 ล้านฟอง (คิดเป็น 99.2% ของผลผลิตไข่ทั้งหมด) ในส่วนของเนื้อไก่ ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีการผลิตเนื้อไก่ 1,470.26 ล้านตัว คิดเป็นผลผลิตเนื้อไก่ประมาณ 2.08 ล้านตัน ผลผลิตดังกล่าวถูกนำมาใช้เพื่อการบริโภคในประเทศประมาณ 1.36 ล้านตัน (คิดเป็น 65.4% ของผลผลิตทั้งหมด) (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งตลาดไข่ไก่และตลาดเนื้อไก่เป็นตลาดที่มีมูลค่าสูงและมีลูกค้าเป็นจำนวนมาก ดังนั้นหากมีการผลิตไข่ไก่และเนื้อไก่ที่มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 สูงขึ้น ก็จะเป็นแหล่งอาหารที่ดีอีกแหล่งหนึ่งสำหรับผู้บริโภคกลุ่มจำเพาะ และส่งผลดีต่อผู้ผลิตไก่ในแง่ของการเพิ่มมูลค่าของสินค้า

การเพิ่มปริมาณของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 สามารถทำได้โดยการใช้แหล่งอาหารที่มีส่วนประกอบของกรดไขมันชนิดนี้สูง ได้แก่ น้ำมันปลาทะเล และน้ำมันลินซีด แต่สำหรับในประเทศไทยนั้น สามารถหาน้ำมันปลาคุณภาพดีได้ง่ายและมีราคาไม่แพงมากนัก และถึงแม้ว่าการใช้น้ำมันปลาจะส่งผลให้เกิดกลิ่นคาวในไข่ไก่ แต่มีรายงานว่าถ้าใช้ไม่เกิน 3% ในสูตรอาหารจะไม่เกิดปัญหาดังกล่าว ปัจจุบันได้มีผู้ผลิตบางรายได้ทำการผลิตไข่ไก่โอเมก้า-3 เพื่อป้อนตลาด แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังไม่ได้คำนึงถึงในเรื่องของความสมดุลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 (n-6:n-3) ซึ่งงานวิจัยในปัจจุบันชี้ให้เห็นว่าอัตราส่วนดังกล่าวมีความสำคัญต่อ

กระบวนการเมตาบอลิซึมและการทำหน้าที่ของกรดไขมันทั้งสองชนิด เนื่องจากกรดไขมันโอเมก้า-6 ได้แก่ linoleic acid (C18:2n-6) เป็นกรดไขมันที่จำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้เช่นเดียวกัน อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง n-6:n-3 นั้น มีข้อเสนอแนะว่าในร่างกายของคนเราควรมีอัตราส่วนที่ต่ำกว่า 5:1

ในส่วนของการเพิ่มปริมาณกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในเนื้อไก่อ่นั้น แม้ว่าเนื้อไก่จะมีการสะสมไขมันในเนื้อต่ำ คือ ประมาณ 2% (ในเนื้ออก) ถึง 5% (ในเนื้อขา) และถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยการบริโภคเนื้อไก่ต่อคนในประเทศไทยจะไม่สูงมาก (ประมาณ 16 กิโลกรัม/คน/ปี) แต่เมื่อคำนึงถึงกลุ่มผู้บริโภคชาวชนซึ่งเป็นลูกหลานของผู้ใหญ่ในกลุ่มที่มีกำลังซื้อสูง จะพบว่ามีการบริโภคเนื้อไก่ในปริมาณที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยมาก ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในแง่ของการตลาด สำหรับในต่างประเทศ ได้มีการทำวิจัยกันอย่างแพร่หลาย โดยพบว่าการเสริมแหล่งของไขมันที่มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 สูง เช่น น้ำมันปลาทูน่า หรือน้ำมันลินซีด ลงไปในอาหาร จะส่งผลให้สัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในเนื้อไก่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามประเด็นในเรื่องของระยะเวลาที่เสริมในอาหารไก่เนื้อก็เป็นอีกเรื่องหนึ่งที่มีความน่าสนใจในการศึกษา เนื่องจากถ้าไม่จำเป็นต้องเสริมน้ำมันปลาทูน่าตลอดช่วงอายุของไก่เนื้อ จะส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง

ในการศึกษารุ่นนี้จะใช้แหล่งไขมันเป็นตัวปรับระดับของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 และกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 เพื่อปรับระดับของ n-6:n-3 ในอาหาร ทั้งนี้เพื่อต้องการศึกษาผลของอัตราส่วน n-6:n-3 ที่สัดส่วนต่าง ๆ ในอาหารว่าจะส่งผลต่ออัตราส่วนของ n-6:n-3 ในผลผลิตไข่และเนื้อไก่อย่างไร ผลที่ได้จากการศึกษารุ่นนี้จะใช้อย่างหนึ่งสำหรับการผลิตไข่ไก่และเนื้อไก่ที่มีคุณภาพดีสำหรับผู้บริโภคในกลุ่มจำเพาะ และเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่สำหรับตลาดกลุ่มนี้ด้วย

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร (n-6:n-3 PUFA) ที่เหมาะสม ที่มีผลทำให้ n-6:n-3 ratio ในไข่ไก่มีค่าน้อยกว่า 5:1
2. เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร (n-6:n-3 PUFA) และระยะเวลาในการเสริมในอาหารที่เหมาะสม ที่มีผลทำให้ n-6:n-3 ในเนื้อไก่มีค่าน้อยกว่า 5:1

### สมมติฐานของการวิจัย

เนื่องจากชนิดและปริมาณของกรดไขมันในอาหารที่ไก่กินเข้าไปนั้น จะส่งผลโดยตรงต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่สะสมในร่างกาย ดังนั้นการปรับอัตราส่วนระหว่างกรดไขมัน

ชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ที่เหมาะสมในอาหาร โดยใช้แหล่งไขมัน ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลาทูน่าเป็นตัวปรับ คาดว่าจะสามารถลดอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในไข่ไก่และเนื้อไก่ได้

#### ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะหาอัตราส่วนระหว่างกรดไขมัน โอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ที่เหมาะสม รวมถึงระยะเวลาการเสริมที่เหมาะสม (เฉพาะในกรณีของไก่เนื้อ ส่วนในกรณีของไก่ไข่มีรายงานว่าสามารถสะสมได้ภายใน 1 สัปดาห์) ที่มีผลทำให้อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในไข่ไก่และเนื้อไก่ มีค่าน้อยกว่า 5:1 โดยที่ไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ และสมรรถภาพการให้ไข่ของไก่ไข่ลดลง

#### ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

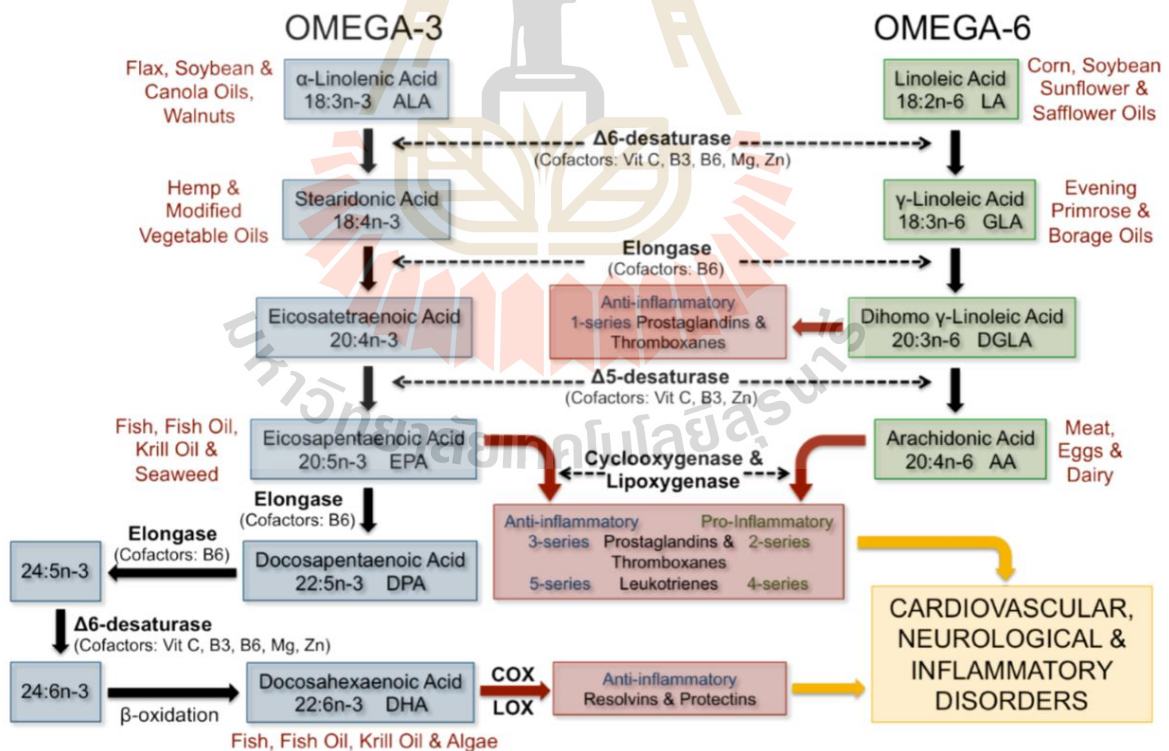
องค์ความรู้ที่ได้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับผู้ผลิตไข่ไก่หรือเนื้อไก่คุณภาพดีปลอดจากยาฆ่า ซึ่งเป็นสินค้าที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าของไข่ไก่และเนื้อไก่

## บทที่ 2

### การตรวจเอกสาร

#### กรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3

กรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ (polyunsaturated fatty acids, PUFA) โดยมี linoleic acid (LA, C18:2n-6) เป็นกรดไขมันต้นกำเนิดของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-6 (n-6 PUFA) และ  $\alpha$ -linolenic acid (ALA, C18:3n-3) เป็นกรดไขมันต้นกำเนิดของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 (n-3 PUFA) แต่เนื่องจากกรดไขมันทั้งสองกลุ่มนี้ไม่สามารถสังเคราะห์ได้ในร่างกาย เพราะขาดเอนไซม์  $\Delta 12$  desaturase ในการเปลี่ยน oleic acid (C18:1n-9) ไปเป็น LA และขาดเอนไซม์  $\Delta 15$  desaturase ในการเปลี่ยน LA ไปเป็น ALA จึงทำให้กรดไขมันทั้งสองชนิดนี้จัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acids, EFAs) ต้องได้รับโดยตรงจากการบริโภคอาหารเท่านั้น นอกจากนี้กรดไขมันทั้งสองชนิดนี้ยังสามารถสังเคราะห์เป็นกรดไขมันชนิดอื่นได้ดังแสดงในภาพที่ 2.1

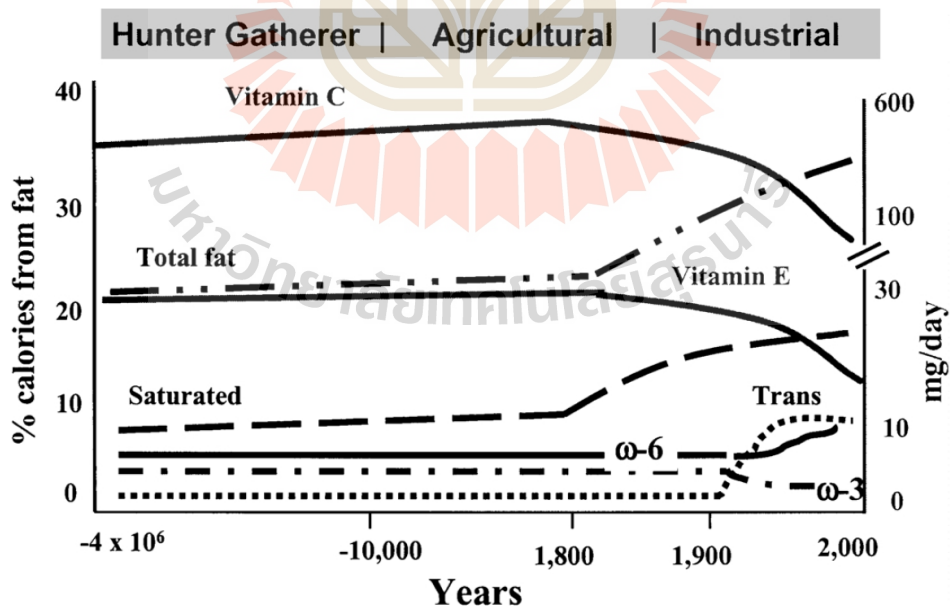


ภาพที่ 2.1 กลไกการสังเคราะห์กรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 (Gillingham, 2013)

จากภาพที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า LA สามารถสังเคราะห์ไปเป็นกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า-6 ได้อีกหลายตัว แต่ตัวที่มีความสำคัญคือ arachidonic acid (AA, C20:4n-6) ส่วน ALA สามารถสังเคราะห์ไปเป็นกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า-3 ได้อีกหลายตัวเช่นกัน แต่ตัวที่มีความสำคัญคือ eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5n-3) และ docosahexaenoic acid (DHA; C22:6n-3) แต่อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการเปลี่ยน ALA ไปเป็น EPA และ DHA มีประสิทธิภาพต่ำมาก นั่นคือสามารถเปลี่ยน ALA ไปเป็น EPA ได้เพียง 0.2% และเปลี่ยน EPA ไปเป็น DHA ได้เพียง 0.05% เท่านั้น (Burdge and Calder, 2005)

### บทบาทของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 โอเมก้า-3 และอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันทั้งสองชนิด ต่อสุขภาพของผู้บริโภค

พันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ โดยอาหารถือเป็นสิ่งแวดล้อมหลักที่มีความสำคัญ Eaton and Konner (1985) รายงานว่าในรอบ 10,000 ปีที่ผ่านมา ยีน (gene) ในร่างกายของมนุษย์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จนอาจกล่าวได้ว่าพันธุกรรมของมนุษย์ในยุคปัจจุบันมีความคล้ายคลึงกับบรรพบุรุษในสมัยดึกดำบรรพ์นั่นเอง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จึงเป็นผลเนื่องมาจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เปลี่ยนไป โดย Simopoulos (2002) ได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของการบริโภคอาหารของมนุษย์ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงการบริโภคอาหารของมนุษย์ (Simopoulos, 2002)



จากภาพที่ 2.2 พบว่าในช่วงยุคก่อนการเกษตร (Hunter Gatherer) อาหารที่มนุษย์บริโภคเป็นอาหารที่ได้มาจากธรรมชาติ ซึ่งมีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 เกือบเท่ากัน แต่เมื่อเริ่มเข้าสู่ช่วงยุคเกษตรกรรม (Agricultural) มนุษย์เริ่มมีการเพาะปลูกอาหารเอง โดยเฉพาะพวกธัญพืช ซึ่งเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต และกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 แต่มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 และวิตามินที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระต่ำ และในปัจจุบันซึ่งเป็นยุคอุตสาหกรรม (Industrial) ด้วยวิถีชีวิตและอาหารที่เปลี่ยนแปลง ทำให้ผู้บริโภคได้รับอาหารที่มีสัดส่วนไม่สมดุลทั้งกรดไขมันและพลังงาน โดยพบว่าการบริโภคกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 เพิ่มขึ้น ซึ่งสวนทางกับการบริโภคกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการบริโภคไขมัน กรดไขมันชนิดอิ่มตัว และไขมันชนิด trans มากขึ้น ซึ่งล้วนแต่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ ในขณะที่การบริโภควิตามินอีและวิตามินซี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติกลับลดลงด้วย จากรายงานของ Kris-Etherton et al. (2002) และ Simopoulos (2006) พบว่าอาหารที่บริโภคกันทั่วไปในปัจจุบันมีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 (n-6:n-3) ประมาณ 10 ถึง 16.75:1 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมและส่งผลเสียต่อสุขภาพ

กรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 มีความจำเป็นต่อร่างกาย โดยช่วยในการเจริญเติบโต การทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อและระบบประสาท จึงทำให้เกิดกระแสการบริโภคกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่ากรดไขมันกลุ่มนี้สามารถยับยั้งการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากและมะเร็งเต้านม (Pandalai et al., 1996) ช่วยลดการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด และลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคหัวใจ (Temple, 1996) ช่วยในการพัฒนาของเอ็มบริโอ และช่วยบำรุงระบบสมองและดวงตา (Budowski and Crawford, 1986; Anderson et al., 1989) ซึ่งมีงานวิจัยหลายงานได้ผลการศึกษาที่ตรงกันเกี่ยวกับความสัมพันธ์จากการบริโภคอาหารที่มีกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 และการป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ นอกจากนี้กรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ยังเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสาร eicosanoids ที่มีผลยับยั้งการอักเสบ การแข็งตัวของเลือด หัวใจเต้นผิดปกติ และลดความดันโลหิต แต่หากปริมาณกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ไม่สมดุล ก็จะทำให้ร่างกายทำการเปลี่ยนกรดไขมัน AA ไปเป็น LA อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดประกอบ Pro-inflammatory มากขึ้น ส่งผลให้เกิดสาร thromboxane ที่มีหน้าที่กระตุ้นการสะสมของเกล็ดเลือด ทำให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือดแดงและอาจทำให้เกิดหัวใจวายได้ (Cranmer-Byng et al., 2015) ปัจจุบันมีรายงานว่าการบริโภคกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 ที่สูงเกินไปเมื่อเทียบกับกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรัง รวมทั้งโรคหัวใจและมะเร็ง ดังนั้นควรเลือกรับประทานไขมันที่เป็นไขมันดีและมีความสมดุล จะส่งผลดีต่อสุขภาพ โดยสัดส่วนที่เหมาะสมของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 คือไม่เกิน 5:1 (Haz et al., 2004; Wijendran and Hayes, 2004)

### แหล่งของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหารสัตว์

ในการทำสูตรอาหารสัตว์โดยทั่วไปนั้น แหล่งวัตถุดิบที่ใช้เป็นหลักในประเทศไทย มักจะเป็นข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นหลัก รวมถึงไขมันที่ใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหาร ล้วนแต่เป็นแหล่งของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 เช่น น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) เป็นต้น ส่วนแหล่งของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ ส่วนใหญ่มาจาก 2 แหล่ง คือ จากน้ำมันพืช ได้แก่ น้ำมันลินซีด (linseed oil) ซึ่งมีส่วนประกอบของกรดไขมัน 50% เป็น ALA และจากน้ำมันปลาทะเล (fish oil) ซึ่งเป็นแหล่งของ DHA และ EPA โดยน้ำมันจากปลาทะเลที่นำมาใช้เป็น ส่วนผสมในอาหารสัตว์มีหลายชนิด ได้แก่ herring oil, salmon oil, sardine oil และ tuna oil เป็นต้น ซึ่งปลาแต่ละชนิดจะมีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 แตกต่างกันไปตามแหล่งที่อยู่อาศัย และอาหารที่ได้รับ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันจากแหล่งน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 เป็นส่วนประกอบหลัก (% of total fatty acid)

Sources	C18:2n-6	C18:3n-3	C20:5n-3	C22:6n-3	n-6	n-3	References
Tuna crude oil	1.90	0.55	1.69	23.63	-	-	พรทิพย์ (2537)
Sardine oil	1.36	-	12.64	14.45	-	-	ชูเวศ (2537)
Menhaden oil	0.7-2.8	0.8-2.3	1.5-2.7	4.6-13.8	-	-	Stansby (1990)
Fish oil	23.40	1.27	10.80	6.13	-	-	Baucells et al. (2000)
Marine fish oil	3.47	1.77	8.28	8.21	5.72	24.60	Cachaldora et al.
Marine fish oil <sup>1</sup>	0.96	0.53	21.20	7.04	4.10	35.10	(2006)
Marine fish oil <sup>2</sup>	1.42	0.51	8.03	20.90	4.58	32.30	
Marine fish oil	1.58	0.57	7.50	21.30	4.60	31.00	Garcia-Rebollar
Linseed oil	15.70	56.10	nd <sup>3</sup>	nd	15.80	56.10	et al. (2008)
Fish oil	1.58	0.56	7.51	21.00	4.92	30.80	Cachaldora et al.
Soybean oil	54.80	8.32	0.09	-	54.80	8.40	(2008a)
Linseed oil	16.80	47.70	0.02	0.02	16.80	47.80	
Marine fish oil <sup>1</sup>	1.10	1.30	17.10	8.00	2.31	28.50	Cachaldora et al.
Marine fish oil <sup>2</sup>	2.20	1.00	6.70	17.30	4.03	26.30	(2008b)
Fish oil	2.60	1.87	10.30	19.93	8.25	33.60	Kralik et al.
Linseed oil	16.09	56.97	nd	nd	16.32	57.10	(2008)

หมายเหตุ : <sup>1</sup>High-EPA marine fish oil

<sup>2</sup>High-DHA Marine fish oil

<sup>3</sup>Not detected

การนำแหล่งของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 จากน้ำมันพืช เช่น น้ำมันลินซีด และน้ำมันคาโนล่า ซึ่งมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสายยาวในกลุ่มโอเมก้า-3 จำพวก ALA ที่สูง มาใช้ในอาหารไก่ จะทำให้ได้ผลผลิตเนื้อหรือไข่ที่มี ALA สูง ดังนั้นถ้าต้องการได้ผลผลิตที่มี EPA และ DHA สูง จะต้องเสริมแหล่งน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดนี้สูงเช่นกัน เช่น น้ำมันปลาทะเล เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพการเปลี่ยนกรดไขมันชนิด ALA ไปเป็น EPA และ DHA มีประสิทธิภาพต่ำมาก ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น น้ำมันปลาทะเลมีส่วนประกอบเช่นเดียวกับน้ำมันชนิดอื่น ๆ คือประกอบด้วยกลุ่มของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ในน้ำมันปลาทะเลประกอบไปด้วยกรดไขมันมากกว่า 50 ชนิด โดยเป็นกรดไขมันกรดไขมันชนิดอิ่มตัว 23-25% เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสายสั้น 20-25% และส่วนที่เหลือเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสายยาว ประมาณ 50% (Kinsella, 1990)

น้ำมันปลาทูน่าดิบ (crude tuna oil) เป็นน้ำมันปลาที่ได้จากเศษเหลือของโรงงานผลิตทูน่ากระป๋อง ในประเทศไทยมีโรงงานที่ผลิตทูน่ากระป๋องจำนวนมาก และมีการขยายตัวของธุรกิจอย่างต่อเนื่อง โดยน้ำมันปลาทูน่าได้มาจากการนำเศษเหลือไปบีบน้ำมันด้วยวิธี wet reduction process ซึ่งจะได้ส่วนของมันปลา ปลาป่น และ fish soluble น้ำมันปลาทูน่ามีราคาค่อนข้างถูกกว่าแหล่งโอเมก้า-3 ชนิดอื่น เนื่องจากไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในกระบวนการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันปลาที่นำเข้าหรือน้ำมันจากพืชที่เป็นแหล่งของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่นำเข้าจากต่างประเทศ น้ำมันปลาทูน่าจะมีราคาที่ถูกลงกว่าประมาณสองเท่า

### ผลการเสริมแหล่งของ n-3 PUFA ในอาหาร ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตในไก่ไข่

ผลการเสริมน้ำมันปลาทะเลซึ่งถือว่าเป็นแหล่งของ n-3 PUFA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถนะการผลิต แสดงในตารางที่ 2.2 โดย Baucells et al. (2000); Basmacioglu et al. (2003); Cherian (2008) และ Lawlor et al. (2010) รายงานว่าการเสริมน้ำมันปลาทะเลในสูตรอาหารไก่ไข่ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (FCR) ทั้งนี้เนื่องจากในสูตรอาหารที่มีการเสริมน้ำมันปลาและสูตรอาหารควบคุม มีการปรับระดับพลังงานและโปรตีนในสูตรอาหารให้ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ปริมาณการกินได้ และผลผลิตไข่ไม่แตกต่างกัน แต่ผลการศึกษาของ Gonzalez-Esquerria and Leeson (2000) พบว่าการกินได้ของไก่ไข่ในกลุ่มที่ได้รับ 4% Deodorized Menhaden Oil (DMO) ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันปลาในรูปแบบ DMO มีค่า ME สูงกว่าน้ำมันปลาในรูปแบบ Regular Menhaden Oil (RMO) จึงส่งผลให้การกินได้ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ Cachaldora et al. (2006) รายงานผลของการใช้น้ำมันปลาทะเลที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันต่างกัน 3 ชนิด (MFO1, MFO2\_EPA และ MFO3\_DHA) ในไก่ไข่ พบว่ารูปแบบของน้ำมันปลาทะเลทั้ง 3 ชนิดมีผลในการเพิ่มผลผลิตไข่แบบ linear และ quadratic ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันปลาที่ใช้

ตารางที่ 2.2 ผลของการเสริมน้ำมันปลาทะเลในอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตไข่ไก่

Treatment	Age (weeks) / breed	Feed intake (g/b/d)	Egg production (%)	Egg weight (g)	FCR	References
Control	20-34	96.09	-	59.36	1.98	Baucells et al.
1% FO	/ LSL-White	96.77	-	57.93	2.05	(2000)
2% FO	Leghorn hens	97.25	-	57.61	2.05	
3% FO		95.33	-	57.98	2.01	
4% FO		97.73	-	59.15	1.94	
0 %	19-55	109 <sup>ab</sup>	92	63.5 <sup>ab</sup>	-	Gonzalez-
2% RMO	/ Single Comb	107 <sup>abc</sup>	90	63.9 <sup>a</sup>	-	Esquerra and
4% RMO	White Leghorn	100 <sup>bc</sup>	86	62.0 <sup>bc</sup>	-	Leeson
6% RMO		105 <sup>abc</sup>	89	62.1 <sup>bc</sup>	-	(2000)
2% DMO		110 <sup>a</sup>	90	62.8 <sup>ab</sup>	-	
4% DMO		99 <sup>c</sup>	88	62.8 <sup>ab</sup>	-	
6% DMO		101 <sup>abc</sup>	87	62.4 <sup>ab</sup>	-	
Control	34-42	110.11	84.75 <sup>bc</sup>	-	2.06	Basmacioglu
1.5% FO	/ Isa-White	110.49	87.35 <sup>ab</sup>	-	2.00	et al. (2003)
4.32% FS	laying hens	110.50	89.28 <sup>a</sup>	-	1.95	
2.5% FO + 4.32% FS		114.95	84.21 <sup>bc</sup>	-	2.04	
8.64% FS		111.23	82.44 <sup>c</sup>	-	2.13	
1.5% MFO1	44-52	118	86.8	62.7	-	Cachaldora
3.0% MFO1	/ Warren laying	112	84.9	65.0	-	et al. (2006)
4.5% MFO1	hens	118	78.8	61.1	-	
6.0% MFO1		120	82.4	62.4	-	
1.5% MFO2_EPA		122	84.1	64.9	-	
3.0% MFO2_EPA		121	85.5	62.5	-	
4.5% MFO2_EPA		118	90.4	63.8	-	
6.0% MFO2_EPA		119	74.8	61.8	-	
1.5% MFO3_DHA		116	81.7	61.3	-	
3.0% MFO3_DHA		119	88.2	62.1	-	
4.5% MFO3_DHA		119	85.5	65.2	-	
6.0% MFO3_DHA		119	79.2	61.3	-	

Linear and quadratic effect of level of MFO (P=0.05)

ตารางที่ 2.2 ผลของการเสริมน้ำมันปลาทะเลในอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตไข่ไก่ (ต่อ)

Treatment	Age (weeks) / breed	Feed intake (g/b/d)	Egg production (%)	Egg weight (g)	FCR	References
3% YG	27-31 /	120.9	93.36	55.42	2.34	Cherian (2008)
2.75% YG + 0.25% CLA	Single-Comb	120.3	93.35	55.76	2.31	
2.75% YG + 0.25% CLA + 0.25% FO	White	116.5	93.97	55.45	2.24	
2.75% YG + 0.25% FO	Leghorn	119.1	91.63	55.34	2.35	
Control	36-39	98	93.8	60.0	-	Lawlor et al. (2010)
2% MCFO	/ Single-	97	93.1	57.9	-	
4% MCFO	Comb White	101	98.6	57.6	-	
6% MCFO	Leghorn	99	96.9	58.9	-	

หมายเหตุ : <sup>a,b,c</sup> Values the same column with no common superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

RMO = Regular menhaden oil, DMO= Deodorized menhaden oil, FS = Flaxseed, FO = Fish oil,

MFO = Marine fish oil, MCFO = Microencapsulated fish oil, YG = Yellow grease, CLA = Conjugated linoleic acid, EPA = Eicosapentaenoic acid (C20:5n-3), DHA= Docosahexaenoic acid (C22:6n-3),

การศึกษ้อัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต ยังมี การศึกษาไม่มากนัก จากรายงานของ Pilevar et al. (2011) พบว่าอัตราส่วนของ n-6:n-3 PUFA ใน อาหารที่อัตราส่วน 2:1 มีผลทำให้น้ำหนักตัวไก่ลดลง แต่ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินได้ และ น้ำหนักไข่ เมื่อเทียบกับอาหารที่มีอัตราส่วนของ n-6:n-3 PUFA เท่ากับ 5:1 และ 10:1 ตามลำดับ

#### ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่ไก่

จากการศึกษาของ Coorey et al. (2015) และ Koppenol et al. (2014) ซึ่งได้ใช้สมการ regression เพื่อ ทำนายผลของ n-3 PUFA ในอาหารต่อการสะสมกรดไขมันในไข่แดง พบว่าไขมันที่มีอยู่ในอาหารไก่ไข่ สามารถเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่แดงได้ แต่อย่างไรก็ตาม สมการทำนายดังกล่าว จะมีความแม่นยำน้อยลงเมื่อมีการใช้วัตถุดิบอาหาร หรือแหล่งของ n-3 PUFA ที่แตกต่างกัน ดังแสดงใน ตารางที่ 2.3 เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อการนำเอา n-3 PUFA ในอาหารไปสะสมในไข่แดง ได้แก่ ปริมาณของ n-6 PUFA ในอาหารซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อการสะสม n-3 PUFA ในไข่ เนื่องจาก กระบวนการเมตาบอลิซึมของ n-6 และ n-3 PUFA เป็นกระบวนการที่ใช้เอนไซม์ตัวเดียวกันในการเพิ่ม จำนวนคาร์บอน (elongate) และเพิ่มจำนวนพันธะคู่ (desaturate) เพื่อสร้างกรดไขมันสายยาวที่อยู่ในกลุ่ม เดียวกัน แต่เนื่องจาก n-3 PUFA สามารถถูกเผาผลาญได้ดีกว่า n-6 PUFA ประมาณ 1 ถึง 4 เท่า ดังนั้นปริมาณ ของ n-6 PUFA ในอาหารที่แตกต่างกันจะไปมีผลต่อการสะสม n-3 PUFA ด้วย (Patterson et al., 2012) และถ้า

ในอาหารมี n-3 PUFA ที่สูงเกินไป ก็จะส่งผลทำให้การสะสม n-3 PUFA ในไข่แดงลดลงด้วยเช่นกัน จากรายงานของ Bauer et al. (2013) พบว่าการเสริม n-3 PUFA ในอาหารไก่ไข่มากกว่า 30 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จะส่งผลให้อัตราการสะสมลดลงอย่างมาก เนื่องจาก n-3 PUFA ในไข่แดงมีการสะสมอย่างจำกัด นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การสะสม n-3 PUFA ในไข่ ได้แก่ พันธุ์ไก่ อายุ และสุขภาพของไก่ เป็นต้น

### ตารางที่ 2.3 ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่ไก่

Sources	Diets			Eggs			References
	n-6	n-3	n-6:n-3	n-6	n-3	n-6:n-3	
FO 15 g + LO 1 g	14.4	4.99	2.88	831	255	3.26	Garcia-Rebollar et al. (2008) <sup>1</sup>
FO 17 g + LO 5 g	14.3	7.24	1.97	821	360	2.28	
SBO 50 g	42.7	5.19	8.22	243	30.5	7.99	Cachaldora et al. (2008a) <sup>2</sup>
SBO 50 g + FO 15 g	41.4	8.64	4.79	216	43.0	5.05	
SBP 50 g + FO 30 g	42.5	12.1	3.51	218	46.5	4.73	
Lard 50 g	17.4	1.17	14.90	137	16.3	7.35	
Lard 50 g + FO15 g	16.8	5.61	2.90	114	37.6	3.03	Cherian et al. (2007) <sup>3</sup>
Lard 50 g + FO30 g	15.7	8.29	1.89	109	48.9	2.25	
YG 3%	37.51	3.1	12.1	17.6	1.3	13.5	
YG 2.75% + FO 0.25%	36.36	3.6	10.1	15.2	2.2	6.9	Poureslami et al. (2012) <sup>4</sup>
SBO 0.08% + LO 0.92% + FO 2%	13.93	13.14	1.06	15.85	9.16	1.73	
SBO 0.17% + LO 1.83% + FO 1%	16.28	12.28	1.32	14.40	7.62	1.89	Ayerza et al. (2002) <sup>5</sup>
Control	46.4	3.38	1.26	20.84	1.86	2.57	
Chia 11.5% + Flax 2.5%	35.0	33.9	0.87	23.5	12.85	2.13	Oliveira et al. (2010) <sup>6</sup>
Control	34.04	1.70	20.07	14.34	0.84	17.07	
SBO 3.5%	45.27	3.75	12.06	21.96	1.86	11.81	
SFO 3.5%	44.07	1.59	27.78	21.23	0.91	23.33	
LO 3.5%	29.22	22.67	1.29	16.05	7.70	2.08	Chen et al. (2015) <sup>7</sup>
Control	42.07	6.02	6.99	13.17	1.57 <sup>c</sup>	8.39 <sup>a</sup>	
5 g FSM /kg	27.49	24.19	1.14	13.41	4.17 <sup>b</sup>	3.23 <sup>b</sup>	
10 g FSM /kg	23.21	29.17	0.80	12.34	4.91 <sup>b</sup>	2.51 <sup>c</sup>	
15 g FSM /kg	18.51	32.88	0.56	12.13	6.06 <sup>a</sup>	2.00 <sup>c</sup>	Shafey et al. (2015) <sup>8</sup>
Control	59.21	2.85	20.77	17.32	2.29 <sup>c</sup>	7.56 <sup>a</sup>	
50 g FSM /kg	47.41	16.42	2.89	17.72	5.12 <sup>b</sup>	3.46 <sup>b</sup>	
100 g FSM /kg	38.45	25.86	1.49	18.70	7.36 <sup>a</sup>	2.54 <sup>b</sup>	

a,b,c-Means with differing superscripts in the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

FO: Fish oil; LO: Linseed oil; SBO: Soybean oil; YG: Yellow grease, SFO: Sunflower oil, FSM: Flaxseed Meal.

