

# 5

## การขุ่นโคและคุณภาพเนื้อ

ความหมายของการเลี้ยงโคขุน  
ข้อควรพิจารณาก่อนเลี้ยงโคขุน  
การจัดการปัจจัยการผลิตในการเลี้ยงโคขุน  
การชำแหละและเนื้อโคขุน  
การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อหลังการฆ่า  
คุณภาพเนื้อ  
เอกสารอ้างอิง

สุรัชย์ สุวรรณดี  
ภาควิชาสัตวศาสตร์  
คณะเกษตรศาสตร์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
ร้อยเอ็ด

## ความหมายของการเลี้ยงโคขุน

ประเทศไทยมีการนำเข้าเนื้อโคขุนจากต่างประเทศ โดยเฉพาะออสเตรเลียและสหรัฐอเมริกาปีละหลายล้านบาท เพื่อบริการแก่นักท่องเที่ยวชาวต่างประเทศและคนไทยที่มีฐานะดี ซึ่งส่วนใหญ่เคยไปเรียน หรือเคยไปทำงานอยู่ในอเมริกาและยุโรป สาเหตุที่ต้องนำเข้าเพราะประเทศไทยผลิตเนื้อโคขุนที่คุณภาพดีไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด ดังนั้นเหตุผลสำคัญสำหรับเกษตรกรไทยที่ต้องผลิตโคขุนคือเพื่อลดการนำเข้า หรือผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้า ส่วนจะผลิตเพื่อการส่งออกนั้นยังเป็นเรื่องที่ยาวไกล แม้ว่าเขตภาคใต้จะสามารถส่งขายให้มาเลเซียบ้างก็ตาม แต่ก็ยังมีปริมาณน้อยและมีปัญหาในด้านความสม่ำเสมอของคุณภาพเนื้อโคที่ยังต้องได้รับการแก้ไข ในบทนี้จะกล่าวถึงการเลี้ยงโคขุน ตลอดจนเกณฑ์ที่ใช้ประเมินคุณภาพของเนื้อโคขุน ซึ่งจะให้นักศึกษาเข้าใจขั้นตอนการผลิตเพื่อให้โคมีการเจริญเติบโตดี ตลอดจนการฆ่าชำแหละเพื่อให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่สากลยอมรับ

โคขุนในความหมายที่สากลยอมรับหมายถึงโคที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานสูงเกินความต้องการของร่างกายเป็นเวลานานเพื่อให้มีการสะสมไขมันภายในมัดกล้ามเนื้อและเป็นโคที่มีอายุไม่เกิน 3 ปี เนื่องจากโคที่อายุมากกว่า 3 ปี จะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) มากและแข็งแรง จะให้เนื้อเหนียว ไม่นุ่มอย่างที่ต้องการ

## ข้อควรพิจารณาในการเลี้ยงโคขุน

ก่อนที่จะตัดสินใจเลี้ยงโคขุน ควรจะพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ (ปรารภนา, 2533)

- ตลาด เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ก่อนที่จะเริ่มเลี้ยงโคขุน จะต้องมียตลาดที่แน่นอนเสียก่อนและที่สำคัญต้องเป็นตลาดที่มั่นคงและราคายุติธรรม และอาจต้องหาตลาดหลายๆระดับ
- พันธุ์โค โดยต้องตัดสินใจว่าจะเลือกพันธุ์โคที่ให้เนื้อคุณภาพได้ตามที่ตลาดเป้าหมายต้องการ และควรเป็นพันธุ์ที่หาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น
- อาหารหยาบ การเลี้ยงโคขุนด้วยอาหารหยาบคุณภาพดีจะทำให้ลดต้นทุนการผลิตลงได้มาก เนื่องจากเมื่อใช้อาหารหยาบคุณภาพดีจะทำให้ลดการใช้อาหารชั้นลงได้ หรือบางพื้นที่อาจจะอยู่ใกล้โรงงานแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรเช่นโรงงานทำสับประรดกระป๋องหรือโรงงานข้าวโพดฝักอ่อนกระป๋องก็สามารถใช้เศษเหลือจากโรงงานเหล่านี้เป็นอาหารหยาบได้
- ทุน การเลี้ยงโคขุน 1 ตัว ใช้เวลาประมาณ 6 เดือน ต้องใช้เงินประมาณ 7-8 พันบาทเป็นค่าอาหาร ดังนั้นถ้าจะเลี้ยง 5 ตัวเกษตรกรต้องมีเงินไว้เพื่อซื้ออาหารไม่ต่ำกว่า 3 หมื่นบาท
- ความรู้ก็เป็นเรื่องที่สำคัญแต่คิดว่าไม่น่าจะมีปัญหามากนักสำหรับผู้ที่มีความสนใจจริงๆ ซึ่งปกติจะชวนขวหาความรู้ในสิ่งที่ตนเองสนใจอยู่แล้ว และในปัจจุบันมีเอกสารที่สามารถค้นคว้าได้มากมาย



## การจัดการปัจจัยการผลิตในการเลี้ยงโคขุน

1. โคน (พันธุ์ อายุ และเพศ)
2. อาหาร (อาหารหยาบ และ อาหารข้น)
3. โรคต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการขุน

### พันธุ์โคที่จะขุน

ประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อน โคตระกูลอินเดีย (*Bos indicus*) จึงสามารถอยู่ได้อย่างสบาย โคนที่อยู่ในประเทศไทยมาแต่โบราณเราเรียกว่าโคพื้นเมืองไทย ซึ่งที่เห็นชัดเจนคือมีอยู่ 2 กลุ่มใหญ่คือพื้นเมืองแถวภาคอีสาน (วัวกระโดน) กลาง (วัวลาน) และใต้ (วัวชน) ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก เป็นกลุ่มที่มีประชากรมากที่สุดในประเทศไทยเป็นโคที่ขนาดตัวเล็ก เจริญเติบโตช้าแต่หากินเก่ง ทนต่อโรคและแมลงและที่สำคัญมีความสมบูรณ์พันธุ์สูงมาก ส่วนอีกกลุ่มคือโคพื้นเมืองแถวภาคเหนือ หรือที่เรียกว่าวัวขาวลำพูน ซึ่งมีเหลืออยู่ไม่มากนัก และเนื่องจากโคพื้นเมืองไทยเป็นโคที่มีขนาดเล็กและโตช้า ดังนั้นในประมาณปี พ.ศ. 2500 กรมปศุสัตว์จึงได้ส่งพ่อโคพันธุ์อเมริกันบราห์มันเข้ามาเพื่อปรับปรุงพันธุ์โคพื้นเมืองให้มีขนาดใหญ่ขึ้น มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น และเป็นโคตระกูลอินเดียเช่นเดียวกันกับโคพื้นเมืองไทย ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาด้านการปรับตัวกับสภาพภูมิอากาศเมืองไทย จึงเป็นเหตุให้โคลูกผสมพื้นเมืองกับอเมริกันบราห์มันมีประชากรมากเป็นอันดับสองรองจากโคพื้นเมืองไทย นอกจากนั้นแล้วในไทยยังมีโคตระกูลอินเดียอีกเช่นเรดซินดี (Red Sindhi) แต่มีอยู่ไม่มากนักและจัดเป็นโคกึ่งเนื้อกึ่งนม และพันธุ์ฮินดูบราซิล ซึ่งเป็นโคที่เลี้ยงเพื่อความสวยงามของไบฮู มีราคาสูงเกินกว่าที่จะนำมาขุน ส่วนโคตระกูลเมืองหนาว (*Bos taurus*) ที่ได้รับการส่งเสริมโดยกองอำนวยการกลางรักษาความปลอดภัยแห่งชาติ (กรป.กลาง) เพื่อนำน้ำเชื้อมาผสมกับแม่โคตระกูลอินเดียที่มีอยู่แล้วในไทย (เนื่องจากโคตระกูลเมืองหนาวพันธุ์แท้ไม่สามารถทนอากาศร้อนและค่อนข้างชื้นได้) ที่มีจำนวนมากที่สุดได้แก่ลูกผสมพันธุ์ชาร์โรเลส์ (Charolais) รองลงมาคือโคลูกผสมพันธุ์ลิมูซิน (Limusine) ซึ่งลูกผสมทั้งสองพันธุ์นี้ที่เลือดไม่เกิน 50% จะเลี้ยงง่าย มีอัตราการเจริญเติบโตสูงและคุณภาพซากดี คือมีเนื้อมาก มีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อมาก เป็นที่ต้องการของตลาดเนื้อชั้นสูง ถ้าจะเปรียบเทียบลูกผสมทั้งสองพันธุ์นี้พอจะกล่าวได้ว่าลูกผสมชาร์โรเลส์เติบโตเร็วกว่า และมีขนาดรูปร่างใหญ่กว่า แต่ลูกผสมพันธุ์ลิมูซินมีคุณภาพซากดีกว่า และนอกจากนั้นแล้วพันธุ์โคที่สามารถนำมาขุนได้อีกในเมืองไทยคือลูกโคนมเพศผู้ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการในฟาร์มโคนมและมีจำนวนประมาณ 150,000 ตัวต่อปี (จากจำนวนแม่โคนมที่เลี้ยงในไทยประมาณ 300,000 ตัว ในปี 2546) และคาดว่าจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปีตามความต้องการของปริมาณน้ำนมของคนไทย ลูกโคนมเพศผู้ส่วนใหญ่คือลูกผสมพันธุ์ไฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein-Friesian) หรือพันธุ์ขาว-ดำ แม้จะมีคุณภาพซากไม่ดีนัก เนื่องจากส่วนสะโพกมี



ขนาดเล็กและเนื้อเหลว (ตามค่างกล่าวอ้างของพ่อค้าเจ้าของเชียงใหม่ในตลาด) แต่ก็มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แพ้โคเนื้อ

พันธุ์โคเนื้อที่เหมาะสมในการนำมาขุนต้องพิจารณาจากเกณฑ์ดังต่อไปนี้ หาซื้อง่าย ราคาถูก (ก่อนขุน) เลี้ยงง่าย โตเร็ว ประสิทธิภาพการใช้อาหารสูง คุณภาพซากดีตรงตามความต้องการของตลาดเป้าหมาย ซึ่งตลาดมีหลายระดับดังที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ว่าด้วยตลาดเนื้อโค ซึ่งโดยสรุปแล้วโคพันธุ์ที่ดีที่สุดที่จะนำมาขุนเพื่อผลิตเนื้อคุณภาพสูงคือโคลูกผสมพื้นเมือง x บราห์มัน x ชาร์โรเลส์ และโคลูกผสมพื้นเมือง x บราห์มัน x ลิมุซิน แต่โคดังกล่าวมีจำนวนน้อย หาซื้อได้ยากเนื่องจากมีผู้ต้องการซื้อลูกผสมมาขุนมากกว่าจำนวนผู้เลี้ยงแม่โคเพื่อผลิตลูกผสมเหล่านี้ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงกับสหกรณ์ที่มีการผลิตโคขุน เช่น สกลนคร อุดรธานีและนครพนม ซึ่งอยู่ในพื้นที่ของสหกรณ์ผู้เลี้ยงปศุสัตว์โพธิ์ยางคำ ดังนั้นในสภาวะปัจจุบันนี้โคที่เหมาะสมที่สุดน่าจะเป็นโคลูกผสมพื้นเมือง x บราห์มัน เพราะหาซื้อง่าย ราคาไม่สูงมากนัก ขนาดรูปร่างใหญ่ ประสิทธิภาพการใช้อาหารดี แม้ว่าคุณภาพซากจะด้อยกว่าลูกผสมที่มีเลือดโคเมืองหนาวอยู่ด้วยก็ตาม ซึ่งก็จะทำให้ระดับของตลาดเนื้อที่สามารถขายได้ลดต่ำลง และส่งผลให้ขายได้ราคาต่ำลงด้วย อย่างไรก็ตามในโคพันธุ์เดียวกันก็เชื่อว่าดีแตกต่างกันก็หาไม่ พันธุ์ประวัติหรือสายเลือดของโคแต่ละตัวก็มีความสำคัญยิ่งเช่นกัน คือความดีเด่นของโคแต่ละตัวก็ขึ้นอยู่กับพ่อและแม่ของมันด้วย

