

อิทธิพลของแหล่งพลังงานในอาหารชั้นและระยะเวลาในการบ่ม
ต่อคุณภาพเนื้อโคนมเพศผู้ตอน

**INFLUENCE OF ENERGY SOURCE IN CONCENTRATE AND
AGEING PERIOD ON MEAT QUALITY OF DAIRY STEERS**



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

KMITL-2022-AG-M-031-371

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**INFLUENCE OF ENERGY SOURCE IN CONCENTRATE AND
AGEING PERIOD ON MEAT QUALITY OF DAIRY STEERS**



KATATIKARN SAHATSANON

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2022

KMITL-2022-AG-M-031-371

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2022

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของแหล่งพลังงานในอาหารชั้นและระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพเนื้อ โคนมเพศผู้ตอน
นักศึกษา	นางสาวกตาทิการ สหัสสานนท์
รหัสประจำตัว	63604032
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. รณชัย สิทธีไกรพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร. จันทรพร เจ้าทรัพย์

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของแหล่งพลังงานในอาหารชั้นที่ต่างกัน 3 แหล่ง (เมล็ดข้าวโพดบด มันสำปะหลังบด และแป้งจากเหง้าสับปะรดโดยใช้ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารชั้น) และระยะเวลาในการบ่ม (14 และ 21 วัน) ต่อคุณภาพเนื้อ โคนมเพศผู้ตอน โดยทำการศึกษาในโคนมสายพันธุ์โฮลสไตล์ฟรีเชียนเพศผู้ตอนสายเลือด 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จำนวน 36 ตัว อายุ 22 เดือน น้ำหนัก 453 ± 35.3 กิโลกรัม ระยะเวลาขุน 206 วัน ศึกษาในตัวอย่างกล้ามเนื้อส่วน *Longissimus thoracis* (LT) จากซากซีกซ้ายของโคแต่ละตัว ผลการศึกษาพบว่า แหล่งพลังงานที่แตกต่างกันในอาหารชั้นและระยะเวลาในการบ่มเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ต่อลักษณะค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ค่าสีของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการทำละลาย เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ และค่าเนื้อสัมผัส แต่เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการทำละลายของเนื้อ โคนมที่บ่ม 14 วัน มีค่าต่ำกว่าเนื้อ โคนมที่บ่ม 21 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณโปรตีน ความชื้น และไขมันของเนื้อ โคนมที่เลี้ยงด้วยแหล่งพลังงานในอาหารชั้นทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ปริมาณเถ้าของเนื้อ โคนมที่เลี้ยงด้วยแป้งจากเหง้าสับปะรดมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดบด และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังบด ($P < 0.05$) มีค่า 1.24 0.94 และ 0.91 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกันในอาหารชั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ต่อปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลาย ปริมาณคอลลาเจนรวม เปอร์เซ็นต์คอลลาเจนที่ละลายได้ และองค์ประกอบของกรดไขมัน ยกเว้นในกรดโอเล

อีก และกรดอีรูซิกมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณ Hypoxanthine Inosine และ GMP ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ปริมาณ IMP กลุ่มที่เลี้ยงด้วยแป้งจากเหง้าสับปะรดมีค่าสูงที่สุด ($P < 0.05$) ในแหล่งพลังงานที่ต่างกัน ระยะเวลาในการบ่ม ไม่มีผลต่อปริมาณ Inosine และ GMP ($P > 0.05$) แต่การบ่มเนื้อโคที่ 14 วัน ส่งผลให้ปริมาณ Hypoxanthine มีค่าต่ำกว่าการบ่มเนื้อโคที่ 21 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณ IMP ในเนื้อโคที่บ่ม 14 วันมีค่าสูงกว่าเนื้อโคนมเพศผู้ตอนที่บ่ม 21 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



Thesis	Influence of energy source in concentrate and ageing period on meat quality of dairy steers
Student	Miss Katatikarn Sahatsanon
Student ID.	63604032
Degree	Master of Science
Program	Animal Science
Year	2022
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Ronachai Sitthikripong
Thesis Co-Advisor	Assoc. Prof. Dr. Chanporn Chaosap

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effects of three different energy sources in concentrate (ground corn (CO), ground cassava chip (CA), and pineapple stem starch (PI) formulated as a 40% in concentrate) and ageing period (14 and 21 days) on meat quality of dairy steers. The *Longissimus thoracis* (LT) muscles collected from the right side of thirty-six Holstein Friesian steer carcasses, 22 months of age and weighing 453 ± 35.3 kg, fattening period of 206 days were used in this study. The results showed that the differences in energy sources in the concentrate and ageing period had no significant ($P>0.05$) effects on pH value, meat color, thawing loss, cooking loss, shear force, and texture profile but thawing loss on 14 days of ageing was significantly lower than that on 21 days of ageing period ($P<0.05$). There were no significant effect of three different energy sources on protein, moisture, and fat percentages ($P>0.05$). The ash content of pineapple stem starch group was significantly higher than that of ground corn and ground cassava chip groups ($P<0.05$), there were 1.24%, 0.94%, and 0.91%, respectively. The different energy sources had no significant ($P>0.05$) effect on soluble collagen, insoluble collagen, total collagen, collagen solubility, and fatty acid composition, except for oleic acid and erucic acid content ($P<0.05$). Hypoxanthine, Inosine, and GMP content did not differ among the different energy sources and ageing period ($P>0.05$), but IMP content was the highest in pineapple stem starch group ($P<0.05$). The different energy sources and ageing period did

not affect on inosine content ($P>0.05$). The 14 days ageing beef had significantly lower hypoxanthine content but higher IMP and GMP content than those in 21 days ageing beef ($P<0.05$).



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. รณชัย สิทธิไกรพงษ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร. จันทรพัร เจ้าทรัพย์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสองท่าน ที่ได้ให้ความรู้ ความช่วยเหลือ คำแนะนำ คำปรึกษา และแนวทางต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยเสมอมา ตลอดจนได้ประสบการณ์ที่ดี รวมถึงตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร. จุฑารัตน์ เศรษฐกุล รศ.ดร. กนกรัตน์ ศรีกิจเกษมวัฒน์ และรศ.ดร. สินีนาฏ พลโยราช ที่ได้กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงตรวจสอบให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะหรือแนวทาง เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร. พรรณีภา ศิวะพิรุณเทพ ที่ได้กรุณาสละเวลามาตรวจสอบให้คำแนะนำ รวมถึงข้อเสนอแนะหรือแนวทาง เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณรุ่นพี่นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร รุ่นน้อง นักศึกษาปริญญาตรี สาขาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือต่างๆ และให้กำลังใจที่ดีตลอดการทำวิจัย รวมถึงบุคลากรสาขาวิชาสัตวศาสตร์ และบุคลากรสาขาครุศาสตร์เกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่งสำหรับ นายชนกร สหัสสานนท์ (บิดา) และนาง สุวิมล สหัสสานนท์ (มารดา) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยตลอดมา ตลอดจน ปู่ ย่า ตา ยาย สมาชิกในครอบครัวทุกคน และเพื่อนๆที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา สำหรับประโยชน์และคุณค่าทั้งปวงของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ตลอดจนผู้ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

กตาทิการ สหัสสานนท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญภาพ.....	XII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญ.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 สถานที่ดำเนินงาน.....	3
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	4
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 การผลิตโคขุนในประเทศไทย.....	5
2.2 สมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อเปรียบเทียบกับโคนม.....	7
2.3 สถานการณ์การผลิตโคนมในประเทศไทย.....	8
2.4 โคสายพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian)	9
2.5 การเลี้ยงโคนมเพื่อผลิตเนื้อ.....	10
2.5.1 รูปแบบการเลี้ยงโคนมเพื่อผลิตเนื้อ.....	10
2.6 ขบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตของสัตว์เคี้ยวเอื้อง.....	12
2.6.1 การย่อย และเมทาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะส่วนหน้า.....	12
2.6.2 การเปลี่ยน Pyruvate เป็นกรดไขมันระเหยได้.....	13
2.6.3 การย่อยและเมทาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในลำไส้เล็ก.....	16
2.6.4 การย่อยและเมทาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในลำไส้ใหญ่.....	16
2.7 คุณภาพเนื้อ.....	17
2.7.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH).....	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.2 สีของเนื้อ (Color).....	18
2.7.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อสัตว์ (Water holding capacity).....	20
2.7.4 ความนุ่มของเนื้อ (Tenderness).....	20
2.7.5 ความชุ่มฉ่ำ (Juiciness)	20
2.7.6 ไขมันในมัดกล้ามเนื้อหรือไขมันแทรก (Intramuscular fat หรือ Marbling fat).....	21
2.7.7 คอลลาเจน (Collagen).....	21
2.7.8 กรดไขมัน (Fatty acids).....	22
2.7.9 กลิ่นรสของเนื้อ (Flavor of meat).....	22
2.8 คุณภาพเนื้อ โคนม.....	25
2.9 การบ่มเนื้อสัตว์ (Meat aging).....	26
2.9.1 ความหมายของการบ่มเนื้อสัตว์.....	26
2.9.2 ระยะเวลาในการบ่มต่อองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อสัตว์.....	27
2.9.3 ระยะเวลาในการบ่มเนื้อสัตว์ต่อคุณภาพเนื้อ.....	28
2.10 แหล่งพลังงานในอาหารชั้นที่ใช้เลี้ยงโค.....	29
2.10.1 ข้าวโพด (Corn).....	29
2.10.2 มันสำปะหลัง (Cassava).....	29
2.10.3 สับปะรด (Pineapple).....	30
2.10.4 องค์ประกอบทางเคมีและการกระจายขนาดเม็ดของแหล่งแป้ง ที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง.....	33
2.11 ผลการศึกษาการขุน โคนมเพศผู้ด้วยผลพลอยได้จากสับปะรด.....	34
2.11.1 สมรรถนะการเจริญเติบโต.....	34
2.11.2 คุณภาพซาก โคนมเพศผู้.....	36
2.11.3 คุณภาพเนื้อ โคนมเพศผู้.....	37
2.11.4 องค์ประกอบของกรดไขมัน ในเนื้อ โคนมเพศผู้.....	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	41
3.1 สัตว์ที่ใช้ในการทดลอง.....	41
3.2 อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์.....	41
3.2.1 อาหารหยาบ.....	41
3.2.1 แหล่งพลังงานในอาหารชั้น.....	41
3.3 การเลี้ยงสัตว์.....	41
3.4 อุปกรณ์และสารเคมี.....	43
3.4.1 อุปกรณ์.....	43
3.4.2 สารเคมี.....	47
3.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	48
3.5.1 การเก็บตัวอย่าง.....	48
3.5.2 การศึกษาคุณภาพเนื้อโคทางกายภาพ.....	49
3.5.3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี.....	50
3.5.4 การวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจน (Collagen content analysis).....	52
3.5.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน.....	53
3.5.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารโรโบนิวคลีโอไทด์.....	54
3.5.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	55
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย.....	57
4.1 ผลการศึกษาคุณภาพของเนื้อทางกายภาพ.....	57
4.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี.....	60
4.3 ผลการศึกษาปริมาณคอลลาเจน.....	61
4.4 ผลการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมัน.....	63
4.5 ผลการศึกษาปริมาณสารโรโบนิวคลีโอไทด์.....	67

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	69
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	69
5.1.1 ผลของแหล่งพลังงานในอาหารชั้นที่ต่างกัน.....	69
5.1.2 ผลของระยะเวลาในการบ่มที่ต่างกัน.....	69
5.2 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ.....	69
บรรณานุกรม.....	71
ภาคผนวก.....	82
ภาคผนวก ก.....	83
ภาคผนวก ข.....	87
ประวัติผู้เขียน.....	109

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การนำเข้าสินค้าเนื้อโค และผลิตภัณฑ์ของไทย.....	6
2.2 การส่งออกสินค้าเนื้อโค และผลิตภัณฑ์ของไทย.....	7
2.3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของโคนมเพศผู้ และโคเนื้อ.....	8
2.4 สถานการณ์การผลิตโคนมเพศผู้ในประเทศไทย.....	8
2.5 ไขมันแทรกของโคนม และโคเนื้อ.....	10
2.6 ผลของระบบการให้อาหารที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต และลักษณะซากของ โคตอนเขตร้อน.....	11
2.7 คุณภาพเนื้อของโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียนกับ โลก้าแพงแสนเพศผู้ตอน.....	26
2.8 ผลของระยะเวลาในการบ่มต่อองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อสัตว์.....	27
2.9 ผลของระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพเนื้อโค.....	28
2.10 องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือ และผลพลอยได้จากการผลิตสับประรด (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง).....	32
2.11 องค์ประกอบทางเคมีของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง.....	33
2.12 ผลของแหล่งพลังงานที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต และปริมาณการกินได้ ของโคนมเพศผู้ตอน.....	35
2.13 ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่งในอาหารชั้นต่อลักษณะซาก โคนมเพศผู้ตอน.....	37
2.14 องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพเนื้อสัตว์ที่มีแหล่งพลังงานในอาหารชั้น ที่ต่างกัน 3 แหล่งใน โคนมเพศผู้ตอน.....	38
2.15 องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อ โคนมเพศผู้ตอนที่มีแหล่งพลังงานในอาหารชั้น ที่ต่างกัน 3 แหล่ง.....	40
3.1 องค์ประกอบของวัตถุดิบในสูตรอาหารชั้น.....	42
3.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารชั้น และอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลอง.....	43
4.1 ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่งในอาหารชั้น ต่อคุณภาพเนื้อทางกายภาพ ในเนื้อ โคนมเพศผู้ตอน.....	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.2 ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่งในอาหารชั้น ต่อบริโภคประกอบทางเคมี ในเนื้อสันนอกของโคนมเพศผู้ตอน.....	61
4.3 ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง ในอาหารชั้น ต่อบริโภคคอลลาลาเจน ในกล้ามเนื้อสันนอกโคนมเพศผู้ตอน.....	62
4.4 ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่งในอาหารชั้น ต่อบริโภคประกอบของกรดไขมัน ในเนื้อโคนมเพศผู้ตอน.....	65
4.5 ผลของแหล่งพลังงานในอาหารชั้น และระยะเวลาในการบ่มที่แตกต่างกัน ต่อบริโภคสารโรโบนิวคลีโอไทด์ในเนื้อ โคนมเพศผู้ตอน.....	68

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 กระบวนการเมทาบอลิซึมคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง.....	15
2.2 ลักษณะเนื้อแบบ DFD และ PSE.....	18
2.3 โครงสร้างของ Myoglobin.....	19
2.4 การบรรยายระบบสีแบบ L*a*b*.....	19
2.5 การสลายตัวของอะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต และกัวโนซีน ไตรฟอสเฟต.....	24
2.6 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสับปะรด.....	30
2.7 การเตรียมลำต้นสับปะรดสำหรับก่อนส่งเข้าโรงงาน.....	31
3.1 การเก็บตัวอย่างเนื้อเพื่อศึกษาด้านคุณภาพเนื้อ.....	49



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เนื่องจากรายงานวิจัยของ Khongpradit et al., 2020 และ Khongpradit et al., 2022 (รหัสโครงการ PRP6205031930) ที่ได้ศึกษาผลของแป้งจากลำต้นสับประรดในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์เฟรีเชียนเพศผู้ ตอน พบว่าโคนมเพศผู้ตอนที่เลี้ยงด้วยแป้งจากลำต้นสับประรดมีอัตราการเจริญเติบโต (Average daily gain; ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio; FCR) ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ รวมถึงให้ผลตอบแทนที่มากกว่ากลุ่มอื่นๆ จึงได้มีความสนใจนำเนื้อ โคนมาศึกษาต่อ เพื่อดูคุณภาพเนื้อว่าแตกต่างหรือดีอย่างไร

การเลี้ยงโคเนื้อในประเทศไทยในปัจจุบัน ได้ขยายตัวไปมาก แต่อย่างไรก็ตามปริมาณเนื้อ โคก็ยังมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชากร เนื่องจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากร ตลอดจนการขยายตัวและความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ ต่างมีส่วนผลักดันให้ความต้องการอาหารเพื่อการบริโภคภายในประเทศมีสูงขึ้นทั้งในด้านปริมาณและด้านคุณภาพ (ภัทรกร ทัศนพงษ์, 2557) จึงทำให้การผลิตเนื้อโคไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคของประชากร เนื่องจากในปัจจุบันมีการเลี้ยงโคนมมากขึ้นในประเทศไทย ทำให้มีจำนวน โคนมเพศผู้เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยจำนวน โคนมเพศผู้ในปี พ.ศ. 2560-2563 มีจำนวน 30,319 ตัว 30,615 ตัว 34,124 ตัว และ 36,686 ตัวตามลำดับ (กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์, 2560; 2561; 2562; 2563)

ในการเลี้ยงโคนมนั้น โคนมเพศเมียเลี้ยงเพื่อผลิตน้ำนม ส่วนโคนมเพศผู้ เกษตรกรส่วนใหญ่มักจำหน่ายให้กับพ่อค้าคนกลาง ซึ่งรับซื้อในราคาต่ำ และนำลูกโคนมเพศผู้ไปเลี้ยงขุนต่อ โดยให้หญ้าเป็นอาหารหลักซึ่งจะทำให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตต่ำ และเนื้อมีคุณภาพสู้เนื้อ โคนขุนไม่ได้ เนื้อโคที่ได้ส่วนใหญ่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อ เช่น ลูกชิ้น ไส้กรอก เนื้อแดดเดียว หรือขายเป็นเนื้อในตลาดระดับล่างที่มีราคาถูก เนื่องจากมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงอาหารน้อยกว่า, เปอร์เซ็นต์ของซากโคนมต่ำกว่าสายพันธุ์โคเนื้อ 6-8 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ โคนม มีไขมันแทรก (Marbling), ไขมันรวม (Total fat) และ ไขมันแข็ง (Back fat) น้อยกว่า แต่มีกระดูกมากกว่าเมื่อเทียบกับสายพันธุ์โคเนื้อ (สุริยะ สะวานนท์ และคณะ, 2560 ; Grant et al. 1993 ; Tieoyong 2018) สุริยะ สะวานนท์ (2555) ได้กล่าวว่า โคนมพันธุ์โฮลสไตน์เฟรีเชียน สามารถสะสมไขมันแทรกภายในกล้ามเนื้อได้ดีกว่าโคเนื้อเมือง

ร้อน ถ้าหากมีการเลี้ยงและการจัดการที่ดีตั้งแต่หลังคลอดจนกระทั่งขุน เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดในปัจจุบัน จึงมีการแนะนำให้ปรับปรุงคุณภาพ และปริมาณเนื้อโค โดยใช้การผสมข้ามพันธุ์ที่เหนือกว่าระหว่างสายพันธุ์ต่างประเทศและสายพันธุ์พื้นเมือง และปรับปรุงการจัดการด้านโภชนาการด้วย นอกจากนี้ การนำระบบโคนมเพศผู้ขุนมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพจะสามารถเพิ่มการผลิตเนื้อโคและรายได้ของเกษตรกร และสร้างโอกาสในการเพิ่มมูลค่าในการเลี้ยงโคนม คงปฐม กาญจนเสริม และคณะ (2562) ได้รายงานว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ กับเนื้อโคนมเพศผู้ขุนมากกว่าเนื้อโคกำแพงแสน เมื่อให้ผู้ทดสอบดูเนื้อสดด้วยสายตาหรือทดสอบทางจุ่มก (กลิ่น) ผู้ทดสอบเลือกเนื้อโคนมเพศผู้จำนวน 410 ราย หรือคิดเป็น 62.12 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมากกว่าเนื้อโคกำแพงแสนที่มีผู้ทดสอบเลือกจำนวน 250 ราย หรือคิดเป็น 37.88 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากเนื้อโคนมเพศผู้ขุนมี ปริมาณไขมันแทรกหรือลายไขมันดีกว่าเนื้อโคกำแพงแสน

สัตว์จำเป็นต้องได้รับโภชนาที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์จากอาหาร เพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำหรับการสร้างเนื้อเยื่อของร่างกาย รวมทั้งสัตว์ยังมีความต้องการ โภชนาเพื่อเป็นแหล่งพลังงานในการดำเนินกิจกรรมพื้นฐานของร่างกาย (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551) วัตถุประสงค์อาหารสัตว์ แหล่งพลังงานส่วนใหญ่จะเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตร หรือจำพวกเมล็ดธัญพืชที่ให้พลังงานค่อนข้างสูง และมีโปรตีนไม่สูง (8-12 เปอร์เซ็นต์) ราคาของวัตถุดิบแหล่งพลังงานในตลาดจะขึ้นอยู่กับฤดูกาลและความต้องการของตลาด เช่น มันเส้น มันอัดเม็ด ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เป็นต้น (จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2541) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่จัดอยู่ในกลุ่มพืชที่ผลิตเพื่อใช้ภายในประเทศและมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อภาคปศุสัตว์ โดยผลผลิตที่ได้เกือบทั้งหมดปริมาณร้อยละ 95 ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารสัตว์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จึงเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างมาก ข้าวโพดเป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์ที่มีประโยชน์ มีพลังงานสูง แต่มีโปรตีนค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับธัญพืชอื่นๆ เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากอาหาร ข้าวโพดควรมีการบดให้แตกก่อนใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครราชสีมา. 2561 ; Lardy 2018) เนื่องจากแหล่งพลังงานหลักที่ใช้ในสูตรอาหารชั้นของโคนั้นมีราคาค่อนข้างสูง เช่นข้าวโพดเม็ดราคา 10.90 บาท/กิโลกรัม (CPF feed marketing bureau. 2022) มันเส้นราคา 7.70 บาท/กิโลกรัม (สมาคมโรงงานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไทย. 2565) ทำให้ต้นทุนค่าอาหารโคสูงโดยเฉพาะ โคนมซึ่งมีประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำกว่าโคเนื้อ ดังนั้นการลดต้นทุนค่าอาหารโดยการหาแหล่งวัตถุดิบทดแทนกลุ่มวัตถุดิบหลักก็เป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงขุน โคนมเพศผู้ เนื่องจากประเทศไทยมีการปลูกสับปะรดเป็นจำนวนมากโดยในปี 2563 ปริมาณผลผลิตจากสับปะรดมีปริมาณ 1.83 ล้านตัน ซึ่งอยู่ในลำดับต้นๆของโลกที่มีการผลิตสับปะรดมาก ซึ่งหลังการเก็บเกี่ยวผลสับปะรดแล้วจะมีผล

พลอยได้คือเปลือก ใบ และต้น (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2564) ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในการเลี้ยงขุนโคได้ ในอดีตส่วนของต้นสับปะรดที่เหลืออยู่ในแปลงปลูกจะถูกเผาทิ้งก่อนทำการปลูกรอบต่อไป แต่ในปัจจุบันมีการนำเอาต้นสับปะรด มาสกัดเอาสารต่าง ๆ เช่น เอนไซม์โบรมิเลน (Ketnawa et al. 2012) ในกระบวนการสกัดเอนไซม์โบรมิเลนจากลำต้นสับปะรดจะได้ผลพลอยได้ที่สำคัญ คือ แป้ง (มีแป้งเป็นองค์ประกอบมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่มีราคาถูก มีราคา 4.50 บาท/กิโลกรัม ซึ่งจัดเป็นแหล่งที่มีพลังงานสูง เหมาะสำหรับการนำมาเลี้ยงโคในระยะขุน (Sawanon, 2018).

ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง คือ แหล่งพลังงานหลัก 2 แหล่งที่ใช้ในสูตรอาหารชั้นของโคอยู่แล้วคือ ข้าวโพด และมันเส้นเปรียบเทียบกับต้นสับปะรด และระยะเวลาในการบ่มที่ต่างกัน คือ 14 และ 21 วันว่าจะส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อโคนมเพศผู้ตอนอย่างไรบ้าง เพื่อเป็นแนวทางในผลิตเนื้อโคนมคุณภาพ และยังเป็นแนวทางในการใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์มากขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน คือ เมล็ดข้าวโพดบด (Ground corn, CO), มันสำปะหลังบด (Ground cassava chip, CA) และ แป้งจากลำต้นสับปะรด (Pineapple stem starch, PI) ต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณคอเลสเตอรอล และประกอบของกรดไขมัน

1.2.2 เพื่อศึกษาแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน คือ เมล็ดข้าวโพดบด, มันสำปะหลังบด และ แป้งจากลำต้นสับปะรด และระยะเวลาในการบ่มที่ 14 และ 21 วัน ต่อค่าสีของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการทำละลาย เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุงสุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ค่าเนื้อสัมผัส และปริมาณสารไรโบนิวคลีโอไทด์

1.3 สถานที่ดำเนินงาน

1.3.1 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ทางกายภาพ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3.2 ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง และระยะเวลาในการบ่มที่ 14 และ 21 วัน ต่อคุณภาพเนื้อโคนมเพศผู้ตอน โดยคุณภาพเนื้อด้านกายภาพที่ศึกษา ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสีของเนื้อ การสูญเสียน้ำระหว่างการทำละลาย การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ และค่าเนื้อสัมผัส คุณภาพเนื้อด้านเคมีที่ศึกษา ได้แก่ ปริมาณ โปรตีน ความชื้น ไขมัน ปริมาณคอเลสเตอรอล องค์ประกอบของกรดไขมัน และศึกษาสารโบริบิวคลีโอไทด์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตโคขุนในประเทศไทย

ในปี 2560-2563 ประเทศไทยมีการผลิตเนื้อโคและผลิตภัณฑ์มากขึ้นเนื่องจากภาครัฐส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพหลัก และการเพิ่มขึ้นตามธรรมชาติของแม่พันธุ์โคเนื้อ รวมทั้งมีการปรับปรุงพันธุ์โคเนื้อที่ดีทำให้อัตราการเกิดในรอบปีดีขึ้น โดยแหล่งเลี้ยงโคเนื้อที่สำคัญของไทย คือ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดอุบลราชธานี (สำนักการค้าสินค้า กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2564.)

การนำเข้าสินค้าเนื้อโคและผลิตภัณฑ์ ของประเทศไทยในปี 2560-2563 มีปริมาณเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 2.1 เนื่องจากความต้องการของตลาดภายในประเทศเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งปัจจุบันผู้บริโภคนิยมรับประทานเนื้อโคที่มีคุณภาพในรูปแบบบิ๊งย่างหรือชาบู โดยประเทศไทยได้นำเข้าเนื้อโคคุณภาพเพื่อรองรับปริมาณการบริโภคที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยแหล่งนำเข้าเนื้อโคคุณภาพที่สำคัญของไทย ได้แก่ ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และญี่ปุ่น ซึ่งมีการยกเลิกภาษีภายใต้ความตกลงการค้าเสรีอาเซียน-ออสเตรเลีย-นิวซีแลนด์ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2563 และภายใต้ความตกลงการค้าเสรีไทย-ออสเตรเลีย และ ไทย-นิวซีแลนด์ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2564 โดยประเทศไทยมีนำเข้าเนื้อโคและผลิตภัณฑ์จากออสเตรเลียและนิวซีแลนด์มากขึ้น และในปี 2563 มีการนำเข้าเนื้อและผลิตภัณฑ์จากออสเตรเลียในปริมาณเพิ่มขึ้น ถึงร้อยละ 45 และร้อยละ 10 จากนิวซีแลนด์ (สำนักการค้าสินค้า กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2564.)

การส่งออกสินค้าเนื้อโคและผลิตภัณฑ์ ของประเทศไทยในปี 2560-2563 มีปริมาณเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 2.2 เนื่องจากประชากรมีความต้องการบริโภคเนื้อโคเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีปริมาณการส่งออกเนื้อโคและผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แต่ในปี 2562 การส่งออกเนื้อโคและผลิตภัณฑ์ลดลง อาจเนื่องมาจากการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) แต่ปกติแล้วประเทศไทยจะนิยมส่งออกเนื้อโคเนื้อมีชีวิตมากกว่าเนื้อโคและผลิตภัณฑ์ โดยปี 2563 ไทยส่งโคเนื้อมีชีวิตคิดเป็นสัดส่วน 98.58 เปอร์เซ็นต์ ของมูลค่าการส่งออกสินค้าโคเนื้อมีชีวิต เนื้อโคและผลิตภัณฑ์ของไทยทั้งหมด โดยไทยส่งออกโคเนื้อมีชีวิตไปโลกจำนวน 304,367 ตัว มูลค่า 5,409.32 ล้านบาท ในขณะที่ส่งออกเนื้อโคและส่วนอื่นที่กินได้คิดเป็นสัดส่วน 0.95 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์เนื้อโคคิดเป็นสัดส่วน 0.47 เปอร์เซ็นต์ ของมูลค่าการ

ส่งออกสินค้าโคเนื้อมีชีวิต เนื้อโคและผลิตภัณฑ์ของไทยทั้งหมด (สำนักการค้าสินค้า กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2564.)

ตารางที่ 2.1 การนำเข้าสินค้าเนื้อโคและผลิตภัณฑ์ของไทย

หน่วย มูลค่า: ล้านบาท

รายการ	2560		2561		2562		2563	
	มูลค่า	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า	ปริมาณ (ตัน)
เนื้อโคสด	671.85	1,779	667.09	2,108	597.13	2,097	1,065.57	2,904
แช่เย็น								
เนื้อโค	1,544.11	8,837	1,714.83	9,157	1,749.65	9,600	2,079.50	15,719
แช่แข็ง								
เนื้อโค	327.42	1,597	370.18	1,827	379.21	1,889	232.57	1,068
แปรรูป								
เครื่อง	616.27	18,528	527.25	18,010	509.74	19,333	662.86	23,247
ในโค								
ขอมรวม								
เนื้อโคและ	3,159.65	30,741	3,279.35	31,102	3,235.73	32,919	4,040.49	42,939
ผลิตภัณฑ์								

ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักการค้าสินค้า กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. (2564)

ตารางที่ 2.2 การส่งออกสินค้า เนื้อโคและผลิตภัณฑ์ของไทย

หน่วย มูลค่า: ล้านบาท

รายการ	2560		2561		2562		2563	
	มูลค่า	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า	ปริมาณ (ตัน)
เนื้อโคสด	0.22	0.41	0.2	0.2	1.31	2	0	0
แช่เย็น								
เนื้อโค	0.44	2	2.57	31	13.48	139	13.20	413.22
แช่แข็ง								
เนื้อโค	32.22	79	43.21	94	27.59	80	39.10	116.88
แปรรูป								
เครื่อง	1.39	44	3.42	58	2.37	36	25.63	1,066.06
ในโค								
ขอมรวม								
เนื้อโคและ	34.27	124	49.40	183	44.75	257	77.93	1,596.15
ผลิตภัณฑ์								

ที่มา : คัดแปลงจาก สำนักการค้าสินค้า กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. (2564)

2.2 สมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อเปรียบเทียบกับโคนม

การเลี้ยงโคขุนเพื่อผลิตเนื้อคุณภาพหรือเนื้อโคที่มีไขมันแทรกสูง โคที่นำมาเลี้ยงขุนส่วนใหญ่เป็นโคลูกผสมที่มีสายเลือดโคเมืองหนาว เช่น โคลูกผสมชาร์โรเลต์ (Charolais) โคลูกผสมแองกัส (Angus) และโคลูกผสมวากิว เป็นต้น รวมทั้งโคเนื้อที่ปรับปรุงพันธุ์ขึ้นในประเทศไทย เช่น โคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน โคเนื้อพันธุ์ตาก และโคเนื้อพันธุ์กบินทร์บุรี ในขณะที่โคนมเพศผู้เป็นโคที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมไม่ต้องการ เนื่องจากโคนมเพศผู้ส่วนใหญ่เป็นโคลูกผสมสายเลือดผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟริเซียน (Holstein-Friesian) ที่ปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำนมในปริมาณมาก ในขณะที่ความสามารถในการสร้างกล้ามเนื้อและอัตราการเปลี่ยนอาหารไปเป็นน้ำหนักตัวของโคนมเพศผู้ดีกว่าโคเนื้อ (คงปฐม กาญจนเสริม และคณะ. 2562) เช่นเดียวกับในตารางที่ 2.3 พบว่าโคนมเพศผู้พันธุ์โฮลสไตน์ฟริเซียน และ โคพันธุ์ขาวแดงของนอร์เวย์ (Norwegian Red) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารไปเป็นน้ำหนักตัวที่ 14.17 และ 12.84 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า โคเนื้อสายพันธุ์บราห์มัน (Brahman) แองกัส เฮียร์ฟอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Hereford) และชาร์โรเลส์ ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารไปเป็นน้ำหนักตัวอยู่ที่ 10.60 10.12 9.29 และ 9.85 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของโคนมเพศผู้และโคเนื้อ

	FCR	Reference
Holstein-Friesian	14.17	Kirkland et al. (2007)
Norwegian Red	12.84	
Brahman	10.60	Schutt et al. (2009)
Angus	10.12	
Hereford	9.29	
Charolais	9.85	

2.3 สถานการณ์การผลิตโคนมในประเทศไทย

การผลิตโคนมในประเทศไทยปี 2560-2563 โดยปี 2560 มีโคนมทั้งหมด 584,327 ตัว เป็น โคนมเพศผู้ 30,319 ตัว ปี 2561 มีโคนมทั้งหมด 623,427 ตัว เป็น โคนมเพศผู้ 30,615 ตัว ปี 2562 มีโคนมทั้งหมด 666,311 ตัว เป็น โคนมเพศผู้ 34,124 ตัว และปี 2563 มีโคนมทั้งหมด 707,236 ตัว เป็น โคนมเพศผู้ 36,686 ตัว (กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ. 2563) จะเห็นได้ว่ามีโคนมเพศผู้จำนวนเพิ่มมากขึ้น ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สถานการณ์การผลิต โคนมเพศผู้ในประเทศไทย

ปี	โคนมทั้งหมด (ตัว)	โคนมเพศผู้ (ตัว)
2560	584,327	30,319
2561	623,427	30,615
2562	666,311	34,124
2563	707,236	36,686

ที่มา : ดัดแปลงจาก กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ. (2563)

2.4 โคสายพันธุ์โฮลสไตน์ฟริเซียน (Holstein Friesian)

โคพันธุ์โฮลสไตน์ฟริเซียน จัดเป็น โคนมตระกูลเขตหนาว (*Bos taurus*) ซึ่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตอนเหนือของประเทศเนเธอร์แลนด์ (Netherlands) หรือเรียกว่า ฟริสแลนด์ตะวันตก (West Friesland) โคพันธุ์ดังกล่าวถูกนำไปเลี้ยงในหลายประเทศ และมักมีชื่อเรียกต่างกัน ซึ่งปัจจุบัน โคนมพันธุ์นี้เป็น โคนมที่นิยมเลี้ยงมากที่สุดเนื่องจากให้ปริมาณน้ำนมสูงที่สุดในบรรดาโคนมทุกพันธุ์ อีกทั้งมีนิสัยเชื่องไม่ตื่นตกใจง่าย

โคสายพันธุ์นี้ ส่วนใหญ่มีสีขาวยดำ โดยสีขาว หรือ ดำ จะมากหรือน้อยกว่าก็ได้ จึงมักเรียกชื่อง่ายๆ ว่า โคนมพันธุ์ขาวดำ (Black and white Holstein) โดยปกติจะมีการกระจายสีที่นิยมกันคือ จะมีสีขาวบริเวณขาตั้งแต่ข้อเข่าลงไป ส่วนท้องและเต้านม และสีขาวสลับดำส่วนศีรษะและลำตัวมีในสัดส่วนที่เหมาะสม เป็นโคที่มีขนาดโครงร่างใหญ่กว่าโคนมพันธุ์อื่นๆ โคนมเพศเมียมีลักษณะลำตัวเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม สามารถให้น้ำนมโดยเฉลี่ยได้ 5,000-8,000 กิโลกรัมต่อระยะเวลาการให้น้ำนม (305 วัน) และมีไขมันเฉลี่ย 3.5 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป มีอายุถึงวัยเจริญพันธุ์ (Puberty) อยู่ในช่วง 12-15 เดือน สามารถผสมพันธุ์ได้ตั้งแต่อายุ 18 เดือน สามารถให้ลูกตัวแรกและให้น้ำนมได้เมื่ออายุ 2 ปีครึ่ง โดยอายุเมื่อโตเต็มที่ประมาณ 6-7 ปี โคนมเพศผู้โตเต็มที่จะมีน้ำหนัก 800-1,000 กิโลกรัม โคนมเพศเมียจะมีน้ำหนัก 600-700 กิโลกรัม มีนิสัยค่อนข้างเชื่อง รีดนมง่ายไม่ตะหรือ อึ้นน้ำนม และ โคสายพันธุ์นี้ไม่ทนต่ออากาศร้อน ถ้าอุณหภูมิของอากาศสูงเกินกว่า 26 องศาเซลเซียส โคพันธุ์นี้จะหอบ และไม่ค่อยกินอาหารทำให้ปริมาณน้ำนมลดลง ใช้ประโยชน์จากอาหารหยาดคุณภาพต่ำได้ไม่ดี ส่งผลต่อการกินได้ ปริมาณน้ำนมลดลง รวมทั้งมีความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำ ไม่ทนแมลง โดยเฉพาะเห็บ และมักป่วยเป็นโรคพยาธิในเม็ดเลือด (Blood parasite) ได้ง่าย (รักษา อาราม, 2553 ; กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคนม สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป.)