<sup>1,2</sup>oil in diet: g/kg diet; FA in diet: g/kg; <sup>1</sup>FA in egg: mg/100 mg egg weight, <sup>2</sup>oil in diet: g/kg diet; <sup>2</sup>FA in egg: g/kg of total FA, <sup>3,5</sup> FA in diet: g/kg; <sup>4,5,6,7,8</sup>FA in diet: % of total FA, <sup>3,4,5,6,7,8</sup>FA in egg: % of total FA.

### ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตในไก่เนื้อ

ผลของการเสริมแหล่งของ n-3 PUFA ในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่เนื้อ แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตในไก่เนื้อ

Breed	Fat sources	n6:n3	feed intake (g/bird/d)	FCR	BW gain (g/bird/d)	References
Cobb	RBO and LO	20:1	4,270	1.37	-	Mandal et al. (2014)
		10:1	4,306	1.34	-	
		5:1	4,273	1.36	-	
Cobb	LO and SFO	1:1	4,652	1.92	2,458	MI et al. (2014)
		3:1	4,652	1.96	2,403	
		5:1	4,774	1.96	2,461	
		7:1	4,534	1.94	2,374	
		9:1	4,592	1.93	2,392	
		11:1	4,490	1.91	2,386	
Ross 308	Control	40:1	3,928 <sup>e</sup>	1.80 <sup>a</sup>	2,176 <sup>c</sup>	Ibrahim et al. (2017)
	FO	1.5:1	3,928 <sup>e</sup>	1.67 <sup>c</sup>	2,381 <sup>c</sup>	
	SFO:FO (1:1)	4:1	3,764 <sup>d</sup>	1.54 <sup>f</sup>	2,443 <sup>a</sup>	
	SFO:FO (3:1)	8:1	4,105 <sup>a</sup>	1.69 <sup>d</sup>	2,426 <sup>b</sup>	
	LO	1:1	4,112 <sup>a</sup>	1.77 <sup>b</sup>	2,330 <sup>d</sup>	
	SFO:LO (1:1)	2.5:1	4,078 <sup>b</sup>	1.67 <sup>c</sup>	2,440 <sup>a</sup>	
	SFO:LO (3:1)	5:1	4,115 <sup>a</sup>	1.73 <sup>c</sup>	2,384 <sup>c</sup>	

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

RBO = Rice bran oil, LO = Linseed oil, FO = Fish oil, SFO = Sunflower oil.

จากตารางพบว่าการเสริมอาหารที่มีอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กินได้ และ FCR ในไก่เนื้อ เนื่องจากไก่มีอัตราการกินได้ที่ไม่แตกต่างกัน อีกทั้งยังได้รับโภชนาในอาหารไม่แตกต่างกันด้วย (Mandal, et al., 2004; MI et al., 2014) แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองของ Ibrahim et al. (2017) พบว่าการเสริมอาหารที่มีอัตราส่วนของ n-6:n-3 ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อแตกต่างกันไปด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากในการทดลองนี้มีการใช้แหล่งไขมันที่แตกต่างกันในการปรับอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในอาหาร ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการส่งผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม

ตามเนื่องจากปริมาณและชนิดของกรดไขมัน PUFA ในอาหาร จะส่งผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของกรดไขมัน และระบบการเกิดการอักเสบในสัตว์ Duan et al. (2014) รายงานว่าอัตราส่วนของ n-6:n-3 ที่เหมาะสมคือที่ใกล้เคียงกับ 3:1 และ 1:1 หากสัตว์ได้รับอัตราส่วนของ n-6:n-3 ที่สูงจะส่งผลให้เพิ่มตัวกลางในการเกิดการอักเสบ นำไปสู่การเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับ Metabolic syndrome ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพและการเจริญเติบโตของสัตว์ ดังนั้นการที่สัตว์ได้รับ n-6:n-3 ในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะส่งผลให้การใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานและโภชนะเพิ่มสูงขึ้น นำไปสู่การเจริญเติบโตที่ดีของสัตว์ (Yin et al., 2017)

### ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบของซากไก่เนื้อ

ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-3 PUFA ในอาหาร ต่อส่วนประกอบซาก แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบซากในไก่เนื้อ

Breed	Fat sources	n6:n3	Dressing	Abdominal fat (%)	Breast yield (%)	Thigh Yield (%)	References
Beijing-you (BJY) chickens	LO and MO	30:1	70.29	2.67	9.02	13.61	Qi et al. (2010)
		20:1	70.56	3.30	9.56	13.10	
		10:1	69.57	3.77	9.30	13.37	
		5:1	69.44	2.93	9.07	13.26	
		2.5:1	69.31	3.14	9.74	13.44	
Cobb	LO and SFO	1:1	75.98 <sup>a</sup>	-	-	-	MI et al. (2014)
		3:1	75.40 <sup>a</sup>	-	-	-	
		5:1	76.04 <sup>a</sup>	-	-	-	
		7:1	74.18 <sup>ab</sup>	-	-	-	
		9:1	74.57 <sup>a</sup>	-	-	-	
		11:1	71.29 <sup>b</sup>	-	-	-	
Ross 308	Control	40:1	77.33 <sup>d</sup>	1.78 <sup>a</sup>	33.56 <sup>d</sup>	28.42 <sup>b</sup>	Ibrahim et al. (2017)
	FO	1.5:1	77.76 <sup>bc</sup>	1.57 <sup>b</sup>	33.76 <sup>c</sup>	28.66 <sup>b</sup>	
	SFO:FO (1:1)	4:1	78.34 <sup>d</sup>	1.36 <sup>c</sup>	35.32 <sup>a</sup>	29.25 <sup>a</sup>	
	SFO:FO (3:1)	8:1	78.33 <sup>d</sup>	1.52 <sup>b</sup>	34.47 <sup>b</sup>	28.56 <sup>b</sup>	
	LO	1:1	77.58 <sup>c</sup>	1.52 <sup>b</sup>	33.66 <sup>cd</sup>	28.70 <sup>b</sup>	
	SFO:LO (1:1)	2.5:1	77.92 <sup>b</sup>	1.40 <sup>c</sup>	34.54 <sup>b</sup>	29.32 <sup>a</sup>	
	SFO:LO (3:1)	5:1	77.72 <sup>bc</sup>	1.56 <sup>b</sup>	33.73 <sup>cd</sup>	28.40 <sup>b</sup>	

<sup>a,b,c,d</sup> Means with different superscripts in a column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

MO = maize oil, SFO = sunflower oil, FO = fish oil, LO = linseed oil.



จากตารางพบว่าผลการทดลองยังมีความแตกต่างกัน โดย Qi et al. (2010) ได้ทำการทดลองในไก่พื้นเมืองของจีน และไม่พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ซาก ไขมันช่องท้อง เนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ เมื่อมีการเสริมอาหารที่มีอัตราส่วนของ n-6:n-3 แตกต่างกันในขณะที่ MI et al. (2014) ได้ทำการทดลองในไก่เนื้อ พบว่าการเสริมอาหารที่มีอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในอัตราส่วนที่ต่ำ (1:1, 1:3 และ 1:5) ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์ซากที่สูงกว่าอัตราส่วนของ n-6:n-3 ที่สูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามจากการทดลองของ Ibrahim et al. (2017) พบว่าการใช้แหล่งไขมันที่แตกต่างกันในการปรับอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในอาหาร ส่งผลให้ส่วนประกอบของซากไก่มีความแตกต่างกัน ในประเด็นนี้จึงยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัด จึงควรต้องมีการศึกษาต่อไป

### ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่

ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในอาหารต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออก (breast) และเนื้อสะโพก (thigh) ไก่ แสดงในตารางที่ 2.6 จากการทดลองของ Mandal et al. (2014) พบว่าการเสริมอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในอัตราส่วนที่ต่ำ จะส่งผลให้ n-3 PUFA ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกมีปริมาณที่สูงขึ้น และมีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในเนื้อลดลง สอดคล้องกับ Ibrahim et al. (2017) ที่ได้ทำการปรับอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในอาหาร โดยใช้ Fish oil หรือ Linseed oil ร่วมกับ Sunflower oil พบว่าอัตราส่วนที่ต่ำลง ส่งผลให้ n-3 PUFA ในเนื้ออกมีปริมาณที่สูงขึ้น และมีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในเนื้อลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ว่ากลไกการสังเคราะห์และการสะสมกรดไขมันในสัตว์ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของกรดไขมันชนิดนั้น ๆ ที่สัตว์ได้รับจากอาหาร แต่อย่างไรก็ตาม Zelenka et al. (2008) พบว่าการเสริมแหล่งอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลให้ n-6 PUFA, n-3 PUFA และ n-6:n-3 ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกมีปริมาณที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.6 ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่

Type of meat	Breed	Fat Sources	Content in g/kg of diets			Meat			References
			n-6	n-3	n-6:n-3	n-6	n-3	n-6:n-3	
Breast	Ross		mg/100g of meat						Zelenka et al.
	308	A10 g/kg	7.57	6.48	1.17:1	140.9	54.7	2.7	(2008)
		A30 g/kg	9.89	18.72	0.53:1	192.1	154.3	1.3	
		A50 g/kg	12.01	30.97	0.39:1	169.7	189.4	0.9	
		A70 g/kg	14.53	43.21	0.34:1	228.5	278.2	0.9	
		L10 g/kg	14.22	0.44	32.32:1	194.9	27.5	7.3	
		L30 g/kg	28.78	0.83	34.67:1	278.4	31.9	9.0	
		L50 g/kg	43.61	1.23	35.50:1	374.4	39.0	9.9	
		L70 g/kg	58.44	1.65	35.42:1	497.9	38.4	13.6	
	Cobb	RBO and LO	g/100g of total FA						Mandal et al.,
			20	1	20:1	26.30	0.90 <sup>c</sup>	28.92 <sup>a</sup>	(2014)
			10	1	10:1	25.63	2.25 <sup>b</sup>	11.80 <sup>b</sup>	
			5	1	5:1	25.59	3.74 <sup>a</sup>	6.92 <sup>c</sup>	
	Ross		% of total FA						Ibrahim et al.
	308	SFO	40	1	40:1	55.20 <sup>a</sup>	1.82 <sup>f</sup>	30.34 <sup>a</sup>	(2017)
		FO	1.5	1	1.5:1	21.77 <sup>e</sup>	29.25 <sup>b</sup>	0.74 <sup>f</sup>	
		SFO:FO (1:1)	4	1	4:1	37.68 <sup>c</sup>	17.00 <sup>d</sup>	2.22 <sup>d</sup>	
		SFO:FO (3:1)	8	1	8:1	44.59 <sup>b</sup>	11.26 <sup>e</sup>	3.96 <sup>c</sup>	
		LO	1	1	1:1	22.51 <sup>e</sup>	34.81 <sup>a</sup>	0.65 <sup>f</sup>	
		SFO:LO (1:1)	2.5	1	2.5:1	36.37 <sup>d</sup>	20.91 <sup>c</sup>	1.75 <sup>e</sup>	
		SFO:LO (3:1)	4	1	4:1	44.98 <sup>b</sup>	10.01 <sup>c</sup>	4.51 <sup>b</sup>	

<sup>a-f</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

SFO = sunflower oil, FO = fish oil, LO = linseed oil,

A= linseed oil made from the cultivar Atalante, L= linseed oil made from the cultivar Lola.

ตารางที่ 2.6 ผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหารต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่ (ต่อ)

Type of meat	Breed	Source	Content in g/kg of diets			Meat			References
			n-6	n-3	n-6:n-3	n-6	n-3	n-6:n-3	
Thigh	Ross 308	A10 g/kg	7.57	6.48		583.9	179.4	3.3	Zelenka et al. (2008)
		A30 g/kg	9.89	18.72		729.1	458.0	1.6	
		A50 g/kg	12.01	30.97		652.0	583.8	1.1	
		A70 g/kg	14.53	43.21		712.6	723.8	1.0	
		L10 g/kg	14.22	0.44		698.2	69.3	10.1	
		L30 g/kg	28.78	0.83		1065.4	87.3	11.7	
		L50 g/kg	43.61	1.23		1325.9	94.9	14.1	
		L70 g/kg	58.44	1.65		1585.7	97.5	17.2	
Cobb	RBO and LO		20	1	20:1	25.95	0.68 <sup>c</sup>	40.06 <sup>a</sup>	Mandal et al., (2014)
			10	1	10:1	27.62	1.88 <sup>b</sup>	15.27 <sup>b</sup>	
			5	1	5:1	27.33	2.91 <sup>a</sup>	9.51 <sup>b</sup>	

<sup>a-f</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

SFO = sunflower oil, FO = fish oil, LO = linseed oil,

A= linseed oil made from the cultivar Atalante, L= linseed oil made from the cultivar Lola.

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร ที่มีผลต่อการปรับปรุงส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่และเนื้อไก่ ได้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

**การทดลองที่ 1** ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตไข่ คุณภาพไข่ และส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่ไก่

#### สัตว์และการจัดกลุ่มทดลอง

ใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ทางการค้า (Isa Brown) อายุ 42 สัปดาห์ จำนวน 180 ตัว สุ่มเข้างานทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 อาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมัน n-6:n-3 เท่ากับ 10

กลุ่มที่ 2 อาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมัน n-6:n-3 เท่ากับ 5

กลุ่มที่ 3 อาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมัน n-6:n-3 เท่ากับ 1

ในแต่ละกลุ่มการทดลอง แบ่งไก่ออกเป็น 4 ซ้ำ ซ้ำละ 15 ตัว ไก่ทุกตัวเลี้ยงบนกรงตับ ทำด้วยลวดตาข่ายแบบยกพื้น (3 ตัว/กรง) อาหารทดลองทั้งหมดถูกคำนวณให้มีระดับของโปรตีนและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) เท่ากัน (Isonitrogenous and isocaloric) คือมีระดับโปรตีน 17% และมีระดับ ME 2,900 kcal/kg ตามคำแนะนำของ NRC (1994) และมาตรฐานสายพันธุ์ ทั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลาพู่ना ก่อนที่จะนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการประกอบสูตรอาหารให้มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ตามที่ต้องการ หลังจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดไขมันในสูตรอาหารทดลองทุกสูตร ให้ไก่ทดลองกินอาหารตามมาตรฐานสายพันธุ์และมีน้ำให้ไก่กินตลอดเวลา ใช้เวลาในการทดลอง 12 สัปดาห์ (อายุไก่ 42 ถึง 53 สัปดาห์)

ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง และองค์ประกอบของโภชนะ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารไก่ไข่และองค์ประกอบของโภชนะ (การทดลองที่ 1)

Ingredients (%)	n-6:n-3		
	10:1	5:1	1:1
Corn	48.15	48.15	48.15
Rice bran	8.87	8.87	8.87
Soybean meal (44% CP)	26.00	26.00	26.00
Fish meal (60% CP)	2.00	2.00	2.00
<b>Soybean oil</b>	<b>4.80</b>	<b>3.60</b>	-
<b>Tuna oil</b>	<b>0.10</b>	<b>1.30</b>	<b>4.90</b>
Calcium carbonate	8.45	8.45	8.45
Mono-dicalcium phosphate (P21)	1.00	1.00	1.00
DL-methionine	0.08	0.08	0.08
Salt	0.30	0.30	0.30
Mineral-vitamin premix <sup>1</sup>	0.25	0.25	0.25
<b>Calculated chemical composition</b>			
ME (kcal/kg)	2,900	2,900	2,900
Available phosphorus (%)	0.38	0.38	0.38
Lysine (%)	0.92	0.92	0.92
Methionine + cystine (%)	0.66	0.66	0.66
<b>Analyzed chemical composition</b>			
Dry matter (%)	90.52	90.07	90.71
Crude protein (%)	17.42	17.64	17.28
Crude fiber (%)	3.92	4.11	4.07
Calcium (%)	4.13	4.03	3.94
Crude fat (%)	8.47	8.53	8.76
n-6 PUFA (%)	5.83	5.20	3.32
n-3 PUFA (%)	0.52	0.95	2.53
<b>n-6:n-3</b>	<b>11.21</b>	<b>5.47</b>	<b>1.31</b>

<sup>1</sup>Provided (per kilogram of diet): vitamin A, 11,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 3000 IU; vitamin E, 11 IU; vitamin K<sub>3</sub>, 5 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 2 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 6 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 3 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.011 mg; pantothenic acid, 11 mg; niacin, 20 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 0.04 mg; Cu, 10 mg; Mn, 80 mg; Zn, 80 mg; Fe, 75 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.25 mg.

