บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

โคพื้นเมือง

โคพื้นเมืองจัดอยู่ในกลุ่มโคอินเดีย ซึ่งเป็นโคในเขตร้อน แต่ยังไม่ทราบแน่ชัดในสายพันธุ์ดั้งเดิมและประวัติความเป็นมาในอดีต เมื่อพิจารณารูปร่างภายนอกโดยทั่วไปแล้วจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับโคพื้นเมืองของประเทศเพื่อนบ้าน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กัมพูชา และพม่า โคพื้นเมืองส่วนใหญ่มีนิสัยเปรียว ตื่นตกใจง่าย รักฝูง จดจำฝูงได้ดี มีขนาดเล็ก โตช้า ตัวผู้หนักประมาณ 350 กิโลกรัม ตัวเมียหนักประมาณ 250 กิโลกรัม เนื้อมีไขมันแทรกน้อย มีความสามารถทนทานต่อสภาพอากาศร้อนและอยู่ในภูมิประเทศที่ทุรกันดาร ชุกชุมไปด้วยโรค และแมลงของเขตร้อนได้ดี นอกจากนี้ยังให้ลูกดกผสมติดง่าย จรัญ (2515) รายงานว่า โคพื้นเมือง หมายถึงโคที่อยู่เมืองไทยนานมากแล้ว อาจจะเป็นโคซึ่งอยู่ในท้องถิ่นเดิมหรือโคซึ่งนำเข้ามาจากที่อื่นมานานแล้ว หรือโคซึ่งเกิดการผสมข้ามพันธุ์ไม่อาจแยกหรือแจกแจงเข้ากับโคพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่ง ซึ่งมีอยู่ในท้องถิ่นก็เรียกโคที่จำแนกไม่ได้นี้ว่า “โคพื้นเมือง” โคพื้นเมืองในท้องถิ่นต่าง ๆ มีลักษณะรูปร่างผิดแผกแตกต่างกันออกไป โคพื้นเมืองของไทยแบ่งออกเป็น 4 สายพันธุ์คือ 1. โคพื้นเมืองสายภาคเหนือ หรือโคขาวลำพูน 2. โคพื้นเมืองสายภาคอีสาน 3. โคพื้นเมืองสายภาคกลาง หรือโคลาน 4. โคพื้นเมืองสายภาคใต้ หรือโคชน (กรมปศุสัตว์, 2547)

โคขาวลำพูน

เป็นโคที่มีถิ่นกำเนิดในภาคเหนือของประเทศ พบเห็นได้โดยทั่วไปในจังหวัดลำปาง ลำพูน และเชียงใหม่ โคภาคเหนือเป็นโคที่ได้รับการปะปนจากโคอินเดียอยู่พอสมควร จึงมีขนาดร่างกายขนาดใหญ่กว่าโคในภาคอื่น ในเกณฑ์เฉลี่ยเดียวกัน สีและลักษณะประจำพันธุ์ เป็นโคที่มีขนาดเล็ก ลำตัว ขนพู่หาง ขนตามี ขนสีขาว เขาสีน้ำตาลส้ม เนื้อละเอียด ขอบตาและเนื้อจมูกมีสีชมพูส้ม ไม่มีจุดด่างขาวเหนียงคอ ขนาดปานกลางไม่พับย่นมากเหมือนโคพันธุ์อเมริกันบราห์มัน เนื้อกีบสีน้ำตาลส้ม และมีรูปทรงเขาเป็นรูปเชิงเทียนที่สวยงามซึ่งเป็นลักษณะเด่นประจำพันธุ์มองดูมีสง่าและสวยงามมาก จากคุณสมบัติที่มีลักษณะเด่น และเป็นลักษณะเฉพาะพันธุ์ โคขาวลำพูนจึงได้รับการคัดเลือกเพื่อใช้ในพระราชพิธีจรดพระนังคัลแรกนาขวัญน้ำหนักเพศผู้โตเต็มที่มีน้ำหนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประมาณ 350 - 450 กิโลกรัม เพศเมียโตเต็มที่มีน้ำหนักประมาณ 300 - 350 กิโลกรัม การประเมินพันธุ์แม่โคให้ลูกตัวแรกอายุประมาณ 33 เดือน น้ำหนักแรกเกิด 18 - 20 กิโลกรัม ระยะการอุ้มท้อง 290 - 295 วัน ช่วงห่างการให้ลูกประมาณ 460 วัน น้ำหนักหย่านมเมื่ออายุ 200 วัน เฉลี่ยน้ำหนัก 100 กิโลกรัม ข้อดีคือสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีมาก เป็นโคที่เลี้ยงง่าย มีความสมบูรณ์พันธุ์สูง (ผสมติดง่ายให้ลูกทุกปี) ให้ลูกดกและสม่ำเสมอ ความสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำได้ดี ทนต่ออากาศร้อนโรคและแมลงได้ดีเป็นโคที่มีลักษณะใหญ่มีสีขาวปลอดทั้งตัว เนื่องจากมีลำตัวสีขาวจึงทำให้ทนความร้อนจากแสงแดดได้ดีเป็นพิเศษ (กรมปศุสัตว์, 2553ก) จากอดีตที่ผ่านมาเกษตรกรได้ใช้แม่โคขาวลำพูนเป็นแม่พื้นฐานในการผลิตโคเนื้อคุณภาพสูง โดยนำไปผสมข้ามพันธุ์กับโคสายพันธุ์อื่นเช่น โคบราห์มัน โคพันธุ์ชาร์โรเล่ย์ หรือโคพันธุ์ตาก ทำให้แม่โคขาวลำพูนมีจำนวนประชากรลดลงอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ดังนั้นหากเกษตรกรต้องการใช้ประโยชน์จากโคขาวลำพูนอย่างยั่งยืน การใช้พ่อโคขาวลำพูนผสมกับแม่โคขาวลำพูนในฝูงให้ได้ลูกโคตัวเมียทดแทนแม่โคอย่างน้อย 1 ตัว จะเป็นการช่วยอนุรักษ์พันธุกรรมและสามารถใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนสืบไป และปัจจุบันกรมปศุสัตว์ก็มีน้ำเชื้อพ่อโคขาวลำพูนไว้บริการผสมเทียมภายใต้ความร่วมมือระหว่างองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO) และโครงการสภาพแวดล้อมสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme: UNEP) รวมทั้งมีกลุ่มนักวิจัยของเอเชีย (The Society for the Advancement of Breeding Researches in Asia and Oceania: SABRAO) ได้จัดให้มีการประชุมเกี่ยวกับการอนุรักษ์และจัดการแหล่งพันธุกรรมสัตว์ ทั้งในประเทศพัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา เพราะสัตว์ได้ถูกพัฒนาปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมข้ามสายพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้น ทำให้สัตว์พันธุ์ดั้งเดิมที่ให้ผลผลิตต่ำทยอยสูญพันธุ์และถูกแทนที่ด้วยสัตว์พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่า การอนุรักษ์พันธุ์สัตว์พื้นเมืองอาจทำได้โดยการเก็บตัวอสุจิ ไข่ ตัวอ่อน หรือฝูงสัตว์มีชีวิต และได้มีกลุ่มเกษตรกรในหลายจังหวัดในเขตภาคเหนือตอนบน ได้เห็นถึงความสำคัญในการอนุรักษ์ใช้ประโยชน์โคขาวลำพูนอย่างยั่งยืน จึงได้รวมกลุ่มกันจัดตั้ง “กลุ่มอนุรักษ์โคขาวลำพูน” โดยเฉพาะเกษตรกรในเขตจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน และจังหวัดพะเยา (กรมปศุสัตว์, 2553ข)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Figure 1 White Lamphun cattle (กรมปศุสัตว์, 2553ข)

โคลูกผสมบราห์มัน

โคบราห์มัน จัดเป็นโคเนื้อในเขตร้อน (*Bos indicus*) มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมในประเทศอินเดีย โดยคำว่าบราห์มัน เชื่อว่ามาจากคำว่า Bramini ซึ่งเป็นประเพณีทางศาสนาพราหมณ์ที่มีพ่อโคศักดิ์ สิทธิ์ ชื่อพราหมณี โดยโคบราห์มันเป็นโคที่พัฒนาพันธุ์มาจากพันธุ์ดั้งเดิมของโคเมืองร้อนหลายพันธุ์ได้แก่ พันธุ์ Guzerat, Nellore หรือ Ongole, Gir, Krishna และ Valley เป็นต้น ลักษณะประจำพันธุ์เป็นโคที่มีขนาดรูปร่างใหญ่ปานกลาง มีตะโหนกใหญ่พอประมาณ เหนียงคอยานค่อนข้างมากพับซ้อนเป็นหลับหนังท้องค่อนข้างหย่อนยาน ขนสั้นเกรียนสีขาวเทาและสีแดง อาจพบลักษณะลายจุดด้วย หูค่อนข้างยาวและกว้างปานกลาง ซึ่งโคเหล่านี้เป็นพันธุ์โคเมืองร้อนที่นิยมเลี้ยงกันในทั่วทุกภูมิภาคของโลก ใช้เป็นโคอเนกประสงค์ทั้งในแง่ของการผลิตเป็นโคพันธุ์แท้ โคลูกผสมโคเนื้อหรือโคนม โดยใช้เป็นแม่พื้นฐานในการสร้างสายพันธุ์โคพันธุ์ใหม่กรมปศุสัตว์ โดยกองบำรุงพันธุ์สัตว์ได้นำโคพันธุ์อเมริกันบราห์มันจากต่างประเทศเข้ามาเลี้ยงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2497 และทำการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มาโดยตลอด ในระยะแรกการคัดเลือกพ่อพันธุ์เพื่อทดแทนในฝูงผสมพันธุ์ได้ใช้วิธีการทดสอบสมรรถภาพการเจริญเติบโตที่สถานีทดสอบกลาง โดยทำการทดสอบโคเพศผู้ที่ศูนย์วิจัยทดสอบพันธุ์สัตว์ท่าพระ สถานีบำรุงพันธุ์สัตว์มหาสารคาม และปัจจุบันที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ลำพญากลาง มีการเก็บข้อมูล ซึ่งได้แก่ พันธุ์ประวัติ ลักษณะการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์พันธุ์หลังจากปี พ.ศ. 2538 ได้ดำเนินการคัดเลือกพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์โดยใช้คุณค่าการผสมพันธุ์ ผลจากการปรับปรุงคัดเลือกพันธุ์ดังกล่าวจึงถูกเรียกว่า “โคพันธุ์ไทยบราห์มัน” โคเพศผู้บางส่วนใช้สำหรับปรับปรุงพันธุ์โคพื้นเมืองและลูกผสมพื้นเมืองของเกษตรกร เพื่อเพิ่มปริมาณเนื้อและใช้เป็นแม่พันธุ์พื้นฐานในการผลิตโคเนื้อหรือโค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นมคุณภาพดีซึ่งโคดังกล่าวนี้มีลักษณะรูปร่างภายนอกเหมือนกับโคพันธุ์อเมริกับราห์มัน และมีอัตราการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์พันธุ์ใกล้เคียงกับโคในรุ่นปู่ ย่า ที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา แต่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมของประเทศไทยมากกว่า (กรมปศุสัตว์, 2553ค)

โคพื้นเมืองสายภาคกลาง (โคลาน)

