

ผลของการเสริมเมล็ดลินสีดต่อคุณภาพเนื้อและองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อสุกร
Effect of linseed supplementation on meat quality and fatty acid composition in pork

ศราวุธ ไชยหงษ์คำ

Sarawut Chaihongkham

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมเมล็ดลินสีดต่อคุณภาพเนื้อและองค์ประกอบไขมันในเนื้อสุกร โดยทำการศึกษาเอกสารทางวิชาการจำนวน 3 ฉบับ ที่ตีพิมพ์ในช่วงปี ค.ศ. 2010–2015 ซึ่งมีการเสริมเมล็ดลินสีดในสูตรอาหารสุกรที่ระดับ 130-150 กรัม/กิโลกรัมอาหาร พบว่า การเสริมเมล็ดลินสีดในอาหารสุกรที่ระดับ 130-150 กรัม/กิโลกรัมอาหาร ไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกร แต่สามารถเพิ่มปริมาณเนื้อแดงและปริมาณไขมันแทรก ด้านคุณภาพเนื้อ พบว่า ค่าความสว่างของเนื้อ ค่าความเป็นสีแดง ค่าความเป็นสีเขียว เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำจากการเก็บรักษา ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ค่าความหืนในเนื้อมีค่าดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อีกทั้งการเสริมเมล็ดลินสีดยังส่งผลต่อการสะสมปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3 ในเนื้อให้มีปริมาณสูงขึ้น ซึ่งโอเมก้า 3 มีประโยชน์ในการลดไขมันอุดตันในเส้นเลือด และโรคหลอดเลือดหัวใจ ดังนั้นแนะนำให้เสริมเมล็ดลินสีดในสูตรอาหารสุกรที่ระดับ 130-150 กรัม/กิโลกรัมอาหาร เพื่อให้เนื้อสุกรมีองค์ประกอบของกรดไขมันจำพวกโอเมก้า 3 เพิ่มขึ้นและลดสัดส่วนโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 ในเนื้อสุกรตรงต่อความต้องการของผู้บริโภค

คำสำคัญ : สุกร, เมล็ดลินสีด, คุณภาพเนื้อ, กรดไขมัน

บทนำ

การเลี้ยงสุกรให้ประสบความสำเร็จนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ พันธุ์ อาหารและการจัดการ ซึ่งพบว่าปัจจัยทางด้านอาหารมีความสำคัญที่ต้องคำนึงเป็นอันดับแรกๆ เนื่องจากต้นทุนด้านอาหารคิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด ดังนั้นในการประกอบอาหารสัตว์จึงต้องคำนึงถึงการเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาถูก หาง่าย และมีโภชนาการครบถ้วนตรงกับความต้องการของสัตว์ แต่กลุ่มผู้เลี้ยงสุกรยังประสบปัญหาด้านอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งอาหารที่มีคุณภาพดี เช่น น้ำมันทานตะวัน น้ำมันลินสีดและน้ำมันข้าวโพดหรือน้ำมันปลา ในระยะเวลาที่ผ่านมา มีงานวิจัยเกี่ยวกับการเสริมเมล็ดลินสีด (Linseed) ในโคนม (Ferlay et al., 2013) รวมทั้งยังมีการนำเมล็ดลินสีดมาเสริมในสุกรเพื่อเพิ่มคุณภาพในเนื้อสุกร ลินสีดเป็นพืชน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไขมันโอเมก้า 3 ปริมาณสูง และมีการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์ทั้งในรูปเมล็ดลินสีดทั้งเมล็ดและน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดลินสีด ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจเรื่องการดูแลสุขภาพมากขึ้น และให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (saturated fatty acid) โดยเฉพาะกรดไขมันโอเมก้า 6 (omega-6, c18:2n-6) และกรดไขมันโอเมก้า 3 (omega3, c18:2n-3) ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acid, PUFA) ที่มีบทบาทช่วยป้องกันมะเร็ง (anticarcinogenic) ป้องกันโรคไขมันในเส้นเลือด (atherosclerosis) และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการมองเห็น (visual acuity) จึงมีการปรับปรุงคุณภาพเนื้อที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยการเสริมวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว เนื่องจากสุกรเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยว มีการสะสมสารอาหารในเนื้อที่ได้จากวัตถุดิบอาหาร อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเมล็ดลินสีดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงทำให้คุณภาพเสื่อมได้ง่ายเมื่อถูกแสงและความร้อน จึงควรเก็บรักษาในที่เย็น เพราะน้ำมันของเมล็ดลินสีดจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้เกิดการเหม็นหืนได้ง่าย ดังนั้นการทำสัมมนาในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการเสริมเมล็ดลินสีดต่อคุณภาพเนื้อและองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อสุกร

1. เมล็ดลินสีด (Linseed seeds)

