ผลของระดับการให้อาหารข้นและระยะเวลาการขุนต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพซากในโคญี่ปุ่น

Effect of Feeding Level of Concentrate and Fattening Period on Growth and Carcass Characteristic in Japanese Black Cattle

นางสาวเสาวลักษณ์ มลิแสง

คำนำ

การเลี้ยงโคขุน หมายถึงการเลี้ยงโคให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยได้รับอาหารที่ค่อนข้างดีอย่างเต็มที่ในช่วงเวลาที่เลี้ยงให้กินอาหารข้นอาหารหยาบร่วมกัน ทำให้โคเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ถึงกำหนดส่งโรงฆ่าตั้งแต่อายุยังน้อย ทำให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพดีและขายได้ราคาดีกว่าโคที่เลี้ยงโดยให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียว เนื้อโคขุนที่ได้จากโคอายุน้อย ไม่เกิน 3 ปี จึงนุ่มกว่าเนื้อโคตามตลาดทั่วไปมาก และเป็นเพราะโคได้กินอาหารข้นตลอดระยะเวลาขุน จึงทำให้มีไขมันแทรกมาก รสชาติเนื้อจึงดีมาก แต่เนื้อมีราคาแพง โดยไขมันแทรกภายในกล้ามเนื้อถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากในการจำแนกเกรดซากโคเนื้อ เป็นที่รู้กันว่าโค Japanese Black คือ Wagyu มีลักษณะพิเศษคือความสามารถเฉพาะตัวในการสะสมไขมันภายในกล้ามเนื้อได้มากในระหว่างการขุน (Zembayashi *et al*., 1988 อ้างโดย Ueda *et al*., 2007) Mitsuishi *et al*. (2001) อ้างโดย Ueda *et al*. (2007) รายงานว่าสาเหตุสำคัญที่ทำให้คนญี่ปุ่นชอบเนื้อวากิวที่มีไขมันแทรกสูง เพราะมีรสหวานเฉพาะตัว และมีกลิ่นหอมของไขมัน โดยต้องยอมจ่ายเงินมากขึ้น ในการซื้อเนื้อที่มีไขมันแทรกสูง

วิธีการขุนที่นิยมสำหรับโค Japanese Black ในญี่ปุ่นคือ การผลิตไขมันแทรกภายในเนื้อ ซึ่งทำให้เนื้อมีมูลค่าสูงขึ้น ดังนั้นการขุนโคในญี่ปุ่นจึงนานกว่าในประเทศอื่นๆ ทำให้มีผลกำไรต่ำกว่าเนื่องจากค่าใช้จ่ายด้านค่าอาหารและการใช้ประโยชน์ของอุปกรณ์เครื่องมืออย่างไม่คุ้มค่าในการขุนโค กระทรวงเกษตร ป่าไม้และประมง ประเทศญี่ปุ่นจึงพยายามแนะนำให้เริ่มขุนโคอายุน้อย และลดระยะเวลาการขุนให้สั้นลง แต่การขุนโคที่ระยะเวลาสั้นกว่าและอายุน้อยกว่าไม่เป็นที่นิยม เพราะไขมันแทรกจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งโคมีอายุ 1,100 วัน ซึ่งซากจากโคอายุน้อยและระยะเวลาการขุนที่สั้น จะมีขนาดเล็กและมีไขมันแทรกน้อย จึงเป็นการยากที่จะทำให้ซากมีผลผลิตดีและไขมันแทรกสูงจากการขุนโคที่อายุน้อย จึงได้มีการศึกษาวิธีที่จะทำให้สามารถขุนโคที่อายุน้อยได้ เพื่อให้ได้ผลผลิตต่างๆตามที่ตลาดต้องการ การใช้อาหารข้นในระดับที่สูงกว่าในการขุนเป็นวิธีการหนึ่งที่มีการศึกษา แต่พบว่าการใช้อาหารข้นระดับสูง ทำให้ซากมีชั้นไขมันใต้ผิวหนังและระหว่างกล้ามเนื้อหนาขึ้น โดยยังไม่มีการศึกษาถึงประสิทธิผลของการให้อาหารข้นระดับสูงในโควากิว