โคพื้นเมืองจัดอยู่ในกลุ่มโคซีบู (*Bos indicus*) มีลักษณะใกล้เคียงกับโคพื้นเมืองของประเทศเพื่อนบ้านในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แต่ยังไม่ทราบแน่ชัดในสายพันธุ์ดั้งเดิมและประวัติความเป็นมาในอดีต โคพื้นเมืองไทยเป็นโคที่มีขนาดเล็กขนสั้นเกรียน โดยทั่วไปมีลำตัวสีน้ำตาลแกมแดง แต่อาจมีสีแตกต่างกันหลายสี เช่น ดำ แดง น้ำตาล เหลือง เป็นต้น หน้าผากแคบแบน ตะโหนกเล็ก เหนียงคอบาง ไม่มีหนังใต้ท้อง (สะดือ) ใบหูกางขนานกับลำตัว มีนิสัยเปรียว ตื่นตกใจง่าย รักฝูง จดจำฝูงได้ดี โคพื้นเมืองมีข้อดีได้แก่ เลี้ยงง่าย หากินเก่ง ไม่เลือกอาหารเพราะผ่านการคัดเลือกแบบธรรมชาติในการเลี้ยงแบบไล่ต้อนโดยเกษตรกร และสามารถปรับตัวให้เข้า กับการเลี้ยงโดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดได้เป็นอย่างดี ให้ลูกดก ส่วนใหญ่ให้ปีละตัว เพราะเกษตรกรคัดแม่โคที่ไม่ให้ลูกออกอยู่เสมอ ทนทานต่อโรค และแมลงและสภาพอากาศในบ้านเราได้ดี ใช้แรงงานได้ดี มีเนื้อแน่น เหมาะกับการประกอบอาหารแบบไทย สามารถใช้งานได้ แม่โคพื้นเมืองเหมาะที่จะนำมาผสมพันธุ์ กับพ่อพันธุ์หรือผสมเทียมกับพันธุ์อื่น เช่น โค บราห์มัน โคพันธุ์ตาก โคกำแพงแสน หรือโคกบินทร์บุรี ประวัติกำเนิดวัวลานนิยมเลี้ยงกันมากในภาคกลางโดยเฉพาะในจังหวัดเพชรบุรี ราชบุรี กาญจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ นครปฐม และสุพรรณบุรี ซึ่งคาดว่าจะมีโคในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวไม่ต่ำกว่า 3.2 แสนตัว เนื่องจากเกษตรกรในพื้นที่ภาคกลางส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำนา เมื่อเพาะปลูกเสร็จแล้ว ถึงฤดูเก็บเกี่ยวเกษตรกรก็จะนำข้าวที่เกี่ยวมาแล้วมาวางเรียงรายเป็นวงกลมล้อมเสาหลักตรงกลาง หรือเสาไม้ เป็นจุดศูนย์กลางเพื่อนำโคมาผูกราว (คาน) เรียงเป็นแถวรายตัวมากน้อยตามแต่ขนาดกองข้าวที่วางไว้บริเวณรอบ ๆ เสาหลัก จากนั้นก็ไล่ต้อนโคให้เดิน หรือวิ่งไปรอบ ๆ เสาไม้เพื่อย่ำข้าวจนกว่าเมล็ดข้าวจะร่วงหล่นจากรวงจนหมดเป็นอันเสร็จงานหน้าที่ของ “โคลาน” จากนั้นเกษตรกรชาวนาก็จะเก็บฟางเก็บข้าวออกจากลาน ทำให้โคลานมีเวลาว่างช่วงเดือน มีนาคม - พฤษภาคม ลักษณะประจำพันธุ์ นิสัยเปรียว ตื่นตกใจง่าย ลำตัวยาวบาง มีขนสีแดง สีน้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ ดำ แดง และด่างไม่มีเหนียงสะดือ มีเหนียงคอบางน้ำหนักแรกเกิด 15 - 17 กิโลกรัม น้ำหนักหย่านมเมื่ออายุ 200 วันเฉลี่ย 78 กิโลกรัม น้ำหนักเพศผู้เมื่อโตเต็มที่ 350 - 450 กิโลกรัม น้ำหนักเพศเมียเมื่อโตเต็มที่ 250 - 300 กิโลกรัม อายุเมื่อให้ลูกตัวแรก 33 เดือน ระยะการอุ้มท้อง 270 - 275 วัน ช่วงห่างการให้ลูก 365 - 380วัน (กรมปศุสัตว์, 2553ง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Figure 2 Thai native cattle (กรมปศุสัตว์, 2553ง)

หญ้าแพงโกล่า

หญ้าแพงโกล่า (*Digitaria decumbens*) เป็นหญ้าพื้นเมืองของทวีปแอฟริกา ซึ่งได้นำมาปลูกแพร่หลายในสหรัฐอเมริกา บริเวณตะวันออกเฉียงใต้ ฮาวาย และอินเดียตะวันตก หญ้านี้ถูกนำเข้ามาในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2496 ต่อมาปี พ.ศ. 2504 ได้มีการทดลองปลูกหญ้าแพงโกล่าจากสหรัฐอเมริกาจำนวน 4 สายพันธุ์ ที่สถานวิจัยของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แต่ผลการทดลองพบว่ามีผลผลิตต่ำกว่าหญ้าขน (บรรทัด, 2551) จึงทำให้ไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก จนกระทั่งในปี 2535 Dr. T. Yu ชาวไต้หวัน ร่วมกับบริษัทเครือเจริญโภคภัณฑ์ได้นำพันธุ์หญ้าแพงโกล่าสายพันธุ์ 254A จากไต้หวันเข้ามาทดลองปลูก พบว่าหญ้ามีการเจริญเติบโตได้ดี จึงขยายพันธุ์เพื่อผลิตเป็นหญ้าแห้งออกจำหน่าย ต่อมากรมปศุสัตว์ได้นำหญ้าสายพันธุ์นี้ไปแนะนำเกษตรกรในจังหวัดกำแพงเพชรและสุพรรณบุรีปลูกขายเป็นหญ้าสด และหญ้าแห้ง (สายัณห์, 2547)

หญ้าแพงโกล่าเป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี แตกกอดี มีใบดก ลักษณะลำต้นกึ่งเลื้อยมีรากบริเวณข้อของลำต้น มีขนาด ลำต้นเล็กไม่มีขน อ่อนนุ่ม ปลูกขยายพันธุ์ได้ด้วยท่อนพันธุ์สามารถปรับตัวขึ้นได้ดีในพื้นที่ลุ่มและมีการระบายน้ำดี ให้ผลผลิตประมาณ 4 ตันต่อไร่ต่อปี มีโปรตีน ประมาณ 7 - 11% เหมาะสำหรับตัดทำหญ้าแห้ง ซึ่งจะมีคุณค่าทางอาหารสูง มีความน่ากิน ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่ฝนตกเฉลี่ยมากกว่า 1,000 มิลลิลิตรต่อปี อุณหภูมิอยู่ในช่วง 19 - 35 องศาเซลเซียส การปลูกหญ้าแพงโกล่ามีข้อดีอีกหลายประการ เช่นไม่มีโรคและแมลงรบกวน ต้นทุนสูงในปีแรก ส่วนปีต่อไปต้นทุนจะลดลง เนื่องจากการปลูกแต่ละครั้งจะสามารถเก็บเกี่ยวได้นาน 5 - 7 ปี เหมาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กับเกษตรกรที่ต้องการลดพื้นที่ทำนา ตัดวงจรโรคและแมลง หรือลดอัตราเสี่ยงจากน้ำท่วมในฤดูฝน สถานีอาหารสัตว์แพร่ได้ทดสอบการจัดการแปลงหญ้าแพงโกล่าเลี้ยงโคพันธุ์บราห์มันเพศผู้ไม่ตอน มีน้ำหนักเฉลี่ยตัวละ 230 กิโลกรัมทำการปล่อยแทะเล็มหมุนเวียนในแปลงหญ้าขนาดพื้นที่ 4 ไร่มีการให้น้ำระบบน้ำฝอยในขณะฝนทิ้งช่วงทุก 10 วัน ๆ ละ 3 ชั่วโมง ให้โคกินหญ้าแพงโกล่าอายุประมาณ 40 วัน ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคมเป็นเวลา 180 วัน พบว่าโคพันธุ์บราห์มันมีน้ำหนักเฉลี่ย 333 กิโลกรัมต่อตัว หรือมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยวันละ 580 กรัมต่อตัว (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2545)

คุณภาพซาก (carcass quality)

คุณภาพซาก หมายถึง ลักษณะร่วมกันของคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ปริมาณของเนื้อแดง ไขมัน และกระดูก เป็นคุณสมบัติที่บ่งบอกในเชิงปริมาณที่มีผลต่อคุณค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ส่งผลให้ได้รับความนิยมจากผู้ผลิตและผู้บริโภค ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพซาก คุณภาพซากของสัตว์มีปัจจัยที่เป็นตัวบ่งบอกว่าดีหรือไม่ ดังนี้ (สัญชัย, 2550)

1. ตัวของสัตว์ ซึ่งหมายถึงสภาพโดยทั่ว ๆ ไปของสัตว์ก่อนนำมาฆ่าเพื่อใช้เป็นอาหาร สามารถจำแนกได้ดังนี้
   ก. ลักษณะทางพันธุกรรม คือลักษณะที่เกี่ยวข้องกับยีน (gene) ซึ่งได้แก่
      - ชนิด สัตว์ที่ใช้เป็นอาหารมีทั้งตัวเล็กและใหญ่ เช่น นก ไก่ เป็ด กระต่าย แพะ แกะ สุกร โค หรือกระบือ สัตว์ต่างชนิดกันจะมีลักษณะความแตกต่างทั้งปริมาณ และความแข็งแรงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ปริมาณ และชนิดไขมันที่ต่างกัน
      - พันธุ์ สัตว์ชนิดเดียวกัน แต่ต่างสายพันธุ์จะมีความแตกต่างด้านคุณภาพซาก เช่น โคเนื้อพันธุ์ชาร์โรเลส์ จะให้คุณภาพซากที่สูงกว่าโคนมพันธุ์โฮลส์ไตน์ ฟรีเซียน
   ข. ลักษณะเฉพาะตัวของตัวสัตว์เอง
      - เพศ สัตว์เพศผู้และเพศเมียจะมีฮอร์โมนบางชนิดต่างกัน มีผลต่อคุณภาพซากเช่น ฮอร์โมนเพศเมียช่วยกระตุ้นให้เกิดความอยากกินอาหาร ทำให้มีการเพิ่มน้ำหนักอย่างรวดเร็ว ส่วนฮอร์โมนเพศผู้จะกระตุ้นให้ร่างกายสะสมกล้ามเนื้อแดง (โปรตีน) สูง และมีปริมาณไขมันแทรกภายในและระหว่างมัดกล้ามเนื้อต่ำกว่าเพศเมีย แต่ถ้าได้รับการตอนจะมีปริมาณไขมันแทรกสูงขึ้น
      - อายุ สัตว์ที่มีอายุมากพ้นเจริญวัยไปแล้ว จะมีคุณภาพซากต่ำกว่าสัตว์ที่มีอายุกำลังเจริญวัย และทำให้คุณภาพเนื้อ เช่น สี ความนุ่มกว่าด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ตำแหน่งของกล้ามเนื้อบริเวณต่างๆ ในตัวสัตว์จะมีคุณภาพแตกต่างกันไป กล้ามเนื้อบางมัดจะมีลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อละเอียด มีปริมาณไขมันแทรกมาก และมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำ

ค. การเลี้ยงดูสัตว์ เป็นการจัดการที่มีผลต่อคุณภาพซาก

- การให้อาหารสัตว์ต้องสัมพันธ์กับระยะเวลาการเจริญเติบโตของสัตว์ การให้อาหารแต่ละระยะต้องให้ตามความต้องการโปรตีนและพลังงาน จึงทำให้สัตว์มีอัตราแลกเนื้อดี มีไขมันแทรกเพิ่มขึ้น
- การออกกำลังกาย ทำให้สัตว์ใช้แรงงานหรือมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ส่งผลให้มีการใช้ไขมันที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อเพื่อใช้เป็นพลังงาน และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ประกอบในกล้ามเนื้อนั้นก็จะเพิ่มความแข็งแรงขึ้น ทำให้คุณภาพซากลดลง

2. ส่วนประกอบของซากที่บริโภคได้ (edible meat)

หมายถึง ส่วนประกอบของซากที่นำไปใช้เพื่อการบริโภค โดยให้ความสำคัญมากเฉพาะเนื้อแดง ซึ่งสามารถให้ชิ้นส่วนที่มีปริมาณเนื้อแดงสูงได้แก่ ส่วนของขาสะโพก สันหลัง สันนอก และไหล่ เป็นต้น ซากที่ให้ส่วนประกอบเหล่านี้สูงจัดเป็นซากที่มีคุณภาพสูงด้วย

3. ความน่ารับประทาน (palatability)

หมายถึง การยอมรับของผู้บริโภคต่อเนื้อสัตว์นั้น ๆ โดยจะพิจารณาจากลักษณะภายนอกซากนั้น ๆ เช่น สุกรสีชมพูอมเทา เนื้อโคสีแดงสด เนื้อไก่สีเทา เป็นต้น ลักษณะรูปทรงของกล้ามเนื้อคงรูปดี ไม่เละ ผิวหน้าตัดของเนื้อแห้งและไม่เยิ้ม เป็นต้น

4. ความรู้สึกจากการบริโภค (eatability)

ความรู้สึกนี้จะเกิดขึ้นหลังจากได้เคี้ยวเนื้อ โดยพิจารณาจากความนุ่ม รสชาติ กลิ่น ความชุ่มฉ่ำ และความพอใจของผู้บริโภคต่อเนื้อนั้น (สัญชัย, 2550)