## การบันทึกข้อมูล และการวิเคราะห์ทางเคมี

### 1. การศึกษาด้านสมรรถนะการให้ผลผลิต (Production performance)

บันทึกจำนวนไข่ไก่ ปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักไข่ทุกวัน เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่เฉลี่ย ปริมาณอาหารที่กินได้ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ ของแต่ละกลุ่มทดลอง ทุกสัปดาห์ รวมทั้งบันทึกจำนวนการตายของไก่ทุกครั้งที่พบ โดยนำข้อมูลที่ได้คำนวณตามสูตร

$$1) \text{ ผลผลิตไข่ (Hen-day egg production, EP)} = \frac{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนวัน} \times \text{จำนวนไก่}}$$

$$2) \text{ น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง (Egg weight, EW)} = \frac{\text{น้ำหนักไข่ทั้งหมด (กรัม)}}{\text{จำนวนไข่ (ฟอง)}}$$

$$3) \text{ ปริมาณอาหารที่กินได้ (Feed intake, FI)} \\ = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง (กรัม)}}{\text{จำนวนไก่ทั้งหมด (ตัว)}}$$

$$4) \text{ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (Feed conversion ratio, FCR)} \\ = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)}}{\text{น้ำหนักไข่ที่ผลิตได้ (กรัม)}}$$

### 2. การศึกษาด้านคุณภาพไข่ (Egg quality)

ทำการวัดคุณภาพไข่ ในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ของการทดลอง โดยการสุ่มไข่จำนวน 5 ฟองต่อเช้า เพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพไข่ ได้แก่ น้ำหนักไข่แดง (yolk weight), น้ำหนักไข่ขาว (albumen weight), น้ำหนักเปลือกไข่ (shell weight), ความหนาเปลือกไข่ (shell thickness), ความสูงของไข่ขาว (albumen height), ค่า Haugh Unit และความเข้มสีของไข่แดง (yolk color)

ในการวัดความเข้มสีของไข่แดง จะทำการเทียบกับพัดสีโรช (roche color fan) ซึ่งมีค่าระหว่าง 1-15

นำข้อมูลความสูงไข่ขาวคำนวณหาค่า Haugh Unit ของไข่ไก่จากสูตรดังนี้

$$\text{Haugh Unit} = 100 \log (H + 7.57 - 1.7W^{0.37})$$

เมื่อ H = ค่าเฉลี่ยความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร) ทำการวัด 3 จุด  
ที่จุดกึ่งกลางระหว่างไข่ขาวกับขอบไข่แดง

$$G = 32.2 \text{ (ค่าคงที่)}$$

$$W = \text{น้ำหนักไข่ (กรัม)}$$

### 3. การศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

ในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ของการทดลอง ทำการสุ่มไข่ช้ำละ 10 ฟอง นำไข่แดงแต่ละช้ำมารวมกัน 5 ฟอง/ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

ทำการวิเคราะห์กรดไขมันตามวิธีของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยอาหารทดลอง และไข่แดง ตัวอย่างจะถูกทำให้อยู่ในรูปของ methyl ester โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 15 กรัม เติม chloroform-methanol (2:1) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่อง homogenize นาน 2 นาที เติม chloroform 30 มิลลิลิตร และปั่นอีก 2 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง เติม deionize water ปริมาตร 30 มิลลิลิตร เติม 0.58% NaCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้ววางทิ้งไว้ 1 คืนให้แยกชั้น เก็บชั้นของไขมันใส่ขวดฝาเกลียว (ห่อฟอยล์) เก็บที่  $-20^{\circ}\text{C}$

ขั้นตอนการทำ methylation ทำการชั่งตัวอย่างไขมันประมาณ 25 มิลลิกรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง โดยการดูดตัวอย่างใส่หลอดทดลองและนำไปทำให้แห้งด้วย  $\text{N}_2$  gas จนตัวสารละลายแห้งเหลือเฉพาะกรดไขมันอยู่ นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณตัวอย่างไขมัน เติม 0.5N NaOH/MeOH ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ทำการไล่อากาศด้วย  $\text{N}_2$  gas ให้ความร้อน  $100^{\circ}\text{C}$  5 นาที เขย่าแล้วตั้งไว้ให้เย็น เติม 14%  $\text{BF}_3$  in methanol ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ไล่อากาศด้วย  $\text{N}_2$  gas แล้วปิดฝา เติม  $\text{C}_{17}:\text{O}$  (2.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใน Hexane) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไล่อากาศด้วย  $\text{N}_2$  gas แล้วปิดฝา ให้ความร้อน  $100^{\circ}\text{C}$  5 นาที เขย่าแล้วตั้งไว้ให้เย็น ปิดฝาเติม deionize water ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ hexane ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ให้แยกชั้น ตัก  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ประมาณปลายช้อนตักสาร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กหลอดใหม่ เมื่อสารละลายแยกชั้น ดูดชั้น hexane ใส่ลงในขวด Vial สีขาปริมาณ 1 มิลลิลิตร เพื่อนำไปฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography ปริมาตร 1 ไมโครลิตร (Hewlett Packard, HP 6890 series GC system)

#### การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variances, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS version 16.0 (SPSS, 2004)

**การทดลองที่ 2** ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการผลิต ส่วนประกอบซาก และส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อ

### สัตว์และการจัดกลุ่มทดลอง

ใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้า (Ross 308) เพศผู้ อายุ 1 วัน จำนวน 450 ตัว สุ่มเข้างานทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยจัด treatment แบบแฟกทอเรียล (3 x 2 Factorial Experiments in CRD) ดังนี้

ปัจจัยหลัก 3 ระดับ ดังนี้คือ

ปัจจัยหลักที่ 1 อาหารที่มีอัตราส่วนของ n-6:n-3 เท่ากับ 10

ปัจจัยหลักที่ 2 อาหารที่มีอัตราส่วนของ n-6:n-3 เท่ากับ 5

ปัจจัยหลักที่ 3 อาหารที่มีอัตราส่วนของ n-6:n-3 เท่ากับ 1

ปัจจัยรอง 2 ระดับ ดังนี้คือ

ปัจจัยรองที่ 1 ช่วงระยะเวลาการให้อาหาร ที่อายุ 0-6 สัปดาห์

ปัจจัยรองที่ 2 ช่วงระยะเวลาการให้อาหาร ที่อายุ 3-6 สัปดาห์

รวมเป็น 6 treatment combinations โดยในแต่ละ treatment combination แบ่งออกเป็น 3 ซ้ำ ซ้ำละ 25 ตัว รวมใช้ไก่ทั้งหมดจำนวน 450 ตัว อาหารทดลองทั้งหมดคำนวณให้มีระดับของโปรตีน และพลังงานเท่ากัน (Isonitrogenous and isocaloric) โดยแบ่งสูตรอาหารออกเป็น 2 ช่วงอายุ คือ 0-3 สัปดาห์ และ 3-6 สัปดาห์ ตามคำแนะนำของ NRC (1994) ทั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลาทูน่า ก่อนที่จะนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการประกอบสูตรอาหารให้มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ตามที่ต้องการ หลังจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดไขมันในสูตรอาหารทดลองทุกสูตร

ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง และองค์ประกอบทางโภชนาะ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยใน treatment combination ที่เริ่มให้สูตรอาหารทดลองในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์นั้น ในช่วง 0-3 สัปดาห์แรก จะให้อาหารพื้นฐาน (Basal diet, ตารางที่ 3.2) ที่มีปริมาณกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ดำ ทำการเลี้ยงไก่ในคอกแบบปล่อยพื้น ให้ไก่กินอาหารและน้ำเต็มที่ (*ad libitum*) ใช้เวลาในการทดลอง 6 สัปดาห์

### การบันทึกข้อมูล และการวิเคราะห์ทางเคมี

#### 1. การศึกษาด้านสมรรถนะการเจริญเติบโต (Growth performance)

บันทึกน้ำหนักตัว (body weight, BW) ปริมาณอาหารที่กินได้ (feed intake, FI) เพื่อคำนวณ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio, FCR)



## 2. การศึกษาด้านส่วนประกอบซาก (Carcass composition)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 6 สัปดาห์ ทำการสุ่มไก่ฆ่าละ 2 ตัว เพื่อวัดส่วนประกอบซากและการสะสมไขมันช่องท้อง โดยมีขั้นตอนดังนี้คือ อุดอาหารแต่ให้ไก่กินน้ำสะอาดเป็นเวลา 10 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักมีชีวิต ใช้มีดเขี่ยคอตรง jugular vein ปล่อยให้เลือดไหลออกให้หมด ทำการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 58°C ถอนขน เอาอวัยวะเครื่องในออก และนำซากไปแช่ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการตัดแต่งและแยกชิ้นส่วนของซากไก่ ชั่งน้ำหนักของชิ้นส่วนไก่เพื่อนำมาคำนวณข้อมูลส่วนประกอบซาก

การคำนวณน้ำหนักของซากส่วนต่าง ๆ จะคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิต

$$\% \text{ ส่วนประกอบซาก} = \frac{\text{น้ำหนักของซาก}}{\text{น้ำหนักไก่มีชีวิต}} \times 100$$

ทำการเก็บตัวอย่างเนื้ออก (breast) และเนื้อสะโพก (thigh) เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนะ และส่วนประกอบของกรดไขมัน

## 3. การศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่

วิเคราะห์กรดไขมันในอาหารทดลองและเนื้อไก่ ตามวิธีของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยจัด treatment แบบแฟคทอเรียล (3 x 3 Factorial Experiments in CRD) ทดสอบความแตกต่างด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16.0 (SPSS, 2004) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง treatment ด้วยวิธี orthogonal polynomials โดยทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

### สถานที่และระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ใช้ระยะเวลาในการวิจัย 2 ปี โดยเริ่มจากเดือนตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2557 ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ (F10) อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของสูตรอาหารไก่เนื้อและองค์ประกอบของโภชนะ (การทดลองที่ 2)

Ingredients (%)	Basal diet	Starter (0-3 wk)			Finisher (3-6 wk)		
		n-6:n-3					
		10:1	5:1	1:1	10:1	5:1	1:1
Corn	48.04	48.04	48.04	48.04	53.66	53.66	53.66
Soybean meal (44% CP)	28.00	28.00	28.00	28.00	30.00	30.00	30.00
Full-fat soybean (38% CP)	15.00	15.00	15.00	15.00	8.00	8.00	8.00
<b>Soybean oil</b>	<b>5.00</b>	<b>4.32</b>	<b>2.90</b>	-	<b>4.55</b>	<b>3.30</b>	-
<b>Tuna oil</b>	-	<b>0.68</b>	<b>2.10</b>	<b>5.00</b>	<b>0.45</b>	<b>1.70</b>	<b>5.00</b>
Calcium carbonate	1.70	1.70	1.70	1.70	1.58	1.58	1.58
Mono-dicalcium phosphate (P21)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00
DL-methionine	0.31	0.31	0.31	0.31	0.16	0.16	0.16
Salt	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Mineral-vitamin premix <sup>1</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Calculated chemical composition</b>							
ME (kcal/kg)	3,120	3,120	3,120	3,120	3,120	3,120	3,120
Available phosphorus (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.36	0.36	0.36
Lysine (%)	1.11	1.11	1.11	1.11	1.02	1.02	1.02
Methionine + cystine (%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.72	0.72	0.72
<b>Analyzed chemical composition</b>							
Dry matter (%)	89.96	90.02	89.98	90.07	89.96	89.88	89.90
Crude protein (%)	22.24	22.16	22.20	22.08	20.18	20.21	20.14
Crude fiber (%)	3.92	3.94	3.89	3.91	3.75	3.72	3.76
Calcium (%)	1.05	1.02	1.06	1.02	0.92	0.91	0.92
Crude fat (%)	9.81	9.78	9.85	9.87	8.75	8.72	8.76
n-6 fatty acids (%)	7.00	6.64	5.90	3.85	6.20	5.74	4.02
n-3 fatty acids (%)	0.32	0.62	1.20	2.55	0.53	1.08	2.53
<b>n-6:n-3</b>	<b>21.87</b>	<b>10.71</b>	<b>4.91</b>	<b>1.51</b>	<b>11.70</b>	<b>5.31</b>	<b>1.59</b>

<sup>1</sup>Provided (per kilogram of diet): Vitamin A, 15,000 IU; Vitamin D<sub>3</sub>, 3,000 IU; Vitamin E, 25 IU; Vitamin K<sub>3</sub>, 5 mg; Vitamin B<sub>1</sub>, 2.5 mg; Vitamin B<sub>2</sub>, 7 mg; Vitamin B<sub>6</sub>, 4.5 mg; Vitamin B<sub>12</sub>, 25 µg; Pantothenic acid, 35 mg; Folic acid, 0.5 mg; Biotin, 25 g; Nicotinic acid, 35 mg; Choline chloride, 250 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; Cu, 1.6 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

**การทดลองที่ 1** ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตไข่ คุณภาพไข่ และส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่

**ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตของไข่ไข่**

ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหารไก่ไข่ ต่อผลผลิตไข่ (egg production) น้ำหนักไข่ (egg weight) ปริมาณอาหารที่กินได้ (feed intake) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (FCR) แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณอาหารที่กินได้ของกลุ่มที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีการกินได้ที่ต่ำกว่าไก่ทดลองกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ในทุกช่วงระยะเวลาของการทดลอง ซึ่งน่าจะเป็นผลเนื่องมาจากกลิ่นของน้ำมันจากปลาทะเลที่มีกลิ่นจำเพาะตัวที่ไก่ไม่ชอบ (Zolisch et al., 1996) เนื่องจากในสูตรอาหารทดลองที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีการเสริมน้ำมันปลาสูงถึง 4.9% ในขณะที่สูตรอาหารที่มีอัตราส่วน 5:1 และ 10:1 มีการใช้น้ำมันปลาสูงเพียง 1.3 และ 0.1% ตามลำดับ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Chashnidel et al. (2010) ซึ่งได้รายงานว่าการเสริมน้ำมันปลาทะเลในระดับ 4.5% ของสูตรอาหาร ทำให้เกิดกลิ่นซึ่งมีผลกระทบทำให้ปริมาณอาหารที่กินได้ลดลง แต่จะไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ในสูตรอาหารที่เสริมน้ำมันปลาทะเล 1.5% นอกจากนี้ Alimohammadi Saraei et al. (2015) ยังได้รายงานว่าในการเสริมน้ำมันปลาทะเลในสูตรอาหารน้อยกว่า 3% จะไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ของไก่