เนื่องจากปัจจุบันความต้องการบริโภคเนื้อโคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้การผลิตเนื้อโคจากการเลี้ยงโคสายพันธุ์โคเนื้อไม่เพียงพอ ดังนั้นการผลิตเนื้อโคจากโคนมเพศผู้ โดยเฉพาะ โคนมผสมโฮลสไตน์ฟริเซียน จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถเลี้ยงขุนเพื่อผลิตเนื้อเกรดคุณภาพ เนื่องจากโคสายพันธุ์นี้มีคุณสมบัติเด่นในการสร้างไขมันแทรก ทำให้เนื้อที่ได้จะนุ่มกว่าเนื้อโคจากสายพันธุ์โคเนื้อ เช่นเดียวกับตารางที่ 2.5 ที่แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์โคนมมีไขมันแทรกมากกว่าสายพันธุ์โคเนื้อ โดย คงปทุม กาญจนเสริม และคณะ (2562) รายงานว่า โคนมผสมโฮลสไตน์ฟริเซียนมีไขมันแทรกมากกว่าโคกำแพงแสน ที่ 1.80 และ 1.29 ตามลำดับ สอดคล้องกับ Malau-Aduli et al. (2000) รายงานว่า โคสายพันธุ์เจอร์ซี่ (Jersey) มีไขมันแทรกมากที่สุด เท่ากับ 1.34 รองลงมาคือพันธุ์แองกัส เฮียร์ฟอร์ด และลิมูซิน (Limousin) มีค่าเท่ากับ 1.25 1.03 และ 0.88 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.5 ไขมันแทรกของโคนม และ โคนเนื้อ

	Marbling score	Reference
Crossbred Holstein	1.80	คงปฐม กาญจนเสริม และคณะ (2562)
Kamphaeng Saen	1.29	
Angus	1.25	Malau-Aduli et al. (2000)
Hereford	1.03	
Limousin	0.88	
Jersey	1.34	

2.5 การเลี้ยงโคนมเพื่อผลิตเนื้อ

การเลี้ยงโคนมเพศผู้ให้เนื้อคุณภาพสูง ได้รับการศึกษาวิจัยและพัฒนากระบวนการเลี้ยงการจัดการ และการให้อาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยง โคนมเพศผู้เพื่อสร้างเนื้อโคคุณภาพสูง โดยการเลี้ยงลูกโคในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ปรับสูตรโภชนาการให้ได้รับสารอาหารที่มีคุณภาพในการสร้างเนื้อ พร้อมประเมินระยะเวลาในการขุนโค โดยมีกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลผลิตเนื้อโคคุณภาพสูง ผ่านการทดสอบในกลุ่มอาสาสมัครแล้วว่าเป็นเนื้อที่นุ่มและรสชาติดีกว่าเนื้อทั่วไป (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2561.)

สุริยะ สะวานนท์ และคณะ (2560) กล่าวว่า การผลิตเนื้อจากโคนม (Dairy beef production) เป็นการนำเอาผลพลอยได้ของการทำฟาร์ม โคนมที่มีลูกโคเพศผู้ในฟาร์ม หรือแม่โคที่มีลักษณะของการให้น้ำนมต่ำ ซึ่งผู้เลี้ยงก็มักจะคัดออก การเลี้ยงโคนมเพื่อการผลิตเนื้อผู้เลี้ยงต้องมีพื้นที่ในการปลูกหญ้ามากพอที่จะใช้เลี้ยงได้โดยทั่วไป

2.5.1 รูปแบบการเลี้ยงโคนมเพื่อผลิตเนื้อ

2.5.1.1 การเลี้ยงขุนด้วยอาหารขุ่น (High energy ration) การเลี้ยงแบบนี้โคจะอ้วน และได้ น้ำหนักเร็ว ส่วนมากจะเป็นการเลี้ยงในโรงเรือน และให้กินอาหารเต็มที่ใช้เวลาในการเลี้ยงสั้น มักเลี้ยงในโคที่มีน้ำหนัก ระหว่าง 200-400 กิโลกรัม และน้ำหนักที่ส่งตลาดคือ 500-600 กิโลกรัม

2.5.1.2 การเลี้ยงขุนบนแปลงหญ้า (High roughage ration) การเลี้ยงแบบนี้โคจะโตช้าโดยเลี้ยงปล่อยให้โค เจริญเติบโตบนแปลงหญ้า หรือกินอาหารหยาบเป็นหลัก จนกว่าจะได้ น้ำหนักตามเกณฑ์ น้ำหนักที่ส่งตลาด ประมาณ 450-550 กิโลกรัม

Agastin et al. (2022) รายงานว่า ระบบการให้อาหารที่ต่างกันส่งผลต่อการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ($P < 0.0001$) โดยโคกลุ่มที่เลี้ยงแบบขังคอก (Indoor fed) มีการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันที่มากกว่าโคกลุ่มที่เลี้ยงในระบบทุ่งหญ้า (Pasture fed) ระบบการให้อาหารที่ต่างกันไม่มีผลต่อน้ำหนักสุดท้าย ($P = 0.385$) น้ำหนักเข้าฆ่า น้ำหนักซากอ่อน และน้ำหนักซากเย็น อีกทั้งระบบการให้อาหารที่ต่างกันยังส่งผลต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีของซาก โดยโคกลุ่มที่เลี้ยงแบบในคอกมีไขมันมากกว่า (0.001) แต่มีกระดูกต่ำกว่า (0.006) ความแตกต่างของการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันระหว่างระบบการให้อาหารอาจเกี่ยวข้องกับพลังงานในอาหารที่สัตว์ได้รับ และมีพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนไหวแตกต่างกัน เนื่องจากโคกลุ่มที่เลี้ยงในระบบทุ่งหญ้ามีการเคลื่อนไหวมากกว่า โคกลุ่มที่เลี้ยงแบบขังคอกจะมีน้ำหนักซากมากกว่าซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ลดลง เมื่อเทียบกับการเลี้ยงโคในระบบทุ่งหญ้า เนื่องจากการเคลื่อนไหวที่มากขึ้น ทำให้ร่างกายสัตว์นำไขมันสำรองในร่างกายเพื่อสร้างกล้ามเนื้อมาใช้ (Moore et al. 1999) ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ผลของระบบการให้อาหารที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต และลักษณะซากของโคตอนเขตร้อน

	Indoor fed	Pasture fed	SEM	P-value
Initial BW (kg)	174	172	3.0	0.594
Final BW (kg)	349	341	7.7	0.385
ADG (g/day)	786	517	29	<0.0001
Slaughter BW (kg)	324	316	7.0	0.397
Hot carcass weight (kg)	183	172	4.9	0.106
Chilled carcass weight (kg)	179	168	4.8	0.094
Estimated carcass composition (g/kg)				
Muscle	704	709	5.6	0.253
Fat	164	145	4.5	0.001
Bone	132	146	3.0	0.006

ADG = การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Agastin et al. (2013)

2.6 ขบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

นिरารวรรณ กุณัน (2560) กล่าวว่า สัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นสัตว์ที่กินพืชเป็นหลัก ซึ่งในพืชจะมีส่วนของเชื้อใยอยู่ในปริมาณที่สูง โดยองค์ประกอบหลักของพืชประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต สามารถจำแนกตามลักษณะโครงสร้างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (Non-structural carbohydrate) เช่น แป้ง, น้ำตาล เป็นต้น และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (Structural carbohydrate) เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน เป็นต้น

2.6.1 การย่อยและเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะส่วนหน้า (ภาพที่ 2.1)

เมื่ออาหารพวกคาร์โบไฮเดรตไม่ว่าจะเป็นประเภทไม่เป็นโครงสร้างหรือประเภทเป็นโครงสร้างเข้าสู่กระเพาะรูเมน จะถูกจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนย่อย Polysaccharide ให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) และเปลี่ยนเป็น Pyruvate และนำ Pyruvate ที่ได้มาสังเคราะห์เป็นกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acids; VFA) ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ กรดอะซิติก (Acetic acids; C2) กรดโพรพิโอนิก (Propionic acids; C3) และกรดบิวทีริก (Butyric acids; C4) กรดไขมันระเหยได้เหล่านี้จะถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมนเพื่อเมแทบอลิซึมต่อไป

2.6.1.1 การย่อย polysaccharide

1. แป้ง จะถูกจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้แก่ แบคทีเรีย *Bacteriodes amylophilus*, *Succinivibrio dextrinosolvens*, *Selenomonas ruminantum* และ *Streptococcus bovis* และยังมีโปรโตซัวพวก *Oligotrichs* โดยจะผลิตเอนไซม์ α -amylase ซึ่งเป็นเอนไซม์ชนิด Endoenzyme เป็นเอนไซม์ที่สามารถแยกจุดเชื่อมต่อของแป้งที่ตำแหน่ง α -1,4 glycosidic linkage ทำให้ได้ผลผลิตเป็น Maltose และ Oligosaccharides โดย Maltose จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ Maltase และ Maltase phosphorylase ได้กลูโคส และ Glucose-1-phosphate ส่วนน้ำตาลพวก Oligosaccharide อื่นๆ จะถูกย่อยได้กลูโคส และ Fructose จากนั้นจึงถูกเปลี่ยนเป็น Pyruvate

2. เซลลูโลส จะถูกจุลินทรีย์กลุ่ม Cellulolytic bacteria มาย่อยด้วยเอนไซม์ Cellulase จะได้ผลผลิตเป็นกลูโคส และ Glucose-1-phosphate โดยกลูโคส ที่เกิดขึ้น จะถูกเปลี่ยนเป็น Pyruvate อย่างรวดเร็ว โดยวิถี Glycolysis

3. เฮมิเซลลูโลส จะถูกจุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ชนิด Non-specific โดยเอนไซม์จะสามารถเข้าแยกรอยต่อของเฮมิเซลลูโลสที่ตำแหน่ง β -1,4 xylosidic linkage ได้ Xylobiose และถูกย่อยต่อไปได้ Xylose ซึ่งจะถูกใช้ใน Pentose phosphate pathway ได้เป็น Fructose-6-phosphate และ Triose phosphate ซึ่งสารทั้ง 2 ตัวนี้ จะเข้า Glycolytic pathway เพื่อเปลี่ยนให้เป็น Pyruvate เหมือนกับกลูโคส

4. เพคติน จะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์ Pectinesterase เข้าย่อยบริเวณ Ester bond ได้ Methanol และ Pectic acid ซึ่งจะถูกลดด้วยเอนไซม์ Polygalacturonidase ที่สร้างขึ้นโดยโปรโตซัวได้ Galacturonic acid ซึ่งจะถูกลดเป็น Xylose ก่อนจะเข้า Pentose phosphate pathway และจะได้เป็น Fructose phosphate กับ Triose phosphate ซึ่งจะถูกลดให้เป็น Pyruvate โดย Glycolysis pathway

2.6.2 การเปลี่ยน Pyruvate เป็นกรดไขมันระเหยได้

กรดไขมันที่ระเหยได้ที่ได้จากการเมแทบอลิซึมของ Pyruvate ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก นอกจากนี้ยังได้ CO_2 เป็นผลผลิตร่วม ซึ่งสามารถนำไปสังเคราะห์เป็น CH_4 ได้

2.6.2.1 การสังเคราะห์อะซิเตท (Acetate) และฟอร์มेट (Formate)

คาร์โบไฮเดรตที่ถูกหมักย่อยในกระเพาะรูเมนจะได้อะซิเตท เป็นหลัก ซึ่งมีปริมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ และจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสัตว์ได้รับอาหารหยาบในระดับสูง โดยเริ่มปฏิกิริยาด้วยการเข้าทำปฏิกิริยา Pyruvate กับ Co-enzyme A (coASH) ได้ Acetyl-coA, CO_2 และ H_2 หรือ Acetyl-coA และ Formate และนอกจากนี้ Pyruvate ยังสามารถทำปฏิกิริยา กับ Phosphate ได้ Acetyl-phosphate, CO_2 และ H_2 หรือ Acetyl-phosphate และ Formate โดย Acetyl-coA ที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะสามารถเปลี่ยนเป็นอะซิเตท ได้โดยตรง และอีกส่วนจะเปลี่ยนเป็น Acetyl-phosphate และเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะได้อะซิเตท ส่วน Formate ที่เกิดขึ้นจะถูกออกซิไดซ์ได้ CO_2 และ H_2

2.6.2.2 การสังเคราะห์โพรพิโอเนท (Propionate)

กรดโพรพิโอนิกที่สังเคราะห์ได้ในกระเพาะรูเมนมีประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์ และจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอาหารข้นมากขึ้น โดยกระบวนการสังเคราะห์โพรพิโอเนท จาก Pyruvate สามารถเกิดได้ 2 กระบวนการ คือ

1. Dicarboxylic acid pathway ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่สัตว์ได้รับอาหารหยาบ โดย Pyruvate ที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็น Oxaloacetate และเปลี่ยนต่อไปได้เป็น Succinate ซึ่งเป็น Intermediate ที่สำคัญในการสังเคราะห์โพรพิโอเนท

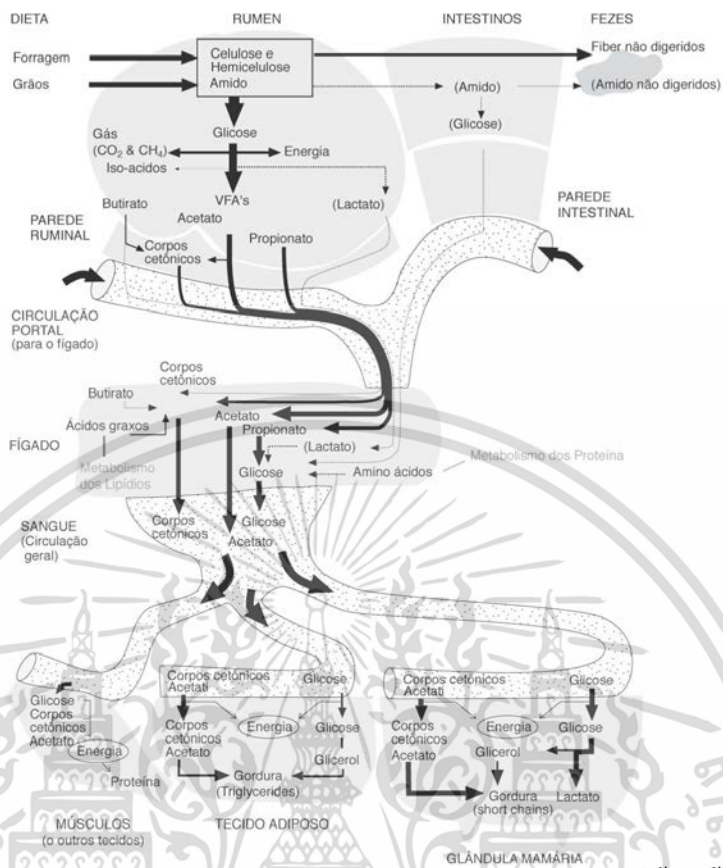
2. Acrylate pathway (Direct reductive pathway) กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่สัตว์ได้รับอาหารประเภทธัญพืชในปริมาณมาก โดย Pyruvate จะเปลี่ยนเป็น Acrylate ซึ่งเป็น Intermediate ในการสังเคราะห์โพรพิโอเนท

2.6.2.3 การสังเคราะห์บิวทิเรต (Butyrate)

ส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาย้อนกลับของวิถี β -oxidation ซึ่งเป็นการรวม Acetyl-coA 2 โมเลกุลเข้าด้วยกันก่อนที่จะเปลี่ยนเป็น Butyryl-coA จากนั้นเปลี่ยนเป็น Butyryl-phosphate และเปลี่ยนเป็นบิวทิเรต นอกจากนี้การสังเคราะห์บิวทิเรต ยังสามารถเกิดขึ้นได้อีกกระบวนการคือ Acetyl-coA 1 โมเลกุล จะทำปฏิกิริยากับ CO_2 ได้ Malonyl-coA และบิวทิเรต แต่อย่างไรก็ตามการสังเคราะห์บิวทิเรต ด้วยกระบวนการดังกล่าวจะสิ้นเปลืองอะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate; ATP) กว่ากระบวนการแรก

กรดไขมันที่ระเหยได้จากกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนผ่านเข้าไปใน Portal blood ที่นำเลือดไปยังตับในรูปของกรดไขมันที่ระเหยได้อิสระ เพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยการนำไปสังเคราะห์กลูโคส ซึ่งจะต้องผ่านกระบวนการ Oxidation เข้าสู่วงจร Tricarboxylic acid (TCA cycle)

กระบวนการเมแทบอลิซึมของโพรพิโอเนต และบิวทิเรต จะเกิดขึ้นที่ตับ โดยพบว่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของโพรพิโอเนต ที่มีในกระแสเลือดจะถูกเมแทบอลิซึมเพื่อสังเคราะห์กลูโคส โดยกระบวนการ Gluconeogenesis สำหรับบิวทิเรต ที่ผ่านการเมแทบอลิซึมที่ผนังกระเพาะรูเมนจะถูกเปลี่ยนเป็น Ketone body ซึ่งประกอบด้วย Acetoacetate และ (D)- β -hydroxybutyrate โดยจะนำไปใช้ต่อที่ตับ ในขณะที่อะซิเตต จะถูกนำเข้าสู่ Peripheral circulation ซึ่งเป็นระบบเลือดที่ส่งไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายเป็นจำนวนมากถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดซึ่งจะนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน และสังเคราะห์ไขมัน โดยเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกาย (นิราวรรณ กุณัน. 2560)



ภาพที่ 2.1 กระบวนการเมแทบอลิซึมคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง
ที่มา: Wattiaux and Armentano. (2006)

2.6.2.4 การสังเคราะห์กลูโคสในร่างกาย (Gluconeogenesis)

กระบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่เกิดที่กระเพาะส่วนหน้า และเกิดต่อเนื่องตลอดการหมัก (Fermentation) ทำให้ไม่มีคาร์โบไฮเดรตที่ข่อยได้หลงเหลือไปสู่ลำไส้ เป็นผลให้สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับกลูโคส ไม่เพียงพอจากขบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรต ซึ่งทำให้สัตว์ต้องปรับเปลี่ยนการเมแทบอลิซึมให้มีประสิทธิภาพเพื่อสร้าง และเก็บรักษากลูโคส ให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย สัตว์เคี้ยวเอื้องได้กลูโคส จากกระบวนการสังเคราะห์กลูโคสในร่างกาย ซึ่งมีสารตั้งต้นตัวสำคัญคือ โพรพิโอเนต โดยโพรพิโอเนต จะถูกเปลี่ยนเป็น Succinate แล้วเข้าสู่ Krebs' cycle ได้เป็น Oxaloacetate ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นกลูโคส สำหรับกรดไขมันที่ระเหยได้ตัวอื่นๆ เช่น อะซิเตท และบิวทิเรท สามารถเข้าสู่ Krebs' cycle ได้แต่เป็น Long chain fatty acids คือจะเข้าสู่ Krebs' cycle ในรูปของ Acetyl-coA แต่เนื่องจาก Acetyl-coA ไม่สามารถเปลี่ยนเป็น Oxaloacetate หรือกลูโคส ได้ ดังนั้นในสัตว์เคี้ยวเอื้อง จากกรดไขมันที่ระเหยได้จึงมีเพียงโพรพิโอเนต เท่านั้นที่สามารถผลิตกลูโคส ได้จำนวนมาก โพรพิโอเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกือบทั้งหมดที่ถูกดูดซึมที่รูเมนจะถูกส่งไปสู่ตับผ่านทาง Portal vein โดยไม่เข้าสู่ระบบหมุนเวียน ซึ่งแสดงว่าโพรฟิไอเนท ทั้งหมดถูกนำไปสร้างเป็นกลูโคสที่ตับ

ในการสังเคราะห์กลูโคส ในร่างกายของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะเกิดขึ้นที่ตับและไต โดยที่ตับจะเกิดการสังเคราะห์กลูโคสในร่างกาย มากที่สุด โดยจะใช้โพรฟิไอเนท เป็นแหล่งคาร์บอนในสังเคราะห์กลูโคสในร่างกาย โดยโพรฟิไอเนทจำนวน 2 โมเลกุล สามารถนำไปสังเคราะห์เป็นกลูโคส ได้ 1 โมเลกุล และพบว่ากลูโคส ประมาณ 30-60 เปอร์เซ็นต์ ที่อยู่ในกระแสเลือดได้จากระบวนการเมแทบอลิซึมของโพรฟิไอเนท สำหรับสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์กลูโคส ที่มีความสำคัญรองจากโพรฟิไอเนท คือ กรดอะมิโน (Amino acid) ซึ่งสังเคราะห์กลูโคสในร่างกาย แบบนี้ี้จะมีความสำคัญต่อสัตว์ในระยะที่ขาดแคลนอาหาร หรือสัตว์ที่อยู่ในช่วงที่ให้ผลผลิตสูง (Wattiaux and Armentano, 2006 ; นิราวรรณ กุณัน, 2560)

2.6.3 การย่อยและเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในลำไส้เล็ก

คาร์โบไฮเดรตที่เข้ามายังลำไส้เล็กประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตประเภทที่เป็น โครงสร้าง และไม่เป็น โครงสร้างที่ไม่ถูกย่อยจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และคาร์โบไฮเดรตบางส่วนที่ได้จากการสังเคราะห์จุลินทรีย์ สำหรับการย่อยคาร์โบไฮเดรตในลำไส้เล็กจะอาศัยเอนไซม์ที่ผลิตจากลำไส้เล็กและตับอ่อน ได้แก่ เอนไซม์ Amylase, Maltase, Oligo-1, 6-glucosidase และ Glucoamylase ซึ่งแป้งที่ถูกย่อยในลำไส้เล็กจะถูกดูดซึมได้โดยตรงในรูปของกลูโคส ซึ่งสัตว์สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้โดยตรง ซึ่งพบว่าการดูดซึมกลูโคส จากลำไส้เล็กไปใช้เป็นพลังงานมีประสิทธิภาพสูงกว่าการย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนถึง 42 เปอร์เซ็นต์ (Owens et al. 1986)

2.6.4 การย่อยและเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในลำไส้ใหญ่

คาร์โบไฮเดรตประเภทที่เป็น โครงสร้างที่เข้ามายังลำไส้ใหญ่ส่วนใหญ่จะเป็นพวกเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสที่รอดจากการย่อยในกระเพาะรูเมนและลำไส้เล็ก ซึ่งการย่อยคาร์โบไฮเดรตที่เป็น โครงสร้างในลำไส้ใหญ่จะอาศัยจุลินทรีย์เหมือนกับที่ย่อยภายในกระเพาะรูเมน ซึ่งผลผลิตที่ได้จากการย่อยคาร์โบไฮเดรตชนิดนี้จะได้กรดไขมันที่ระเหยได้ และ CH_4 โดยกรดไขมันที่ระเหยได้จะมีอัตราส่วนแตกต่างกันตามชนิดของอาหารที่สัตว์กิน และจะถูกจุลินทรีย์ในบริเวณนั้นนำไปใช้ประโยชน์ และบางส่วนจะถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ในร่างกาย ผลผลิตของคาร์โบไฮเดรตในลำไส้ใหญ่จะคล้ายคลึงกับที่เกิดขึ้นภายในกระเพาะรูเมน โดยพบว่าแป้งจะย่อยได้ประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการย่อยแป้งทั้งหมด ซึ่งจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณลำไส้ใหญ่จะใช้เป็นแหล่งพลังงานของตัวเอง ทำให้จุลินทรีย์มีจำนวนเพิ่มขึ้นและถูกขับถ่ายออกจากร่างกายในรูปมูล และทำให้ปริมาณโปรตีนที่ถูกขับออกมากับมูลมีปริมาณสูงตามไปด้วย (นิราวรรณ กุณัน, 2560)

2.7 คุณภาพเนื้อ

2.7.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ตามปกติค่าความเป็นกรด-ด่างของกล้ามเนื้อในขณะที่มีชีวิตจะอยู่ที่ระดับ 7 หรือต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อสัตว์ถูกฆ่าจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกล้ามเนื้อลดลงจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งซึ่งจะไม่ลดลงอีกต่อไป ที่จุดนี้จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.5 การลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการที่สำคัญ เช่น ชนิดของสัตว์ สภาพความเครียดของสัตว์ที่ได้รับ ก่อนถูกฆ่า เป็นต้น Scheffler and Gerrard (2007) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกล้ามเนื้อภายหลังการตายจะมีผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยปกติจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.4 ในกล้ามเนื้อสัตว์ขณะมีชีวิต และจะลดลงจนมีค่าประมาณ 5.6-5.7 ภายใน 6-8 ชั่วโมงหลังจากที่สัตว์ตาย และค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อจะลดลงจนอยู่ที่ประมาณ 5.3-5.7 ที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์ที่ทำให้เกิดกรดแลคติก (Lactic acid) ในช่วงนี้จะช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อสัตว์จากจุลินทรีย์ได้ ความเครียดของสัตว์ก่อนการฆ่าจะส่งผลกระทบต่อปริมาณกรดแลคติกและค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้ ถ้าก่อนฆ่าสัตว์มีอาการเครียดหรือตื่นตกใจง่าย มีการคืนรนต่อสู้ก่อนถูกฆ่าซึ่งทำให้สัตว์ต้องใช้พลังงานในการคืนรนต่อสู้มาก มีการนำออกซิเจนมาใช้ในการสร้างพลังงานได้น้อยหรือไม่ทันจึงทำให้เกิดกรดแลคติกในเนื้อสัตว์ขึ้นอย่างรวดเร็ว

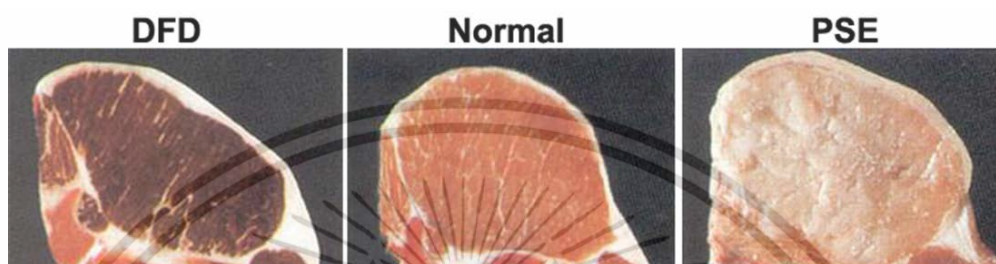
2.7.1.1 ผลของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างต่อคุณภาพเนื้อสัตว์

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสัตว์หลังการฆ่าสัตว์ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของซากสัตว์และคุณภาพของเนื้อสัตว์ อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างที่เกิดขึ้นช้า หรือเร็วเกินไปจะทำให้เกิดลักษณะที่ไม่ต้องการในเนื้อสัตว์ (ภาพที่ 2.2)

1. Pale Soft Exudative (PSE) จะมีลักษณะสีซีด (Pale) เนื้อนุ่ม (Soft) มีน้ำเยิ้ม (Exudative) ลักษณะเนื้อเช่นนี้มักจะเกิดขึ้นในสุกร ลักษณะเนื้อแบบนี้เกิดมาจากปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลา 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ถูกฆ่า และกรดแลคติกที่เกิดขึ้นทำให้โปรตีนในเนื้อสูญเสียคุณสมบัติบางประการไป จึงทำให้โปรตีนจับตัวกับน้ำได้น้อยลง และทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ (สัตวชัย จตุรสิทธิ์ธา, 2532)

2. Dark Firm Dry (DFD) เนื้อลักษณะนี้ส่วนมากจะเกิดในโคที่เลี้ยงแบบปล่อย โคที่เลี้ยงลักษณะนี้มักจะมี ความเครียดสูงกว่าการเลี้ยงโคแบบการขังรวมกัน การต่อสู้กันภายในฝูงก็เป็นปัจจัยที่ทำให้สัตว์เกิดความเครียด การขนส่งโคมีผลทำให้อุณหภูมิในร่างกายสัตว์สูงขึ้น อีกทั้งระยะทางที่ยาวไกล และความหนาแน่นของจำนวนสัตว์ที่บรรทุกจะทำให้โคเกิดความเครียดเพิ่มขึ้น ซึ่งความเครียดขณะสัตว์มีชีวิตนั้นเป็นสาเหตุทำให้เกิดลักษณะของเนื้อที่ไม่ต้องการ คือ โคที่มีความเครียดจะนำไกล

โคเจนที่สะสมอยู่ในเนื้อไปใช้จนเหลือน้อยมาก ทำให้เนื้อโคมีค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายสูงมาก เป็นผลทำให้เนื้อที่มีลักษณะ สีเข้มหรือคล้ำ (Dark) เนื้อแน่น (Firm) และผิวหน้าแห้ง ไม่ชุ่มชื้น (Dry) ไม่น่ารับประทาน เนื้อที่มีลักษณะ DFD จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างคงไว้ที่ 6.7-6.8 ตลอด (ลัญชัย จตุรสิทธิ์ธา. 2543 ; วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่. 2557)



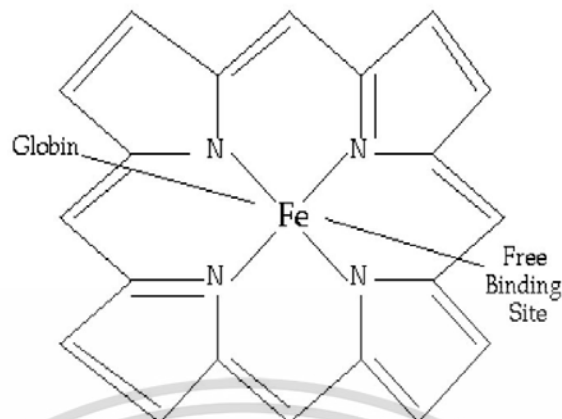
ภาพที่ 2.2 ลักษณะเนื้อแบบ DFD และ PSE

ที่มา: SESC. (2018)

2.7.2 สีของเนื้อ (Color)

สีแดงของเนื้อเกิดจากสารสีที่ชื่อ Myoglobin ซึ่งเป็น โปรตีนชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ มีหน้าที่นำออกซิเจนที่จะเอาไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมของกล้ามเนื้อ โดยทำหน้าที่เป็นตัวนำออกซิเจนให้กับเซลล์กล้ามเนื้อ โครงสร้างของ Myoglobin ประกอบด้วย ส่วนโปรตีน (Protein portion) และส่วนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non-protein porphyrin ring) ซึ่งมีอะตอมของธาตุเหล็กอยู่ตรงกลาง (ภาพที่ 2.3) อะตอมของธาตุเหล็กมีบทบาทที่สำคัญต่อการเกิดสีของเนื้อในกระบวนการทางเคมี Oxidation ในช่วงแรกของการเก็บเนื้อ สีของเนื้อจะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลแดง เนื่องจากขบวนการเกิด Metmyoglobin หลังจากนั้นเนื้อที่ถูกตัดเนื้อจะเกิดเป็นสีแดงสดเนื่องจากเนื้อได้สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งขบวนการนี้จะใช้เวลาประมาณ 20 นาที Myoglobin จะเปลี่ยนเป็น Oxymyoglobin แต่เมื่อเวลาผ่านไปสักระยะเนื้อก็จะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงเป็น Metmyoglobin นอกจากนี้จะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพแล้ว ยังมีผลต่อความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค สีแสดงถึงความสดใหม่ หรือบ่งบอกการเสื่อมเสียของอาหาร ปัจจัยที่สำคัญในการมองเห็นสีประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสง (Light source) วัตถุที่เราต้องการมองเห็นสี (Objective) มุมมองผู้สังเกตการณ์ (Observer) หรืออุปกรณ์จับสัญญาณแสง (Spectrometer)

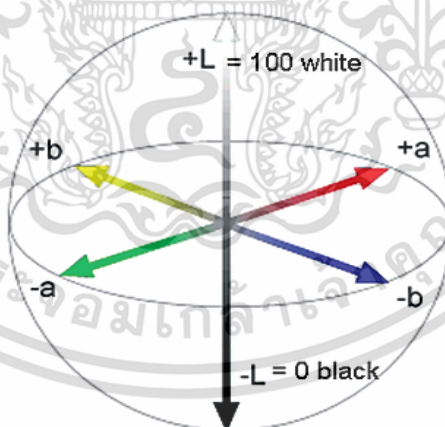
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของ Myoglobin

ที่มา: Anonymous. (2019)

องค์กรที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดมาตรฐานด้านสีคือ Commission Internationale De l'Eclairage (CIE) โดยระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ $L^*a^*b^*$ เป็นระบบการบรรยายสีแบบสามมิติมีความหมาย ดังนี้ คือ แกน L^* บรรยายความสว่าง (Lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว แกน a^* บรรยายแกนสี จากสีเขียว ($-a^*$) จนถึง สีแดง ($+a^*$) แกน b^* บรรยายแกนสีจากสีน้ำเงิน ($-b^*$) จนถึงสีเหลือง ($+b^*$) ดังภาพที่ 2.4 (เจริญชัย เหลืองอ่อน. 2553.)