สำหรับองค์ประกอบซากได้แก่ การจำแนกผลผลิต (yield grade) ทำการวัดเมื่อทำการตัดแต่งซาก โดยให้ไขมันหุ้มซากหนา ½ นิ้ว หรือน้อยกว่า เกรดผลผลิตโดยมากประเมินจากชิ้นส่วนซากที่ใช้ประโยชน์ได้ เกรดผลผลิตมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบซากในด้าน เนื้อแดง ไขมัน กระดูก (Griffin *et al*., 1992) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างเกรดคุณภาพ (quality grade) และองค์ประกอบขึ้นกับปริมาณไขมันแทรก การเพิ่มขึ้นของไขมันทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อแดงลดลง (Savell *et al*., 1986) จากรายงานของ Brackebusch *et al.* (1991) พบว่าเนื้อโคมีแนวโน้มจะมีค่าเกรดผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักซากอุ่นและไขมันแทรกเพิ่มขึ้น สัญชัย และคณะ (2532) ได้ทำการทดลองนำโคขาวลำพูน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มาขุนเพื่อศึกษาขุนภาพซาก พบว่าโคขาวลำพูนมีน้ำหนักชีวิตเฉลี่ย 300 กิโลกรัม จะมีเปอร์เซ็นต์ซาก 55.38% พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน 52.66 ตารางเซนติเมตร เปอร์เซ็นต์ในการตัดแต่งชิ้นส่วนใหญ่ (four primal cut) ได้แก่ ขาสะโพก (round) ไหล่ (chuck) สันหลัง (rib) สันสะเอว (loin) มีค่าเป็น 23.45, 27.45, 8.03 และ 13.76% ตามลำดับ สำหรับการศึกษาของ รักเกียรติ และคณะ (2550) รายงานว่า โคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยในทุ่งหญ้าต่างชนิดกัน ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการปล่อยในแปลงหญ้ากินนีสีม่วง และกลุ่มที่เลี้ยงในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล มีคุณภาพซากจากการตัดแต่งทั้งแบบไทยและแบบสากลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) สอดคล้องกับการทดลองของ สัญชัย (2535) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซากโคขาวลำพูนโดยได้รับอาหารหยาบที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ ฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรีย และฟางข้าวราดกากน้ำตาล - ยูเรีย และอาหารข้น 1% ของน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ซากที่ได้คือ 53.25, 52.18 และ 50.76% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ (p>0.05) สำหรับการศึกษาของ สมพร และคณะ (2550) ทำการศึกษาโคพื้นเมืองสายภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าฤดูกาลในการฆ่ามีผลต่อคุณภาพซากโดยแบ่งเข้าฆ่าในฤดูหนาว ร้อน ฝน ได้เปอร์เซ็นต์ซากเป็น 46.36, 46.64 และ 51.08% ตามลำดับ จากการศึกษาของ Moreira *et al.* (2003) พบว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าจะมีเปอร์เซ็นต์ซากต่ำกว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าที่มีการเสริมแร่ธาตุ (53.82 และ 56.14%) สำหรับผลของพันธุกรรมมีการศึกษาของ Prado *et al*. (2000) พบว่าโคที่มีเลือด ½ *Bos indicus* × ½ *Bos taurus* จะมีเปอร์เซ็นต์ซากต่ำกว่าเมื่อเทียบกับโคที่มีเลือด *Bos taurus* ที่สูงกว่า

กรดไขมันคอนจูเกตเตดลิโนเลอิก (conjugated linoleic acid, CLA)

กรดไขมันคอนจูเกตเตดลิโนเลอิก (conjugated linoleic acid, CLA) เป็นกลุ่มของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) ซึ่งพบในเนื้อโค เนื้อแกะ และผลิตภัณฑ์นม CLA สามารถผลิตจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยอาศัยกระบวนการ biohydrogenation และ isomerisation จากกรดไขมัน linoleic และ linolenic ซึ่งเป็นตัวตั้งต้นในการสังเคราะห์โดยแบคทีเรีย *Butyrivibrio fibrisolvens* (Pariza *et al*., 2000) ไขมันที่เป็นองค์ประกอบในหญ้าได้แก่ ไกลโคลิพิด (glycolipid) และฟอสโฟลิพิด (phospholipids) และกรดไขมันหลักที่พบได้แก่ linoleic (C18:2) และ linolenic (C18:2) เมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับอาหารไขมันผ่านในกระเพาะรูเมนจะเกิดการเปลี่ยนรูป (transformation) การเปลี่ยนแปลงขั้นต้นนี้อาศัยปฏิกิริยา hydrolysis ของพันธะเอสเทอร์ โดยมี microbial lipase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ขั้นตอนดังกล่าวต้องเกิดก่อนเพื่อจะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปในขั้นต่อมา คือการเกิด biohydrogenation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) และยังสามารถสังเคราะห์จากเนื้อเยื่อโดยกรดไขมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

C18:1 trans-11 และสารตัวกลางในกระบวนการ biohydrogenation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Bauman *et al*., 1999) ดังแสดงใน Figure 3

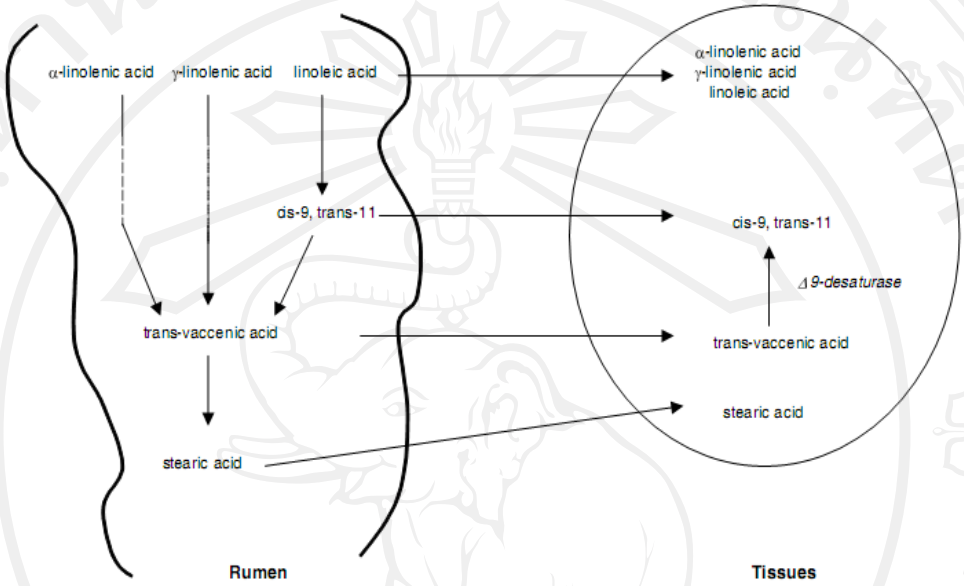

Figure 3 Biosynthesis of c9,t11-18:2 (modified from Griinari and Bauman, 1999)

ชนิดสัตว์มีผลต่อปริมาณ CLA ในเนื้อสัตว์ พบว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีระดับ CLA ในเนื้อสูงกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว ปริมาณ CLA ในเนื้อสัตว์ที่ใช้เพื่อบริโภคที่พบมากที่สุดคือเนื้อแกะ (4.3 - 19.0 mg/g lipid) รองลงมาเป็นเนื้อโค (1.2 - 10.0 mg/g lipid) สำหรับ CLA ในเนื้อสุกร ไก่ และม้า ต่ำกว่า 1 mg/g lipid (Fritsche and Steinhardt, 1998) และมีรายงานว่าเนื้อสัตว์ที่พบปริมาณ CLA มากที่สุดได้แก่ เนื้อจิงโจ้ (38 mg/g fatty acid) (Engelke *et al*., 2004) มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ CLA ในเนื้อสัตว์เช่น ฤดูกาล พันธุกรรม รูปแบบการเลี้ยง อาหาร มีรายงานว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสดจะมีระดับ CLA ในเนื้อมากกว่าโคที่เลี้ยงด้วยอาหารข้น (1.08 และ 0.37 g/100g meat) (French *et al*., 2000) สอดคล้องกับการทดลองของ Realini *et al*. (2004) ทำการขุนโคช่วงสุดท้ายด้วยหญ้าเพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณ CLA ในไขมันแทรก (intramuscular fat) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ขุนด้วยอาหารข้น (5.3 เทียบกับ 2.5 mg/g FAME ตามลำดับ) และ Sonon *et a*l. (2004) ทำการทดลองเลี้ยงปล่อยโคแทะเล็มหญ้าเป็นเวลา 200 วัน จากนั้นเปลี่ยนมาให้หญ้าแห้ง 60 วัน พบว่าระดับ CLA ในเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับแต่หญ้าแห้งเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) สำหรับการทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมียทั้งที่เลี้ยงด้วยหญ้าและเลี้ยงด้วยอาหารข้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (Nuernberg *et al*., 2002) การศึกษาของ Ip *et al*. (1994) พบว่า CLA มีประโยชน์ต่อสุขภาพ สามารถลดอัตราเสี่ยงในการเกิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดแดงแข็งตัว การเกิดเบาหวาน และมีผลต่อต่อการลดไขมันในร่างกาย จากการทดลองให้ CLA ในปริมาณ 0.05% แก่หนูสามารถลดอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็งตัว และหากให้ในปริมาณ 0.5% สามารถลดการเกิดเนื้องอกได้ 32% และการทดลองของ Steinhart (1996) รายงานว่าเมื่อให้ CLA แก่กระต่ายและหนูแฮมเตอร์ทางปากจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และลดการเกิดหลอดเลือดอุดตัน และในการทดลองในมนุษย์เมื่อได้รับอาหารที่มี CLA สามารถลดเนื้อเยื่อไขมันในร่างกายลงได้ (Smedmen and Vessby, 2001) สำหรับระดับ CLA ที่มนุษย์ต้องการในแต่ละวัน และสามารถแสดงผลต่อร่างกายอยู่ที่ประมาณ 5 กรัม/วัน (Zambell *et al*., 2000) ในเนื้อโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าเพียงอย่างเดียวสามารถให้ CLA เฉลี่ย 1.23 กรัมต่อเนื้อ 100 กรัมคิดเป็น 25% ของความต้องการแต่ละวัน ส่วนเนื้อโคที่เลี้ยงด้วยอาหารข้นจะให้เพียง 0.48 กรัมต่อเนื้อ 100 กรัม (Abbott *et al*., 2002)

คุณภาพเนื้อ (meat quality)

คุณภาพเนื้อเป็นสิ่งสำคัญในอุตสาหกรรมเนื้อ คุณภาพเนื้อเกี่ยวข้องกับความน่ารับประทานของเนื้อ (palatability) ความนุ่ม (tenderness) ความชุ่มฉ่ำ (juiciness) และรสชาติ (flavor) ความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพเนื้อ พบว่าการยอมรับจะเพิ่มขึ้นเมื่อคุณภาพเนื้อและเกรดผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยการตัดสินของ U.S. Department of Agriculture (USDA) ขึ้นกับการประเมินทางสายตา ทำการแบ่งเป็น 2 ปัจจัย ได้แก่ การเจริญเติบโตเต็มที่ทางสรีระและปริมาณไขมันแทรก (Miller and Palmore, 2005) มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ ปัจจัยที่ส่งเสริมคุณภาพเนื้อประกอบไปด้วย พันธุ์สัตว์และลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง คุณค่าทางโภชนะอาหาร ความสมบูรณ์ของร่างกาย ค่าความเป็นกรดด่างและอุณหภูมิหลังการตายของสัตว์ การจัดการสัตว์หลังตาย ในตอนสุดท้ายเมื่อเนื้อสัตว์มาถึงผู้บริโภคจะยอมรับในคุณภาพเนื้อหรือไม่จาก ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ รสชาติ ลักษณะที่ปรากฏเช่น สี เนื้อ ปริมาณไขมัน ปริมาณน้ำในเนื้อ (Brewer *et al*., 2001) เนื่องจากลักษณะดังกล่าวเป็นสิ่งสำคัญในการจำกัดความถึงการยอมรับคุณภาพเนื้อของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory) ได้แก่ พันธุ์สัตว์ (Lan *et al*., 1993) ปริมาณไขมันแทรกกล้ามเนื้อ (Rincker *et al*., 2008) ยีนที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อได้แก่ calpastatin และ μ - calpain (Casas *et al*., 2006) รวมถึง halothane gene และ ryanodine receptor gene (Fujii *et al*., 1991)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์สัตว์ต่อคุณภาพเนื้อ (breed effects on quality of meat)