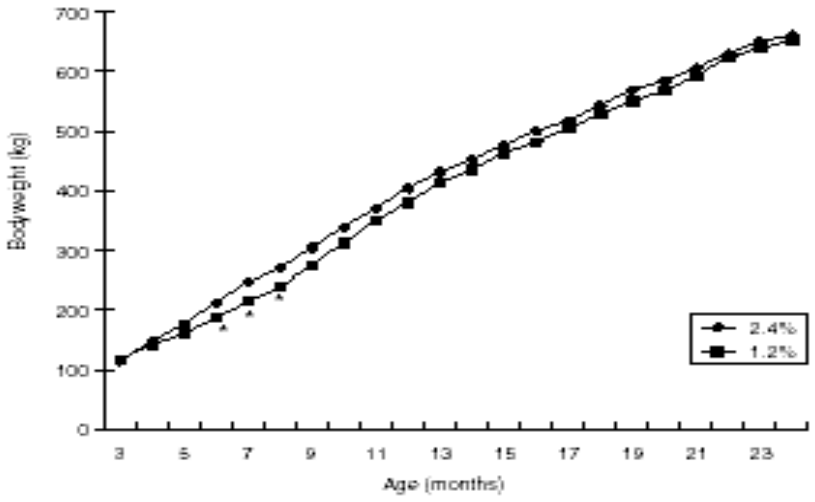
ผลของระดับการให้อาหารข้นระดับสูง

Nade *et al.* (2005) ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของระดับการให้อาหารข้นต่อการเจริญเติบโตและลักษณะซากในโค Japanese Black ที่อายุน้อย โดยใช้โควากิว 6 ตัวซึ่งเป็นแฝดแท้ (โคหนุ่ม 2 ตัวและโคสาว 4 ตัว) และโควากิว 6 ตัวซึ่งมาจากการผสมแบบ Full-sibs (โคหนุ่ม 2 ตัวและโคสาว 4 ตัว) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยโคหนุ่มจากแฝดแท้ 1 ตัว จากการผสมแบบ Full-sibs 1 ตัว โคสาวจากแฝดแท้ 2 ตัว และจากการผสมแบบ Full-sibs 2 ตัว กลุ่มที่ 1 ให้อาหารข้น 2.4 % ของน้ำหนักตัว (กลุ่ม 2.4%) และกลุ่มที่ 2 ให้อาหารข้น 1.2% ของหนักตัว (กลุ่ม 1.2%) โคทั้ง 2 กลุ่มอายุ 3-6 เดือนได้รับอาหารข้นที่มียอดโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) 70% และโปรตีนรวมทั้งหมด (CP) 15% อย่างเต็มที่

โคจะเริ่มขุนที่อายุ 7-24 เดือน ในระหว่างอายุ 7-12 เดือนให้อาหารข้นที่มี TDN 70% และ CP 14.3% อย่างเต็มที่ จากนั้นระหว่างอายุ 13-24 เดือนจะให้อาหารข้นที่มี TDN 73% และ CP 12.3% โดยที่ทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับอาหารหยาบอย่างเต็มที่ในระหว่างอายุ 7-12 เดือนให้กินหญ้า timothy และอายุ 13-24 เดือนให้กินฟางข้าว โดยทำการวัดปริมาณการกินอาหารหยาบและอาหารข้นที่แต่ละกลุ่ม

1. ผลของระดับการให้อาหารต่อการเจริญเติบโต

ภาพที่ 1 แสดงน้ำหนักตัวในกลุ่ม 2.4% และกลุ่ม 1.2% ทุกเดือนตั้งแต่เริ่มการเลี้ยงดูจนสิ้นสุดระยะการขุน ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของ 2 กลุ่มที่เริ่มระยะการเลี้ยงดูเท่ากัน เมื่ออายุ 6 เดือน น้ำหนักตัวของกลุ่ม 2.4% และกลุ่ม 1.2% คือ 211.1 กิโลกรัมและ 188.1 กิโลกรัม โคกลุ่ม 2.4% มีน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่ม 1.2% และเมื่ออายุ 7-8 เดือน โคกลุ่ม 2.4% มีน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่ม 1.2%



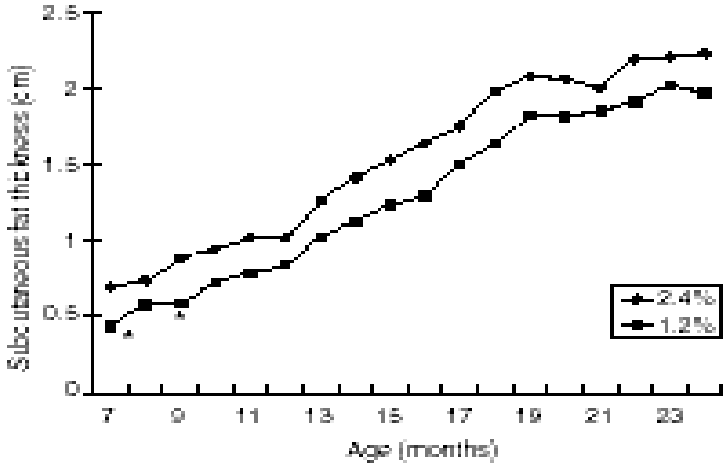
ภาพที่ 1 แสดงน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของกลุ่ม 2.4% และกลุ่ม 1.2% จากอายุ 3-24 เดือน (*$P<0.05$*)
(Nade *et al*., 2005)

เมื่ออายุ 9-10 เดือน น้ำหนักตัวของกลุ่ม 2.4% มีแนวโน้มว่าสูงกว่าในกลุ่ม 1.2% หลังจากอายุ 11 เดือนไปแล้วไม่พบความแตกต่างทางสถิติในน้ำหนักตัวระหว่าง 2 กลุ่ม น้ำหนักตัวสุดท้ายของกลุ่ม 2.4% และกลุ่ม 1.2% สิ้นสุดที่ 611.1 กิโลกรัมและ 651.0 กิโลกรัม

การเปลี่ยนแปลงในความแตกต่างของน้ำหนักตัวระหว่าง 2 กลุ่มแสดงในภาพที่ 2 ความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากระยะเวลาเริ่มต้นการเลี้ยงดูถึงอายุ 7 เดือน โดยมีความแตกต่างมากที่สุดคือ 31.3 กิโลกรัม ช่วงอายุ 5-7 เดือนแสดงความแตกต่างของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างโค 2 กลุ่ม ซึ่งช่วงนั้นกลุ่ม 2.4% มีน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่ม 1.2% โดยประมาณ 20-30 กิโลกรัม จากนั้นความแตกต่างในน้ำหนักตัวระหว่างสองกลุ่มลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง Kuroki *et al.* (1998) อ้างโดย Nade *et al.* (2005) รายงานว่าความแตกต่างในน้ำหนักตัวระหว่างระดับอาหารข้นสูงและระดับอาหารข้นต่ำ ในระยะเวลาการเลี้ยงจากอายุ 3-10 เดือนเพิ่มขึ้นทุกเดือน แต่โคที่ใช้ในการทดลองนี้มีช่วงการเลี้ยงดูสั้นกว่าและเริ่มขุนที่อายุน้อยกว่าการศึกษาของ Kuroki *et al.* (1998) ดังนั้นอิทธิพลต่อน้ำหนักตัวของโคที่ได้รับอาหารข้นระหว่างการเลี้ยงจะผันแปรตามระยะเวลาการเลี้ยงดู