เมล็ดลินสีดมาจากพืชชนิดหนึ่ง ชื่อ *Linum usitatissimum* หรือต้นลินิน เมล็ดลินสีดก็คือเมล็ดลินินลินิน มีแหล่งกำเนิดและกระจายพันธุ์ในแถบเมดิเตอร์เรเนียนตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ เป็นไม้ล้มลุก มีใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปแคบยาว ขอบใบเรียบ ดอกสีม่วง สมัยก่อนจัดเป็นพืชใหม่สำหรับประเทศไทย แต่คนไทยก็คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์จากลินินมาพอสมควร มูลนิธิโครงการหลวงนำลินินเข้ามาทดลองปลูกทางภาคเหนือ พบว่ามีหลายพันธุ์

เจริญเติบโตและให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ กับทั้งช่วงเวลาที่ปลูกได้ดีเป็นเวลาเดียวกับที่ชาวเขาปลูกฝิ่น จึงให้ปลูกทดแทนฝิ่น สนองนโยบายของมูลนิธิโครงการหลวงเป็นอย่างดี ที่สำคัญยังมีการนำน้ำมันไปทำอาหารเสริมสุขภาพ เพราะมีสารสำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะโอเมก้า 3 ในปริมาณสูงมากกว่าน้ำมันปลาถึง 3 เท่า สำหรับกากลินินที่สกัดน้ำมันออกแล้วยังนำไปเป็นอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เมล็ดลินินสดอุดมไปด้วยเส้นใยอาหาร และกรดไขมันโอเมก้า 3 เส้นใยอาหารที่พบในเมล็ดลินินนี้พบมากบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด นักวิจัยบางกลุ่มเชื่อว่า เส้นใยนี้จะเกาะกับไขมันคอเลสเตอรอลในอาหาร ทำให้เราดูดซึมได้ลดลง นอกจากนี้เมล็ดลินินสดยังอาจทำให้เลือดแข็งตัวช้าลง จึงอาจมีผลช่วยเรื่องลดความเสี่ยงโรคหลอดเลือดต่าง ๆ นอกจากนี้ได้มีการนำมาวิจัยเกี่ยวกับการต้านมะเร็งเต้านม เนื่องจากเมล็ดลินินสดเมื่อถูกย่อยสลายในร่างกายจะกลายเป็นสารลิกแนน (Lignans) ซึ่งเป็นสารคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนในร่างกาย ซึ่งจะไปแย่งจับกับตัวรับของเอสโตรเจน ทำให้ฮอร์โมนเอสโตรเจนออกฤทธิ์ลดลง อาจช่วยชะลอการเจริญของมะเร็งเต้านมบางชนิดที่ตอบสนองต่อเอสโตรเจนได้ จากการศึกษาพบว่าเมล็ดลินินสดนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการสูงไม่ว่าจะเป็นกรดไขมันโอเมก้า 3 สารลิกแนน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และยังมีไฟเบอร์สูง จึงทำให้เมล็ดลินินสดนี้มีสรรพคุณที่น่าสนใจไม่น้อย โดยเมล็ดลินินสด 100 กรัม มีคุณค่าทางโภชนาการดังนี้ พลังงาน 534 กิโลแคลอรี โปรตีน 18.26 กรัม ไขมัน 42.16 กรัม คาร์โบไฮเดรต 28.88 กรัม ไฟเบอร์ 27.3 กรัม แคลเซียม 255 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 5.73 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 392 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 642 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 813 มิลลิกรัม โฟเลต 87 ไมโครกรัม วิตามินเค 4 มิลลิกรัม กรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่ (โอเมก้า 3, 6) 28.73 กรัม (ภัทรกร ทศพงศ, 2559)



Figure 1 Linseed

ที่มา : www.Jeban.com (1 กันยายน 2562)

2. คุณภาพเนื้อ (Meat quality)

ปัจจุบันการผลิตเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีนับเป็นสิ่งสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากลักษณะการบริโภคและความ เป็นอยู่ในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต การซื้ออาหารนิยมซื้อเพื่อเก็บไว้ประกอบอาหารภายหลัง จึงทำให้ต้องการเนื้อ ที่มีคุณภาพสูงเพื่อให้เก็บรักษาไว้ได้นาน การนำเนื้อไปแปรรูปก็ต้องการเนื้อสัตว์ที่มี

คุณภาพสูงเพื่อ่ายและสะดวกในการผลิตและควบคุมคุณภาพและเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีและได้มาตรฐาน (จุฑารัตน์ ศรีพรหมมา, 2528)

คุณภาพของเนื้อสัตว์มีความหมายแตกต่างกันตามความต้องการของผู้บริโภคหรือผู้ใช้ประโยชน์จากเนื้อสัตว์ ซึ่งมีจุดประสงค์ในการนำเนื้อไปใช้ต่างกัน เช่น แม่บ้านที่ปรุงอาหารจะให้ความสำคัญของเนื้อที่ความน่ารับประทาน เช่น สี กลิ่น ความนุ่ม รสชาติ ส่วนนักโภชนาการจะให้ความสำคัญเรื่องคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อ ปริมาณไขมันที่มีในเนื้อ และการปนเปื้อนของสารตกค้างในเนื้อสัตว์ ซึ่งปัจจัยที่กำหนดคุณภาพเนื้อสัตว์มีดังต่อไปนี้คือ