ในส่วนของผลผลิตไข่นั้น ถึงแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างกันในช่วง 4 สัปดาห์แรกของการทดลอง ( $P > 0.05$ ) แต่ผลผลิตไข่ของไก่ในกลุ่มที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 เมื่อคิดตลอดช่วง 12 สัปดาห์ของการทดลอง จะต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) สอดคล้องกับน้ำหนักไข่ซึ่งพบว่าน้ำหนักต่ำที่สุดในกลุ่มที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 เมื่อคิดตลอดช่วง 12 สัปดาห์ของการทดลอง ( $P < 0.01$ ) ซึ่งน่าจะเป็นผลเนื่องมาจากไก่กลุ่มนี้มีปริมาณอาหารที่กินได้ต่ำที่สุด ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Ayerza and Coates (1999) และ Mazalli et al. (2004) ที่ได้รายงานไว้ว่า ไก่ที่กินอาหารที่มีระดับ n-3 PUFA สูง ทำให้การกินได้น้อยลงและส่งผลกระทบต่อผลผลิตไข่ที่ลดลงด้วย ในขณะที่มีรายงานว่าไก่ที่กินอาหารที่มีระดับ n-3 PUFA ต่ำ จะไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตไข่ ทั้งนี้เนื่องจากไก่อังสามารถกินอาหารได้ในระดับปกติ [Baucells et al. (2000), เสริมน้ำมันปลาทะเลถึง 4% ; Cachaldora et al. (2008), เสริมน้ำมันปลาทะเลถึง 3%; Garcia-Rebollar et al. (2008), เสริมน้ำมันปลาทะเล 1.5% และ 1.7%]

ตารางที่ 4.1 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตของไก่ไข่

Parameters	Period (wk)	n-6:n-3			SEM	P-value
		10:1	5:1	1:1		
<b>Egg production (%)</b>	0-4	91.43	90.83	91.19	1.137	0.979
	4-8	92.42 <sup>A</sup>	90.40 <sup>AB</sup>	87.35 <sup>B</sup>	0.695	0.008
	8-12	92.40 <sup>AB</sup>	94.75 <sup>A</sup>	91.92 <sup>B</sup>	0.493	0.006
	<b>0-12</b>	<b>92.22<sup>a</sup></b>	<b>91.78<sup>a</sup></b>	<b>89.53<sup>b</sup></b>	<b>0.447</b>	<b>0.032</b>
<b>Egg weight (g)</b>	0-4	60.93 <sup>a</sup>	59.77 <sup>a</sup>	58.15 <sup>b</sup>	0.955	0.049
	4-8	58.50 <sup>AB</sup>	61.12 <sup>A</sup>	55.87 <sup>B</sup>	0.649	0.003
	8-12	60.52 <sup>B</sup>	61.48 <sup>A</sup>	57.96 <sup>C</sup>	0.286	<0.001
	<b>0-12</b>	<b>59.80<sup>A</sup></b>	<b>60.91<sup>A</sup></b>	<b>56.99<sup>B</sup></b>	<b>0.377</b>	<b>&lt;0.001</b>
<b>Feed intake (g/b/d)</b>	0-4	110.54 <sup>A</sup>	109.76 <sup>A</sup>	103.27 <sup>B</sup>	0.758	<0.001
	4-8	110.22 <sup>A</sup>	109.65 <sup>A</sup>	104.99 <sup>B</sup>	0.482	<0.001
	8-12	111.14 <sup>A</sup>	110.95 <sup>A</sup>	104.55 <sup>B</sup>	0.851	0.002
	<b>0-12</b>	<b>110.65<sup>A</sup></b>	<b>110.06<sup>A</sup></b>	<b>104.45<sup>B</sup></b>	<b>0.392</b>	<b>&lt;0.001</b>
<b>FCR</b>	0-4	1.83	1.84	1.78	0.025	0.613
	4-8	1.89	1.81	1.88	0.017	0.079
	8-12	1.84	1.80	1.81	0.011	0.362
	<b>0-12</b>	<b>1.86</b>	<b>1.81</b>	<b>1.84</b>	<b>0.010</b>	<b>0.198</b>

<sup>a,b,c</sup> Means within rows with different superscript letters are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>A,B,C</sup> Means within rows with different superscript letters are significantly different ( $P < 0.01$ ).

อาหารที่มี n-3 PUFA สูง จะมีผลกระทบต่อน้ำหนักไข่ การศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่า การเสริมน้ำมันปลาทะเล 4% (Gonzalez-Esquerria and Leeson, 2000) และ 4.8% (Ao et al., 2015) มีผลทำให้น้ำหนักไข่ลดลง นอกจากนี้ Koppenol et al. (2014) ยังรายงานว่ ไข่ไก่ที่มีกรดไขมัน EPA และ DHA สูง มีน้ำหนักไข่ต่ำกว่ากลุ่มที่มี LA สูง ประมาณ 2 กรัม อย่างไรก็ตาม อาหารที่มี n-3 PUFA ต่ำ จะไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักไข่ [Alimohammadi Saraee et al. (2015), เสริมน้ำมันปลาทะเลถึง 3%; Cachaldora et al. (2008), เสริมน้ำมันปลาทะเล 1.5 และ 3.0%] จากรายงานดังกล่าวข้างต้นมีความสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผล 2 ประการดังนี้คือ 1) จากที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้อาหารที่เสริมด้วยน้ำมันปลาทูน่าในระดับสูง จะมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่จะไป

รบกวนระบบประสาทสัมผัสของไก่ ทำให้การกินได้ลดลง ส่งผลต่อเนื่องทำให้การสร้างฟองไข่ลดลงด้วย 2) การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักไข่มีความสัมพันธ์กับระดับของ n-3 PUFA ในอาหาร (Ayerza and Coates, 1999) โดยระดับ n-3 PUFA ที่สูงขึ้น จะไปลดการหมุนเวียนของไตรกลีเซอไรด์ในกระแสเลือด และไปยับยั้งการใช้ประโยชน์ของไขมันและ estradiol ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างไข่แดง ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้น้ำหนักไข่ลดลง

ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในอาหาร ไม่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (FCR) ในทุกช่วงอายุของการทดลอง ( $P>0.05$ ) ถึงแม้ว่าไก่กลุ่มที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 จะมีผลผลิตไข่ต่ำที่สุด แต่ก็มีปริมาณการกินอาหารได้ต่ำสุดเช่นเดียวกัน และเมื่อคำนวณ FCR แล้ว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันกับกลุ่มอื่น

#### ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อคุณภาพของไข่ไก่

ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหารไก่ไข่ ต่อคุณภาพของไข่ไก่ แสดงในตารางที่ 4.2 จากการทดลองพบว่า ไก่ที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีเปอร์เซ็นต์ไข่แดง (yolk) ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ในทุกช่วงระยะเวลาการทดลอง ในทางตรงกันข้าม ไก่ที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีเปอร์เซ็นต์ไข่ขาว (albumen) สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) น้ำหนักเปลือกไข่ (shell weight) ของไก่ที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ในช่วง 4 สัปดาห์แรกของการทดลอง แต่ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มที่มีอัตราส่วน 5:1 และ 10:1 ในช่วงอายุ 8 และ 12 สัปดาห์ของการทดลอง แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ในเรื่องของความสูงไข่ขาว (albumen height) ความหนาเปลือกไข่ (egg shellness) สีไข่แดง (yolk color) และค่า Haugh unit

การที่ไก่กลุ่มที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่แดงต่ำที่สุด และเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 5:1 และ 10:1 นั้น เป็นผลเนื่องมาจากไก่ในกลุ่มนี้มีน้ำหนักไข่ต่ำที่สุด และการที่ระดับของ n-6:n-3 ในอาหาร ไม่มีผลต่อความสูงไข่ขาว ความหนาเปลือกไข่ สีไข่แดง และค่า Haugh unit นั้นสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Gonzalez-Esquerria and Leeson (2000), Ayerza and Coates (2001) และ Morales-Barrera et al. (2013) ซึ่งใช้น้ำมันปลาทะเลเสริมในอาหารทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อคุณภาพของไข่ไก่

Parameters	Period (wk)	n-6:n-3			SEM	P-value
		10:1	5:1	1:1		
Yolk (%)	4	26.42 <sup>b</sup>	26.54 <sup>b</sup>	24.27 <sup>a</sup>	0.346	0.012
	8	26.45 <sup>b</sup>	26.33 <sup>b</sup>	24.49 <sup>a</sup>	0.332	0.023
	12	26.50 <sup>B</sup>	26.77 <sup>B</sup>	24.88 <sup>A</sup>	0.323	0.005
Albumen (%)	4	60.81 <sup>b</sup>	60.15 <sup>b</sup>	61.00 <sup>a</sup>	0.426	0.033
	8	60.20 <sup>b</sup>	60.47 <sup>b</sup>	62.22 <sup>a</sup>	0.502	0.018
	12	60.10 <sup>b</sup>	60.52 <sup>b</sup>	61.59 <sup>a</sup>	0.489	0.011
Shell weight (g)	4	7.47 <sup>a</sup>	7.18 <sup>a</sup>	6.44 <sup>b</sup>	0.180	0.047
	8	7.76	7.86	7.62	0.098	0.616
	12	7.69	7.79	7.62	0.066	0.556
Albumen height (mm)	4	6.08	6.16	6.14	0.158	0.979
	8	6.63	6.34	6.90	0.145	0.295
	12	6.91	6.97	7.04	0.069	0.771
Haugh unit (%)	4	75.74	76.95	77.72	1.223	0.814
	8	80.38	78.03	83.00	1.031	0.144
	12	82.48	82.19	83.69	0.440	0.352
Shell thickness (mm)	4	0.44	0.44	0.45	0.005	0.473
	8	0.43	0.41	0.41	0.008	0.789
	12	0.45	0.46	0.45	0.015	0.348
Yolk color (scale 1-15)	4	5.88	5.83	5.65	0.185	0.883
	8	6.45	6.78	6.55	0.132	0.128
	12	6.63	6.59	6.18	0.116	0.222

<sup>a,b,c</sup> Means within rows with different superscript letters are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>A,B,C</sup> Means within rows with different superscript letters are significantly different ( $P < 0.01$ ).

## ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่แดง แสดงดังตารางที่ 4.3

เมื่อพิจารณาในกลุ่มของกรดไขมัน n-6 PUFA ที่มี LA (C18:2n-6) เป็นกรดไขมันหลัก พบว่าที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 8 และ 12 สัปดาห์ ไก่ที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีสัดส่วนของ LA, AA (C20:4n-6) และ n-6 PUFA สูงกว่าไก่ที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 5:1 และ 10:1 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในกลุ่มของกรดไขมัน n-3 PUFA ที่มี DHA (C22:6n-3) เป็นกรดไขมันหลัก พบว่าที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 8 และ 12 สัปดาห์ ไก่ที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีสัดส่วนของ DHA, EPA (C20:5n-3) และ n-3 PUFA สูงกว่าไก่ที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 5:1 และ 10:1 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ไก่ที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีสัดส่วนของ ALA (C18:3n-3) ต่ำกว่าไก่ที่กินอาหารทดลองในกลุ่มอื่น

จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น ส่งผลให้ไก่ที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในไข่แดง (2.07, 1.99 และ 1.90) ต่ำกว่าอาหารที่อัตราส่วน 5:1 (4.99, 5.36 และ 5.09) และอาหารที่อัตราส่วน 10:1 (10.28, 10.71 และ 10.21) ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในไข่แดง มีสัดส่วนใกล้เคียงกับอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในอาหารทดลอง (11.21, 5.47 และ 1.31 ตามลำดับ)

ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน ในผลผลิตจะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของไขมันที่มีในอาหารและการสังเคราะห์ไขมันที่บริเวณตับ (Simopoulos, 2008) จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า สัดส่วนของกรดไขมันที่พบในไข่แดงมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของกรดไขมันที่พบในอาหาร การให้อาหารทดลองที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 10:1 มีผลทำให้ไก่ไข่ผลิตไข่ที่มี n-6 PUFA สูง แต่มี n-3 PUFA ต่ำ ในทางตรงกันข้าม การให้อาหารทดลองที่มี n-6:n-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีผลทำให้ไก่ไข่ผลิตไข่ที่มี n-3 PUFA สูง แต่มี n-6 PUFA ต่ำ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของกรดไขมันที่พบในไข่แดงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับประเภทของไขมันและกรดไขมันที่มีในอาหาร (Cachaldora et al., 2008; Simopoulos, 2008; Fraeye et al., 2012; Koppenol et al., 2014; Coorey et al., 2015) แต่อย่างไรก็ตาม กรดไขมันที่มีอยู่ในอาหารไม่สามารถสะสมได้ทั้งหมดในไข่แดง เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อายุของไก่ ชนิด และ/หรือปริมาณของกรดไขมันที่มีในอาหาร (Garcia-Rebollar et al., 2008; Baucells et al., 2000; Fraeye et al., 2012) โดย Baucells et al. (2000) พบว่า ระดับของ ALA ในอาหารที่ต่ำกว่า 0.8% จะเพิ่มการสะสม AA ในไข่แดง ในขณะที่ Cachaldora et al. (2008) พบว่า อาหารที่มี n-3 PUFA สูง จะลดการสะสม n-6

PUFA ในไข่แดง ส่วน Patterson et al. (2012) รายงานว่าประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ desaturase ของ n-3 PUFA มากกว่า n-6 PUFA โดยการลดการสังเคราะห์ n-6 PUFA ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ที่พบว่าการเสริม n-3 PUFA ระดับสูงในอาหาร จะลดการสังเคราะห์ AA และทำให้การสะสมในไข่แดงลดลง

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสะสม DHA ในไข่แดง ขึ้นอยู่กับปริมาณ DHA ที่มีอยู่ในอาหาร ซึ่งได้มาจากการเสริมน้ำมันปลาในอาหาร น้ำมันปลาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ มี DHA สูง ดังนั้นจึงส่งผลให้มีการสะสม DHA ในไข่แดงสูงขึ้นไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการสะสม EPA ในไข่แดง จะต่ำกว่า EPA ที่มีในอาหาร Cachaldora et al. (2008) และ Poureslami et al. (2012) รายงานว่า DHA ที่สะสมในไข่แดง มาจากอาหาร และมีบางส่วนที่มาจาก การเปลี่ยน EPA มาเป็น DHA โดยประสิทธิภาพการสะสม EPA จะต่ำกว่า DHA ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการอธิบายการสะสม EPA และ DHA ในการทดลองครั้งนี้ได้





ตารางที่ 4.3 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร ต่อ ส่วนประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

Period (wk)	Fatty acid (% of total fatty acid)	n-6:n-3			SEM	P-value
		10:1	5:1	1:1		
4	C18:2n-6	25.75 <sup>A</sup>	22.5 <sup>B</sup>	13.92 <sup>C</sup>	0.043	0.004
	C20:4n-6	2.11 <sup>a</sup>	1.52 <sup>b</sup>	1.59 <sup>b</sup>	0.017	0.023
	C18:3n-3	0.74 <sup>A</sup>	0.70 <sup>A</sup>	0.25 <sup>B</sup>	0.022	0.005
	C20:5n-3	0.02 <sup>C</sup>	0.09 <sup>B</sup>	0.36 <sup>A</sup>	0.004	<0.001
	C22:6n-3	1.98 <sup>C</sup>	4.08 <sup>B</sup>	7.01 <sup>A</sup>	0.054	<0.001
	SFA	23.22 <sup>B</sup>	23.71 <sup>B</sup>	26.30 <sup>A</sup>	0.091	0.008
	MUFA	45.53 <sup>b</sup>	46.81 <sup>b</sup>	50.15 <sup>a</sup>	0.191	0.041
	PUFA	31.25 <sup>A</sup>	29.48 <sup>A</sup>	22.85 <sup>B</sup>	0.195	<0.001
	Total n-6	28.18 <sup>A</sup>	24.30 <sup>B</sup>	15.05 <sup>C</sup>	0.189	<0.001
	Total n-3	2.74 <sup>C</sup>	4.87 <sup>B</sup>	7.62 <sup>A</sup>	0.062	<0.001
	n-6:n-3	10.28 <sup>A</sup>	4.99 <sup>B</sup>	2.07 <sup>C</sup>	0.062	<0.001
8	C18:2n-6	25.69 <sup>A</sup>	22.16 <sup>B</sup>	13.93 <sup>C</sup>	0.036	<0.001
	C20:4n-6	1.81 <sup>a</sup>	1.41 <sup>a</sup>	0.89 <sup>b</sup>	0.009	0.016
	C18:3n-3	0.79 <sup>A</sup>	0.73 <sup>A</sup>	0.31 <sup>B</sup>	0.010	0.008
	C20:5n-3	0.03 <sup>C</sup>	0.11 <sup>B</sup>	0.41 <sup>A</sup>	0.002	<0.001
	C22:6n-3	1.96 <sup>C</sup>	3.86 <sup>B</sup>	7.13 <sup>A</sup>	0.042	<0.001
	SFA	22.70 <sup>B</sup>	23.73 <sup>B</sup>	25.05 <sup>A</sup>	0.062	0.002
	MUFA	46.27 <sup>B</sup>	47.48 <sup>B</sup>	52.06 <sup>A</sup>	0.204	<0.001
	PUFA	31.02 <sup>A</sup>	28.79 <sup>B</sup>	22.90 <sup>C</sup>	0.193	<0.001
	Total n-6	29.77 <sup>A</sup>	25.18 <sup>B</sup>	15.66 <sup>C</sup>	0.146	<0.001
	Total n-3	2.78 <sup>C</sup>	4.70 <sup>B</sup>	7.85 <sup>A</sup>	0.075	<0.001
	n-6:n-3	10.71 <sup>A</sup>	5.36 <sup>B</sup>	1.99 <sup>C</sup>	0.064	<0.001
12	C18:2n-6	24.56 <sup>A</sup>	21.66 <sup>B</sup>	13.99 <sup>C</sup>	0.060	<0.001
	C20:4n-6	1.81 <sup>a</sup>	1.41 <sup>b</sup>	0.89 <sup>c</sup>	0.011	0.041
	C18:3n-3	0.71 <sup>a</sup>	0.7 <sup>a</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.019	0.013
	C20:5n-3	0.02 <sup>C</sup>	0.09 <sup>B</sup>	0.42 <sup>A</sup>	0.008	<0.001
	C22:6n-3	1.88 <sup>C</sup>	3.88 <sup>B</sup>	7.15 <sup>A</sup>	0.051	<0.001
	SFA	22.64 <sup>B</sup>	22.70 <sup>B</sup>	25.50 <sup>A</sup>	0.141	0.004
	MUFA	47.60 <sup>B</sup>	48.54 <sup>B</sup>	51.30 <sup>A</sup>	0.182	0.002
	PUFA	29.66 <sup>A</sup>	28.36 <sup>A</sup>	23.15 <sup>B</sup>	0.119	0.001
	Total n-6	26.65 <sup>A</sup>	23.36 <sup>B</sup>	15.05 <sup>C</sup>	0.107	<0.001
	Total n-3	2.61 <sup>C</sup>	4.67 <sup>B</sup>	7.93 <sup>A</sup>	0.055	<0.001
	n-6:n-3	10.21 <sup>A</sup>	5.09 <sup>B</sup>	1.90 <sup>C</sup>	0.066	<0.001

<sup>a,b,c</sup> Means within rows with different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>A,B,C</sup> Means within rows with different superscript letters are significantly different ( $P<0.01$ ).