ภาพที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงในความแตกต่างของน้ำหนักตัวระหว่างกลุ่ม 2.4% และกลุ่ม 1.2% จากอายุ 3-24 เดือน (Nade *et al*., 2005)

ภาพที่ 3 แสดงการพัฒนาของไขมันใต้ผิวหนัง ซึ่งวัดด้วยอัลตร้าโซนิก ระหว่างระยะการขุน ความหนาไขมันใต้ผิวหนังที่อายุ 7 เดือน ในกลุ่ม 2.4% และกลุ่ม 1.2% คือ 0.7 และ 0.44 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติที่อายุ 9 เดือน จนกระทั่งเดือนที่ 11 กลุ่ม 2.4 % มีแนวโน้มที่จะพัฒนาชั้นไขมันใต้ผิวหนังมากกว่ากลุ่ม 1.2% แต่หลังจากอายุ 12 เดือนไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสองกลุ่ม การได้รับอาหารข้นระดับสูงช่วง 4 เดือนก่อนการขุนโคอายุน้อย มีอิทธิพลต่อความหนาไขมันใต้ผิวหนังจนกระทั่งช่วงแรกของการขุน แต่หลังจากนั้นอาหารข้นระดับสูงก็ไม่มีผล



ภาพที่ 3 แสดงการเพิ่มขึ้นในการวัดความหนาไขมันใต้ผิวหนังวัดด้วยอัลตร้าโซนิกของกลุ่ม 2.4% และกลุ่ม 1.2% ระหว่างระยะการขุน (Nade *et al*., 2005)

Kuroki *et al.* (1998) อ้างโดย Nade *et al.* (2005) รายงานว่าความแตกต่างในความหนาไขมันใต้ผิวหนังจะเพิ่มขึ้นทุกเดือนเหมือนกับน้ำหนักตัว แต่ในการศึกษานี้ความหนาไขมันใต้ชั้นผิวหนังระหว่าง 2 กลุ่มไม่ได้เพิ่มขึ้นทุกเดือนและมีความหนาโดยประมาณ 0.3 เซนติเมตรในระยะขุน ในการทดลองนี้ได้มีการใช้แฝดแท้และลูกที่เกิดจากการผสมแบบ Full-sibs ซึ่งมียีนที่คล้ายคลึงกันมากและสรุปได้ว่า แม้ว่าจะใช้อาหารพลังงานสูงระหว่างการเลี้ยงดู จะทำให้ความหนาไขมันใต้ผิวหนังเพิ่มขึ้นในระยะแรกของการขุน แต่หลังจากนั้นสัตว์ที่มียีนเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันมากจะมีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน

ปริมาณการกินอาหารข้นในระหว่างการเลี้ยงดูและการขุน มีความแตกต่างทางสถิติในอาหารที่กินระหว่างการเลี้ยงดูระหว่างทั้ง 2 กลุ่มเฉพาะช่วงอายุ 3-6 เดือนเนื่องจากการให้อาหารข้นในระดับ 2 เท่า จึงทำให้ปริมาณการกินแตกต่างกัน ส่วนระหว่างการขุน ปริมาณการกินอาหารข้นไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินหญ้าแห้ง (timothy) ของกลุ่ม 2.4% และกลุ่ม 1.2% ในการเลี้ยงดูคือ 105.1 กิโลกรัมและ 174.6 กิโลกรัม ตามลำดับ จากอายุ 7-12 เดือนระหว่างการขุน โคกลุ่ม 2.4% กินหญ้าแห้ง 188.3 กิโลกรัมและโคกลุ่ม 1.2% กิน 239.5 กิโลกรัม แต่ละกลุ่มกินฟางข้าวในปริมาณใกล้เคียงกันเมื่ออายุ 13-24 เดือน โคกลุ่ม 1.2% กินหญ้าแห้งมากกว่าโคในกลุ่ม 2.4% จากอายุ 3-12 เดือน ปริมาณ TDN จากอาหารข้นและหญ้าแห้งในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่าง 2 กลุ่ม ดังนั้นโคกลุ่ม 2.4% กินอาหารข้นมากกว่าและกินหญ้าแห้งน้อยกว่าโคกลุ่ม 1.2% ความแตกต่างของระดับอาหารข้นที่ใช้ในการเลี้ยงในช่วงอายุ 3-6 เดือนก่อนการขุนไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณการกิน TDN สำหรับการเจริญเติบโต ความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักตัวและความหนาไขมันใต้ผิวหนังระหว่างกลุ่ม 2.4% และกลุ่ม 1.2% ในช่วงแรกของการขุนเกิดจากอิทธิพลของอาหารข้นที่กินระหว่างการเลี้ยงดู

ผลของระดับการให้อาหารต่อคุณภาพซาก

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยผลผลิตและคะแนนไขมันแทรกในเนื้อ (BMS) ประเมินค่าโดย Japan Meat Grading Association (JMGA) และส่วนประกอบซากของกลุ่ม 2.4% และกลุ่ม 1.2% ความหนาไขมันใต้ผิวหนังคือ 3.00 เซนติเมตร และ 2.67 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของส่วนประกอบ และลักษณะซากในโคที่กินอาหารข้น 2.4% ต่อวัน (กลุ่ม 2.4%) และ1.2% ต่อวัน (กลุ่ม 1.2%)