### เพศโคที่จะใช้ขุน

ข้อเปรียบเทียบระหว่างการขุนโคเพศผู้ต้อน (steer) โครุ่นเพศผู้ไม่ต้อน (young bull) โครุ่นเพศเมีย (heifer) พ้อโค (bull) แม่โค (cow) และพ้อโคที่ต้อนแล้ว (stag) มีดังนี้

1. การขุนโคเพศเมียที่มีลักษณะไม่ดี หรือไม่ตรงตามความต้องการที่จะคัดไว้ทำพันธุ์ยังมีไม่มากนัก ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากประเทศไทยยังมีปริมาณแม่โคไม่มากเหมือนอเมริกา ซึ่งขุนทั้งเพศผู้และเพศเมีย ประกอบกับประเทศไทยยังมีปัญหาทางกฎหมายที่ห้ามฆ่าโคเพศเมียที่มีได้ผ่านการพิสูจน์ว่าไม่มีความสามารถด้านการสืบพันธุ์ แม้ว่าในความเป็นจริงจะตรงกันข้ามก็ตาม
2. โครุ่นเพศผู้ไม่ต้อนจะมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่าโครุ่นเพศผู้ต้อนประมาณ 5-10% และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่าประมาณ 3-5% ทั้งนี้เพราะฮอร์โมน testosterone จากอวัยวะช่วยเร่งการเจริญเติบโต แต่โครุ่นเพศผู้ไม่ต้อนมีปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (marbling) ต่ำกว่าโครุ่นเพศผู้ต้อน
3. โครุ่นเพศผู้ต้อนจะมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่าโครุ่นเพศเมียประมาณ 10-15% และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่าประมาณ 5-10%



4. โครุ่นเพศเมียจะโตเต็มที่ (เริ่มสะสมไขมัน) ก่อนโครุ่นเพศผู้ประมาณ 1 เดือน จึงสามารถส่งตลาดได้เร็วกว่า แต่อาจจะไม่เป็นที่ต้องการของบางตลาดเพราะมีขนาดซากเล็ก
5. โครุ่นเพศเมียมีปัญหาเรื่องการเป็นสัดในขณะขุน ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้ฮอร์โมนยับยั้งการเป็นสัด ได้แก่ฮอร์โมนหรือสารสังเคราะห์กลุ่ม progesterone เช่น Melengestrol acetate (MGA) เป็นต้น
6. โคเพศเมียมีคุณภาพซากและเปอร์เซ็นต์ซากต่ำกว่าโคเพศผู้เล็กน้อย
7. ตลาดเนื้อชั้นสูงต้องการเนื้อที่มีไขมันแทรกสูง ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้โคเพศผู้ที่ไม่ตอนได้
8. ตลาดเนื้อพื้นบ้านทั่วไปต้องการเนื้อที่มีไขมันหุ้มซากหนาๆ และไขมันมีสีเหลือง (วัวมัน) จึงนิยมซื้อโคเพศผู้ตอนหรือโคเพศเมียที่มีอายุมาก
9. ตลาดเนื้อที่ใช้ทำลูกชิ้นต้องการเนื้อที่ไม่มีไขมันและสีเข้ม จึงนิยมใช้โคเพศผู้ที่ไม่ตอน
10. ตลาดมาเลเซีย ซึ่งนำเข้าโคขุนมีชีวิตผ่านทางชายแดนภาคใต้ ต้องการโคเพศผู้ไม่ตอน
11. การขุนโคเพศผู้ไม่ตอนแบบขังรวมกัน คอกหลายตัวจะมีปัญหาเรื่องการขวิดกัน

### อายุและขนาดโคที่จะใช้ขุน

ข้อควรคำนึงถึงสำหรับเรื่องอายุของโคขุนคือถ้าลูกโคได้รับการเลี้ยงดูอย่างดีตั้งแต่แรกคลอดอย่างต่อเนื่อง อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily gain; ADG) จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆและถึงจุดสูงสุดเมื่ออายุประมาณ 1 ปี และค่อยๆลดลงเรื่อยๆจนถึงอายุเต็มวัย หรืออายุ 4-5 ปี ดังนั้นถ้าจะนำโคที่อ้วนแล้วมาขุนจะต้องเลือกลูกโคที่อายุไม่เกิน 1 ปี แต่ถ้าโคที่จะนำมาขุนอยู่ในสภาพผอม แต่สุขภาพดีไม่แคระแกรน โคอายุ 2 ปี จะมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่าโคอายุ 1 ปี และโคอายุ 1 ปี มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าโคเพียงหย่านม

อย่างไรก็ตามในทางเศรษฐกิจแล้วก็ได้ไม่ได้หมายความว่าโคอายุ 2 ปี ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตสูงจะดีกว่าโคเพียงหย่านม เพราะโคอายุ 2 ปี จะกินอาหารมากกว่าในการเปลี่ยนเป็นน้ำหนัก 1 กก.เท่ากัน (feed conversion ratio; FCR) หรือประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed efficiency) ของโคอายุ 2 ปีต่ำกว่า ดังนั้นอัตราการเจริญเติบโตจึงไม่ใช่ปัจจัยสำคัญในแง่ของกำไรหรือขาดทุน อาจจะใช้ได้เพียงเพื่อเปรียบเทียบในระหว่างโคที่มีอายุและขนาดเท่ากันเท่านั้น ส่วนประสิทธิภาพการใช้อาหารมีอิทธิพลถึงต่อความสำเร็จของกิจการ และสามารถใช้อประกอบการตัดสินใจในการเลือกโคมาขุน แต่การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้อาหารนี้จะเปรียบเทียบกันได้เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเหมือนกัน หรือถ้าอาหารไม่เหมือนกันก็เปรียบเทียบโดยใช้ค่าพลังงานที่มีในอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่ในโคยังใช้หน่วยเป็นโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrients; TDN)



ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับอายุโคที่จะนำมาขุนคือถ้าจะผลิตเนื้อโคขุนส่งตลาดชั้นสูงโคที่ขุนเสร็จแล้วอายุต้องไม่เกิน 3 ปี แต่ถ้าจะผลิตวัวมันส่งตลาดทั่วไปควรเลือกโคที่โตเต็มวัยแล้วมาขุนเพื่อจะได้มีไขมันมากและมีสีเหลืองตามที่ตลาดต้องการ และการเลือกซื้อโคที่จะนำมาขุนควรเลือกโคที่มีโครงร่างใหญ่และกระดูกใหญ่ เนื่องจากขนาดกระดูกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณเนื้อและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

## อาหารโคขุน

อาหารของโคแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคืออาหารหยาบและอาหารข้น อาหารหยาบในโคขุนมีความสำคัญในแง่ที่ช่วยกระตุ้นการบีบตัวของกระเพาะหมัก มีราคาถูกดังนั้นถ้ามีอาหารหยาบคุณภาพดีสำหรับเลี้ยงโคขุนก็จะสามารถลดต้นทุนค่าอาหารข้นลงได้มาก แต่อย่างไรก็ตามอาหารหยาบจัดว่ามีเยื่อใยสูงและการย่อยได้ของโภชนะต่ำกว่าอาหารข้น ส่วนอาหารข้นมีความจำเป็นมากในโคขุนเนื่องจากโคขุนต้องได้รับอาหารพลังงานมากเกินความต้องการของร่างกายเพื่อให้มีการสะสมไขมัน ดังนั้นการที่โคจะได้รับพลังงานเกินความต้องการได้ต้องมาจากการได้รับอาหารข้นที่มากขึ้น เพราะล้าพังอาหารหยาบคงไม่ทำให้โคได้รับพลังงานเกินความต้องการ เนื่องจากขนาดความจุของกระเพาะหมักมีจำกัด ประกอบกับอาหารหยาบย่อยได้ต่ำจึงให้พลังงานต่ำด้วย

## วิธีให้อาหารโคขุน

ปริมาณโภชนะที่โคต้องการแสดงไว้ในตารางในบทที่ว่าด้วยการจัดการด้านอาหารโคเนื้อ (บทที่ 3) ซึ่งปริมาณความต้องการโภชนะของโคขึ้นอยู่กับอายุ ขนาดหรือน้ำหนักตัว สภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอากาศซึ่งถ้าโคอยู่ในพื้นที่อากาศหนาวก็จะกินอาหารได้มากกว่าเมื่ออยู่ในที่อากาศร้อน นอกจากนั้นแล้วยังขึ้นอยู่กับลักษณะอาหารและวิธีการให้อาหาร {แยกส่วนอาหารหยาบและอาหารข้น หรือให้แบบอาหารผสมครบส่วน (total mixed ration; TMR)}

สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นในการขุนโคพอจะกล่าวเป็นหลักกว้างๆ ได้ดังนี้คือ

- ระยะแรกของการขุน ให้อัตราส่วนอาหารข้น : อาหารหยาบ เป็น 30:70
- ระยะกลาง ให้อัตราส่วนอาหารข้น : อาหารหยาบ เป็น 50:50
- ระยะสุดท้าย ให้อัตราส่วนอาหารข้น : อาหารหยาบ เป็น 70:30

อย่างไรก็ตามวิธีการปฏิบัติในแต่ละประเทศก็แตกต่างกันไปเช่นในนิวซีแลนด์และออสเตรเลีย จะขุนโคด้วยหญ้าที่มีคุณภาพสูงเป็นหลัก ในขณะที่อเมริกา ยุโรปและญี่ปุ่นใช้อาหารข้นเป็นหลัก ส่วนประเทศไทยยังไม่มีข้อสรุปแน่ชัดแต่ก็ยึดหลักการทั่วไปว่าถ้าใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำเท่าใด (ฟางข้าวแห้ง) ก็ต้องใช้อาหารข้นมากขึ้นเป็นเงาตามตัวเช่นกัน



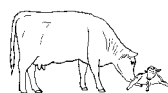
### ข้อควรคำนึงในการให้อาหารโคขุน

1. อาหารที่โคกินเข้าไปจะใช้เพื่อการดำรงชีพเป็นสิ่งแรก ถ้ามีเหลือจะใช้เพื่อสร้างกระดูก สร้างกล้ามเนื้อ และถ้ายังมีเหลือจะสร้างไขมัน ตามลำดับ ในทางกลับกันถ้าโคที่อ้วน อยู่แล้วต่อมาได้รับอาหารไม่เพียงพอ ร่างกายจะสลายไขมันมาใช้เป็นลำดับแรก ถ้า ยังไม่พอก็สลายกล้ามเนื้อ ขณะที่กระดูกแทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงเลย  
โคขุนกลุ่มที่ได้รับอาหารขั้นเต็มที่มาตลอด จะให้ไขมันแทรกสูงสุด ส่วนโคกลุ่มที่ได้รับอาหารขั้นปานกลางมาตลอดจะมีไขมันแทรกต่ำสุด ในขณะที่โคกลุ่มที่ได้รับอาหารขั้นระดับปานกลางมาระยะหนึ่งแล้วเพิ่มอาหารขั้นให้เต็มที่ในระยะปลายจะมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อมากกว่ากลุ่มที่ 2 แต่น้อยกว่ากลุ่มแรก
2. การประหยัดอาหารในการเลี้ยงโคขุนอาจจะนำมาซึ่งการขาดทุน เพราะอาหารที่โคได้รับส่วนหนึ่งจะใช้เพื่อการดำรงชีพ ที่เหลือจะใช้เพื่อการเจริญเติบโต ถ้าประหยัดอาหารจะทำให้โคมีการเจริญเติบโตช้าลง ทำให้ระยะเวลาขุนยาวนานขึ้น ซึ่งจะทำให้ต้องสูญเสียอาหารที่ต้องใช้เพื่อการดำรงชีพในช่วงเวลาที่ยืดออกไป สมมติว่าจะขุนโค น้ำหนัก 200 กก. ให้ได้น้ำหนักส่งตลาด 400 กก. ถ้ากินอาหารตามคำแนะนำโคจะโตวันละ 1.0 กก. ต้องใช้เวลาขุน 200 วัน แต่ถ้าประหยัดอาหาร ทำให้โคโตวันละ 0.5 กก. ต้องใช้เวลาขุน 400 วัน ทำให้ต้องสูญเสียอาหารเพื่อการดำรงชีพเพิ่มขึ้นโดยเปล่าประโยชน์อีก 200 วัน นอกจากนั้นแล้วยังต้องเสียเวลา ค่าแรงงานเพิ่มขึ้น และจำนวนโคที่ขุนได้ต่อปีน้อยลงด้วย
3. เมื่อนำโคเข้าขุนในวันแรกๆ ควรให้โคได้รับอาหารเหมือนเดิมกับก่อนหน้านี้ แล้วจึงค่อยๆ เปลี่ยนเป็นอาหารที่ต้องการมากขึ้น เช่น จากเดิมโคที่เพิ่งซื้อเข้ามาเพื่อขุนไม่เคยกินอาหารขั้น ผู้เลี้ยงต้องค่อยๆ เพิ่มอาหารขั้นขึ้นวันละน้อยเพื่อเป็นการปรับสภาพ กระเพาะหมักและเป็นการค่อยๆ เปลี่ยนแปลงชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ภายใน รูเมน จากพวกที่ชอบย่อยอาหารเยื่อใย มาเป็นพวกที่ย่อยแป้งมากขึ้น