การทดลองที่ 2 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ส่วนประกอบซาก และส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อ

ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อ

ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อ แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

n-6:n-3	Period (wk)	BWG (g)	FI (g/bird)	FCR
10:1	0-6	2,523.53	4,515.64	1.79
	3-6	2,560.57	4,580.03	1.79
5:1	0-6	2,452.84	4,496.08	1.83
	3-6	2,514.12	4,479.29	1.78
1:1	0-6	2,338.43	4,440.25	1.90
	3-6	2,376.26	4,444.14	1.87
SEM		24.25	20.39	0.02
<b>n-6:n-3</b>				
10:1		2,542.05 <sup>A</sup>	4,547.83	1.79 <sup>b</sup>
5:1		2,483.48 <sup>A</sup>	4,487.68	1.81 <sup>b</sup>
1:1		2,357.35 <sup>B</sup>	4,442.20	1.89 <sup>a</sup>
<b>Period (wk)</b>				
	0 to 6	2,438.27	4,483.99	1.84
	3 to 6	2,483.65	4,501.15	1.81
<b>ANOVA</b>				
	n-6:n-3	0.001	0.100	0.026
	Period	0.356	0.687	0.398
	n-6:n-3 x Period	0.948	0.699	0.796

<sup>A,B</sup>Means with differing superscripts in the same column are significantly different ( $P < 0.01$ ).

<sup>a,b</sup>Means with differing superscripts in the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

จากตารางพบว่าอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหาร และระยะเวลาในการเสริม ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ( $P>0.05$ ) ในเรื่องของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (BWG) ปริมาณอาหารที่กินได้ (FI) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าการให้อาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 เท่ากับ 1:1 มีผลทำให้น้ำหนักตัวไถ่ลดลง และ FCR สูงขึ้น เมื่อเทียบกับไถ่กลุ่มที่กินอาหารที่มีอัตราส่วน n-6:n-3 เท่ากับ 5:1 และ 10:1 ( $P<0.05$ ) ในขณะที่ไถ่ทั้ง 3 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ของอาหารที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ส่วนระยะเวลาในการให้อาหารทั้ง 2 ระยะเวลาไม่มีผลทำให้น้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กินได้ และ FCR มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ )

การที่ไถ่กลุ่มที่กินอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 เท่ากับ 1:1 มีน้ำหนักตัวต่ำที่สุดนั้น อาจเนื่องมาจากปริมาณอาหารที่กินได้ ซึ่งแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่เมื่อดูจากข้อมูลแล้วมีแนวโน้มที่จะแตกต่างกันทางสถิติ ( $P=0.10$ ) โดยการที่ไถ่กินอาหารลดลงอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากกลิ่นจำเพาะที่มีอยู่ในน้ำมันปลาทะเลที่ทำให้ไถ่ไม่ชอบกิน (Zolisch et al., 1996) โดยในการทดลองครั้งนี้สูตรอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 เท่ากับ 1:1 ต้องใช้น้ำมันปลาทูน่าถึง 5% ในสูตรอาหาร ซึ่งจากการศึกษาของ Chashmidel et al. (2010) รายงานว่าการเสริมน้ำมันปลาทะเลในระดับ 4.5% ของสูตรอาหาร ทำให้เกิดกลิ่นซึ่งมีผลกระทบทำให้ปริมาณอาหารที่กินได้ของไถ่ลดลง ดังนั้นจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำหนักตัวของไถ่ในกลุ่มที่กินอาหารที่มี n-6:n-3 เท่ากับ 1:1 มีน้ำหนักตัวต่ำที่สุด และส่งผลให้ค่า FCR สูงที่สุดด้วย ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Ibrahim et al. (2017) ที่ได้ทำการปรับอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในอาหาร โดยใช้ Fish oil ร่วมกับ Sunflower oil และพบว่าไถ่ที่กินอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 เท่ากับ 1.5:1 มีน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มที่กินอาหารที่มีอัตราส่วน n-6:n-3 เท่ากับ 8:1 และ 4:1 ตามลำดับ และมีค่า FCR สูงกว่าอาหารที่มีอัตราส่วน n-6:n-3 เท่ากับ 4:1 แต่ต่ำกว่าอาหารที่มีอัตราส่วน n-6:n-3 เท่ากับ 8:1 ในขณะที่ Mandal et al. (2014) และ MI et al. (2014) รายงานว่าไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักตัว อาหารที่กินได้ และ FCR เมื่อมีการให้อาหารไถ่ที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ที่แตกต่างกัน

**ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อส่วนประกอบซากของไถ่เนื้อ**

ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อส่วนประกอบซากของไถ่เนื้อ แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหาร และระยะเวลาในการเสริม ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ( $P>0.05$ ) ในเรื่องของเปอร์เซ็นต์ซาก (carcass) เนื้ออก (breast meat) เนื้อขา (leg meat) และไขมันช่องท้อง (abdominal fat) และพบว่าอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ที่แตกต่างกันทั้ง 3 อัตราส่วน และระยะเวลาการเสริมทั้ง 2 ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวข้างต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ )

ตารางที่ 4.5 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อส่วนประกอบซากของไก่เนื้อ

<b>n-6:n-3</b>	<b>Period</b>	<b>Carcass<sup>1</sup></b>	<b>Breast meat<sup>2</sup></b>	<b>Leg meat<sup>3</sup></b>	<b>Abdominal fat</b>
	<b>(wk)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
10:1	0-6	74.52	19.03	19.01	1.48
	3-6	73.83	19.72	20.00	1.67
5:1	0-6	74.34	18.63	20.70	1.39
	3-6	74.09	19.25	19.38	1.52
1:1	0-6	73.66	18.01	19.30	1.35
	3-6	73.35	19.70	18.38	1.45
SEM		0.241	0.366	0.247	0.046
<b>n-6:n-3</b>					
10:1		74.19	19.38	19.51	1.58
5:1		74.22	18.96	20.00	1.45
1:1		73.52	18.86	18.80	1.40
<b>Period (wk)</b>					
	0 to 6	74.21	18.58	19.66	1.41
	3 to 6	73.79	19.55	19.29	1.55
<b>ANOVA</b>					
n-6:n-3		0.449	0.830	0.152	0.291
Period		0.387	0.187	0.454	0.115
n-6:n-3 x Period		0.925	0.816	0.105	0.913

Calculated as a percentage of live body weight.

<sup>1</sup>Carcass without neck, shank and giblets.

<sup>2</sup>Including pectoralis major and pectoralis minor.

<sup>3</sup>Including thigh and drumstick.

ผลการทดลองในครั้งนี้ สอดคล้องกับ Qi et al. (2010) ที่ได้ทำการทดลองในไก่พื้นเมืองของจีน โดยการปรับอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในอาหาร ตั้งแต่ 2.5:1 ถึง 30:1 และพบว่าในทุกอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในอาหาร ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ซาก เนื้ออก เนื้อสะโพก และไขมันช่องท้องมีความ

แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองในครั้งนี้ขัดแย้งกับ Ibrahim et al. (2017) ซึ่งพบว่า การเสริมอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ที่แตกต่างกัน จะส่งผลทำให้มีส่วนประกอบของซากไก่ เนื้อที่แตกต่างกันไปด้วย

### ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อ

ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อ แสดงในตารางที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ พบว่าอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในอาหาร และระยะเวลาในการเสริม ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ( $P>0.05$ ) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกและเนื้อสะโพก

เมื่อพิจารณาปัจจัยในเรื่องของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในอาหาร พบว่ามีผลทำให้ส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่ส่วนอก (breast meat) มีความแตกต่างกัน โดยพบว่าเมื่อไก่ได้รับอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 เท่ากับ 1:1 มีผลทำให้สัดส่วนของ n-6 PUFA โดยเฉพาะ LA (C18:2n-6) ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับไก่กลุ่มที่กินอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 เท่ากับ 5:1 และ 10:1 ตามลำดับ ( $P<0.001$ ) ในทางตรงกันข้าม สัดส่วนของ n-3 PUFA โดยเฉพาะ DHA (C22:6n-3) และ EPA (C20:5n-3) ในเนื้ออกของไก่ที่กินอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 เท่ากับ 1:1 มีสัดส่วนที่สูงกว่าไก่กลุ่มที่กินอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 เท่ากับ 5:1 และ 10:1 ตามลำดับ ( $P<0.001$ ) และส่งผลทำให้มีอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในเนื้ออกต่ำสุด เมื่อเทียบกับไก่กลุ่มที่กินอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 เท่ากับ 5:1 และ 10:1 ตามลำดับ ( $P<0.001$ )

เมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในอาหาร ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่ส่วนสะโพก (thigh meat) พบว่าให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับเนื้อส่วนอก ส่วนระยะเวลาที่ทำการเสริมทั้ง 2 ระยะ ไม่มีผลต่อส่วนประกอบของเนื้อไก่ส่วนอกและส่วนสะโพก ( $P>0.05$ )

เป็นที่ทราบกันดีว่าการเสริมกรดไขมันในอาหารนั้นสามารถที่จะไปปรับชนิดของกรดไขมันที่สะสมในเนื้อไก่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ว่ากลไกการสังเคราะห์และการสะสมกรดไขมันในสัตว์ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของกรดไขมันชนิดนั้น ๆ ที่สัตว์ได้รับจากอาหาร โดยจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเสริมแหล่งของ n-3 PUFA ในระดับที่สูงขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณของ n-3 PUFA ในเนื้อไก่สูงขึ้นตามไปด้วย (Lopez-Ferrer et al., 2001; Bou et al., 2004; Farhoomand and Checaniazzer, 2009; Saleh et al., 2009; Morales-Barrera et al., 2013) ซึ่งถือเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อไก่จากเดิมให้มีการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 เพิ่มสูงขึ้น และส่งผลให้อัตราส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ลดลงให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

ผลการทดลองในครั้งนี้ สอดคล้องกับ Mandal et al. (2014) ที่ได้รายงานว่าการเสริมอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในอัตราส่วนที่ต่ำ จะส่งผลให้ n-3 PUFA ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่เนื้อที่มีปริมาณที่สูงขึ้น และทำให้อัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 PUFA ในเนื้อไก่ลดลง นอกจากนี้ Ibrahim et al. (2017) ได้ใช้ Fish oil หรือ Linseed oil ร่วมกับ Sunflower oil ในการปรับอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในอาหาร โดยพบว่าอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในอาหารที่ต่ำลง จะส่งผลให้ปริมาณของ n-3 PUFA ในเนื้ออกสูงขึ้น และมีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในเนื้ออกลดลงด้วย แต่อย่างไรก็ตาม Zelenka et al. (2008) พบว่าการเสริมแหล่งอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลให้ n-6 PUFA, n-3 PUFA และ n-6:n-3 ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกมีปริมาณที่ต่างกัน ในการทดลองครั้งนี้พบว่าอัตราส่วนของ n-6:n-3 ในเนื้อไก่มีอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกับอัตราส่วนที่มีอยู่ในอาหาร โดยพบว่ามีอัตราส่วน 10.07, 6.31 และ 2.24 ในเนื้ออก และมีอัตราส่วน 11.02, 5.96 และ 2.55 ในเนื้อสะโพก



ตารางที่ 4.6 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออก

n-6:n-3	Period (wk)	Fatty acid composition (% of total FA)										
		C18:2n-6	C20:4n-6	C18:3n-3	C20:5n-3	C22:6n-3	SFA	MUFA	PUFA	n-6	n-3	n-6:n-3
10:1	0-6	40.10	0.89	0.28	0.84	3.35	25.96	28.58	45.47	41.00	4.47	10.25
	3-6	38.94	1.25	0.28	0.95	3.05	25.48	30.04	44.48	40.20	4.28	9.86
5:1	0-6	34.91	1.51	0.19	1.50	6.52	27.49	27.87	44.64	36.42	8.21	5.69
	3-6	36.89	0.49	0.26	1.27	4.52	26.13	30.45	43.42	37.38	6.04	6.93
1:1	0-6	27.81	1.49	0.29	2.87	10.40	28.69	28.44	42.87	29.30	13.57	2.23
	3-6	28.77	1.92	0.28	2.18	11.29	28.34	27.22	44.44	30.69	13.75	2.25
SEM		0.984	0.188	0.018	0.158	0.660	0.517	0.378	0.526	0.908	0.794	0.794
<b>n-6:n-3</b>												
10:1		39.57 <sup>a</sup>	1.05	0.28	0.89 <sup>c</sup>	3.22 <sup>c</sup>	25.74 <sup>b</sup>	29.24	45.02	40.63 <sup>a</sup>	4.38 <sup>c</sup>	10.07 <sup>a</sup>
5:1		35.90 <sup>b</sup>	1.00	0.22	1.38 <sup>b</sup>	5.52 <sup>b</sup>	26.81 <sup>ab</sup>	29.16	44.03	36.90 <sup>b</sup>	7.13 <sup>b</sup>	6.31 <sup>b</sup>
1:1		28.34 <sup>c</sup>	1.73	0.29	2.49 <sup>a</sup>	10.90 <sup>a</sup>	28.50 <sup>a</sup>	27.76	43.74	30.07 <sup>c</sup>	13.67 <sup>a</sup>	2.24 <sup>c</sup>
<b>Period (wk)</b>												
0-3		35.10	1.35	0.25	1.60	6.29	27.20	28.31	44.50	36.35	8.14	6.59
3-6		34.37	1.22	0.27	1.47	6.29	26.65	29.24	44.11	36.09	8.02	6.35
<b>ANOVA</b>												
n-6:n-3		<0.001	0.236	0.294	<0.001	<0.001	0.092	0.221	0.592	<0.001	<0.001	<0.001
Period (wk)		0.910	0.744	0.582	0.660	0.998	0.604	0.223	0.721	0.887	0.941	0.881
n-6:n-3 × Period		0.437	0.213	0.669	0.155	0.180	0.910	0.103	0.553	0.587	0.390	0.833

<sup>a,b,c</sup> Means with differing superscripts in the same row are significantly different ( $P<0.05$ ).