2.1 คุณภาพทางโภชนาการ คุณภาพทางโภชนาการของเนื้อขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน นอกจากนี้ คุณภาพทางโภชนาการของเนื้อจะต้องคำนึงถึง ประโยชน์ที่ร่างกายได้รับ เช่น ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนของเนื้อหรือ ปริมาณสัดส่วนของโปรตีนต่อไขมันที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์นั้น

2.2 คุณภาพทางการบริโภค คุณภาพทางการบริโภค (eating quality) ของเนื้อจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณสมบัติที่ใช้ตัดสินความน่ารับประทาน ของเนื้อสัตว์นั้น

1) สีของเนื้อ สีของเนื้อจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ อายุ การทำงานของกล้ามเนื้อปริมาณเม็ดสีในเลือดและเม็ดสีในกล้ามเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงของสีภายในกล้ามเนื้อ เป็นต้น สีของเนื้อนับเป็นลักษณะประการแรกที่บ่งบอกคุณภาพของเนื้อนั้น

2) ไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ ไขมันแทรกสามารถใช้เป็นปัจจัยกำหนดคุณภาพเนื้อได้ เนื่องจากการมีไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อจะช่วยเพิ่มความนุ่ม กลิ่นรสที่เป็นลักษณะเฉพาะในเนื้อแต่ละประเภทได้ เช่น เนื้อโค เนื้อแกะ เนื่องจากเนื้อจากสัตว์ทั้งสองชนิดจะเหนียวมากขึ้นตามการทำงานของกล้ามเนื้อและอายุสัตว์เนื้อที่มีไขมันแทรกจึงได้ราคาดีกว่า ในขณะที่เนื้อบางประเภท เช่น เนื้อสุกร และเนื้อไก่ ซึ่งได้จากสัตว์ที่อายุน้อยกว่าเนื้อจึงมีความเหนียวน้อยกว่าจึงอาจจะไม่เน้นความสำคัญในเรื่องไขมันแทรกมากนัก

3) ความนุ่มของเนื้อ (tenderness) ของเนื้อขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ พันธุ์สัตว์ อายุ ชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณของ ไขมันที่แทรกอยู่ในเนื้อ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังการฆ่าและระยะเวลาในการบ่มเนื้อ ความนุ่ม ของเนื้อจะมีผลโดยตรงต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อซึ่งส่งผลต่อความน่ารับประทานของเนื้อด้วย

4) กลิ่นและรสชาติ เนื้อสัตว์ แต่ละชนิดมีกลิ่นและรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนของสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่น นอกจากนี้ อาจมีกลิ่นผิดปกติที่จากกลิ่นเพศของสุกรเพศผู้ที่ไม่ได้ตอนหรือกลิ่นจากอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์เป็นต้น

5) ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ เนื้อที่มีความชุ่มฉ่ำเมื่อเคี้ยวอยู่ในปากจะมีความรู้สึกไม่เหนียว และเนื้อไม่แห้งส่วนใหญ่จะได้จากเนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อยหรือเนื้อที่มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี

6) ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ เนื้อที่มีความนุ่มและไม่เหนียวเป็นเนื้อที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อค่อนข้าง

ที่จะละลายได้ ไม่เป็นเส้นหยาบความละ เอียดของเส้นใยกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับอายุ ชนิดของสัตว์ และลักษณะการใช้ งานของกล้ามเนื้อนั้น (จุฑารัตน์ ศรีพรหมมา, 2528)

2.3 ไขมันหรือกรดไขมันในเนื้อ (Fat or Fatty acid) เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีนั้นประกอบด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ ที่สำคัญหลายประการตามลักษณะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ใน ด้านต่าง ๆ ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดคุณภาพเนื้อสัตว์ ได้แก่ คุณภาพทางโภชนาการ คุณภาพทางการบริโภค ด้านความสะอาด ปลอดภัยจากเชื้อโรคคุณสมบัติที่เกี่ยวกับการแปรรูปเนื้อสัตว์ และปัจจัยภายนอกอื่น ๆ

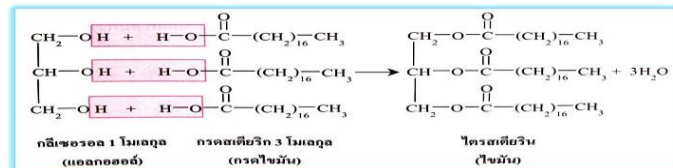


Figure 2 Fatty acid structure

ที่มา : Chemistry Classroom (1 กันยายน 2562)

ปริมาณไขมันที่มีในเนื้อสุกรขึ้นอยู่กับตำแหน่งของชั้นเนื้อและปริมาณไขมันที่มีอยู่บนชั้นเนื้อที่ได้ภายหลังการตัดแต่ง ไขมันในเนื้อสุกรที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟไลปิด คอเลสเตอรอล และวิตามินที่ละลายในไขมัน ในเนื้อสุกรจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกายค่อนข้างสูง ได้แก่ กรดอะราคิโดนิก (arachidonic acid) กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และกรดลิโนเลนิก (linolenic acid) ส่วนคอเลสเตอรอลจัดเป็นสารประกอบไขมันที่สำคัญชนิดหนึ่งที่สามารถพบได้ในไขมันสัตว์ซึ่งมีมากในสมองและเนื้อเยื่อประสาท เนื้อสัตว์เป็นแหล่งของแร่ธาตุทุกชนิด และมีฟอสฟอรัสและเหล็กมากแร่ธาตุส่วนใหญ่อยู่ในส่วนที่เป็นน้ำ และโปรตีนของเนื้อสัตว์ เนื้อที่เป็นเนื้อแดงเป็นแหล่งแร่ธาตุที่ดีกว่าเนื้อที่มีไขมันในขณะที่ถูกความร้อน เพื่อให้สุกนั้นแร่ธาตุส่วนใหญ่โดยเฉพาะธาตุเหล็กจะยังเหลืออยู่ครบถ้วนแต่โซเดียม แคลเซียม ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมจะมีการสูญเสียออกมากับน้ำ (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529)

ตารางที่ 1. แสดงปริมาณองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อสุกร

ชนิดของกรดไขมัน	ร้อยละ (ในเนื้อสุกร)
ปาล์มิติก (Palmitic acid)	28
สเตียริก (Stearic acid)	13
ปาล์มิตอิลิก (Plamitoleie acid)	3
โอเลอิก (Oleic acid)	46
ลิโนเลอิก (Linoleic acid)	10
ลิโนเลนิก (Linolenic acid)	0.7
อะราคิโดนิก (Arachidonic acid)	2

ที่มา (กาญจนารัตน์ ทวีสุข, 2541)

3.1 กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า 3 กรดไขมันโอเมก้า 3 คือ กลุ่มของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่แรก อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 นับจากปลาย Methyl ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันจำเป็น ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ เช่น กรดแอลฟาไลโนเลนิก EPA DHA มีสารตั้งต้น คือ กรดลิโนเลนิก ซึ่งพบมากในพืชพืชน้ำ สาหร่ายน้ำจืด-เค็ม พืชสีเขียว แบคทีเรีย แพลงค์ตอน และจากน้ำมันพืชบางชนิด เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันจากเมล็ดลินสีด แต่สำหรับในน้ำมัน ปลานั้นประกอบด้วยกรดไขมันโอเมก้า 3 อยู่สูง เพราะสัตว์เหล่านี้กินพืช สาหร่าย และ Phytoplankton ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของห่วงโซ่อาหาร ซึ่งปกติไขมันของแพลงตอน จะประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีคาร์บอน 16 และ 18 อะตอม เมื่อกินแพลงตอนเข้าไปจะสามารถเพิ่มจำนวนคาร์บอนเป็น 20 และ 22 อะตอม ดังนั้นในน้ำมันปลาจึงมี EPA และ DHA ประกอบอยู่ค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับแหล่งอื่น (Simopoulos, 2002)

3.2 แหล่งของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 อาหารของสุกรส่วนใหญ่ประกอบด้วยแหล่งจากพืช เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง มันสำปะหลัง เป็นต้น ส่วนแหล่งจากสัตว์ เช่น ปลาป่น เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดี แต่เนื่องจากมีราคาต้นทุนสูง และข้อจำกัดในเรื่องของ Biogenic amine โดยเฉพาะ Histamine ทำให้เกิดปัญหาท้องร่วงในสัตว์ จึงนำมาใช้ในสูตรอาหารของสุกรน้อย (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2546)

3.3 คุณสมบัติของกรดไขมันโอเมก้า 3 สำหรับสัตว์

1) ช่วยลดการจับตัวของเกล็ดเลือดที่ทำให้เกิดลิ่มเลือดเป็นไปได้อย่างช้าลง จะช่วยลดปริมาณไขมันในเลือดด้วย ป้องกันการเกิดโรคเกี่ยวกับหัวใจและโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในน้ำมันปลาจะไปกระตุ้นการสร้าง LDL receptor ที่ Extra hepatic tissue มากขึ้น และเนื้อเยื่อส่วนนี้จะเปลี่ยน (Low density lipoprotein, LDL) ให้เป็น (High density lipoprotein, HDL) โดยเอนไซม์ Lipoprotein lipase แล้วขับออกสู่กระแสเลือด อีกทั้งนำคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ (Cholesterol ester) เข้าไปเผาผลาญและเปลี่ยนเป็นกรด น้ำดี โดยพบว่า ในกลุ่มชาวเอสกีโมที่บริโภคปลาทะเลที่มีปริมาณของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 สูงเป็นอาหารหลักจะมีอัตราการตายของโรคหัวใจต่ำมาก เนื่องจากช่วยลดไขมันทั้งไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลลดลง

2) ช่วยพัฒนาระบบประสาทและบำรุงสมองให้ความจำดีขึ้น เสริมสร้างการเจริญเติบโตของปลายประสาทที่เดนไดรต์ (Dendrite) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายทอดสัญญาณและผ่านข้อมูลระหว่างเซลล์สมอง ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บความจำและการเรียนรู้ เนื่องจาก DHA เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์สมองและเซลล์ประสาท และ DHA ยังมีความสำคัญต่อการพัฒนาของเรตินาด้วย

3) บรรเทาอาการปวดบวมของโรคข้ออักเสบและใช้โอเมก้า -3 เป็นอาหารเสริมร่วมกับยารักษาโรคข้ออักเสบเนื่องจากสาร DHA และ EPA ลดการสร้างสารที่ก่อให้เกิดการอักเสบที่ชื่อว่า ลิพโคไตรอีน (Leukotrienes) ซึ่งช่วยลดการอักเสบ

4) เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์เม็ดเลือดขาว จึงมีผลกระตุ้นการแบ่งเซลล์ในทางอ้อม เมื่อเซลล์เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้ดีขึ้น

5) การบริโภคน้ำมันปลาจะมีผลทำให้ EPA และ DHA เพิ่มสูงขึ้นไปด้วยควบคู่ไปกับการลดลงของ Arachidonic acid เกิดการแข่งขันกันในการทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ Cyclooxygenase มีผลในการยับยั้งการสร้าง Tromboxane A2 (TXA2) ที่มีผลทำให้เกล็ดเลือดจับตัวกัน และสร้างสารพรอสตาแกลนดิน (prostaglandin : PG) โดยเฉพาะ PGI3 ซึ่งเป็นสารที่คล้ายฮอร์โมนที่สำคัญ ทำหน้าที่ต้านการจับตัวกันของเกล็ดเลือดและทำให้หลอดเลือดขยายตัว นอกจากนี้ยังมีผลทำให้เกล็ดเลือดสร้าง Tromboxane A3 ที่ไม่มีผลต่อการจับตัวของเกล็ดเลือด (Voet & Voet, 1999)

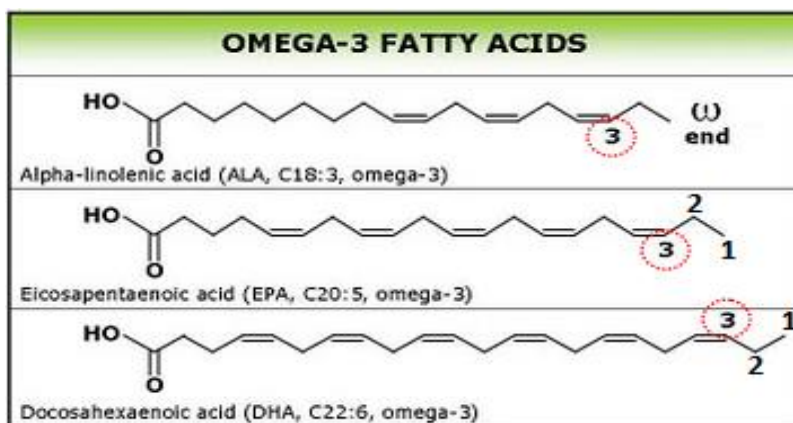


Figure 3 Fatty acid structure omega 3

ที่มา : WWW.MediBlog (1 กันยายน 2562)

Okrouhla et al. (2013) ศึกษาผลการเสริมเมล็ดลินสีดในอาหารสุกรต่อคุณภาพซาก โดยใช้สุกรทั้งหมด 20 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่มการทดลอง กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่มีการเสริมเมล็ดลินสีด 150 กรัม โดยบันทึกผลในส่วนของอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน อัตราการกินได้ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เปอร์เซ็นต์ตัดแต่งชิ้นส่วนใหญ่และเปอร์เซ็นต์เนื้อสามชั้น ผลการทดลอง พบว่า กลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีด 150 กรัม มีอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อัตราการกินได้ลดลง กลุ่มเสริมลินสีด 150 กรัม มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 2.69 ± 0.07 และ 2.45 ± 0.16 กก./ตัว/วัน ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและเปอร์เซ็นต์เนื้อส่วนสามชั้นเพิ่มขึ้น ($P < 0.001$) เมื่อเทียบกับกลุ่มทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดลินสีดมีองค์ประกอบของกรดไขมันมากเมื่อนำไปผสมในอาหารสัตว์ส่งผลให้สัตว์มีการสะสมไขมันเช่นกัน จึงทำให้เปอร์เซ็นต์เนื้อสามชั้นมีค่าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2)

Table 2. Effects of diet and sex on fattening and carcass characteristics

Item	Control group	Experimental group	P-value
Live weight (kg)	114.1±3.37	117.9±9.10	ns
Daily gain (g/day)	1034±55.53	1029±77.27	ns
Feed consumption (kg/day)	2.49±0.23	2.66±0.29	ns
Feed : gain ratio (kg)	2.45 ^b ±0.16	2.69 ^a ±0.07	0.002
Lean meat (%)	55.01±1.66	54.87±2.79	ns
Main meat parts (meat + bone) (%)	50.98±1.63	52.07±2.00	ns
Main meat parts (fat cover + skin) (%)	14.68±1.54	14.28±1.90	ns

ที่มา : Okrouhla et al. (2013)

Citek et al (2015) ทำการศึกษาผลการใช้เมล็ดลินสีดและข้าวโพดในอาหารต่อคุณภาพเนื้อ โดยใช้สุกรจำนวน 72 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่มีการเสริมเมล็ดข้าวโพด กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่มีการเสริมเมล็ดลินสีด 150 กรัม กลุ่มที่ 4 คือ กลุ่มที่มีการใช้เมล็ดลินสีดร่วมกับเมล็ดข้าวโพด บันทึกผลการทดลองในส่วนของการเปลี่ยนแปลงเนื้อแดง ปริมาณไขมันแทรก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ค่าการสูญเสียจากการเก็บรักษาและการวัดค่าการหืนในเนื้อ ผลการทดลอง พบว่า การเสริมเมล็ดลินสีดและเมล็ดข้าวโพดส่งผลให้ค่าความสว่างของเนื้อลดน้อยลงเมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ ค่าการสูญเสียจากการเก็บรักษา พบว่า กลุ่มใช้เมล็ดลินสีดร่วมกับข้าวโพดมีค่าการสูญเสียจากการเก็บรักษามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มควบคุม กลุ่มใช้เมล็ดข้าวโพด และกลุ่มการเสริมเมล็ดลินสีดมีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่า 80.41 80.07 70.72 และ 50.60 มก./กรัม ตามลำดับ เนื่องจากกลุ่มที่มีการเสริมเมล็ดลินสีดร่วมกับข้าวโพด และกลุ่มควบคุมมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่มีการเสริมข้าวโพด หรือกลุ่มที่มีการเสริมเมล็ดลินสีด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่ากับ 80.41 80.07 70.72 และ 50.60 มก./กรัม ตามลำดับ เนื่องจากค่าแรงตัดผ่านเนื้อเป็นดัชนีชี้วัดความนุ่มและความชุ่มฉ่ำน้ำของเนื้อ โดยการศึกษาพบว่า เมื่อมีค่าการสูญเสียจากการเก็บรักษาสูงจะส่งผลให้เนื้อมีลักษณะแห้งเหนียว ซึ่งมีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงเช่นกัน อีกทั้งยังพบว่ากลุ่มที่มีการเสริมเมล็ดลินสีดมีค่าความสว่างของเนื้อ (L^*) น้อยที่สุด (48.54) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่มีการเสริมเมล็ดข้าวโพด ที่มีค่าเท่ากับ 52.47 และ 52.47 ตามลำดับ ให้ผลการทดลองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ให้ค่าความสว่างของเนื้อไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มที่มีการเสริมเมล็ดข้าวโพดร่วมกับลินสีด เพราะค่าความสว่างของเนื้อเกิดจากอิทธิพลของการสูญเสียจากการเก็บรักษา ที่ส่งผลให้ปริมาณไมโอโกลบินที่อยู่ในกล้ามเนื้อสูญเสียออกมาพร้อมกับน้ำที่สูญเสียจากเนื้อ จึงส่งผลให้เนื้อมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ค่าความสว่างของเนื้อจึงมีค่าสูง (ตารางที่ 3)

Table 3. Carcass characteristics of grower-finisher pigs fed linseed and corn diet

Item	C	CD	LD	CLD	SEM	P-value
LM (%)	56.94	56.58	56.26	56.26	0.85	0.911
IMF (%)	2.07	1.50	1.83	1.85	0.20	0.153
Colour MLLT						
(L*)	52.47 ^a	52.67 ^a	48.54 ^b	51.51 ^b	1.33	0.015
(a*)	-0.62	-0.57	-0.26	-0.29	0.38	0.873
(b*)	9.78	9.63	8.61	9.27	0.61	0.572
Drip loss (mg/g)	80.07 ^a	70.72 ^b	50.60 ^b	80.41 ^a	7.46	0.049
Shear force (N)	43.08 ^a	39.37 ^b	41.92 ^b	50.60 ^a	2.38	0.018
Malondialdehyde	0.276	0.261	0.278	0.364	0.04	0.453

ที่มา : Citek et al. (2015)

หมายเหตุ C = control, CD = corn diet, LD = linseed diet, CLD = corn + linseed diet, SEM = standard error of the mean, LM = lean meat share, IMF = intramuscular fat, MLLT = musculus longissimus lumborum et thoracit, FAT = backfat, (L*) = lightness, (a*) = chroma, (b*) = hue

Beckova and Vaclavkova (2010) ศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อในกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมลินสีด โดยใช้สุกรทั้งหมด 30 ตัว แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มเสริมเมล็ดลินสีดที่ระดับ 130 กรัม ผลการทดลองพบว่า กลุ่มเสริมเมล็ดลินสีดไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ($P>0.05$) เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และในกลุ่มเสริมเมล็ดลินสีดมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำจากการเก็บรักษาสูงกว่ากลุ่มควบคุมโดยมีค่าเท่ากับ 5.83 ± 0.54 มก./กรัม และ 4.61 ± 0.61 มก./กรัม ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังนั้นการเสริมเมล็ดลินสีดในอาหารสุกร จึงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของสุกร (ตารางที่ 4)

Tabal 4. Carcass value traits in the control and experimental group

	Control group	Linseed group	P - value
Average daily weight gain (g)	800±69	787±30	ns
Lean meat percentage (%)	59.13±1.92	59.22±1.34	ns
Intramuscular fat content (g/kg)	26.5±3.4	24.5±2.6	ns
pH 45 minute	5.91±0.10 ^b	6.00±0.08 ^a	0.01
pH 1 hour	5.86±0.08	5.88±0.10	ns
Drip loss (%)	5.83±0.54 ^a	4.61±0.61 ^b	0.01

ที่มา : Beckova and Vaclavkova (2010)

Citek J et al. (2015) ทำการศึกษากรดไขมันเข้ากล้ามเนื้อ พบว่า กลุ่มควบคุมมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่ากลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีด โดยมีค่าเท่ากับ 47.78 และ 42.72 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มควบคุมมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงกว่ากลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีด โดยมีค่าเท่ากับ 41.57 และ 34.79 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 22.46 และ 10.62 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีดมีกรดไขมันโอเมก้า 3 สูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 11.76 และ 1.2 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มควบคุมมีกรดไขมันโอเมก้า 6 ต่อ กรดไขมันโอเมก้า 3 สูงกว่ากลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีด โดยมีค่าเท่ากับ 7.91 และ 0.87 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนต่อกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 0.53 และ 0.22 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามผลการเสริมอาหารลินสีดในอาหารสุกรไม่มีผลต่อกรดไขมันโอเมก้า 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 5)

Table 5. The backfat fatty acids profile

Fatty acid (%)	Control group	Linseed group	SEM	P-value
SFA	47.78 ^a	42.72 ^b	0.74	<0.0001
MUFA	41.57 ^a	34.79 ^b	0.63	<0.0001
PUFA	10.62 ^b	22.46 ^a	0.82	<0.0001
n-6 PUFA	8.92 ^b	10.18 ^a	0.55	0.02378
n-3 PUFA	1.2 ^b	11.76 ^a	0.33	<0.0001
n-6/n-3	7.91 ^a	0.87 ^b	0.37	<0.0001
PUFA/SFA	0.22 ^b	0.53 ^a	0.02	<0.0001

ที่มา : Citek. J. et al. (2015)

หมายเหตุ ^{a-b} หมายความว่าด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกันนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

SFA = กรดไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว, PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน

Okrouhla. M. et al (2013) ทำการศึกษาลักษณะของปริมาณอาหารต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน ใช้สุกรในการทดลองทั้งหมด 40 ตัว แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีด พบว่า กลุ่มควบคุมมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงกว่ากลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีด โดยมีค่าเท่ากับ 41.81 ± 3.00 และ 35.20 ± 3.63 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 23.16 ± 4.52 และ 15.36 ± 4.37 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีดมีกรดไขมันโอเมก้า 3 สูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 7.94 ± 1.17 และ 1.44 ± 2.39 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P<0.05$) กลุ่มควบคุมมีกรดไขมันโอเมก้า 6 ต่อ กรดไขมันโอเมก้า 3 สูงกว่ากลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีด โดยมีค่าเท่ากับ 17.38 ± 6.68 และ 1.87 ± 0.35 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนต่อกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 0.56 ± 0.13 และ 0.36 ± 0.12 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามผลของปริมาณอาหารไม่มีผลต่อ กรดไขมันอิ่มตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กรดไขมันโอเมก้า 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 6)

Table 6. Effects of diet and sex on the fatty acid composition of MLLT in pigs

Fatty acid (%)	Control group	Linseed group	P-value
SFA	42.81 ± 1.97	41.64 ± 2.13	ns
MUFA	41.81 ± 3.00	35.20 ± 3.63	<0.001
PUFA	15.36 ± 4.37	23.16 ± 4.52	<0.001
n-6 PUFA	13.55 ± 2.52	14.87 ± 3.66	ns
n-3 PUFA	1.44 ± 2.39	7.94 ± 1.17	<0.001
n-6/n-3 PUFA	17.38 ± 6.68	1.87 ± 0.35	<0.001
PUFA/SFA	0.36 ± 0.12	0.56 ± 0.13	<0.001

ที่มา : Okrouhla. M. et al (2013)

หมายเหตุ SFA = กรดไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว, PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน

Beckova and Vaclavkova (2010) ทำการศึกษาการเสริมเมล็ดลินสีดในอาหารสุกรต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในตัวอย่าง *M. longissimus dorsi et thoracis* พบว่า ในกลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีดมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 37.84 ± 1.54 และ 36.96 ± 1.40 กรัม ตามลำดับ ในกลุ่มควบคุมมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงกว่ากลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีด โดยมีค่าเท่ากับ 47.71 ± 2.60 และ 43.22 ± 3.18 ตามลำดับ กลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 18.95 ± 4.22 และ 15.33 ± 3.20 กรัม ตามลำดับ กลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีดมีกรดไขมันโอเมก้า 6 ทั้งหมด สูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 14.58 ± 3.33 และ 13.66 ± 2.86 กรัม ตามลำดับ กลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีดมีกรดไขมันโอเมก้า 3 ทั้งหมด สูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 3.79 ± 0.76 และ 1.11 ± 0.22 กรัม ตามลำดับ กลุ่มควบคุมมีกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่ากลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีด โดยมีค่าเท่ากับ 2.55 ± 0.70 และ 2.12 ± 0.58 กรัม ตามลำดับ กลุ่มควบคุมมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนต่อกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่ากลุ่มที่เสริมเมล็ดลินสีด โดยมีค่าเท่ากับ 12.36 ± 1.06 และ 3.83 ± 0.23 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

Table 7. Contents of selected fatty acids and ration of fatty acids in *M. longissimus dorsi et thoracis* samples.

	กลุ่มควบคุม	กลุ่มเสริมเมล็ดลินสีด
SFA	36.96±1.40	37.84±1.54
MUFA	47.71±2.60 ^a	43.22±3.18 ^b
PUFA	15.33±3.20	18.95±4.22
Total n-6 PUFA	13.66±2.86	14.58±3.33
Total n-3 PUFA	1.11±0.22 ^b	3.79±0.76 ^a
SFA/PUFA	2.55±0.70	2.12±0.58
n-6/n-3 PUFA	12.36±1.06 ^a	3.83±0.23 ^b

ที่มา : Beckova and Vaclavkova (2010)

หมายเหตุ^{ab}หมายความว่าดัชนีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ค่า P<0.05

^{AB}หมายความว่าดัชนีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ค่า P<0.01

SFA = กรดไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว, PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน

สรุป

การเสริมเมล็ดลินสีดในอาหารสุกรที่ระดับ 130-150 กรัม/กิโลกรัมอาหาร ไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรแต่สามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อให้มีองค์ประกอบของกรดไขมันจำพวกโอเมก้า 3 เพิ่มมากขึ้น และลดสัดส่วนของ n-6/n-3 ได้ ซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคคือ ลดความเสี่ยงการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ ลดความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง ลดความเสี่ยงการเกิดโรคอัลไซเมอร์ ลดความเสี่ยงการเกิดโรคจอประสาทตาเสื่อมและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพได้

เอกสารอ้างอิง

- จุฑารัตน์ ศรีพรหมมา, 2528. “การจัดการเนื้อสัตว์”. กรุงเทพมหานคร : โครงการตำราคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. “วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์”. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2546. “หลักและวิธีการวิเคราะห์อาหารและอาหารสัตว์”. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร.
- ภัทรกร ทศพงศ. 2559. “การทำนายคุณค่าทางโภชนาและจุลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหารหยาบและอาหารข้น โดยใช้ NIRS”. กรุงเทพมหานคร : ฐานข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

- Beckova, R. and Vaclavkova. 2010. "The effect of linseed diet on carcass value traits and fatty acid composition in muscle and fat tissue of fattening pigs". **Czech J. Anim. Sci.** 55(8): 313-320.
- Citek,J Stupka,R Okrouhla,M Vehovsky,K Brzobohaty,L Sprysl,M and Stadnik,L. 2015 "Effects of dietary linseed and corn supplement on the fatty acid content in the pork loin and backfat tissue". **Czech J. Anim. Sci.** 60(7):319-326.
- Okrouhla,M Stupka,R Citek,J Sprysl,M and Brzobohaty,L. 2013. "Effect of dietary linseed, meat quality, and fatty acid profile of pigs". **Czech J. Anim. Sci.** 58(6):279-288.