### การจัดการโคก่อนเข้าขุน

ก่อนการเริ่มขุนโคผู้เลี้ยงควรจัดการดังต่อไปนี้

**การทำวัคซีน** ก่อนการขุนโคผู้เลี้ยงควรทำวัคซีนป้องกันโรคระบาดที่สำคัญในไทย อย่างน้อย 3 ชนิด ได้แก่ วัคซีนโรคปากและเท้าเปื่อย (Foot and Mouth Disease; FMD) วัคซีนโรคคอบวม (Hemorrhagic septicaemia) และวัคซีนโรคกาฬ (Anthrax) ซึ่งสามารถติดต่อขอบริการได้จากเจ้าหน้าที่กรมปศุสัตว์



**การตอน** การตอนคือการทำให้โคไม่สามารถสร้างฮอร์โมนเพศ ทำให้โคไม่แสดงความต้องการทางเพศอีก เพื่อสะดวกในการจัดการเลี้ยงดูและให้มีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อมาก แม้ว่าโคตอนจะโตช้ากว่าโคที่ไม่ตอนก็ตาม การตอนโคสามารถทำได้หลายวิธี อาทิเช่น การทุบลูกอัณฑะ การผ่าเอาลูกอัณฑะออก การใช้ยางรัด และการใช้คีมหนีบท่อส่งอสุจิที่มีชื่อเรียกว่า berdizzo ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้คีมหนีบท่อส่งอสุจิ เนื่องจากไม่เป็นการทรมานสัตว์มากเท่าวิธีอื่นๆ

**การถ่ายพยาธิ** พยาธิภายในมีหลายชนิดในโค แต่ที่มีความสำคัญและทำความเสียหายมากคือพยาธิใบไม้ตับและพยาธิตัวกลมในลำไส้ โดยปกติแล้วจะให้ยาถ่ายพยาธิแก่โคทั้ง 2 ชนิดคือยาถ่ายพยาธิใบไม้ตับและยาถ่ายพยาธิตัวกลม ปัจจุบันมียาที่ใช้ฉีดหลายชนิดที่สามารถทำลายพยาธิได้ทั้ง 2 กลุ่ม นอกจากนั้นแล้วยังสามารถกำจัดพยาธิภายนอกได้ด้วย เช่น ยี่ห้อ Ivomec เป็นต้น

**การใช้ฮอร์โมน** การใช้ฮอร์โมนในโคขุนมีทั้งแบบที่ฝังที่ใบหูและชนิดที่ผสมอาหาร การใช้ฮอร์โมนในโคขุนมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร แต่เนื่องจากฮอร์โมนที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นฮอร์โมนเพศ จึงมีผลต่อพฤติกรรมทางเพศของโคด้วย ซึ่งฮอร์โมนและวิธีใช้ได้กล่าวถึงไว้แล้วในบทที่ 3

## โรคต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการขุนโค

**ท้องเสีย** ท้องเสียมีสาเหตุหลายอย่างได้แก่ สาเหตุจากอาหาร และจากเชื้อโรค

### สาเหตุจากอาหาร

- กินอาหารขึ้นมากเกินไป หรือการได้รับอาหารขึ้นแบบกะทันหันสำหรับโคที่ไม่เคยได้รับอาหารขึ้นมาก่อน
- เปลี่ยนชนิดของอาหารทันทีทันใด เช่นเปลี่ยนจากฟางข้าวแห้งเป็นหญ้าสด เปลี่ยนจากหญ้าสดเป็นเปลือกสับปะรด หรือเปลี่ยนสูตรอาหารขึ้น
- กินกากน้ำตาลมากเกินไป
- กินเกลือมากเกินไป ซึ่งมักเกิดขึ้นกับโคที่ขาดเกลือมานาน หรือใส่เกลือในอาหารขึ้นมากเกินไป แต่โคมักปรับตัวได้ภายใน 4-5 วัน
- กินอาหารที่เน่าเสียหรือขึ้นราเช่นเปลือกสับปะรดหรือหญ้าหมักที่ขึ้นรา
- กินพืชที่มีสารพิษหรือยาฆ่าแมลงและยาฆ่าหญ้าปนเปื้อน

การท้องเสียที่มีสาเหตุจากอาหาร โคจะมีอาการอุจจาระเหลว แต่ไม่มีมูกเลือด และโคมักไม่มีอาการเซื่องซึม ไม่มีไข้ การแก้ไขทำได้โดยการหยุดให้อาหารนั้นแก่โค ซึ่งอาการท้องเสียจะทุเลาและหายขาดภายใน 2-3 วัน





### สาเหตุจากเชื้อโรค

- สาเหตุจากโรคบิด เกิดจากโคกินน้ำหรืออาหารที่มีไข่ของโปรโตซัว Coccidia โคที่อายุน้อยและสุขภาพไม่แข็งแรงจะติดเชื้อง่าย ทำให้โคมีอาการอุจจาระเหลวมีมูกเลือด หัวใจเต้นเร็วอาจถึง 100 ครั้งต่อนาที ถ้าเป็นนานๆ เยื่อจมูกและปากจะซีด เพราะเสียเลือดมาก ถ้าไม่ได้รับการรักษามักจะตายภายใน 7 วัน ยาที่ได้ผลดีคือยากลุ่มซัลฟา เช่น Sulphadimidine, Sulphamethazine นอกจากนี้ยังมียากลุ่มอื่นๆ เช่น Nitrofurazone และ Amprolium ถ้ามีโคตัวใดตัวหนึ่งท้องเสียจากเชื้อโรคก็ควรทำความสะอาดคอกและฆ่าเชื้อเพื่อป้องกันการแพร่กระจายสู่โคตัวอื่นๆ

ภาวะความเป็นกรดในกระเพาะเลือดสูงอันเนื่องมาจากความผิดปกติของกระเพาะรูเมน (ruminal acidosis) มีสาเหตุมาจากโคขุนได้รับอาหารชั้นในปริมาณมากกว่าปกติ ซึ่งในอาหารชั้นมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายอยู่มาก เมื่อโคกินอาหารชั้นเข้าไปในกระเพาะรูเมนทำให้อาหารนั้นถูกจุลินทรีย์หมักย่อยอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid) มากกว่าปกติ เพราะเชื้อ Streptococci และ Lactobacilli เพิ่มจำนวนมากขึ้นและสร้างกรดแลคติกมากขึ้น อันเป็นผลเสียต่อการทำงานของกระเพาะหมัก เพราะเมื่อสภาพภายในกระเพาะหมักเป็นกรดมากขึ้น (pH ประมาณ 4.5) จะมีผลทำลายเชื้อแบคทีเรียแกรมลบและเชื้อโปรโตซัวบางชนิด และการตายของแบคทีเรียแกรมลบจะทำให้มีการปล่อยสาร endotoxin ออกมา ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย ส่วนกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะคุดน้ำจากผนังกระเพาะให้เข้ามาภายในกระเพาะรูเมนมากขึ้น นอกจากนั้นแล้วกรดแลคติกบางส่วนจะกลายเป็น sodium lactate ที่บริเวณลำไส้ ส่งผลให้มีการดูดซึมน้ำเข้ามาในลำไส้มากขึ้น โคจึงมีอุจจาระเหลวมากกว่าปกติ กรดแลคติกบางส่วนจะถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดและมีผลให้เกิดสภาวะ acidosis ทั่วร่างกาย โรคนี้มีตั้งแต่ไม่แสดงอาการ (chronic ruminal acidosis) จนถึงแบบเฉียบพลัน (peracute ruminal acidosis) ในรายที่ไม่แสดงอาการเราจะพบว่าโคมีอัตราการหายใจมากกว่าปกติ กินอาหารชั้่นน้อยลง มีน้ำลายไหลมากขึ้น ถ้าเป็นมากขึ้นโคอาจแสดงอาการโรคกีบอักเสบ (laminitis) กระเพาะขยายใหญ่ขึ้น เนื่องจากมีน้ำในกระเพาะมาก ถ้าอาการหนักมากขึ้นโคจะล้มลงนอน หันหัวไปทางขวาคล้ายเป็นไข้น้ำนม ถ้าไม่ได้รับการรักษาอาจตายภายใน 2-3 วัน

วิธีป้องกันทำได้โดยการให้อาหารชั้นที่ละน้อยแต่บ่อยครั้ง คือแบ่งให้ทีละน้อย หรือผสมสารที่เป็นบัฟเฟอร์เช่นโซเดียมไบคาร์บอเนตในอาหารชั้นในกรณีที่ให้อาหารชั้นทีละมากๆ หรือปัจจุบันใช้วิธีการให้อาหารแบบผสมครบส่วน (total mixed ration; TMR) ซึ่งสามารถรักษาสภาพความเป็นกรด-ด่างในรูเมนให้คงที่ได้เกือบตลอดเวลา ส่วนวิธีการแก้ไขนั้นทำได้ด้วยการลดความเป็นกรดในกระเพาะโดยใช้สารที่เป็นด่างกรอกปาก เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือปูนขาวละลาย



น้ำเฉื่อยจาง หรือวิธีที่ให้ผลรวดเร็วคือการให้น้ำเกลือ (lactate ringer's solution) เข้าเส้นเลือดดำที่คอ (Jugular vein)

## การฆ่าและชำแหละโคขุน

### การจัดการกับโคก่อนฆ่า

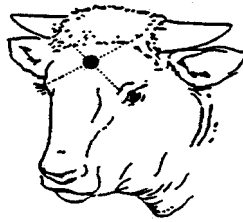
- ก่อนการฆ่าควรอดอาหาร 12-24 ชม. แต่มีน้ำให้กินตลอดเวลา เพื่อให้เลือดไหลออกจากตัวโคได้หมดและได้เนื้อที่มีสีสดกว่าโคที่ไม่ได้อัดอาหารก่อนฆ่า
- การเคลื่อนย้ายหรือขนส่งจะทำให้โคเกิดความเครียด ซึ่งร่างกายจะเผาผลาญไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในร่างกายเพื่อเป็นพลังงานต่อต้านความเครียด ถ้าโคเกิดความเครียดติดต่อกันนานๆ ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะถูกใช้ไปเกือบหมด ถ้าทำการฆ่าทันทีหรือให้โคพักแต่อดอาหารต่ออีกระยะหนึ่งก่อนฆ่า เนื้อที่ได้จะมีสีเข้ม เนื้อแน่นและผิวแห้ง (Dark, Firm and Dry) ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ดังนั้นโคที่ขนส่งมาไกลควรได้พักผ่อน ได้รับอาหารอย่างสมบูรณ์ระยะหนึ่ง (นานเท่ากับเวลาที่ใช้เดินทาง) เพื่อให้มีการสะสมไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ แล้วจึงค่อยอดอาหารก่อนฆ่า
- การต้อนโคเข้าของฆ่าต้องไม่ให้โคตกใจหรือเครียด บริเวณนั้นต้องเงียบและโคเข้าของได้อย่างสบาย ห้ามใช้ของแข็งทุบตี เพราะจะทำให้เส้นเลือดฝอยแตก และเนื้อช้ำ
- ก่อนต้อนโคเข้าของฆ่าควรมีการชั่งน้ำหนักก่อน เพื่อจะได้ทราบเปอร์เซ็นต์ซากของโค

### ขั้นตอนการฆ่าโคขุน

- ทำให้โคสลบโดยใช้ Captive bolt stunner ยิงที่หน้าผาก ดังตำแหน่งที่แสดงในรูปที่ 1
- เมื่อโคสลบแล้วใช้โซ่คล้องขาหลังแล้วดึงรอก ตัวโคจะห้อยหัวลง จากนั้นใช้มีดปลายแหลมแทงเพื่อตัดข้อหัวใจปล่อยเลือดไหลออกจนหมด การเอาเลือดออก (exsanguination) นี้ต้องทำต่อเนื่องกับการยิงให้โคสลบ มิฉะนั้นแล้วอาจทำให้มีจุดเลือดเล็กๆ เกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะเส้นเลือดฝอยแตก อันเนื่องมาจากแรงดันเลือดในร่างกายสัตว์สูงขึ้นหลังถูกยิงสลบ
- เลาะหนังส่วนที่หุ้มส่วนหัวออกแล้วตัดหัวตรงรอยต่อกระดูกคอกับกระดูกไหปลาร้า
- เลาะหนังที่หน้าแข้งแล้วตัดแข้งออก
- เลาะหนังทั้งหมดออก
- ผ่ากระดูกอกและกระดูกเชิงกราน
- ผ่าท้องเอาเครื่องในออก
- ส่วนที่เหลือซึ่งมีเนื้อและกระดูกนี้เรียกว่า ซาก ทำการผ่าซากออกเป็น 2 ซีกเท่าๆ กัน โดยใช้เลื่อยแบ่งครึ่งกระดูกสันหลังซากในความหมายทางสากลนั้นจะมีไขมันหุ้มไตติดอยู่ด้วย



- ตัดเนื้อเยื่อและไขมันที่ห้อยรุ่งริ่งออก
- ฉีดน้ำล้างซากให้สะอาด ปล่อยทิ้งไว้ให้น้ำสะเด็ดจากซากแล้วทำการชั่งน้ำหนักซาก ซึ่งเรียก น้ำหนักซากสด หรือ ซากอุ่น
- ใช้ผ้าดิบสีขาวหรืออาจใช้ผ้ายี่ตที่ใช้สำหรับกิจการนี้โดยเฉพาะห่อซากให้ตึงและแนบติดกับซาก โดยใช้เหล็กแสดนเลสปลายแหลมปักยึดไว้หลายๆ จุด การห่อซากนี้จะช่วยดูดซับน้ำและเลือดที่ติดอยู่กับซาก อีกทั้งช่วยป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกจากซากในขณะที่เก็บในห้องเย็นมากนักเพราะจะทำให้เนื้อแห้ง
- นำซากไปแขวนบ่มไว้ในห้องเย็น 3 °C เป็นเวลานาน 10 วัน (aging/chilling) เพื่อให้เนื้อนุ่มขึ้น แต่ถ้าใช้เครื่องกระตุ้นด้วยไฟฟ้าก็ไม่จำเป็นต้องบ่มก็ได้ น้ำหนักซากที่ได้ภายหลังจากนำออกจากห้องเย็นเรียกว่า น้ำหนักซากเย็น ซึ่งจะน้อยกว่าน้ำหนักซากสด
- เมื่อบ่มซากได้ถึงกำหนดแล้ว ซากจะถูกนำมาตัดเป็นชิ้นส่วนขนาดใหญ่หรือชิ้นส่วนย่อย แล้วนำไปประกอบอาหารหรือวางขายต่อไป



รูปที่ 1 ตำแหน่งยิงปืนเพื่อทำให้โคสลบ (สัจชัย, 2543)

การฆ่าชำแหละที่กล่าวมานี้เป็นแบบสากล ซึ่งในเมืองไทยมีโรงฆ่าที่ฆ่าด้วยวิธีนี้ไม่กี่แห่ง และมักเป็นโรงฆ่าที่ชำแหละโคขุนเพื่อส่งตลาดเนื้อชั้นสูง สำหรับโรงฆ่าในประเทศไทยจะใช้ระบบไทยคือมีอุปกรณ์เพียงฆ้อนและมีดปลายแหลมอย่างละชิ้นเท่านั้น ซึ่งการชำแหละจะทำในขณะที่โคนอนอยู่บนพื้น และผู้ชำแหละส่วนใหญ่จะใส่กางเกงขาสั้นหรือกางเกงในไม่สวมเสื้อเพื่อความคล่องตัวในการปฏิบัติการ ดังนั้นเนื้อที่ได้จากการฆ่าแบบไทยจึงมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

### เปอร์เซ็นต์ซาก (dressing percentage)

เปอร์เซ็นต์ซากตามหลักสากลคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซาก} = \frac{\text{น้ำหนักซากเย็น}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \times 100$$

น้ำหนักซากเย็นจะมีค่าโดยประมาณเท่ากับน้ำหนักซากสดลบด้วย 3% ของน้ำหนักซากสด



เปอร์เซ็นต์ซากจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

- ปริมาณอาหารและน้ำที่อยู่ในกระเพาะของโคขณะชั่งน้ำหนักก่อนฆ่า
- ระดับความอ้วนของโค
- ลักษณะการให้เนื้อของโคตัวนั้น
- ลักษณะประกอบอื่นๆ เช่น ขนาดกระดูก ขนาดหัว ขนาดเขาและความหนาของหนัง

ในสหรัฐอเมริกาได้นำเปอร์เซ็นต์ซากไปใช้ในการกำหนดเกรดของซากโดยมีมาตรฐานดังนี้ (ปรารธนา, 2533)

เกรด	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซาก	ช่วงของเปอร์เซ็นต์ซาก
Prime (ดีเยี่ยม)	63	60 – 67
Choice (ดีมาก)	59	57 – 64
Good (ดี)	57	55 – 61
Standard (ปานกลาง)	55	53 – 58
Commercial (ตลาด)	54	52 – 59
Utility (พอใช้ได้)	49	45 – 53
Cutter (ต่ำ)	45	41 – 47
Canner (ต่ำมาก)	42	37 – 44

การซื้อขายโคในเมืองไทยส่วนใหญ่คิดกันด้วยราคาซากสด ซึ่งโดยปกติจะได้ซากสดของโคขุนคุณภาพสูงประมาณ 60% และวัวมันประมาณ 55-56% โดยซากในที่นี้คิดตามระบบสากลคือไม่เอาไขมันหุ้มไตออกจากซาก ตัวอย่างเช่น โคขุนตัวหนึ่งชั่งน้ำหนักก่อนฆ่า หลังอดอาหารมาแล้ว 12 ชม. ได้น้ำหนัก 500 กก. เมื่อฆ่าเสร็จแล้วได้ซากสด 300 กก. บ่มไว้ในห้องเย็น 24 ชม. แล้วมาชั่งอีกครั้งได้ 293 กก. อยากทราบว่าโคตัวนี้มีเปอร์เซ็นต์ซากสดและเย็นเท่าไร?

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ซากสด} &= \frac{300}{500} \times 100 \\ &= 60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ซากเย็น} &= \frac{293}{500} \times 100 \\ &= 58.60 \end{aligned}$$



แต่ถ้าหากว่าไม่ได้ชั่งน้ำหนักซากหลังแช่ในห้องเย็น 24 ชม. ก็จะสามารถเปอร์เซ็นต์ซากเย็นโดยประมาณได้ดังนี้ 
$$\text{เปอร์เซ็นต์ซากเย็น} = \frac{300 - (300 \times 3/100)}{500} \times 100$$

$$= 59.99$$

### การเปลี่ยนแปลงของเนื้อหลังสัตว์ตาย (Post mortem change of meat)

การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อสัตว์หลังการฆ่าหรือหลังจากสัตว์ตายเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีปฏิกิริยาทางเคมีและสภาวะทางสรีรวิทยาต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงมีดังต่อไปนี้

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของกล้ามเนื้อ
2. การแข็งและเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (rigor mortis)
3. การย่อยสลายตัวเองของกล้ามเนื้อ (autolysis)

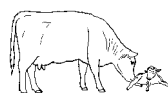
### ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อปกติมี pH 6.8-7.0 และเมื่อสัตว์ตายเนื้อจะมีค่า pH เปลี่ยนไปจนถึงระดับหนึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยดังนี้

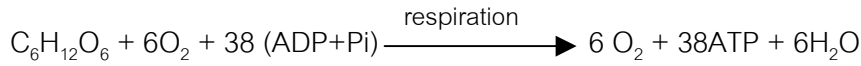
- ปริมาณ glycogen เริ่มต้นที่มีอยู่ในเนื้อ ณ เวลาที่สัตว์กำลังจะตาย
- ความคงทนต่อสภาพความเครียดของสัตว์
- ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ
- อัตราการทำให้ออกซิเจนมีอุณหภูมิลดลง

### ปริมาณ glycogen เริ่มต้นที่มีอยู่ในเนื้อ ณ เวลาที่สัตว์กำลังจะตาย (หัวใจหยุดเต้น)

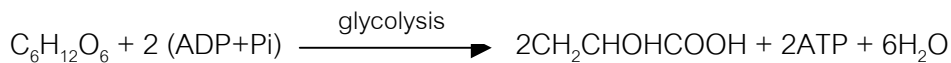
โดยธรรมชาติแล้วกล้ามเนื้อสัตว์มีคาร์โบไฮเดรตอยู่ไม่มากนัก ซึ่งจะอยู่ในรูปไกลโคเจน (glycogen) ที่ถูกเก็บไว้เป็นแหล่งพลังงานเมื่อจำเป็น ส่วนมาก glycogen จะถูกเก็บไว้ที่ตับ หรือ 0.5-1.0% หรือประมาณ 2.8% ของน้ำหนักตับสด และเก็บในกล้ามเนื้อปริมาณใกล้เคียงกับที่ตับ และเมื่อระดับพลังงานหรือน้ำตาลในเลือดต่ำลง ไกลโคเจนจะถูกสลายมาใช้โดยฮอร์โมนกลูคากอน (glucagon hormone) จะเปลี่ยนไกลโคเจนเป็นกลูโคส แล้วส่งเข้าสู่กระแสเลือด จากนั้นฮอร์โมนอินซูลิน (insulin hormone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่สร้างจากเบต้าเซลล์ (β-cell) ของตับอ่อน จะทำหน้าที่ควบคุมขบวนการเมตาโบลิซึมของกลูโคสทำให้น้ำตาลกลูโคสในเลือดลดระดับลงไป โดยเร่งการซึมผ่านของกลูโคสเข้าไปในเซลล์กล้ามเนื้อ ดังนั้นเซลล์กล้ามเนื้อจะได้รับกลูโคสและเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวท (pyruvate) หลังจากนั้นสารไพรูเวทจะถูกส่งเข้าสู่ขบวนการหายใจ



(respiration) โดยมีออกซิเจนจากเลือดเป็นตัวทำปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มพลังงานให้แก่สารเอดีพี (ADP; Adenosine 5-diphosphate) ทำให้ได้สารพลังงานเอทีพี (ATP; Adenosine 5-triphosphate) ซึ่งเซลล์กล้ามเนื้อจะนำไปใช้ประโยชน์ในการยืดหดตัวต่อไป ดังปฏิกิริยาดังนี้



ในกรณีที่สัตว์เกิดความเครียดหรือตื่นตกใจ ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและตับจะถูกนำมาใช้เพื่อเป็นพลังงานในการตื่นทนต่อผู้หรือรักษาสมดุลของสภาพร่างกาย (homeostasis) ซึ่งกล้ามเนื้อจะยืดหดตัวอย่างรวดเร็ว กล้ามเนื้อมีค่า pH ลดลงต่ำอย่างผิดปกติ เพราะไกลโคเจนที่ถูกใช้ไปในขณะนี้ ถูกเปลี่ยนเป็นไพรูเวทในกล้ามเนื้อแล้วจะถูกส่งเข้าสู่ขบวนการ glycolysis (หรือเรียกว่า homolactic fermentation) เนื่องจากเซลล์กล้ามเนื้อทำงานมากและขาดออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ช่วงเวลาหนึ่ง เป็นผลให้เกิดสารแลคติกดั่งปฏิกิริยา