	กลุ่ม 2.4%	กลุ่ม 1.2 %	Significance
BMS (No.)	4.9 ± 1.0	5.4 ± 1.0	ns
น้ำหนักซาก (กก.)	429.63 ± 14.66	421.25 ± 14.66	ns
กล้ามเนื้อ (Muscle)			
น้ำหนักรวมทั้งหมด (กก.)	104.51 ± 4.13	102.84 ± 4.47.	ns
อัตราส่วนต่อน้ำหนักซาก (%)	48.20 ± 1.00	48.53 ± 1.12	ns
ไขมัน			
น้ำหนักรวมทั้งหมด (กก.)	88.45 ± 2.28	85.06 ± 4.23	ns
อัตราส่วนต่อน้ำหนักซาก (%)	41.09 ± 1.26	40.19 ± 1.50	ns
น้ำหนักของไขมันในส่วนอื่นๆ (กก.)			
ใต้ผิวหนัง	41.37 ± 2.46	39.68 ± 4.03	ns
ระหว่างกล้ามเนื้อ	33.05 ± 1.71	30.71 ± 0.82	ns
ในช่องท้องและรอบไต	14.03 ± 0.77	14.68 ± 0.48	ns
อัตราส่วนต่อน้ำหนักซาก (%)			
ใต้ผิวหนัง	41.37 ± 2.46	39.68 ± 4.23	ns
ระหว่างกล้ามเนื้อ	33.05 ± 1.71	30.71± 0.82	ns
ในช่องท้องและรอบไต	6.51 ± 0.34	14.68 ± 0.48	ns
อัตราส่วนต่อน้ำหนักไขมันรวมทั้งหมด (%)			
ใต้ผิวหนัง	46.69 ± 2.25	46.11 ± 2.44	ns
ระหว่างกล้ามเนื้อ	37.34 ± 1.53	14.54 ± 0.35	ns
ในช่องท้องและรอบไต	15.97 ± 1.18	17.40 ± 0.77	ns
กระดูก			
น้ำหนักรวมทั้งหมด (กก.)	18.29 ± 0.87	18.48 ± 1.04	ns
อัตราส่วนต่อน้ำหนักซาก (%)	8.48 ± 0.34	8.74 ± 0.43	ns

BMS, beef marbling score; NS, not significant. ± Least square means ± standard error.

ที่มา: Nade *et al.* (2005)

น้ำหนักไขมันรวมทั้งหมดและอัตราส่วนของไขมันต่อซาก โดยเลือกไขมัน 3 จุดคือ ใต้ผิวหนัง ระหว่างกล้ามเนื้อ/ ผนังช่องท้อง และรอบๆไต อัตราส่วนของไขมันต่อซากและไขมันทั้งหมดมีค่าเหมือนกันระหว่าง 2 กลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติของลักษณะซากระหว่าง 2 กลุ่ม ดังนั้นความแตกต่างของระดับการให้อาหารข้นระหว่างระยะเวลาการเลี้ยงดูไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะซาก อย่างไรก็ตาม Kuroki *et al.* (1998) อ้างโดย Nade *et al.* (2005) รายงานว่าการใช้อาหารข้นสูงในระหว่างการเลี้ยงดูมีผลต่อซากคือ ไขมันใต้ผิวหนังและระหว่างกล้ามเนื้อหนาขึ้นและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมีขนาดใหญ่ขึ้น

ในการทดลองนี้ใช้ทั้งโคหนุ่มและโคสาว พบว่าเพศไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และลักษณะซาก และไม่พบอิทธิพลร่วมต่อการวัดอื่นๆ ระหว่างโคหนุ่มและโคสาว ดังนั้นระดับอาหารข้นสูงที่ใช้สำหรับการขุนวันอายุน้อยส่งผลคล้ายกันต่อการเจริญเติบโตและลักษณะซากในโคหนุ่มและโคสาว

ผลของระยะเวลาการขุนต่อการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงของเซลล์ไขมันเริ่มต้นไปเป็นเซลล์ไขมันที่เจริญเต็มที่แล้วถูกควบคุมโดยปัจจัยการคัดลอก 2 กลุ่มคือ CCAAT/enhancer binding proteins (C/EBP) และ Peroxisome proliferators-activated receptor γ (PPAR γ) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในสังเคราะห์ไขมัน โดยสมาชิกในกลุ่ม C/EBP คือ C/EBP$_\alpha$ C/EBP$_\beta$ และ C/EBP$_\delta$ ในมนุษย์และสัตว์ที่ใช้ฟันแทะ (Gretchen *et al.,* 1998 อ้างโดย Yamada *et al*., 2007) กลุ่ม C/EBP แสดงออกที่ช่วงเวลาเฉพาะเจาะจงในกระบวนการเปลี่ยนแปลงโดยปรากฏในช่วงแรกของการสังเคราะห์ไขมัน ส่วนการแสดงออกของ PPAR$_\gamma$ จะมากขึ้นในช่วงสุดท้ายของการเปลี่ยนแปลงเพิ่มจำนวน ของเซลล์ไขมัน ซึ่ง PPAR$_\gamma$ มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นกระบวนการเกิดไขมัน (Tontonoz *et al.,* 1994 อ้างโดย Yamada *et al*., 2007)