พันธุ์สัตว์มีผลต่อคุณภาพเนื้อ เนื่องจากการปรับตัวโดยธรรมชาติ เพื่อทนต่อสภาพแวดล้อมหรือ มีการปรับปรุงพันธุกรรมสัตว์ เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่นเพื่อทนทานต่อโรค หรือเพื่อให้ได้คุณภาพเป็นไปตามความต้องการของตลาด เช่นโคพันธุ์บราห์มัน เป็นโคที่นิยมเลี้ยงทางตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกาเนื่องจากมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตามโคบราห์มันก็มีเนื้อที่เหนียวกว่า ซึ่งความเหนียวของเนื้อมีความสัมพันธ์กับปริมาณ calpastatin ในกล้ามเนื้อที่สูงกว่า (Ibrahim *et al*., 2008) สำหรับโค Wagyu เป็นโคที่มีปริมาณไขมันแทรกกล้าม เนื้อมาก เนื้อมีความนุ่มมากกว่า เมื่อมีการนำโค Wagyu และบราห์มันมาผสมกันได้โคพันธุ์ Waguli ซึ่งมีปริมาณไขมันแทรกสูง และปริมาณ calpastatin ต่ำทำให้เนื้อที่ได้นุ่ม มีความพยายามทำให้เนื้อโคบราห์มันนุ่มขึ้นโดยใช้การบ่มเนื้อ ความแตกต่างของพันธุกรรมมีผลต่อความแตกต่างโครงสร้างพื้นฐานเนื้อ เยื่อเกี่ยวพัน (การยึดเหนี่ยวและความสามารถในการละลายของคอลลาเจน) และองค์ประกอบของไขมันแทรกหรือลักษณะชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fibers) หากเกิดการกลายพันธุ์ในยีน myostatin จะทำให้เกิดกล้ามเนื้อเจริญแบบขยายขนาด (hypertrophy) ทำให้โคมีกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ซึ่งการกลายพันธุ์นี้ทำให้มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด type IIB มาก ทำให้ลดคอลลาเจน และปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ การเลี้ยงแบบปล่อยจะมีปริมาณคอลลาเจนสูงกว่าและทำให้เนื้อเหนียวกว่า (Hocquette *et al*., 2006) จากการศึกษาของ Smith *et al*. (2007) รายงานว่า น้ำหนักฆ่า น้ำหนักซากอุ่น พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เกรดผลผลิต การทำงานของเอนไซม์ calpastatin และเกรดคุณภาพซากมีความสัมพันธ์กับค่าอัตราพันธุกรรมที่สูง สำหรับปริมาณไขมันแทรก ความหนาไขมันสันหลัง อัตราการเจริญเติบโต (ADG) มีค่าอัตราพันธุกรรมปานกลาง

1. สีเนื้อ (color)

สีของเนื้อเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้บริโภคใช้ตัดสินใจในการเลือกซื้อและสามารถบอกถึงคุณภาพเนื้อได้ (Sapp *et al*., 1999) สีเนื้อที่เรามองเห็นมีผลจากปัจจัยดังนี้ 1. ค่า hue หมายถึงคลื่นแสงที่ตามนุษย์มองเห็นได้แล้วเรียกว่าเป็นสีอะไร เช่น เขียว เหลือง แดง และอื่น ๆ 2. ค่า chroma หรือ saturation หมายถึงความเข้มของสีนั้น ๆ ซึ่งอาจจะมีแสงสีขาว (white light) ผสมกันอยู่มากน้อยเพียงใด 3. ค่า value หรือ lightness หมายถึงการสะท้อนของสีหรือความสดใสของสีนั้น ๆ (ชัยณรงค์, 2529) โดยการวัดสีที่เปลี่ยนแปลงนี้ใช้ค่าการสะท้อนแสงของสีจาก myoglobin ค่าที่นิยมวัดออกมาได้แก่ค่า L* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่างของสีเนื้อ ส่วนค่า a* บอกถึงค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ และค่า b* เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (Jayden, 2007) สีเนื้อที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการ myoglobin ไปเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

metmyoglobin โดยกระบวนการ spontaneous oxidation ของ ไอออนเหล็กในรูป ferrous ($Mb\text{-}Fe^{2+}$) เป็น ferric ($Mb\text{-}Fe^{3+}$) ซึ่งไม่สามารถจับออกซิเจนได้ (Bekhit and Faustman, 2005) การเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อไปเป็นสีน้ำตาล (brown) หรือสีเข้มขึ้น (darker) กว่าสีเนื้อปกติมีผลต่อการยอมรับได้ของผู้บริโภคที่ลดลงโดยเฉพาะในเนื้อสด (Faustman and Cassens, 1990) ความเข้มข้นของ myoglobin ในกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันไปไม่เพียงขึ้นกับ ชนิดสัตว์ (species) สายพันธุ์ (breed) และลักษณะตำแหน่งเฉพาะของกล้ามเนื้อ เมื่อสัตว์อายุเพิ่มมากขึ้นจะเกิดปฏิกิริยา oxidation เพิ่มขึ้นใน mitochondria ซึ่งส่งผลให้ความเข้มข้นของ myoglobin เพิ่มขึ้นและนำไปสู่สีเนื้อที่แดงสดขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามมีผลในทางตรงข้ามเมื่อมีระดับออกซิเจนในกล้ามเนื้อต่ำจะนำไปสู่การเปลี่ยนรูปไปเป็น metmyoglobin แม้ว่าในสัตว์ชนิดเดียวกันก็มีความแตกต่างในการคงตัวของสีเนื้อ และมีความพยายามที่จะอธิบายความแตกต่างดังกล่าวจากปริมาณความเข้มข้นของ myoglobin และ metmyoglobin reductase ซึ่งการมี myoglobin reductase สูงจะเป็นปัจจัยสำคัญในการป้องกันสีเนื้อเปลี่ยนแปลง (Ledward, 1985) การทดลองของ Priolo *et al.* (2001) พบว่าเนื้อโคที่เลี้ยงในแปลงหญ้าจะมีเนื้อที่เข้มกว่าโคที่เลี้ยงด้วยอาหารข้น มีรายงานเกี่ยวกับเนื้อโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าจะมีปริมาณวิตามินอีสูง ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทำให้อัตราเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเนื้อลดลง ส่งผลทำให้การเปลี่ยน myoglobin ไปเป็น metmyoglobin ที่ทำให้เนื้อมีสีน้ำตาลช้าลงอีกด้วย (Melton, 1990) การเสริมวิตามินอีในอาหารสัตว์มีผลลดการเกิด oxidation ของไขมันในเนื้อสัตว์ (Webb *et al*., 1972) วิตามินที่ละลายในไขมันและขยายไปทั่วเนื้อเยื่อทั้งหมด ไม่เพียงแต่ช่วยปกป้องการเกิด oxidation ของไขมันยังช่วยทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีในการเปลี่ยนเป็น metmyoglobin ในเนื้อช้าลงซึ่งทำให้สีเนื้อคงตัว (Brown, 1953) เนื้อโคที่ได้รับการเลี้ยงด้วยอาหารข้นจะมีปริมาณวิตามินอี 0.5 µg/g เนื้อ สำหรับเนื้อโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าจะมีวิตามินอี 5 µg/g เนื้อ (West *et al*., 1997) จากการศึกษาของ Yang *et al*. (2002) พบว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าและการเสริมวิตามินอี ไม่พบความแตกต่างของสีเนื้อในค่าสีแดง (a*) สำหรับการศึกษาของ Vestergaard *et al*. (2000) รายงานว่าโคที่ได้รับการเลี้ยงด้วยหญ้าจะมีผลทำให้มีเนื้อสีคล้ำกว่าเมื่อเทียบกับโคที่เลี้ยงด้วยธัญพืชเนื่องจากมีสัดส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อ oxidative fiber เพิ่มขึ้น ส่วนผลการศึกษาความแตกต่างของสายพันธุ์ในโคลูกผสม Aberdeen Angus และลูกผสม Holstein -Friesian ต่อสีเนื้อไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่า L*, a* และ b* (Warren *et al*., 2008) สำหรับค่า L* และค่า a* มีความแตกต่างระหว่าง *Bos taurus* และ *Bos indicus* (Wulf *et al*., 1997) แต่สีของไขมันโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าจะมีสีเหลืองมากกว่าเนื่องจากหญ้าเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. วัดค่าแรงตัดผ่าน (shear force analysis)

เป็นการวัดเพื่อประเมินความนุ่มเหนียวของเนื้อ โดยวัดจากแรงที่ต้องใช้ในการตัดเนื้อให้ขาด ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อโคมีหลายประการดังนี้

1.) พันธุ์

โคพันธุ์ยุโรป (*Bos taurus*) และโคอินเดีย (*Bos indicus*) มีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อ เนื้อที่มาจากโคที่มีเลือดยุโรปสูงจะมีความนุ่มมากกว่า ดังนั้นโคบราห์มัน หรือโคที่มีเลือดบราห์มันระดับสูงจะมีความเหนียวเนื่องจากเนื้อโคมีระดับเอนไซม์ calpastatin สูงซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ calpain ซึ่งทำให้เนื้อนุ่ม สอดคล้องกับรายงานของ Pruzzo *et al*. (2000) พบว่าพันธุ์สัตว์มีผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อพบว่า *Bos taurus* มีค่าแรงตัดผ่านต่ำกว่า *Bos indicus* (32.14 และ 38.14 N ตามลำดับ) และการทดลองของ González *et al.* (2003) ค่าแรงตัดผ่านระหว่างโค Aberdeen Angus (A) และ Hereford (H) ผสมด้วย *Bos indicus* (B) ให้ได้เลือดลูกผสมเป็น (BA 1/4, BH 1/4, BA 3/8 และ BH 3/8) พบว่าค่าแรงตัดผ่านของโคสายพันธุ์ A × H มีค่าเป็น 82.32 N สำหรับลูกผสม *Bos indicus* และ Aberdeen Angus ที่มีเลือด 1/4 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อเป็น 79.38 N และที่มีเลือดเป็น 3/8 มีค่าแรงตัดผ่าน 84.28 N ตามลำดับซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อมีเลือด *Bos indicus* เพิ่มขึ้นค่าแรงตัดผ่านเนื้อจะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งก็หมายความว่าเนื้อเหนียวขึ้นด้วย

2.) อายุ

สัตว์อายุน้อยจะมี connective tissue ที่เป็นพวก intra และ inter molecular cross - linking ระหว่าง polypeptide chain ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูง ซึ่งมีผลทำให้ ความร้อนและเอนไซม์เข้าทำลายได้ยากขึ้น (จุฑารัตน์, 2539) ทั้งนี้ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อจะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับอายุสัตว์ด้วย (ชัย ณรงค์, 2529) โคที่มีอายุน้อยย่อมมีเนื้อนุ่มมากกว่าโคที่มีอายุมากซึ่งโดยทั่วไปแล้วโคขุนคุณภาพควรมีอายุไม่เกิน 3 ปี

3.) ระดับไขมันแทรก

เนื้อโคที่มีปริมาณไขมันแทรกสูงจะนุ่มกว่าเนื้อโคที่ไม่มีไขมันแทรก มีรายงานว่าปริมาณไขมันแทรกในเนื้อ ที่จะมีผลต่อความนุ่มของเนื้อโคไม่ควรน้อยกว่า 5% เนื้อโคขุนโพนยางคำมีระดับไขมันแทรกตั้งแต่ 4.5% และพบว่ามีระดับไขมันแทรกสูงได้ถึง 10% ในขณะที่โคขุนลูกผสมบราห์มันระดับสูงมีไขมันแทรกไม่ถึง 2%

4.) ขนาดและชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความนุ่มของเนื้อในขณะเดียวกันชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อได้แก่ red และ white fiber type มีส่วนสัมพันธ์กับความนุ่มของเนื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เช่นเดียวกัน โดยพบว่ากล้ามเนื้อที่มีปริมาณ red fiber ในสัดส่วนที่สูงกว่า white fiber เนื้อจะเหนียว เนื่องจากค่า pH ในกล้ามเนื้อลดลงช้า โคพื้นเมืองเป็นโคที่ไม่ถูกพัฒนาปรับปรุงด้านการสร้างกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อละเอียด ในขณะเดียวกันก็มีสัดส่วนของ red และ white fiber type สูง และยังเป็นโคในตระกูล *Bos indicus* อีกด้วย

5.) ชนิดของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อจากชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกายมีความนุ่ม ความเหนียวแตกต่างกัน เนื่องจากความแตกต่างของปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและไขมันที่เป็นส่วนประกอบของกล้ามเนื้อนั้น ๆ เนื้อจากส่วนของร่างกายที่มีการเคลื่อนไหวมาก เช่นเนื้อน่อง เนื้อต้นคอ เนื้อพื้นท้องจะมีเอ็นและพังผืดอยู่มาก ในทางตรงกันข้ามเนื้อสันในอยู่ในบริเวณที่มีการเคลื่อนไหวน้อย ดังนั้นจึงมีความนุ่มมาก จากรายงานของ Dransfield (1994) กล่าวว่าชนิดของกล้ามเนื้อมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อคุณภาพเนื้อโดย เฉพาะความนุ่ม และ Shackelford *et a*l. (1995) พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าแรงตัดผ่านเนื้อโคลูกผสมระหว่าง พันธุ์เฮียฟอร์ด แองกัส และบราห์มัน ที่บ่มนานเป็นเวลา 14 วัน มีค่าแตกต่างกันในกล้าม เนื้อแต่ละส่วน โดยพบว่ากล้ามเนื้อ *psoas major* และ *infraspinatus* มีความนุ่มมากกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น