ภาพที่ 2.4 การบรรยายระบบสีแบบ $L^*a^*b^*$

ที่มา: Visscher (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อสัตว์ (Water holding capacity)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ หมายถึง ความสามารถของเนื้อที่จะกักเก็บน้ำไว้แม้ว่าจะมีแรงกดดันจากภายนอก เช่น การบด การตัด หรือความร้อน โดยทั่วไปเนื้อจะมีองค์ประกอบเป็นน้ำประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือ คือ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น โดยน้ำในเนื้อถูกกักเก็บไว้ใน ไมโอไฟบริล (Myofibril) ซึ่งเป็นโปรตีนหลักในเนื้อ โปรตีนมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารมีลักษณะนุ่ม ช่วยให้อร่อยดี ทำให้เนื้อมีสีสด และมีผลต่อคุณภาพเนื้อในการแปรรูป โดยโปรตีนช่วยทำให้ไขมันอยู่ในลักษณะอิมัลชัน และช่วยให้อาหารมีความคงรูป เนื้อที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำจะทำให้เกิดการแยกชั้นของไขมันหรือเจลในขั้นตอนการให้ความร้อนในการแปรรูป โดยความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามปัจจัยต่าง ๆ ภายในเนื้อ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ การลดลงของอุณหภูมิซากหลังสัตว์ตาย อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา เป็นต้น (ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529 ; จันทรพร เจ้าทรัพย์. 2554 ; สัตวแพทยศาสตรมหาบัณฑิต. 2564)

2.7.4 ความนุ่มของเนื้อ (Tenderness)

ความนุ่มของเนื้อขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ พันธุ์สัตว์ อายุ ชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณของ ไขมันที่แทรกอยู่ในเนื้อ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังการฆ่าและระยะเวลาในการบ่มเนื้อ ความนุ่มของเนื้อจะมีผลโดยตรงต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อซึ่งส่งผลต่อความน่ารับประทานของเนื้อด้วย

Calkins and Sullivan (2007) กล่าวว่า ความนุ่มเกี่ยวข้องกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในทุกชนิดกล้ามเนื้อ โดยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีส่วนประกอบหลักคือ คอลลาเจน ซึ่งหากมีปริมาณคอลลาเจนมาก จะมีผลให้เนื้อมีความนุ่มลดลง รวมถึงกล้ามเนื้อที่อยู่ในตำแหน่งที่มีการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อมาก จะส่งผลทำให้มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากขึ้นและมีความนุ่มของเนื้อลดลง

2.7.5 ความชุ่มฉ่ำ (Juiciness)

ความชุ่มฉ่ำของเนื้อเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับประสาทสัมผัสในการรับประทาน เนื้อที่มีความชุ่มฉ่ำเมื่อเคี้ยวอยู่ในปากจะมีความรู้สึกไม่เหนียว และไม่แห้ง ความชุ่มฉ่ำของเนื้อเกิดจากปริมาณน้ำที่เนื้อปล่อยออกมา เมื่อมีการฉีกขาดของเนื้อ (การเคี้ยว) ส่วนใหญ่จะได้จากเนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อยหรือเนื้อที่มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี โดย FAO (2014) ได้กล่าวว่าความชุ่มฉ่ำขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เก็บไว้ในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่ปรุงสุก ความชุ่มฉ่ำช่วยเพิ่มรสชาติ ช่วยทำให้เนื้อนุ่ม ทำให้เคี้ยวง่ายขึ้น และช่วยกระตุ้นการผลิตน้ำลายในปาก

2.7.6 ไขมันในมัดกล้ามเนื้อ หรือ ไขมันแทรก (Intramuscular fat หรือ Marbling fat)

ไขมันแทรก หมายถึง ลักษณะไขมันที่แทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจน โดยทำการประเมินได้จากพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันระหว่างซี่โครงซี่ที่ 12 และ 13 โดยไขมันที่แทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อนี้จะบ่งบอกถึงความน่ากินของเนื้อ ซึ่งไขมันจะช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำลายจึงทำให้เกิดความรู้สึกชุ่มน้ำอยู่ในปาก ดังนั้นปริมาณไขมันแทรกไม่ได้มีผลโดยตรงต่อความนุ่มของเนื้อ แต่จะทำหน้าที่เสมือนตัวหล่อลื่นขณะเคี้ยวเนื้อ จึงทำให้มีความรู้สึกเหมือนว่าเนื้อมีความนุ่ม ปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลทางพันธุกรรมของสัตว์ และเป็นที่ทราบกันว่าโคพันธุ์ Japanese Black เป็นโคที่มีความสามารถในการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อ หรือไขมันแทรกได้สูงกว่าโคสายพันธุ์อื่นๆ และโคเขตร้อนจะมีการสะสมไขมันแทรกได้น้อยกว่าโคเขตหนาว อีกทั้งในโคเพศเมียยังสามารถสะสมไขมันแทรกได้มากกว่าโคเพศผู้ตอนแต่โคเพศผู้ตอนมีไขมันแทรกมากกว่าโคเพศผู้ไม่ตอน เพราะโคเพศเมียมีไขมันที่มีประสิทธิภาพในการสะสมไขมันแทรกมากกว่าโคเพศผู้ ส่วนในโคเพศผู้ตอนมีการสะสมไขมันแทรกมากกว่าโคเพศผู้ไม่ตอน เนื่องจากฮอร์โมนเพศที่เร่งการเจริญเติบโต จึงทำให้โคเพศผู้ไม่ตอนมีประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตมากกว่า (วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่, 2557)

2.7.7 คอลลาเจน (Collagen)

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่อประกอบด้วยคอลลาเจน โปรตีโอไกลแคน และไกลโคโปรตีน ซึ่งคอลลาเจนเป็นโปรตีนหลักของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในกล้ามเนื้อ และมีหน้าที่ให้โครงสร้างของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อไขมัน ปริมาณคอลลาเจนที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อของโคมีความผันผวนระหว่าง 1-10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และมีการศึกษาที่พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาองค์ประกอบ และปริมาณของคอลลาเจนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในกล้ามเนื้อ แตกต่างกันระหว่างชนิดกล้ามเนื้อ สายพันธุ์ และอายุของสัตว์ (Bruce et al. 2022) Nishimura, et al (1999) กล่าวว่า การเจริญเติบโตของสัตว์ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของคอลลาเจน และเส้นใยคอลลาเจน ทำให้เนื้อสัตว์มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น และความเหนียวที่เพิ่มขึ้นนั้นมีสาเหตุมาจากการเชื่อมข้ามของคอลลาเจน อีกทั้งปริมาณคอลลาเจนรวมที่เพิ่มขึ้นและการเชื่อมข้ามของคอลลาเจน (Collagen cross-linking) ในสัตว์โตเต็มวัยจะทำให้เนื้อโคที่ปรุงสุกมีความเหนียวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในกล้ามเนื้อ (Roy et al. 2015)

2.7.8 กรดไขมัน (Fatty acids)

กรดไขมันจัดเป็นกรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid) ที่มีหมู่ $-COOH$ เพียงหมู่เดียวต่อกับไฮโดรคาร์บอนสายยาวเส้นตรง กรดไขมันที่พบในธรรมชาติมักมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นจำนวนคู่ ระหว่าง 4-24 อะตอม และพบในรูปกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) เล็กน้อย แต่ส่วนใหญ่พบในรูปที่ละลายในไขมัน (Saponifiable lipid)

2.7.8.1 กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีจำนวนไฮโดรเจนอะตอมอยู่เต็ม มีไฮโดรคาร์บอนสั้น และไม่มีพันธะคู่ (Double bond) กรดไขมันชนิดนี้ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้เอง จึงจัดว่าเป็นกรดไขมันที่ไม่จำเป็น (Nonessential fatty acid)

2.7.8.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่ประกอบด้วยพันธะคู่ทำให้เกิดกลิ่นหืนได้ง่าย มีสายโซ่ยาว กรดไขมันชนิดนี้ส่วนมากก็มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีกรดไขมันบางชนิดที่ร่างกายมนุษย์และสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น และสามารถแบ่งได้เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid; MUFA) ซึ่งเป็นไขมันที่ไฮโดรคาร์บอนเชื่อมกันในสายด้วยพันธะคู่เพียง 1 ตำแหน่ง เช่น กรดไขมันปาล์มิโตเลอิก (Palmitoleic acid; $C_{16:1n7}$) และ กรดไขมันโอเลอิก (Oleic acid; $C_{18:1n9}$) เป็นต้น และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid; PUFA) เป็นกรดไขมันที่มีไฮโดรคาร์บอนเชื่อมกันในสายด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 2 ตำแหน่งขึ้นไป เช่น กรดไขมันอีโคซะไตรอีนอิก (Eicosatrienoic acid; $C_{20:3n3}$) และ กรดไขมันอีโคซะเตตราอีนอิก (Eicosatetraenoic acid; $C_{20:4n3}$) เป็นต้น (อัจฉรา นิยมเดชา และคณะ. 2556 ; ฌิยา สิรินนทธนา และคณะ. 2557)

2.7.9 กลิ่นรสของเนื้อ (Flavor of meat)

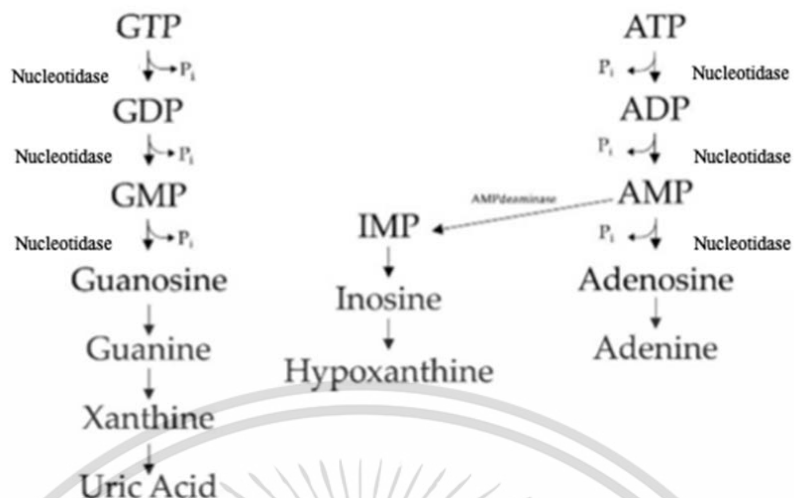
รสชาติของเนื้อสัตว์หรืออาหารอื่นๆ เป็นความรู้สึกลทางประสาทสัมผัสของกลิ่น และรสชาติ รวมถึงจะได้รับอิทธิพลจากความรู้สึกลต่างๆ เช่น ความรู้สึกลในปาก (Mouthfeel) และความชุ่มฉ่ำ กลิ่นรสของเนื้อที่มีปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องรวมกันได้แก่ กลิ่น (Odour) รส (Taste) ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) และอุณหภูมิหรือความร้อน (Temperature of heat) ซึ่งปัจจัยในเรื่องของกลิ่นมีความสำคัญมากที่สุด ถ้าไม่นับรวมถึงรสหวาน ขม เค็ม เปรี้ยว และรสอร่อยหรือรสอูมามิ (Umami) โดยกลิ่นรสของเนื้อเกิดจากสารตั้งต้นที่สำคัญ ที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อสัตว์คือ กลุ่ม Water soluble precursors ได้แก่ กรดอะมิโนและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อ และกลุ่มไขมัน (Fat) หรือ Fat soluble precursors อีกทั้งสารตั้งต้นดังกล่าวจะก่อให้เกิดกลิ่นรสในเนื้อได้เมื่อมีความร้อน ซึ่งเกิดจากกระบวนการทำให้สุกเป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง สารตั้งต้นดังกล่าวเป็นพวกสารระเหย (Volatile products) ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นโดยมี

ความร้อนเป็นตัวกระตุ้น อาจเกิดขึ้นกับสารตั้งต้นแบบแยกกันหรืออาจจะเกิดขึ้นร่วมกันก็ได้ (Elmore and Mottram. 2009 ; McMillin and Hoffman. 2009 ; จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

2.7.9.1 สารไรโบนิวคลีโอไทด์ (Ribonucleotide)

ในขณะที่สัตว์มีชีวิต ร่างกายของสัตว์จะมีการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน และจะมีการสะสมพลังงานในรูปอะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต ซึ่งเป็นสารประกอบนิวคลีโอไทด์ (Nucleotides) เมื่อสัตว์ตาย ร่างกายของสัตว์จะเปลี่ยนจากการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนมาเป็นพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งจะได้ผลผลิต คือ 2 อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต กรดแลคติก และความร้อน ซึ่งความร้อนที่ได้จากกระบวนการให้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะมีการสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ จะส่งผลทำให้อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต สลายตัวเป็น โมโนนิวคลีโอไทด์ (Mononucleotide), อะดีโนซีน ไดฟอสเฟต (Adenosine diphosphate; ADP), อะดีโนซีน โมโนฟอสเฟต (Adenosine monophosphate; AMP), อิโนซีน โมโนฟอสเฟต (Inosine monophosphate; IMP), อิโนซีน (Inosine) และไฮโปแซนทีน (Hypoxanthine) ส่วนกัวโนซีน โมโนฟอสเฟต (Guanosine monophosphate; GMP) นั้นเกิดจากการสลายตัวของกัวโนซีน ไตรฟอสเฟต (Guanosine triphosphate; GTP) ซึ่งกัวโนซีน ไตรฟอสเฟต เป็นสารให้พลังงานสูงแก่เซลล์ (ภาพที่ 2.5)

อีกทั้งยังสามารถพบได้ว่ากลิ่นรสของเนื้อจะมีทั้งกลิ่นที่พึงประสงค์ และไม่พึงประสงค์ สำหรับกลิ่นรสที่พึงประสงค์อาจเกิดมาจากสารประกอบในเนื้อสัตว์ เมื่อได้รับความร้อนจะแปรสภาพเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นรส ได้แก่ อะดีโนซีน โมโนฟอสเฟต, อิโนซีน โมโนฟอสเฟต และไฮโปแซนทีน ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากการสลายตัวของอะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่ออะดีโนซีน โมโนฟอสเฟต เปลี่ยนเป็นอิโนซีน โมโนฟอสเฟต จะให้เนื้อสัตว์มีกลิ่นรสที่ดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก อิโนซีน โมโนฟอสเฟต เป็นผลผลิตที่เกิดจากการสลายตัวของ อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต ซึ่งมีน้ำตาลไรโบส (Ribose) เป็นองค์ประกอบ และจะส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยา Maillard reaction ระหว่างน้ำตาล และกรดอะมิโนในเนื้อ (Dunford and Shahidi. 1998 ; ศววรรณกมล น้อยัคค. 2562)



ภาพที่ 2.5 การสลายตัวของอะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต และกัวโนซีน ไตรฟอสเฟต

ที่มา: Mancinelli et al. (2020)

2.7.9.2 กรดอะมิโน

Ma et al. (2020) กล่าวว่า ปริมาณและองค์ประกอบของกรดอะมิโนในเนื้อสัตว์เป็นดัชนีที่สำคัญสำหรับการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อ และยังมีส่งผลต่อคุณภาพเนื้อสัตว์อีกด้วย การเสื่อมสภาพของเปปไทด์ และกรดอะมิโนในเนื้อสัตว์จะช่วยปรับปรุงลักษณะทางประสาทสัมผัส รวมถึงปรับปรุงรสชาติ สารตั้งต้นของรสชาติเป็นสารโมเลกุลขนาดเล็กที่ละลายน้ำได้ ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโน และคาร์โบไฮเดรต รวมถึง อินโนซีน (Inosine) และโพลีเปปไทด์ (Polypeptides) เช่น แอนเซอร์อิน (Anserine) และคาร์โนซีน (Carnosine) เมื่อเนื้อดิบถูกให้ความร้อน ทอรีน (Taurine) อะลานีน (Alanine) แอนเซอร์อิน และคาร์โนซีน (Carnosine) จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่น้ำตาลไรโบสจะหายไป ฮิสทีดีน (Histidine) อาร์จินีน (Arginine) เมไทโอนีน (Methionine) วาลีน (Valine) ทริปโตเฟน (Tryptophan) ไทโรซีน (Tyrosine) ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ลิวซีน (Leucine) และฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) มีรสขม ในขณะที่ อะลานีน ซีรีน (Serine) ทรีโอนีน (Threonine) ไกลซีน (Glycine) ไลซีน (Lysine) โพรลีน (Proline) และไฮดรอกซีโพรลีน (Hydroxyproline) มีรสหวาน โซเดียมกลูตาเมต (Sodium glutamate) และโซเดียมแอสปาทेट (Sodium aspartate) มีรสเค็ม ส่วนกรดแอสปาทิก (Aspartic acid) กรดกลูตามิก (Glutamic acid) ฮิสทีดีน (Histidine) และแอสพาราจีน (Asparagine) มีรสเปรี้ยว

ปฏิกิริยา Maillard มีบทบาทสำคัญในการก่อตัวของสีและรสชาติของเนื้อสัตว์ในระหว่างขั้นตอนการปรุงอาหาร สารแต่งกลิ่นรสในอาหารส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยา Maillard ซึ่ง

เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีที่ซับซ้อนระหว่างสารประกอบคาร์บอนิลและอะมิโน เช่น น้ำตาลรีดิคัลและกรดอะมิโน และผลิตสารแต่งกลิ่นรสที่หลากหลาย (Ma et al. 2020)

2.7.9.3 กรดไขมัน

ไขมันมีส่วนสำคัญในการพัฒนารสชาติในเนื้อสัตว์ เนื้อเยื่อไขมันจะให้รสชาติเฉพาะของเนื้อสัตว์ ไขมันเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลต่อรสชาติเนื่องจากชนิดกรดไขมัน เมื่อไขมันถึงจุดหลอมเหลวจะทำให้เกิดรสชาติ เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าองค์ประกอบ และปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในเนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับอาหารที่สัตว์ได้รับ รสชาติของเนื้อนั้นเกิดจากสารตั้งต้นที่มาจากเนื้อไม่ติดมันซึ่งพบได้ทั่วไปในเนื้อสัตว์ที่ปรุงสุก เมื่อไขมันเสื่อมสภาพ อัลดีไฮด์จะมีลักษณะที่เฉพาะในบางชนิด เช่น 2-alkenal ได้แก่ Hexenal, Heptenal, Octenal ซึ่งรวมถึงอัลดีไฮด์ตลอดจน Octanal, Nonanal และ Decanal เกี่ยวข้องกับทั้งรสชาติและกลิ่นที่เฉพาะ

เนื่องจากระบบย่อยอาหารมีความแตกต่างกัน การสะสมของกรดไขมันระหว่างสัตว์เคี้ยวเอื้องและสัตว์กระเพาะเดี่ยวจึงแตกต่างกัน ในเนื้อโค และเนื้อแกะพบว่า มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในระดับที่สูง อีกทั้งเมื่อกรดอะราชีดิก (Arachidonic acid) เกิดการออกซิเดชัน จะเกิดสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นหอม คือ Trans-4,5-epoxy-(E)-2-decenal, ตามด้วย 1-octen-3-one, 2,4-decadienal, 2,4,7-tridecatrienal และ Hexanal (Arshad et al. 2018)

2.8 คุณภาพเนื้อโคนม

คงปฐม กาญจนเสริม และคณะ (2562) รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของกล้ามเนื้อสันนอก ที่ 1 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตาย ค่าความเป็นกรด-ด่างของโคนมเพศผู้ และ โคพันธุ์กำแพงแสนไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง และ 7 วัน พบว่าโคกำแพงแสนเพศผู้มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.59 ± 0.07 และ 5.47 ± 0.10 ตามลำดับ ต่ำกว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของโคนมเพศผู้ เท่ากับ 5.73 ± 0.13 และ 5.68 ± 0.21 ตามลำดับ ค่าสีเนื้อโคในรูปค่าความสว่างของเนื้อ พบว่าค่า L^* ของเนื้อโคทั้งสองสายพันธุ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าสีเนื้อในรูป a^* และ b^* พบว่าโคนมเพศผู้มีค่า a^* และ b^* น้อยกว่าโคกำแพงแสน ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อโคทั้งสองสายพันธุ์พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อโคทั้งสองสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน แต่พบว่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุกของเนื้อ โคกำแพงแสนมีค่าเท่ากับ 39.53 ± 1.03 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าเนื้อ โคนม 35.77 ± 1.80 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ โคนมต่ำกว่าเนื้อ โคกำแพงแสน แสดงให้เห็นว่าเนื้อ โคนมมีความนุ่มมากกว่าเนื้อ โคพันธุ์กำแพงแสน ในขณะที่ปริมาณไขมันแทรก (การเกรดซากด้วย

สายตา) และการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าเนื้อ โคนมเพศผู้มีไขมันสะสมในกล้ามเนื้อมากกว่าเนื้อโค
กำแพงแสนดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 คุณภาพเนื้อ โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียนกับ โคกำแพงแสนเพศผู้ตอน

Traits	Crossbred Holstein	Kamphaeng Saen	P-value
pH			
1h	6.37±0.20	6.31±0.18	0.136
24h	5.73±0.13	5.59±0.07	0.001
7 วัน	5.68±0.21	5.47±0.10	0.001
Meat colour			
Lightness (L*)	43.01±4.37	44.51±4.93	0.199
Redness (a*)	14.50±2.10	19.72±3.65	0.001
Yellowness (b*)	14.56±2.40	18.23±3.34	0.001
Drip loss (%)	2.87±2.33	2.24±0.46	0.159
Thawing loss (%)	1.86±0.91	1.07±0.25	0.002
Cooking loss (%)	35.77±1.80	39.53±1.03	0.001
Shear force (kg)	3.84±1.56	5.69±1.94	0.004
Marbling score	1.80±0.68	1.29±0.47	0.025

ที่มา : คัดแปลงจาก คงปฐม กาญจนเสริม และคณะ (2562)

2.9 การบ่มเนื้อสัตว์ (Meat aging)

2.9.1 ความหมายของการบ่มเนื้อสัตว์

การเก็บเนื้อสัตว์หลังการฆ่าในห้องเย็น ที่อุณหภูมิประมาณ 1-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ ก่อนการบริโภค เนื้อสัตว์ที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิแช่เย็นเป็นเวลานานขึ้น จะทำให้เนื้อสัตว์มีความนุ่มมากขึ้น ความนุ่มของเนื้อเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ Calpain ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่ย่อยโปรตีนกลุ่มไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน (Myofibrillar protein) ในเนื้อสัตว์ แต่เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) มักไม่เกิดการย่อยในระหว่างการบ่มเนื้อ (Nishimura et al. 1995)

2.9.1.1 การบ่มเนื้อแบบแห้ง (Dry ageing)

เป็นวิธีการจัดเก็บเนื้อสัตว์ในสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น มีอุณหภูมิระหว่าง 0.5-1 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 75- 85 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาประมาณ 6 สัปดาห์ การเก็บรักษาด้วยการบ่มแบบนี้ทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นจากบริเวณผิวหน้า จะทำให้เกิดเปลือกแข็งรอบซากสัตว์ ซึ่งต้องตัดแต่งออกทิ้งไป เมื่อนำมาปรุงอาหาร เนื้อสัตว์ที่ผ่านการบ่มแบบแห้งจะมีกลิ่นรสเฉพาะตัวโดยอาจจะมีตั้งแต่กลิ่นรสแบบเนยจนถึงแบบถั่ว และอาจจะมีกลิ่นเหม็น เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูง ขึ้นอยู่กับอายุและการเก็บรักษา รสชาติยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ เช่น หญ้าหรือเมล็ดพืช อุณหภูมิในการเก็บรักษา และความชื้นสัมพัทธ์ และใช้เวลานานกว่าการบ่มแบบเปียก (Olivier, S. 2018)

2.9.1.2 การบ่มแบบเปียก (Wet ageing)

การบ่มเนื้อแบบเปียก เป็นการบ่มหลังจากการแบ่งซากสัตว์ออกเป็นชิ้นส่วน โดยจะเก็บเนื้อที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส วิธีนี้เป็นการจัดเก็บเนื้อสัตว์ในถุงสุญญากาศ (Vacuum) เพื่อให้เกิดการบ่มภายในบรรจุภัณฑ์ การบ่มวิธีนี้จะช่วยการป้องกันการสูญเสียความชื้นออกจากชิ้นเนื้อ รักษาความนุ่มของเนื้อ ทำให้เนื้อนุ่มเพิ่มขึ้น และลดการปนเปื้อน ทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Olivier, S. 2018)

2.9.2 ระยะเวลาในการบ่มต่อองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อสัตว์

Kim et al (2019) ได้รายงานว่า เนื้อโคส่วนสะโพกที่ไม่ผ่านการบ่ม การบ่มแบบเปียกและการบ่มแบบแห้งไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นและปริมาณไขมัน แต่ปริมาณโปรตีนของเนื้อโคส่วนสะโพกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการบ่มแบบเปียกมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด เท่ากับ 22.80 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อที่ไม่บ่มมีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุดเท่ากับ 21.67 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.8)

ตารางที่ 2.8 ผลของระยะเวลาในการบ่มต่อองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อสัตว์

Traits	Non-aged	Aging method		SEM
		Wet	Dry	
Moisture	69.85	70.98	69.99	0.549
Fat	6.59	5.08	5.48	0.711
Protein	21.67 ^b	22.08 ^{ab}	22.80 ^a	0.294

^{a,b} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในแถวเดียวกัน

ที่มา : คัดแปลงจาก Kim et al (2019)

2.9.3 ระยะเวลาในการบ่มเนื้อสัตว์ต่อคุณภาพเนื้อ

มยุรินทร์ รักษทอง และคณะ (2553) ได้รายงานว่า การบ่มเนื้อโคส่วนกล้ามเนื้อสันนอก มีผลต่อคุณภาพเนื้อโค โดยระยะเวลาในการบ่มที่นานขึ้นมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเนื้อที่ผ่านการบ่มเป็นเวลา 1 7 14 และ 21 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.72 ± 0.07 5.71 ± 0.07 5.48 ± 0.07 และ 5.54 ± 0.07 ตามลำดับ โดยเนื้อที่บ่มเป็นเวลา 14 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด Jay (1996) กล่าวว่า อาจเกิดจากการบรรจุเนื้อแบบสุญญากาศที่ใช้ฟิล์มที่มีการป้องกันออกซิเจนเข้าออกได้ดี จึงอาจเป็นสาเหตุให้เนื้อมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำลง ความแตกต่างของระยะเวลาในการบ่มเนื้อที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการปรุงสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อาจเกิดจากการที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อที่ลดต่ำลงตามระยะเวลาที่บ่มนานขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในกล้ามเนื้อต่ำลง ซึ่งจะสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่มที่นานขึ้น ($P = 0.0544$) โดยกลุ่มที่บ่มเนื้อเป็นระยะเวลา 1, 7, 14 และ 21 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุกเท่ากับ 24.33 ± 0.90 25.63 ± 0.90 27.66 ± 0.90 และ 27.65 ± 0.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะเวลาในการบ่มมีผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่า เมื่อระยะเวลาในการบ่มเนื้อเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดผ่านเนื้อจะมีค่าลดลง เนื้อที่บ่มเป็นเวลา 1 วัน มีค่าแรงตัดผ่านมากที่สุด คือ 11.55 ± 0.54 กิโลกรัม ส่วนเนื้อที่บ่มเป็นเวลา 7 14 และ 21 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 10.47 ± 0.54 8.23 ± 0.54 และ 7.09 ± 0.54 กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการบ่มช่วยให้เนื้อมีความนุ่มขึ้น (ตารางที่ 2.9)

ตารางที่ 2.9 ผลของระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพเนื้อโค

Traits	Ageing time (day)				P-value
	1	7	14	21	
pH	5.72 ± 0.07^a	5.71 ± 0.07^a	5.48 ± 0.07^b	5.54 ± 0.07^{ab}	0.0305
Drip loss (%)	-	1.22 ± 0.23^y	1.80 ± 0.23^y	2.03 ± 0.23^x	0.0544
Cooking loss (%)	24.33 ± 0.90^b	25.63 ± 0.90^{ab}	27.66 ± 0.90^a	27.65 ± 0.90^a	0.0324
Shear force (kg)	11.55 ± 0.54^a	10.47 ± 0.54^a	8.23 ± 0.54^b	7.09 ± 0.54^b	<0.0001

^{a,b} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในแถวเดียวกัน

ที่มา : ดัดแปลงจาก มยุรินทร์ รักษทอง และคณะ (2553)

2.10 แหล่งพลังงานในอาหารชั้นที่ใช้เลี้ยงโค

2.10.1 ข้าวโพด (Corn)

ข้าวโพดเป็นพืชล้มลุกจำพวกหญ้า ปลูกง่าย มีอายุสั้น สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย จัดอยู่ในวงศ์ Gramineae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. และมีชื่อสามัญว่า Corn หรือ Maize โดยข้าวโพดเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 3 ของโลก รองมาจากข้าวสาลี และข้าว สามารถปลูกได้ทั่วไปในเขตภูมิอากาศอบอุ่น เขตกึ่งร้อนชื้น และพื้นที่ราบเขตร้อน

ปัจจุบันข้าวโพดที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ข้าวโพดฝักสด และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยข้าวโพดฝักสดปลูกเพื่อใช้สำหรับบริโภคและส่งออก ส่วนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เนื่องจากใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกข้าวโพดที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ นครราชสีมา เลย ลพบุรี และนครสวรรค์ มีการนำข้าวโพดมาใช้เป็นอาหารสัตว์เนื่องจากองค์ประกอบของส่วนใหญ่ของเมล็ดข้าวโพดเป็นแป้ง และโปรตีน จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ที่มีคุณภาพและราคาถูก โดยผลผลิตเมล็ดข้าวโพดจำนวนมากถูกนำไปใช้ในการผลิตอาหารเลี้ยงสัตว์ เช่น ใก่ หมู เป็ด และโคนม ทั้งนี้ บางประเทศโดยเฉพาะประเทศในแถบยุโรปจะปลูกข้าวโพดแล้วตัดข้าวโพดทั้งต้นเพื่อนำไปทำหญ้าหมัก (Silage) สำหรับเลี้ยงสัตว์ (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

2.10.2 มันสำปะหลัง (Cassava)

มันสำปะหลัง (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Manihot esculenta* (L.) Crantz) เป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง เป็นพืชอาหารที่สำคัญอันดับ 5 รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง ชื่อสามัญเรียกหลายชื่อเช่น Cassava, Yuca, Mandioca, Manioc, Tapioca โดยมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญของคนและสัตว์ เป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน และยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลัง ได้แก่ มันเส้น (Tapioca chips) มันอัดเม็ด (Tapioca pellets) และแป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในครัวเรือนและในภาคอุตสาหกรรม เช่น ใช้เป็นอาหารมนุษย์ ใช้สกัดน้ำมันที่มีคุณภาพดีที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาได้ ใช้เป็นอาหารสัตว์ เป็นต้น

มันเส้น เป็นผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังที่ถือได้ว่าเป็นการแปรรูปที่ใกล้ชิดตัวเกษตรกรรมมากที่สุด เพราะเมื่อเก็บเกี่ยวหัวมันสดแล้วจะนำส่งลานมัน สามารถแปรรูปโดยใช้เครื่องตัดหัวมันเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปตากบนลานซีเมนต์ เมื่อแห้งดีแล้วก็ทำการเก็บเพื่อส่งขายเป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ หรืออุตสาหกรรมมันอัดเม็ดต่อไป ปกติมันสดจำนวน 2.5 กิโลกรัม สามารถผลิตเป็นมันเส้นได้ 1 กิโลกรัม (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครสวรรค์, 2564)

2.10.3 สับปะรด (Pineapple)

สับปะรดเป็นพืชในตระกูล Bromeliaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังรูปภาพที่ 2.6 โดยสับปะรดจัดอยู่ในกลุ่มพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีเนื้อไม้อ่อน อายุการเจริญต่อเนืองนานหลายปีสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อน ทนสภาพแห้งแล้ง ปลูกได้ในดินทั่วไป ไม่ชอบดินที่มีความชื้นสูงประเทศไทยมีการปลูกสับปะรดเป็นจำนวนมาก ประเทศไทยมีการปลูกสับปะรดเป็นจำนวนมาก ในปี 2563 ผลผลิตจากสับปะรดมีปริมาณ 1.83 ล้านตัน (สันติ ช่างเจรจา และคณะ. 2562)

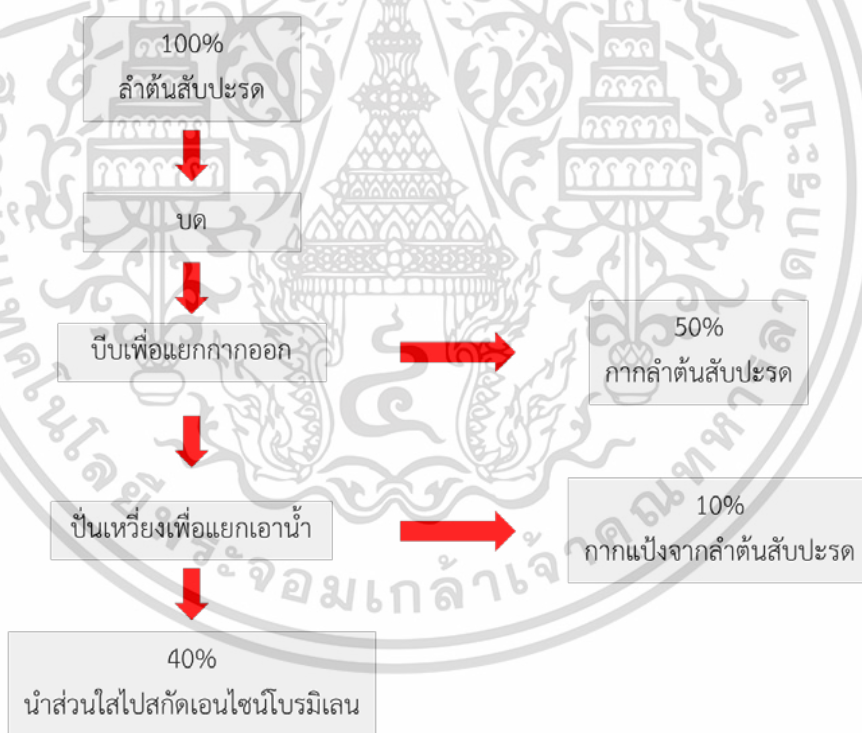


ภาพที่ 2.6 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสับปะรด

ที่มา : Vieira et al. (2022)

2.10.3.1 ผลผลิตหลักจากการปลูกสับปะรด คือ ผลสับปะรด (Fruit) คิดเป็นสัดส่วน 45 เปอร์เซ็นต์ของต้นสับปะรด และมีผลพลอยได้จากการปลูกสับปะรด ประกอบด้วย ลำต้น (Stem) มีสัดส่วนประมาณ 16.12 เปอร์เซ็นต์ และใบ (Leaf) มีสัดส่วนประมาณ 38.78 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นผลพลอยได้ที่เหลือจากแปลงปลูก และผลพลอยได้จากระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง หรือน้ำสับปะรด ได้แก่ เปลือก (Peel) แกน (Core) จุก (Crown) และเศษเนื้อสับปะรด (Pulp) ที่ได้จากการผลิตน้ำสับปะรด โดยจะมีสัดส่วนเศษเหลือและผลพลอยได้คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ของผลสับปะรด ส่วนลำต้นสับปะรด คือส่วนที่ได้หลังจากเก็บเกี่ยวผลสับปะรด สามารถนำมาสกัดเอาสาร

ต่างๆ เช่น เอนไซม์โบรมิเลน และวิตามินซี โดยนำลำต้นมาทำความสะอาด และบดละเอียดก่อนเพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการแปรรูป (ภาพที่ 2.7) ในกระบวนการสกัดเอนไซม์โบรมิเลนจากลำต้นสับปะรด จะทำให้ได้ผลพลอยได้ที่สำคัญ คือ กากลำต้นสับปะรด (มีวัตถุแห้งและคาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่ายสูงกว่าเศษเหลือชนิดอื่น) และแป้งที่เป็นผลพลอยได้จากการสกัดเอนไซม์โบรมิเลน (มีแป้งเป็นองค์ประกอบสูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่มีราคาถูกจัดเป็นแหล่งที่มีพลังงานสูง เหมาะสำหรับนำมาเลี้ยงโคในระยะขุน (สุริยะ สะวานนท์, 2561) Khongpradit et al. (2022) ได้รายงานว่ โคลูกผสมสายพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียนเพศผู้ ที่เลี้ยงขุน 206 วัน ด้วยแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง คือ ข้าวโพดบด มันสำปะหลังบด และแป้งจากลำต้นสับปะรด พบว่า โคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยแป้งจากลำต้นสับปะรดมีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุดเท่ากับ 16,117 บาท เมื่อเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังบด ที่มีต้นทุนค่าอาหารเท่ากับ 18,734 บาท และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยข้าวโพดบดมีต้นทุนค่าอาหารเท่ากับ 19,811 บาท



ภาพที่ 2.7 การเตรียมลำต้นสับปะรดสำหรับก่อนส่งเข้าโรงงาน

ที่มา : สุริยะ สะวานนท์. (2561)

2.10.3.2 องค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการของเศษเหลือ และผลพลอยได้จากการผลิตสับปะรด เศษเหลือหรือผลพลอยได้จากโรงงานผลิตสับปะรดส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์จำหน่ายและมีความชื้นสูง ยกเว้นในส่วนของลำต้นสับปะรด (ตารางที่ 2.10) แสดงให้เห็นว่าผลพลอยได้เหล่านี้เหมาะที่จะนำมาใช้ในรูปแบบสด หรือหมักเพื่อเก็บไว้ใช้เป็นอาหารในระยะยาวได้ เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้สูง โดยการหมักร่วมกับอาหารหยาบชนิดอื่นๆ หรือผสมเศษเหลือแต่ละชนิดในสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อลดความชื้นให้พอเหมาะต่อกระบวนการหมัก โดยระดับความชื้นของเศษเหลือจะผันแปรตามกระบวนการผลิตในแต่ละโรงงาน (สุริยะ สะวานนท์, 2561)

ตารางที่ 2.10 องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือ และผลพลอยได้จากการผลิตสับปะรด (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)

	DM	CP	EE	Ash	NFE	NDF	ADF	อ้างอิง
เศษเหลือ จากโรงงาน	13.6	5.2	1.9	6.7	53.1	72.6	58.1	พีระวัฒน์ และคณะ (2554)
จุกสับปะรด	19.26	7.50	-	-	-	50.57	25.87	จินดา และคณะ (2542)
ใบสับปะรด	18.91	6.59	-	-	-	39.44	24.25	ปรัชญา และคณะ (2541)
เปลือก สับปะรด	14.18	5.70	-	-	-	56.86	29.85	กรมปศุสัตว์ (2547)

DM = วัตถุแห้ง, CP = โปรตีนหยาบ, EE = ไขมัน, NFE = คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย,
NDF = พวกผนังเซลล์ทั้งหมด, ADF = ส่วนที่เป็นลิกนินและเซลลูโลส

2.10.4 องค์ประกอบทางเคมีของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง พบว่า ข้าวโพดบดมีปริมาณโปรตีนหยาบ ปริมาณไขมัน และผนังเซลล์ทั้งหมดเท่ากับ 8.1 4.37 และ 18.3 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ามันสำปะหลังบด และแป้งจากต้นสับปะรด ปริมาณลิกนินและเซลลูโลส ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด และปริมาณเถ้าหยาบมีค่าสูงที่สุดในแหล่งมันสำปะหลังบดมีค่า 6.0 0.10 และ 2.9 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ ส่วนปริมาณวัตถุแห้ง และปริมาณแป้งของแหล่งแป้งจากต้นสับปะรดมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 95.1 เปอร์เซ็นต์ และ 86.7 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ ดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 องค์ประกอบทางเคมีของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง

Item	Starch source		
	Ground corn	Ground cassava	Pineapple stem starch
Dry matter (%)	88.6	90.6	95.1
Crude protein (%DM)	8.1	1.8	1.4
Ether extract (%DM)	4.37	0.49	0.06
NDF (%DM)	18.3	10.6	8.3
ADF (%DM)	3.7	6.0	4.1
AIA (%DM)	0.01	0.10	0.08
Crude ash (%DM)	1.5	2.9	1.4
Starch (%DM)	72.5	66.6	86.7

NDF = พวผนังเซลล์ทั้งหมด; ADF = ส่วนที่เป็นลิกนินและเซลลูโลส; AIA = ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด

ที่มา : ดัดแปลงจาก Khongpradit et al. (2020)

2.11 ผลการศึกษาการขุนโคนมเพศผู้ด้วยผลพลอยได้จากสับประรด

ผลการทดลองที่จะกล่าวถึงเป็นผลการทดลองในระยะแรก ก่อนที่จะนำเนื้อมาศึกษาในวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

2.11.1 สมรรถนะการเจริญเติบโต

Khongpradit et al. (2022) รายงานว่า ในโคเพศผู้ตอนที่เลี้ยงขุน 206 วัน พบว่า กลุ่มที่ได้รับแป้งจากสับประรดมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงที่สุด ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับเมล็ดข้าวโพดบด และการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่อวันของกลุ่มที่ได้รับแป้งจากลำต้นสับประรดมีค่าต่ำกว่า (มีประสิทธิภาพมากกว่า) กลุ่มที่ได้รับเมล็ดข้าวโพดบดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนโคนมเพศผู้ตอนที่เลี้ยงขุน 344 วัน มีน้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่อวัน และไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2.12) และได้อธิบายไว้ว่า โคนมเพศผู้ตอนที่เลี้ยงด้วยแป้งจากลำต้นสับประรดมีการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงกว่าโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยข้าวโพดบด อาจมาจากแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ต่างกัน โดยคาร์โบไฮเดรตมีอิทธิพลอย่างมากต่อการบริโภคของพลังงานที่ข้อยได้ การเพิ่มพลังงานที่ข้อยได้ ส่งผลให้น้ำหนักตัวและการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้น ดังนั้น เมื่อระดับแป้งในแหล่งคาร์โบไฮเดรตสูง จะส่งผลให้การบริโภคพลังงานก็จะสูงขึ้น (Freitas et al. 2013) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของสัตว์มักเกิดจากการที่สัตว์กินอาหาร แล้วอาหารถูกย่อยบริเวณลำไส้ ดังนั้น ประสิทธิภาพการใช้อาหารจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบในอาหารสัตว์ (Svihus et al. 2005 ; Stevnebo et al. 2009)

ตารางที่ 2.12 ผลของแหล่งพลังงานที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการกินได้
ของโคนมเพศผู้ตอน

Item	GC	CA	PS	SEM	P-value
206 days					
Initial weight (kg)	455.58	454.17	453.90	36.08	0.99
Final weight (kg)	623.00	630.33	641.00	38.52	0.74
Weight gain (kg)	161.5 ^b	176.17 ^{ab}	187.20 ^a	13.05	0.03
ADG (kg/d)	0.81 ^b	0.86 ^{ab}	0.96 ^a	0.06	0.03
DMI (kg/d)	10.59	10.57	10.24	0.56	0.53
Concentrate (kg/day)	8.06	7.99	7.61	0.60	0.42
Roughage (kg/day)	2.52	2.58	2.63	0.18	0.63
Feed: gain ratio (kg DM intake/kg gain)	13.09 ^a	12.41 ^{ab}	113.2 ^b	1.09	0.04
344 days					
Initial weight (kg)	436.38	454.17	459.75	37.70	0.66
Final weight (kg)	663.50	686.17	689.50	25.25	0.31
Weight gain (kg)	227.13	232.00	229.75	24.77	0.96
ADG (kg/d)	0.66	0.67	0.67	0.07	0.78
DMI (kg/d)	9.68	9.80	9.37	0.46	0.37
Concentrate (kg/day)	7.37	7.49	6.99	0.45	0.65
Roughage (kg/day)	2.31	2.15	2.38	0.18	0.19
Feed: gain ratio (kg DM intake/kg gain)	13.67	13.79	13.56	1.42	0.97

GC = เมล็ดข้าวโพดบด; CA = มันสำปะหลังบด; PS = แป้งจากลำต้นสับประรด

ADG = การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน; DMI = การบริโภควัตถุดิบแห้ง

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

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Khongpradit et al. (2022)

2.11.2 คุณภาพซากโคนมเพศผู้

Khongpradit et al. (2022) ได้รายงานว่ แหล่งของพลังงานในอาหารชั้นที่ต่างกัน 3 แหล่งไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากอ่อน ซากเย็น ความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ไขมันแทรก และค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7 วันหลังสัตว์ตายที่การเลี้ยงขุน 206 วัน และ 344 วัน (ตารางที่ 2.13) ได้อธิบายไว้ว่า ลักษณะซาก และผลผลิตที่ได้เป็นการตอบสนองจากโภชนาการ อัตราการเจริญเติบโต อายุที่เข้ามา และเพศ เป็นต้น ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามอาหารที่สัตว์ได้รับ อีกทั้งสัดส่วนของไขมันแรกในเนื้อจะเพิ่มขึ้นตามอายุของสัตว์ ระยะเวลาที่เลี้ยง อัตราส่วนของอาหารชั้นต่ออาหารหยาบ และสายพันธุ์ของสัตว์ (Aalhus et al. 1992 ; Vasconcelos-Filhoa et al. 2021)



ตารางที่ 2.13 ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่งในอาหารชั้น ต่อลักษณะซาก
โคนมเพศผู้ตอน

Item	GC	CA	PS	SEM	P-value
206 days					
Hot carcass (%)	57.32	57.95	56.91	1.33	0.42
Cold carcass (%)	54.76	55.30	54.28	1.0	0.21
Backfat thickness (cm)	0.63	0.58	1.08	0.42	0.11
<i>Longissimus dorsi</i> (LM) area (cm ²)	86.61	85.48	85.23	8.46	0.96
Marbling score	2.00	1.00	2.00	0.64	0.71
Meat pH at 7 days post-mortem	5.64	5.56	5.72	0.08	0.29
344 days					
Hot carcass (%)	55.52	55.13	54.67	1.39	0.58
Cold carcass (%)	53.44	53.41	53.11	1.23	0.88
Backfat thickness (cm)	1.30	1.04	1.06	0.58	0.71
<i>Longissimus dorsi</i> (LM) area (cm ²)	82.45	83.87	83.29	7.25	0.95
Marbling score	2.00	2.00	2.00	0.45	0.74
Meat pH at 7 days post-mortem	5.51	5.49	5.50	0.07	0.47

GC = เมล็ดข้าวโพดบด; CA = มันสำปะหลังบด; PS = แป้งจากลำต้นสับปะรด.

SEM = Standard error of the mean

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Khongpradit et al. (2022)

2.11.3 คุณภาพเนื้อโคนมเพศผู้

Khongpradit et al. (2022) รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมี (ปริมาณความชื้น ไขมัน และ โปรตีน) และการสูญเสียน้ำระหว่างการจัดเก็บ (ตารางที่ 2.14) ไม่พบความแตกต่างของแหล่งพลังงานในอาหารชั้นที่ต่างกันที่การเลี้ยงขุนที่ 206 หรือ 344 วัน แต่อย่างไรก็ตาม การขุนเป็นเวลา 344 วัน โคนมเพศผู้ตอนที่เกี่ยวข้องด้วยมันสำปะหลังบดมีแนวโน้มของค่าสีแดง (a*) สูงที่สุด ซึ่งมากกว่ากลุ่มที่เกี่ยวข้องด้วยแป้งจากลำต้นสับปะรด และ เมล็ดข้าวโพดบด (P = 0.08)

ตารางที่ 2.14 องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพเนื้อสัตว์ที่มีแหล่งพลังงานในอาหารชั้น
ที่ต่างกัน 3 แหล่ง ใน โคนมเพศผู้ตอน

Item	GC	CA	PS	SEM	P-value
206 days					
Moisture (%)	68.11	66.33	66.70	0.03	0.53
Crude fat (%)	7.36	10.11	8.92	2.97	0.34
Crude protein (%)	24.53	24.76	25.01	1.42	0.45
Crude fat (%DM)	22.49	28.31	25.61	6.39	0.34
Crude protein (%DM)	75.40	69.13	72.97	7.65	0.40
Drip loss (%)	2.15	1.90	2.21	0.90	0.75
Color					
L*	40.04	39.68	39.05	2.46	0.78
a*	20.45	22.72	19.79	2.86	0.41
b*	18.00	17.99	17.58	0.98	0.75
344 days					
Moisture (%)	67.31	66.66	67.68	1.75	0.65
Crude fat (%)	10.83	9.85	9.07	2.59	0.62
Crude protein (%)	23.07	23.85	25.49	1.49	0.11
Crude fat (%DM)	31.06	28.13	26.70	5.11	0.70
Crude protein (%DM)	67.07	69.21	71.88	4.77	0.32
Drip loss (%)	1.74	1.47	1.43	0.68	0.12
Color					
L*	42.64	40.32	40.99	2.13	0.37
a*	17.01	21.5	19.41	2.41	0.08
b*	14.99	13.63	14.97	2.78	0.72

GC = เมล็ดข้าวโพดบด; CA = มันสำปะหลังบด; PS = แป้งจากลำต้นสับปะรด.

SEM = Standard error of the mean.

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Khongpradit et al. (2022)

2.11.4 องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโคนมเพศผู้

Khongpradit et al. (2022) พบว่า ส่วนมากกรดไขมันใน LM ของโคนมเพศผู้ตอนที่การขุน 206 หรือ 344 วันไม่แตกต่างกัน ยกเว้นในกรดไมริสติก (C14:1) และ กรดสเตียริก (C18:0) ที่การขุน 206 วัน โดยกลุ่มที่ได้รับแป้งจากลำต้นสับประรด มีค่าสูงที่สุด ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับเมล็ดข้าวโพดบด และมันสับปะหลังบด อย่างไรก็ตาม ในการขุนที่ 344 วัน กรดโอเลอิก (C18:1 n-9 cis) ของกลุ่มที่ได้รับแป้งจากลำต้นสับประรดมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับเมล็ดข้าวโพดบด และมันสับปะหลังบด (ตารางที่ 2.15) ได้อธิบายว่า กรดโอเลอิกเป็นกรดไขมันที่มีมากที่สุดไขมันแทรก การที่กรดโอเลอิกที่สูงอาจเป็นเพราะการได้รับอาหารที่มีแป้งสูง และอาหารที่มีธัญพืชเป็นส่วนประกอบหลัก จะลดกรดไขมันอิ่มตัว และเพิ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่หนึ่งตำแหน่งในเนื้อสัตว์ (Huerta-Leidenz et al. 1996 ; Hwang and Joo. 2017)



ตารางที่ 2.15 องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อ โคนมเพศผู้ตอนที่มีแหล่งพลังงานในอาหารชั้น
ที่ต่างกัน 3 แหล่ง

Fatty acids (%total fatty acid)	GC	CA	PS	SEM	P-value
206 days					
C12:0	1.03	1.38	1.32	0.36	0.29
C14:0	4.37	6.22	5.04	1.00	1.02
C14:1	0.89 ^b	2.10 ^a	1.53 ^{ab}	0.57	0.03
C15:0	0.77	0.50	0.54	0.38	0.89
C16:0	33.20	33.05	33.52	2.39	0.87
C16:1	6.34	6.70	5.82	0.67	0.12
C18:0	11.34 ^b	11.35 ^b	12.45 ^a	0.84	<0.01
C18:1 n-9 cis	40.89	38.03	39.59	3.00	0.23
C18:2 n-6 cis	1.48	0.91	1.18	0.37	0.30
SFA	50.71	52.5	51.87	2.50	0.94
MUFA	48.12	46.83	46.94	2.79	0.99
344 days					
C12:0	1.15	1.27	1.41	0.53	0.72
C14:0	5.81	6.42	5.80	0.85	0.42
C14:1	1.68	1.92	1.77	0.51	0.80
C15:0	0.36	0.41	0.37	0.15	0.90
C16:0	33.95	34.29	32.96	1.41	0.37
C16:1	5.83	5.90	6.04	0.83	0.92
C18:0	11.66	11.56	11.96	1.69	0.93
C18:1 n-9 cis	38.45	37.05	38.80	1.51	0.19
C18:2 n-6 cis	1.10	1.27	0.97	0.17	0.07
SFA	52.93	53.95	52.50	1.99	0.42
MUFA	45.96	44.87	46.61	1.72	0.22

GC = เมล็ดข้าวโพดบด; CA = มันสำปะหลังบด; PS = แป้งจากลำต้นสับปะรด.

SFA = กรดไขมันอิ่มตัว; MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่หนึ่งตำแหน่ง

SEM = Standard error of the mean

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Khongpradit et al. (2022)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

โคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียนเพศผู้ตอนที่มีเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 36 ตัว อายุ 22 เดือน น้ำหนัก 453 ± 35.3 กิโลกรัม ระยะเวลาขุน 206 วัน

3.2 อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์

3.2.1 อาหารหยาบ คือ หญ้าเนเปียร์หมัก และฟางข้าว โดยวันที่ 1-74 ให้หญ้าเนเปียร์หมัก 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน และวันที่ 75-206 ให้หญ้าเนเปียร์หมัก 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน กับ ฟางข้าว 0.9 กิโลกรัม/ตัว/วัน

3.2.1 แหล่งพลังงานในอาหารชั้นที่ใช้ 3 สูตรที่ต่างกัน คือ เมล็ดข้าวโพดบด (ground corn (CO)), มันสำปะหลังบด (ground cassava chip (CA)) และ แป้งจากลำต้นสับประรด (pineapple stem starch (PI)) โดยกำหนดให้ใช้เป็นแหล่งพลังงาน 40 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารชั้น (ตารางที่ 3.1 และ ตารางที่ 3.2)

3.3 การเลี้ยงสัตว์

เลี้ยงโคในคอกแบบระบบเปิดที่มีแผ่นยางรองบนพื้นคอนกรีต (11.25 ตารางเมตร/2 ตัว/คอก) โดยแบ่งสัตว์ออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 12 ตัว ให้อาหาร (อาหารชั้นและอาหารหยาบ) 2 ครั้ง/วัน เวลา 07.00 น. และ 16.00 น.

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบของวัตถุดิบในสูตรอาหารข้น

Item (%DM)	Concentrate		
	Ground corn	Ground cassava chip	Pineapple stem starch
Ingredient			
Ground corn	40.24	-	-
Ground cassava	-	40.28	-
Pineapple stem starch	-	-	40.23
Soybean meal	6.75	6.22	6.99
Rice bran		13.38	13.35
Defatted rice bran	16.25	2.81	2.81
Defatted palm kernel meal	26.06	25.55	25.50
Molasses	7.83	7.68	7.66
Urea	0.16	1.04	1.20
Vitamin and mineral mixture	0.52	0.52	0.52
Sulfur	0.11	0.10	0.10
Salt	0.32	0.31	0.31
Dicalcium phosphate	1.24	1.21	1.21
Sodium bicarbonate	0.52	0.51	0.50

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Khongpradit et al. (2020)

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารชั้นและอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลอง

Item (%DM)	Concentrate			Roughage	
	Ground corn	Ground cassava chip	Pineapple stem starch	Napier grass silage	Rice straw
Nutrient composition					
Dry matter (%)	87.06	87.46	87.74	20.42	91.30
Crude protein	16.79	16.34	16.28	6.32	5.90
Ether extract	3.13	3.25	3.17	1.71	-
Ash	6.91	8.68	6.60	11.37	-
NDF	40.81	38.45	37.74	73.20	74.00
ADF	31.07	27.99	27.54	55.03	44.50
Calcium	0.84	0.99	0.63	0.27	-
Phosphorus	0.80	0.63	0.63	0.24	-
Total carbohydrates	73.17	71.73	73.95	-	-
Starch	37.54	38.63	38.70		

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Khongpradit et al. (2020)

3.4 อุปกรณ์และสารเคมี

3.4.1 อุปกรณ์

3.4.1.1 อุปกรณ์ในการเก็บลักษณะของเนื้อ และอุปกรณ์วัดคุณภาพเนื้อทางกายภาพ

1. เครื่องวัดสี (MiniScan EZ, Hunterlab, USA)
2. เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และวัดอุณหภูมิของเนื้อ (Metler Toledo model SG2, China)
3. ถุงพลาสติกใส
4. มีดสำหรับตัดแต่ง และเขียงพลาสติก
5. เครื่องชั่งแบบดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ML802, Metter Toledo, Switzerland)
6. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath; Memmert, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เครื่องวัดอุณหภูมิ (4 Channels Thermometer Model; TM-1947SD, Taiwan)
8. ถังซีปส์ออก
9. ตู้แช่อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส
10. ตู้แช่อุณหภูมิ - 80 องศาเซลเซียส
11. ถังพลาสติกสุญญากาศ
12. เครื่องบรรจุสุญญากาศ (Ramon VP-600A, Germany)
13. เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyser Model EZSX, Shimadzu, Japan)
14. เทอร์โมมิเตอร์ (TM-19475D, Lutron Electronics, Taipei City, Taiwan)

3.4.1.2 อุปกรณ์ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. เตาเผา
2. ถ้วยเผาพร้อมฝา
3. เครื่องบดละเอียด (WSG30E, Waring, USA)
4. โถดูดความชื้น (Desicator)
5. คีมคีบ
6. คีมคีบเฉพาะสำหรับบีกเกอร์สกัดไขมัน
7. ตู้อบ (Oven)
8. ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can)
9. ทรายบริสุทธิ์
10. ขวดรูปหมฟู่
11. กระบอกตวง
12. บีกเกอร์
13. กระจกกรอง
14. บีกเกอร์วิเคราะห์ไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. เครื่องกลั่น (Distillation Unit; B-324; Buchi. Thailand)
16. เครื่อง Scrubber (Scrubber; B-414, BUCHI, Thailand)
17. เครื่องสกัดไขมัน (Sox 416, Gerhaedit, Germany)
18. หลอดแก้ววิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl flask)
19. เครื่องย่อย (Speed digester; K-439, Buchi. Thailand)
21. เครื่องชั่งแบบดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง (ML802, Metter Toledo, Switzerland)
22. เครื่องสกัดไขมัน (Sox 416, Gerhardt analytical system, Königswinter, Germany)

3.4.1.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจน

1. เครื่องชั่งแบบดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ML802, Metter Toledo, Switzerland)
2. เครื่อง Homogenizer (T25 Ultra-Turrax®, Ika, Staufen, Germany)
3. หลอดทดลอง
4. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath; Memmert, Germany)
5. เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และวัดอุณหภูมิของเนื้อ (Mettler Toledo model SG2, China)
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (4 Channels Thermometer Model; TM-1947SD, Taiwan)
7. Microplate reader (iMark TM ; BioRad, USA)
8. Microplate (Maxisorp, Nunc TM)
9. กระดาษกรอง whatman เบอร์ 111
10. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge; Scanspeed 1580R, Labogene, Lillerod, Denmark)
11. ไมโครปิเปต (Micropipette; Axypet, U.S.A.)

3.4.1.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์กรดไขมัน

1. เครื่องระเหยสารแบบหมุน (Rotavpor r-100; Buchi, Thailand)
2. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge; Scanspeed 1580R, Labogene, Lillerod, Denmark)
3. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
4. กรวยแยก (Separatory funnel)
5. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Mettmert, Germany)
6. เครื่องวิเคราะห์สารระบบแก๊สโครมาโตกราฟ FID (7890B, Agilent, USA)
7. เครื่องเขย่าสาร (Vortex; Scientific industries, USA)
8. ไมโครปิเปต (Micropipett; Axypet, U.S.A.)
9. เครื่อง Homogenizer (T25 Ultra-Turrax®, Ika, Staufen, Germany)
10. พาราฟิล์ม (Parafilm)

3.4.1.5 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์สาร

1. เครื่องบดละเอียด (WSG30E, Waring, USA)
2. เครื่อง Homogenizer (T25 Ultra-Turrax®, Ika, Staufen, Germany)
3. ขวดแก้วใส่สารตัวอย่าง (Vial)
4. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge; Scanspeed 1580R, Labogene, Lillerod, Denmark)
5. เครื่อง High-performance liquid chromatography (Chromaster, Hitachi, Tokyo, Japan)
6. ตู้แช่อุณหภูมิ - 80 องศาเซลเซียส
7. กระดาษกรอง
8. น้ำแข็ง
9. เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และวัดอุณหภูมิของเนื้อ (Metler Toledo model SG2, China)
10. พาราฟิล์ม (Parafilm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 สารเคมี

3.4.1.1 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ที่ใช้วิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี

1. Petroleum ether
2. Sulfuric acid (H_2SO_4)
3. Sodium hydroxide (NaOH)
4. Copper sulfate ($CuSO_4$)
5. Boric acid (H_3BO_3)
6. Hydrochloric acid (HCL)
7. Potassium sulfate (K_2SO_4)

3.4.1.2 สารเคมีสำหรับหาปริมาณคอลลาเจน

1. Activated carbon
2. Hydrochloric acid (HCl)
3. Sodium chloride (NaCl)
4. Sodium hydroxide (NaOH)
5. Potassium chloride (KCl)
6. Calcium chloride ($CaCl_2$)

3.4.1.3 สารเคมีในการวิเคราะห์กรดไขมัน

1. Sodium chloride (NaCl)
2. Hexanes (C_6H_{14})
3. Sodium hydroxide (NaOH)
4. Boron trifluoride (BF_3)
5. Chloroform ($CHCl_3$)
6. Methanol (CH_3OH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.4 สารเคมีในการวิเคราะห์สารโรโบนิวคลีโอไทด์

1. Perchloric acid (HClO_4)
2. Potassium hydroxide (KOH)
3. Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)
4. Acetonitrile (CH_3CN)

3.5 วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างเนื้อสัตว์ที่ใช้ในการศึกษานี้ มาจากโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนเพศผู้ตอนจำนวน 36 ตัว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรแห่งประเทศไทย (รหัสโครงการ PRP6205031930), Khongpradit et al., 2020 และ Khongpradit et al., 2022 แบ่งจากต้นสับปะรดที่ใช้ในการศึกษานี้ได้มาจาก บริษัท หงมาวไบโอเคม จำกัด จังหวัดระยอง ประเทศไทย คณะกรรมการจริยธรรมการใช้สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อนุมัติขั้นตอนการทดลอง (ACKU62-AGK-007)

3.5.1 การเก็บตัวอย่าง

โคจะเข้าเชือดเมื่ออายุเฉลี่ย 33 เดือน ก่อนการเชือดสัตว์ทั้งหมดจะถูกอดอาหารเป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง โดยมีน้ำให้โคกินตลอดเวลา และเลี้ยงในคอก จากนั้นสัตว์ถูกชั่งน้ำหนัก ทำให้สลบ เอาเลือดออก เลาะหนัง ผ่าเอาอวัยวะภายในออก และล้างซาก ซากสัตว์ถูกผ่าตามยาวและเก็บไว้ที่ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

ตัวอย่างกล้ามเนื้อส่วน *Longissimus thoracis* (LT) ถูกเก็บหลังจากสัตว์ตาย 14 วัน จากซากซีกซ้ายของโคแต่ละตัว จากนั้นแบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ชิ้น มีความหนา 3 เซนติเมตร 2 ชิ้น และที่มีความหนา 1.5 เซนติเมตร 2 ชิ้น ตัวอย่างชิ้นแรกที่มีความหนา 3 เซนติเมตร นำตัวอย่างมาวัดสี และวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในวันที่ 14 หลังสัตว์ตาย จากนั้นจึงชั่งน้ำหนักก่อนที่จะบรรจุสุญญากาศในถุงและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวัดการสูญเสียจากการละลาย, การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก, ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และค่าเนื้อสัมผัส ตัวอย่างชิ้นที่สองที่มีความหนา 3 เซนติเมตร ถูกบรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นจึงนำตัวอย่างออกมาวัดสีเนื้อที่ 21 วันหลังสัตว์ตาย ชั่งน้ำหนัก บรรจุกลับด้วยถุงสุญญากาศอีกครั้ง และเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวัดการสูญเสียจากการละลาย, การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก, ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และค่าเนื้อสัมผัสที่ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันหลังสัตว์ตาย ตัวอย่างแรกที่มีความหนา 1.5 เซนติเมตร ถูกบรรจุในสุญญากาศและเก็บไว้ที่ -80 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร ไบโบนิวคลีโอไทด์ องค์ประกอบของกรดไขมัน วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี คือ โปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น และวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจน ที่ 14 วันหลังสัตว์ตาย ตัวอย่างที่สองที่มีความหนา 1.5 เซนติเมตร ถูกบรรจุในสุญญากาศ เก็บไว้ที่ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วจึงนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร ไบโบนิวคลีโอไทด์ ที่ 21 วันหลังสัตว์ตาย (ภาพที่ 3.1)



ชั้นที่ 1 บ่ม 14 วัน : วัดสี, ค่าความเป็นกรด-ด่าง, การสูญเสียน้ำจากการละลาย, การสูญเสียน้ำระหว่างปรุงสุก, ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และค่าเนื้อสัมผัส
 ชั้นที่ 2 บ่ม 21 วัน : วัดสี, การสูญเสียน้ำจากการละลาย, การสูญเสียน้ำระหว่างปรุงสุก, ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และค่าเนื้อสัมผัส
 ชั้นที่ 3 บ่ม 14 วัน : วัดปริมาณสารไบโบนิวคลีโอไทด์, องค์ประกอบของกรดไขมัน, องค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน, ไขมัน, ความชื้น และเถ้า) และปริมาณคอลลาเจน
 ชั้นที่ 4 บ่ม 21 วัน : วัดปริมาณคอลลาเจน

ภาพที่ 3.1 การเก็บตัวอย่างเนื้อเพื่อศึกษาด้านคุณภาพเนื้อ

3.5.2 การศึกษาคุณภาพเนื้อโคทางกายภาพ

3.5.2.1 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างกล้ามเนื้อ LT โดยทำการวัดค่าที่ 14 วันหลังสัตว์ตาย โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างแบบพกพา (Mettler Toledo; SevenGo™ pH meter SG2, China)

3.5.2.2 การวัดค่าสีของเนื้อ

วัดค่าสีของตัวอย่างกล้ามเนื้อ LT หลังจากตัดบริเวณผิวหนังของเนื้อให้สัมผัสอากาศที่อุณหภูมิห้อง 45 นาที ใช้เครื่องวัดสีแบบใช้มือถือ (MiniScan EZ, Hunterlab, USA)

3.5.2.3 การวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และการสูญเสียน้ำระหว่างปรุงสุก

นำตัวอย่างเนื้อ 2 ตัวอย่าง ที่ อายุ 14 และ 21 วัน มาละลายที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงชั่งน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักหลังจากผ่านการละลายจะแสดงเป็น เปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียจากการละลาย (Thawing loss) นำตัวอย่างกล้ามเนื้อที่ละลายแล้วใส่ลงใน ถุงพลาสติก จากนั้นนำลงไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จนกระทั่ง ถึงอุณหภูมิใจกลางเนื้ออยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในวัด โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ (TM-19475D, Lutron Electronics, Taipei City, Taiwan) จากนั้นนำตัวอย่างออกมาลดอุณหภูมิ โดยการปล่อยให้ น้ำ ไหลผ่านเป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำตัวอย่างออกจากถุงพลาสติก ชับน้ำที่ตัวอย่างด้วยกระดาษทิชชู จากนั้นนำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า นำค่าที่ได้ไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลัง ปรุงสุก (Cooking loss) หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาตัดให้ขนาดเท่ากับแนวเส้นไขขนาด กว้าง × ยาว × สูง (1.25 × 1.25 × 3 เซนติเมตร) จำนวน 8 ชิ้น จึงนำตัวอย่างไปวัดแรงเฉือน โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (รุ่น EZ-SX, Shimadzu, Kyoto, Japan) ใช้หัววัด Warner Blatzer Shear (load cell 50 กิโลกรัม และ speed 50 มิลลิเมตร/นาที)

3.5.2.4 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส ถูกวิเคราะห์ในลักษณะเดียวกับตัวอย่างที่ถูกวิเคราะห์ค่าแรง ตัดผ่านเนื้อ นำตัวอย่างมาตัดบริเวณพื้นผิวที่แข็งและแห้งออก และตัดตัวอย่างแต่ละชิ้นเป็นลูกบาศก์ ขนาด 15 มิลลิเมตร และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Model EZSX, Shimadzu, Japan) โดยใช้หัววัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มิลลิเมตร แบบ cylindrical jig (speed 127 มิลลิเมตร/นาที)

3.5.3 การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี

3.5.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash content analysis)

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า คัดแปลงจากวิธีการของ AOAC (2000) นำถ้วยเผาเปล่าเข้าเผา ในเตาเผาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลา นำถ้วยเผาเปล่าไปใส่ใน โถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที จึงนำถ้วยเผาไปชั่งน้ำหนัก บันทึกเป็นน้ำหนักก่อนเผา จากนั้นชั่ง ตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ลงในถ้วยเผาที่ชั่งน้ำหนักไป และบันทึกเป็นน้ำหนักตัวอย่าง นำถ้วยเผาที่มีตัวอย่าง ไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เผาเป็นเวลา 12-18 ชั่วโมง หรือค้างคืน เมื่อครบเวลา ปิด เตาเผาจนอุณหภูมิต่ำกว่า 250 องศาเซลเซียส จึงใช้คีมคีบถ้วยเผาที่มีตัวอย่างใส่โถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที นำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกเป็นน้ำหนักหลังเผา คำนวณ โดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{W}$$

W = น้ำหนักตัวอย่าง

W_1 = น้ำหนักก่อนเผา (ถ้วยเผาเปล่า)

W_2 = น้ำหนักหลังเผา (ถ้วยเผา+ตัวอย่าง)

3.5.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content analysis)

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ดัดแปลงจากวิธีการของ AOAC (1999) อบกระป๋องใส่ตัวอย่าง (Can) ในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 1-3 ชั่วโมง จากนั้นนำกระป๋องใส่ตัวอย่างใส่โถดูดความชื้น ประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนักกระป๋องใส่ตัวอย่างและบันทึกเป็นน้ำหนักก่อนอบ ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่กระป๋องใส่ตัวอย่าง และบันทึกเป็นน้ำหนักตัวอย่าง นำไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 16 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่โถดูดความชื้น 30 นาที ชั่งน้ำหนักและจดบันทึกเป็นน้ำหนักหลังอบ แล้วจึงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(W_1 + W) - W_2}{W} \times 100$$

W = น้ำหนักตัวอย่าง

W_1 = น้ำหนักก่อนอบ (กระป๋องใส่ตัวอย่าง)

W_2 = น้ำหนักหลังอบ (กระป๋องใส่ตัวอย่าง+ตัวอย่าง)

3.5.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Protein content analysis)

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method ดัดแปลงตามวิธีการของ AOAC (2000) ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่ลงใน Kjeldahl flask เติม Copper sulfate 100 กรัม ผสมกับ Potassium sulfate 7 กรัม และเติม Sulfuric acid 98 เปอร์เซ็นต์ 25 มิลลิลิตร นำไปย่อยบนเครื่องย่อยโปรตีนที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส 15 นาที จากนั้นย่อยต่อด้วยอุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส 15 นาที และย่อยต่อด้วยอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส 60 นาที จนกระทั่งสารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงนำหลอดย่อยมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน (โปรแกรมเครื่องกลั่นโปรตีน: Sodium hydroxide 32 เปอร์เซ็นต์ 120 มิลลิลิตร Boric acid 4 เปอร์เซ็นต์ 75 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 45 มิลลิลิตร) จากนั้นไทเทรตสารที่กลั่นได้ด้วย Hydrochloric acid 0.1 N จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีม่วงอมชมพู แล้วคำนวณหาปริมาณโปรตีน โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A-B) \times N \times 1.4 \times F}{W}$$

A = ปริมาตรของกรดซัลฟิวริก 0.1 N ที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของกรดซัลฟิวริก 0.1 N ที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก (N)

F = ค่าแฟกเตอร์ (6.25)

3.5.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Fat content analysis)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน คัดแปลงตามวิธีของ AOAC (1999) ซึ่งตัวอย่าง 5 กรัม บนกระดาษกรอง จดบันทึกเป็นน้ำหนักตัวอย่าง จากนั้นผสมทราย 2 กรัม คลุกให้เข้ากันและห่อ จากนั้นนำตัวอย่างที่ห่อไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำตัวอย่างที่อบแล้วใส่โถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที อบบีกเกอร์ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำบีกเกอร์ไปใส่โถดูดความชื้น 30 นาที (ใช้ที่ลึบเฉพาะสำหรับบีกเกอร์สกัดไขมัน) ซึ่งน้ำหนักและจดบันทึกเป็นน้ำหนักก่อนชั่ง จากนั้นนำตัวอย่างที่ห่อใส่ลงใน Thimble และนำไปใส่ในบีกเกอร์ จากนั้นเติม Petroleum ether 150 มิลลิลิตร ลงไปในบีกเกอร์แล้วนำเข้าเครื่องสกัดไขมัน เมื่อเสร็จกระบวนการสกัด คีบ Thimble ออกจากบีกเกอร์ และนำบีกเกอร์ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ใช้ที่ลึบเฉพาะสำหรับบีกเกอร์สกัดไขมัน ห้ามจับโดยใช้มือเปล่าแล้วนำบีกเกอร์ใส่โถดูดความชื้น 30 นาที ซึ่งน้ำหนักบีกเกอร์และจดบันทึกเป็นน้ำหนักหลังอบ แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณไขมันโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{W}$$

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W₁ = น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนสกัดไขมัน

W₂ = น้ำหนักบีกเกอร์หลังสกัดไขมัน

3.5.4 การวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจน (Collagen content analysis)

การวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจน คัดแปลงจากวิธีการของ Hill (1966) โดยนำตัวอย่างเนื้อ มาตรฐานด้วยเครื่องปั่นละเอียด และนำตัวอย่างที่ได้มาซึ่งให้ได้ 4 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติม Ringer solution 12 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 77 องศาเซลเซียสในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 60 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น จึงนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15

นาที่ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จากนั้นแยกเอาส่วนใส (Supernatant) 20 มิลลิลิตร และส่วนที่ตกตะกอน (Pellet) มาใส่ในหลอดทดลอง โดยหลอดส่วนใสเติม 12 N Hydrochloric acid 20 มิลลิลิตร และหลอดส่วนตกตะกอนเติม 6 N Hydrochloric acid 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มในอ่างน้ำมันควบคุมอุณหภูมิ (Oil bath) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เมื่อครบ 18 ชั่วโมง นำหลอดตัวอย่างออกจากอ่างน้ำมันควบคุมอุณหภูมิแล้วเติม Activated carbon ลงในหลอดทดลอง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 111 จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 4.5-7.5 และนำไปปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาทำการเจือจาง โดยนำสารตัวอย่างจากส่วนที่ตกตะกอนมา 500 ไมโครลิตร ผสมน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร แล้วจึงดูดของเหลวจากการสกัดทั้งหมด (คอลลาเจนที่ละลายได้และไม่ละลาย) 400 ไมโครลิตร เติม Oxidant solution 200 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันวางทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเติม Color reagent 200 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Microplate reader (iMark TM, BioRad, USA) ที่ค่าการดูดกลืนแสง 550 นาโนเมตร นำผลที่ได้ไปคำนวณกราฟมาตรฐานใช้ความเข้มข้นของไฮดรอกซีโพรลีนเท่ากับ 0 1 2 3 4 5 6 7 ไมโครกรัมของไฮดรอกซีโพรลีนต่อมิลลิกรัม

$$\text{ปริมาณคอลลาเจน (มิลลิกรัม/กรัมของเนื้อสด)} = \frac{c \times f \times 100 \times 8}{1000 \times w}$$

c = ความเข้มข้นของไฮดรอกซีโพรลีน

f = จำนวนเท่าของการเจือจางสารละลายที่ได้จากการย่อย

โดย Soluble collagen = 1

Insoluble collagen = 6

w = น้ำหนักตัวอย่างเนื้อ (กรัม)

3.5.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน

การสกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์มดำเนินการตาม Folch et al. (1957) โดย ชั่งตัวอย่างเนื้อประมาณ 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติม Chloroform : Methanol (2:1) 20 มิลลิลิตร แล้วปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Homogenizer 20 วินาที แล้วล้างหัวปั่นด้วย Chloroform : Methanol (2:1) 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Chloroform 10 มิลลิลิตร และ Deionized water 10 มิลลิลิตร แล้วจึงเทตัวอย่างลงในกรวยแยกสาร (Separatory funnel) จากนั้นจึงเติม Sodium chloride 0.58 เปอร์เซ็นต์ 25 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 15 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลาจึงไขแยกสารส่วนใสใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flasks) และนำไปทำให้ระเหยแห้งด้วยเครื่อง Rotary evaporator จากนั้นใช้ Chloroform ล้างขวดก้นกลม และ

ปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร จากนั้นเปิดตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดฝาเกลียว แล้วเติม Internal standard (C19) 0.5 N 200 ไมโครลิตร และนำไปประเหยให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน แล้วจึงเติม Sodium hydroxide/Methanol 3 มิลลิลิตร แล้วจึง Vortex จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 30 นาที แล้วเติม Boron trifluoride 10 เปอร์เซ็นต์ 2 มิลลิลิตร แล้วจึง Vortex จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 10 นาที แล้วนำไปลดอุณหภูมิโดยนำไปแช่น้ำแข็ง 10 นาที แล้วเติม Deionized water 2 มิลลิลิตร กับ Hexane 1 มิลลิลิตร แล้วจึง Vortex แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นดูดส่วนใสใส่ขวด Vial และเป่าให้แห้ง ทำเหมือนเดิม 2 รอบ เก็บตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เมื่อต้องการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน ให้เติม Hexane 1 มิลลิลิตร ในขวด Vial ของแต่ละตัวอย่าง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (Model 7890B, Agilent, Santa Clara, CA, USA) ใช้คอลัมน์ Fused silica capillary (100 m × 0.25 mm × 0.2 μm film thickness, model SPTM-2560, Supelco, Bellefonte, PA, USA) โดยมีเงื่อนไขสำหรับแก๊สโครมาโตกราฟีมี ดังนี้

3.5.5.1 โปรแกรมอุณหภูมิ: อุณหภูมิเริ่มต้น 60 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น 20 องศาเซลเซียสต่อ นาที เป็น 170 องศาเซลเซียส 5 องศาเซลเซียสต่อ นาที จนถึง 220 องศาเซลเซียส และ 2 องศาเซลเซียส ต่อ นาที เป็น 240 องศาเซลเซียส

3.5.5.2 Carrier gas : He

Injector : 1 μl, split 10:1

Column flow : N₂ 1.3 ml/min

Make up flow : N₂ 25 ml/min, H₂ 30 ml/min, Air zero 300 ml/min

3.5.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารไรโบนิวคลีโอไทด์

ชั่งตัวอย่างเนื้อบดละเอียด 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติม Perchloric acid 0.6 M 6 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer ที่ 23,000 g เป็นเวลา 10 วินาที หลังจากนั้นนำหลอดมาแช่น้ำแข็ง เป็นเวลา 15 นาที แล้วทำให้เป็นกลางด้วย 0.8 M Potassium hydroxide 5.4 มิลลิลิตร และ Potassium dihydrogen phosphate 0.25 มิลลิลิตร ปรับความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างเป็น 7 และปรับปริมาตรเป็น 15 มิลลิลิตร ด้วย HPLC water จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อ นาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงดูดส่วนใส (Supernatant) 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดขนาด 2 มิลลิลิตร และนำไปแช่แข็งที่ -80 องศาเซลเซียส ก่อนการนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารไรโบนิวคลีโอไทด์ คือ อิโนซีน โมโนฟอสเฟต, กัวโนซีน โมโนฟอสเฟต (Guanosine monophosphate; GMP), อิโน

จีน และไฮโปแซนทีน เมื่อต้องการวิเคราะห์นำตัวอย่างแช่แข็งมาละลายและนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ที่ 4 องศาเซลเซียส (Scanspeed 1580R, Labogene, Denmark) เพื่อวิเคราะห์ Supernatants ด้วย HPLC (Chromaster, Hitachi, Tokyo, Japan) ด้วยเครื่องตรวจจับ UV (UV detector)

3.5.6.1 Stationary phase: TSK Gel Amide -80 column (Tosoh, Tokyo, Japan)

Eution phase: Acetonitrile:Potassium dihydrogen phosphate (70:30)

3.5.6.2 สารมาตรฐานภายนอกถูกใช้ในการคำนวณปริมาณสารไรโบนิวคลีโอไทด์จากกราฟมาตรฐาน (57510 inosine-5-monophosphate disodium salt hydrate, 14, 125 inosine, H9377 hypoxanthine, และ G8377 guanosine-5-monophosphate disodium salt hydrate, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)

3.5.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.5.7.1 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี การวิเคราะห์ปริมาณคอแลเจน และวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันของเนื้อโคนมเพศผู้ตอนที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งพลังงานแตกต่างกัน 3 แหล่ง ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี General Linear Model (GLM) ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS Version 21 มีแบบหุนทางสถิติในการวิเคราะห์ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_j$$

Y_{ij} คือ ค่าลักษณะคุณภาพเนื้อที่ศึกษา

μ คือ ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีอิทธิพลของอาหารมาเกี่ยวข้อง

α_i คือ อิทธิพลของอาหารที่มีแหล่งพลังงานแตกต่างกัน 3 แหล่ง ($i=1, 2, 3$)

ϵ_j คือ ความคลาดเคลื่อนของงานทดลอง

3.5.7.2 วิเคราะห์ค่าสีของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียระหว่างการทำละลาย เปอร์เซ็นต์การสูญเสียระหว่างการปรุงสุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ค่าเนื้อสัมผัส และวิเคราะห์ปริมาณสารไรโบนิวคลีโอไทด์ของเนื้อโคนมเพศผู้ตอนที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งพลังงานแตกต่างกัน 3 แหล่ง และมีระยะเวลาในการบ่มที่แตกต่างกัน 2 ช่วงเวลา (14 และ 21 วันหลังสตัว์ตาย) โดยมีแบบหุนทางสถิติในการวิเคราะห์ ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{jk}$$

Y_{ijk} คือ ค่าลักษณะคุณภาพเนื้อที่ศึกษา

μ คือ ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีอิทธิพลอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง

α_i คือ อิทธิพลของอาหารที่มีแหล่งพลังงานแตกต่างกัน 3 แหล่ง ($i=1, 2, 3$)

β_j คือ อิทธิพลของระยะเวลาในการบ่มที่แตกต่างกัน 2 ช่วงเวลา ($j=1, 2$)

$\alpha\beta_{ij}$ คือ อิทธิพลร่วมของแหล่งพลังงานที่ i และระยะเวลาในการบ่ม j

ϵ_{jk} คือ ความคลาดเคลื่อนของงานทดลอง

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาคุณภาพของเนื้อทางกายภาพ

จากการศึกษาไม่พบอิทธิพลร่วม ($P>0.05$) ระหว่างแหล่งพลังงานที่แตกต่างกันในอาหารชั้น และระยะเวลาในการบ่มต่อความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ค่าสีของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการทำละลาย เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และค่าน้ำเนื้อสัมผัส

แหล่งพลังงานที่แตกต่างกันในอาหารชั้นต่อคุณภาพเนื้อ โคนมเพศผู้ตอน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ค่าสีของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการทำละลาย เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และค่าน้ำเนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จะเห็นได้ว่าเนื้อ โคนมกลุ่มที่เลี้ยงด้วยแป้งจากลำต้นสับประรด มีการสูญเสียน้ำระหว่างการทำละลาย และการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุกสูงที่สุด (3.93 และ 21.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) รองลงมาคือกลุ่มที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังบด (3.48 และ 21.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดบด (3.30 และ 19.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ค่าแรงตัดผ่านเนื้อในเนื้อ โคนมกลุ่มที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดบดมีค่าสูงที่สุด คือ 6.14 กิโลกรัม ส่วนเนื้อ โคนมกลุ่มที่เลี้ยงด้วยแป้งจากลำต้นสับประรดมีค่าแรงตัดผ่านของเนื้อต่ำที่สุด คือ 5.44 กิโลกรัม (ตารางที่ 4.1) ในทำนองเดียวกัน Hattakum et al. (2019) รายงานว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแหล่งอาหารหยาบ 3 แหล่งที่แตกต่างกัน (หญ้าเนเปียร์หมัก ข้าวโพดหมัก และผลพลอยได้จากสับประรดหมัก) ในอาหารผสมครบส่วน (TMR) ต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ค่าสีของเนื้อ การสูญเสียน้ำระหว่างการทำละลาย การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ เช่นเดียวกับ Pintadis et al. (2020) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของระดับอาหารชั้น คือ 4 5 6 และ 7 กิโลกรัม/ตัว/วัน ที่มีลำต้นสับประรดเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อคุณภาพเนื้อ โคนมเพศผู้ตอน พบว่า ระดับอาหารชั้นไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ค่าสีของเนื้อ การสูญเสียน้ำระหว่างการทำละลาย การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ แต่พบว่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระดับของอาหารชั้นเพิ่มขึ้น Bunmee et al. (2012) รายงานว่า โคนมเพศเมียคัดทิ้งที่ได้รับอาหารที่ต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับข้าวโพดหมัก กลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานสูง (มันสำปะหลัง + ข้าวโพดหมัก) และกลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำ (รำข้าว + ข้าวโพดหมัก) ไม่มีความแตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติของค่าสีของเนื้อ ค่าเนื้อสัมผัส การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำระหว่างการทำละลาย และการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อในโคนมกลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานสูงมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่น

จากการศึกษาระยะเวลาในการบ่มเนื้อที่ต่างกันต่อคุณภาพเนื้อ โคนมเพศผู้ตอน พบว่า ค่าสีของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และค่าเนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในเนื้อ โคนมกลุ่มที่บ่ม 14 วัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการทำละลายอยู่ที่ 3.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเนื้อ โคนมกลุ่มที่บ่ม 21 วัน อยู่ที่ 4.06 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Hollyway and Wu (2019) กล่าวว่า การสูญเสียน้ำจากการทำละลายที่เพิ่มขึ้น อาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของโปรตีน การสลายตัวของโปรตีนระหว่างการบ่ม และการออกซิเดชันของโปรตีน เช่นเดียวกับ Kim et al. (2018) กล่าวว่า ในระหว่างการบ่ม และหลังจากการแช่แข็งหรือทำละลาย อาจเกิดจากการเสื่อมสลายของโปรตีน ทำให้ช่องว่างขยายใหญ่ขึ้น จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากขึ้น

จากการศึกษานี้พบว่าระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โคนมต่ำลง (ตารางที่ 4.1) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Franco et al. (2009) ที่พบว่า ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อที่ระยะเวลาในการบ่มที่ 17 และ 14 วัน มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ 10.61 8.07 และ 5.87 กิโลกรัมตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่งในอาหารชั้น ต่อคุณภาพเนื้อทางกายภาพ
ในเนื้อ โคนมเพศผู้ตอน

	แหล่งพลังงานที่			ระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน		P-value		
	ต่างกัน ¹ (T)			(A)		T	A	T x A
	CO	CA	PI	14 D	21 D			
pH	5.52±0.03	5.47±0.06	5.52±0.03	-	-	0.635	-	-
Colour								
L*	35.32±0.62	36.51±0.67	36.41±0.62	35.67±0.52	36.50±0.52	0.347	0.268	0.933
a*	14.46±0.48	15.29±0.52	14.78±0.48	14.96±0.40	14.73±0.40	0.509	0.677	0.340
b*	41.36±0.86	42.13±0.93	42.24±0.86	41.44±0.72	42.39±0.72	0.739	0.358	0.641
Thawing loss (%)	3.30±0.33	3.48±0.34	3.93±0.36	3.08±0.29 ^b	4.06±0.27 ^a	0.430	0.019	0.777
Cooking loss (%)	19.24±1.13	21.01±1.22	21.73±1.13	19.60±0.95	21.72±0.95	0.287	0.121	0.712
Shear force (Kg)	6.14±0.40	5.49±0.43	5.44±0.40	5.74±0.34	5.63±0.34	0.405	0.823	0.984
Texture Profile								
Hardness (N)	40.57±6.09	42.74±6.58	48.85±6.09	40.92±5.11	47.19±5.11	0.615	0.392	0.890
Springness (mm x 10)	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	0.473	0.695	0.636
Gumminess (N)	24.29±3.67	23.95±3.64	26.38±3.67	23.00±2.83	26.76±2.83	0.863	0.351	0.931
Chewiness (J)	23.48±3.33	23.94±3.60	25.95±3.33	22.27±2.80	26.65±2.80	0.858	0.275	0.945
Cohesiveness	0.57±0.02	0.59±0.02	0.55±0.02	0.57±0.01	0.57±0.01	0.206	0.880	0.980

¹ CO = เมล็ดข้าวโพดบด; CA = มันสำปะหลังบด; PI = แป้งจากลำต้นสับประรด.

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

4.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

แหล่งพลังงานในอาหารชั้นไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนในเนื้อโคนม ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 23.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นของเนื้อโคนมที่ได้อาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 66.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของเถ้าของเนื้อโคนมกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแป้งจากลำต้นสับประรดเป็นแหล่งพลังงาน มีค่าสูงกว่าเนื้อโคนมกลุ่มที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดอบและเนื้อโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่า 1.24 เปอร์เซ็นต์ 0.94 เปอร์เซ็นต์ และ 0.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณไขมันของเนื้อโคนมที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 10.35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันของเนื้อโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยแป้งจากลำต้นสับประรด และเนื้อโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดอบ มีค่าต่ำกว่าเนื้อโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังอบเล็กน้อย (ตารางที่ 4.2) Salami et al. (2021) รายงานว่า โคเพศผู้ตอนที่เลี้ยงด้วยอาหารชั้นที่มีอาหารเสริมที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ กลุ่มที่ได้รับข้าวบาร์เลย์/การถั่วเหลือง กลุ่มที่ได้รับ Corn distillers' grains with solubles (CDGS) และกลุ่มที่ได้รับ Wheat distillers' grains with solubles (WDGS) โดยกลุ่มที่ได้รับ CDGS มีปริมาณโปรตีนในเนื้อสูง แต่มีปริมาณเถ้าในเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับบาร์เลย์/การถั่วเหลือง หรือ WDGS ในขณะที่ปริมาณไขมัน และปริมาณความชื้นไม่ได้รับผลกระทบ นอกจากนี้ Pintadis et al. (2020) รายงานว่าระดับของอาหารชั้นที่แตกต่างกัน คือ 4 5 6 และ 7 กิโลกรัม/ตัว/วัน ที่มีลำต้นสับประรดเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อคุณภาพเนื้อโคนมเพศผู้ตอน ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น และปริมาณไขมัน เช่นเดียวกับ Hattakum et al. (2019) รายงานว่าโคลูกผสมสายพันธุ์ไฮลสไคน์ฟรีเซียนเพศผู้ตอน มีระยะเวลาในการขุน 180 วัน เลี้ยงด้วยอาหารผสมครบส่วน (TMR) ที่มีแหล่งอาหารหยาบแตกต่างกัน 3 แหล่ง คือ หญ้าเนเปียร์หมัก ข้าวโพดหมัก และลำต้นสับประรดหมัก พบว่าแหล่งอาหารที่แตกต่างกันไม่มีผลกระทบต่อปริมาณความชื้น และปริมาณไขมัน ในการศึกษาครั้งนี้ ปริมาณไขมันอยู่ระหว่าง 9.74 ถึง 11.49 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นอยู่ระหว่าง 65.72 ถึง 66.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในช่วงของ Hattakum et al (2019) แต่ยังมีค่าปริมาณไขมันสูงกว่าของ Pintadis et al. (2020) ที่พบว่าโคสายพันธุ์ไฮลสไคน์ฟรีเซียนเพศผู้ตอน ที่มีระยะเวลาในการขุน 210 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารชั้นที่ต่างกัน คือ 4 5 6 และ 7 กิโลกรัม/ตัว/วัน และมีลำต้นสับประรดเป็นแหล่งอาหารหยาบ มีไขมันอยู่ในช่วง 4.99 ถึง 6.43 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นเพราะความผันแปรของอาหารสัตว์ และระยะเวลาในการขุน

ตารางที่ 4.2 ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่งในอาหารชั้น ต่อบรรจุประกอบทางเคมี
ในเนื้อสันนอกของโคนมเพศผู้ตอน

องค์ประกอบทางเคมี	แหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน ¹			P-value
	CO	CA	PI	
Protein (%)	23.31±1.70	23.34±1.59	23.83±1.44	0.789
Moisture (%)	65.75±1.93	65.72±1.80	66.85±2.32	0.522
Ash (%)	0.94 ^b ±0.22	0.91 ^b ±0.21	1.24 ^a ±0.28	0.039
fat (%)	9.74±1.46	11.49±2.35	9.82±2.94	0.344

¹ CO = เมล็ดข้าวโพดบด; CA = มันสำปะหลังบด; PI = แป้งจากลำต้นสับประด.

^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกัน ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากอิทธิพลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกันในอาหารชั้น (P<0.05)

4.3 ผลการศึกษาปริมาณคอลลาเจน

ความนุ่มของเนื้อนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิด โครงสร้าง และปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่น คอลลาเจนและอีลาสติน โดยคอลลาเจนเป็นโปรตีนจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีผลต่อความนุ่ม อีกทั้งปริมาณคอลลาเจนหรือความสามารถในการละลายด้วยความร้อนยังสามารถส่งผลต่อความเหนียวของเนื้อสัตว์ได้ (Purslow, 2005 ; Lepetit, 2008)

การศึกษาปริมาณคอลลาเจนในเนื้อสันนอกของโคนมเพศผู้ตอนที่ได้รับแหล่งพลังงานในอาหารชั้นที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทั้งต่อปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลาย ปริมาณคอลลาเจนรวม และเปอร์เซ็นต์คอลลาเจนที่ละลายได้ อย่างไรก็ตามเนื้อโคนมกลุ่มที่ได้รับมันสำปะหลังบด มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลาย และปริมาณคอลลาเจนรวมสูงกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ที่ 0.57 4.15 และ 4.72 มิลลิกรัม/กรัมตามลำดับ ส่วนโคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวโพดบดมีเปอร์เซ็นต์คอลลาเจนที่ละลายได้สูงกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ที่ 13.82 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.3) Bunmee et al. (2012) รายงานว่า โคคัดทิ้งที่เลี้ยงด้วยข้าวโพดหมัก อาหารพลังงานสูง (มันสำปะหลัง + ข้าวโพดหมัก) และอาหารพลังงานต่ำ (รำข้าว + ข้าวโพดหมัก) ไม่มีผลต่อปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลาย และปริมาณคอลลาเจนรวม Cox et al. (2006) รายงานว่า โคลูกผสมเพศผู้ตอนทีเลี้ยงด้วยอาหารหยาบ และอาหารธัญพืช

มีเปอร์เซ็นต์คอลลาเจนที่ละลายได้มีค่าใกล้เคียงกันในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบ และกลุ่มที่เลี้ยงด้วย รัญพืช อย่างไรก็ตาม Archile-Contreras et al. (2010) พบว่าเนื้อโคสายพันธุ์เฮียร์ฟอร์ด และแองกัสตอน ที่มีการจัดการการให้อาหารที่ต่างกัน 3 แบบ คือ เลี้ยงด้วยอาหารรัญพืช เลี้ยงบนทุ่งอัลฟาฟา (Alfalfa pasture) และเลี้ยงบนทุ่งหญ้า (Grass pasture) กลุ่มที่เลี้ยงด้วยรัญพืชมีปริมาณคอลลาเจนรวมต่ำกว่าใน เนื้อโคที่เลี้ยงในทุ่งหญ้า และทุ่งอัลฟาฟา และได้ธิบายว่าในเนื้อโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยรัญพืชมีการสะสม Myofibrillar protein มากขึ้น ทำให้ปริมาณคอลลาเจนเจือจางลง อย่างไรก็ตามไม่พบผลกระทบที่มี นัยสำคัญของอาหารต่อการละลายได้ของคอลลาเจน

ตารางที่ 4.3 ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่งในอาหารชั้น ต่อปริมาณคอลลาเจน ในกล้ามเนื้อสันนอกโคนมเพศผู้ตอน

Parameter	แหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน ¹			P-value
	CO	CA	PI	
Collagen content (mg/g wet weight)				
Soluble collagen	0.55±0.11	0.57±0.03	0.54±0.13	0.871
Insoluble collagen	3.45±0.56	4.15±0.16	3.98±0.98	0.209
Total collagen	3.45±0.62	4.72±0.16	4.52±1.09	0.265
Collagen solubility (%)	13.82±2.27	12.16±0.86	11.99±1.44	0.125

¹ CO = เมล็ดข้าวโพดบด; CA = มันสำปะหลังบด; PI = แป้งจากลำต้นสับปะรด.

4.4 องค์ประกอบของกรดไขมัน

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่งในอาหารชั้นต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโคนมเพศผู้ตอน พบว่า ปริมาณของกรดโอเลอิก และกรดอิฐชิกมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับเมล็ดข้าวโพดบดมีกรดโอเลอิกสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ได้รับมันสำปะหลังบด และกลุ่มที่รับแป้งจากลำต้นสับประดามีค่าต่ำที่สุด (43.70 42.36 และ 40.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ในขณะที่ Khongpradit et al. (2022) รายงานว่า โคนมเพศผู้ตอนที่เกี่ยวข้องด้วยแหล่งพลังงานในอาหารชั้นที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง คือ ข้าวโพดบด มันสำปะหลังบด และแป้งจากลำต้นสับประด ไม่พบความแตกต่างทางสถิติขององค์ประกอบของกรดไขมัน ในเนื้อโคนมที่เกี่ยวข้องด้วยแหล่งพลังงานที่ต่างกัน Hall et al. (2016) รายงานว่า ในโคที่ได้รับอาหารประเภทธัญพืชมีแนวโน้มที่กรดโอเลอิกสูงกว่าโคที่รับหญ้าเป็นหลัก โดย Kris-Etherton and Innis (2007) กล่าวว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่หนึ่งตำแหน่ง (Monounsaturated fatty acids; MUFA) กรดปาล์มมิโตเลอิก และกรดโอเลอิก เป็นกรดไขมันที่ดีต่อร่างกาย เมื่อรับประทานเข้าไปจะช่วยลดคอเลสเตอรอลรวม (Total cholesterol) และคอเลสเตอรอลชนิดไม่ดี (Low density lipoprotein; LDL) ในมนุษย์ โดยจะทำหน้าที่เป็นตัวนำพาไขมันคอเลสเตอรอลไปใช้ยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย แต่ถ้ามีระดับที่สูงเกินไปจะเข้าไปสะสมที่ผนังหลอดเลือด ทำให้เกิดหลอดเลือดตีบและแข็ง (วิทวัส แนววงศ์, 2564) และจากการศึกษานี้ยังพบว่ากรดอิฐชิกกลุ่มที่ได้รับแป้งจากลำต้นสับประดามีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ได้รับมันสำปะหลังบด และกลุ่มที่ได้รับข้าวโพดบด โดยมีค่า 0.74 0.47 และ 0.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในเนื้อโคกลุ่มที่เกี่ยวข้องด้วยเมล็ดข้าวโพดบดมีกรดโอเลอิกสูงที่สุด (43.70 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งกรดโอเลอิกจัดเป็นไขมันไม่อิ่มตัว เป็นไขมันที่ดีต่อสุขภาพ สามารถช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ และมีแนวโน้มที่จะช่วยลดไขมันในเลือด (กัญญ์ณิณานู มีชั้นช่วง, ม.ป.ป.) แต่มีกรดอิฐชิกต่ำที่สุด (0.45 เปอร์เซ็นต์) ตรงกันข้ามกับเนื้อโคกลุ่มที่เกี่ยวข้องด้วยแป้งจากลำต้นสับประดามีกรดโอเลอิกต่ำที่สุด (40.65 เปอร์เซ็นต์) แต่มีกรดอิฐชิกสูงที่สุด (0.74 เปอร์เซ็นต์) โดยกรดอิฐชิกเป็นกรดไขมันชนิดโอเมก้า 9 ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยโอเมก้า 9 ไม่ถือว่าเป็นกรดไขมันที่จำเป็น เนื่องจากร่างกายสามารถสร้างกรดไขมันชนิดนี้ได้จากโอเมก้า 3 หรือ โอเมก้า 6 แต่ถ้าในกรณีที่ร่างกายขาดโอเมก้า 3 และ 6 กรดไขมันโอเมก้า 9 จะกลายเป็นกรดไขมันที่จำเป็นทันที (บริษัท ออร์แกนิก โฟกัส จำกัด, ม.ป.ป.) และผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ต่อปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่หนึ่งตำแหน่ง กรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่สองตำแหน่งขึ้นไป และ Desirable fatty acid (DFA) ในเนื้อ

Stearoyl coenzyme A desaturase (SCD; $\Delta 9$ -desaturase) เป็นเอนไซม์ที่ทำให้กรดไขมันอิ่มตัว เปลี่ยนเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว กระตุ้นในสายกรดไขมันเพื่อเปลี่ยนกรดไขมันอิ่มตัวที่มีคาร์บอน 16 หรือ 18 อะตอม ให้เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่หนึ่งตำแหน่ง (Park, 2018) นอกจากนี้ Smith and Johnson (2016) ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ของอาหารที่มีธัญพืชเป็นส่วนประกอบหลัก และการเพิ่มไขมันในกล้ามเนื้อด้วยการควบคุมของ SCD ซึ่งมีส่วนทำให้กรดสเตียริกเปลี่ยนเป็นกรดโอเลอิก ซึ่งส่งผลให้สัดส่วนของกรดสเตียริกลดลง และพบว่าอาหารที่มีธัญพืชเป็นส่วนประกอบหลักมีความสำคัญต่อการสร้าง หรือพัฒนาไขมันแทรก อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความชุ่มฉ่ำของเนื้อเนื่องจากการสร้างกรดโอเลอิก ในไขมันแทรก

อาหารสัตว์เป็นอีกปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความแตกต่างขององค์ประกอบของซาก และเนื้อเยื่อ ตลอดจนคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อ ปริมาณอาหารชั้นจะส่งผลต่อปริมาณ และคุณภาพของไขมันในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์ เช่น เนื้อสัตว์ นม เป็นต้น อีกทั้งการให้อาหารประเภทธัญพืชเป็นอีกวิธีหนึ่งในการปรับปรุงพลังงานสุทธิ เนื่องจากเมล็ดธัญพืชอุดมไปด้วยพลังงานที่สามารถนำมาใช้สร้างกรดไขมันระเหยง่าย และกลูโคสในกระเพาะรูเมน และที่ลำไส้เล็ก การสะสมไขมันแทรกในเนื้อมักจะใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนในการสังเคราะห์ไขมัน ในขณะที่ไขมันใต้ผิวหนังมักใช้อะซิเตท โดยกลูโคสนั้นจะมาจากกรดไขมันระเหยได้อย่างโพรพิโอเนท เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งถูกผลิตขึ้น โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ดังนั้นการให้อาหารชั้นหรืออาหารที่มีพลังงานสูงจึงมีส่วนในการเพิ่มการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อ (Smith et al. 2014 ; Martins et al. 2018 ; Chaosap et al. 2021)

ตารางที่ 4.4 ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่งในอาหารชั้น ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโคมนมเพศผู้ตอน

Fatty acid composition (%)		แหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน ¹			P-value
		CO	CA	PI	
Lauric acid	C12:0	0.18±0.43	0.19±0.47	0.17±0.57	0.776
Myristic acid	C14:0	4.37±0.35	4.84±0.27	4.83±0.65	0.133
Myristoleic acid	C14:1	1.55±0.40	1.81±0.61	1.54±0.30	0.501
Pentadecylic acid	C15:0	0.25±0.04	0.25±0.10	0.24±0.10	0.961
Palmitic acid	C16:0	27.81±1.81	27.90±1.47	29.59±1.38	0.092
Palmitoleic acid	C16:1	6.28±1.01	6.23±0.76	6.10±0.61	0.917
Margaric acid	C17:0	0.57±0.48	0.55±0.45	0.60±0.11	0.477
Heptadecenoic acid	C17:1	0.55±0.13	0.51±0.05	0.56±0.14	0.657
Stearic acid	C18:0	10.93±1.27	11.39±1.57	10.68±1.33	0.650
Oleic acid	C18:1n9c	43.70 ^a ±1.95	42.36 ^{ab} ±1.13	40.65 ^b ±2.34	0.027
Linoleic acid	C18:2n6c	1.15±0.21	1.10±0.21	1.18±0.29	0.821
α-Linolenic acid	C18:3n3	0.23±0.06	0.23±0.10	0.18±0.04	0.383
Heneicosylic acid	C21:0	0.24±0.10	0.23±0.11	0.19±0.08	0.580
Erucic acid	C22:1n9	0.45 ^b ±0.09	0.47 ^b ±0.16	0.74 ^a ±0.27	0.021
Arachidonic acid	C20:4n6	0.15±0.08	0.18±0.08	0.19±0.05	0.659
Lignocoric acid	C24:0	0.11±0.05	0.13±0.12	0.17±0.08	0.413
Nervonic acid	C24:1	1.49±0.57	1.64±0.77	2.40±1.05	0.116

¹ CO = เมล็ดข้าวโพดบด; CA = มันสำปะหลังบด; PI = แป้งจากลำต้นสับประด.

^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกัน ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากอิทธิพลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกันในอาหารชั้น (P<0.05)

**ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน 3 แหล่งในอาหารชั้น ต่อดังต่อไปนี้ประกอบ
ของกรดไขมันในเนื้อโคมนมเพศผู้ตอน**

Fatty acid composition (%)		แหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน ¹			P-value
		CO	CA	PI	
Saturated fatty acid ²	SFA	44.45±1.73	45.49±2.42	46.45±1.82	0.200
Monounsaturated fatty acids ³	MUFA	54.02±1.80	53.01±2.45	51.99±1.82	0.202
Polyunsaturated fatty acids ⁴	PUFA	1.53±0.25	1.51±0.26	1.55±0.30	0.956
Unsaturated fatty acid ⁵	UFA	55.55±1.73	54.51±2.41	53.55±1.85	0.200
P:S	P:S	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01	0.925
Omega 3	w3	0.23±0.06	0.23±0.10	0.18±0.04	0.383
Omega 6	w6	1.30±0.25	1.27±0.26	1.37±0.29	0.814
Omega 6 : Omega 3	w6:w3	6.14±1.93	6.48±3.01	7.76±2.33	0.442
Desirable fatty acid ⁶	DFA	66.48±1.95	65.91±1.54	64.22±1.72	0.072

¹ CO = เมล็ดข้าวโพดบด; CA = มันสำปะหลังบด; PI = แป้งจากลำต้นสับประด.

² Saturated fatty acid = C12:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0

³ Monounsaturated fatty acids = C14:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1n9c

⁴ Polyunsaturated fatty acids = C18:2n6c + C20:4n6

⁵ Unsaturated fatty acid = Monounsaturated fatty acids + Polyunsaturated fatty acids

⁶ Desirable fatty acid = Monounsaturated fatty acids + Polyunsaturated fatty acids + C18:0

^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกัน ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากอิทธิพลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกันในอาหารชั้น (P<0.05)

4.5 ผลการศึกษาปริมาณสารไรโบนิวคลีโอไทด์

จากการศึกษาไม่พบอิทธิพลร่วม ($P>0.05$) ระหว่างแหล่งพลังงานที่แตกต่างกันในอาหารชั้น และระยะเวลาในการบ่มต่อปริมาณสารไรโบนิวคลีโอไทด์

ผลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกันในอาหารชั้นต่อปริมาณสารไรโบนิวคลีโอไทด์ในเนื้อโคนมเพศผู้ตอน (ตารางที่ 4.5) พบว่า ปริมาณไฮโปแซนทีน, อีโนซีน และกัวโนซีน โมโนฟอสเฟต ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ปริมาณอีโนซีน โมโนฟอสเฟต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเนื้อโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยแป้งจากลำต้นสับประดามีปริมาณอีโนซีน โมโนฟอสเฟตสูงที่สุด คือ 107.21 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมาคือเนื้อโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดบดมีค่า 71.82 มิลลิกรัม/100 กรัม และเนื้อโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังบดมีค่าต่ำที่สุด คือ 55.42 มิลลิกรัม/100 กรัม

ผลของระยะเวลาในการบ่มที่ต่างกันต่อปริมาณสารไรโบนิวคลีโอไทด์ในเนื้อโคนมเพศผู้ตอน พบว่า ระยะเวลาในการบ่มไม่มีผลต่อปริมาณอีโนซีน ($P>0.05$) การบ่มเนื้อโคนมเพศผู้ตอน 14 วัน มีปริมาณไฮโปแซนทีน ต่ำกว่า การบ่มเนื้อโคนมเพศผู้ตอน ที่ 21 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (27.13 และ 34.80 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ) ปริมาณอีโนซีน โมโนฟอสเฟต ในเนื้อโคนมเพศผู้ตอนที่บ่ม 14 วัน มีค่าสูงกว่า เนื้อโคนมเพศผู้ตอนที่บ่ม 21 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (107.44 และ 48.86 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ) ระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณกัวโนซีน โมโนฟอสเฟต ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือ ปริมาณกัวโนซีน โมโนฟอสเฟต ในเนื้อโคนมเพศผู้ตอนบ่มที่ 14 วัน มีค่าเท่ากับ 3.47 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนการบ่มที่ 21 วัน มีค่าเท่ากับ 2.33 มิลลิกรัม/100 กรัม (ตารางที่ 4.5) ซึ่งสอดคล้องกับ Muroya et al. (2019) ที่รายงานว่า เมื่อระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณกัวโนซีน โมโนฟอสเฟต และอีโนซีน โมโนฟอสเฟตลดลง ส่วนปริมาณไฮโปแซนทีนเพิ่มขึ้น โดยปริมาณอีโนซีน โมโนฟอสเฟตในกลุ่มที่ได้รับแป้งจากลำต้นสับประดามีเปอร์เซ็นต์แป้งเป็นองค์สูงกว่ากลุ่มอื่นๆส่งผลให้มีกลูโคสมาก โดยกลูโคสเป็นสารตั้งต้นของอะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต ที่จะสลายตัวเป็นอีโนซีน โมโนฟอสเฟต (Chaosap et al., 2021)

ระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อีโนซีน โมโนฟอสเฟตสลายตัวไปเป็นอีโนซีน และไฮโปแซนทีนมากขึ้น ซึ่งจะให้รสขม อีกทั้งเมื่ออีโนซีน โมโนฟอสเฟตสลายตัวจะได้ผลผลิต คือ ไฮโปแซนทีน เมื่อไฮโปแซนทีนมารวมตัวกับกรดอะมิโนบางชนิด อาจจะทำให้เกิดกลิ่นรสขม (สุวรรณกมล น้อยศักดิ์, 2562)

ตารางที่ 4.5 ผลของแหล่งพลังงานในอาหารชั้น และระยะเวลาในการบ่มที่แตกต่างกัน
ต่อปริมาณสารไรโบนิวคลีโอไทด์ในเนื้อโคนมเพศผู้ตอน

Traits (mg/100g) ²	แหล่งพลังงาน (T) ¹			ระยะเวลาในการบ่ม (A)		P-value		
	CO	CA	PI	14 Days	21 Days	T	A	T x A
Hypo	31.76±2.62	33.52±2.83	27.61±2.62	27.13 ^d ±2.20	34.80 ^c ±2.20	0.294	0.019	0.507
Inosine	39.18±3.24	36.43±3.50	38.06±3.24	40.31±2.72	35.47±2.72	0.847	0.216	0.900
IMP	71.82 ^b ±9.41	55.42 ^b ±10.16	107.21 ^a ±9.41	107.44 ^c ±7.89	48.86 ^d ±7.89	0.002	0.000	0.629
GMP	2.50±0.45	3.10±0.48	3.11±0.45	3.47 ^c ±0.37	2.33 ^d ±0.37	0.552	0.039	0.079

¹ CO = เมล็ดข้าวโพดบด; CA = มันสำปะหลังบด; PI = แป้งจากลำต้นสับประด.

² Hypo = Hypoxanthine; IMP = Inosine monophosphate; GMP = Guanosine monophosphate

^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากอิทธิพลของแหล่งพลังงานที่แตกต่างกันในอาหารชั้น (P<0.01)

^{c,d} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากอิทธิพลของระยะเวลาในการบ่มเนื้อ (P<0.05)

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1. ผลของแหล่งพลังงานในอาหารชั้นที่แตกต่างกัน

ปริมาณเก่า กรดอิรูซิก และอินซูลิน โมโนฟอสเฟตของเนื้อ ไก่เนื้อผู้ตอนกลุ่มที่เลี้ยงด้วยแป้ง จาลำต้นสับปะรดมีค่าสูงที่สุด ($P<0.05$) และเนื้อ ไก่เนื้อผู้ตอนกลุ่มที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดบดมีกรดโอเลอิกสูงที่สุด ($P<0.05$)

5.1.2. ผลของระยะเวลาในการบ่มเนื้อที่ต่างกัน

การบ่มที่เพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการทำละลาย และปริมาณ ไฮโปแซนทินเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ส่วนปริมาณอินซูลิน โมโนฟอสเฟต และกัวโนซีนโมโนฟอสเฟตลดลง ($P<0.05$)

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ช่วยปรับปรุงคุณภาพของเนื้อ และการใช้แป้งจาลำต้นสับปะรดไม่ได้ช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อให้แตกต่างจากการใช้เมล็ดข้าวโพดบด หรือ มันสำปะหลังบดมากนัก แต่การใช้แป้งจาลำต้นสับปะรดเป็นแหล่งพลังงานในอาหารชั้นไม่ได้ส่งผลเสียต่อคุณภาพเนื้อ มีปริมาณอินซูลิน โมโนฟอสเฟตสูง อีกทั้งสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงโค อาจเนื่องจากแป้งจาลำต้นสับปะรดเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตร

5.2 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าระยะเวลาในการบ่มที่ 14 วันเพียงพอต่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อ ไก่เนื้อผู้ตอนแล้ว เนื่องจากระยะเวลาในการบ่มที่มากกว่านี้ไม่ได้ช่วยปรับปรุงคุณภาพของเนื้อให้ดีกว่าที่ 14 วัน และการใช้แป้งจาลำต้นสับปะรดช่วยเพิ่มปริมาณอินซูลิน โมโนฟอสเฟตซึ่งเป็นรสชาติอูมามิ แต่รสชาติหรือความอร่อยของเนื้อไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยของรสชาติอูมามิ แต่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ

จากงานวิจัยของ Khongpradit et al. (2022) รายงานว่า การใช้แป้งจาลำต้นสับปะรดเป็นแหล่งพลังงานในอาหารชั้น ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และมีการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่า อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงโค เนื่องจากแป้งจาลำต้นสับปะรดเป็นผลพลอยได้ทาง

การเกษตร มีราคาถูก ซึ่งสามารถช่วยลดรายจ่ายของเกษตรกรในเรื่องต้นทุนค่าอาหารในการผลิตเนื้อโคขุนได้ ที่ได้รายงานว่า โกลุ่มที่เลี้ยงด้วยแป้งจากลำต้นสับประดามีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด และให้กำไรสูงสุด เท่ากับ 16,117 และ 13,835 บาท ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังบด ที่มีต้นทุนค่าอาหารเท่ากับ 18,734 และมีกำไรเท่ากับ 10,649 บาท และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยข้าวโพดบดมีต้นทุนค่าอาหารเท่ากับ 19,811 และมีกำไรเท่ากับ 8,327 บาท ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กัญฐิณีนาฏ มีชั้นช่วง. ม.ป.ป. ใจมันดีที่เป็นมิตรกับสุขภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://www.fsh.mi.th/km/wp-content/uploads/2014/06/140626_01.pdf.
- กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2564. สินค้าสับประรดและผลิตภัณฑ์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<https://api.dtn.go.th/files/v3/60fa587cef41404be4216b7f/download>.
- กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย.
 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คลังน่านาวิทยา.
- กรมปศุสัตว์. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและ
 สหกรณ์ รหัส ISBN 974-682-167-9.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2561. ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ เรื่องข้าวโพด(Corn).
 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://siweb1.dss.go.th/repack/fulltext/IR47.pdf>.
- กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. 2560. ข้อมูล
 เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และโคนม รายเขตปศุสัตว์ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560. [ออนไลน์].
 เข้าถึงได้จาก : http://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/yearly/2560/T3-1.pdf.
- กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. 2561. ข้อมูล
 เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และโคนมรายจังหวัด ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561. [ออนไลน์]. เข้าถึง
 ได้จาก : http://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/yearly/2561/land/T3-1.pdf.
- กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. 2562. ข้อมูล
 เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และโคนมรายจังหวัด ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562. [ออนไลน์]. เข้าถึง
 ได้จาก : http://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/yearly/2562/country/3--milk.pdf.
- กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. 2563. ข้อมูล
 เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และโคนมรายจังหวัด ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563. [ออนไลน์]. เข้าถึง
 ได้จาก : <http://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/report/regislives/2020/country/3--milk.pdf>.

- กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคนม สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. 2564. โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟริเซียน (Holstein Friesian). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://breeding.dld.go.th/dairy/index.php/article/35-dairy-article/186-hf>.
- คงปฐม กาญจนเสริม, ภูมพงศ์ บุญแสน, อัญชลี คงประดิษฐ์, ชนณภัส หัตถกรรม และสุริยะ สะวานนท์. 2562. “ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อ โคนมเพศผู้และโคกำแพงแสนเพศผู้ขุน.” วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 37(2) : 313-323.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. เอกสารประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ชั้นสูง. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2541. วัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับโคเนื้อ - โคนม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://nutrition.dld.go.th/Nutrition_Knowledge/article2541/a2541_32.pdf.
- จินดา สนิทวงศ์ฯ และปรัชญา ปรัชญลักษณ์. 2542. การใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกเสริมอาหารหยาบสำหรับโครีดนมในฟาร์มเกษตรรายย่อย. รายงานผลงานวิจัยประจำปี2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รหัส 014-06-42 : 133-142.
- จันทร์พร เจ้าทรัพย์. 2554. เทคโนโลยีการฆ่าสัตว์. กรุงเทพฯ : โครงการตำราคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เจริญชัย เหลืองอ่อน. 2553. “การวัดสีด้วยเทคนิค UV-VIS-NIR SPECTROPHOTOMETRY.” วารสาร เทคโนโลยีวัสดุ. 59 : 8-13.
- ชัยณรงค์ กันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพมหานคร : วัฒนาพานิช.
- ณิชา สิรินนท์ธนา, จารุพันธ์ ประทุมยศ และจันทร์จรัส วัฒนะโชต. 2557. ศักยภาพของจุลินทรีย์ทะเล: แหล่งกรดไขมันชนิดจำเป็น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://dspace.lib.buu.ac.th/xmlui/handle/1234567890/1920?show=full>.
- นิราวรรณ กุณัน. 2560. อาหารและการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://portal5.udru.ac.th/ebook/pdf/upload/18b8yU27ZKCKq2705F7F.pdf>.
- บริษัท ออร์แกนิก โฟกัส จำกัด. ม.ป.ป. โอมก้า 9. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.organicfocus.co.th/blog_news/blog_7.
- ปรัชญา ปรัชญลักษณ์, ประเทศ ปุ๋ยพันขวางค์ และจันทนา บุญศิริ. 2541. การใช้ไบโอสับประรดเป็นอาหารสำหรับโคขุน. รายงานผลงานวิจัยประจำปีกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ รหัส 014-08-41.

- พิระวัฒน์ ณ มณี, เสาวนิต คูประเสริฐ และวันวิสาข์ งามผ่องใส. 2554. “การใช้เศษเหลือของสับประรด เป็นอาหารหยาบของแพะ.” วารสารแก่นเกษตร. 39 : 399-412.
- ภัทรภร ทศพงษ์. 2557. การผลิตและการจัดการโคเนื้อ-โคขุน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.agi.nu.ac.th/science/121113/บทที่%2011%20การผลิตและการจัดการโคเนื้อ-โคขุน.pdf.
- มยุรินทร์ รักษทอง, ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ, รุจริน ลิ้มสุขวานิช และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2553. “ผลของระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อโคพื้นเมืองขุนที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีแหล่งอาหารหยาบต่างกัน.” วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 28(2) : 26-34.
- รักษ์ อาราม. 2553. การเลี้ยงวัวนม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.rakbankerd.com/agricultureprint.php?id=1220&s=tblblog>.
- วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่. 2557. “ปัจจัยที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อโค.” แก่นเกษตร. 42(3) : 443-452.
- เวชสิทธิ์ โทบุราณ, สุทธิพงษ์ อริยะพงษ์สรศักดิ์, ฉลอง วชิราภากร, ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์ และรักพงษ์ เพชรคำ. 2541. “ระดับการใช้มันสำปะหลังในอาหารชั้นเสริมสำหรับการผลิตเนื้อคุณภาพดีจากลูกโคนมเพศผู้.” วารสารสัตวแพทยศาสตร์. 8(1-2) : 28-38.
- วิทวัส แนวนวงศ์. 2564. ไบโอมแอสกับโรคหลอดเลือด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://chulalongkornhospital.go.th/kcmh/line/34743/>.
- ศุภศิษฐ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์. 2541. ชีวเคมีพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: พิมพ์ที่ออป.
- ศวรรณกมล น้อยศักดิ์. 2562. “อิทธิพลของระดับไบโอมแอสต่อคุณภาพเนื้อ ความชอบ และการตัดสินใจซื้อเนื้อสันนอกสุกร.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สมาคมโรงงานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไทย. 2565. รากมันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://thaitapioca.org/>.
- สุริยะ สะวานนท์. 2555. “โคนมเพศผู้: ความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตเนื้อโคคุณภาพ”. วารสารปศุสัตว์เกษตรศาสตร์. 39(153) : 32-40.
- สุริยะ สะวานนท์, คงปฐม กาญจนเสริม, ภูมิพงศ์ บุญแสน, ทวีพร เรืองพริ้ม และศศิธร นาคทอง. 2560. โครงการแนวทางการบริหารจัดการเพื่อเพิ่มมูลค่าลูกโคนมเพศผู้สู่การผลิตเนื้อโคขุนคุณภาพ (ระยะที่ 2). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/291065>.
- สุริยะ สะวานนท์. 2561. “การนำผลพลอยได้จากการปลูกสับประรดมาใช้เป็นอาหารโคเนื้อ.” เกษตรอภิรมย์. 24 : 27-30.

- สัตวชัย จตุรสิทธา. 2532. “ลักษณะเนื้อซิด, เหลว และไม่คงรูปในสุกร.” วารสารเกษตร. 5(1) : 47-54.
- สัตวชัย จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. ธนบรรณการ พิมพ์ : เชียงใหม่.
- สัตวแพทย์สาธารณสุขศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 2564. ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://vph.vet.ku.ac.th/vphvetku/images/education/ClinicMeat57/ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์.pdf>.
- สันติ ช่างเจรจา, รุ่งนภา ช่างเจรจา, นีอร โนมศรี, ยุทธนา เขาสุเมรุ และชิตี ศรีตนทิพย์. 2562. กระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสับประรด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://kaewpanya.rmutl.ac.th/cttc/kbs/book/8/pdf/book.pdf>.
- สำนักการค้าสินค้า กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2564. ลินค้ำโกเนื้อมีชีวิต เนื้อโคและผลิตภัณฑ์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://api.dtn.go.th/files/v3/613b2770ef41401f0822c2dc/download>.
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครราชสีมา. 2561. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.opsmoac.go.th/nakhonratchasima-dwl-files-402791791882>.
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครสวรรค์. 2564. มันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.opsmoac.go.th/nakhonsawan-dwl-files-431691791796>.
- สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดกาญจนบุรี. 2561. การจัดเกรดโคเนื้อและชั้นของเนื้อ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://pvlo-kr.dld.go.th/webosm_61/webfile/bowchow/bowchow9.pdf.
- สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). 2561. การเลี้ยงโคนมเพศผู้ให้เนื้อคุณภาพสูง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.nfc.or.th/content/6759>.
- อัจฉรา นิยมเดชา, สุรเสน ศรีรักษานนท์ และมงคล คงเสน. 2556. “การใช้กรดไขมันโอเมก้าในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกร.” วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 5 : 122-131.
- Aalhus, J. L., Jones, S. D. M., Tong, A. K. W., Jeremiah, L. E., Robertson, W. M. and Gibson, L. L. 1992. “The combined effects of time on feed, electrical stimulation and aging on beef quality.” **Canadian Journal of Animal Science.** 72 : 525-535.
- Agastin, A., Naves, M., Farant, A., Godard, X., Bocage, B., Alexandre, G. and Boval, M. 2014. “Effects of feeding system and slaughter age on the growth and carcass characteristics of tropical-breed steers.” **Journal of Animal Science.** 91 : 3997-4006.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Anonymous. 2019. [Online]. Available : <https://slideplayer.com/slide/15424683/>.
- AOAC International. 1999. **Official method of analysis**. 2nd ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
- AOAC International. 2000. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17th ed. (Horwitz, W. ed.). Washington D.C.
- Archile-Contreras, A. C., Mandell, I. B. and Purslow, P. P. 2010. “Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles.” **Meat Science**. 86 : 491-497.
- Arshad, S. M., Sohaib, M., Ahmad, S. R., Nadeem, T. M., Imran, A., Arshad, U. M. Kwon, H. J. and Amjad, Z. 2018. “Ruminant meat flavor influenced by different factors with special reference to fatty acids.” **Lipids in Health and Disease**. 17 : 223.
- Boonsaen, P., Soe, W. N., Maitreejet, W., Majorune, S., Reungprim, T., and Sawanona, S. 2017. “Effects of protein levels and energy sources in total mixed ration on feedlot performance and carcass quality of Kamphaeng Saen steers”. **Agriculture and Natural Resources**. 51 : 57-61.
- Bruce, L. H., Khaliq, M., Puente, J., Samanta, S. S. and Roy, C. B. 2022. “Influence of Canadian beef quality grade and method of intramuscular connective tissue isolation on collagen characteristics of the bovine *longissimus thoracis*.” **Meat Science**. 191 : 108848.
- Bunmee, T., Jaturasitha, S, Chaiwang, N., Kreuzer, M. and Wicke, M. 2012. “Utilization of agro-food industry by-products in the finishing of culled dairy cows: Effects on meat quality.” **Chiang Mai University Journal of Natural**. 11 : 295-302.
- Calkins, C. R. and Sullivan, G. 2007. **Ranking of beef muscles for tenderness**. [Online]. Available : <https://www.beefcentral.com/wp-content/uploads/2014/05/ranking-of-beef-muscles-for-tenderness.pdf>.
- Chaosap, C., Sahatsanon, K., Sitthigripong, R., Sawanon, S. and Setakul, J. 2021. “The effects of using pineapple stem starch as an alternative starch source and ageing period on meat quality, texture profile, ribonucleotide content, and fatty acid composition of *Longissimus thoracis* of fattening dairy steers.” **Foods**. 10(10) : 2319.

- Cox, R .B., Kerth, C .R., Gentry, J .G., Prevatt, J .W., Braden, K .W. and Jones, W .R. 2006. “Determining acceptance of domestic forage - or grain-finished beef by consumers from three southeastern US states.” **Journal of Food Science.** 71 : 542-546.
- CPF feed marketing bureau. 2022. **ราคาวัตถุดิบปรัจจำปี 2565.** [Online]. Available : <https://www.cpffeed.com/price-update/>.
- Dunford, E. and Shahidi, F. 1998. Flavour of fish meat. **In Flavor of meat, meat products and seafoods.** 2nd ed. Shahidi F (ed). Blackie Academic and Professional, London, UK. pp 131-158.
- Elmore, J. S. and Mottram, D. S. 2009. **Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat.** Cambridge : Woodhead.
- FAO. 2014. **Meat Quality.** [Online]. Available : https://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/meat/quality_meat.html.
- Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. S. 1957 “A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues.” **Journal of Biological Chemistry.** 226 : 497-509.
- Franco, D., Bispo, E., González, L., Vázquez, A. J. and Moreno, T. 2009. “Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein–Fresian cull cows”. **Meat Science.** 83 : 484-491.
- Freitas, L. S., Brondani, L. I., Segabinazzi, R., Restle, J., Filho, A. C. D., Pizzuti, D. A. L., Silva, S. V. and Rodrigues, S. L. 2013. “Performance of finishing steers fed different sources of carbohydrates.” **Revista Brasileira de Zootecnia.** 42(5) : 354-362.
- Grant, R. J., Stock, R. and Mader, T. L. 1993. **G93-1177 feeding and managing Holstein steers.** [Online]. Available : <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article =1443&context =ex ten sionhist>.
- Hall, N. Schönfeldt, C. H. and Pretorius, B. 2016. “Fatty acids in beef from grain- and grass-fed cattle: the unique South African scenario.” **South African Journal of Clinical Nutrition.** 29(2) : 55-62.
- Hattakum, C., Kanjanapruthipong, J., Nakthong, S., Wongchawalit, J., Piamya, P. and Sawanon, S. 2019. “Pineapple stem by-product as a feed source for growth performance, ruminal

- fermentation, carcass and meat quality of Holstein steers.” **South African Journal of Animal Science.** 49 : 147-155.
- Hill, F. 1966. “The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages.” **Journal Food Science.** 31 : 161.
- Hollyway, J. and Wu, J. W. J. 2019. **Red meat science and production Volume 2.** Science Publishing & Media Singapore : Downtown Core.
- Huerta-Leidenz, N. O., Cross, H. R., Savell, J. W., Lunt, D. K., Baker, J. F. and Smith, S. B. 1996. “Fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from male calves at different stage of growth.” **Journal of Animal Science.** 74 : 1256-1264.
- Hwang, Y. H. and Joo, S. T. 2017. “Fatty acid profiles, meat quality, and sensory palatability of grain-fed and grass-fed beef from Hanwoo, American, and Australian crossbred cattle.” **Korean Journal for Food Science of Animal Resources.** 37 : 153-161.
- Jay, J. M. 1996. **Modern food microbiology.** 5th ed. Microbiology of modified atmosphere packaged meat. New York : USA.
- Keane, M.G. and Drennan, M.J. 2009. “Effects of supplementary concentrate level in winter, and subsequent finishing on pasture or indoors, on performance and carcass traits of Holstein - Friesian, Aberdeen Angus × Holstein – Friesian and Belgian Blue × Holstein – Friesian steers.” **Livestock Science.** 121 : 250-258.
- Ketnawa, S., Chaiwut, P., and Rawdkuen, S. 2012. “Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction”. **Food and Bioproducts Processing.** 90 : 385-391.
- Khongpradit, A., Boonsaen, P., Homwong, N., Suzuki, Y., Koike, S., Sawanon, S. and Kobayashi, Y. 2020. “Effect of pineapple stem starch feeding on rumen microbial fermentation, blood lipid profile, and growth performance of fattening cattle.” **Animal Science Journal.** 91 : 13459. doi:10.1111/asj.13459.
- Khongpradit, A., Boonsaen, P., Homwong, N., Matsuba, K., Kobayashi, Y. and Sawanon, S. 2022. “Evaluation of pineapple stem starch as a substitute for corn grain or ground cassava in a cattle feedlot for 206 or 344 days: feedlot performance, carcass characteristics, meat quality, and economic evaluation.” **Tropical Animal Health and Production.** 54 : 226.

- Kim, W. K., Kim, H. J., Seo, K. J. Setyarat, D. and Kim, B. H. Y. 2018. "Effects of aging/freezing sequence and freezing rate on meat quality and oxidative stability of pork loins." **Meat Science**. 139 : 162-170.
- Kim, M., Choe, J., Lee, J. H., Yoon, Y., Yoon, S. and Jo, C. 2019. "Effects of Aging and Aging Method on Physicochemical and Sensory Traits of Different Beef Cuts." **Food Science of Animal Resources**. 39 : 54-64.
- Kirkland, R. M., Patterson, D. C., Keady, T. W. J., Moss, B. W. and Steen, R. W. J. 2007. "Beef production potential of Norwegian Red and Holstein-Friesian bulls slaughtered at two ages." **Animals**. 1 : 1506-1504.
- Kris-Etherton, P. M. and Innis, S. 2007. "Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: dietary fatty acids." **Journal of the American Dietetic Association**. 107(9) : 1599-1611.
- Lardy, G. 2018. **Feeding corn to beef cattle**. [Online]. Available : <https://www.ag.ndsu.edu/publications/livestock/feeding-corn-to-beef-cattle>.
- Lepetit, J. 2008. "Collagen contribution to meat toughness: theoretical aspects." **Meat Science**. 80 : 960-967.
- Ma, X., Yu, M., Liu, Z., Deng, D., Cui, Y., Tian, Z. and Wang, G. 2020. "Effect of amino acids and their derivatives on meat quality of finishing pigs." **Journal of Food Science and Technology**. 57 : 404-412.
- Malau-Aduli, A. E. O., Edriss, M. A., Siebert, B. D., Bottema, C. D. K. and Pitchford, W. S. 2000. "Breed differences and genetic parameters for melting point, marbling score and fatty acid composition of lot-fed cattle." **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. 83 : 95-105.
- Mancinelli, R., Fanò-Illic, G., Pietrangelo, T. and Fulle, S. 2020. "Guanosine-Based Nucleotides, the Sons of a Lesser God in the Purinergic Signal Scenario of Excitable Tissues". **International Journal of Molecular Sciences**. 21 : 1591.
- Martins, S. T., Lemos, A. V. M., Mueller, F. L., Baldi, F., Amorim, R. T., Ferrinho, M. A., Muñoz, A. J., Fuzikawa, S. H. I., Moura, V. G., Gemelli, L. J. and Pereira, C. S. A. 2018. **Fat deposition**,

fatty acid composition, and its relationship with meat quality and human health.

[Online]. Available : <https://www.intechopen.com/chapters/61577>.

- Moore, J. E., Brant, M. H., Kunkle, W. E. and Hopkins, D. I. 1999. "Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance." **Journal of Animal Sciences.** 77 : 122-135.
- McMillin, K.W. and Hoffman, L.C. 2009. **Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat.** Cambridge : Woodhead.
- Muroya, S., Oe, M., Ojima, K. and Watanabe, A. 2019. "Metabolomic approach to key metabolites characterizing postmortem aged loin muscle of Japanese Black (Wagyu) cattle." **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.** 32 : 1172-1185.
- Nishimura, T., Hattori, A. and Takahashi, K. 1995. "Structural weakening of intramuscular connective tissue during conditioning of beef." **Meat Sci.** 39 : 127-133.
- Nishimura, T., Hattori, A., and Takahashi, K. 1999. "Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of Japanese black cattle: effect of marbling on beef tenderization." **Journal of Animal Science.** 77(1) : 93-104.
- Olivier, S. 2018. Assessment of the mycological hazards associated with the dry ageing of red meat. [Online]. Available : https://www.mla.com.au/contentassets/958f7dd52609450590aa6b35a96eb726/v.mfs.0426_-_final_report.pdf.
- Owens, F. N., Zinn, A. R. and Kim, K. Y. 1986. "Limits to starch digestion in the ruminant small intestine." **Journal of Animal Science.** 63 : 1634-1648.
- Park, W. J. 2018. "The biochemistry and regulation of fatty acid desaturases in animals" 87-100. in Graham, C. B. **Polyunsaturated Fatty Acid Metabolism.** Massachusetts : Academic Press and AOCS Press.
- Pintadis, S., Boonsaen, P., Hattakum, C., Homwong, N. and Sawanon, S. 2020. "Effects of concentrate levels and pineapple stem on growth performance, carcass and meat quality of dairy steers." **Tropical animal Health and Production.** 52 : 1911-1917.
- Purslow, P. P. 2005. "Intramuscular connective tissue and its role in meat quality." **Meat Quality. Journal of Animal Science.** 91 : 1454-1467.

- Roy, B. C., Sedgewick, G., Aalhus, J. L., Basarab, J. A. and Bruce, H. L. 2015. "Modification of mature non-reducible collagen cross-link concentrations in bovine m. gluteus medius and semitendinosus with steer age at slaughter, breed cross and growth promotants." **Meat Science**. 110 : 109-117.
- Salami, A. S., O'Grady, N. M., Luciano, G., Priolo, A., McGee, M., Moloney, P. A. and Kerry, P. J. 2021. "Fatty acid composition, shelf-life and eating quality of beef from steers fed corn or wheat dried distillers' grains with solubles in a concentrate supplement to grass silage." **Meat Science**. 173 : 1-10.
- Scheffler, T. L. and Gerrard, D. E. 2007. "Mechanisms controlling pork quality development: the biochemistry controlling postmortem energy metabolism." **Meat Science**. 77 : 7-16.
- Schutt, K. M., Arthur, P. F. and Burrow, H. M. 2009. "Brahman and Brahman crossbred cattle grown on pasture and in feedlots in subtropical and temperate Australia. 3. Feed efficiency and feeding behaviour of feedlot-finished animals." **Animal Production Science**. 49(6) : 452-460.
- SESC. 2018. **Febrile carcasses in pig slaughterhouses**. [Online]. Available : <https://sesc.cat/en/febrile-carcasses-in-pig-slaughterhouses/>.
- Smith, B. S. and Johnson, J. B. 2014. "Marbling: Management of cattle to maximize the deposition of intramuscular adipose tissue." **Journal of Animal Science**. 94 : 382.
- Smith, S. B., and Johnson, J. B. 2016. "Marbling: Management of cattle to maximize the deposition of intramuscular adipose tissue." **Journal of Animal Science**. 94 : 1-14.
- StevnebØ, A., Sppala, A., Hartad, O. M. and Huhtanen, P. 2009. "Ruminal starch digestion characteristics in vitro of barley cultivars with varying amylose content." **Animal Feed Science and Technology**. 148 : 167-182.
- Svihus, B., Uhlen, A. K. and Harstad, O. M. 2005. "Effect of starch granule structure, associated components, and processing on nutritive value of cereal starch." **Animal Feed Science and Technology**. 122 : 303-320.
- Tieoyong, T. 2018. **Raising male dairy cows to provide high quality meat**. [Online]. Available : <https://www.nfc.or.th/content/6759> (article in Thai).

- Vasconcelos-Filhoa, P. T., Costaab, H. H. A., Vegaa, W. H. O., Sousaa, L. C. O., Parentec, M. O. M. and Landima, A. V. 2021. “Effects of dietary energy content and source using by-products on carcass and meat quality traits of cull ewes.” **Animal**. 15 : 100035.
- Vieira, M. M. I., Santos, P. L. B., Santos, M. V. C., Ruzene, S. D. and Silva, P. D. 2022. “Valorization of pineapple waste: a review on how the fruit’s potential can reduce residue generation.” **BioEnergy Research**. 15 : 924-934.
- Visscher, O. M. 2010. “Imaging skin: past, present and future perspectives.” **Italian Journal of Dermatology and Venereology**. 145 : 11-28.
- Wattiaux, M. A. and Armentano, L. E. 2006. **Dairy essentials**. Madison : Babcock institute for international dairy research and development.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

1.1) Sodium hydroxide 32 เปอร์เซ็นต์

Sodium hydroxide 320 กรัม

น้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร

นำ Sodium hydroxide มาละลายในน้ำกลั่น ที่มีน้ำแข็งรองอยู่แล้วจึงปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

1.2) Boric acid 4 เปอร์เซ็นต์

Boric acid 40 กรัม

น้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร

นำ Boric acid มาละลายในน้ำกลั่นแล้วจึงปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2. การวิเคราะห์ปริมาณคอแลลาเจน

2.1) Ringer's solution

Sodium chloride (NaCl) 1.914 กรัม

Potassium chloride (KCl) 0.224 กรัม

Calcium chloride (CaCl₂) 0.073 กรัม

น้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร

ละลาย Sodium chloride, Potassium chloride และ Calcium chloride ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร เก็บในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

2.2) Oxidant solution

A) Chloramine T

Chloramine T 7 เปอร์เซนต์	1.4 กรัม
น้ำกลั่น	700 มิลลิลิตร

เตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้

B) Acetate buffer pH 6.0

Sodium acetate	120 กรัม
Citric acid	50 กรัม
Sodium hydroxide	34 กรัม
Acetic acid	12 มิลลิลิตร
Propanal-1	300 มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	700 มิลลิลิตร

ละลาย Sodium acetate, Citric acid, Sodium hydroxide, Acetic acid ด้วยน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร จึงทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 6.0 แล้วปรับปริมาตรด้วย น้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร และ Propanal-1 300 มิลลิลิตร เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

นำสารละลาย A และ B มาผสมกัน (1:4) ผสมใหม่ทุกครั้งก่อนใช้งาน

3. การวิเคราะห์กรดไขมัน

3.1) Sodium chloride 0.58 เปอร์เซนต์

Sodium chloride	5.8 กรัม
น้ำกลั่น	700 มิลลิลิตร

นำ Sodium chloride มาละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

3.2) Chloroform : Methanol (2:1)

Chloroform	600 มิลลิลิตร
------------	---------------

Methanol	300 มิลลิลิตร
----------	---------------

นำ Chloroform ผสมกับ Methanol ให้เข้ากัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

3.3) 0.5 M Sodium hydroxide/Methanol

Sodium hydroxide	10 กรัม
------------------	---------

Methanol	500 มิลลิลิตร
----------	---------------

นำ Sodium hydroxide ผสมกับ Methanol ให้เข้ากัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารโรโบนิวคลีโอไทด์

4.1) 0.6 M Perchloric acid

Perchloric acid 70 เปอร์เซ็นต์	52 มิลลิลิตร
--------------------------------	--------------

HPLC water	700 มิลลิลิตร
------------	---------------

นำ Perchloric acid 70 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับ HPLC water แล้วจึงปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

4.2) Perchloric acid 3.5 เปอร์เซ็นต์

Perchloric acid 70 เปอร์เซ็นต์	50 มิลลิลิตร
--------------------------------	--------------

Distilled water	700 มิลลิลิตร
-----------------	---------------

นำ Perchloric acid 70 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับ Distilled water แล้วจึงปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

4.3) 25 M Potassium dihydrogen phosphate

Potassium dihydrogen phosphate	3.40 กรัม
--------------------------------	-----------

HPLC water	700 มิลลิลิตร
------------	---------------

นำ Potassium dihydrogen phosphate มาละลายใน HPLC water ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 4.5 ด้วย Perchloric acid 3.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร กรองผ่านเครื่องกรองเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

4.4) 0.8 M Potassium hydroxide

Potassium hydroxide	45 กรัม
Distilled water	500 มิลลิลิตร

นำ Potassium hydroxide มาละลายใน Distilled water จากนั้นผสมให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

4.5) Mobile phase

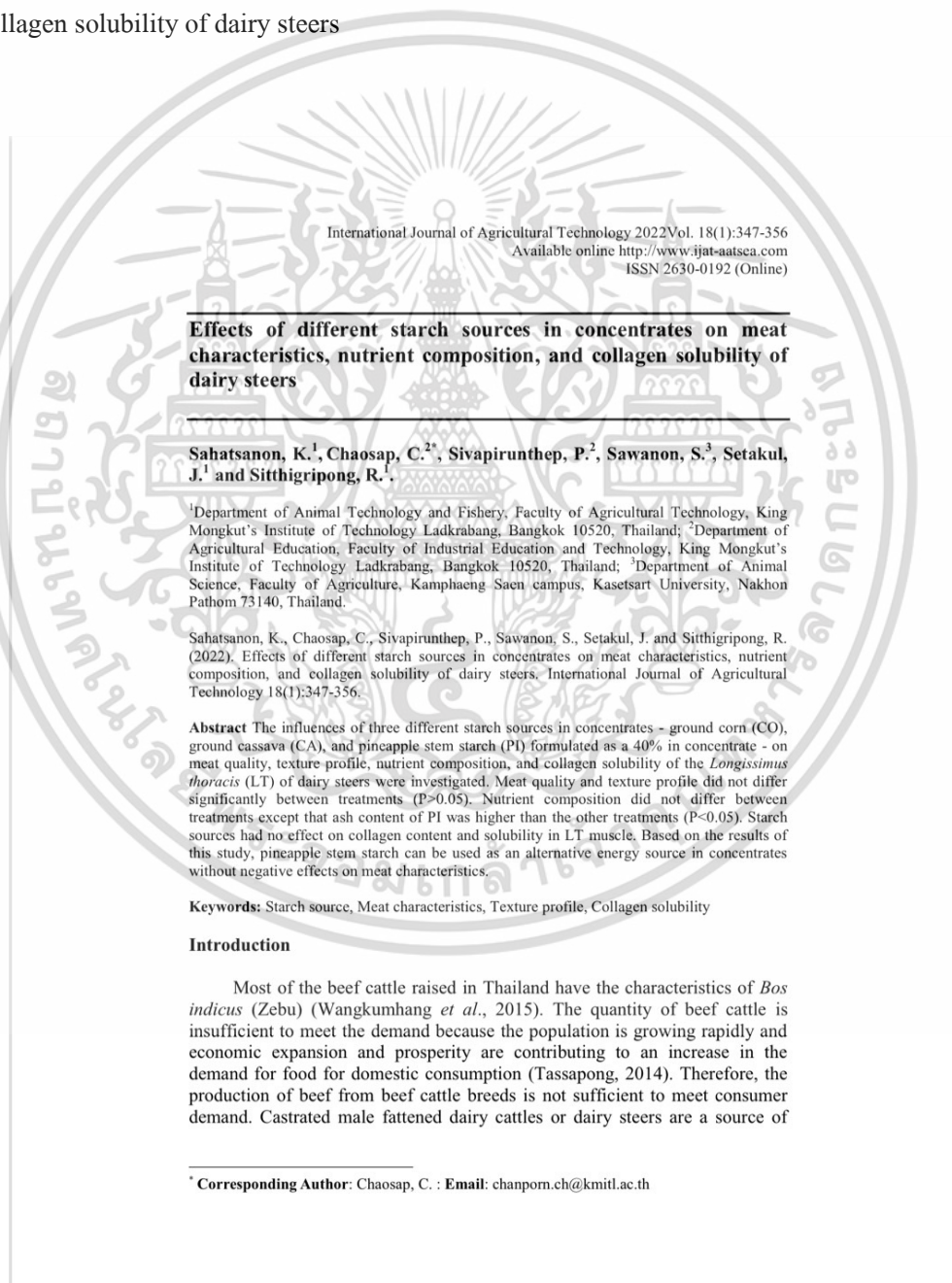
25 M Potassium dihydrogen phosphate	150 มิลลิลิตร
Acetonitrile	350 มิลลิลิตร

ผสม Potassium dihydrogen phosphate กับ Acetonitrile เข้าด้วยกัน จากนั้นนำไปกรองผ่านเครื่องกรอง เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ข

บทความวิจัยที่ตีพิมพ์

1. Effects of different starch sources in concentrates on meat characteristics, nutrient composition, and collagen solubility of dairy steers



International Journal of Agricultural Technology 2022 Vol. 18(1):347-356
Available online <http://www.ijat-aatsea.com>
ISSN 2630-0192 (Online)

Effects of different starch sources in concentrates on meat characteristics, nutrient composition, and collagen solubility of dairy steers

Sahatsanon, K.¹, Chaosap, C.^{2*}, Sivapirunthep, P.², Sawanon, S.³, Setakul, J.¹ and Sithigriping, R.¹

¹Department of Animal Technology and Fishery, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand; ²Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand; ³Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kamphaeng Saen campus, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

Sahatsanon, K., Chaosap, C., Sivapirunthep, P., Sawanon, S., Setakul, J. and Sithigriping, R. (2022). Effects of different starch sources in concentrates on meat characteristics, nutrient composition, and collagen solubility of dairy steers, *International Journal of Agricultural Technology* 18(1):347-356.

Abstract The influences of three different starch sources in concentrates - ground corn (CO), ground cassava (CA), and pineapple stem starch (PI) formulated as a 40% in concentrate - on meat quality, texture profile, nutrient composition, and collagen solubility of the *Longissimus thoracis* (LT) of dairy steers were investigated. Meat quality and texture profile did not differ significantly between treatments ($P>0.05$). Nutrient composition did not differ between treatments except that ash content of PI was higher than the other treatments ($P<0.05$). Starch sources had no effect on collagen content and solubility in LT muscle. Based on the results of this study, pineapple stem starch can be used as an alternative energy source in concentrates without negative effects on meat characteristics.

Keywords: Starch source, Meat characteristics, Texture profile, Collagen solubility

Introduction

Most of the beef cattle raised in Thailand have the characteristics of *Bos indicus* (Zebu) (Wangkumhang *et al.*, 2015). The quantity of beef cattle is insufficient to meet the demand because the population is growing rapidly and economic expansion and prosperity are contributing to an increase in the demand for food for domestic consumption (Tassapong, 2014). Therefore, the production of beef from beef cattle breeds is not sufficient to meet consumer demand. Castrated male fattened dairy cattles or dairy steers are a source of

* Corresponding Author: Chaosap, C. : Email: chanporn.ch@kmitl.ac.th

beef production that can significantly increase the supply for meat consumption.

Holstein Friesian is a dairy breed that originated in Friesland and North Holland. They are large dairy cattle with a distinctive black and white spotted pattern (Sheffer, 2008). Female dairy calves are raised for milk production (Tieoyong, 2018). Male dairy cattle are generally less suitable for beef production due to their less efficient feed conversion. The percentage of finishing carcass is 6-8 percentage points lower in the Holstein breed than in beef breeds. In addition, Holstein steer carcasses (at constant weight) have less marbling, total fat, and backfat, but more bone and protein compared to beef breeds (Grant *et al.*, 1993). To meet current market demand, improving the quality and quantity of beef is recommended. To improve these, superior crosses between foreign breeds and indigenous species are used and nutritional management is also improved. In addition, the effective implementation of the fattened male dairy cattle system in beef production can increase beef production and farmers' income and create opportunities for value addition in dairy farming (Khenjan *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2014).

Pineapple (*Ananas comosus*) is one of the most popular tropical fruits (Wu *et al.*, 2021). The main product from pineapple cultivation is the pineapple fruit, which accounts for 45 percent, while the pineapple stems remaining in the field account for about 16.12 percent and the leaves account for about 38.78 percent (Sawanon, 2018). Sruamsiri, (2007) mentioned that farmers use pineapple waste as roughage for cattle because it is palatable. The high moisture content and soluble carbohydrates make them a good source of roughage for cattle, however, they rot quickly. Therefore, farmers usually accept drying and ensiling as preservation methods. In addition, cattle prefer fermented pineapple waste to fresh waste, which has a high acid content. Kyawt *et al.* (2020) reported that feeding Myanmar local cattle with pineapple waste silage as a roughage source at 25% of the diet improved nutrient intake, energy balance, and body weight gain. Similarly, Hattakum *et al.* (2019) reported that fed cattle with pineapple stem by-products they had similar growth performance, rumen fermentation, and carcass and meat quality but had lower feed cost compared to feed them with two popular roughages - Napier grass and whole corn.

The enzyme bromelain is a proteolytic enzyme that can be used in certain cosmetics, dietary supplements, and also as a phytomedicinal agent (Ketnawa, *et al.*, 2012; Manzoor *et al.*, 2016). In the past, the pineapple stem was left to be dried and burn before replanting. More recently, the pineapple stem has been used to extract the enzyme bromelain, with starch as a by-product (pineapple stem starch) (Ketnawa *et al.*, 2012). Khongpradit *et al.* (2020) reported that

pineapple stem starch can be used as an alternative starch source that significantly improves rumen fermentation and growth performance of dairy steers compared to ground corn and ground cassava. Khongpradit *et al.* (in press) also reported that pineapple stem starch could be a cost-effective source of energy in concentrates for beef cattle without compromising meat quality. However, there is limited information on the effects of pineapple stem starch on meat characteristics. Therefore, the objective of this study was to determine the effects of pineapple stem starch as a source of starch in concentrates on meat quality, texture profile, nutrient composition, and collagen solubility of finishing dairy steers comparing with the corn and cassava starch sources.

Materials and methods

Animal ethics

The experimental procedure was approved by the Animal Usage and Ethics Committee of Kasetsart University, Thailand (ACKU62-AGK-007).

Experimental cattle and Muscle collection

Thirty-six Holstein Friesian steers, 22 months of age and weighing 453 ± 35.3 kg, were divided into three groups (12 steers/group) and randomly fed three different fattening diets: ground corn (CO), ground cassava (CA), or pineapple stem starch (PI) formulated as a 40% starch in concentrate. Napier grass silage and rice straw were used as roughage sources during the fattening period. After a fattening period of 206 days, the animals were slaughtered and the carcasses were stored at about 1°C for 14 days. After 14 days aging, the *Longissimus thoracis* (LT) was taken from the right side of each carcass. The samples were trimmed of all visible fat and cut into two 3 cm thick subsamples. The first subsample had its pH and colour measured before being vacuum packed and stored at -20°C until the next shear force measurement. The second subsample was vacuum packed and stored at -20°C until the subsequent proximate analysis and measurement of collagen content.

pH measurement

Muscle pH of muscle sample (LT) from the right side of each carcass were recorded at 14 d postmortem by using a portable pH meter with a spear tip glass probe (SG2 - ELK Seven Go™, Mettler Toledo International, Shanghai, China).

Color measurement

The meat color values of muscle sample (LT) after a 30 minutes of bloom time were measured using a handheld colorimeter (MiniScan®EZ 45/0 LAV, Hunter Associates Laboratory Inc., Virginia, USA).

Water loss, Shear force, and Texture profile measurement

Muscle samples were weighted and thawed at 4°C and then weighed again. The weight had undergone thawing were expressed as percentages of thawing loss. After thawing, muscle samples were boiled in a water bath (One14, Memmert, Buchenbach, Germany) for approximately 20 min until an internal temperature of 70°C was reached. The cooked samples were cooled under running tap water for 30 minutes before weighing. The weight loss after cooking was calculated and evaluated as percentage cooking loss. The cooked samples were cut into 1 cm thick slices with 8 pieces cut parallel to the fiber orientation of the cooked sample. The shear force value was measured using a texture analyzer (Model EZ-SX, Shimadzu, Kyoto, Japan). For texture profile analysis (TPA), the cooked sample was cut into at least four 15 mm cubes. A texture analyzer with a 36 mm diameter cylindrical probe was used to determine TPA (Model EZ-SX, Shimadzu, Kyoto, Japan).

Collagen content measurement

Total, insoluble and soluble collagens were determined according to the method described by Hill (1966). The 4 g minced meat sample was added to 3 mL of ¼-strength Ringer's solution and homogenized using a polytron (T20, Ika, Switzerland). The probe was then rinsed with 2 mL of ¼ strength Ringer's solution. The homogenized sample was placed in a water bath at 77°C for 60 minutes and then centrifuged at 2,500 x g for 10 minutes. The supernatant solutions were hydrolyzed in 12 N HCl and the pellets were hydrolyzed in 6 N HCl at 105°C for 18 hours. The amount of hydroxyproline was calculated using the standard curve of hydroxyproline (CAS No. 51-35-4, Sigma-Aldrich) at an absorbance of 550 nm. The collagen content was calculated using a conversion factor of 7.25.

Nutrient composition measurement

Meat samples were analyzed for dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), and ash using AOAC methods (AOAC, 2005). DM was determined by drying the samples at 105°C in a hot air oven, CP and EE were

determined by the Kjeldahl method and the Soxhlet extraction method, respectively. Ash was determined at 550°C for 6 hours in a furnace.

Statistical analysis

Data were expressed as mean \pm standard deviation. Differences were tested by oneway analysis of variance to compare the studied traits of dairy steer meat which came from dairy steers of 3 treatments fed with different starch sources in concentrates. To determine the differences between the mean of two treatments, Duncan's new multiple range test was performed. The values $P < 0.05$ were considered statistically significant. Statistical analysis was done using SPSS version 16 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

Results

Meat quality and texture profile

The effects of the starch sources in the concentrates on meat quality are shown in Table 1. The pH values of the three groups were similar ($P > 0.05$) and were 5.52, 5.55, and 5.53 for CO, CA, and PI groups, respectively. There was no difference in meat color among the three groups ($P > 0.05$). Although, there were no significant differences ($P > 0.05$), the CO group showed slightly lower thawing loss than CA and PI groups. There was no significant difference in cooking loss among treatments. Shear force was not significantly different among the different starch sources of concentrate ($P > 0.05$). Texture profile did not differ among treatments ($P > 0.05$), but CO group appeared to have the lowest hardness, while PI group appeared to have the highest hardness.

Table 1. Effect of starch source of concentrate on meat quality and texture profile of fattening dairy steers

Parameter	Starch source ¹ (Mean \pm SD)			P value
	CO	CA	PI	
Meat quality				
pH	5.52 \pm 0.91	5.55 \pm 0.10	5.53 \pm 0.07	0.792
L*	38.32 \pm 3.32	40.77 \pm 2.27	40.58 \pm 1.03	0.145
a*	16.36 \pm 1.17	16.05 \pm 1.46	16.77 \pm 1.72	0.680
b*	14.61 \pm 1.49	14.56 \pm 1.11	14.54 \pm 1.25	0.995
Thawing loss (%)	2.62 \pm 0.74	3.10 \pm 1.56	3.53 \pm 1.30	0.540
Cooking loss (%)	18.64 \pm 3.50	20.24 \pm 2.70	19.91 \pm 2.12	0.564
Shear force (kg)	5.91 \pm 1.52	5.19 \pm 0.20	5.12 \pm 0.80	0.312
Texture profile analysis				
Hardness (N/cm ²)	35.58 \pm 17.60	39.21 \pm 26.30	47.97 \pm 23.88	0.587
Springiness (cm)	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	0.740
Chewiness (N/cm ²)	20.71 \pm 10.98	21.43 \pm 11.81	24.67 \pm 13.15	0.810
Cohesiveness (N/cm)	0.58 \pm 0.06	0.59 \pm 0.06	0.55 \pm 0.04	0.464
Gumminess (ratio)	21.98 \pm 11.88	21.43 \pm 11.81	25.55 \pm 12.83	0.800

¹ CA = ground cassava; CO = ground corn; PI = pineapple stem starch.

Nutrient composition

There were no differences in protein content ($P>0.05$), which the average was 23.5%. Moisture content did not differ among treatments ($P>0.05$) and the average was 66.1%. Ash content of PI group was significantly higher than that of CO and CA groups ($P<0.05$) and there were 1.24%, 0.94%, and 0.91%, respectively. Although the fat content was not significantly different among treatments ($P>0.05$), CA group appeared to have a higher fat content than CO and PI groups, there were 11.49%, 9.74%, and 9.82%, respectively. The fat content of PI and CO groups tended to be lower than that of CA group.

Table 2. Effect of starch source of concentrate on nutrient composition and collagen content of fattening dairy steers

Nutrient composition	Starch source ¹ (Mean \pm SD)			P value
	CO	CA	PI	
Protein (%)	23.31 \pm 1.70	23.34 \pm 1.59	23.83 \pm 1.44	0.789
Moisture (%)	65.75 \pm 1.93	65.72 \pm 1.80	66.85 \pm 2.32	0.522
Ash (%)	0.94 ^a \pm 0.22	0.91 ^b \pm 0.21	1.24 ^a \pm 0.28	0.039
fat (%)	9.74 \pm 1.46	11.49 \pm 2.35	9.82 \pm 2.94	0.344

¹ CA = ground cassava; CO = ground corn; PI = pineapple stem starch.

Collagen solubility

There was no significant ($P>0.05$) effect of starch source in concentrate on collagen content including soluble collagen, insoluble collagen, total collagen, and collagen solubility in meat.

Table 3. Effect of starch source in concentrate on collagen solubility of fattening dairy steers meat

Parameter	Starch source ¹ (Mean \pm SD)			P value
	CO	CA	PI	
Collagen content (mg/g wet weight)				
Soluble collagen	0.55 \pm 0.11	0.57 \pm 0.03	0.54 \pm 0.13	0.871
Insoluble collagen	3.45 \pm 0.56	4.15 \pm 0.16	3.98 \pm 0.98	0.209
Total collagen	3.45 \pm 0.62	4.72 \pm 0.16	4.52 \pm 1.09	0.265
Collagen solubility (%)	13.82 \pm 2.27	12.16 \pm 0.86	11.99 \pm 1.44	0.125

¹ CO = ground corn; CA = ground cassava; PI = pineapple stem starch.

Discussion

In this study, there was no effect of starch sources on muscle pH, meat color, thawing loss, cooking loss, shear force, and meat texture. Hattakum *et al.*

(2019) investigated the effects of three different feed sources: Napier silage, whole corn silage, and pineapple by-product silage used at the same level in the total mixed ration (TMR) on meat quality of Holstein steers. They reported that nitrogen free extract or carbohydrate in TMR was higher when pineapple by-product silage was used as feed source, but crude fiber was lower. However, they found no significant effect of feed sources in TMR on muscle pH, meat color, drip loss, thawing loss, cooking loss, and shear force. Pintadis *et al.* (2020) investigated the effects of concentrate intake and pineapple stem by-product as roughage source on meat quality of Holstein steers. They reported that the intake of pineapple stem by-products decreased with increasing concentrate content. However, no significant effect of concentrate intake was found on meat traits pH, color, thawing loss, cooking loss, and shear force. The only significant effect of concentrate percentage found in their study was drip loss, which increased with increasing concentrate percentage. Bunmee *et al.* (2012) reported that culled dairy cows slaughtered immediately after culling or others fed a 12-week finishing period with three different diets containing only corn silage as the forage group, a high-energy group (cassava pulp + corn silage) and a low-energy group (crude rice bran + corn silage) had no significant differences in meat color, drip loss, thawing loss and cooking loss. However, it was found that shear force tended to be lower in the high energy feeding group than in the other groups. Texture profile analysis revealed that the sources of starch in the concentrate had no effect on the instrumental texture parameters of hardness, springiness, chewiness, cohesiveness, and gumminess. This is in agreement with Salami *et al.* (2021) who reported that three concentrate supplements containing either barley/soybean meal, corn dried distillers' grains with soluble, or wheat dried distillers' grains with soluble had no significant effect on the texture profile parameters of *Longissimus thoracis* muscle of cattle.

In this study, there was no effect of starch sources in the concentrate on nutrient composition; protein, moisture, and fat of LT meat of Holstein steers, except meat from P1 group had higher ash content than the others. This is in agreement with Hattakum *et al.* (2019) who found no significant effect of feed sources on fat and moisture content. Moreover, Pintadis *et al.* (2020) reported that concentrate level also had no effect on fat and moisture content. In the present study, fat content ranged from 9.73% to 10.54% and moisture content ranged from 65.72.3% to 66.85%, which were within the range of Hattakum *et al.* (2019) but higher than the results of Pintadis *et al.* (2020) who found fat content ranged from 4.99% to 6.43% and moisture content ranged from 63.3% to 64.3%. The possible explanation for the difference between the experiments could be the variation in feed, animals, and fattening period. Bunmee *et al.*

(2012) reported that culled dairy cows fed high and low energy diets had higher meat fat content than the forage group, while meat protein and moisture were not affected by the treatments. Salami *et al.* (2021) reported that three concentrate supplements containing corn dried distillers' grains with soluble had higher protein content in meat but lower ash content than concentrates containing either barley/soybean meal or wheat dried distillers' grains with soluble feeding groups, while fat and moisture content in meat were not affected by the treatments.

Consumer perception of meat quality is influenced by the tenderness of the meat. Collagen is a connective tissue protein that contributes to meat tenderness and differences in texture. The tenderness of meat is determined by the type, structure, and amount of connective tissues such as collagen and elastin (Lepetit, 2008). Purslow, (2005) found that either the amount of collagen or its heat solubility can affect the toughness of meat. In this study, there was no significant effect of starch source in the concentrate on collagen content, including soluble collagen, insoluble collagen, total collagen, and collagen solubility. This may be a possible explanation for the non-significant difference in shear force between the treatment groups. This is in agreement with Bunmee *et al.* (2012) who reported that feeding cull cows high energy forage, low energy forage, or green forage had no effect on soluble, insoluble, and total collagen contents. However, Archile-Contreras *et al.* (2010) found lower total collagen content in cattle fed corn than in cattle fed pasture and explained this by the fact that more myofibrillar protein was deposited in corn-fed cattle, diluting collagen content. However, no significant effect of the diet on collagen solubility was found. Cox *et al.* (2006) reported similar values of collagen solubility when comparing forage and grain diets. However, several studies have found that cattle fed high-energy diets have a faster protein turnover, presumably due to their rapid growth, and therefore their meat should contain a higher proportion of newly formed, heat-soluble collagen (Miller *et al.*, 1987; Wu *et al.*, 1981).

It is concluded that the effects of the three starch sources of the concentrate did not affect meat quality, texture profile, collagen solubility, and nutrient composition; protein, moisture, and fat but affected on ash content of LT muscle of Holstein steers.

Acknowledgements

The authors thank the Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang for research facilities.

Reference

- AOAC (2005). Determination of Moisture, Ash, Protein and Fat. Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists. 18th Edition. Washington DC, USA.
- Archile-Contreras, A. C., Mandell, I. B. and Purslow, P. P. (2010). Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. *Meat Science*, 86:491-497.
- Bunmee, T., Jaturasitha, S, Chaiwang, N., Kreuzer, M. and Wicke, M. (2012). Utilization of concentrate levels and pineapple stem on growth performance, carcass and meat quality of dairy steers. *Tropical Animal Health and Production*, 52:1911-1917.
- Cox, R .B., Kerth, C.R., Gentry, J.G., Prevatt, J.W., Braden, K.W. and Jones, W.R. (2006). Determining acceptance of domestic forage -or grain-finished beef by consumers from three southeastern US states. *Journal of Food Science*, 71:542-546.
- Grant, R. J., Stock, R. and Mader, T. L. (1993). G93-1177 Feeding and Managing Holstein Steers. Retrieved from <https://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/444>
- Hattakum, C., Kanjanapruthipong, J., Nakthong, S., Wongchawalit, J., Piamya, P. and Sawanon, S. (2019). Pineapple stem by-product as a feed source for growth performance, ruminal fermentation, carcass and meat quality of Holstein steers. *South African Journal of Animal Science*, 49:147-155.
- Hill, L. (1996). The Solubility of Intramuscular Collagen in Meat Animals of Various Ages. *J Food Science*, 31:161-166.
- Ketnawa, S., Chaiwut, P. and Rawdkuen, S. (2012). Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. *Food and Bioproducts Processing*, 90:385-391.
- Khenjan, P., Niumsup, P., Opatpatanakit, Y., Sakkat, P. and Leenanuruksa, D. (2015). Utilization of Male Dairy Calves in Thailand. *Thai Journal of Agricultural Science*, 48:109-113.
- Khongpradit, A., Boonsaen, P., Homwong, N., Suzuki, Y., Koike, S., Sawanon, S. and Kobayashi, Y. (2020). Effect of pineapple stem starch feeding on rumen microbial fermentation, blood lipid profile, and growth performance of fattening cattle. *Animal Science Journal*, 91:13459. doi:10.1111/asj.13459.
- Khongpradit, A., Boonsaen, P., Homwong, N., Matsuba, K., Kobayashi, Y. and Sawanon, S., (in press). Effect of Starch Source in Concentrate Diets and of Days on Feed on Growth Performance, Carcass Characteristics, Meat Quality, and Economic Return of Feedlot Steers. *Tropical Animal Health and Production*. Retrieved from <https://www.researchsquare.com/article/rs-557272/v1>
- Kyawt, Y. Y., San, W. K., San, M. K., Aung, A. and Aung, M. (2020). Feeding pineapple waste silage as roughage source improved the nutrient intakes, energy status and growth performances of growing Myanmar local cattle. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 7:436-441.
- Lepetit, J. (2008). Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Science*, 80:960-967.
- Li, L., Zhu, Y., Wang, X. and He, Y. (2014). Effects of different dietary energy and protein levels and sex on growth performance, carcass characteristics and meat quality of F1 Angus × Chinese Xiangxi yellow cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5:12-1.
- Manzoor, Z., Nawaz, A., Mukhtar, H. and Haq, I. (2016). Bromelain: Methods of extraction, purification and therapeutic applications. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 59:e16150010. doi:10.1590/1678-4324-2016150010.

- Miller, M. F., Cross, H. R., Crouse, J. D. and Jenkins, T. G. (1987). Effect of feed energy intake on collagen characteristics and muscle quality of mature cow. *Meat Science*, 21:287-294.
- Pintadis, S., Boonsaen, P., Hattakum, C., Homwong, N. and Sawanon, S. (2020). Effects of Agro-food Industry By-products in the Finishing of Culled Dairy Cows: Effects on Meat Quality. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 11:295-302.
- Purslow, P. P. (2005). Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Quality. Journal of Animal Science*, 91:1454-1467.
- Salami, A. S., O'Grady, N. M., Luciano, G., Priolo, A., McGee, M., Moloney, P. A. and Kerry, P. J. (2021). Fatty acid composition, shelf-life and eating quality of beef from steers fed corn or wheat dried distillers' grains with solubles in a concentrate supplement to grass silage. *Meat Science*, 173:1-10.
- Sawanon, S. (2018). The use of pineapple by-products as food for beef cattle. *Kasetapirom*, 24:30-27 (article in Thai).
- Sheffer, P. C. (2008). Holstein-Friesian. Retrieved from <https://www.britannica.com/animal/Holstein-Friesian>
- Sruamsiri, S. (2007). Agricultural wastes as dairy feed in Chiang Mai. *Animal Science Journal*, 78:335-341.
- Tassapong, P. (2014). Production and Management of Beef Cattle and Feedlot. Retrieved from <http://www.agi.nu.ac.th/science/>
- Tieoyong, T. (2018). Raising male dairy cows to provide high quality meat. Retrieved from <https://www.nfc.or.th/content/6759> (article in Thai).
- Wangkumhang, P., Wilantho, A., Shaw, J. P., Flori, L., Goudarzi, M. K., Gautier, M., Duangjinda, M., Assawamakin, A. and Tongsima, S. (2015). Genetic analysis of Thai cattle reveals a Southeast Asian indicine ancestry. *Peer J*, 3:e1318. doi: 10.7717/peerj.1318.
- Wu, J. J., Kastner, C. L., Hunt, M. C., Kropf, D. H. and Allen, D. M. (1981). Nutritional effects on beef collagen characteristics and palatability. *Journal of Animal Science*, 53:1256-1261.
- Wu, W., Xiao, G., Yu, Y., Xu, Y., Wu, J., Peng, J. and Li, L. (2021). Effects of high pressure and thermal processing on quality properties and volatile compounds of pineapple fruit juice. *Food Control*, 130:108293. doi:10.1016/j.foodcont.2021.108293.

(Received: 9 September 2021, accepted: 25 December 2021)

2. The effects of using pineapple stem starch as an alternative starch source and ageing period on meat quality, texture profile, ribonucleotide content, and fatty acid composition of *Longissimus thoracis* of fattening dairy steers.



Article

The Effects of Using Pineapple Stem Starch as an Alternative Starch Source and Ageing Period on Meat Quality, Texture Profile, Ribonucleotide Content, and Fatty Acid Composition of *Longissimus Thoracis* of Fattening Dairy Steers

Chanporn Chaosap ^{1,*}, Katatikarn Sahatsanon ², Ronachai Sithigripong ², Suriya Sawanon ³ and Jutarat Setakul ²

¹ Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

² Department of Animal Technology and Fishery, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand; katatikarnamwa3@gmail.com (K.S.); ronachai.sit@kmitl.ac.th (R.S.); ksejutar@gmail.com (J.S.)

³ Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand; agrsusa@ku.ac.th

* Correspondence: chanporn.ch@kmitl.ac.th; Tel.: +66-838829217



Citation: Chaosap, C.; Sahatsanon, K.; Sithigripong, R.; Sawanon, S.; Setakul, J. The Effects of Using Pineapple Stem Starch as an Alternative Starch Source and Ageing Period on Meat Quality, Texture Profile, Ribonucleotide Content, and Fatty Acid Composition of *Longissimus Thoracis* of Fattening Dairy Steers. *Foods* **2021**, *10*, 2319. <https://doi.org/10.3390/foods10102319>

Academic Editors: António Raposo, Renata Puppini Zandonadi and Raquel Braz Assunção Botelho

Received: 7 September 2021
Accepted: 27 September 2021
Published: 29 September 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The effects of different starch sources (ground corn (CO), ground cassava (CA) and pineapple stem starch (PI)) and ageing period (14 and 21 days) on meat characteristics of Holstein steers were investigated. Starch sources had no effect on meat characteristics, while meat aged for 14 days had less thawing loss than that aged for 21 days. Meat from steers fed PI had higher levels of inosine monophosphate (IMP) than the others ($p < 0.05$). With increasing duration of ageing, the content of IMP and guanosine monophosphate in the meat decreased, while the content of hypoxanthine increased ($p < 0.05$). Meat from steers fed CO had the highest oleic acid but the lowest erucic acid ($p < 0.05$) in contrast to meat from steers fed PI, which had the lowest oleic acid but the highest erucic acid. Steers fed CO appeared to produce healthier meat as this was positively associated with monounsaturated fatty acid content. Meat from steers fed PI had higher levels of IMP, which may be associated with good taste.

Keywords: starch source; Holstein steers; meat characteristics; meat flavour; fatty acid profile

1. Introduction

Pineapple is one of the most important economic crops in the world, and Thailand is one of the countries with a large pineapple production. In 2020, 1.39 million tons of pineapple fruit were produced, ranking sixth in the world for pineapple production [1]. Pineapples are usually consumed fresh or as pineapple juice, pulp or canned. By-products from pineapple production and canneries can account for 70–75% (*w/w*) of the crop, including peel, crown, core, stem and leaf [2]. For economic reasons, the large quantities of by-products from pineapple production should be properly utilized. Otherwise, improper waste management would lead to long-term environmental deterioration, especially through large-scale land clearing, which usually involves biomass burning and soil and water pollution.

In intensive production systems, strategic nutritional supplementation may be undertaken to compensate for deficiencies in the quantity and quality of pasture or forage fed to cattle prior to finishing [3]. High-concentrate commercial cattle fattening systems can provide a sustainable and adequate supply of live cattle to meet domestic consumption requirements with excellent meat quality [3–5]. High-concentrate fattening is easy to operate, and the results are predictable [5,6]. The main problem with high-concentrate finishing is

the high cost and it is only profitable if the starting value of the animal is low, concentrate costs are low or there is excellent carcass and meat quality [3,5,7]. Male dairy calves that are not desirable for dairy production can therefore be used for beef production, with lower initial cost of animals compared to beef breeds such as Charolais crosses, which are popularly fattened for premium beef in Thailand [8]. However, dairy breeds require 20% more energy and 25% more feed than beef breeds [9]. To achieve cost advantages, agro-industrial feed by-products can be used as alternative feed sources instead of using a main feed source of both roughage and concentrate. Several studies suggest that pineapple by-products such as pineapple cannery by-products [10], pineapple stem [11], pineapple stem by-product silage [12] and ensiled pineapple waste [2] can be used as a promising roughage source to improve rumen function and production performance of animals without compromising production quality and also reduce feed costs. In the past, the pineapple stem was left as waste after replanting before being dried in the sun and burned. Recently, the pineapple stem has been used to extract the enzyme bromelain [13] which can be used as a potential phytomedicinal agent, so the rest of the by-product can be used as a potential starch source for cattle. Pineapple stem starch has similar starch content, but higher amylose content and smaller starch particle size compared to corn and cassava starch: 98, 101 and 100% (*w/w*) for starch content; 34.4, 16.2 and 15.3% (*w/w*) of whole sample for amylose content; and 9.7, 15.8 and 15.8 μm for starch particle size of pineapple stem, corn and cassava starch, respectively [14]. Khongpradit et al., 2020 [15] found that pineapple stem starch can be a useful starch source with cost advantages for beef cattle to improve growth performance and increase rumen fermentation when formulated as a 40% concentrate compared to other starch sources, ground corn and ground cassava. In addition, Khongpradit et al. (in press) [7] found that the use of pineapple stem starch as a starch source in the concentrate for 206-day fattening dairy steers had a lower feed cost per gain compared to ground cassava and ground corn (2.90, 3.62, and 4.02 USD/kg, respectively).

The most important principles for the palatability of meat are tenderness, juiciness, and flavour, all of which are related to consumer satisfaction. Tenderness was the most important factor influencing beef palatability, but previous research has shown that when tenderness is adequate, flavour is the most important aspect of consumer satisfaction [16]. In addition, the nutritional value of meat, such as fatty acid composition, was an important preference factor for health-conscious customers [17]. Monounsaturated fatty acids (MUFA) are considered better for health, while saturated fatty acids (SFA) can cause health problems [18]. Concentrate-fed beef had more tender meat, higher intramuscular fat with higher MUFA, less connective tissue, and higher palatability scores compared to grass-fed beef [4]. Previous studies have shown that high intramuscular fat can improve flavour, juiciness, and tenderness [4]. Meat flavour is also related to the content of ribonucleotides, such as inosine monophosphate (IMP) and guanosine monophosphate (GMP), as they have an umami flavour [19,20]. However, hypoxanthine, the degradation product of IMP during post-mortem ageing, can cause a bitter taste. Apart from the feeding regime, post-mortem ageing may also serve to improve the tenderness of the meat due to post-mortem proteolysis by specific endogenous enzymes, especially calpains [21], which yield specific protein degradation products such as the 30 kDa degradation product of troponin T [22].

Due to the limited information on the effect of pineapple stem starch in cattle concentrate diet on meat characteristics, the objective of this study was to investigate the effect of pineapple stem starch and also ageing duration on meat quality, texture profile and ribonucleotide content of dairy steers. In addition, the effect of pineapple stem starch on fatty acid composition was investigated.

2. Materials and Methods

2.1. Animal Ethics

Muscle samples used in this study were from 36 Holstein steers that were part of a study funded by the Agricultural Research and Development Agency of Thailand (ARDA) (project code PRP6205031930), Khongpradit et al., 2020 and Khongpradit et al., (in press).

The pineapple stem starch used in this study was obtained from Hong Mao Biochemicals Co, Ltd. in Rayong, Thailand. The Animal Use and Ethics Committee of Kasetsart University, Thailand approved the experimental procedure (ACKU62-AGK-007).

2.2. Experimental Cattle and Muscle Collection

Thirty-six Holstein steers with an average weight of 453 ± 35.3 kg and age of 22 months were divided into three treatment groups of 12 steers each and each steer was fed individually. The treatments were three different sources of starch in the concentrate: ground corn (CO), ground cassava (CA), and pineapple stem starch (PI), all at a concentration of 40% (Table S1). From day 1 to day 74, all experimental animals were fed the concentrate ad libitum with Napier grass silage (3 kg/head/day in DM) in a ratio of 75:25. From day 75 to 206, steers were fed the same concentrate with roughage of Napier grass silage (2 kg/head/day in DM) and rice straw (0.9 kg/head/day in DM) in a ratio of concentrate to roughage of 76:24. Cattle were fed twice daily for up to 206 days. The steers were ready for slaughter at an average age of 33 months. Before slaughter, all animals were housed in an enclosure with access to water for 12 h. The animals were weighed, stunned, bled, skinned, eviscerated and washed. Carcasses were split lengthwise and stored at 1°C for 14 days. Samples of the longissimus thoracis (LT) were taken 14 days post-mortem from the left side of each carcass. All visible fat was removed from the samples, which were then divided into two 3-cm-thick subsamples and two 1.5-cm-thick subsamples. The first 3-cm-thick subsample was used for colour measurement on post-mortem day 14 and then weighed before being vacuum packed and stored at -20°C to further measure thawing loss, cooking loss, shear force and texture profile. The second 3-cm-thick subsample was vacuum packed, stored at 1°C for up to 7 days, then unwrapped, meat colour measured 21 days post-mortem, weighed, vacuum packed again, and stored at -20°C to measure thawing loss, cooking loss, shear force, and texture profile 21 days post-mortem. The first 1.5-cm-thick subsample was vacuum packed and stored at -80°C to further analyse ribonucleotide content and fatty acid composition on post-mortem day 14. The second 1.5-cm-thick subsample was vacuum packed, stored at 1°C for up to 7 days, and then stored at -80°C to further analyse ribonucleotide content on post-mortem day 21.

2.3. Meat Characteristics

2.3.1. Colour Measurement

The CIE L^* , a^* , and b^* values of three measurement positions of the cut surface of 3-cm-thick LT steak were measured 14 and 21 days post-mortem after 30 min of blooming at $25 \pm 2^\circ\text{C}$ using a handheld colorimeter with illuminant D65 and 8-mm aperture (MiniScan[®] EZ 45/0 LAV, Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, VA, USA).

2.3.2. Thawing Loss, Cooking Loss and Shear Force Analysis

Two 3-cm-thick subsamples, aged 14 and 21 days, were stored at -20°C for about 2 weeks, thawed at 4°C for 24 h and then weighed. Weight changes after thawing were expressed as a percentage of thawing loss. Thawed muscle samples were placed in a high-density polyethylene bag before sealing and then placed in a water bath set at 80°C and boiled for approximately 30 min until they reached an internal temperature of 70°C . The internal temperature was measured using a thermometer (TM-19475D, Lutron Electronics, Taipei City, Taiwan). The cooked samples were allowed to cool under running tap water for 30 min before being weighed. After cooking, the percentage weight loss was calculated. The cooked samples were sliced parallel to the fibre orientation to obtain eight slices (width \times length \times height, $1.25 \times 1.25 \times 3$ cm rectangle) before measuring shear force using a texture analyser (Model EZ-SX, Shimadzu, Kyoto, Japan) equipped with a 50 kg load cell and a crosshead speed of 50 mm/min. The shear force value of each sample was averaged from 8 slices.

2.3.3. Texture Profile Analysis

Texture profile analysis (TPA) samples were analysed in the same manner as the shear force samples. After cooling, the cooked surface was removed by cutting with a knife to avoid a hard, dry surface, and each sample was cut into 15-mm cubes. The fibre axis of each cube was perpendicular to the direction of the probe. A texture analyser was used to determine the TPA (model EZ-SX, Shimadzu, Kyoto, Japan). Using a 36-mm-diameter cylindrical probe, each sample was placed between special stainless-steel plates and compressed perpendicular to the muscle fibre orientation in two consecutive cycles of 50% compression (based on sample width, 127 mm/min crosshead speed) with a 1 s pause between cycles. The probe moved downward at a constant speed of 127 mm/min. The force–time data of each test were collected, and the mean values for the TPA parameters of each sample—hardness, springiness, gumminess, chewiness and cohesiveness—were calculated from at least four tests.

2.4. Ribonucleotide Analysis

Frozen 1.5-cm-thick subsamples from 14 and 21 days post-mortem were pulverized through cryogenic grinding using a micro-Waring Blender (50–250 mL). One gram of the pulverized muscle sample was homogenized in 6 mL of cold 0.6 M perchloric acid at 23,000 g for 10 s (T25 Ultra-Turrax[®], Ika, Staufen, Germany) according to [15]. After cooling for 15 min, the homogenate was neutralized with 5.4 mL of 0.8 M KOH and 0.25 mL of KH₂PO₄ buffer. The pH of the combined sample was raised to 7 with 0.8 M KOH and the volume was increased to 15 mL with HPLC water. An amount of 1 mL of the supernatant was aspirated into a small tube and frozen at –80 °C after centrifugation at 10,000 × g for 10 min at 4 °C (Scanspeed 1580R, Labogene, Lillerød, Denmark). The supernatants were analysed by HPLC (Chromaster, Hitachi, Tokyo, Japan) with a UV detector for IMP, inosine, hypoxanthine and GMP after the frozen sample was thawed and centrifuged at 10,000 × g for 5 min at 4 °C (Scanspeed 1580R, Labogene, Denmark). The stationary phase was a TSK Gel Amide –80 column (Tosoh, Tokyo, Japan) and the elution phase was a buffer of acetonitrile: KH₂PO₄, 70:30. External standards were used to calculate ribonucleotide content from a standard curve (57510 inosine-5-monophosphate disodium salt hydrate, 14,125 inosine, H9377 hypoxanthine, and G8377 guanosine-5-monophosphate disodium salt hydrate, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA).

2.5. Fatty Acid Analysis

The lipid extraction with chloroform was performed as described by [23]. Lipid was extracted from pulverized muscle samples at 14 days post-mortem with chloroform. Methyl Nona decanoate (SFA-013N, Accu Standard, New Haven, CT, USA) was added as an internal standard during the extraction procedure. A fused silica capillary column (100 m × 0.25 mm × 0.2 µm film thickness, model SPTM-2560, Supelco, Bellefonte, PA, USA) was used to evaluate the fatty acid methyl esters (FAM) by gas chromatography (model 7890B, Agilent, Santa Clara, CA, USA). The conditions for gas chromatography were as follows: temperature program: starting temperature 60 °C, followed by an increase of 20 °C/min to 170 °C, 5 °C/min to 220 °C, and 2 °C/min to 240 °C; carrier gas, He; split ratio, 10:1. Fatty acid methyl ester peaks were detected by comparing retention times with authentic standards (F.A.M.E. Mix, C4-C24, Supelco) and measured with an internal standard, nonadecanoic acid (C19:0).

2.6. Statistical Analysis

The data were considered as a 3 × 2 factorial arrangement in a completely randomised design, with 3 starch sources (CO, CA, and PI) and 2 ageing periods (14 and 21 days post-mortem). The general linear model procedure (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) was used for analysis of variance to analyse meat quality, texture profile, and ribonucleotide content, including the effects of starch source, ageing period, and their interaction. For fatty acid composition, only starch source was defined as a treatment. The PDIFF option was

used to separate least square means. P values less than 0.05 were considered statistically significant. Principal component analysis (PCA) was used to evaluate the relationship between ribonucleotide content and fatty acid composition in relation to the different starch sources and ageing period using XLSTAT software (Addinsoft, Long Island City, NY, USA).

3. Results and Discussion

3.1. Meat Quality and Texture Profile

In this study, there was no interaction between starch sources and ageing time on meat quality traits ($p > 0.05$), as shown in Table 1. Neither concentrate starch sources nor ageing time had any effect on meat colour ($p > 0.05$) as there were no significant differences in L*, a*, and b* when compared among starch sources or ageing time. There was no significant effect of starch sources on thawing loss and cooking loss ($p > 0.05$). However, ageing time had an effect on thawing loss because thawing loss was higher for a longer ageing time of 21 days than for an ageing time of 14 days, 4.06% and 3.08%, respectively. Shear force was not affected by starch sources and ageing time ($p > 0.05$). Texture profile analysis was performed to investigate whether the starch sources of the concentrate or the ageing time affected the meat texture of LT muscle of dairy steers. No significant interactive effect of starch sources and ageing time on meat texture was found ($p > 0.05$). Neither starch sources nor ageing time had any effect on the meat texture profile ($p > 0.05$). The average hardness of LT muscle in this study was 44.05 N/cm², springiness 0.99 cm, gumminess 24.87 N/cm², chewiness 24.46 N/cm and cohesiveness 0.57.

Table 1. Effect of starch source of concentrate and ageing period on meat quality and texture profile of fattening dairy steers.

Trait	Treatment (T) ¹			Ageing (A)		RMSE ²	p-Value		
	CO	CA	PI	14 Days	21 Days		T	A	T × A
	Meat Quality								
Colour									
L*	35.32	36.51	36.41	35.67	36.49	2.32	0.347	0.268	0.933
a*	14.46	15.29	14.78	14.96	14.72	1.79	0.509	0.676	0.339
b*	41.36	42.13	42.24	41.44	42.36	3.21	0.739	0.358	0.641
Thawing loss (%)	3.31	3.48	3.93	3.08 ^b	4.06 ^a	1.18	0.430	0.019	0.777
Cooking loss (%)	19.23	21.01	21.73	19.60	21.72	4.22	0.287	0.121	0.712
Shear force (kg)	5.72	4.97	5.03	5.41	5.07	1.08	0.151	0.328	0.949
	Texture Profile								
Hardness (N/cm ²)	40.57	42.74	48.85	40.92	47.19	22.80	0.615	0.392	0.890
Springiness (cm)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.00	0.473	0.694	0.636
Gumminess (N/cm ²)	24.29	23.95	26.38	22.98	26.76	12.60	0.863	0.351	0.931
Chewiness (N/cm)	23.48	23.94	25.95	22.27	26.64	12.46	0.858	0.275	0.945
Cohesiveness(ratio)	0.57	0.59	0.55	0.57	0.56	0.06	0.206	0.880	0.980

¹ CO, ground corn; CA, ground cassava; PI, pineapple stem starch. ² root mean square error; ^{a,b} Lsmeans having different superscripts within the same main effect are significantly different ($p < 0.05$).

The fact that no significant effect of starch sources on meat colour, thawing loss, cooking loss, and shear force was observed in the current study could be due to the similar pH of muscle from steers fed different starch sources as mentioned in the study by [7], which used the same sample sources as the current study. According to Hughes et al. 2019 [24], pH was found to be negatively correlated with water holding capacity and lightness. According to Moller et al. (2010) [25], muscle pH was negatively correlated with shear force, implying that shear force tends to decrease as pH increases. Another possible explanation for the non-significant shear force in beef from steers fed different starch sources could be the similar intramuscular fat content, as indicated by the similar amount of total fatty acids in this study. There was a positive correlation between intramuscular fat and tenderness of meat [26].

Proteolysis of muscle fibres can be impaired by ageing, leading to degradation of cytoskeletal proteins and then impairing the ability of muscle fibres to bind water [27]. As

muscle structures loosen due to the degradation of myofibrillar and cytoskeletal proteins, the ability to bind water decreases, resulting in a gradual release and drainage of intracellular fluid with prolonged ageing [27]. According to Ledward et al. 1992 [28], the colour of muscle tissue depends on the reflectivity and oxygenation of myoglobin. With ageing, the ability of muscle fibres to retain water decreases, which may improve reflectivity properties and thus increase brightness. Prolonged ageing may also improve the redness of steaks when exposed to oxygen. Ageing may affect mitochondrial function, resulting in decreased competition for oxygen between mitochondria and myoglobin, allowing oxygen to reach tissues [29]. In this study, no effect of ageing on meat colour was observed. This could be due to the fact that the effects of ageing usually occur in the early phase of ageing and myoglobin may not be able to bind oxygen after the early phase. As Colle et al., 2015 [30] found, L^* increased post-mortem with longer ageing from 2 to 14 days, but there was no difference in L^* during ageing from 14 to 63 days. In the current study, cooking loss was not affected by duration of ageing, but thawing loss was, because a longer ageing of 21 days resulted in higher thawing loss than ageing of 14 days. The higher thawing loss at the longer ageing duration in the present study might be related to the lower ability of the degraded muscle proteins to bind water [27].

Shear force is an objective measurement of tenderness, measured physically by the force required to cut muscle fibres. Shear force has been shown to be inversely related to tenderness. A previous study has shown that tenderness of meat improves when shear force decreases with increasing ageing time [30]. Proteolytic degradation of certain myofibrillar proteins by calpain proteases is responsible for the improved tenderness during ageing [21,31,32]. The presence of the 30 kDa polypeptide and the degradation of troponin-T indicate not only post-mortem proteolysis but also post-mortem decay of the muscle Z-disc [22,31,32]. Duration of ageing had no significant effect on shear force in the present study, which may be due to the fact that little or no post-mortem proteolysis occurred after 14 days of ageing. This is in agreement with the findings of [30] who found that post-mortem ageing of Longissimus lumborum steaks from 2 to 14 days improved tenderness, but no further improvement occurred after 14 days. Ageing also did not affect meat texture in this study as there were no significant differences in hardness, springiness, gumminess, chewiness and cohesiveness of 14-day and 21-day aged beef. Palka, 2003 [33] found that the hardness and chewiness of raw meat was two times lower compared between 5 and 12 days of ageing, but no significant difference was found in cooked meat.

3.2. Ribonucleotides

The interaction between starch sources and ageing time on ribonucleotide content was not significant in the present study ($p > 0.05$), as shown in Table 2. There was no significant effect of starch sources on the content of hypoxanthine, inosine and GMP, but there was a significant effect of starch sources on IMP content ($p < 0.001$) as meat from cattle fed with PI had a higher content of IMP than those fed with CO and CA, 107.21, 71.82 and 55.42 mg/100g, respectively. Ageing time affected the content of hypoxanthine, IMP and GMP ($p < 0.05$) but not the content of inosine ($p > 0.05$). At ageing of 21 days, higher hypoxanthine content than ageing for 14 days was found, 34.80 and 27.13 mg/100 g, respectively. At 14 days of ageing, the content of IMP and GMP was higher than at 21 days ageing, 107.44 and 48.86 mg/100 g for IMP and 3.47 and 2.33 mg/100 g for GMP, respectively.

Muscle is known to be turned to meat as food during post-mortem aging. Post-mortem aging improves the flavour and texture of meat. The increase in free amino acids and peptides caused by endogenous proteolytic enzymes in meat during post-mortem aging is associated with improved meat flavour [34]. It is believed that the increase in free amino acids helps to enhance brothy flavour, especially the umami taste, while the increase in peptides is responsible for the mildness of the meat [34]. During post-mortem meat aging, nucleotide triphosphates such as adenosine triphosphate (ATP) and guanosine triphosphate (GTP) are degraded, resulting in umami taste-related compounds

such as IMP and guanosine monophosphate (GMP) [19,20]. Adenosine triphosphate is degraded to adenosine diphosphate (ADP) and adenosine monophosphate (AMP), which are subsequently degraded to IMP. Inosine and hypoxanthine are produced once IMP is degraded [19,20]. Inosine is a tasteless substance, but hypoxanthine has a bitter taste [20,35]. Regarding the aging effect, IMP and GMP decreased with increasing hypoxanthine during post-mortem ageing in this study, which is consistent with previous studies [19]. These authors also found a significant decrease in inosine levels during ageing. This differs slightly from this study, which found lower levels of inosine in beef aged 21 days than in beef aged 14 days, with no statistical difference. The lower levels of IMP and GMP and the higher levels of hypoxanthine during ageing in the current study suggest that prolonged ageing has negative effects on beef flavour. However, there are many other factors that affect meat flavour, such as fatty acid composition. Melton et al. (1982) [36] reported that fatty acids such as myristoleic acid, palmitoleic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid and alpha-linolenic acid can cause good meat flavour.

Table 2. Effect of starch source of concentrate and ageing period on ribonucleotide of fattening dairy steers.

Trait ¹	Treatment (T) ²			Ageing (A)		RMSE ³	p-Value		
	CO	CA	PI	14 Days	21 Days		T	A	T x A
Hypo ⁴	31.76	33.52	27.61	27.13 ^d	34.80 ^c	9.80	0.294	0.019	0.507
Inosine	39.18	36.43	38.06	40.31	35.47	12.12	0.848	0.216	0.900
IMP ⁵	71.82 ^b	55.42 ^b	107.2 ^a	107.44 ^a	48.86 ^b	35.20	0.002	<0.0001	0.629
GMP ⁶	2.49	3.09	3.10	3.47 ^c	2.33 ^d	1.67	0.552	0.039	0.079

^{a,b} Lsmeans having different superscripts within the same main effect are significantly different ($p < 0.01$); ^{c,d} Lsmeans having different superscripts within the same main effect are significantly different ($p < 0.05$); ¹ mg/100 g.; ² CA = ground cassava; CO = ground corn; PI = pineapple stem starch; ³ root mean square error; ⁴ hypoxanthine; ⁵ inosine monophosphate; ⁶ guanosine monophosphate.

Propionate production in the rumen and the uptake of glucose from the rumen bypass concentrate in the small intestine are both major sources of glucose in concentrates, while roughage is an important source of acetate produced by the fermentation process in the rumen [5]. Theurer, 1986 [37] reported that dietary ingested starch can reach the small intestine between 4% and 60% in cattle depending on the grain source and processing. Optimizing starch fermentation in the rumen to produce propionate while increasing starch digestion in the small intestine bypassed by the rumen helps improve glucose supply. A very interesting finding of this study is the significantly higher content of the umami substance IMP in LT muscle of dairy steers fed pineapple stem starch in concentrate compared to ground corn and ground cassava as starch sources. This result suggests that cattle fed pineapple stem starch may be more palatable than the other two starch sources. The higher content of IMP might be related to the higher content of its precursor, glucose, in PI fed steers. Khongpradit et al., 2020 [15] found a significantly higher content of *Ruminococcus bromii* C1 and total short chain fatty acids (SCFA) in the rumen of cattle fed PI than CO and CA, suggesting that PI is more fermented in the rumen, which could be related to the smaller particle size of starch, lower neutral detergent fibre (NDF) and lower crude protein and lipid content associated with starch, making this starch source more degradable and fermentable than others. However, they found that the percentage of propionic acid in the rumen fermentation profile, the main source of glucose production, did not differ between starch sources. Therefore, the possible explanation for the higher IMP content in PI could be related to the higher glucose supply through small intestinal digestion. In a previous study, significantly higher amylose content was found in pineapple stem starch than corn and cassava [14]. Goats fed high amylose corn in the total mixed ration had more starch that was not degradable in the rumen and therefore more starch entered the small intestine for digestion, resulting in higher blood glucose levels [38]. Further studies are needed on the effects of the different starch sources in this study that could affect blood glucose levels.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. Fatty Acid Composition

The fatty acid composition of the different starch sources in the concentrate is shown in Table 3. There was no effect of starch source on fatty acid composition except that cattle fed CO had the highest oleic acid but the lowest erucic acid ($p < 0.05$), in contrast to cattle fed PI, which had the lowest oleic acid but the highest erucic acid. The content of oleic acid was highest in the meat of cattle fed CO and lowest in cattle fed PI, while cattle fed CA were not significantly different from the others, 43.70, 42.36 and 40.65% of total fatty acids, respectively. The content of erucic acid was higher in PI than the others, 0.45, 0.47 and 0.74% of total fatty acids for cattle fed CO, CA and PI, respectively. In addition, cattle fed PI tended to have more palmitic acid than the others ($P = 0.092$), 27.8, 27.90 and 29.59% of total fatty acids for meat from cattle fed CO, CA and PI, respectively. The most abundant fatty acid in the meat of this study was monounsaturated oleic acid, followed by saturated palmitic acid and stearic acid, which ranged from 40.64 to 43.70, 27.81 to 29.59, and 10.68 to 11.39% of total fatty acids, respectively. Starch sources had no effect on MUFA, PUFA (polyunsaturated fatty acid) and SFA (saturated fatty acid) ($p > 0.05$). However, meat from cattle fed PI tended to have lower levels of desirable fatty acids (DFA), which include MUFA, PUFA and stearic acid, than others.

Table 3. Effect of starch source of concentrate on fatty acid composition of fattening dairy steers.

Trait	Starch Source ¹			RMSE	p-Value	
	CO	CA	PI			
Fatty Acid Composition (% of Total Fatty Acids)						
Lauric acid	C12:0	0.18	0.19	0.17	0.05	0.776
Myristic acid	C14:0	4.37	4.84	4.83	0.46	0.133
Myristoleic acid	C14:1	1.55	1.81	1.54	0.45	0.501
Pentadecylic acid	C15:0	0.25	0.25	0.24	0.08	0.961
Palmitic acid	C16:0	27.81	27.90	29.59	1.57	0.092
Palmitoleic acid	C16:1	6.28	6.23	6.10	0.81	0.917
Margaric acid	C17:0	0.57	0.55	0.60	0.08	0.477
Heptadecenoic acid	C17:1	0.55	0.51	0.56	0.11	0.657
Stearic acid	C18:0	10.93	11.39	10.68	1.38	0.650
Oleic acid	C18:1n9c	43.70 ^a	42.36 ^{ab}	40.65 ^b	1.91	0.027
Linoleic acid	C18:2n6c	1.15	1.10	1.18	0.24	0.821
α -Linolenic acid	C18:3n3	0.23	0.23	0.18	0.07	0.383
Heneicosylic acid	C21:0	0.24	0.23	0.19	0.10	0.580
Erucic acid	C22:1n9	0.45 ^b	0.47 ^b	0.74 ^a	0.10	0.021
Arachidonic acid	C20:4n6	0.15	0.18	0.19	0.07	0.659
Lignoceric acid	C24:0	0.11	0.13	0.17	0.08	0.413
Nervonic acid	C24:1	1.49	1.64	2.40	0.82	0.116
Total fatty acid ²		8.60	9.37	9.07	1.82	0.748
SFA		44.45	45.49	46.45	1.99	0.200
MUFA		54.02	53.01	51.99	2.02	0.202
PUFA		1.53	1.51	1.55	0.27	0.956
UFA		55.55	54.51	53.55	1.99	0.200
DFA		66.48	65.91	64.22	1.76	0.072

^{a,b} Lsmeans having different superscripts within the same main effect are significantly different ($p < 0.05$); ¹ CA = ground cassava; CO = ground corn; PI = pineapple stem starch; ² g/100g muscle; SFA (saturated fatty acids): C12:0+C14:0+C15:0+C16:0+C17:0+C18:0+C21:0+C24:0; MUFA (monounsaturated fatty acids): C14:1+C16:1 + C17:1 + C18:1n9c+C22:1+C24:1; PUFA (polyunsaturated fatty acids): C18:2n6c + C18:3n3 + C20:4n6; UFA (unsaturated fatty acids): MUFA + PUFA; DFA (desirable fatty acids): MUFA + PUFA + C18:0.

Feeding cereal grains is one way to improve net energy supply because energy-rich grains can be used to form volatile fatty acids and glucose in the rumen and small intestine. When IMF preferentially uses glucose as a substrate for fatty acid synthesis while subcutaneous fat prefers acetate, the deposition of IMF is greater in diets with higher concentrate content as explained by [39]. According to Park et al. (2018) [5], the uptake of excess net energy is a key component of intramuscular fat (IMF) deposition. Konpradit et al.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2020) [15] reported the higher degradability of PI starch in the rumen resulting in higher weight gain, average daily gain and feed conversion ratio in PI-fed steers compared to CO- and CA-fed steers. However, the different sources of starch in the concentrate ration did not affect the intramuscular fat content, as indicated by the similar amount of total fatty acids in the present study. This is in agreement with Kongpradit et al., 2021 (inpress) [7] who reported non-significant intramuscular fat content in the meat of cattle fed different starch sources of CO, CA and PI. Regarding the fatty acid composition in the intramuscular fat of cattle, the concentration of MUFA in adipose tissue is catalysed by the enzyme Δ^9 -desaturase (stearoyl-CoA desaturase) [40]. Palmitic acid and stearic acid are the preferred substrates that are converted to palmitoleic acid and oleic acid, respectively [41]. The higher concentration of palmitic acid and the lower concentration of oleic acid in the intramuscular fat of meat from steers fed PI in the present study might be due to the lower activity of Δ^9 -desaturase. Therefore, further studies to determine Δ^9 -desaturase activity in the meat of cattle fed PI are needed to understand how PI affects lipogenesis. The other possible explanation for the higher oleic acid in the meat of cattle fed CO, and the lower content in the meat of cattle fed PI could be due to the energy balance between the different starch sources of the concentrate, which is why a higher proportion of rice bran was used in the CA and PI concentrate diets than in the CO concentrate diet, as detailed in Supplementary Table S1 [15]. Since corn contains a higher percentage of linoleic acid than rice bran (56.5% and 34.8%, respectively), as mentioned by [35], this fatty acid would be converted to oleic acid by biohydrogenation in the rumen and then accumulate in the muscles of cattle [36].

Grain-fed beef is one of the most plentiful sources of MUFAs in the form of oleic acid and may be a significant source of MUFAs in the human diet (18:1, n-9) [37]. The importance of MUFAs in cardiovascular health has been extensively established. Higher oleic acid content in beef is beneficial as it can increase blood HDL cholesterol levels and reduce cardiovascular disease risk factors [12]. In the present study, it was found that the significantly lower oleic acid content, a trend toward lower DFA content and a trend toward higher palmitic acid content in the meat of cattle fed PI could be a risk factor for human health. However, previous studies suggest that the oleic acid content of grain-fed diets is higher than that of grass-fed beef [13,37], including the concentrate base in this study. The oleic acid content in the meat of cattle fed PI is still higher compared to natural grass-fed beef and is therefore healthier.

3.4. Ribonucleotide Content and Fatty Acid Composition in Relation to Different Starch Sources in Concentrate and Ageing Period

PCA was performed to evaluate the relationships between ribonucleotide content and fatty acid composition of LT muscle from dairy steers fed different starch sources and aged for different periods of time, 14 days or 21 days (Figure 1). There were two principal components (PC1 and PC2) that explained 100% of the total variance (68.39% and 31.61%, respectively). The first component, PC1, was strongly positively loaded by inosine at 21 days of ageing, IMP at 14 days and 21 days of ageing, PUFA, SFA and C22:1n9, but strongly negatively loaded by hypoxanthine content at 14 days and 21 days of ageing and MUFA, UFA, DFA and C18:1n9c content. The second component, PC2, was strongly positively loaded by GMP content at 21 days ageing and inosine content at 14 days ageing but was strongly negatively loaded by GMP content at 14 days ageing.

The PCA bi-plot showing ribonucleotide content and fatty acid composition at different ageing times varied among the different starch sources. The different starch sources exhibited different characteristics. It was found that CO was strongly associated with MUFA, UFA, DFA and C18:1n9c content. Conversely, PI was strongly associated with fatty acid composition, PUFA, SFA, C22:1n9 and ribonucleotide content; inosine at 21 days of ageing and IMP at 14 and 21 days of ageing. CA showed significant differences in fatty acid composition and ribonucleotide content from others, especially hypoxanthine at 14 and 21 days of ageing. From the PCA bi-plot, the use of CO as a starch source in concentrate may provide healthier beef as it is positively strongly associated with the content of MUFA,

UFA and DFA, while the use of PI as a starch source may provide tastier beef, as it is positively strongly associated with the content of IMP.

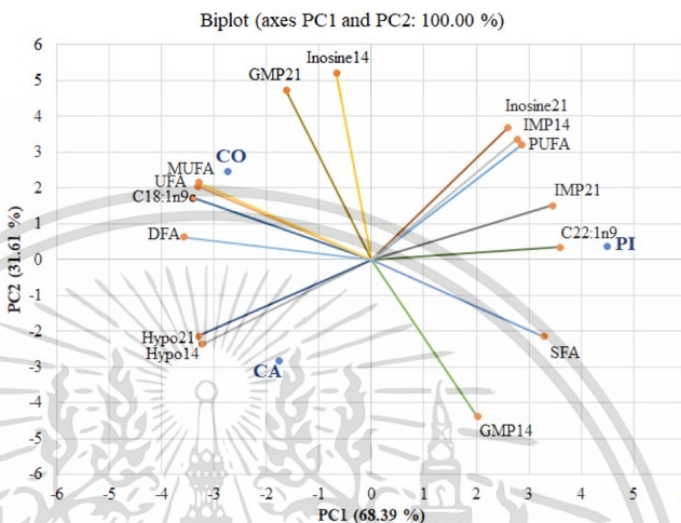


Figure 1. The results of principal component analysis (PCA) of ribonucleotide content and fatty acid composition at different ageing times varied among the different starch sources: CA = ground cassava, CO = ground corn, PI = pineapple stem starch, SFA (saturated fatty acids), MUFA (monounsaturated fatty acids), PUFA (polyunsaturated fatty acids), UFA (unsaturated fatty acids), DFA (desirable fatty acids), Hypo14 or Hypo21 (hypoxanthine content measured at day 14 or 21 post-mortem), inosine14 or inosine21 (inosine content measured on day 14 or 21 post-mortem), IMP14 or IMP21 (inosine monophosphate content measured on day 14 or 21 post-mortem), GMP14 or GMP21 (guanosine monophosphate measured on day 14 or 21 post-mortem).

4. Conclusions

Pineapple stem starch can be used as an alternative starch source in cattle concentrates without affecting meat quality, and it can also reduce feed costs. PI may also improve meat flavour, as meat from cattle fed PI may have a higher content of IMP than meat from cattle fed CO and CA. However, the meat from cattle fed CO appears to be healthier as it contains more oleic acid than others. The optimum ageing time to improve meat quality in dairy steers could not be more than 14 days because the improvement in meat quality did not occur after 14 days of ageing, and a longer ageing time could have a negative effect on meat flavour because the IMP and GMP content is lower after 14 days of ageing with higher hypoxanthine content.

Supplementary Materials: The following are available online at <https://www.mdpi.com/article/10.3390/foods10102319/s1>, Table S1: Ingredients and nutrient composition of concentrates and roughage (% DM).

Author Contributions: Conceptualization, Methodology, Resources, Formal analysis, Visualization, Writing—original draft, Writing—review and editing, C.C.; Project administration, Visualization, Supervision, R.S., J.S. and S.S.; Investigation, Methodology, Resources, K.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research did not receive any specific grants from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Institutional Review Board Statement: Animal Use and Ethics Committee of Kasetsart University, Thailand approved the experimental procedure (ACKU62-AGK-007).

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Department of Trade Negotiations, Ministry of Commerce, Thailand. Product Profile Pineapple. Available online: <https://api.dtn.go.th/files/v3/60fa587cef41404be4216b7f/download> (accessed on 1 September 2021).
- Suksathit, S.; Wachirapakorn, C.; Opatpatanakit, Y. Effects of levels of ensiled pineapple waste and pangola hay fed as roughage sources on feed intake, nutrient digestibility and ruminal fermentation of Southern Thai native cattle. *Songklanakarinn J. Sci. Technol.* **2011**, *33*, 281–289.
- Greenwood, P.L. Review: An overview of beef production from pasture and feedlot globally, as demand for beef and the need for sustainable practices increase. *Animal* **2021**, 100295. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Hwang, Y.-H.; Joo, S.-T. Fatty Acid Profiles, Meat Quality, and Sensory Palatability of Grain-fed and Grass-fed Beef from Hanwoo, American, and Australian Crossbred Cattle. *Food Sci. Anim. Resour.* **2017**, *37*, 153–161. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Park, S.J.; Beak, S.-H.; Jung, D.J.S.; Kim, S.Y.; Jeong, I.H.; Piao, M.Y.; Kang, H.J.; Fassah, D.M.; Na, S.W.; Yoo, S.P.; et al. Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle—A review. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* **2018**, *31*, 1043–1061. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Duckett, S.K.; Neel, J.P.S.; Lewis, R.M.; Fontenot, J.P.; Clapham, W.M. Effects of forage species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality. *J. Anim. Sci.* **2013**, *91*, 1454–1467. [[CrossRef](#)]
- Khongpradit, A.; Boonsaen, P.; Homwong, N.; Matsuba, K.; Kobayashi, Y.; Sawanon, S. Effect of Starch Source in Concentrate Diets and of Days on Feed on Growth Performance, Carcass Characteristics, Meat Quality, and Economic Return of Feedlot Steers. *Tropic. Anim. Health Product.* **2021**, in press.
- Sawanon, S.; Boonsaen, P.; Khongpradit, A. *A Guide for High Quality Beef Production from Fattening Male Dairy Cattle*; Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kamphaeng Saen Campus; Kasetsart University: Nakhon Pathom, Thailand, 2017.
- Duff, G.C.; McMurphy, C.P. Feeding Holstein steers from start to finish. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* **2007**, *23*, 281–297. [[CrossRef](#)]
- Choi, Y.; Lee, S.; Na, Y. Effects of a pineapple (*Ananas comosus* L.) canner by-product on growth performance and carcass characteristics in finishing Hanwoo steers. *Anim. Biosci.* **2021**, *34*, 233–242. [[CrossRef](#)]
- Pintadis, S.; Boonsaen, P.; Hattakum, C.; Homwong, N.; Sawanon, S. Effects of concentrate levels and pineapple stem on growth performance, carcass and meat quality of dairy steers. *Trop. Anim. Health Prod.* **2020**, *52*, 1911–1917. [[CrossRef](#)]
- Hattakum, C.; Kanjanaputhipong, J.; Nakthong, S.; Wongchawalit, J.; Piameya, P.; Sawanon, S. Pineapple stem by-product as a feed source for growth performance, ruminal fermentation, carcass and meat quality of Holstein steers. *S. Afr. J. Anim. Sci.* **2019**, *49*, 147. [[CrossRef](#)]
- Ketnawa, S.; Chaiwit, P.; Rawdkuen, S. Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. *Food Bioprod. Process.* **2012**, *90*, 385–391. [[CrossRef](#)]
- Nakthong, N.; Wongsagonsup, R.; Amornsakchai, T. Characteristics and potential utilizations of starch from pineapple stem waste. *Ind. Crop. Prod.* **2017**, *105*, 74–82. [[CrossRef](#)]
- Khongpradit, A.; Boonsaen, P.; Homwong, N.; Suzuki, Y.; Koike, S.; Sawanon, S.; Kobayashi, Y. Effect of pineapple stem starch feeding on rumen microbial fermentation, blood lipid profile, and growth performance of fattening cattle. *Anim. Sci. J.* **2020**, *91*, e13459. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Felderhoff, C.; Lyford, C.; Malaga, J.; Polkinghorne, R.; Brooks, C.; Garmyn, A.; Miller, M. Beef Quality Preferences: Factors Driving Consumer Satisfaction. *Foods* **2020**, *9*, 289. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Flowers, S.; McFadden, B.R.; Carr, C.C.; Mateescu, R.G. Consumer preferences for beef with improved nutrient profile. *J. Anim. Sci.* **2019**, *97*, 4699–4709. [[CrossRef](#)]
- Gilmore, L.A.; Walzem, R.L.; Crouse, S.F.; Smith, D.R.; Adams, T.H.; Vaidyanathan, V.; Cao, X.; Smith, S.B. Consumption of High-Oleic Acid Ground Beef Increases HDL-Cholesterol Concentration but Both High- and Low-Oleic Acid Ground Beef Decrease HDL Particle Diameter in Normocholesterolemic Men. *J. Nutr.* **2011**, *141*, 1188–1194. [[CrossRef](#)]
- Muroya, S.; Oe, M.; Ojima, K.; Watanabe, A. Metabolomic approach to key metabolites characterizing postmortem aged loin muscle of Japanese Black (Wagyu) cattle. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* **2019**, *32*, 1172–1185. [[CrossRef](#)]
- Tikk, M.; Tikk, K.; Tørngren, M.A.; Meinert, L.; Aaslyng, M.D.; Karlsson, A.H.; Andersen, H.J. Development of Inosine Monophosphate and Its Degradation Products during Aging of Pork of Different Qualities in Relation to Basic Taste and Retronasal Flavor Perception of the Meat. *J. Agric. Food Chem.* **2006**, *54*, 7769–7777. [[CrossRef](#)]
- Koohmarai, M.; Geesink, G. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Sci.* **2006**, *74*, 34–43. [[CrossRef](#)]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22. Ho, C.; Stromer, M.; Robson, R. Identification of the 30 kDa polypeptide in post mortem skeletal muscle as a degradation product of troponin-T. *Biochimie* **1994**, *76*, 369–375. [[CrossRef](#)]
23. Folch, J.; Lees, M.; Stanley, G.S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **1957**, *226*, 497–509. [[CrossRef](#)]
24. Hughes, J.M.; Clarke, F.M.; Purslow, P.P.; Warner, R.D. Meat color is determined not only by chromatic heme pigments but also by the physical structure and achromatic light scattering properties of the muscle. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2019**, *19*, 44–63. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Moeller, S.; Miller, R.; Edwards, K.; Zerby, H.; Logan, K.; Aldredge, T.; Stahl, C.; Boggess, M.; Box-Steffensmeier, J. Consumer perceptions of pork eating quality as affected by pork quality attributes and end-point cooked temperature. *Meat Sci.* **2010**, *84*, 14–22. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Frank, D.; Joo, S.-T.; Warner, R. Consumer Acceptability of Intramuscular Fat. *Food Sci. Anim. Resour.* **2016**, *36*, 699–708. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Huff-Lonergan, E.; Lonergan, S.M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci.* **2005**, *71*, 194–204. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Ledward, D.A.; Johnston, D.E.; Knight, M.K. *The Chemistry of Muscle-Based Foods*; Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK, 1992.
29. Mancini, R.; Ramanathan, R. Effects of postmortem storage time on color and mitochondria in beef. *Meat Sci.* **2014**, *98*, 65–70. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
30. Colle, M.; Richard, R.; Killinger, K.; Bohlscheid, J.; Gray, A.; Loucks, W.; Day, R.; Cochran, A.; Nasados, J.; Doumit, M. Influence of extended aging on beef quality characteristics and sensory perception of steaks from the gluteus medius and longissimus lumborum. *Meat Sci.* **2015**, *110*, 32–39. [[CrossRef](#)]
31. Chaosap, C.; Sivapirunthep, P.; Sitthigripong, R.; Tavitchasri, P.; Maduae, S.; Kusee, T.; Setakul, J.; Adeyemi, K. Meat quality, post-mortem proteolytic enzymes, and myosin heavy chain isoforms of different Thai native cattle muscles. *Anim. Biosci.* **2021**, online ahead of print. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
32. Chaosap, C.; Sitthigripong, R.; Sivapirunthep, P.; Pungsuk, A.; Adeyemi, K.; Sazili, A.Q. Myosin heavy chain isoforms expression, calpain system and quality characteristics of different muscles in goats. *Food Chem.* **2020**, *321*, 126677. [[CrossRef](#)]
33. Palka, K. The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle. *Meat Sci.* **2002**, *64*, 191–198. [[CrossRef](#)]
34. Nishimura, T. Mechanism Involved in the Improvement of Meat Taste during Postmortem Aging. *Food Sci. Technol. Int.* **1998**, *4*, 241–249. [[CrossRef](#)]
35. Jones, N.R. Meat and fish flavors; significance of ribomononucleotides and their metabolites. *J. Agric. Food Chem.* **1969**, *17*, 712–716. [[CrossRef](#)]
36. Melton, S.L.; Black, J.M.; Davis, G.W.; Backus, W.R. Flavor and Selected Chemical Components of Ground Beef from Steers Backgrounded on Pasture and Fed Corn up to 140 Days. *J. Food Sci.* **1982**, *47*, 699–704. [[CrossRef](#)]
37. Theurer, C.B. Grain Processing Effects on Starch Utilization by Ruminants. *J. Anim. Sci.* **1986**, *63*, 1649–1662. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
38. Wang, S.; Wang, W.; Tan, Z. Effects of dietary starch types on rumen fermentation and blood profile in goats. *Czech. J. Anim. Sci.* **2016**, *61*, 32–41. [[CrossRef](#)]
39. Smith, S.B.; Crouse, J.D. Relative Contributions of Acetate, Lactate and Glucose to Lipogenesis in Bovine Intramuscular and Subcutaneous Adipose Tissue. *J. Nutr.* **1984**, *114*, 792–800. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Grimari, J.M.; Corl, B.A.; Lacy, S.H.; Chouinard, P.Y.; Nurmela, K.V.V.; Bauman, D.E. Conjugated Linoleic Acid Is Synthesized Endogenously in Lactating Dairy Cows by Δ^9 -Desaturase. *J. Nutr.* **2000**, *130*, 2285–2291. [[CrossRef](#)]
41. Nakamura, M.T.; Nara, T.Y. Structure, function, and dietary regulation of $\delta 6$, $\delta 5$, and $\delta 9$ desaturases. *Annu. Rev. Nutr.* **2004**, *24*, 345–376. [[CrossRef](#)]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกตาทิการ สหัตสานนท์
วัน เดือน ปีเกิด	21 ธันวาคม 2540
ที่อยู่	3392/3 ซอยลาดพร้าว 130/2 ถนนลาดพร้าว แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
ประวัติการศึกษา	2563 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออก วิทยาเขตบางพระ
ผลงานวิชาการ	Sahatsanon, K., Chaosap, C., Sivapirunthep, P., Sawanon, S. Setakul, J. and Sitthigripong, R. 2022. “Effects of different starch sources in concentrates on meat characteristics, nutrient composition, and collagen solubility of dairy steers” International Journal of Agricultural Technology 2022. 18(1) : 347- 356. Chaosap, C., Sahatsanon, K., Sitthigripong, R., Sawanon, S. and Setakul, J. 2021. “The effects of using pineapple stem starch as an alternative starch source and ageing period on meat quality, texture profile, ribonucleotide content, and fatty acid composition of Longissimus thoracis of fattening dairy steers.” Foods. 10(10) : 2319