Yamada *et al*. (2007) ทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของระยะเวลาการขุนต่อการแสดงออกของปัจจัยการคัดลอกกลุ่ม C/EBP และ PPAR γ ในโคเนื้อ Japanese Black โดยใช้โคเพศผู้ตอน Japanese Black ที่อายุส่งฆ่า 19, 24 และ29 เดือน โดยเริ่มขุนตั้งแต่อายุ 10 เดือน เก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อไขมัน 3 ชนิดคือไขมันใต้ผิวหนังและไขมันระหว่างกล้ามเนื้อ ในบริเวณกล้ามเนื้อ longissimus และไขมันในช่องท้องบริเวณรอบๆ colon ตัวอย่างถูกแช่ในไนโตรเจนเหลวและเก็บที่อุณหภูมิ -80 ºC จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ หลังจากการฆ่าแล้ว ซากซีกซ้ายจะถูกแช่เย็น ที่ 4 ºC เป็นเวลา 27 ชั่วโมง แล้วชำแหละเป็นกล้ามเนื้อ กระดูก และไขมัน แล้วบันทึกน้ำหนักเนื้อเยื่อไขมัน

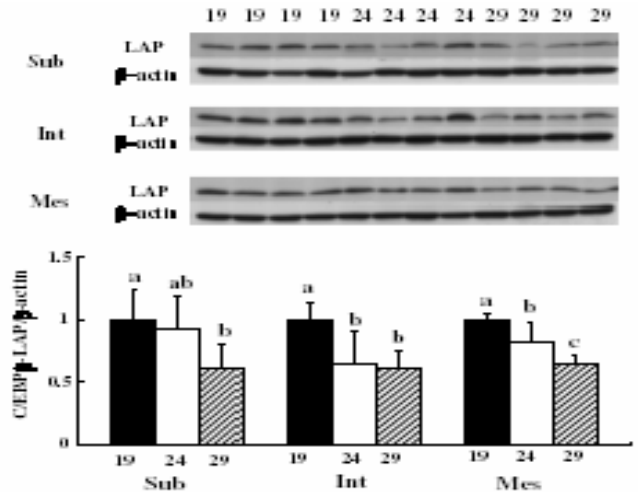
จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักตัวและน้ำหนักไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อระยะเวลาการขุนนานขึ้น ส่วนสัดส่วน TG/DNA ซึ่งแสดงถึงปริมาณไขมันต่อเซลล์ไขมันในเนื้อเยื่อไขมันนั้น พบว่าสัดส่วน TG/DNA ในไขมันระหว่างกล้ามเนื้อของโคอายุ 29 เดือนสูงกว่าโคอายุ 19 เดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 2 แสดงน้ำหนักไขมัน และ สัดส่วน TG/DNA ของโคขุน Japanese Black

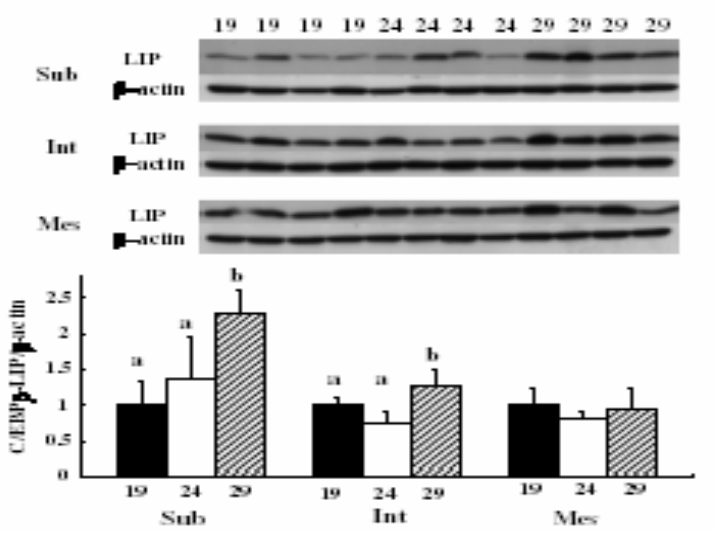
		19 เดือน	24 เดือน	29 เดือน
น้ำหนักตัว	น้ำหนัก (kg)	499.0 ± 44.8[a]	604.0 ± 44.8[b]	652.2 ± 70.8[b]
ใต้ผิวหนัง	น้ำหนัก (kg)	38.2 ± 9.3[a]	52.1 ± 14.5[ab]	65.6 ± 18.9[b]
	TG/DNA (mg/μg)	8.1 ± 2.6	8.4 ± 3.7	11.4 ± 3.2
ภายในกล้ามเนื้อ	น้ำหนัก (kg)	50.8± 4.2[a]	59.1 ± 8.6[ab]	63.9 ± 11.1[b]
	TG/DNA (mg/μg)	17.8± 3.1[a]	21.3 ± 2.8[ab]	23.9 ± 2.5[b]
เยื่อบริเวณลำไส้	น้ำหนัก (kg)	45.7± 8.6[a]	58.2 ± 7.6[b]	58.6 ± 4.3[b]
	TG/DNA (mg/μg)	15.3 ±1.4	19.9 ± 4.3	20.2 ± 6.1

ที่มา: Yamada *et al.* (2007)

Yamada *et al.,* (2007) พบว่า การเปลี่ยนแปลงในการเพิ่มจำนวนของเซลล์ไขมันเริ่มต้นถูกยับยั้งโดยการลดลงของ C/EBPβ-LAP เมื่อระยะเวลาการขุนเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4 รวมทั้งการแสดงออกของ C/EBPβ-LIP ในไขมันใต้ผิวหนังและไขมันระหว่างกล้ามเนื้อของโคอายุ 29 เดือน สูงกว่าโคอายุ 19 เดือนอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาการขุนยาวนานขึ้น การเพิ่มจำนวนของเซลล์ไขมันเริ่มต้นจะถูกยับยั้งโดยการเพิ่มของ C/EBPβ-LIP