6.) อาหาร

โคขุนที่ได้รับอาหารข้น ร่วมกับการให้อาหารหยาบอย่างต่อเนื่อง เนื้อจะนุ่มกว่าโคที่กินแต่หญ้าเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณไขมันในเนื้อที่มีมากขึ้น

7.) สารเร่งเนื้อแดง

โคขุนที่มีการใช้สารเร่งเนื้อแดงในกลุ่มเบต้าอะโกนิส เพื่อเร่งสร้างเนื้อแดงจะมีผลทำให้เนื้อมีความเหนียวมากขึ้น เพราะการใช้สารเร่งเนื้อแดงมีความสัมพันธ์กับปริมาณเอนไซม์ calpastatin ที่สูงขึ้น

8.) การเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาไกลโคไลซิสหลังสัตว์ตาย

ปฏิกิริยาไกลโคไลซิสภายหลังสัตว์ตาย ที่มีผลทำให้เกิดการใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ เพื่อสร้างพลังงานทำให้เนื้อยังทำงานได้ภายหลังสัตว์ตาย จะมีผลทำให้เกิดกรดแลคติก ทำให้ค่า pH ในกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังตายลดลง การเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยานี้ถ้าเป็นไปอย่างรวดเร็วจะทำให้ค่า pH ในกล้ามเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เข้าสู่สภาวะเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (rigor mortis) เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ระเวลาในการบ่มเนื้อลดลง เนื่องจากเอนไซม์ในเนื้อเข้าทำการย่อยสลายโปรตีนในเนื้อ (proteolysis) ได้เร็วขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

9.) ระยะเวลาในการบ่มเนื้อ

เนื้อโคจะนุ่มได้ต้องอาศัยเอนไซม์ในเนื้อที่สำคัญคือ calpain และ calthepsins เข้าทำการย่อยโปรตีนในเนื้อให้แตกสลาย เนื้อจึงนุ่มได้ การทำงานของเอนไซม์ต้องอาศัยระยะเวลา ซึ่งจะใช้เวลามากหรือน้อยก็ ขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอีกมาก โดยทั่วไปแล้วเนื้อโคขุนเลือดบราห์มันจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการบ่มนานกว่าเนื้อโคขุนเลือดยุโรป

10.) ความเร็วในการลดอุณหภูมิเนื้อ

การลดอุณหภูมิในเนื้ออย่างรวดเร็ว ภายหลังกระบวนการฆ่าสิ้นสุด อาจมีผลทำให้เนื้อเหนียวมากขึ้น เนื่องจากเกิดสภาวะ การหดตัวเนื่องจากความเย็น (cold shortening) ปรากฏการณ์นี้อาจเกิดขึ้นในกรณีที่นำซากโคเข้าห้องเย็นที่อุณหภูมิต่ำ ถ้าอุณหภูมิในเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วภายในเวลาในเวลา 10 ชั่วโมงลดลงต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส โอกาสที่จะเกิดสภาวะดังกล่าวมีสูงมาก โดยทั่วไปแล้วซากโคที่น้ำหนักสูง และมีไขมันหุ้มซากหนา โอกาสจะเกิดขึ้นมีน้อยกว่าโคที่มีไขมันหุ้มซากน้อย

11.) วิธีการปรุงอาหาร

วิธีการปรุงอาหาร มีผลอย่างมากต่อความนุ่มหรือเหนียวของเนื้อ ขึ้นกับกล้ามเนื้อนั้นมี เอ็น พังผืด และไขมันแทรกในเนื้อมากน้อยเพียงใด เนื้อสันนอกเป็นเนื้อที่มีความนุ่มมาก รองจากเนื้อสันในนิยมนำไปทำอาหารประเภทใช้ความร้อนสูง และเวลาสั้นในการทำให้เนื้อสุก เนื่องจากความร้อนทำให้โปรตีนของเนื้อเสื่อมสภาพ และทำให้เนื้อกระด้างแข็ง ดังนั้นชิ้นเนื้อที่มีความนุ่มอยู่แล้วไม่ควรปรุงให้สุกมาก (well - done) คนที่ชอบรับประทานเนื้อปรุงแบบสเต็ก แต่ทำให้สุกมาก ควรเลือกเนื้อสันนอกที่มีไขมันแทรก เพราะช่วยให้เนื้อไม่แห้งหรือแข็งกระด้าง เมื่อสุกแล้วเนื้อที่มีไขมันจะช่วยไม่ให้น้ำออกไปจากเนื้อ ในทางตรงข้ามเนื้อที่มีเอ็นอยู่มาก เช่น เนื้อน่อง เนื้อพื้นท้อง เนื้อคอ ควรปรุงสุกแบบใช้ความร้อนปานกลางในการต้มตุ๋น โดยใช้ระยะเวลานาน ซึ่งมีผลทำให้เอ็นนุ่มเนื่องจากเปลี่ยนสภาพเป็นเจลาติน (จุฑารัตน์ และญานิน, 2548)

3. ส่วนประกอบทางเคมี (chemical composition)

องค์ประกอบที่มีมากที่สุดในกล้ามเนื้อคือ น้ำ (USDA, 2008) ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยน้ำประมาณ 75% อย่างไรก็ตามมีความแปรปรวนมาก โดยเฉพาะกล้ามเนื้อหลังสัตว์ตาย โดยค่าเฉลี่ยของน้ำในกล้ามเนื้อหลังสัตว์ตายมีค่าระหว่าง 65 - 80% ของเหลวในกล้ามเนื้อแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ น้ำที่อยู่ภายในเซลล์และน้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ น้ำเป็นของเหลวที่มีความสำคัญในการควบคุมอุณหภูมิ เป็นตัวกลางระหว่างเซลล์ช่วยในการขนส่งสารอาหารภายในเซลล์ ระหว่างเซลล์ และระหว่างกล้ามเนื้อ องค์ประกอบที่พบมากในกล้ามเนื้ออันดับสองคือ โปรตีนมีค่าเฉลี่ยที่ 18.5% แต่ก็อาจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แปรปรวนได้ระหว่าง 16 - 22% โปรตีนมีหน้าที่สำคัญมากมาย เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อให้สามารถทำงานได้อย่างปกติ และมีความสำคัญในการยึดหดกล้ามเนื้อ โดยทั่วไปโปรตีนจะไม่ละลายที่ ionic strengths ต่ำ (พบว่าในกล้ามเนื้อมีค่า ionic strengths ≤ 0.15) แต่โปรตีนสามารถละลายได้ที่ ionic strengths สูง (≥ 0.3) องค์ประกอบของไขมันพบมากเป็นอันดับสาม ซึ่งองค์ประกอบของไขมันค่อนข้างแปรปรวนเนื่องจากหลายปัจจัย ได้แก่ อายุสัตว์ ระดับโภชนะที่ได้รับ และชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อที่สำคัญองค์ประกอบไขมันจะแปรผกผันกับองค์ประกอบของน้ำ (Callow, 1948) ไขมันอาจถูกสะสมในเซลล์กล้ามเนื้อ หรืออาจพบได้ระหว่างกล้ามเนื้อ (muscle bundles) ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบไขมันในกล้ามเนื้อมีประมาณ 3% แต่ค่าก็อาจแปรปรวนได้มากพบว่าอยู่ในช่วง 1 - 13% (USDA, 2008) ชนิดไขมันที่พบเป็นหลักในกล้ามเนื้อลายได้แก่ ไตรกลีเซอร์ไรด์ และฟอสโฟลิปิด โดยไตรกลีเซอร์ไรด์เป็นสัดส่วนที่พบมากที่สุด (Huff - Lonergan, 2010) สอดคล้องกับรายงานของ Tornberg (2005) ว่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสัตว์โดยทั่วไปมีน้ำ โปรตีน ไขมัน และสารละลายที่ไม่ใช่โปรตีนเป็น 75, 20, 3 และ 2% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีโลหะและวิตามิน 3% ความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของ เนื้อขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ สายพันธุ์ เพศ อายุ และชนิดของกล้ามเนื้อ (สัญชัย, 2550) สำหรับการ ศึกษาของ พร้อมลักษณ์ และสุภัทรา (2551) ที่ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างโคพื้นเมืองจาก 3 จังหวัด คือ ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี และพิษณุโลก เทียบกับโคขุน 3 ชนิด ได้แก่ โคบราห์มันทั่วไป โคบราห์มันเลี้ยงด้วยเปลือกสับประรด และโคโพนยางคำ รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโคสายพันธุ์ต่างๆ พบว่าเนื้อโคพื้นเมืองและเนื้อโคขุนมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันและอยู่ในช่วง 71 - 76% ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chizzolini *et al*. (1999) ว่ากล้ามเนื้อโคจะมีความชื้น 75.1% สำหรับปริมาณโปรตีนพบว่าเนื้อโคพื้นเมืองและเนื้อโคขุนมีปริมาณใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 20 - 22% ส่วนปริมาณไขมันพบว่าเนื้อโคขุนมีปริมาณไขมันมากกว่าโคพื้นเมือง โดยเนื้อโคโพนยางคำมีไขมันสูงที่สุด (4.23%) ซึ่งแตกต่างกับโคบราห์มัน (1.13%) และโคพื้นเมือง (0.77%) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (พร้อมลักษณ์ และสุภัทรา, 2551) สำหรับการศึกษาในโคพื้นเมืองเกาหลี (Hanwoo) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีที่ได้แก่ โปรตีน ความชื้น และไขมันมีค่าเป็น 21.7, 74.2 และ 3.11% ตามลำดับ (Kim *et al*., 2000) จากการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ได้แก่ Nguni, Bonsmara และ Angus ที่เลี้ยงในแปลงหญ้าพบว่าส่วนประกอบทางเคมีในเนื้อโคมีความแตกต่างกันโดยค่าความชื้น เป็น 77.4, 77.7 และ 77.7% ($p<0.05$) ตามลำดับ ส่วนค่าโปรตีน (protein content) ในเนื้อมีค่าเป็น 21.7, 20.8 และ 20.4% ($p<0.05$) ตามลำดับ สำหรับค่าองค์ประ กอบไขมันไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (Muchenje *et al*., 2009)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

กล้ามเนื้อโดยปกติขณะที่มีชีวิตมีค่า pH ประมาณ 7.2 หลังสัตว์ตายแล้วกล้ามเนื้อมีกระบวนการย่อยสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดการสะสมของกรด แลคติกในกล้ามเนื้อ ซึ่งค่า pH ของกล้ามเนื้อจะลดลง (สัญชัย, 2550) โดยจะลดต่ำลงช้าๆ จากค่า pH เดิมประมาณ 7.0 ไปเป็น 5.6 - 5.7 ภายใน 6 - 8 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย แล้วจึงลดลงสู่จุด pH สุดท้ายระหว่าง 5.3 - 5.7 ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย เนื่องจากเอนไซม์ต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการไกลโคไลซิส จะไม่ทำงานที่ pH ต่ำกว่า 5.4 การสะสมกรดแลคติกจะหยุดลงเมื่อ pH เท่ากับ 5.3 (สัญชัย, 2551) ค่าความเป็นกรด - ด่าง มีผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยเฉพาะค่า pH สุดท้าย (ultimate pH) มีผลเกี่ยวเนื่องกับสีและลักษณะปรากฏของเนื้อ พบว่ามีผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าค่า pH มีความสำคัญต่อกระบวนการแข็งตัวของซาก (rigor) และการบ่มซาก (ageing) ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของ pH_u ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว การย่อยสลายโปรตีน (proteolysis) และทำให้โปรตีนเสียสภาพ ปัจจัยที่มีผลทำให้ pH_U สูงขึ้น คือความเครียดเป็นระยะเวลานาน ส่งผลทำให้ไกลโคเจนและกรดแลคติกในกล้ามเนื้อมีปริมาณต่ำ โดยค่าความเป็นกรดด่างอยู่ที่ประมาณ 6.2 ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิด เนื้อคล้ำ ไม่คงรูป และแห้ง (dark, firm and dry; DFD) ในขณะที่สัตว์เกิดความเครียดในระยะสั้นจะส่งผลทำให้ pH ลดลงอย่างรวดเร็วทำให้เนื้อมีลักษณะ สีซีด เหลว ไม่คงรูป (pale, soft and exudative) (Tongberg *et al*., 2000) จากรายงานของ Xiong *et al*. (1996) ไม่พบความแตกต่าง pH_U ในกล้ามเนื้อโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสด และเมล็ดธัญพืชโดยค่า pH_U จะมีค่าระหว่าง 5.30 - 5.34 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Leheska *et al*. (2008) ไม่พบความแตกต่างของ pH ในเนื้อ สเต็กของโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าและเลี้ยงเชิงการค้า สำหรับการศึกษาของ Warren *et al*. (2008) พบว่ามีความแตกต่างของ pH ที่ 48 ชั่วโมงระหว่างโคที่เลี้ยงด้วยอาหารข้น และอาหารหยาบโดยพบความแตกต่างที่โคอายุ 2 ปีแต่ไม่พบความแตกต่างในโคอายุ 14 และ 19 เดือน นอกจากนี้พบว่าพันธุ์และอาหารเป็นปัจจัยที่ให้เกิดความแตกต่างของค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อ สำหรับการทดลองของรักเกียรติ และคณะ (2551) รายงานว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงมีค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพกไม่แตกต่างทางสถิติกับโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล (p>0.05) จากการศึกษาของ จุฑารัตน์ และคณะ (2548ก) ทำการทดลองให้โคลูกผสมพื้นเมืองบราห์มันพบว่าค่า pH ที่ 45 นาทีหลังตายอยู่ระหว่าง 6.65 - 6.70 และค่า pH ที่ 24 ชั่วโมงหลังตายอยู่ที่ 5.58 สอดคล้องกับการศึกษาของ Kim *et al*. (2000) ทำการศึกษาโคพื้นเมืองของเกาหลี (Hanwoo) พบว่าค่า pH กล้ามเนื้อสันนอกที่ 45 นาทีอยู่ที่ 6.63 และที่ pH ที่ 24 ชั่วโมงอยู่ที่ 5.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