ตารางที่ 4.7 ผลของอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหาร และระยะเวลาการให้อาหาร ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพก

n-6:n-3	Period (wk)	Fatty acid composition (% of total FA)										
		C18:2n6	C20:4n6	C18:3n3	C20:5n3	C22:6n3	SFA	MUFA	PUFA	n-6	n-3	n-6:n-3
10:1	0-42	41.92	0.42	0.75	0.69	2.49	22.75	30.96	46.28	42.34	3.93	11.31
	21-42	40.55	0.41	0.75	0.80	2.37	23.60	31.53	44.86	40.95	3.91	10.73
5:1	0-42	38.15	0.39	0.73	1.73	5.42	24.34	29.25	46.41	38.54	7.87	5.08
	21-42	38.65	0.39	0.70	1.43	3.99	23.71	31.13	45.16	39.04	6.11	6.55
1:1	0-42	27.30	0.27	0.52	3.08	9.94	28.55	30.33	41.12	27.58	13.54	2.13
	21-42	31.91	0.32	0.57	2.47	7.96	26.19	30.58	43.23	32.23	11.00	2.96
SEM		0.973	0.010	0.022	0.168	0.541	0.428	0.312	0.571	0.983	0.689	0.688
<b>n-6:n-3</b>												
10:1		41.23 <sup>a</sup>	0.42 <sup>a</sup>	0.75 <sup>a</sup>	0.75 <sup>c</sup>	2.43 <sup>c</sup>	23.18 <sup>b</sup>	31.24	45.57 <sup>a</sup>	41.65 <sup>a</sup>	3.92 <sup>c</sup>	11.02 <sup>a</sup>
5:1		38.45 <sup>b</sup>	0.39 <sup>b</sup>	0.71 <sup>a</sup>	1.55 <sup>b</sup>	4.56 <sup>b</sup>	23.96 <sup>b</sup>	30.38	45.66 <sup>a</sup>	38.84 <sup>b</sup>	6.82 <sup>b</sup>	5.96 <sup>b</sup>
1:1		29.61 <sup>c</sup>	0.30 <sup>c</sup>	0.54 <sup>b</sup>	2.77 <sup>a</sup>	8.95 <sup>a</sup>	27.37 <sup>a</sup>	30.45	42.18 <sup>b</sup>	29.91 <sup>c</sup>	12.27 <sup>a</sup>	2.55 <sup>c</sup>
<b>Period (wk)</b>												
0-3		36.04	0.36	0.67	1.76	5.76	25.11	30.29	44.59	36.41	8.19	6.59
3-6		37.34	0.38	0.68	1.51	4.58	24.40	31.11	44.49	37.71	6.77	6.97
<b>ANOVA</b>												
n-6:n-3		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.450	0.015	<0.001	<0.001	<0.001
Period (wk)		0.515	0.501	0.846	0.468	0.286	0.421	0.197	0.928	0.516	0.314	0.791
n-6:n-3 × Period		0.005	0.003	0.598	0.135	0.201	0.065	0.561	0.318	0.005	0.162	0.282

<sup>a,b,c</sup> Means with differing superscripts in the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ).



## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 บทสรุป

ในไก่ไข่ การลดอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ลงไปถึงอัตราส่วน 1:1 สามารถลดอัตราส่วนของกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้ในไข่แดงลงได้ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกับในอาหาร และมีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่สูงที่สุด แต่ส่งผลกระทบต่อการกินได้ของไก่ไข่ ที่ส่งผลต่อเนื่องกับสมรรถนะการผลิตที่ทำให้ผลผลิตไข่ไก่ลดลง รวมไปถึงน้ำหนักไข่ไก่ที่ลดลงด้วย ดังนั้นการลดอัตราส่วนกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหารเป็น 5:1 จึงมีความเหมาะสมกว่า แม้จะมีปริมาณกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในไข่แดงที่ต่ำกว่า แต่ไข่ไก่ที่ได้ยังมีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในไข่ไก่ประมาณ 5:1 และยังไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพของไข่ไก่

ในไก่เนื้อ ระยะเวลาในการให้อาหารไม่มีผลต่อทุกพารามิเตอร์ที่ศึกษา และสามารถสรุปได้ว่าอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอัตราส่วน 1:1 มีผลในการลดอัตราส่วนของกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้ในเนื้อไก่ แต่ขณะเดียวกันก็ไปลดสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อด้วย ดังนั้นการลดอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในอาหารเป็น 5:1 จึงมีความเหมาะสมในการผลิตเนื้อไก่ที่มีอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ในเนื้อไก่ประมาณ 5:1 โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และระยะเวลาที่ใช้ในการเสริมสามารถใช้ได้ในช่วง 3-6 สัปดาห์ (3 สัปดาห์ก่อนเชือด)

## เอกสารอ้างอิง

- พรทิพย์ แซ่เตีย. 2537. การศึกษาเบื้องต้นในการใช้เศษเหลือของอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋องเพื่อผลิตน้ำมันปลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยูเรศ สัจวารภรณ์. 2537. ผลการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดงและสมรรถภาพการผลิตของไข่ไก่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2561. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [www.oae.go.th](http://www.oae.go.th).
- Alimohammadi Saraee, M. H., Seidavi, A., Dadashbeiki, M., Laudadio, V. and Tufarelli, V. 2015. Supplementing fish oil and green tea (*Camellia sinensis*) powder in broiler diet: Effects on productive performance. ROAVS. 5: 1-5.
- Anderson, G. J., Connor, W. E., Corliss, J. D. and Lin, D. S. 1989. Rapid modulation of the (n-3) docosahexaenoic acid levels in the brain and retina of the newly hatched chick. J. Lipid Res. 30: 443-441.
- Ao, T., Macalintal, L. M., Paul, M. A., Pescatore, A. J., Cantor, A. H., Ford, M. J., Timmons, B. and Dawson, K. A. 2015. Effects of supplementing microalgae in laying hen diets on productive performance, fatty-acid profile, and oxidative stability of eggs. J. Appl. Poult. Res. 24: 394-400.
- Ayerza, R. and Coates, W. 1999. An  $\omega$ -3 fatty acid enriched chia diet: Influence on egg fatty acid composition, cholesterol and oil content. . Can. J. Agric. Sci. 79: 53-58.
- Ayerza, R., Coates, W. and Lauria, M. 2002. Chia seed (*Salvia hispanica L.*) as an omega-3 fatty acid source for broilers: influence on fatty acid composition, cholesterol and fat content of white and dark meats, growth performance, and sensory characteristics. J Poult. Sci. 81: 826-837.
- Baucells M. D., Crespo N., Barroeta A. C., Lopez-Ferrer S. and Grashorn M. A. 2000. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. J Poult. Sci. 79: 51-59.
- Basmacioglu, H., Cabuk, M., Unal, K., Ozkan, K., Akkan, S. and Yalcin, H. 2003. Effects of dietary fish oil and flax seed oil on cholesterol and fatty acid composition of egg yolk and blood parameters of laying hen. South Afri. J. Anim. Sci. 33: 266-273.

- Bauer, R., Plieschnig, J. A., Finkes, T., Riegler, B., Hermann, M. and Schneider, W. J. 2013. The developing chicken yolk sac acquires nutrient transport competence by an orchestrated differentiation process of its endodermal epithelial cells. *J. Biol. Chem.* 288: 1088-1098.
- Bou, R., Guardiola, F., Tres, A., Barroeta, A. and Codony, R. 2004. Effect of dietary fish oil,  $\alpha$ -tocopheryl acetate, and zinc supplementation on the composition and consumer acceptability of chicken meat. *J. Poult. sci.* 83: 282-292.
- Budowski, P. and Crawford, M. A. 1986. Effect of dietary linoleic acid and  $\alpha$ -linolenic acids on the fatty acid composition of brain lipids in the young chick. *Prog. Lipid Res.* 25: 615-618.
- Burdge, G. C. and Calder, P. C. 2005. Conversion of  $\alpha$ -linolenic acid to longer-chain polyunsaturated fatty acids in human adults. *Reprod. Nutr. Dev.* 45: 581-597.
- Cachaldora, P., Garca-Rebollar, P., Alvarez, C., De Blas, J. C. and Mndez, J. 2006. Effect of type and level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acids retention efficiency in laying hens. *Br. J. Poult. Sci.* 47: 43-49.
- Cachaldora, P., Garca-Rebollar, P., Alvarez, C., De Blas, J. C. and Mndez, J. 2008a. Effect of type and level of basal fat and level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acids deposition efficiency in laying hens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 141: 104-114.
- Cachaldora, P., Garca-Rebollar, P., Alvarez, C. and De Blas. 2008b. Double enrichment of chicken eggs with conjugated linoleic acid and n-3 fatty acids through dietary fat supplementation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 144: 315-326.
- Chashnidel, Y., Moravej, H., Towhidi, A., Asadi, F. and Zeinodini, S. 2010. Influence of different levels of n-3 supplemented (fish oil) diet on performance, carcass quality and fat status in broilers. *Afr. J. Biotechnol.* 9: 687-691.
- Chen, W., Jiang, Y. Y, Wang, J. P., Yan, B. X., Huang, Y. Q. and Wang, Z. X. 2015. Effect of flaxseed on the fatty acid profile of egg yolk and antioxidant status of their neonatal offspring in Huoyan geese. *Animal* 9: 1749-1755.
- Cherian, G., Traber, M., Goeger, M. and Leonard, S. 2007. Conjugated linoleic acid and fish oil in laying hen diets: Effects on egg fatty acids, thiobarbituric acid reactive substances, and tocopherols during storage. *J. Poult. Sci.* 86: 953-958.
- Cherian, G. 2008. Egg quality and yolk polyunsaturated fatty acid status in relation to broiler breeder hen age and dietary n-3 oils. *Poult. Sci.* 1131-1137.

- Coorey, R., Novinda, A., Williams, H. and Jayasena, V. 2015. Omega 3 fatty acid profile of eggs from laying hens fed diets supplemented with chia, fish oil, and flaxseed. *J. Food Sci.* 80: 180-187.
- Cranmer-Byng, M. M., Liddle, D. M., De Boer, A. A., Monk, J. M. and Robinson, L. E. 2015. Proinflammatory effects of arachidonic acid in alipopolysaccharide-induced inflammatory microenvironment in 3T3-L1 adipocytes in vitro. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 40: 142–154.
- Duan, Y., Li, F., Li, L. , Fan, J., Sun, X. and Yin, Y. 2014. n-6: n-3 PUFA ratio is involved in regulating lipid metabolism and inflammation in pigs. *Br. J. Nutr.* 111: 445-451.
- Eaton, S. B. and Konner, M. 1985. Paleolithic nutrition: A consideration of its nature and current implication. *New. Engl. J. Med.* 312: 283-289.
- Farhoomand, P. and Checaniazer, S. 2009. Effects of graded levels of dietary fish oil on the yield and fatty acid composition of breast meat in broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.* 18: 508-513.
- Folch, J., Lees, M., and Sloane-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509.
- Fraeye, I., Charlotte, B., Charlotte, L., Johan, B., Koenraad, M. and Imogen, F. 2012. Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acids: A review. *Food Res. Int.* 48: 961-969.
- Garcia-Rebollar-Rebollar, P., Cachaldora, P., Alvarez, C., De Blas, C. and Mendez, J. 2008. Effect of the combined supplementation of diets with increasing levels of fish and linseed oils on yolk fat composition and sensorial quality of eggs in laying hens. *J. Anim Sci.* 140: 337-348.
- Gillingham, L. 2013. The metabolic fate of alpha linolenic acid (ALA). *Integr Healthc Pract Mag.* 7: 72-80.
- Gonzalez-Esquerria, R. and Leeson, S. 2000. Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *J. Poult. Sci.* 79: 1597-1602.
- Haz, L., Arringa, M. D., Cambero, I. and Ordonez, J. A. 2004. Development of an n-3 fatty acid and  $\alpha$ -tocopherol enriched dry fermented sausage. *Meat Sci.* 67: 485-495.
- Ibrahim, D., El-Sayed, R., Khater, S. I., Said, E.N. and El-Mandrawy, S. A. 2017. Changing dietary n-6:n-3 ratio using different oil sources affects performance, behavior, cytokines mRNA expression and meat fatty acid profile of broiler chickens. *Anim. Nutr.* 4: 44-51.

- Kinsella, E. J. 1990. Sources of omega-3 fatty acid in human diets. pp. 157-200. In Lee, S. R., and Karel, M. (eds). Omega-3 fatty acid in health and disease. Marcel Dekker. Inc. New York.
- Koppenol, A., Delezie, E., Aerts, J., Willems, E., Wang, Y., Franssens, L., Everaert, N. and Buyse, J. 2014. Effect of the ratio of dietary n-3 fatty acids eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on broiler breeder performance, egg quality, and yolk fatty acid composition at different breeder ages. *J. Poult. Sci.* 93: 564-573.
- Kralik, G. Skrtic, Z., Suchy, P., Strakova, E. and Gajcevic, Z. 2008. Feeding fish oil and linseed oil to laying hens to increase the n-3 PUFA of egg yolk. *Acta Vet. Brno.* 77: 561-568.
- Kris-Etherton, P. M., Harris, W. S. and Appel, L. J. 2002. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation.* 106: 2747-2757.
- Lawlor, J., Gaudette, N., Dickson, T. and House, J. 2010. Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs from laying hens fed diets containing microencapsulated fish oil. *Anim. Feed Sci. Technol.* 156: 97-103
- Lopez-Ferrer, S., Baucells, M. D., Barroeta, A. C., Galobart, J. and Grashorn, M. A. 2001. Omega-3 enrichment of chicken meat. 2. Use of precursors of long-chain polyunsaturated fatty acids: Linseed oil. *J. Poult. Sci.* 80: 753-761.
- Mandal, G., Ghosh, T. and Patra, A. 2014. Effect of different dietary n-6 to n-3 fatty acid ratios on the performance and fatty acid composition in muscles of broiler chickens. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 27: 1608-1614.
- Mazalli, M., Faria, D., Salvador, D. and Ito, D. 2004. A comparison of the feeding value of different sources of fats for laying hens : 1. Performance characteristics. *J. Appl. Poult. Res.* 13: 274-279.
- Metcalf, L. D., Schmitz, A. A. and Pelka, J. R. 1966. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.* 38: 514-515.
- MI, El-K., ME, El-K., MA, S. and AH, EL-G. 2014. Effect of dietary omega-3 to omega-6 ratio on growth performance, immune response, carcass traits and meat fatty acids profile of broiler chickens. *J. Poult. Sci.* 2: 71-94.
- Morales-Barrera, J. E., Gonzalez-Alcorta, M. J., Castillo-Dominguez, R. M., Prado-Rebolledo, O. F., Vazquez, J. L., Hernandez-Velasco, X., Tellez, G., Menconi, A., Hargis, B. M. and Carrillo-Dominguez, S. 2013. Effect of time and fatty acid composition in eggs of white leghorn hens supplemented with tuna oil. *FNS.* 4: 39-44.

- NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. National Academy Press, Washington, DC.
- Oliveira, D., Baião, N., Cançado, S., Grimaldi, R., Souza, M., Lara, L. and Lana, A. Q. 2010. Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. *J. Poult. Sci.* 89: 2484-2490.
- Pandalai, P. K., Pilat, M. J., Yamazaki, K., Naik, H. and Pienta, K. J. 1996. The effects of omega-3 and omega-6 fatty acid on in vitro prostate cancer growth. *Anticancer Res.* 16: 815-820.
- Patterson, E., Wall, R., Fitzgerald, G., Ross, R. and Stanton, C. 2012. Health implications of high dietary omega-6 polyunsaturated fatty acids. *J. Nutr. Metab.* 1-16.
- Pilevar, M., Arshami, J., Golian, A. and Basami, M. R. 2011. Effects of dietary n-6:n-3 ratio on immune and reproductive systems of pullet chicks. *J. Poult. Sci.* 90: 1758-1766.
- Poureslami, R., Raes, K., Huyghebaert, G., Batal, A. B. and De Smet, S. 2012. Egg yolk fatty acid profile in relation to dietary fatty acid concentrations. *J. Sci. Food Agric.* 92: 366-372.
- Qi, K., Chen, J., Zhao, G., Zheng, M. and Wen, J. 2010. Effect of dietary  $\omega_6/\omega_3$  on growth performance, carcass traits, meat quality and fatty acid profiles of Beijing-you chicken. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 94: 474-485.
- Sadeghi, A. A., Irvani, H., Karimi-Torshizi, M. and Chamani, M. 2012. Fatty acids profiles in meat of broiler chicks fed diet containing corn oil switched to fish oil at different weeks of age. *WASJ.* 18: 159-165.
- Saleh, H., Rahimi, Sh. and Karimi Torshizi, M. A. 2009. The effect of diet that contained fish oil on performance, serum parameters, the immune system and the fatty acid composition of meat in broilers. *Int. J. Vet. Res* 3: 69-75.
- Shafey, T. M., Al-Batshan, H. A. and Farhan, A. M. S. 2015. The Effect of dietary flaxseed meal on liver and egg yolk fatty acid profiles, immune response and antioxidant status of laying hens. *Ital. J. Anim. Sci.* 14: 428-435.
- Simopoulos A.P. 2002. The importance of the omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed. Pharmacol.* 56: 365-379.
- Simopoulos A.P. 2006. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic disease. *Biomed. Pharmacol.* 60: 502-507.
- SPSS. 2004. User's Guide, Version 16.0 SPSS Inc., Chicago, IL.
- Stansby, M. E. 1990. Fish oil in nutrition. Van Nos Strand Reinhold. New York. 313.
- Temple, N. J. 1996. Dietary fats and coronary heart disease. *Biomed. Pharmacol.* 50: 261-268.

- Wijendran, V. and Hayes, K. C. 2004. Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. *Annu. Rev. Nutr.* 24: 597-615.
- Yin, J., Lee, K. Y., Kim, J. K. and Kim, I. H. 2017. Effects of different n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids ratio on reproductive performance, fecal microbiota and nutrient digestibility of gestation-lactating sows and suckling piglets. *Anim. Sci. J.* 88: 1744-1752.
- Zelenka, J., Jarošová, A. and Schneiderová, D. 2008. Influence of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids on sensory characteristics of chicken meat. *Czech J. Anim. Sci.* 53: 299-305.
- Zolisch, W., Knaus, W., Aichinger, F. and Lettner, F. 1996. Effects of different dietary fat sources on performance and carcass characteristics of broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 66: 63-73.



## ประวัตินักวิจัย

### หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ - สกุล: นายวิฑูรย์ โมฬี (Mr. Wittawat Molee)

หมายเลขบัตรประชาชน: 3 3001 01156 91 1

วัน เดือน ปีเกิด: 9 พฤศจิกายน 2512

ตำแหน่งปัจจุบัน: อาจารย์

หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้:

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-224373 โทรสาร 044-224376 E- mail: [wittawat@sut.ac.th](mailto:wittawat@sut.ac.th)

### ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วท.บ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) สาขาสัตวศาสตร์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี พ.ศ. 2534

ปริญญาโท วท.ม. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ปี พ.ศ. 2537

ปริญญาเอก Ph.D. (Qualité et sécurité des aliments) สถาบัน Institut National Polytechnique de  
Toulouse (INPT) ประเทศฝรั่งเศส ปี พ.ศ. 2549

### สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ

1. โภชนศาสตร์สัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง (Non-ruminant Nutrition)
2. การผลิตสัตว์ปีก (Poultry production)
3. การผลิตสุกร (Swine Production)

### ผลงานวิจัยตีพิมพ์

#### ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในฐานข้อมูล Scopus

Hang, T.T.T., Molee, W., and Khempaka, S. 2018. Linseed oil or tuna oil supplementation in slow-growing chicken diets: Can their meat reach the threshold of a “high in n-3 polyunsaturated fatty acids” product? J. Appl. Poult. Res. (In press)

Khempaka, S., Maliwan, P., Okrathok, S., and Molee, W. 2018. Digestibility, productive performance, and egg quality of laying hens as affected by dried cassava pulp replacement with corn and enzyme supplementation. Trop. Anim. Health Pro. (In press)



- Okkrathok, S., Parsi, R., Thongkratok, R., **Molee, W.**, and Khempaka, S. 2018. Effects of cassava pulp fermented with *Aspergillus oryzae* as a feed ingredient substitution in laying hen diets. *J. Appl. Poult. Res.* 27: 188-197.
- Hang, T.T.T., **Molee, W.**, Khempaka, S., and Paraksa, N. 2018. Supplementation with curcuminoids and tuna oil influenced skin yellowness, carcass composition, oxidation status and meat fatty acids of slow-growing chickens. *Poult. Sci.* 97: 901-909.
- Maliwan, P., Khempaka, S., and **Molee, W.** 2017. Evaluation of various feeding programmes on growth performance, carcass and meat qualities of Thai indigenous crossbred (50%) chickens. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 47 (1): 16-25.
- Khempaka, S., Hokking, L., and **Molee, W.** 2016. Potential of dried cassava pulp as an alternative energy source for laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 25: 359-369.
- Sutisa Khempaka, Ruthairat Thongkratok, Supattra Okkrathok, and **Wittawat Molee.** 2014. An evaluation of cassava pulp feedstuff fermented with *A. oryzae* on growth performance, nutrient digestibility and carcass quality of broilers. *J. Poult. Sci.* 51: 71-79.
- Khempaka, S., Pudpila, U., and **Molee, W.** 2013. Effect of dried peppermint (*Mentha cordifolia*) on growth performance, nutrient digestibility, carcass traits, antioxidant properties, and ammonia production in broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 22: 904-912.
- Paphapin Puttaraksa, **Wittawat Molee,** and Sutisa Khempaka. 2012. Meat quality of Thai indigenous chickens raised indoors or with outdoor access. *J. Anim. Vet. Adv.* 11 (7): 975-978.
- Khempaka, S., Okkrathok, S., Hokking, L., Thukhanon, B., and **Molee, W.** 2011. Influence of Supplemental Glutamine on Nutrient Digestibility and Utilization, Small Intestinal Morphology and Gastrointestinal Tract and Immune Organ Development of Broiler Chickens. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 80: 606-608.
- Molee, W.**, Puttaraksa, P., Pitakwong, S., and Khempaka, S. 2011. Performance, Carcass Yield, Hematological Parameters, and Feather Pecking Damage of Thai Indigenous Chickens Raised Indoors or with Outdoor Access. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 80: 646-649.
- Khempaka, S., Chitsatchapong, C., and **Molee, W.** 2011. Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 20: 1-11.

Ruthairat Thongkratok, Sutisa Khempaka, and **Wittawat Molee**. 2010. Protein enrichment of cassava pulp using microorganisms fermentation techniques for use as an alternative animal feedstuff. *J. Anim. Vet. Adv.* 9 (22): 2859-2862.

Khempaka, S., **Molee, W.**, and Guillaume, M. 2009. Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: Effect on growth performance, carcass traits, digestive organs and nutrient digestibility. *J. Appl. Poult. Res.* 18: 487-493.

**Molee, W.**, Bouillier-Oudot, M., Auvergne, A., and Babilé, R. 2005. Changes in lipid composition of hepatocyte plasma membrane induced by overfeeding in duck. *Comp. Biochem. Physiol., B.* 141: 437-444.

#### ผลงานวิจัยตีพิมพ์อื่น ๆ

วิฑฐวัช โมฬี เฉลิมชัย หอมตา และเมธา ทองสุก. 2545. ผลของการใช้รำสกัดน้ำมันในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ. *วารสารเทคโนโลยีสุรนารี* 9:190-196.

จรรณี จิตสังฆพงศ์ วิฑฐวัช โมฬี และสุทิสสา เข้มพะกา. 2552. ผลของการเสริมเปลือกกุ้งป่นในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และการตอบสนองภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อ. *วารสารแก่นเกษตร.* 37 (4): 331-338.

เอกพล พูนชัย สุทิสสา เข้มพะกา วิฑฐวัช โมฬี และจักร์ โนจากุล. 2553. บทบาทของกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน และการพัฒนาระบบทางเดินอาหารสุกรหย่านม. *วารสารแก่นเกษตร.* 38 (1): 39-46.

พชรพล พะศรี, สุภัตรา โอกระโทก, เมธิษา ศิริโสภภาพงษ์, อภรณ์ คิมเข้ม, วิฑฐวัช โมฬี, อมรรัตน์ โมฬี, ประพจน์ มะลิวัลย์, Nadine Gerard, Pascal Mermillod และสุทิสสา เข้มพะกา. 2561. ผลของระดับพลังงาน วิตามินซี วิตามินอี และซีลีเนียมในอาหารแม่ไก่ต่อสมรรถนะการผลิตระยะเวลาการมีชีวิตรอดของอสุจิ และการต้านอนุมูลอิสระในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่. *วารสารแก่นเกษตร.* 46 (1): 63-72.

Pudpila, U., Khempaka, S., **Molee, W.**, and Hormta, C. 2011. Comparison of distillation methods of *Mentha cordifolia* Opiz. essential oil on antibacterial activity for application use in animal feeds. *J. Agri. Sci. and Tech.* A 1: 1336-1340.

## ผู้ร่วมโครงการวิจัย (1)

ชื่อ - สกุล: นางสาวสุทิสรา เข้มพะกา (Miss Sutisa Khempaka)

หมายเลขบัตรประชาชน: 3 3201 01126 85 7

วัน เดือน ปีเกิด: 14 กันยายน 2518

ตำแหน่งปัจจุบัน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้:

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-224572 โทรสาร 044-224376 E- mail: [khempaka@sut.ac.th](mailto:khempaka@sut.ac.th)

## ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วท.บ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) สาขาสัตวศาสตร์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปี พ.ศ. 2541

ปริญญาโท วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ปี พ.ศ. 2545

ปริญญาเอก Ph.D. (Agricultural Science) สถาบัน Gifu University ประเทศญี่ปุ่น ปี พ.ศ. 2549

## สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ

1. โภชนศาสตร์สัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง (Non-ruminant Nutrition)
2. การผลิตสัตว์ปีก (Poultry production)
3. การผลิตสุกร (Swine Production)

## ผลงานวิจัยตีพิมพ์

### ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในฐานข้อมูล Scopus

Hang, T.T.T., Molee, W., and **Khempaka, S.** 2018. Linseed oil or tuna oil supplementation in slow-growing chicken diets: Can their meat reach the threshold of a “high in n-3 polyunsaturated fatty acids” product? J. Appl. Poult. Res. (In press)

**Khempaka, S.**, Maliwan, P., Okrathok, S., and Molee, W. 2018. Digestibility, productive performance, and egg quality of laying hens as affected by dried cassava pulp replacement with corn and enzyme supplementation. Trop. Anim. Health Pro. (In press)

Okrathok, S., Parsi, R., Thongkratok, R., Molee, W., and **Khempaka, S.** 2018. Effects of cassava pulp fermented with *Aspergillus oryzae* as a feed ingredient substitution in laying hen diets. J. Appl. Poult. Res. 27: 188-197.

- Hang, T.T.T., Molee, W., **Khempaka, S.**, and Paraksa, N. 2018. Supplementation with curcuminoids and tuna oil influenced skin yellowness, carcass composition, oxidation status and meat fatty acids of slow-growing chickens. *Poult. Sci.* 97: 901-909.
- Maliwan, P., **Khempaka, S.**, and Molee, W. 2017. Evaluation of various feeding programmes on growth performance, carcass and meat qualities of Thai indigenous crossbred (50%) chickens. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 47 (1): 16-25.
- Khempaka, S.**, Hokking, L., and Molee, W. 2016. Potential of dried cassava pulp as an alternative energy source for laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 25: 359-369.
- Sutisa Khempaka**, Ruthairat Thongkratok, Supattra Okrathok, and Wittawat Molee. 2014. An evaluation of cassava pulp feedstuff fermented with *A. oryzae* on growth performance, nutrient digestibility and carcass quality of broilers. *J. Poult. Sci.* 51: 71-79.
- Khempaka, S.**, Pudpila, U., and Molee, W. 2013. Effect of dried peppermint (*Mentha cordifolia*) on growth performance, nutrient digestibility, carcass traits, antioxidant properties, and ammonia production in broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 22: 904-912.
- Paphapin Puttaraksa, Wittawat Molee, and **Sutisa Khempaka**. 2012. Meat quality of Thai indigenous chickens raised indoors or with outdoor access. *J. Anim. Vet. Adv.* 11 (7): 975-978.
- Khempaka, S.**, Okrathok, S., Hokking, L., Thukhanon, B., and Molee, W. 2011. Influence of Supplemental Glutamine on Nutrient Digestibility and Utilization, Small Intestinal Morphology and Gastrointestinal Tract and Immune Organ Development of Broiler Chickens. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 80: 606-608.
- Molee, W., Puttaraksa, P., Pitakwong, S., and **Khempaka, S.** 2011. Performance, Carcass Yield, Hematological Parameters, and Feather Pecking Damage of Thai Indigenous Chickens Raised Indoors or with Outdoor Access. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 80: 646-649.
- Khempaka, S.**, Chitsatchapong, C., and Molee, W. 2011. Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 20: 1-11.

Ruthairat Thongkratok, **Sutisa Khempaka**, and Wittawat Molee. 2010. Protein enrichment of cassava pulp using microorganisms fermentation techniques for use as an alternative animal feedstuff. *J. Anim. Vet. Adv.* 9 (22): 2859-2862.

**Khempaka, S.**, Molee, W., and Guillaume, M. 2009. Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: Effect on growth performance, carcass traits, digestive organs and nutrient digestibility. *J. Appl. Poult. Res.* 18:487-493.

**Khempaka, S.**, Koh, K., and Karasawa, Y. 2006. Effect of shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. *J. Poult. Sci.* 43: 250-254.

**Khempaka, S.**, Mochizuki, M., Koh, K., and Karasawa, Y. 2006. Effect of chitin in shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. *J. Poult. Sci.* 43: 339-343.

#### ผลงานวิจัยตีพิมพ์อื่น ๆ

จรรณี จิตส์ัจจงพงศ์, วิทวิช โมพี และสุทิสรา เข้มพะกา. 2552. ผลของการเสริมเปลือกกุ้งป่นในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และการตอบสนองภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อ. *วารสารแก่นเกษตร.* 37 (4): 331-338.

เอกพล พูนชัย, สุทิสรา เข้มพะกา, วิทวิช โมพี และจักร์ โนจากุล. 2553. บทบาทของกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน และการพัฒนาระบบทางเดินอาหารสุกรหย่านม. *วารสารแก่นเกษตร.* 38 (1): 39-46.

เพชรพล พะศรี, สุภัตรา โอกระโทก, เมริษา ศิริโสภางษ์, อภรณ์ คิมเข้ม, วิทวิช โมพี, อมรรัตน์ โมพี, ประพนธ์ มะลิวัลย์, Nadine Gerard, Pascal Mermillod และสุทิสรา เข้มพะกา. 2561. ผลของระดับพลังงาน วิตามินซี วิตามินอี และซีลีเนียมในอาหารแม่ไก่ต่อสมรรถนะการผลิตระยะเวลาการมีชีวิตรอดของอสุจิ และการต้านอนุมูลอิสระในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่. *วารสารแก่นเกษตร.* 46 (1): 63-72.

Pudpila, U., **Khempaka, S.**, Molee, W., and Hormta, C. 2011. Comparison of distillation methods of *Mentha cordifolia* Opiz. essential oil on antibacterial activity for application use in animal feeds. *J. Agri. Sci. and Tech.* A 1: 1336-1340.

## ผู้ร่วมโครงการวิจัย (2)

ชื่อ - สกุล: นายเฉลิมชัย หอมตา (Mr. Chalermchai Hormta)

หมายเลขบัตรประชาชน: 3 3099 00123 00 1

วัน เดือน ปีเกิด: 6 มกราคม 2513

ตำแหน่งปัจจุบัน: นักวิชาการเกษตร

หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้:

ฟาร์มมหาวิทยาลัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-225001 โทรสาร 044-225001 E- mail: [chalee42@sut.ac.th](mailto:chalee42@sut.ac.th)

## ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วท.บ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปริญญาโท วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## ประสบการณ์และการศึกษาดูงาน

1. การจัดการด้านสัตว์ปีก (ไก่เนื้อ ไก่ไข่ ไก่พื้นเมือง ฯลฯ)
2. ผู้สอนปฏิบัติการ วิชา Poultry Production และ วิชา General Farm Practicum
3. ได้รับทุนเข้าร่วมอบรมหลักสูตร Training Course on Livestock Production ณ กรุงโซล ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี 1 เมษายน – 20 พฤษภาคม 2543
4. ผ่านการอบรมหลักสูตร “นักสัตวบาลศาสตร์ รุ่นที่ 3” ได้รับการรับรองจากสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย ปี 2552
5. เป็นวิทยากรอบรมด้านการผลิตสัตว์ปีก

## ผลงานวิจัยตีพิมพ์

วิทรวัช โมพี เฉลิมชัย หอมตา และเมธา ทองสุก. 2545. ผลของการใช้รากต้มน้ำมันในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี 9:190-196.

Pudpila, U., Khempaka, S., Molee, W., and Hormta, C. 2011. Comparison of distillation methods of *Mentha cordifolia* Opiz. essential oil on antibacterial activity for application use in animal feeds. J. Agri. Sci. and Tech. A 1:1336-1340.