ภาพที่ 4 การแสดงออกของโปรตีน C/EBPβ-LAP ในการขุนโค Japanese Black (Yamada *et al.*, 2007)



ภาพที่ 5 การแสดงออกของโปรตีน C/EBPβ-LIP ในการขุนโค Japanese Black (Yamada *et al.*, 2007)

การค่อยๆลดลงของการแสดงออกของ C/EBPβ-LAP ในเนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนังและไขมันระหว่างกล้ามเนื้อซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับการเพิ่มขึ้นของการแสดงออกของ C/EBPβ-LIP เมื่อระยะเวลาการขุนนานขึ้น และพบว่าระดับของ C/EBPβ-LAP ในไขมันช่องท้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในระหว่างการขุนนานขึ้น เหมือนในไขมันใต้ผิวหนังและไขมันระหว่างกล้ามเนื้อ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ C/EBPβ-LIP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

และการแสดงออกของ C/EBP$_\alpha$ ซึ่งจะกระตุ้นการแตกตัวของเซลล์ไขมันปลายสุดในเนื้อเยื่อไขมันภายในกล้ามเนื้อที่อายุ 29 เดือนสูงกว่าที่อายุ 19 เดือนอย่างมีนัยสำคัญ และการวิเคราะห์ Western blot ยังพบ PPAR$_\gamma$ ในเซลล์ไขมันต้นกำเนิดของโคไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการสังเกตในระยะขุนในสิ่งที่ทำการเก็บไขมัน

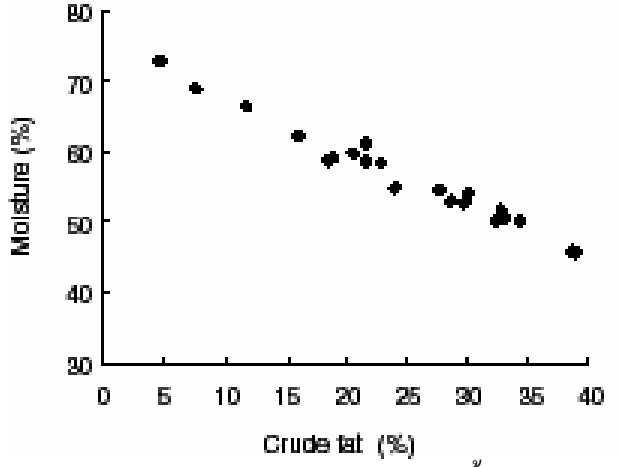
จากการทดลองของ Yamada *et al.* (2007) แสดงถึงการแสดงออกของ C/EBP$_\alpha$ ในเนื้อเยื่อไขมันระหว่างกล้ามเนื้อของโคอายุ 29 เดือนมากกว่าโคอายุ 19 เดือนอย่างมีนัยสำคัญ และสัดส่วน TG/DNA ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงการขยายตัวของเซลล์ไขมัน (Cabassi *et al.*, 2005 อ้างโดย Yamada *et al.*, 2007) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในเนื้อเยื่อไขมันระหว่างกล้ามเนื้อเท่านั้นเมื่อระยะเวลาการขุนเพิ่มขึ้น โดย C/EBP$_\alpha$ แสดงออกในการขยายจำนวนช่วงสุดท้าย (Timchenko *et al.*, 1996 อ้างโดย Yamada *et al.*, 2007)

จากผลการทดลองเห็นว่า PPAR$_\gamma$ มีบทบาทสำคัญในการควบคุมเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ของเซลล์ไขมันที่เจริญแล้วการแสดงออกที่คงที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโคเนื้อที่อ้วนเกินไป เนื่องจากการขุน (Yamada *et al.*, 2007)

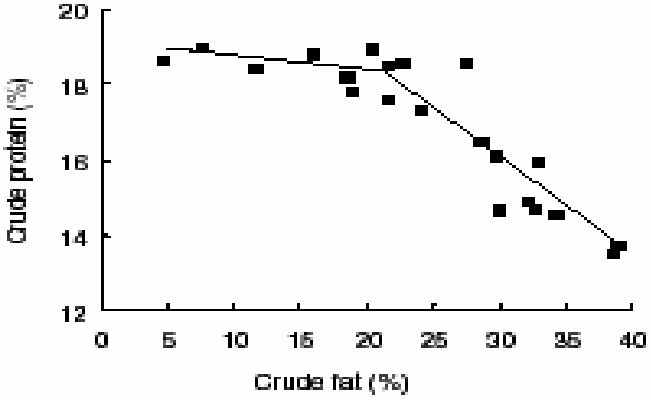
Ueda *et al*. (2007) ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อต่อลักษณะเนื้อของโค Japanese Black (Wagyu) โดยใช้โคขุน Japanese Black จำนวน 21 ตัว จากอายุ 15-30 เดือน ทำการฆ่าแล้วเก็บข้อมูลทางด้านซาก เก็บตัวอย่างเนื้อบริเวณสันนอกส่วนนอก (M. longissimus thoracis) บริเวณซี่โครงซี่ที่ 6 แล้วบ่มเย็นที่ 0 ºC เป็นเวลา 15 วัน นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีและกรดอะมิโนอิสระ(Free Amino Acid, FAA) วัดความนุ่ม(Tenderness) และการสูญเสียจากการหุงต้ม(Cooking loss) ผลการทดลองพบว่า

1. ความชื้น โปรตีน BMS No. และปริมาณไขมัน

เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจาก 4.8% เป็น 39% ปริมาณความชื้นลดลงในลักษณะเส้นตรง จาก72% เป็น 45.6% โดยมีค่าสหสัมพันธ์เป็น 0.97 (ภาพที่ 6) ในทางตรงกันข้าม ระดับโปรตีนค่อนข้างคงที่ประมาณ 18% เมื่อปริมาณไขมันอยู่ในระดับต่ำ และปริมาณโปรตีนลดลงอย่างชัดเจนเมื่อปริมาณไขมันในระดับสูงขึ้น (ภาพที่ 7)

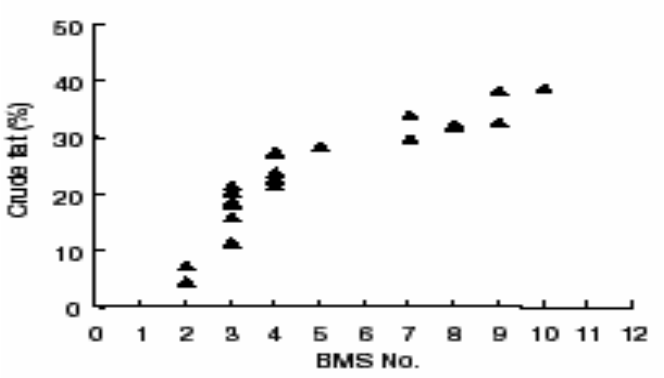


ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันและปริมาณความชื้นใน M. longissimus thoracis จากโคขุน Japanese black (Ueda *et al*., 2007)



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันและปริมาณโปรตีนใน M. longissimus thoracis จากโคขุน Japanese black (Ueda *et al*., 2007)

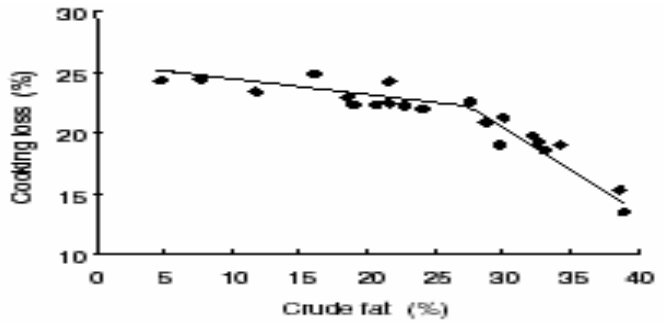
สมการเส้นตรงรูปแบบถดถอยถูกใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมัน(X) และปริมาณโปรตีน (Y) พบว่าจุดเปลี่ยนอยู่ที่ x = 22.867 (r^2 = 0.91) Ueda *et al*. (2007) แสดงการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนเป็น 2 ระยะตามระดับไขมันที่เปลี่ยนไป และแสดงให้เห็นจุดที่โปรตีนเปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ที่ระดับไขมันประมาณ 23% เนื้อโคจากระดับไขมันนี้ถูกจัดให้อยู่ในระดับ BMS no. 4 (Beef Marbling Standard Number ตามตลาดปี 1998 หรือจัดอยู่ในระดับ BMS no. 9 ตาม Japan Meat Grading Association (JMGA, 1988) (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 ความสันพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันและ BMS No. ใน M. longissimus thoracis จากโคขุน Japanese black (Ueda *et al*., 2007)

2. การสูญเสียจากการหุงต้ม (Cooking loss)

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการหุงต้มมีความสัมพันธ์เป็นลบกับปริมาณไขมัน และความชันของกราฟจะน้อยเมื่อเนื้อมีไขมันระดับต่ำ แต่ความชันมากในเนื้อที่มีไขมันสูง ลักษณะความสัมพันธ์นี้คล้ายกับความสัมพันธ์ของปริมาณไขมันและโปรตีน ซึ่งสมการแสดงจุดเปลี่ยนของความสัมพันธ์ เมื่อปริมาณไขมันประมาณ 28.02 โดยชี้ให้เห็นว่าการสูญเสียจากการหุงต้มเนื้อลดลงเมื่อระดับไขมัน $\geq$ 28% ซึ่งตลาดจัดให้อยู่ในระดับ BMS no. 4 แต่ความจริงแล้วควรอยู่ที่ระดับ BMS No.11 ตาม JMGA (1988)

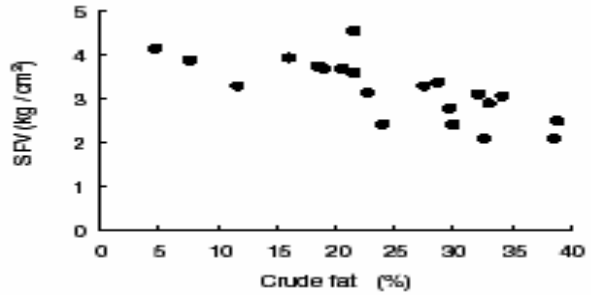


ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดไขมันและการสูญเสียจากการหุงต้มใน M. longissimus thoracis จากโคขุน Japanese Black (Ueda *et al*., 2007)

การสูญเสียจากการหุงต้มเกิดขึ้น โดยการปล่อยของพันธะไฮโดรเจนของน้ำที่ยึดติดกับโปรตีนเป็นหลัก (Hamm, 1960 อ้างโดย UEDA *et al*., 2007) ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ว่าการลดลงของการสูญเสียจากการหุงต้ม มีผลมาจากการลดลงของโปรตีนอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม การสูญเสียจากการหุงต้มมีมากน้อยยังขึ้นอยู่กับปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยไขมันจะละลายและไหลออกมาจากการปรุงอาหาร

2. ความนุ่ม (Tenderness)

ความนุ่มเป็นความสำคัญอย่างหนึ่งในคุณภาพเนื้อ และโควากิวมีชื่อเสียงในคุณภาพของความนุ่มสูงจากภาพที่ 12 (ไม่มีในเนื้อหา) ระดับค่าแรงตัดผ่านเนื้อ Warner-Bratzlar (shear-force value , SFV) จาก 2.08 ไปเป็น 4.56 kg/cm^2 ความสัมพันธ์ระหว่าง SFV และระดับไขมันเป็นลบอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งระดับไขมันจาก 4.8 ไปเป็น 39% (r^2 = 0.62) ค่าสหสัมพันธ์นี้มีค่าต่ำกว่า เมื่อเทียบกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนหรือการสูญเสียจากการหุงต้มกับปริมาณไขมัน (ภาพที่ 6 และ7) ในการทดลองนี้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงเมื่อระดับไขมันเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 10) ถึงแม้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของปริมาณโปรตีนในเนื้อที่มีไขมัน <23% (ภาพที่ 7) สาเหตุที่ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงเพราะการสลายตัวของโครงสร้างในเส้นใยกล้ามเนื้อ หรือปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งมีผลมาจาก Calpain หรือ Matrix metalloproteinases (MMP) ที่เพิ่มขึ้นในช่วงการเพิ่มจำนวนของเซลล์ไขมัน ดังนั้นความนุ่มของเนื้อไม่ได้เป็นผลจากส่วนประกอบทางเคมีเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ในช่วงการสะสมไขมันภายในกล้ามเนื้อ



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมัน และค่าแรงตัดผ่าน Warner-Bratzlar (SFV) ใน M. longissimus thoracis จากโคขุน Japanese Black . Y=-0.053X + 4.519 (Ueda *et al*., 2007)

4. กรดอะมิโนอิสระ (Free Amino Acid , FAA)

ความสัมพันธ์เป็นลบระหว่างปริมาณไขมันและกรดไขมันอิสระแต่ละตัว เนื่องมาจากปริมาณโปรตีน ที่ลดต่ำลง จากผลสรุปนี้ระดับกรดไขมันอิสระลดลงตามปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นนั้นไม่สามารถอธิบายโดยปริมาณโปรตีนได้เพียงอย่างเดียว

เป็นที่รู้กันว่าโคมีการสะสมไขมันอย่างมีนัยสำคัญและมีอัตราการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อต่ำในระยะสุดท้ายของการขุน Watanabe *et al*. (2004) อ้างโดย Ueda *et al*. (2007) พบว่ากรดไขมันอิสระเกือบทั้งหมดมีระดับต่ำกว่าในโคขุนอายุ 35 เดือนเมื่อเทียบกับโคที่อายุน้อย และเสนอว่าโคที่ขุนได้ดีมีกรดไขมันอิสระในปริมาณที่ต่ำกว่า เพราะการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อมีน้อย ในการขุนช่วง

สรุป

การใช้อาหารข้นในระดับสูงในช่วงอายุ 3-6 เดือนนั้นส่งผลไปยังการเจริญเติบโตและลักษณะซาก โดยโคที่ได้รับระดับอาหารข้นสูง (2.4%) มีน้ำหนักตัวและไขมันใต้ผิวหนังสูงกว่าโคที่ได้รับระดับอาหารข้นต่ำ (1.2%) ในช่วงอายุ 6-10 เดือน จากนั้นการเพิ่มขึ้นเหล่านั้นค่อยๆลดลงจนกระทั่งอายุ 11 เดือน หลังจากนั้นก็ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม และไม่มีผลต่อลักษณะซาก ทำให้ทราบว่าการให้อาหารข้นระดับสูงในระยะเลี้ยงดูสำหรับการขุนโควากิว จะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตในช่วงท้ายของระยะเลี้ยงดูจนถึงช่วงต้นของระยะขุนเท่านั้น หากต้องการลดต้นทุนการผลิต ควรให้อาหารหยาบอย่างเต็มที่ในระยะเลี้ยงดูโคอายุน้อยก่อนการขุน

อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาการขุนมีผลต่อหาแสดงออกของ C/EBPβ-LAP C/EBPβ-LIP และ C/EBP$_\alpha$ถึงแม้ว่าจะไม่มีควาแตกต่างกันทางสถิติของระดับ C/EBP$_\alpha$ และ PPAR$_\gamma$ โดยแสดงให้เห็นว่าปัจจัยการคัดลอกยีนที่เกี่ยวข้องกับไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง C/EBPβ และ C/EBP$_\alpha$ มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการสังเคราะห์ไขมันระหว่างระยะการขุนโค ซึ่งเนื้อที่มีไขมันแทรกสูงในโควากิว (ปริมาณไขมันประมาณ 23% ขึ้นไป) จะมีปริมาณโปรตีนต่ำลงอย่างมาก ซึ่งส่งผลไปถึงการลดลงของการสูญเสียจาการหุงต้มและความเข้มข้นของกรดอะมิโนอิสระ

เอกสารอ้างอิง

Nade, T., T. Okumura, S. Misumi and K. Fujita. 2005. Effects of feeding different levels of concentrate on growth and carcass characteristics in younger Japanese Black cattle. Journal of Animal Science. 76: 43-49.

Yamada, T., S.-I. Kawakami and N. Nakanishi. 2007. Effect of fattening periods on the expression of adipogenic transcription factor in Wagyu beef cattle. Journal of Meat Science. 76: 289-294.

Ueda, Y., A. Watanabe, M. Higuchi, H. Shingu, S. Kushibiki and M. Shinoda. 2007. Effect of intramuscular fat on the beef traits of Japanese Black steers (Wagyu). Journal of Meat Science. 78: 189-194.