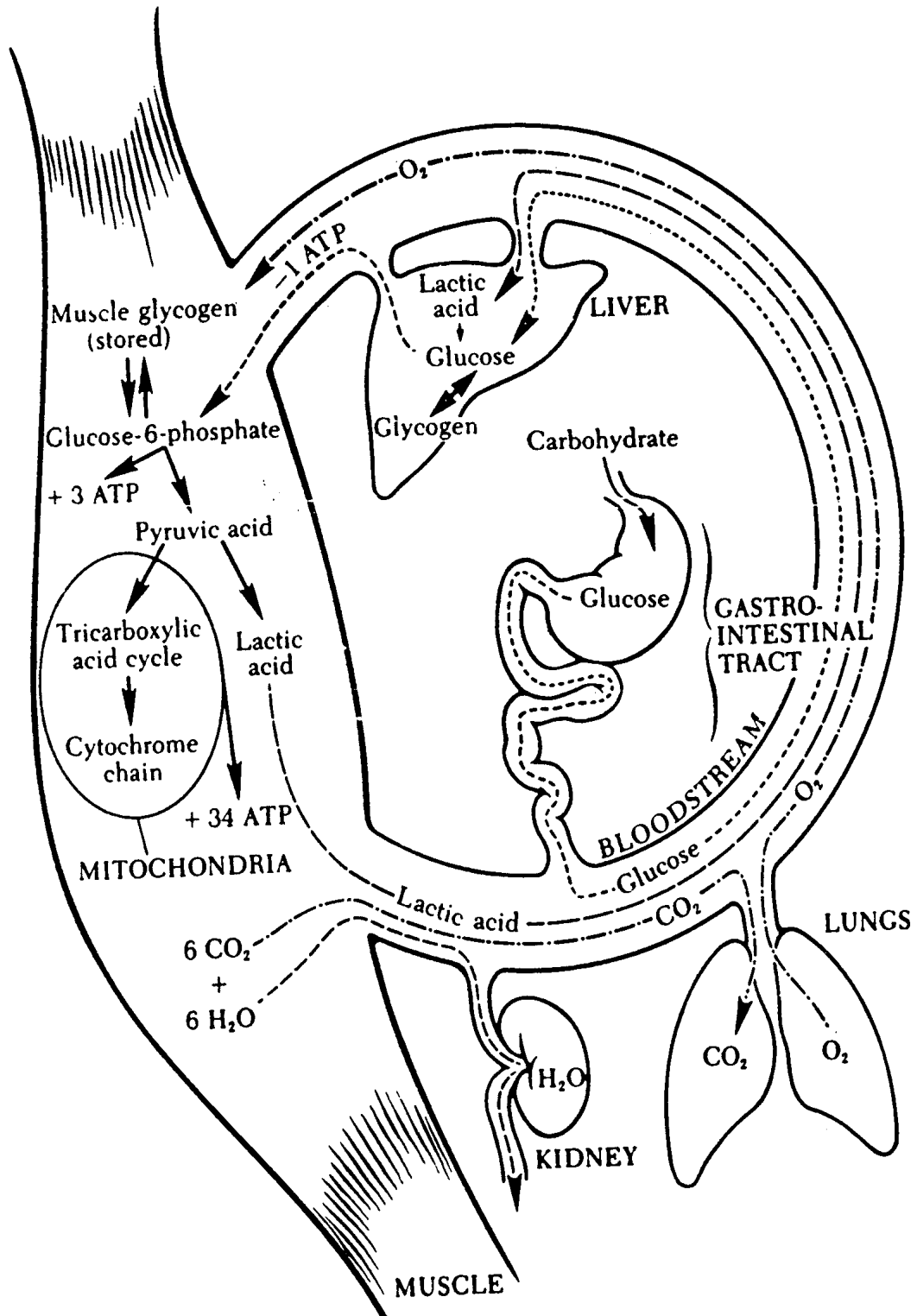


ปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะค้างอยู่ในกล้ามเนื้อทำให้การยืดหดตัวของกล้ามเนื้อช้าลงและการเคลื่อนไหวเป็นไปได้อย่างลำบาก ร่างกายจะเกิดอาการเหนื่อยล้า (fatigue) ซึ่งสภาพเช่นนี้กล้ามเนื้อจะมีค่า pH ประมาณ 6.0-6.5 แต่ถ้าสัตว์ได้รับการพักผ่อนเพียงพอ กล้ามเนื้อไม่มีการเคลื่อนไหว กรดแลคติกจะถูกส่งออกจากกล้ามเนื้อไปสู่ตับแล้วเปลี่ยนไปเป็นกลูโคส (รูปที่ 2) และส่งเข้าสู่เส้นเลือดต่อไป และเมื่อร่างกายได้รับออกซิเจนปกติ อาการต่างๆ ก็จะกลับสู่สภาพปกติ

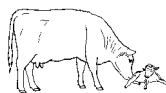
ถ้าสัตว์ถูกฆ่าเซลล์กล้ามเนื้อจะขาดไกลโคเจนอยู่ต่อไป และถ้าหากยังมีไกลโคเจนเหลืออยู่ในกล้ามเนื้อ จะทำให้ปริมาณกรดแลคติกเกิดมากขึ้นและทำให้ pH ในกล้ามเนื้อลดลงเรื่อยๆ อัตราการลดลงของค่า pH ของกล้ามเนื้อภายหลังจากสัตว์ตายจะมีผลต่อคุณภาพเนื้อขั้นสุดท้าย และสามารถวัดได้โดยวัดค่า pH 1 ชม. (pH1) และค่า pH ที่ 24 ชม. (pH2) ภายหลังการตาย

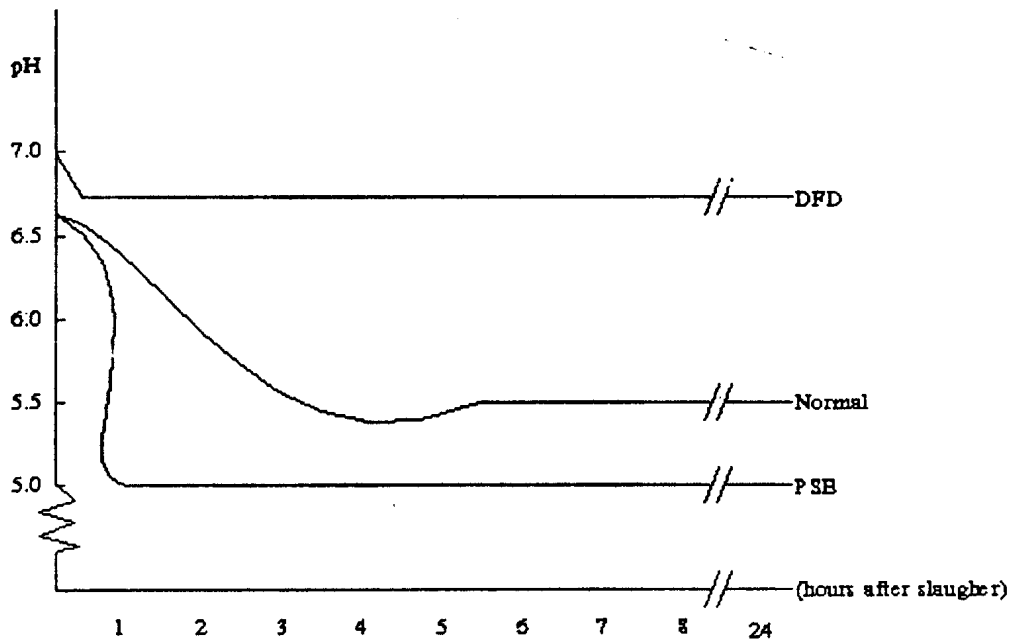
ค่า pH2 ของเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่ จะขึ้นอยู่กับปริมาณไกลโคเจนที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อสัตว์ก่อนตาย ซึ่งในกรณีที่สัตว์ไม่มีอาการเครียดระหว่างเดินทางหรือได้รับการพักผ่อนอย่างเพียงพอก่อนการฆ่า จะได้เนื้อที่มี pH1 ประมาณ 6.5-6.8 และค่า pH2 ประมาณ 5.6-5.8 ซึ่งเป็นค่า pH ที่ปกติของเนื้อคุณภาพดี ดังแสดงในรูปที่ 3





รูปที่ 2 แสดงวงจรการสร้างพลังงานสำหรับใช้ในการยืดหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ (ชัยณรงค์, 2529)





รูปที่ 3 แสดงการลดลงของ pH ในเนื้อหลังสัตว์ตาย (สัตวชัย, 2543)

ถ้าเนื้อสัตว์มีค่า pH1 เป็น 5.4-5.8 แสดงว่าสัตว์ที่ถูกฆ่ามันเกิดขบวนการ glycolysis ขึ้นตั้งแต่ในช่วงที่สัตว์ยังมีชีวิตอยู่ (ก่อนตาย) ทำให้อัตราการเกิดกรดแลคติกเพิ่มขึ้นมากภายหลังการตาย ลักษณะเช่นนี้จะมีผลเสียต่อคุณภาพเนื้อ จะเกิดขึ้นในสัตว์ที่มีความเครียด ค่า pH ของเนื้อจะลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งได้ pH1 เป็น 5.4 ในขณะที่ซากยังอุ่นอยู่ โดยมีอุณหภูมิซากประมาณ 39-41 °C และค่า pH2 เป็น 5.3-5.6 ในสภาวะเช่นนี้จะทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ของกล้ามเนื้อลดลง เพราะโปรตีนของกล้ามเนื้อถูกทำให้ผิดลักษณะไปจากเดิม (denature) ไปบางส่วน โดยเฉพาะโปรตีนประเภท sarcoplasmic protein ซึ่งเป็นโปรตีนที่สามารถละลายได้ในน้ำหรือน้ำเกลือสูญเสียคุณลักษณะบางประการ เนื่องจากการกรดแลคติกที่เกิดขึ้นมีการตกตะกอนทับถมลงบนโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของกล้ามเนื้อ (myofibrillar protein) ทำให้โปรตีนจับตัวกันได้น้อยลง และเนื้อจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ มองดูลักษณะสัมผัสของเนื้อ (texture) จะพบว่า มีน้ำเยิ้ม (exudate) ออกมาและเมื่อตรวจดูโครงสร้างของกล้ามเนื้อชนิดนี้ จะพบว่าเส้นใยกล้ามเนื้อเรียงตัวกันหลวมๆ ทำให้เนื้อค่อนข้างนิ่มและอ่อนตัว และจากการที่เนื้อมีน้ำเยิ้มออกมาบริเวณผิวหนังของเนื้อ ทำให้แสงที่ตกกระทบผิวหนังสะท้อนกลับไปได้มาก จะทำให้เห็นว่าเนื้อมีสีซีดจางกว่าปกติ เนื้อลักษณะนี้เรียกว่า PSE (Pale Soft Exudative) เนื้อประเภทนี้จะ





เกิดปฏิกิริยา oxidation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและเม็ดสีในเนื้อได้ง่ายกว่าเนื้อปกติ ทำให้เนื้อมีกลิ่นหืนเร็ว และเนื้อจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้เร็ว ไม่เหมาะที่จะนำมาทำผลิตภัณฑ์เพราะเนื้อจะคุ่มน้ำได้ไม่ดี เนื้อลักษณะนี้จึงไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นควรป้องกันโดยให้สัตว์ได้พักผ่อนเพียงพอก่อนถอดอาหารเพื่อฆ่าและไม่ทำให้สัตว์เครียดขณะนำเข้ามา เนื้อที่มีลักษณะ PSE มักเกิดกับเนื้อสุกรมากกว่าเนื้อโค

ในกรณีที่สัตว์ได้รับความเครียดจากการขนส่งเป็นเวลานาน ทำให้ร่างกายใช้ไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อและในตับจนหมด จะทำให้เกิดปฏิกิริยาผันกลับ โดยค่า pH1 เป็น 6.5-6.6 และค่า pH2 มีค่าใกล้เคียงกันคือ 5.8-6.2 ซึ่งนับว่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้เพราะมีกรดแลคติกปริมาณเล็กน้อยเท่านั้นที่เกิดขึ้นภายหลังสัตว์ตาย เนื่องจากไกลโคเจนถูกใช้จนหมดก่อนการตายแล้ว ลักษณะเช่นนี้จะทำได้เนื้อที่เรียกว่า Dark, Firm, Dry (DFD) ซึ่งเนื้อจะมีความสามารถในการคุ่มน้ำสูง และน้ำส่วนใหญ่มักจะเกาะตัวอยู่กับโปรตีนของกล้ามเนื้อ ไม่ไหลซึมออกนอกเซลล์ และโครงสร้างโปรตีนจะเรียงตัวกันแน่น เมื่อใช้นิ้วกดบริเวณผิวหนังหน้าขึ้นเนื้อ จะแห้งแน่นและสีคล้ำ เนื้อประเภทนี้ไม่เหมาะที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์เช่นกัน เพราะเนื้อจะเหนียวและเน่าเสียง่าย เนื่องจากมีน้ำอยู่มาก เนื้อที่มีลักษณะเช่นนี้มักเกิดกับเนื้อโคมากกว่าเนื้อสุกร

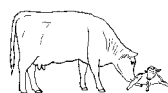
#### **ความคงทนต่อสภาพความเครียดของสัตว์**

สัตว์ที่เครียดง่าย (stress susceptibility) เช่นสุกรพันธุ์เบลเยียม-แลนดรีซ (Belgium Landrace) และสุกรพันธุ์เพียเทรียน (Pietrien) เป็นสุกรที่ตื่นตกใจและเครียดง่าย เมื่อเครียดอุณหภูมิร่างกายจะสูงและอัตราการเกิดปฏิกิริยาไกลโคไลซิสในกล้ามเนื้อสูง ซึ่งมีผลให้ pH ในกล้ามเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเนื้อมีแนวโน้มที่จะเป็น PSE มากกว่าพันธุ์อื่น ๆ

สัตว์ที่ทนต่อความเครียด (stress resistance) เช่นสุกรพื้นเมือง ไม่ตื่นตกใจหรือเครียดง่าย เมื่อฆ่าชำแหละร่างกายจะเกิดขบวนการไกลโคไลซิสเกิดขึ้นน้อย ทำให้ pH ในกล้ามเนื้อภายหลังการตาย ยังคงสูงอยู่ ซึ่งเนื้อที่ได้มีแนวโน้มที่จะมีลักษณะ DFD

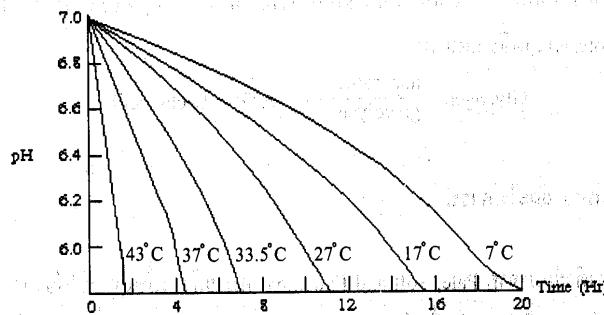
#### **ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ**

กล้ามเนื้อบริเวณคอ ขาหน้าหรือขาหลัง ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ต้องเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่มาก กล้ามเนื้อเหล่านี้จะมีปริมาณ myoglobin ในเซลล์กล้ามเนื้ออยู่มาก จึงทำให้มีออกซิเจนเหลืออยู่ในกล้ามเนื้อในปริมาณมากพอภายหลังจากสัตว์ตายแล้ว และเป็นผลให้ค่า pH ของเนื้อลดลงช้ากว่ากล้ามเนื้อบริเวณสันหลัง สะโพกหรือพื้นที่อก ที่ซึ่งมีออกซิเจนเหลืออยู่น้อย ภายหลังการตาย



### อัตราการทำให้ซากมีอุณหภูมิลดลง

ภายหลังการฆ่าชำแหละแล้ว ต้องนำซากสัตว์เข้าแช่เย็นโดยเร็ว การแช่เย็นซากที่ดีควรทำให้เนื้อมียุณหภูมิต่ำกว่า  $10^{\circ}\text{C}$  ภายในเวลา 12 ชม. เพื่อให้อัตราการเกิดขบวนการไกลโคไลซิสเกิดขึ้นอย่างปกติ เพื่อให้ pH ในกล้ามเนื้อลดลงอย่างช้าๆ (ดังแสดงในรูปที่ 4) และถึง 5.3-5.7 ในขั้นสุดท้าย แต่สำหรับเนื้อที่ได้จากสัตว์ที่ตื่นตกใจและเครียดง่าย ถึงแม้จะแช่เย็นซากดีก็ไม่ทำให้เนื้อมียุณหภูมิปกติได้ เพราะ pH ของเนื้อจะลดลงอย่างรวดเร็วขณะที่ซากยังอุ่นอยู่

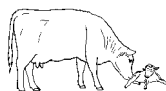


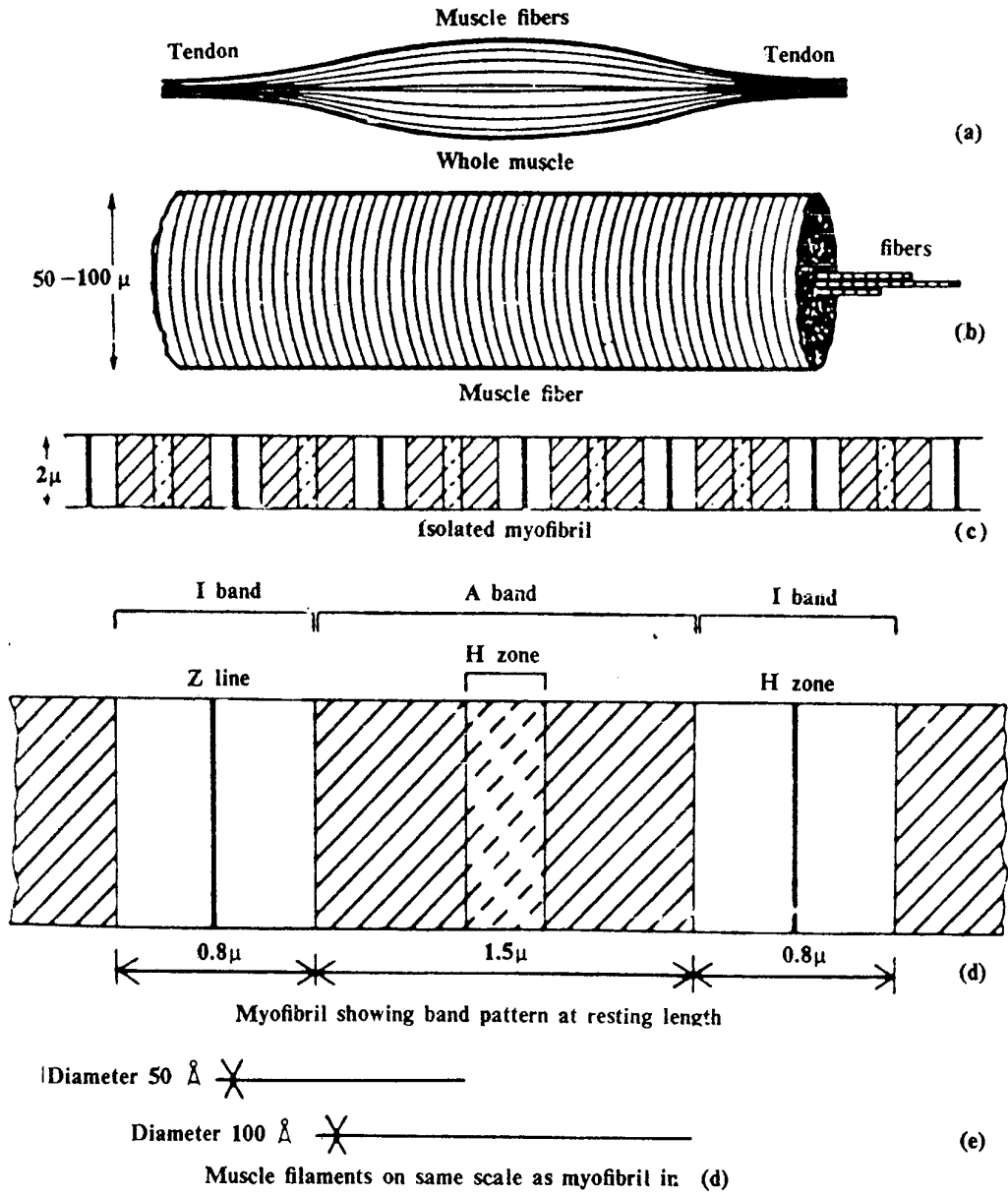
รูปที่ 4 ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการลดลงของ pH หลังสัตว์ตายในกล้ามเนื้อ longissimus dorsi (สัตวชัย, 2543)

### การแข็งและเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (rigor mortis)

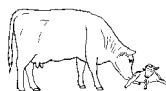
โดยปกติภายหลังการตายของสัตว์ กล้ามเนื้อจะเกิดการแข็งและเกร็งตัวขึ้น เซลล์กล้ามเนื้อจะหดสั้นเข้า ทำให้กล้ามเนื้อสูญเสียความยืดหยุ่น (elasticity) และความโปร่งแสง (transparency) เนื้อจะขุ่นมัว (dull) เนื่องจากไม่มีการหักเหของแสง และข้อต่อต่างๆ ในโครงกระดูกจะยึดแน่น ไม่เคลื่อนไหว ปฏิกิริยาการแข็งตัวนี้จะเกิดขึ้นและกินเวลาประมาณ 1-24 ชม. ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของร่างกายสัตว์ เช่นซากสุกร มีช่วงเวลาของ rigor mortis ประมาณ 10 ชม. ซากแกะ 7-8 ชม. ซากโค 24 ชม. และซากไก่ 2-4 ชม. เป็นต้น

การแข็งและเกร็งตัวของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นได้เนื่องจากหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของกล้ามเนื้อที่เรียกว่า sarcomere เกิดการหดตัว โดยในสภาพที่สัตว์ยังมีชีวิตอยู่นั้น sarcomere จะมีบทบาทสำคัญในการหดตัว (contraction) และคลายตัวหรือยืดตัว (relaxation) ของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของ I-band, A-band และ H-zone ใน sarcomere (รูปที่ 5) การเคลื่อนที่นี้ทำให้เส้นใย actin และ myosin เคลื่อนตัวเข้า-ออกหากันและกัน เหตุการณ์เช่นนี้มีส่วนสำคัญต่อความเหนียวของเนื้อสัตว์ กล่าวคือ ถ้าส่วนใหญ่ของ sarcomere ในเส้นใยขนาดย่อยอยู่ในสภาพหดตัว เนื้อจะเหนียว แต่ในทางตรงข้ามถ้าอยู่ในสภาพยืดตัว จะได้เนื้อที่นุ่ม





รูปที่ 5 เส้นใยกล้ามเนื้อและเส้นใยย่อย (ชัยณรงค์, 2529)



การหดและยึดตัวของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับการทำงานของแ่ง actin ซึ่งแ่ง actin จะหดตัวเมื่อมีการย่อยสลายของสาร ATP โดยเอนไซม์ ATP-ase และการยึดตัวของกล้ามเนื้อต้องอาศัย Marsh factor คือการหยุดยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ ATP-ase โดยการดึงเอา  $Ca^{2+}$  ออกจากระบบการทำงานของเอนไซม์ และตัวที่ทำหน้าที่เก็บ  $Ca^{2+}$  คือ sarcoplasmic reticulum

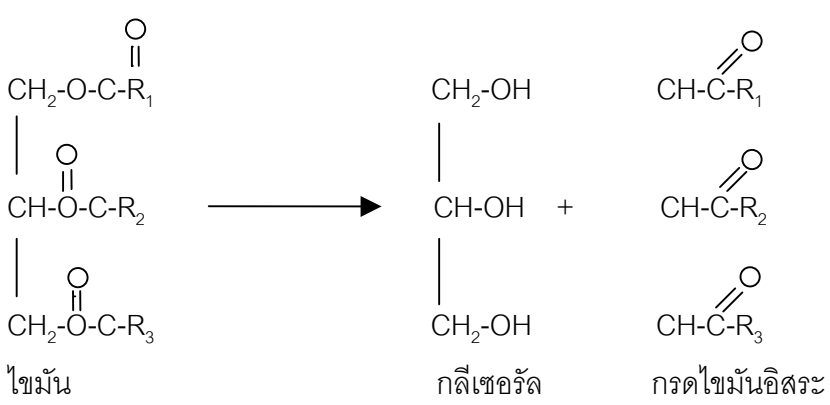
การที่ actin จะยึดหดตัวได้อย่างคล่องแคล่ววั้น ต้องอาศัยสารตัวช่วยการหล่อลื่น ซึ่งในกรณีนี้คือสารประกอบระหว่างแมกนีเซียมกับ ATP (Mg-ATP) ซึ่งถ้าไม่มีสารหล่อลื่นนี้อยู่เมื่อ actin หดตัว จะจับติดแน่นกับ myosin กลายเป็นสารประกอบ actomyosin

เมื่อสัตว์ถูกฆ่าและเลือดถูกกำจัดออกหมดทำให้ไม่มีออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ เพราะไม่มีรงควัตถุไมโอโกลบิน (myoglobin pigments) ส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อ ดังนั้นปฏิกิริยาเมตาโบลิซึมต่างๆ จะหยุดชะงัก ขบวนการสร้างสาร ATP ต้องหยุดลง ซึ่ง ATP ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อแต่เดิมถูกย่อยสลายทำให้เหลือจำนวนลดลงเรื่อยๆ โดยประมาณว่าเมื่อระดับ ATP ลดลงเหลือเพียง 1 โมลต่อกรัมของกล้ามเนื้อ จะทำให้กล้ามเนื้อเริ่มหดตัวและเกิดการเกร็งตัวขึ้น ประกอบกับการขาด  $Mg^{2+}$  ที่ส่งมาสู่เซลล์ของกล้ามเนื้อด้วย ทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นไปอย่างถาวรและสูญเสียคุณสมบัติในการยืดหยุ่น กล้ามเนื้อไม่สามารถยึดหดตัวต่อไปได้ เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวเต็มที่และยึดติดกันจนอยู่ในสภาพ actomyosin ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเกร็งตัวในที่สุด เนื้อขณะนี้จะเหนียวมาก เพราะมีการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้เนื้อมีความต้านทานต่อการบาดเจ็บสูง

**การย่อยสลายตัวเองของกล้ามเนื้อ (autolysis)**

เมื่อสัตว์ตาย เอนไซม์ในเนื้อสัตว์บางประเภทที่ยังคงมีประสิทธิภาพอยู่จะเริ่มทำปฏิกิริยากับเนื้อสัตว์ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

- เอนไซม์พวกที่ย่อยสลายไขมัน (lipase หรือ fat spitting enzyme) เป็นตัวการที่ทำให้เนื้อสัตว์ที่มีไขมันสูงเกิดการเหม็นหืน เนื่องจากการเกิดกรดไขมันอิสระ (free fatty acids) ที่ได้จากการย่อยสลายไขมัน ดังสมการ



ขบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่าการเหม็นหืน (rancidity) ในเนื้อที่มีไขมันสูง ซึ่งจะเกิดเมื่อเนื้อสัมผัสกับอากาศและสีของเนื้อจะซีดจางลง

- เอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน (proteolytic enzyme) ที่สำคัญคือ Cathepsin ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่อยู่ใน lysosome ของเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งจะออกมาย่อยสลายโปรตีน เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ร่วมไปกับการทำปฏิกิริยาในระดับ sarcomere ทำให้โปรตีนแตกตัวเป็นเปปไทด์ (peptide) และสาร actin และ myosin คลายตัวออกจากกัน ทำให้เนื้อนุ่มมากขึ้น

### คุณภาพเนื้อ (meat quality)

แม้ว่าเรื่องคุณภาพเนื้อจะได้มีความจำเป็นโดยตรงต่อผู้ผลิตโคเนื้อ มากนักก็ตาม แต่ในขนาดที่ผู้บริโภคมีแนวโน้มต้องการสิ่งของและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ซึ่งไม่เว้นแม้แต่เนื้อโค ผู้เลี้ยงสัตว์จึงจำเป็นต้องมีความรู้ด้านนี้มากขึ้น เพื่อผลิตเนื้อให้ได้ตรงตามความต้องการของตลาดต่อไป สิ่งบ่งชี้เกี่ยวกับคุณภาพของเนื้อที่มีดังต่อไปนี้

- สีของเนื้อ
- ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)
- ความแน่น (firmness)
- การกระจายตัวของไขมันภายในกล้ามเนื้อ (marbling)
- ความชุ่มน้ำ (juiciness)
- ลักษณะเนื้อและขนาดของเส้นใย (texture and fiber size)
- ความนุ่ม (tenderness) หรือความเหนียว (toughness)
- กลิ่น (odours) และรสชาติ (taste)

### สีของเนื้อ

ปกติเนื้อสัตว์มีสีชมพูออกเทา จนถึงสีแดงเข้มออกม่วง ซึ่งสีของเนื้อแตกต่างกันไปตามประเภทของกล้ามเนื้อ ชนิด เพศและอายุของสัตว์ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากปริมาณรงควัตถุไมโอโกลบิน (myoglobin pigments) ที่อยู่ในกล้ามเนื้อนั่นเอง

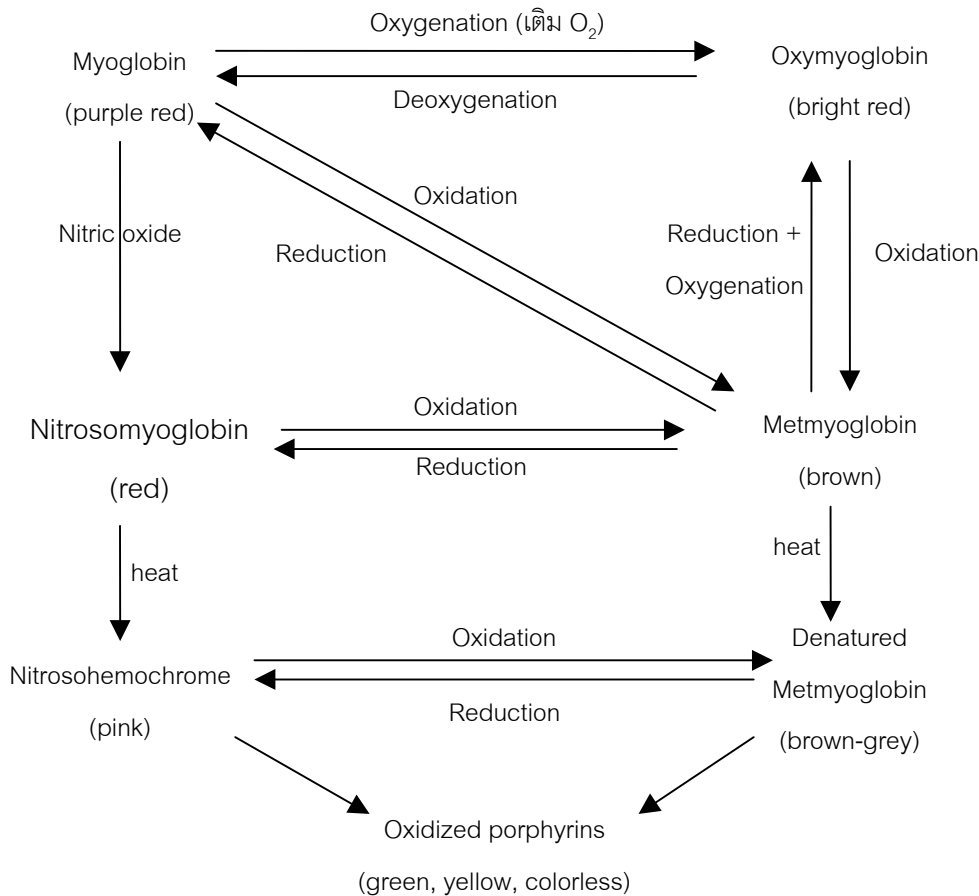
สัตว์ต่างชนิดกันจะมีปริมาณไมโอโกลบินในเนื้อต่างกัน อาทิเช่น เนื้อสุกรมี 0.06% เนื้อแกะมี 0.25% เนื้อโคมี 0.6% โดยน้ำหนักเนื้อสด ดังนั้นจะเห็นว่าเนื้อโคจะสีเข้มกว่าเนื้อแกะและเนื้อสุกร ตามลำดับ และคาดว่าเนื้อกระบือน่าจะจะมีปริมาณไมโอโกลบินมากกว่าเนื้อโค



ในสัตว์ชนิดเดียวกัน ที่มีอายุแตกต่างกันจะมีปริมาณไมโอโกลบินในเนื้อแตกต่างกัน ดังนี้ ในเนื้อลูกโคที่มีอายุ 3-6 เดือน มีไมโอโกลบินในเนื้อ 1-3 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม ขณะที่เนื้อโคที่มีอายุ 8-12 เดือน มี 4-10 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม ดังนั้นเนื้อที่ได้จากสัตว์ที่มีอายุมากกว่า จะมีเนื้อสีเข้มกว่า

ในเนื้อสัตว์ชนิดเดียวกัน ตัวผู้จะมีปริมาณไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อมากกว่าตัวเมีย และกล้ามเนื้อในส่วนที่ต้องออกกำลังกายมากๆ จะมีปริมาณไมโอโกลบินมากกว่า ทั้งนี้เพราะไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อทำหน้าที่เก็บสะสมออกซิเจนไว้ เพื่อให้กล้ามเนื้อนำออกมาใช้ในปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ เพื่อสร้างพลังงาน ดังนั้นเนื้อบริเวณขาหลัง ขาหน้าและเนื้อบริเวณไหล่จะมีสีเข้มกว่าเนื้อส่วนสันหลังและเนื้อพันท้อง

สีของเนื้อสดที่คนมองเห็นนั้นเกิดขึ้นจากไมโอโกลบินและออกซิเจนในอากาศ ปกติเนื้อมีสีแดงอมชมพู (purple red) แต่เมื่อถูกตัดชำและเป็นชิ้นๆ เนื้อจะถูกอากาศทำให้เนื้อมีสีชมพูสด (bright pink) เนื่องจากออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิน เกิดเป็นสาร oxymyoglobin ขึ้น แต่เนื้อส่วนที่วางติดกับพื้น จะขาดออกซิเจน จึงเกิดสาร metmyoglobin ขึ้น ทำให้ได้เนื้อสีน้ำตาล (brown) ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ (เยาวลักษณ์, 2535)



เมื่อนเนื้อได้รับความร้อนหรือถูกทำให้สุก จะมีสีน้ำตาลอมเทา (grey-brown) เนื่องจากสาร metmyoglobin ถูกทำให้เสียสภาพธรรมชาติไป (denatured metmyoglobin) และถ้านำมาวางไว้ให้สัมผัสกับอากาศนานๆ เนื้อจะขาดออกซิเจนทำให้เกิดสาร oxidized porphyrins ซึ่งมีสีเขียวเหลืองอ่อนๆ ซึ่งสีของเนื้อในช่วงนี้จะแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของเนื้อไม่ดีและไม่เหมาะต่อการบริโภค

ถ้าต้องการรักษาสีแดงของเนื้อไว้นานๆ เพื่อให้สะดวกสำหรับผู้บริโภคขณะที่วางเพื่อจำหน่าย สามารถทำได้โดยใช้สาร nitric oxide จากสารประกอบพวกไนเตรทหรือไนไตรของเกลือโซเดียมหรือโปตัสเซียมช่วย จะทำให้เนื้อสัตว์มีสีแดงเข้มของสาร ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสารที่มีสีชมพูเรื่อๆ (light pink) และอยู่ตัวดี (ซึ่งคือสาร nitrosohemochrome) เมื่อนำมาทำให้สุกโดยการใช้ความร้อนด้วยการอบ ต้ม ทอดหรือรมควัน

### ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกัน โดยจะเห็นได้จากการตัดเส้นใยกล้ามเนื้อตามยาว จะพบว่าเนื้อบางชนิดจะมีน้ำค้างอยู่ ส่วนเนื้อบางชนิดจะแห้ง ซึ่งสิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อคือค่า pH ของเนื้อตั้งที่ได้กล่าวถึงไว้บ้างแล้วในช่วงต้น

เนื้อปกติจะมี pH ประมาณ 6.8-7.0 ซึ่งในสภาพนี้โมเลกุลของโปรตีนในเนื้อจะมีความเป็นประจุสูง เนื่องจากมีกลุ่มของ carboxyl, amino, carbonyl, hydroxyl, sulfhydryl, imidazole อยู่ภายใน ซึ่งกลุ่มเหล่านี้จะจับน้ำที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อไว้ได้ด้วยแรงดึงดูดไฮโดรเจน (hydrogen bond) ทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง และน้ำไม่ซึมไหลออกจากเนื้อเมื่อเซลล์ถูกตัด หั่นหรือ บด

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะไม่เท่ากันในระหว่างมัดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันหรือในสัตว์ต่างชนิดกัน เนื้อสุกรมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าเนื้อโคและเนื้อไก่ ตามลำดับ

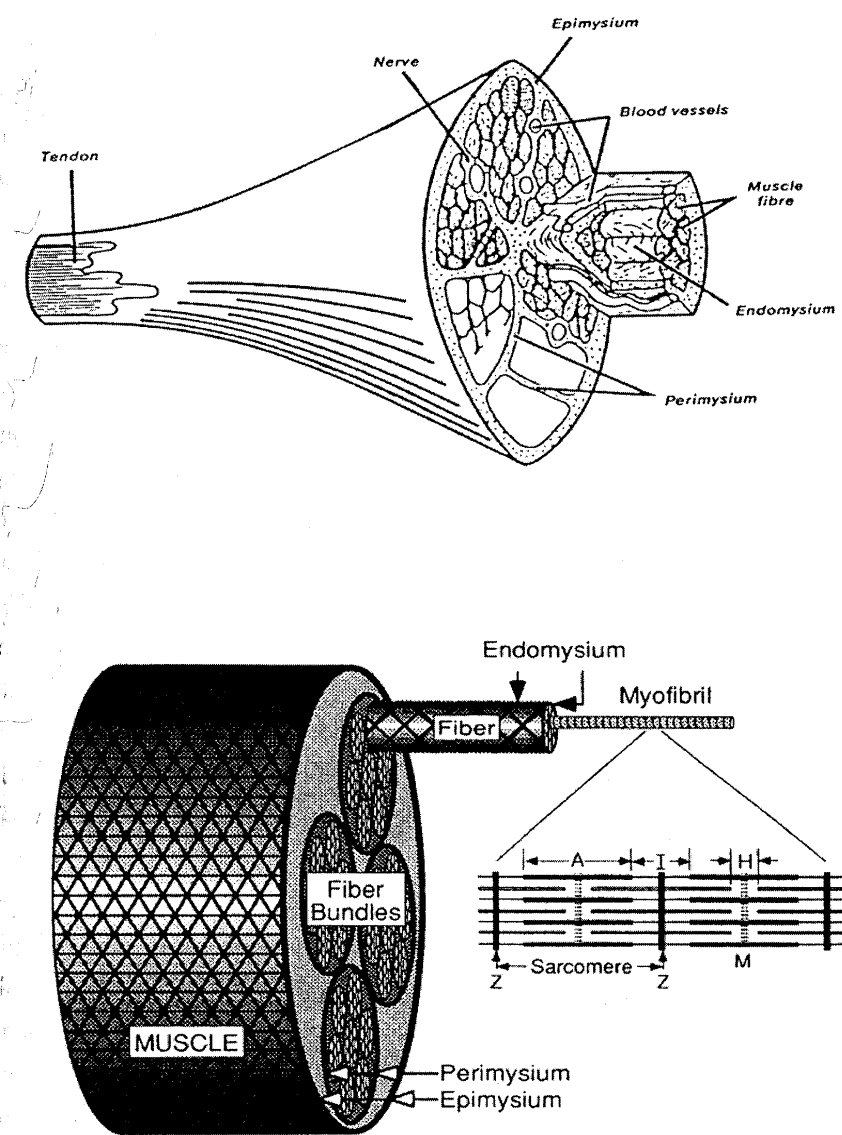
### ความแน่น (firmness)

เนื้อที่มีคุณภาพสูงจะมีลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่ค่อนข้างแน่นและคงรูปร่างได้ดี ความแน่นของเนื้อมีความสำคัญต่อการตัด การหั่น รูปทรงของก้อนเนื้อวางจำหน่าย ตลอดจนการนำไปแปรรูป ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความแน่นของเนื้อได้แก่ 1) สภาพการหดและเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (rigor mortis) 2) ไขมันแทรก (marbling) 3) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) 4) ขนาดของมัดกล้ามเนื้อ และ 5) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ การวัดค่าความแน่นของเนื้อสามารถกระทำได้โดยการใช้สายตาคาดคะเนจากความชำนาญหรือเพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนควรใช้เครื่องมือที่เรียกว่า penetrometer



**การกระจายตัวของไขมันภายในกล้ามเนื้อ (marbling)**

เนื้อที่มีคุณภาพดีควรมีไขมันกระจายในเนื้ออย่างสม่ำเสมอ ไขมันที่กระจายอยู่ในเนื้อเกิดจากการสะสมของไขมันแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นใน (perimysium) ที่ห่อหุ้มระหว่างมัดกล้ามเนื้อแต่ละมัด (รูปที่ 7) สัตว์ที่ออกแรงน้อยและได้รับอาหารพลังงานมากเกินความต้องการเป็นเวลานานๆ จะมีการสะสมไขมันภายในกล้ามเนื้อมากขึ้น และการสะสมจะเร็วขึ้นเมื่อสัตว์มีอายุมาก ปริมาณไขมันที่แทรกในกล้ามเนื้อจะทำให้เนื้อมีรสชาติและกลิ่นดีเมื่อนำมาทำให้สุก อุณหภูมิของชิ้นเนื้อจะไม่สูงเกินไปในขณะที่อุณหภูมิภายนอกสูง หรือเมื่อนำเนื้อมาบดและทำให้สุกเนื้อจะไม่หืดตัวมาก มีความชุ่มฉ่ำสูง



รูปที่ 7 โครงสร้างของกล้ามเนื้อและส่วนประกอบของกล้ามเนื้อ (ชัยณรงค์, 2529)



### ความชุ่มน้ำ (juiciness)

ความชุ่มน้ำของเนื้อสัตว์จัดได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความน่ารับประทานของเนื้อมาก โดยความชุ่มน้ำจะเป็นความรู้สึกที่ประสาทสัมผัสภายในปากได้รับจากการที่ของเหลวถูกบีบและกดดันออกมาจากก้อนเนื้อที่กำลังถูกบดอยู่ในปาก ส่วนของของเหลวที่ออกมาคือซีรัม (serum) และไขมัน ซึ่งจะไปเร่งเร้าให้น้ำลายไหล เนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อยจะทำให้ความรู้สึกที่มีความชุ่มน้ำสูงกว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมาก แต่ถ้าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมากนั้นมีไขมันแทรกสูง ก็จะมีผลทำให้ความชุ่มน้ำของเนื้อเพิ่มขึ้นได้

### ลักษณะเนื้อและขนาดของเส้นใย (texture and fiber size)

ลักษณะของเนื้อเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของเส้นใยในเนื้อ โดยเนื้อของสัตว์ที่มีอายุมากจะมีลักษณะหยาบ (coarseness) ซึ่งถ้านำมาดกกล้ามเนื้อมาตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นว่าเนื้อที่มีลักษณะหยาบอาจเกิดจากการเพิ่มขนาดของเส้นใย ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน การหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ และตำแหน่งของกล้ามเนื้อ ซึ่งเนื้อที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะเนื้อละเอียด (fine) เช่น เนื้อสัน เป็นต้น

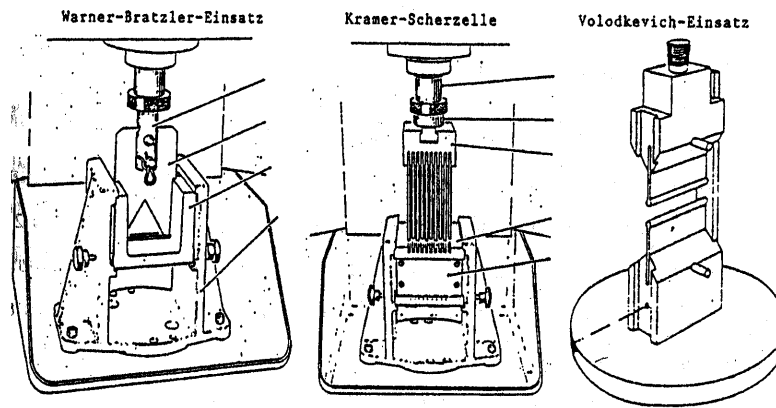
### ความนุ่ม (tenderness) หรือความเหนียว (toughness)

ความนุ่มของเนื้อเป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดต่อความน่ากิน (palatability) ของเนื้อ สิ่งที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อคือ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยมีความเกี่ยวข้องดังนี้

- สัดส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีอยู่ในโครงสร้างของชิ้นเนื้อ โดยเนื้อที่ส่วนขา ซึ่งเป็นอวัยวะที่ออกแรงมาก จะมีสัดส่วนของ Epimysium ผสมกับเส้นเอ็นจำนวนมาก ทำให้นอกจากส่วนนี้มีความนุ่มน้อยกว่าเนื้อสัน
- ปริมาณแขนเชื่อมระหว่างกันภายในโมเลกุล (intermolecules crosslink) ของโปรตีนคอลลาเจน เนื้อจากสัตว์ที่มีอายุมากจะมีปริมาณแขนเชื่อมระหว่างกันภายในโมเลกุลของโปรตีนคอลลาเจนมากทำให้เนื้อเหนียวมากกว่า

ความนุ่มของเนื้อ มีอัตราการถ่ายทอดผ่านทางพันธุกรรมสูงถึง 60% ( $h^2 = 0.6$ ) อย่างไรก็ตามการเกิด rigor mortis ก็มีผลทำให้ความนุ่มของเนื้อลดลงได้ด้วย การวัดความเหนียวทำได้โดยการวัดแรงที่ใช้ตัดชิ้นเนื้อ ตัวอย่างเช่น เครื่อง Warner-Bratzler-Einsatz เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 8





รูปที่ 8 แสดงรูปเครื่องมือวัดความเหนียวของเนื้อ (สัจชัย, 2543)

### กลิ่น (odours) และรสชาติ (taste)

กลิ่นเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งอย่างหนึ่งต่อรสชาติ เนื้อสัตว์ที่สดจะมีกลิ่นที่บางเบาและรสชาติออกจะเค็มๆ เนื่องจากสารต่างๆ ที่อยู่ในน้ำเลือด อย่างไรก็ตามรสชาติที่แท้จริงของเนื้อสัตว์ที่มนุษย์รู้จักนั้นปรากฏออกมาเมื่อนำเนื้อนั้นไปทำให้สุก ทั้งนี้เพราะความร้อนจะเป็นตัวทำให้สารประเภทให้กลิ่นบางอย่างระเหยออกมา และกลิ่นนี้เองเป็นตัวการกระตุ้นต่อมรับรสให้เกิดความน่ากินหรืออยากรับประทาน ในการต้มเนื้อและการปิ้งหรือย่างเนื้อให้สุก จะมีผลให้สารเคมีที่ระเหยได้ (volatile substance) ส่งกลิ่นกระจายออกมาแตกต่างกัน โดยเนื้อสัตว์ที่สุกแล้วจะให้กลิ่นและรสชาติเฉพาะของเนื้อสุก ซึ่งเป็นผลมาจากสารตั้งต้นที่ละลายอยู่ในน้ำและไขมันของเนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีต้องไม่มีกลิ่นผิดปกติในเนื้อ ได้แก่ กลิ่นของเพศ (sex-odour) กลิ่นอาหาร กลิ่นอะซีโตน ที่เกิดจากปฏิกิริยาการทำลายไขมันที่สะสมในร่างกาย และต้องไม่มีกลิ่นของสภาวะแวดล้อมภายนอก

รสชาติของเนื้อสัตว์ต่างชนิดหรือชนิดเดียวกันแต่ต่างชิ้นส่วนของกล้ามเนื้อจะมีรสชาติแตกต่างกัน ซึ่งสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของรสชาติคือกรดอะมิโนอิสระ (free amino acids) และน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง (reducing sugar) ส่วนที่ทำให้เกิดความแตกต่างกันไปได้แก่พวกสารที่ละลายหรือคงอยู่ร่วมกับไขมันในเนื้อ ซึ่งสารพวกนี้เมื่อถูกความร้อนในขณะที่กำลังทำให้สุกก็จะปล่อยสารระเหยได้ออกมา ซึ่งแตกต่างกันออกไปในสัตว์แต่ละชนิด



## เอกสารอ้างอิง

- ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.  
กรุงเทพมหานคร
- ปรารธนา พฤษะศรี. 2533. การเลี้ยงโคขุน. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิษฐ์. 2535. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ภาควิชาอุตสาหกรรม  
เกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง
- สัญญาชัย จตุรสิทธิ์. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