การประเมินผลทางประสาทสัมผัสเป็นวิธีการประเมินโดยให้ผู้ทดสอบชิมตัดสินคุณภาพด้านความเหนียวความนุ่ม (tenderness) กลิ่น (flavour) รสชาติ (taste) ความชุ่มฉ่ำ (juiciness) และความพอใจโดยรวม (overall acceptability) โดยที่กลิ่นของเนื้อเกิดจากอนุพันธ์ของการเกิดปฏิกิริยา Maillard reaction ระหว่างกรดอะมิโนและ reducing sugar และเกิดการเปลี่ยนแปลงของไขมันเมื่อโดนความร้อน (Gandemer, 1999) รสชาติต่างๆ ที่ได้จากเนื้อ เช่นความหวานมีความสัมพันธ์กับกลูโคส ฟรุคโตส ไรโบส และ L - amino acids เช่น glycine, alanine, serine, threonine, lysine, cysteine, methionine, asparagine, glutamine, proline และ hydroxyproline รสชาติเปรี้ยวเกิดจาก aspartic acid, glutamic acid, histidine และ asparagines รวมถึง succinic, lactic, inosinic, ortho-phosphoric และ pyrrolidone carboxylic acids สำหรับรสชาติเค็มส่วนใหญ่เกิดจากเกลืออนินทรีย์ และเกลือโซเดียมของ glutamate และ aspartate ในขณะที่รสขมเกิดจากอนุพันธ์ของ hypoxanthine ทำปฏิกิริยากับ anserine, carnosine และ เปปไทด์อื่น ๆ รวมถึง L - amino acids อีกด้วย (Haefeli and Glaser, 1990) สำหรับรสอูมามิ (umami taste) เป็นรสชาติอร่อย (savoury) น่ารับประทาน เนื่องจากมี glutamic acid, monosodium glutamate (MSG), 5' - inosine monophosphate (IMP), 5' -guanosine monophosphate (GMP) และเปปไทด์อื่น โดยทั่วไป glutamate มีความสำคัญที่สุดแต่ในเนื้อโคมีปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับเนื้อสุกรหรือเนื้อไก่ เป็นผลทำให้เนื้อโคมีรสอูมามิที่น้อยกว่า (Kawamura, 1990) และจากเหตุผลดังกล่าวทำให้น้ำซุปที่ได้จากสุกรและไก่มีรสชาติที่ดีกว่า (Nishimura *et al*., 1988) อุณหภูมิมีผลต่อการสลายตัวของรสชาติเป็นผลจากการสูญเสียการทำงาน โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 121 °C ค่า pH ที่ 4.5 - 6.5 จะมีผลทำให้กลุ่มฟอสเฟตจาก IMP และ GMP เปลี่ยนจาก nucleotide เป็น nucleoside ตามด้วยการเกิด hydrolysis ปล่อยเบสออกมา (Shaoul and Sporns, 1987) หากที่อุณหภูมิ 100 °C ค่า pH 4 - 6 glutamic acid และ MSG จะเปลี่ยนเป็น pyrrolidone carboxylic acid (PCA) (Gayte - Sorbier *et al*., 1985) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเสื่อมของไขมันก็มีผลต่อรสชาติ และกลิ่นเนื้อ ซึ่งเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา oxidation และ degradation ทั้งกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวและกรดไขมันอิ่มตัว ผลิตภัณฑ์ที่ได้ตัวแรกจากการเกิด oxidation ได้แก่ monohydroperoxides สลายตัวจาก alkoxy radical ที่ได้จากกลิ่นหอมระเหย (aroma volatiles) ซึ่งโดยมากเป็นสาร aliphatic hydrocarbons (MacLeod and Ames, 1988) กลิ่นหอมระเหยของเนื้อโคถูกสร้างจาก benzenoids เช่น benzaldehyde, benzole acid, alkyl benzenes และ naphthalene การเกิด lipid oxidation เริ่มเกิดในเนื้อโคดิบและต่อเนื่องไปจนกระทั่งปรุงอาหาร ไขมันระหว่างกล้ามเนื้อเป็นแหล่งสำคัญสำหรับกลิ่นหอมระเหย เนื่องจากประกอบไปด้วย triacylglycerols

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งมี phospholipids อยู่มากและมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เพิ่มขึ้นด้วย (Mottram and Edwards, 1983)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นและรสชาติ

ไขมันและองค์ประกอบของไขมัน โดยทั่วไปแล้วอัตราการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันในเนื้อขึ้นกับองค์ประกอบของฟอสโฟลิปิด (phospholipids) ปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัว และความเข้มข้นของโลหะไอออน (metal ions) ออกซิเจน เกลือ รวมถึงโปรออกซิแดนท์ (pro - oxidant) การเกิดเปอร์ออกไซด์ (peroxides) เกิดจากปฏิกิริยาลูกโซ่ระหว่างอนุมูลอิสระของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) และออกซิเจน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาดังกล่าวได้แก่ อัลดีไฮด์ แลกโตน ไฮโดรคาร์บอน ฟูแรน และคีโตน ซึ่งสารเหล่านี้สร้างกลิ่นไม่พึงปรารถนา กลิ่นเหม็นหืน ระหว่างการเกิดออกซิเดชั่นของเนื้อ (Ladikos and Lougovois, 1990) การเกิดออกซิเดชั่นสามารถควบคุมโดยสารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในกล้ามเนื้อ เนื้อโคที่เลี้ยงด้วยหญ้า จะมีแนวโน้มการเกิดออกซิเดชั่นในไขมันที่ต่ำกว่าเนื้อโคที่เลี้ยงขุนด้วยธัญพืช เพราะว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าจะมีระดับวิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี แคโรทีนอยด์ และฟลาโวนอยด์ ซึ่งสามารถพบได้ในหญ้า (Wood and Enser, 1997) สัตว์ที่ได้รับอาหารที่มี polyphenol หรืออาจได้รับวิตามินอีเสริมในช่วงสุดท้ายของการขุน (finishing period) จะมีผลช่วยเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ไขมันพัฒนาการเกิดกลิ่นได้หลายรูปแบบ ไขมันในเนื้อเป็นตัวทำละลายสำหรับสารประกอบที่ระเหยได้ ซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นระหว่างการผลิต การจัดการ และระหว่างกระบวนการผลิตที่ใช้อุณหภูมิสูงในการผลิต (Moody, 1983) อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารประกอบที่มีผลต่อรสชาติเนื้อ และมีผลต่อรสชาติเนื้อบดในการตรวจชิมอย่างเด่นชัด เนื่องจากมีผลต่อปฏิกิริยา Maillard reaction ส่งผลต่อผลผลิตสุดท้ายที่ได้แตกต่างกันไป (Mottram and Edwards, 1983) และยังมีความสัมพันธ์ระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้แก่ C14:1, C16:1, C18:0, C18:1, C18:2 และ C18:3 ที่มีผลต่อรสชาติเนื้อที่ทำให้ผู้บริโภคพึงพอใจ หากมีกรดไขมันดังกล่าวมากจะทำให้ความพึงพอใจในการตรวจชิมเพิ่มสูงขึ้นด้วย แม้ว่ารสชาติของเนื้อสัตว์แต่ละชนิดจะขึ้นกับอัลดีไฮด์ที่ไม่อิ่มตัว กรดไขมัน คีโตน และอัลดีไฮด์อิ่มตัว ทั้งหมดมีบทบาทต่อการเกิดรสชาติเนื้อโค โดยเฉพาะการเกิดอัลดีไฮด์ซึ่งเป็นอนุพันธ์จากกรดไขมัน (Melton *et al*., 1982)

ผลของอาหารต่อกลิ่น (effect of diet on flavor)

ความเข้มข้นของรสชาติ อาหารเป็นสิ่งที่มีผลต่อการยอมรับได้ของผู้บริโภคและเมื่อเปรียบเทียบระหว่างโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าและธัญพืช มีบางรายงานแสดงว่าไม่มีผลแตกต่างระหว่างอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งสองกลุ่ม โดยมากความแตกต่างอธิบายได้ว่าเกิดจากระบบการผลิตซึ่งมีผลมาจาก ระดับอาหารที่ได้รับ วันที่ใช้เลี้ยง อัตราการเจริญเติบโต อายุของสัตว์ การสะสมไขมัน องค์ประกอบของไขมัน และน้ำหนักซาก (Brown *et al*., 1979) สำหรับการศึกษาของ French *et al*. (2000) รายงานว่าไม่พบความแตกต่างด้านกลิ่นและรสชาติเมื่อให้พันธุ์หญ้าที่แตกต่างกันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง และจากรายงานของ French *et al*. (2001) พบว่ากลิ่นและรสชาติเนื้อโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าและธัญพืชไม่แตกต่างทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตพบว่าสัตว์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงจะพบความแตกต่างทางกลิ่นและรสเมื่อทำการเทียบระหว่างการเลี้ยงด้วยหญ้าและอาหารข้น มีการศึกษาข้อมูลในสหรัฐอเมริกาทำการเปรียบเทียบเนื้อโคที่ผลิตภายในประเทศซึ่งนิยมเลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดเป็นอาหารหลัก เมื่อเทียบกับเนื้อโคที่ผลิตจากประเทศแคนาดาและญี่ปุ่นที่นิยมเลี้ยงด้วยข้าวบาร์เล่ย์ พบว่าผู้บริโภคชาวอเมริกันชื่นชอบกลิ่นและรสเนื้อโคที่ผลิตในประเทศมากกว่า Sitz *et al*. (2005)

ความเข้มข้นของไมโอโกลบินและธาตุเหล็กในเนื้อโค (Myoglobin and heme iron concentration in beef)

ไมโอโกลบินมีความสัมพันธ์กับการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน (Renerre and Labadie, 1993) ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเกิดกลิ่นและรสชาติเนื้อ อย่างไรก็ตามมีหลักฐานไม่มากนักที่สนับสนุนทฤษฎีนี้ จากรายงานของ Srinivasan *et al*. (1998) พบว่าปริมาณธาตุเหล็กและไมโอโกลบินรวมแตกต่างกันโดยโคที่เลี้ยงด้วยหญ้า (ธาตุเหล็ก = 3.7 mg/100 g เนื้อ) และในเนื้อโคที่เลี้ยงด้วยธัญพืช (ธาตุเหล็ก = 2.5 - 2.7 mg/100 g เนื้อ) ความแตกต่างนี้ยังขึ้นกับอายุสัตว์ โดยสัตว์ที่มีอายุมากจะมีธาตุเหล็กที่มากกว่า (Boleman *et al*., 1996) รวมถึงเพศสัตว์เพศเมียจะมีธาตุเหล็กต่ำกว่าด้วย (Gatellier *et al*., 2005) สำหรับ Yancey *et al*. (2006) รายงานว่ากลิ่น livery ในเนื้อโคจะเพิ่มขึ้นและการยอมรับจากผู้บริโภคจะลดลงเมื่อระดับธาตุเหล็กรวมเพิ่มขึ้นในกล้ามเนื้อ *M. gluteus medius* ธาตุเหล็กมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ (r = -0.51) กับรสและกลิ่นไม่พึงประสงค์ (off - flavor) นอกจากนี้ธาตุเหล็กยังเป็น prooxidant ซึ่งทำให้มีอิทธิพลต่อกลิ่นและรส (Batifoulier, 2002)

ผลของค่า pH ที่มีต่อกลิ่น (effect of pH on flavor)

ค่า pH ในอาหารมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงรสชาติ ในกระบวนการเกิดปฏิกิริยา Maillard เช่นเดียวกันการเพิ่มขึ้นของค่า pH สี และสารประกอบโพลีเมอร์ รวมถึงสารประกอบไนโตรเจน เช่น ไพราซีน (pyrazines) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่น (Mottram and Madruga, 1994) ค่าเฉลี่ย pH โดยทั่วไปเนื้อสดจะมีค่าระหว่าง 5.5 - 6.0 ค่า pH มีผลต่อการเกิด Maillard reaction หากค่า pH มีค่าสูงกว่าค่าปกติซึ่งส่งผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำให้ทำให้รสของเนื้อเปลี่ยนแปลงไป หากค่า pH สุดท้ายสูงขึ้นจะทำให้เกิด thiazoles และ thiophenone เนื่องจากการเสียสภาพของกรดอะมิโน ในขณะที่เกิดการลดลงของซัลเฟอร์ที่ระเหยได้มีผลต่อรสชาติที่ยอมรับได้ลดลง ซึ่งจะเกิดเมื่อค่า pH ลดต่ำลง (furanthiols, mercaptokin, aliphatic sulfides และ thiopenes เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก cysteine; Mottram and Madruga, 1994) สารประกอบจำนวนมากที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นในเนื้อสัตว์ และสารประกอบบางตัวมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ ในขณะที่ค่า pH ในเนื้อเพิ่มขึ้นจะช่วยทำให้โปรตีนเพิ่มคุณสมบัติการจับน้ำ (water binding properties) ระหว่างการปรุงอาหารหากมีโปรตีนที่ละลายน้ำได้มาก หากมีระดับโซเดียม และฟอสเฟต ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเนื้อทำให้รสชาติเหมือนกับเนื้อที่แสดงลักษณะผิดปกติคล้ำ แข็ง และ แห้ง (dark firm and dry; DFD) (Miller, 2001)

6. ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity; WHC)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ คือค่าความสามารถของเนื้อที่จะคงจำนวนน้ำให้เท่าเดิมหรือเกือบเท่าเดิมได้ แม้ว่าจะมีแรงจากภายนอกมากระทำ เช่น การตัด การให้ความร้อน การบด การอัด โดยอาจมีโมเลกุลน้ำที่เสียไปบ้างเป็นเรื่องธรรมดา สมบัติทางกายภาพหลายอย่างของเนื้อ เช่น สี ความแน่น มักมีความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นปัจจัยร่วม ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการลดน้ำหนัก (shrinkage) ในระหว่างการเก็บรักษา (ชัยณรงค์, 2529) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสามารถตัดสินได้จาก ค่าการสูญเสียน้ำ (drip loss) การสูญเสียน้ำเนื่องจากการปรุงอาหาร (cooking loss) ค่าการสูญเสียน้ำจากการละลาย (thawing loss) และค่าการสูญเสียน้ำจากการต้ม (boiling loss) ซึ่งค่า WHC มีความแตกต่างกันไปตามชนิดกล้ามเนื้อ ชนิดสัตว์ และความแตกต่างขององค์ประกอบและโครงสร้าง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในเนื้อสัตว์ซึ่งมีผลทำให้โปรตีนเสียสภาพไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ มีสาเหตุมาจากค่า pH ลดต่ำลงจนเกือบถึงค่า isoelectric point สำหรับการเปลี่ยนแปลงของ drip loss จะเกิดหลังสัตว์ตาย ส่วน cooking loss เป็นการสูญเสียน้ำจากการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิในขณะปรุงอาหาร และสิ่งแวดล้อมขณะทำอาหารเช่น น้ำ เกลือ เป็นต้น (Nollet and Toldra, 2009) จากการศึกษาของ Fujii *et al*. (1991) รายงานว่าสัตว์ที่มี ryanodine receptor จะทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อลดลงทำให้เกิด PSE (Pale, soft, and exudative) โดยสัตว์ที่มี halothane gene จะมีความเครียดง่าย ดังนั้นความรุนแรงของการเกิด PSE ก็มีผลจากสภาพแวดล้อมและความเครียดอีกด้วย นอกจากนี้รายงานของ Crouse *et al*. (1984) เปรียบเทียบโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าและอาหารข้นไม่พบความแตกต่างของค่า cooking loss และ thawing loss แต่พบความแตกต่างในตำแหน่งกล้ามเนื้อที่ต่างกันโดยกล้ามเนื้อ *Semitendinosus* จะมีการสูญเสียมากที่สุดรองลงมาคือ *Semimembranosus* และ *Longissimus*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

dorsi ตามลำดับ สำหรับ Varela *et al*. (2004) รายงานว่าโคที่เลี้ยงปล่อยแปลงหญ้า กับโคที่เลี้ยงในคอกให้ได้รับข้าวโพดหมักอย่างเต็มที่ร่วมกับอาหารข้น 4 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (drip loss) การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) และการสูญเสียน้ำเนื่องจากแรงดัน (pressure loss) (p>0.05) สอดคล้องกับรายงานของ Moloney *et al*. (2004) ที่รายงานว่าไม่พบความแตกต่างทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (drip loss) และการสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) ในโคที่เลี้ยงปล่อยแทะเล็มหญ้ากับโคที่เลี้ยงขังคอกโดยที่ทั้งสองกลุ่มได้รับอาหารข้นเต็มที่ก่อนฆ่าเป็นเวลา 6 เดือน และจากการศึกษาของ Kim and Lee (2003) ทำการศึกษาโคพื้นเมืองเกาหลี (Hanwoo) ที่มีเกรดซาก (carcass grades) แตกต่างกันไม่พบความแตกต่างของ เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียขณะปรุงอาหาร (cooking loss)

7. ปริมาณคอลลาเจน (collagen content)

คอลลาเจน เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน พบมากที่สุดในร่างกายสัตว์ มีผลอย่างมากต่อความนุ่มของเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีอยู่ 20 - 25% ของโปรตีนในร่างกายทั้งหมด คอลลาเจนจัดเป็นโปรตีนโครงสร้างที่สำคัญของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเป็นส่วนประกอบหลักของเอ็น พังผืด และมีเล็กน้อยที่กระดูกและกระดูกอ่อน โดยพบเส้นใยคอลลาเจนในอวัยวะและเนื้อเยื่อที่สำคัญรวมทั้งกล้ามเนื้อ ซึ่งปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดนี้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของตัวสัตว์ พบมากในกล้ามเนื้อที่ออกกำลังสูง เช่น ขา และไหล่ ดังนั้นกล้ามเนื้อส่วนนี้ จึงมีความเหนียวมากกว่ากล้ามเนื้อสันนอกและสันใน ซึ่งมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำ เพราะมีหน้าที่หลักในการเสริมโครงร่างเท่านั้น คอลลาเจนเป็นไกลโคโปรตีนที่มีปริมาณน้ำตาลกาแลคโตส (galactose) และกลูโคส (glucose) เพียงเล็กน้อย แต่มีกรดอะมิโนไกลซีน (glycine) เป็นปริมาณมากถึงหนึ่งในสามของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดในคอลลาเจน นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโน hydroxyl proline และ proline อยู่สูงเช่นกัน โครงสร้างของเส้นใยคอลลาเจนจะเป็นเส้นยาว โดยจะเกยซ้อนกันทุกหนึ่งในสี่ของความยาว ดังนั้นจึงทำให้เห็นคอลลาเจนเป็นลายทึบ เนื่องจากการซ้อนทับกัน ขนาดรูปร่างเส้นใยไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบ โดยปกติเส้นใยจะไม่มีสี หรืออาจมีสีขาว เช่นที่เอ็น ความแข็งแรง และคุณสมบัติที่ไม่ละลายน้ำของเส้นใยคอลลาเจนเป็นผลมาจาก intermolecular cross linkage ซึ่งถ้า cross linkage มีจำนวนน้อยจะง่ายต่อการฉีกขาด พบมากในสัตว์อายุน้อย ทำให้เนื้อนุ่มไม่เหนียว แต่เมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นปริมาณ cross linkage จะมากขึ้น การฉีกขาดของ linkage จะยากและยังทำให้มีความคงทนมากขึ้นด้วย เนื้อที่ได้จึงมีความเหนียว (สัญชัย, 2550) กล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของสัตว์ ประกอบด้วยโครงสร้างของคอลลาเจน และเส้นใยอีลาสติน (elastin fibers) ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

matrix ของ proteoglycan (Mc Cormick, 1999) ปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อจะอยู่ระหว่าง 1.5 - 10% ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณคอลลาเจนที่สูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่มากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นปริมาณคอลลาเจนที่ได้สามารถใช้เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงค่าความเหนียวความนุ่มของเนื้อได้ (Dransfield *et al*., 2003) จากการศึกษาพบว่า มีความแตกต่างของปริมาณคอลลาเจนระหว่าง *Bos taurus* และ *Bos indicus* เมื่อมีเลือด *Bos indicus* อยู่มากจะทำให้เนื้อมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นโดยมีปริมาณคอลลาเจนชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble collagen) พบในปริมาณที่มากขึ้นเมื่อเทียบกับ *Bos taurus* (Koohmaraie, 2002) สอดคล้องกับรายงานของ Stolowski *et al.* (2006) ที่พบว่าเมื่อเลือดโคบราห์มันเพิ่มขึ้น ปริมาณคอลลาเจนชนิดที่ละลายได้ (soluble collagen) ในเนื้อก็จะลดลงซึ่งสัมพันธ์กับค่าแรงตัดผ่านเนื้อจะเพิ่มขึ้น (p<0.05) อย่างไรก็ตามหากทำการทดลองในเนื้อสุกพบว่าปริมาณคอลลาเจน เนื้อโคจะมีค่าสหสัมพันธ์กับความเหนียวของเนื้อที่ลดต่ำลง (0.09 < r < 0.30; Serra *et al*., 2008)

8. ค่าการหืน (thiobarbituric acid reactive substance; TBARS)

การหืนเกิดจากการออกซิเดชั่นของ lipid ทำให้ได้ lipid peroxide ทำให้เกิดการกลิ่นและ รสที่ไม่พึงประสงค์ การเปลี่ยนแปลงของไขมันทำให้การหืนโดยเฉพาะเนื้อที่มีประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว จะเกิดการออกซิไดซ์ของกรดไขมันที่บริเวณพันธะคู่ได้ง่ายกว่า ส่งผลต่อการจัดเก็บและกระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์ และมีผลต่อคุณภาพเนื้อในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคในการประเมินด้านประสาทสัมผัส (Kanner *et al*., 1991) การหืนเกิดได้ 3 แบบ (นิธิยา, 2549) ดังนี้

1. Lipolysis เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อพันธะเอสเทอร์ในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ เกิดการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ด้วยเอนไซม์ไลเพส (lipase) ความร้อน กรด ด่าง หรือปฏิกิริยาทางเคมีใดๆ ก็ตาม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า lypolysis หรือ lypolytic rancidity หรือ hydrolytic rancidity ทำให้มีกลิ่นเหม็นหืนมาก เมื่อเกิดการหืนจะทำให้ไขมันละน้ำมันมีกลิ่นและรสชาติ

2. Oxidative rancidity เป็นการหืนที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา autoxidation ที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็น peroxide linkage ขึ้นระหว่างพันธะคู่ ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นเองแบบต่อเนื่องตลอดเวลาเมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ การหืนจากปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นในอาหารที่มีไขมันและน้ำมันผสมอยู่ การมีโลหะเช่น ทองแดงและตะกั่ว จะเป็นตัวเร่งในเกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ความร้อน และแสงก็มีผลช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นด้วย การหืนโดยปฏิกิริยานี้ทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายถูกทำลาย มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมันลดลง และยังทำลายวิตามินต่างๆ ที่ละลายในไขมันและน้ำมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. Ketonic rancidity เป็นปฏิกิริยา enzymatic oxidation ที่โมเลกุลของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวได้เป็นสารประกอบจำพวกคีโตน (ketone) ค่าการหืนของเนื้อสามารถตรวจสอบโดยใช้ค่า thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) เป็นการประเมินค่าความหืนของเนื้อโดยอาศัยวิธีการเปลี่ยนของสีขณะเกิดปฏิกิริยาระหว่าง malondialdehyde และ thiobarbituric acid จากการศึกษาของ Warren *et al*. (2008) พบว่าอาหารมีผลต่อการหืนของเนื้อโค โดยโคที่ได้รับอาหารข้นจะมีค่าความหืนของเนื้อสูงกว่าโคที่เลี้ยงด้วยอาหารหมัก (p<0.001) เนื่องจากโคที่ได้รับอาหารหยาบจะมีปริมาณวิตามินอีในเนื้อที่สูงกว่าเลี้ยงด้วยอาหารข้น และเพียงพอที่ป้องกันไม่ให้ไขมันเกิดการออกซิเดชั่นอย่างน้อย 7 วัน สอดคล้องกับรายงานของ Gatellier *et al*. (2005) ทำการศึกษาในโค 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เลี้ยงปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้า กลุ่มที่ 2 เลี้ยงขังแบบยืนโรงได้รับอาหารผสมคือ ข้าวโพดหมักกับหญ้าแห้งโดยทั้งสองกลุ่มได้รับอาหารข้นในปริมาณเท่ากัน พบว่ากล้ามเนื้อสันนอกของโคกลุ่มที่ 1 มีค่าการหืนของเนื้อ (TBARS) ต่ำกว่าโคกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่การศึกษาของ Marino *et al*. (2006) ทำการทดลองโดยแบ่งเป็นกลุ่มเป็นสองกลุ่มให้อาหารต่างกันคือ กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นสูงสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นเป็น 60:40 และอีกกลุ่มได้รับอาหารข้นต่ำมีสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นเป็น 70:30 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าความหืนของเนื้อสันนอกโค สำหรับพันธุกรรมสัตว์มีผลต่อค่าความหืนทำการศึกษาโคอายุ 24 เดือนพบว่าโคลูกผสม Aberdeen Angus มีค่าความหืนของเนื้อต่ำกว่าลูกผสม Holstein Friesian (p<0.05) ซึ่งอาจมีผลมาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) ในโคลูกผสม Holstein Friesian มีปริมาณที่สูงกว่าในพันธุ์ Aberdeen Angus (Warren *et al*., 2007) นอกจากนี้ค่า TBARS ยังมีผลจากความแตกต่างของชนิดกล้ามเนื้ออีกด้วยจากรายงานของ Yang *et al*. (2002) *m. gluteus medius* มีค่าความหืนในวันที่ 7 สูงกว่า *m.longissimus dorsi* และ *m. semi membranosus* (p<0.05)

9. ปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol content)

คอลเลสเตอรอลมีความสำคัญต่อร่างกายในการนำไปสร้างเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์และไลโปโปรตีน ควรได้รับจากอาหารประมาณ 300 - 500 มิลลิกรัมจึงเป็นผลดีต่อร่างกาย (อุษณีย์, 2547) ไขมันโคมีอัตราส่วนกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงที่พัฒนากลายเป็นโรคหลอดเลือดตีบและโรคหัวใจได้ (Calder and Deckelbaum, 2003) สำหรับการศึกษาของ พร้อมลักษณ์ และสุภัทรา (2551) รายงานว่าปริมาณคอเลสเตอรอลที่ วิเคราะห์ได้ในเนื้อโคพันธุ์พื้นเมืองที่เลี้ยงในจังหวัดต่าง ๆ พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลที่วิเคราะห์ได้ในเนื้อโคพื้นเมืองที่เลี้ยงในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงที่สุด (39.21 มิลลิกรัม/100 กรัมของเนื้อโค) และมีค่าสูงกว่าปริมาณคอเลสเตอรอลที่วิเคราะห์ได้ในเนื้อโคพื้นเมืองที่เลี้ยงในจังหวัดราชบุรีและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พิษณุโลกอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยมีค่า 30.04 และ 30.78 มิลลิกรัม/100 กรัมของเนื้อโค ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อโคขุน 3 ชนิด ได้แก่ โคบราห์มันทั่วไป โคบราห์มันเลี้ยงด้วยสับประรด และโคโพนยางคำ พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อโคโพนยางคำมีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงสุด (67.67 มิลลิกรัม/100 กรัมของเนื้อโค) และมีค่าสูงกว่าปริมาณคอเลสเตอรอลที่ได้จากเนื้อโคบราห์มันทั่วไปและเนื้อโคบราห์มันเลี้ยงด้วยสับปะรดอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยมีค่า 36.61 และ 40.23 มิลลิกรัม/100 กรัมของเนื้อโค ตามลำดับ สำหรับการศึกษาของ Kim *et al*. (2000) ทำการศึกษาในโคพื้นเมืองเกาหลี (Hanwoo) พบว่ามีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อสันนอก 47.6 มิลลิกรัม/100 กรัมของเนื้อ สอดคล้องกับรายงานของ Almeida *et a*l. (2006) ว่าปริมาณคอเลสเตอรอลที่วิเคราะห์ได้แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากสถานที่เลี้ยงหรือสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกันเช่น อากาศ ชนิดของอาหาร และความแตกต่างของสายพันธุ์ แต่การศึกษาของ Rule *et al*. (1997) รายงานว่า พันธุ์ อาหาร และเพศไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อโค ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Muchenje *et al*. (2009) ที่ไม่พบความแตกต่างของระดับคอเลสเตอรอลในโคพันธุ์ Nguni, Bonsmara และ Angus สอดคล้องกับการทดลองของ Moreira *et al*. (2003) รายงานว่า *Bos indicus* และลูกผสม *Bos indicus* × *Bos tuarus* ไม่พบความแตกต่างของปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อ (35.16 และ 39.64 มิลลิกรัม/100 กรัมเนื้อ) ปัจจุบันจึงมีแนวโน้มในการผลิตเนื้อแดงที่มีระดับกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ (Poon *et al*., 2001) การผลิตเนื้อโคโดยเลี้ยงด้วยหญ้าจะมีระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อต่ำกว่าเลี้ยงเชิงการค้า (Padre *et al*., 2007)

10. ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride content)

กรดไขมันในอาหารเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำหรับเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) ส่วนใหญ่กรดไขมันเก็บสะสมในรูปไตรกลีเซอไรด์ โดยจะรวมตัวกันอยู่ภายใน lipid vacuole ซึ่งอยู่ในเซลล์ไขมัน (Nollet and Toldra, 2009) ไตรกลีเซอไรด์ในกระแสเลือดจะอยู่ในรูป chylomycron และ very low density lipoprotein (VLDL) ไลโปโปรตีนทั้งสองจะทำหน้าที่เป็นตัวพาไตรกลีเซอไรด์ ไปให้เนื้อเยื่อ ต่าง ๆโดย chylomycron จะทำหน้าที่ในการพาไตรกลีเซอไรด์จากการย่อย และการดูดซึมไขมันที่ลำไส้ ส่วน VLDL จะทำหน้าที่ในการพาไตรกลีเซอไรด์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากตับ จากการศึกษาของ Wood *et al.* (2003) อาหาร พันธุกรรม ชนิดสัตว์ ที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณไตรกลีเซอไรด์โดยจะพบมากในสัตว์พวก predominant จากการศึกษาในแกะพบว่าอาหารเป็นปัจจัยที่มีผลทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์แตกต่าง โดยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยหญ้าจะมีระดับไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อเยื่อต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารข้น (p<0.05) (Aurousseau *et al*., 2004) สำหรับการศึกษา ไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อเยื่อไขมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระหว่างโค Wagyu (Japanese breed) และ Angus (Australian breed) ซึ่งแยกองค์ประกอบไตรกลีเซอไรด์เป็น กรดไขมันอิ่มตัว (saturated) กรดไขมันไม่อิ่มตัว 1 ตำแหน่ง (monounsaturated) พบว่าโค Angus มีระดับเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 1 ตำแหน่งจากไตรกลีเซอไรด์สูงกว่าโคสายพันธุ์ Wagyu (Yang *et al*., 1999)

11. องค์ประกอบกรดไขมัน (fatty acid composition)

ในปัจจุบันมีความสนใจเกี่ยวกับองค์ประกอบกรดไขมันในอาหารมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเนื้อสัตว์เป็นแหล่งของกรดไขมันอิ่มตัว ซึ่งมีผลต่อสุขภาพผู้บริโภคทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็งเป็นต้น มีข้อแนะนำในการบริโภคสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนต่อกรดไขมันอิ่มตัว (PUFA: SFA ratio) ไม่ควรเกิน 0.4 ซึ่งในเนื้อที่เลี้ยงด้วยระบบธรรมชาติจะให้อัตราส่วน P:S ประมาณ 0.1 (Wood *et al*., 2004) จากการศึกษาของของ พร้อมลักษณ์ และสุภัทรา (2551) พบว่าปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid; SFA) เป็นส่วนประกอบหลักของกรดไขมันรวมในเนื้อโคพื้นเมืองที่เลี้ยงในจังหวัดต่างๆ ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี และพิษณุโลก โดยค่าที่ได้อยู่ระหว่าง 55.53 - 59.24% โดยมีกรดไขมันปาล์มมิติก (16:0) เป็นกรดไขมันหลักและมีกรดไขมันสเตียริก (18:0) รองลงมา และกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acid; MUFA) ที่พบในเนื้อโคพื้นเมืองที่เลี้ยงในจังหวัดต่างๆ มีค่าระหว่าง 33.40 - 39.60% ส่วนปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (total polyunsaturated fatty acid; total PUFA) พบว่าเนื้อโคพื้นเมืองที่เลี้ยงที่จังหวัดพิษณุโลกมีค่าสูงสุด (5.58%) และมีค่าแตกต่างจากเนื้อโคพื้นเมืองที่เลี้ยงที่จังหวัดราชบุรีและประจวบคีรีขันธ์อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 3.24 และ 3.06% ตามลำดับ สำหรับการปรับปรุงอัตราส่วนให้ได้ตามต้องการมีความสนใจกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) โดยปรับสมดุลระหว่าง n-3 PUFA จาก α - linolenic acid (18:3) และ n-6 PUFA จาก linoleic acid (18:2) (Williams, 2000) โดยแนะนำอัตราส่วน n-6:n-3 PUFA ควรมีค่าต่ำกว่า 4 จากรายงานของ Enser (2001) พบว่าเนื้อสัตว์ที่ได้รับการเลี้ยงด้วยหญ้าจะมีสัดส่วน n-6:n-3 PUFA ในระดับต่ำและมีระดับ n-3 สูงกว่าด้วย นอกจากนี้กรดไขมันยังมีความสัมพันธ์ต่อคุณภาพของเนื้ออีกด้วย เนื่องจากองค์ประกอบกรดไขมันทำให้เกิดความแตกต่างในด้านความแน่นของเนื้อ (firmness) ในเนื้อของสัตว์กระเพาะรวม โดยมากจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าเมื่อเทียบกับสุกร มีผลทำให้เนื้อแน่นมากกว่าด้วย และยังมีผลต่อสีของไขมันหากกรดไขมันมีจุดหลอมเหลวสูงไขมันจะมีสีขาวกว่าในกลุ่มที่จุดหลอมเหลวต่ำ นอกจากนี้ยังมีผลต่อการหืนของเนื้อหากกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีมาก การหืนของเนื้อจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากพันธะคู่จะเกิดการออกซิเดชั่น ทำให้ระยะเวลาในการเก็บรักษาลดลง และมีผลต่อรสชาติ สอดคล้องการทดลองในแกะของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Fisher *et al*. (2000) พบว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยหญ้าจะมี C18:2 และ C20:4 ต่ำกว่า ส่วน C18:3และ C20:5 สูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารข้น สำหรับผลต่อความพอใจผู้บริโภคพบว่าเนื้อที่เลี้ยงด้วยหญ้ามีค่าความพึงพอใจสูงกว่า ในโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าจะมี MUFA ต่ำกว่าโคที่เลี้ยงเชิงการค้า (42.5 และ 46.2; $p<0.05$) และ n-6:n-3 เนื้อโคที่เลี้ยงด้วยหญ้ามีค่าต่ำกว่า (2.78 และ 13.6; $p<0.01$) ในขณะที่ CLA ในเนื้อโคที่เลี้ยงด้วยหญ้ามีค่าสูงกว่า (0.85 และ 0.48; $p=0.001$) (Leheska *et al*., 2008) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ไม่พบความแตกต่างของ PUFA, MUFA, SFA และ n-6:n-3 (Muchenje *et al*., 2009) องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโคส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัวถึงแม้ว่าจะมีผลต่อการเพิ่มปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด แต่จากการศึกษาของ Ulbricht and Southgate (1991) พบว่ากรดไขมันอิ่มตัวแต่ละชนิดมีผลต่อการเพิ่มปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดไม่เท่ากัน เช่น กรดไขมัน ไมริสติกมีผลต่อการเกิดความหนาตัวของหลอดเลือดแดง (atherogenic) มากที่สุดและมีผลต่อการเพิ่มปริมาณคอเลสเตอรอลได้สูงกว่ากรดปาล์มมิติกถึง 4 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved