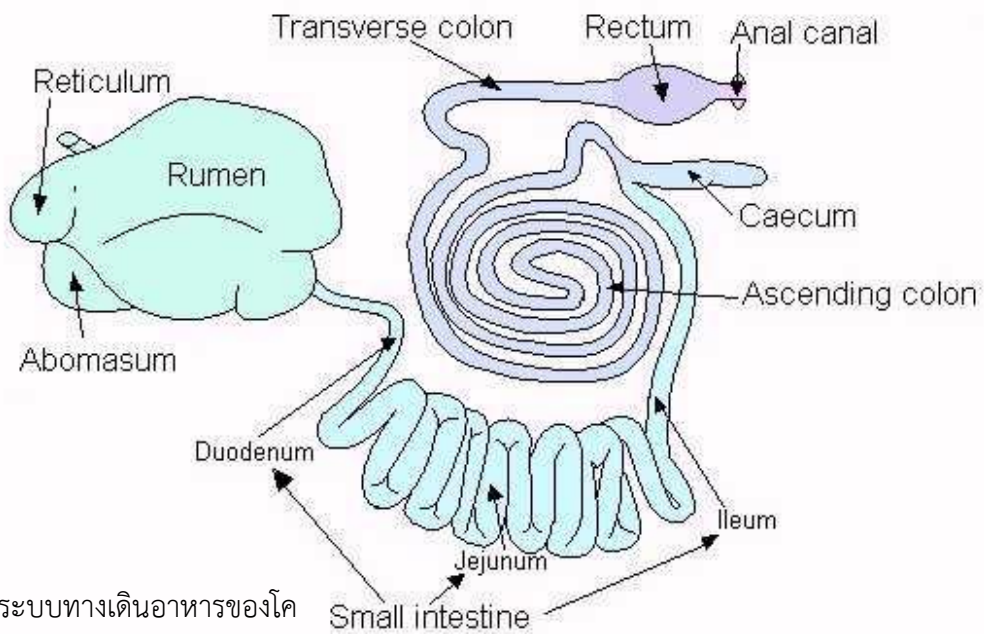
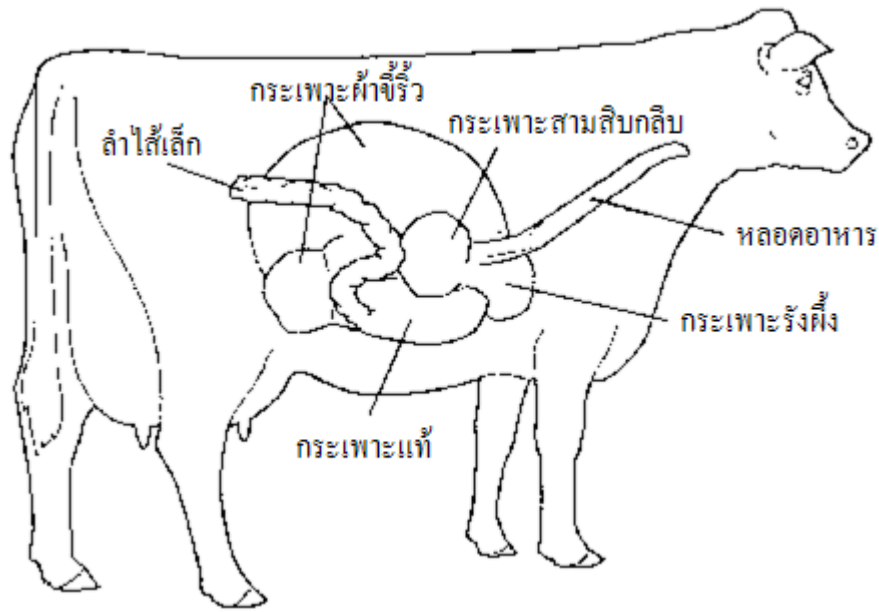


บทที่ 3 ระบบทางเดินอาหารและการเคี้ยวเอื้อง (Gastrointestinal tract in Ruminant and Rumination)

ระบบทางเดินอาหาร ประกอบด้วยท่อทางเดินอาหารและอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร มีหน้าที่ในการนำอาหารเข้าสู่ปาก (prehension), การเคี้ยว (mastication หรือ chewing), การกลืน (swallowing), การเคี้ยวเอื้อง (rumination), การย่อยอาหาร (digestion), การดูดซึมโภชนา (absorption) รวมถึงการหลั่งฮอร์โมนในระบบทางเดินอาหาร และการขับถ่ายของเสีย (excretion) ออกจากร่างกาย เป็นต้น

การย่อยอาหารจะหมายถึงการย่อยโดยวิธีกล เช่นการเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลงและการบีบตัวของกล้ามเนื้อของระบบทางเดินอาหาร รวมทั้งการย่อยโดยวิธีทางเคมี เช่นการใช้เอนไซม์ที่ผลิตจากเยื่อบุทางเดินอาหาร หรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร เพื่อย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลง และมีการละลายได้ดีขึ้นจนสามารถดูดซึมผ่านผนังลำไส้ หรือส่วนอื่นของระบบทางเดินอาหารไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ ส่วนการดูดซึมโภชนาจะหมายถึงขบวนการที่อาหารหรือโภชนาที่ถูกย่อยจนมีโมเลกุลขนาดเล็กๆ ซึ่งอยู่ในช่องว่างของระบบทางเดินอาหารถูกดูดซึมผ่านเยื่อบุทางเดินอาหารเข้าไปในระบบไหลเวียนของเลือดหรือน้ำเหลือง เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในส่วนต่างๆ ของร่างกาย

สัตว์เคี้ยวเอื้องเช่น โค กระบือ แพะ และแกะ เป็นสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหารหลัก ระบบทางเดินอาหารจึงมีความซับซ้อนกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว โดยเฉพาะส่วนของกระเพาะอาหารที่มีการพัฒนาให้มีขนาดใหญ่แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ภายในกระเพาะมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่มากมายหลากหลายชนิด ทำหน้าที่ย่อยอาหาร เช่น อาหารและพืชอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ที่ประกอบด้วยผนังเซลล์ เช่น เซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ซึ่งเอนไซม์ที่ผลิตจากระบบทางเดินอาหารไม่สามารถย่อยเพื่อนำโภชนาไปใช้ประโยชน์ได้ ระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ปาก (mouth), คอหอย (pharynx) และหลอดอาหาร (esophagus), กระเพาะรวม (compound stomach), ลำไส้เล็ก (small intestine), ลำไส้ใหญ่ (large intestine), ทวารหนัก (anus) และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยและการดูดซึมโภชนา เช่น ตับ (liver) และตับอ่อน (pancreas) เป็นต้น ระบบทางเดินอาหารของโคแสดงไว้ในภาพที่ 3.1 ในโคที่โตเต็มที่แล้ว ส่วนของกระเพาะอาหารที่เป็นกระเพาะรวมจะมีความจุมากที่สุดประมาณ 71 % ส่วนที่มีความจุรองลงมาคือลำไส้เล็ก 18 % และลำไส้ใหญ่มีความจุน้อยที่สุดคือ 11 % ดังแสดงในตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ระบบทางเดินอาหารของโค

ตารางที่ 3.1 แสดงความจุของส่วนต่างๆ ของระบบทางเดินอาหารในสัตว์เศรษฐกิจ

ความจุของอวัยวะในระบบทางเดินอาหาร (%)

ชนิดของสัตว์	กระเพาะ	ลำไส้เล็ก	ไส้ติ่ง (caecum)	ลำไส้ใหญ่ (colon+rectum)
โค	71	18	3	8
แพะและแกะ	67	21	2	10
ม้า	9	30	16	45
สุกร	27	33	6	32

ที่มา: ดัดแปลงจาก Pond *et al.* (1995)

ส่วนประกอบของระบบทางเดินอาหาร

1. ปาก

ปากเป็นจุดเริ่มต้นของระบบทางเดินอาหาร ประกอบด้วย ริมฝีปาก (lips), ลิ้น (tongue), ฟัน (teeth) และต่อมน้ำลาย (salivary gland) เป็นต้น สัตว์เคี้ยวเอื้องมีปากที่แตกต่างจากสัตว์เศรษฐกิจชนิดอื่นเช่นสุกรและม้า เนื่องจากไม่มีฟันตัดด้านบน (upper incisor) แต่จะมีส่วนของแผ่นแข็งหรือเหงือกที่แข็งแรง (upper dental pad) มาทำหน้าที่แทน มีผลให้โคมีการนำอาหารเข้าสู่ปากที่แตกต่างไป โดยอาศัยส่วนของริมฝีปากและลิ้นจะตวัดเพื่อช่วยในการนำอาหารเข้าปาก ส่วนฟันตัดด้านล่างและแผ่นแข็งทำหน้าที่ตัดอาหารหรือหญ้าให้ขาดจากกัน เมื่อลิ้นตวัดอาหารเข้าสู่ภายในปากโคจะเคี้ยวอาหารและต่อมน้ำลายจะหลั่งน้ำลายออกมาคลุกอาหาร ทำให้อาหารอ่อนนุ่ม และมีลักษณะเป็นก้อนสะดวกในการกลืน

โคมีฟันอยู่ 2 ชุด ฟันชุดแรกเรียกว่าฟันน้ำนม (deciduous teeth) มีจำนวน 20 ซี่ ฟันน้ำนมมีมาตั้งแต่เกิด เมื่อฟันน้ำนมหลุดไปฟันแท้ (permanent teeth) จะงอกขึ้นมาแทนที่ ในโคมีฟันแท้จำนวน 32 ซี่ ฟันแท้มีขนาดใหญ่กว่าฟันน้ำนมมาก ฟันแท้ในส่วนฟันตัด (incisor) ด้านหน้าล่างจะเริ่มงอกมาแทนที่ฟันน้ำนมเมื่อโคมีอายุประมาณ 2 ปี ฟันแท้จะงอกครบทุกซี่เมื่อโคมีอายุประมาณ 4 ปี ส่วนฟันกราม (molar) คู่แรกในโคจะงอกขึ้นมาเป็นฟันแท้เมื่อโคมีอายุได้ 6 เดือนโดย จำนวนและประเภทของฟันในสัตว์เคี้ยวเอื้องแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 3.2

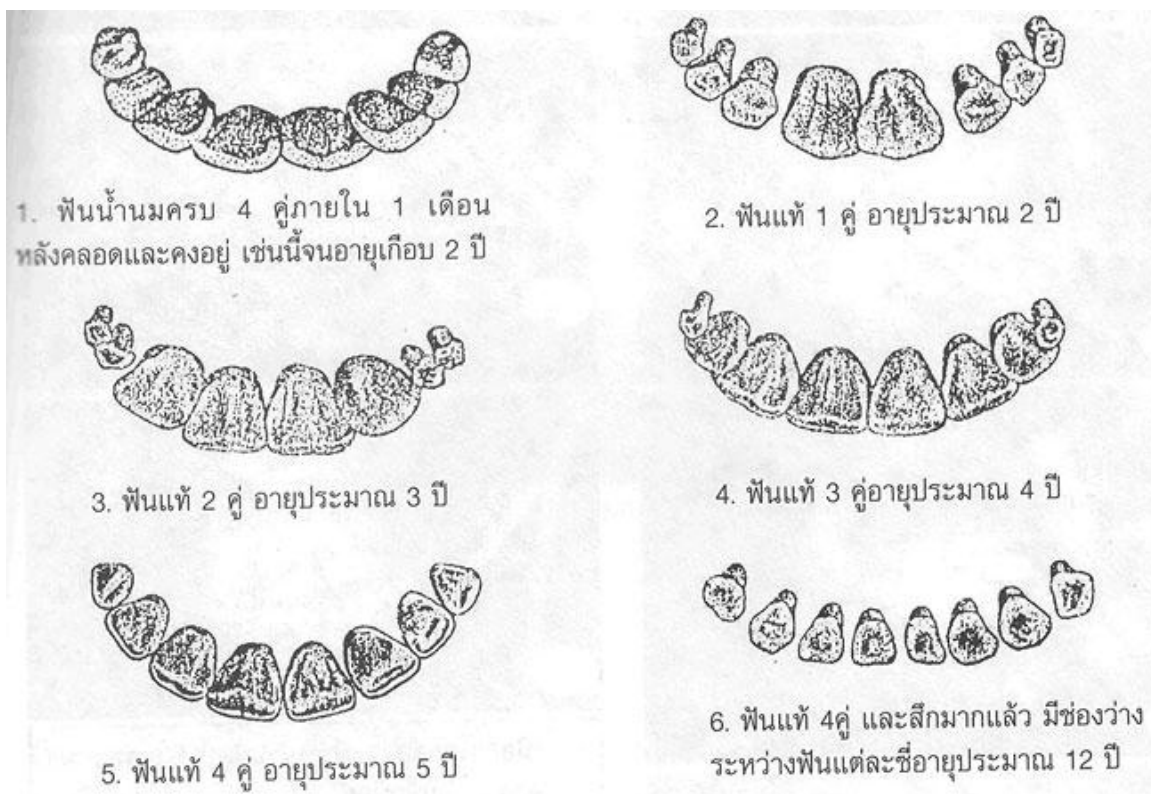
2. คอหอยและหลอดอาหาร (pharynx and esophagus)

คอหอยเป็นส่วนของระบบทางเดินอาหาร ประกอบด้วยท่อทางเดินอาหารที่มีลักษณะคล้ายรูปกรวย ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของอาหารจากปากเข้าสู่หลอดอาหาร และเป็นทางผ่านของอากาศที่หายใจเพื่อเข้าสู่ปอด หลอดอาหารเป็นส่วนของระบบทางเดินอาหารที่มีลักษณะเป็นท่อเชื่อมต่อระหว่างคอหอยและกระเพาะอาหาร ประกอบด้วยเนื้อเยื่อชนิดต่างๆเช่นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน กล้ามเนื้อ ชั้นใต้เยื่อเมือกและชั้นเยื่อเมือก ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของอาหารจากปากเข้าสู่กระเพาะ และเป็นช่องทางที่อาหารจากกระเพาะส่วนหน้าถูกขยอกออกมาเพื่อนำไปเคี้ยวเอื้องในปาก

ตารางที่ 3.2 การงอกของฟันน้ำนมและฟันแท้ในโค

ประเภทของฟัน	ฟันน้ำนม	ฟันแท้
incisor คู่ที่ 1	แรกเกิด - 2 สัปดาห์	18 - 24 เดือน
incisor คู่ที่ 2	แรกเกิด - 2 สัปดาห์	24 - 30 เดือน
incisor คู่ที่ 3	แรกเกิด - 2 สัปดาห์	36 - 42 เดือน
incisor คู่ที่ 4	แรกเกิด - 2 สัปดาห์	42 - 48 เดือน
premolar คู่ที่ 2	แรกเกิด - 1 สัปดาห์	24 - 30 เดือน

premolar คู่ที่ 3	แรกเกิด - 1 สัปดาห์	18 - 30 เดือน
premolar คู่ที่ 4	แรกเกิด - 1 สัปดาห์	20 - 36 เดือน
molar คู่ที่ 1	-	6 เดือน
molar คู่ที่ 2	-	12 - 18 เดือน
molar คู่ที่ 3	-	24 - 30 เดือน



ภาพที่ 3.2 แสดงลักษณะของฟันและการนับอายุโคจากฟันแท้
 ที่มา :

3. กระเพาะรวม (compound stomach)

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่นโคส่วนของกระเพาะจะถูกพัฒนาขึ้นมา เพื่อให้เหมาะสมกับอาหารที่กินคือพืชอาหารสัตว์หรืออาหารหยาบชนิดต่างๆ ภายในมีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ อยู่มากมาย ทำหน้าที่ในการย่อยอาหาร โคนเป็นสัตว์ที่มีกระเพาะขนาดใหญ่ คิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 70-80 % ของความจุช่องท้องทั้งหมด ฟันที่ส่วนใหญ่ของกระเพาะจะอยู่ติดกับลำตัวด้านซ้าย สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนด้วยกันคือ กระเพาะรังผึ้ง (reticulum หรือ honey comb หรือ blind pouch) กระเพาะผ้าขี้ริ้วหรือกระเพาะรูเมน (rumen) กระเพาะสามสิบกลีบ (omasum) และกระเพาะแท้ (abomasum) กระเพาะ 3 ส่วนแรกอาจเรียกรวมกันว่ากระเพาะส่วนหน้า (fore stomach) ส่วนของเยื่อบุผิวของกระเพาะส่วนหน้าจะไม่มีต่อมมีท่อ ที่ทำหน้าที่สร้างน้ำย่อยหรือเอนไซม์ปรากฏอยู่เลย ในขณะที่ลูกโคยังไม่หย่านมน้ำนมที่กินเข้าไปจะผ่านท่อนำอาหารเหลว (esophageal groove หรือ reticular groove) ที่เกิดจากการหดตัวของสันหรือ

ขอบของกระเพาะรังผึ้ง แล้วไหลตรงเข้าไปในกระเพาะแท้ โดยไม่ผ่านเข้าไปเกิดการหมักในกระเพาะรูเมนหรือกระเพาะหมักเลย

กระเพาะรังผึ้ง (Reticulum) เป็นส่วนของกระเพาะรวม ที่อยู่ระหว่างหลอดอาหาร และกระเพาะรูเมน ผนังด้านล่างที่ต่อกับกระเพาะรูเมนจะเป็นผนังเตี้ยๆ (reticulo-rumen fold) ทำหน้าที่แบ่งส่วนล่างของกระเพาะรังผึ้งและกระเพาะรูเมนออกจากกัน ทำให้ด้านบนของกระเพาะทั้งสองเปิดติดต่อกันได้ตลอด อาหารในกระเพาะทั้งสองจึงสามารถถ่ายเทถึงกันได้ตลอดเวลา ในบางครั้งจึงเรียกกระเพาะทั้งสองรวมเป็นกระเพาะเดียว (reticulorumen or ruminoreticulum) ผนังด้านในของกระเพาะรังผึ้งมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือ รูปหกเหลี่ยมคล้ายรังผึ้ง ผนังรูปหกเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมจะมีขนาดใหญ่เฉพาะทางด้านล่างของกระเพาะ และมีขนาดเล็กกลวงเรื่อยๆ เมื่ออยู่ใกล้กับบริเวณของขอบหรือสันของกระเพาะรังผึ้ง (reticular groove) กระเพาะรังผึ้งมีความจุประมาณ 5% ของกระเพาะทั้งหมด นอกจากกระเพาะรังผึ้งจะทำหน้าที่ร่วมกับกระเพาะรูเมนในการหมักอาหารแล้ว ยังมีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการขยอกอาหารเพื่อนำชิ้นอาหารที่มีขนาดใหญ่กลับเข้าหลอดอาหารเพื่อเข้าไปเคี้ยวเอื้องในปากต่อไป และยังเกี่ยวข้องกับการควบคุมการส่งผ่านอาหารที่ถูกย่อยแล้วไปยังกระเพาะสามสับกลับต่อไปด้วย

กระเพาะรูเมนหรือกระเพาะผ้าขี้ริ้ว (Rumen) เป็นส่วนของกระเพาะที่มีขนาดใหญ่ที่สุดมีความจุประมาณ 80% ของความจุกระเพาะทั้งหมด ผนังภายในของกระเพาะรูเมนจะมีลักษณะเป็นตุ่มขนเล็กๆ หรือพาพิลาร์ (papillae) มีอยู่มากมาย ทำให้ผนังด้านในมีลักษณะคล้ายผ้าขนหนู ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการคลุกเคล้าอาหารที่อยู่ในกระเพาะ โดยการพัดโบกของพาพิลาร์ทำให้อาหารที่อยู่ในกระเพาะกับอาหารที่กินเข้าไปใหม่คลุกเคล้ากันได้ดี นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการดูดซึมโมเลกุลที่เกิดขึ้นจากการหมัก คือกรดไขมันที่ระเหยง่าย (volatile fatty acid) และเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์หลากหลายชนิดด้วย กระเพาะรูเมนมีลักษณะคล้ายถังหมักขนาดใหญ่ ภายในมีจุลินทรีย์และอาหารอยู่มากมาย ส่วนประกอบต่างๆ ที่อยู่ภายในถังหมักสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนล่างจะเป็นส่วนของของเหลวที่มีอาหารขนาดเล็กหรืออาหารที่ถูกย่อยละเอียดแล้วแขวนลอยอยู่ ส่วนที่สองเป็นส่วนของอาหารที่มีขนาดใหญ่แขวนลอยอยู่ อาหารส่วนนี้จะต้องถูกขยอกกลับไปเคี้ยวเอื้องในปาก และส่วนบนสุดจะเป็นส่วนของก๊าซที่เกิดจากการหมักย่อยอาหารโดยจุลินทรีย์ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂), ก๊าซมีเทน (CH₄), ก๊าซไนโตรเจน (N₂) และก๊าซไฮโดรเจน (H₂) เป็นต้น ก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักอาหารส่วนใหญ่จะถูกขับออกจากกระเพาะโดยการเรอ (eructation)



ผนังกระเพาะ Rumen



ผนังกระเพาะ Reticulum



ผนังกระเพาะ Omasum



ผนังกระเพาะ Abomasum

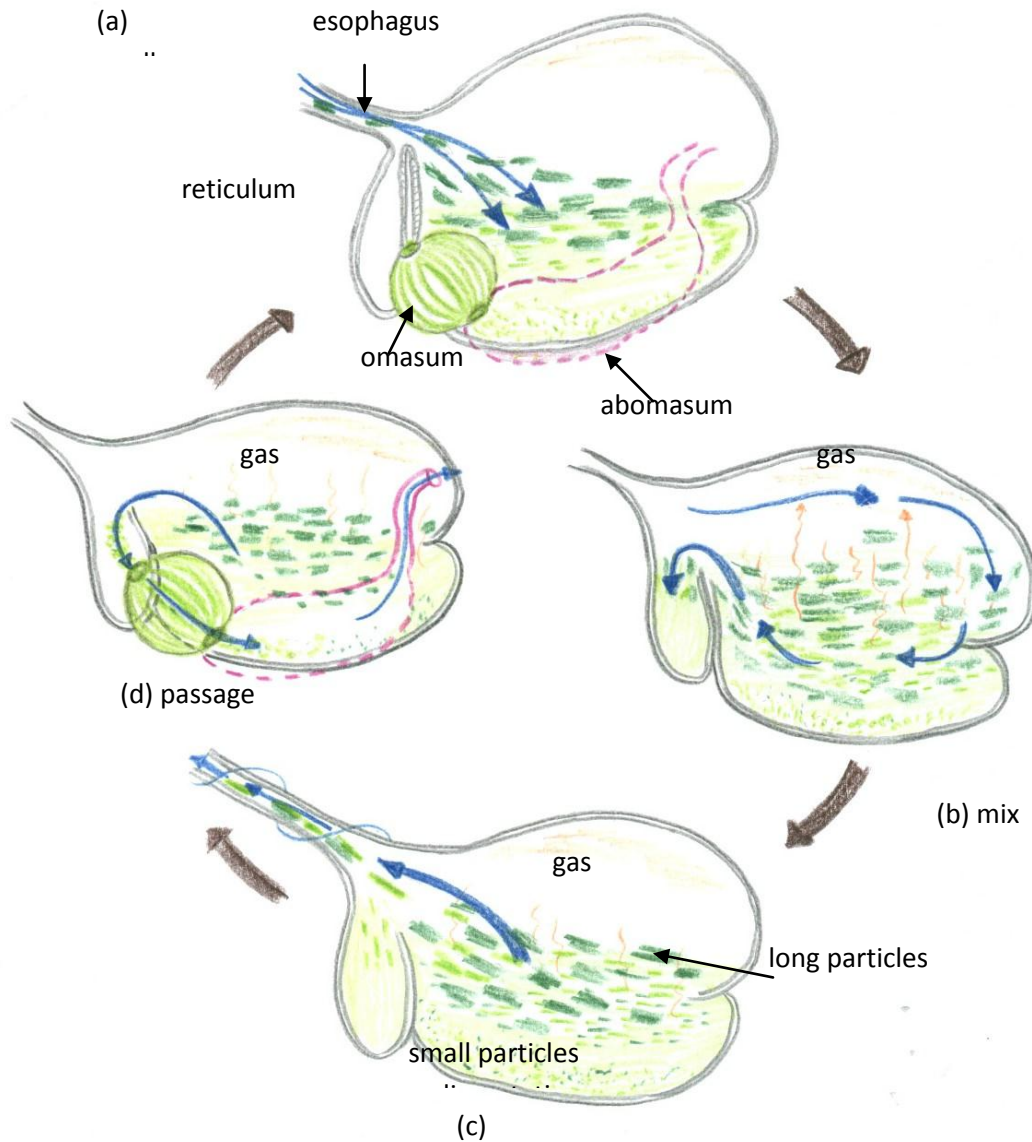
ภาพที่ 3.3 เยื่อบุผนังกระเพาะส่วนหน้าในโค
 ที่มา :

ส่วนของกระเพาะรังผึ้งและกระเพาะรูเมน นอกจากจะไม่สามารถจะแยกออกจากกันได้อย่างเด็ดขาดแล้ว กระเพาะทั้งสองยังทำงานร่วมกันได้อย่างเหมาะสม โดยอาศัยการบีบตัวของกล้ามเนื้ออย่าง เป็นจังหวะ การบีบตัวของกล้ามเนื้อจะช่วยให้อาหารคลุกเคล้ากันได้ดี และมีอาหารหมุนเวียนในกระเพาะ รูเมนตลอดเวลา ทำให้เกิดการคลุกเคล้าของอาหารและเกิดหมักขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้อง กับการขยอกอาหารขึ้นมาเคี้ยวเอื้องใหม่ในปาก การระบายก๊าซและการส่งต่ออาหารที่ย่อยแล้วไปยัง กระเพาะสามสิบกليبด้วย กลไกในการทำงานของกล้ามเนื้อกระเพาะรูเมนและกระเพาะรังผึ้งสามารถ แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือการบีบตัวระยะแรก (primary contraction or mixing cycle) เป็นการบีบตัว ของกล้ามเนื้อของทั้งสองกระเพาะร่วมกันอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้อาหารในกระเพาะคลุกเคล้ากัน เริ่มจาก เมื่ออาหารที่เข้ามาในส่วนต้นของกระเพาะรูเมน (cardia of rumen) ที่เป็นส่วนที่ต่อกับหลอดอาหาร กล้ามเนื้อกระเพาะรูเมนจะบีบตัวเพื่อส่งอาหารมาที่ส่วนท้ายของกระเพาะ แล้วหมุนวนอาหารลงไปที่ บริเวณด้านล่างของกระเพาะส่วนกลางของอาหารที่ละเอียดจะกระจายในของเหลวของกระเพาะรูเมน ส่วน อาหารที่ไม่ละเอียดหรือ อาหารที่มีขนาดใหญ่จะถูกกล้ามเนื้อส่วนกลางของกระเพาะรูเมนผลักดันไป ด้านหน้าจนพบกับผนังกันระหว่างกระเพาะรูเมน และกระเพาะรังผึ้ง (reticulo-rumen flod) อาหารส่วน ที่ละเอียดและกระจายในของเหลวของกระเพาะรูเมนจะถูกส่งต่อไปที่กระเพาะสามสิบกลิปโดยผ่าน ช่องทางติดต่อระหว่างกระเพาะรูเมนและกระเพาะสามสิบกลิป (reticulo omasal orifice) เมื่อมีการบีบ ตัวครั้งที่หนึ่งของกล้ามเนื้อของกระเพาะรังผึ้ง ส่วนของอาหารที่ยังเป็นชิ้นใหญ่จะถูกขยอกขึ้นไปในหลอด อาหารเพื่อนำไปเคี้ยวเอื้องในปาก การบีบตัวในระยะที่สอง (secondary contraction or eructation) เป็นการบีบตัวของกระเพาะรังผึ้งอย่างแรง เพื่อทำให้เกิดการเรอก๊าซออกจากกระเพาะดังแสดงในภาพที่ 3.4

โดยทั่วไปเมื่อโคกินอาหารเต็มกระเพาะจะหยุดกินอาหารแล้วเริ่มเคี้ยวเอื้อง ในแต่ละวันโคจะใช้ เวลา 1 ใน 3 ของวัน หรือใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวันในการเคี้ยวเอื้อง การเคี้ยวเอื้องทำให้อาหารมี ขนาดเล็กลง มีผลให้จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีขึ้น เกิดการหมุนเวียนของอาหารใน กระเพาะรูเมนและกระเพาะรังผึ้งตลอดเวลา และมีกรดไขมันที่ระเหยง่ายเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ รวมถึง ช่วยรักษาจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนให้อยู่ในปริมาณที่สมดุลตลอดเวลา นอกจากนี้

น้ำลายที่คลุกเคล้าอาหารขณะเกิดการเคี้ยวเอื้องยังมีส่วนช่วยในการควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่างในกระเพาะรูเมนให้เหมาะสมกับการมีชีวิตของจุลินทรีย์ด้วย

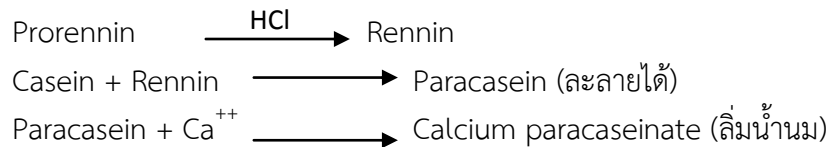
กระเพาะสามสิบลีบ (Omasum) เป็นกระเพาะที่มีความจุใกล้เคียงกับกระเพาะแท้ (ความจุประมาณ 7-8 %) ผนังด้านในมีเนื้อเยื่อแผ่นบางๆ (omasal leaves หรือ lamina) จัดเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ อาหารที่ผ่านเข้าในกระเพาะนี้จะมีลักษณะกึ่งเหลว เพราะเป็นอาหารที่มาจากส่วนล่างของกระเพาะรูเมนที่มีอาหารที่เป็นชิ้นละเอียดแขวนลอยอยู่ เมื่ออาหารเข้ามาในกระเพาะสามสิบลีบลำไส้ของกระเพาะจะบีบตัว ทำให้น้ำที่ปนมากับอาหารถูกบีบออกมาจากอาหาร (ประมาณ 30-60% ของน้ำในอาหาร) อาหารส่วนที่ถูกบีบน้ำออกแล้วจะคงอยู่ระหว่างเยื่อต่างๆ แต่ละกลีบ น้ำที่ถูกบีบออกจากอาหารและอออนของแร่ธาตุบางชนิด รวมทั้งกรดไขมันที่ระเหยง่ายที่มากับอาหารสามารถถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้การบีบตัวของกล้ามเนื้อส่วนกระเพาะสามสิบลีบยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการส่งผ่านอาหารเข้าไปยังกระเพาะแท้ด้วย



ภาพที่ 3.4 การเคลื่อนที่ของอาหารในกระเพาะ
 ที่มา :

กระเพาะแท้ (abomasums) กระเพาะแท้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเปรียบได้กับส่วนของกระเพาะอาหารในสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น สุนัข เนื่องจากผนังด้านในของกระเพาะจะมีต่อมที่ทำหน้าที่ผลิตน้ำย่อย (gastric juice) หรือเอนไซม์สำหรับย่อยอาหาร แตกต่างจากผนังกระเพาะรูเมน กระเพาะรังผึ้ง และกระเพาะสามลิบก๊ีบ ของเหลวที่ผลิตจากกระเพาะแท้มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีฤทธิ์เป็นกรด มีส่วนประกอบคือ น้ำ กรดเกลือ (HCl) สารมิวคัสหรือเมือก อีออนต่างๆ ของสารอินทรีย์ และเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนคือเอนไซม์เปปซิน (pepsin) และเรนนิ (rennin) รวมถึงเอนไซม์ที่ย่อยไขมัน (lipase) และไกลโคโปรตีนบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมวิตามิน B12 อาหารที่มีสภาพเป็นกลางหรือต่างเล็กน้อยจากส่วนกระเพาะสามลิบก๊ีบ เมื่อเข้ามาในกระเพาะนี้จะถูกกรดเกลือที่ผลิตจากเซลล์เยื่อ

ผิว (parietal cell) ในส่วนพื้นดึก (fundic region) ทำให้มีสภาพเป็นกรด (มีค่า pH ระหว่าง 1.5-2) ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน การผลิตเอนไซม์ที่ย่อยอาหารจากเซลล์ของต่อมมีท่อที่ผนังกระเพาะแท้จะเป็นเอนไซม์ที่ยังไม่สามารถทำงานได้ (inactive form) เช่นเอนไซม์เปปซิโนเจน (pepsinogen) และเอนไซม์โปรเรนนิน (prorennin) เมื่อสภาพภายในกระเพาะเป็นกรด เปปซิโนเจนจึงถูกเปลี่ยนเป็นเปปซิน ส่วนโปรเรนนินจะเปลี่ยนเป็นเรนนินที่อยู่ในสภาพที่สามารถทำงานได้ (active form) โดยอาศัยเอนไซม์เปปซิน เอนไซม์เปปซินจะย่อยโปรตีนในอาหารที่พันธะเปปไทด์ (peptide bond) ได้เป็นสารเปปโตน (peptone) และโพลีเปปไทด์ (polypeptide) ส่วนเอนไซม์เรนนินเป็นเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนเคซีน (casein) ในน้ำนม การย่อยโปรตีนในน้ำนมเกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนน้ำนมที่อยู่ในลักษณะเป็นของเหลวให้มีลักษณะกึ่งเหลว หรือข้นเป็นก้อน ของเหลวที่เกิดขึ้นจากการจับตัวของน้ำนม เรียกว่าเวย์ (whey) ส่วนของน้ำนมที่จับตัวเป็นก้อนหรือลิ่มน้ำนม (curd) มีส่วนช่วยให้น้ำนมเคลื่อนตัวได้ช้าลง ส่วนของลิ่มน้ำนมจึงถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์เรนนิน แต่ส่วนของเวย์ซึ่งเป็นของเหลวจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ทริปซิน (trypsin) ในลำไส้เล็ก ดังแสดงในสมการ



การย่อยอาหารในกระเพาะเป็นการย่อยโดยวิธีกล และวิธีทางเคมี ซึ่งการย่อยโดยวิธีเคมีแบ่งออกเป็น สองอย่าง คือน้ำย่อย (enzyme) จากร่างกายเกิดในกระเพาะ abomasum และน้ำย่อยจากจุลินทรีย์ในกระเพาะ rumen และ reticulum

4. ลำไส้เล็ก (small intestine)

ลำไส้เล็กเป็นส่วนของท่อทางเดินอาหารที่มีลักษณะเป็นท่อตรง ในโคมีความยาวประมาณ 40-50 เมตร สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) ลำไส้เล็กส่วนกลาง (jejunum) และลำไส้เล็กส่วนปลาย (ileum) ลำไส้เล็กติดต่อกับกระเพาะแท้ตรงส่วนของไพโรลัส (pylorus) บริเวณนี้มีกล้ามเนื้อหูรูดทำหน้าที่ควบคุมการไหลของอาหารจากกระเพาะเข้าสู่ลำไส้เล็กส่วนต้น ลำไส้เล็กถูกยึดโยงให้ติดกับผนังช่องท้องโดยเยื่อบางๆที่ยึดลำไส้ (mesentery) บริเวณลำไส้เล็กตอนต้นมีช่องเปิดของท่อน้ำดี (common bile duct) และท่อเปิดของของเหลวจากตับอ่อน (pancreatic duct) ปรากฏอยู่

ลักษณะของอาหารที่เข้ามาในลำไส้เล็กเป็นอาหารที่มีลักษณะกึ่งเหลว หรือเป็นของเหลว (chyme) มีสภาพความเป็นกรดสูง มีส่วนประกอบคือสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่นเซลล์ของจุลินทรีย์ ไขมัน แร่ธาตุ น้ำ และกรดเกลือ การย่อยอาหารที่ลำไส้เล็กเกิดจากเอนไซม์จากตับอ่อนและผนังลำไส้เล็ก โดยมีน้ำดีช่วยในการย่อยไขมัน ในลำไส้เล็กโภชนะที่ถูกย่อยสลายได้ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน แร่ธาตุและวิตามิน เป็นต้น

ตับทำหน้าที่ในการผลิตน้ำดีแล้วเก็บไว้ในถุงน้ำดี น้ำดีเป็นของเหลวสีเหลืองปนเขียวมีรสขม มีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย การหลั่งน้ำดีเป็นผลจากการมีอาหารเข้ามาในลำไส้เล็กตอนต้น (โดยเฉพาะอาหารที่มีไขมัน) มีผลให้ผนังลำไส้หลังฮอริโมนโคเลซิสตีโคคินซึ่งมีหน้าที่กระตุ้นการหลั่งน้ำดีออกมา

นอกจากนี้สภาพความเป็นต่างของน้ำดีก็มีส่วนช่วยในการลดความเป็นกรดของอาหารที่เข้ามาในลำไส้ด้วย จึงเป็นผลให้เอนไซม์จากตับอ่อนและเอนไซม์จากลำไส้เล็กสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น น้ำดียังมีส่วนสำคัญในการดูดซึมไขมันที่ผนังลำไส้ การรวมตัวของน้ำดีและไขมันทำให้เกิดสารที่เรียกว่าไมกซ์ไมเซล (mixed micelle) ที่มีความสำคัญในการนำพากรดไขมันอิสระ ฟอสโฟไลปิด คอลเลสเตอรอล และวิตามินที่ละลายในไขมันให้ถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กได้

5. ลำไส้ใหญ่ (Large intestine)

ลำไส้ใหญ่ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือ ไส้ตั้งหรือไส้ตัน (caecum) โคลอน (colon) และไส้ตรง (rectum) ในโคมีส่วนของไส้ตั้งเป็นลักษณะงอ 2 งอเห็นชัดเจน ภายในไส้ตั้งจากมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ เช่น Lactobacillus, Streptococcus, Coliform, Clostridium และยีสต์ เป็นต้น

เซลล์เยื่อบุผนังลำไส้ใหญ่จะไม่มีการผลิตเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารเลย ดังนั้นอาหารที่ผ่านเข้ามาในลำไส้ใหญ่จึงถูกย่อยโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์เท่านั้น ที่ผนังลำไส้ใหญ่จะมีต่อมสร้างสารเมือกที่มีคุณสมบัติเป็นต่าง และมีการผลิตไอออนของแร่ธาตุบางชนิดเช่น Na^+ , K^+ , Cl^- และ HCO_3^- เป็นต้น อาหารที่เข้ามาในส่วนของลำไส้ใหญ่จะถูกดูดน้ำออกบางส่วน ส่วนของอาหารส่วนใหญ่จะเป็นกากอาหารที่ย่อยไม่ได้ เช่นลิกนิน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ถูกห่อหุ้มด้วยลิกนิน ส่วนของอาหารที่สามารถถูกย่อยได้เช่นโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ถูกย่อยในลำไส้เล็กจะถูกย่อยโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ผลผลิตที่ได้จากการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ คือกรดไขมันที่ระเหยง่าย สารอินโดล (indol) สารสเคทโทล (sketole) สารฟีนอล (phenol) เอมีน (amine) แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือก๊าซไข่เน่า (H_2S) เป็นต้น กรดไขมันที่ระเหยง่ายสามารถถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้บ้าง นอกจากนี้ผลพลอยได้จากการหมักที่สำคัญได้แก่ วิตามินเคและวิตามินบีรวมเช่นไบโอตินก็สามารถถูกนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้บางส่วนเช่นกัน ส่วนประกอบส่วนใหญ่ของอาหารที่เข้ามาในลำไส้ใหญ่และบางส่วนของผลผลิตที่เกิดจากการหมักโดยจุลินทรีย์ รวมทั้งน้ำย่อย เซลล์เยื่อบุผิวที่หลุดลอกออกมาจากท่อทางเดินอาหาร และเซลล์ของจุลินทรีย์จะถูกขับออกจากร่างกายทางมูล โดยทั่วไปมูลของโคจะมีสีเขียว เป็นสีที่เกิดจากการสลายตัวของเม็ดสีในน้ำดี ซึ่งถูกแบคทีเรียย่อยได้เป็นสารสเตอโคไบลินोजิน (stercobilinogen) สีเขียวที่มีอยู่ในพืชอาหารสัตว์ที่โคกินเป็นอาหารหลักก็เป็นสีที่พบในมูลด้วย มูลมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ กากอาหาร น้ำย่อย น้ำดี เอนไซม์ เซลล์เยื่อบุผิวที่ตายแล้วจากท่อทางเดินอาหารหรือเซลล์เยื่อบุผิวที่หลุดลอกออกมา ผลผลิตที่ได้จากการหมักอาหาร เซลล์ของจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว กลีโกลของสารอินทรีย์ สารอินโดล และสารสเคทโทล เป็นต้น

6. ทวารหนัก (Anus)

ทวารหนักเป็นส่วนสุดท้ายของระบบทางเดินอาหาร มีส่วนของกล้ามเนื้อหูรูด (internal anal sphincter) ทำหน้าที่เปิดปิดเพื่อการขับถ่ายมูลซึ่งเป็นของเสียออกจากร่างกาย

การพัฒนาของระบบทางเดินอาหารในโค

กระเพาะอาหารของลูกโคมีการเจริญพัฒนาเป็นกระเพาะรวมที่มี 4 กระเพาะคือ กระเพาะรูเมน กระเพาะริงผึ้ง กระเพาะสามสิบกลีบ และกระเพาะแท้ ตั้งแต่ลูกโคเจริญเติบโตอยู่ในท้องแม่ โดยส่วนของกระเพาะแท้จะมีสัดส่วนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 60 ของกระเพาะทั้งหมด ในระยะหลัง

คลออดการพัฒนาของกระเพาะส่วนต่างๆเกิดขึ้นในอัตราที่แตกต่างกัน กระเพาะแท้จะมีอัตราการพัฒนาต่ำที่สุด ในขณะที่กระเพาะรูเมนและเรคตีควิลัมจะมีอัตราการพัฒนาสูงที่สุด การพัฒนาของกระเพาะจะมีทั้งการพัฒนาด้านขนาด รูปร่างและเนื้อเยื่อที่เป็นส่วนประกอบของผนังกระเพาะ โดยทั่วไปเมื่อลูกโคอายุได้ประมาณ 2 สัปดาห์ กระเพาะรูเมนจะเริ่มพัฒนาและมีจุลินทรีย์เข้าไปอยู่อาศัยเพื่อทำหน้าที่ย่อยอาหารแข็งหรืออาหารแห้ง (solid feed) เช่นอาหารขี้ลู่โคและอาหารหยาบ เมื่อลูกโคอายุได้ประมาณ 8 สัปดาห์ระบบทางเดินอาหารจะพัฒนาได้อย่างสมบูรณ์ การพัฒนาของระบบทางเดินอาหารโดยเฉพาะส่วนของกระเพาะรูเมนและเรคตีควิลัมขึ้นกับปัจจัยที่สำคัญคืออาหารที่ลูกโคได้รับ หากลูกโคสามารถกินอาหารขี้ลู่หรืออาหารหยาบได้เร็ว การพัฒนาของกระเพาะย่อมเกิดขึ้นได้เร็วและสามารถหย่านมลูกโคได้เร็วเช่นกัน

ตารางที่ 3. 5 แสดงความจุของกระเพาะส่วนต่างๆ ของสัตว์ที่อายุต่างๆ

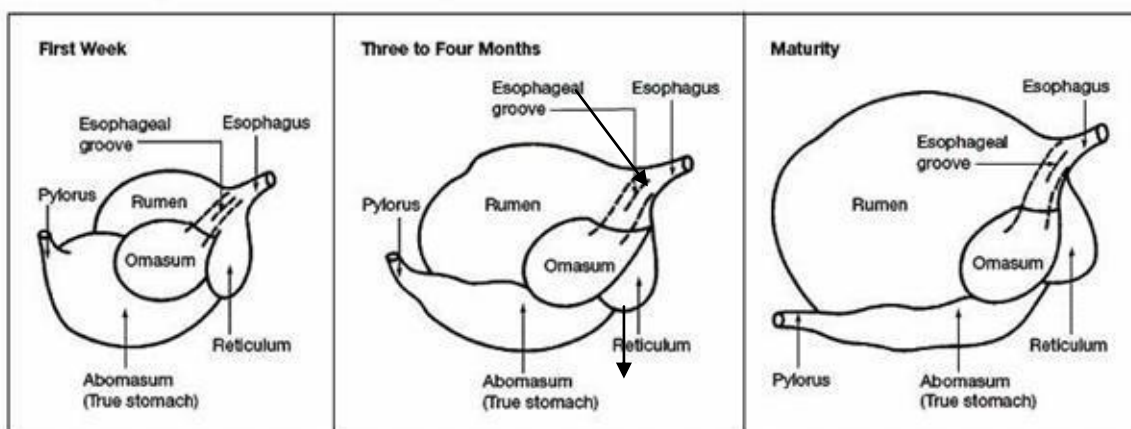
ช่วงอายุ	ความจุของกระเพาะ (%)			
	กระเพาะรูเมน	เรคตีควิลัม	โอม่าซั่ม	กระเพาะแท้
แรกเกิด	25	5	10	60
3-4 เดือน	65	5	10	20
โตเต็มที่	80	5	7-8	7-8

ที่มา: Heinrichs (2002)

ขั้นตอนระบบการย่อยอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การทำงานของกระเพาะผ้าชีวรีวเป็นกระบวนการทำงานในลักษณะการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของกระเพาะผ้าชีวรีวและรังผึ้งที่มีความสัมพันธ์กัน (ภาพที่ 3.4) และทำให้เกิดผลลัพธ์ต่างๆ ที่ทำให้มีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารของโค คือ มีการคลุกเคล้าของอาหารชนิดต่างในกระเพาะ มีการเคลื่อนที่ของอาหารไปยังกระเพาะสามสิบลีบ มีการเกิดกระบวนการขย้อน (Regurgitation) อาหารออกมาเคี้ยวเอื้องได้ มีการขับก๊าซ (Eructation) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักย่อยอาหารออกจากกระเพาะได้

Figure 1. Development of bovine stomach compartments from birth to maturity.



ภาพที่ 3.5 การพัฒนาของกระเพาะทั้ง 4 ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ที่มา : <http://www.eclipsefeeds.com/rumendevlopment>

การกินอาหาร (Eating)

โคใช้อวัยวะ ลิ้น ฝีปากฟัน และลิ้นโดยลิ้นจะดึงอาหารเข้าปากปลายลิ้นจะแข็งและสาก เนื่องจากมีหนาม และในการกินอาหารจะใช้ฟันกัดให้หญ้าขาด โดยปกติโคจะไม่มีฟันบนมีแต่ฟันล่าง และฟันกราม ต่อมาจะเป็นการเคี้ยวการทำให้อาหารเป็นชิ้นเล็กๆ การเคี้ยวของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะเป็นในแนวซ้าย-ขวา หรือ ขวา-ซ้าย เนื่องจากกรามบนและกรามล่างมีความกว้างไม่เท่ากัน โดยการเคี้ยวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ถ้าโคกินเมล็ดธัญพืชจะใช้เวลาในการบดอาหาร 4,700 ครั้ง/วัน ถ้าโคกินหญ้าแห้งจะใช้เวลาในการบดอาหาร 10,530 ครั้ง/วัน ระหว่างการเคี้ยวจะกระตุ้นให้น้ำลายหลั่งออกมาจากต่อมน้ำลายทั้งหมด 6 ต่อม ในน้ำลายจะประกอบไปด้วย โซเดียม, โปแตสเซียม, ฟอสเฟต และไบคาร์บอเนต

ตารางที่ 3.4 แสดงอิทธิพลของอาหารที่มีการขับถ่ายน้ำลาย

ชนิดอาหาร	การขับน้ำลาย	
	กรัม/กรัมอาหาร	มล./นาที
อาหารอัดเม็ด	0.68	243
หญ้าสด	0.94	266
อาหารหมัก	1.13	280
หญ้าแห้ง	3.25	270
หญ้าเฮย์	3.63	254

ที่มา : Church (1979)

ปริมาณน้ำลายที่ผลิตในแต่ละครั้งของการกินอาหารจะมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะของอาหารที่กิน ดังแสดงในตารางที่ 3.4 ถ้าอาหารมีลักษณะแห้งเช่น อาหารประเภทหญ้าแห้งหรือฟางข้าว การผลิตน้ำลายจะมากกว่าเมื่ออาหารที่กินมีลักษณะอวบน้ำเช่นหญ้าสดหรือหญ้าหมัก นอกจากนี้การผลิตน้ำลายยังขึ้นกับกิจกรรมของสัตว์ในขณะนั้นด้วยเช่นโคอยู่ในระยะพัก จะมีการผลิตน้ำลายน้อยกว่าโคที่อยู่ในขณะกินอาหารหรือขณะทำการเคี้ยวเอื้อง น้ำลายในปากนอกจากจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการคลุกเคล้าอาหารเพื่อให้อาหารเป็นก้อนแล้ว ยังมีคุณสมบัติพิเศษช่วยให้กระเพาะรูเมนมีสภาพที่เหมาะสมในการมีชีวิตอยู่ และการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ด้วย เนื่องจากมีความเป็นด่างสูง มี pH มากกว่า 8 ซึ่งเกิดจากการมีไอออนของสารอินทรีย์ เช่นโซเดียมไอออนในรูปของโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3), โปแตสเซียมไอออน และฟอสเฟตไอออนเป็นองค์ประกอบมากมาย นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ เช่นเป็นแหล่งไนโตรเจนในรูปของยูเรีย และมิวโคโปรตีน ในน้ำลายในโคไม่มีเอนไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรต แต่ในลูกโคมีเอนไซม์ที่ย่อยไขมันในน้ำนมได้ โดยจะย่อยกรดไขมันในกลุ่มของกรดบิวทีริก (butyric acid) เอนไซม์ที่ย่อยไขมันจะหมดไปเมื่อหย่านลูกโค

ต่อมน้ำลาย (salivary glands) เป็นอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารอยู่ในปาก มีหน้าที่ผลิตและหลั่งน้ำลาย น้ำลายมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือน้ำประมาณ 99.5 % ที่เหลือเป็นส่วนของแข็ง (solid material) ที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่นสารมิวซิน (mucin), กรดยูริก (uric acid) และยูเรีย (urea) สารอินทรีย์ชนิดต่างๆเช่น Na, PO_4 , K, Cl , และ Ca เป็นต้น โคสามารถหลั่งน้ำลายได้วันละประมาณ 150 ลิตร และในแกะสามารถหลั่งน้ำลายได้วันละประมาณ 10 ลิตร ชนิดของน้ำลายที่ผลิตได้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ น้ำลายชนิดเหลว (serous type) มีลักษณะใสเป็นน้ำ มีโปรตีนและไอออนของสารประกอบอินทรีย์มากมาย แต่ไม่มีสารมิวซิน น้ำลายชนิดข้น (mucus type)

มีลักษณะเหนียวข้น เนื่องจากมีสารไกลโคโปรตีน (glycoprotein) และสารมิวซิน ส่วนน้ำลายชนิดกึ่งข้น กึ่งเหลว (mixed type) มีทั้งอออนของสารอนินทรีย์ และสารมิวซินเป็นส่วนประกอบ ต่อม้ำลายแต่ละชนิดจะผลิตน้ำลายได้หลายประเภท ในโคสามารถแบ่งต่อมน้ำลายในปากออกเป็น 2 ชนิดคือ ต่อมเดี่ยว และต่อมคู่ ต่อม้ำลายที่เป็นชนิดต่อมคู่ได้แก่ ต่อม้ำลายที่อยู่บริเวณกกหูทั้งสองข้าง (parotid glands), ต่อม้ำลายที่อยู่ในส่วนขากรรไกร (maximillar glands) ต่อม้ำลายที่อยู่ในแก้ม (interior molar glands), ต่อม้ำลายที่อยู่ใต้ลิ้น (ventral sublingual glands) และ ต่อม้ำลายที่อยู่ข้างแก้ม (buccal glands) ต่อม้ำลายที่จัดเป็นต่อมเดี่ยวได้แก่ต่อมน้ำลายใต้เพดานปาก (palatine gland) ต่อม้ำลายที่อยู่ใกล้คอหอย (pharyngeal gland) และต่อมน้ำลายมุมปาก (labial gland) เป็นต้น

หน้าที่สำคัญของน้ำลาย คือ

1 ทำให้อาหารอ่อนนุ่มขึ้น การบดเคี้ยวและการย่อยอาหารมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ง่ายต่อการกลืน เพราะสารมิวซินในน้ำลายมีส่วนช่วยทำให้อาหารมีลักษณะเป็นก้อน (bolus) กลืนได้สะดวก ต่อม้ำลายที่เกี่ยวข้องในการกลืนได้แก่ ต่อม้ำลายที่ผลิตน้ำลายประเภทข้นเหนียวเช่น ต่อม้ำลายข้างแก้ม ต่อม้ำลายใต้เพดานปากและต่อมน้ำลายที่อยู่ใกล้คอหอย เป็นต้น

2 เป็นสารช่วยลดค่า pH ภายในกระเพาะรูเมน (buffering agent) เพื่อสภาพภายในกระเพาะรูเมนให้มีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโต และการมีชีวิตอยู่ของจุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำลายมีอออนของสารอนินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น ไบคาร์บอเนตอออน, ฟอสเฟตอออน, โซเดียมอออน และ โปแตสเซียมอออน เป็นต้น

3 เป็นอาหารสำหรับจุลินทรีย์ เช่นการมีไนโตรเจนในรูปของกรดยูริกและยูเรีย รวมทั้งมีสารมิวซินและมิวโคโปรตีน ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไนโตรเจนดังกล่าวไปใช้สร้างเป็นโปรตีนในตัวจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ เช่น P, Mg เป็นต้น

4 มีเอนไซม์ที่ย่อยไขมัน คือเอนไซม์ไลเปส (pregastic lipase หรือ salivary lipase) ซึ่งจะพบในลูกสัตว์ที่ยังไม่หย่านม โดยเอนไซม์นี้จะย่อยไขมันที่มีกรดไขมันสายสั้นๆ เฉพาะกรดไขมันในน้ำนมที่มีกลุ่มของบิวทิเรท (butyrate group) เพื่อให้ได้เป็นบิวทิเรท

5 ช่วยรักษาปริมาตรของของเหลวในกระเพาะรูเมนให้อยู่ในระดับคงที่ เพื่อให้การย่อยอาหารโดยจุลินทรีย์ดำเนินไปได้อย่างปกติ

6 มีสารช่วยป้องกันการเกิดฟองแก๊ส (antifoaming agent หรือ antifrothing agent) ในน้ำลายมีกรดไซออลิก (sialic acid) หรือ N-acetylneraminic acid ทำหน้าที่ช่วยเคลือบฟองก๊าซที่เกิดขึ้นจากขบวนการหมักอาหารในกระเพาะรูเมน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดท้องอืดในโค

7. มีสาร antibodies สามารถป้องกันเชื้อแบคทีเรีย บางตัวที่ก่อให้เกิดโรคท้องอืดได้

ขบวนการเคี้ยวเอื้อง (Rumination)

โดยทั่วไปสัตว์เคี้ยวเอื้อง จะกินอาหารอย่างรวดเร็ว โดยไม่มีการเคี้ยวอาหารให้ละเอียดเสียก่อน เมื่อกินอาหารจนเต็มกระเพาะจึงจะหยุดกินอาหาร จากนั้นจะเริ่มขยอกอาหารที่ยังเคี้ยวไม่ละเอียดออกมาทำการเคี้ยวเอื้อง เพื่อให้ชิ้นอาหารมีขนาดเล็กลง ระยะเวลาที่ใช้ในการกินอาหารในแต่ละวันหรือแต่ละมื้ออาหารจะแตกต่างกันไปขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะอาหารมีความน่ากินมากหรือน้อย สภาพแวดล้อมและอุณหภูมิของอากาศเป็นอย่างไร ถ้าอุณหภูมิสูงหรืออากาศร้อนโคจะกินอาหารลดลง

และใช้เวลาในการกินอาหารน้อยกว่าปกติ ลักษณะอาหารที่มีความน่ากินเช่นหญ้าอ่อนโคจะกินอย่างรวดเร็ว

เมื่อกินอาหารครั้งแรกจะมีการเคี้ยว และการหลั่งน้ำลายคลุกเคล้าอาหารเป็นก้อนเรียกว่า bolus แล้วกลืนลงไปผ่านหลอดอาหาร (esophagus) ลักษณะคล้ายการสั่นไหลไปเรื่อยๆ เรียกว่า คลื่นของ peristalsis

ขบวนการเคี้ยวเอื้อง เป็นการขยอกอาหารออกมาเคี้ยวใหม่โดยประกอบด้วย

1. Regurgitation เป็นการขยอกกลับของ ingesta จากกระเพาะหมัก (reticulo-rumen) เข้าสู่หลอดอาหารและต่อไปที่ปาก
2. Swallowing การกลืนกลับของเหลว คือหลังจากที่ ingesta จาก reticulo-rumen ขยอกกลับมาถึงปากแล้ว สัตว์จะกลืนกลับส่วนของของเหลวที่ขยอกกลับมาด้วยลงสู่กระเพาะรูเมน
3. Remastication การเคี้ยวอาหารที่ขยอกออกมาเคี้ยวให้ละเอียดยิ่งขึ้น
4. Reinsalivation ในขณะที่สัตว์ทำการเคี้ยวอาหารอีกครั้งและจะมีการขับหลั่งน้ำลายออกมาเพิ่ม และผสมคลุกเคล้ากับอาหารอีก
5. Reswallowing การกลืนกลับอาหารกลับลงสู่กระเพาะหมัก

เกิดขบวนการโดยการหดตัวของเรติคูลัมเพิ่มมากขึ้นทำให้บริเวณ cardia มีความดันสูง การสูดลมหายใจเข้าสู่ปอดมากกว่าปกติเกิดการหดตัวของกระบังลมเกิด negative pressure ส่วนปลายของหลอดอาหารโปร่งออก ก้อนอาหาร และของเหลวในส่วนเรติคูลัมถูกดันขึ้นมาโดยคลื่น antiperistaltic กลับเข้ามาในปากแล้วทำการเคี้ยวใหม่ การเคี้ยวเอื้อง (rumination) เป็นขั้นตอนสำคัญในการย่อยอาหารในโค ซึ่งมีผลให้อาหารมีขนาดเล็กลง เกิดจากการขยอกอาหารที่กินเข้าไปออกมาเคี้ยวใหม่จนอาหารมีขนาดเล็กลง มีรายงานว่าโคที่เลี้ยงแบบปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าตลอดทั้งวัน สามารถทำให้อาหารที่กินเข้าไปแต่ละครั้งถูกขยอกกลับขึ้นมาเคี้ยวเอื้องใหม่ถึง 30-40 ครั้ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเคี้ยวเอื้อง

ชนิดของอาหาร อาหารข้นหรืออัดเม็ด การเคี้ยวเอื้องก็จะมีน้อยกว่าอาหารหยาบ และใช้เวลานานกว่าปริมาณการกินได้ จะกินได้มากระยะเวลาในการเคี้ยวเอื้องก็น้อย และใช้เวลากิน 7-9 ชม./วัน เคี้ยวเอื้อง 15-18 ครั้งต่อวัน และในโคใช้เวลากิน 6-10 ชม./วัน เคี้ยวเอื้อง 9-18 ครั้ง/วัน โดยการเคี้ยวเอื้องจะเกิดในช่วงกลางคืนมากกว่ากลางวันและความถี่ในการเคี้ยวเอื้องประมาณ 9-18 ครั้ง/วัน แต่แต่ละครั้งจะมีก้อนอาหาร (bolus) ถูกขยอกออกมาเฉลี่ย 31 ก้อน

ประโยชน์ของการเคี้ยวเอื้อง

ทำให้การบดของอาหารละเอียดยิ่งขึ้น ทำให้มีการขับน้ำลายเพิ่มขึ้น ช่วยรักษาสุขภาพกระเพาะ จุลินทรีย์ให้สมดุล ทำให้กระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพการย่อยอาหารได้ดียิ่งขึ้น ทำให้ผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA) และจุลินทรีย์โปรตีนเพิ่มขึ้น สัตว์ได้รับโภชนะสูงขึ้น

การขับแก๊ส

โดยปกติผลผลิตที่ได้จากการหมักของจุลินทรีย์ คือ VFA, CH₄ และ CO₂ เพราะฉะนั้นในการกำจัดแก๊สหรือการเรอ คือการกำจัดแก๊สที่เกิดจากขบวนการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยแก๊ส

ที่ผลิตขึ้นที่ขับออกจะเป็นแก๊สมีเทน (CH₄) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในการสร้างแก๊สมีเทนที่รูเมนจะเกี่ยวข้องกับ folic acid และ vitamin B12 นอกจากนี้มีการนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาผลิตเป็นแก๊สมีเทน (CH₄) โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมนซึ่งอาหารคาร์โบไฮเดรต 100 g จะเกิดแก๊สมีเทน (CH₄) ประมาณ 4.5 กรัม หรือ เกิดแก๊สมีเทน (CH₄) 25-30% และเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ 60 –65 % ของขบวนการหมัก ถ้าในกระเพาะรูเมนเกิดขบวนการหมักอาหาร และการสังเคราะห์ VFA พวกกรดอะซิติกและบิวทิริกมากจะมีแก๊สมีเทน (CH₄) เพิ่มขึ้น ช่วงที่มีการผลิตแก๊สมากที่สุด คือ ช่วงหลังการกิน 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมง ในโคที่โตเต็มวัยจะสามารถสร้างแก๊สได้ 2 ลิตร/นาที หรือประมาณ 150 ลิตร/วัน ดังนั้นถ้าสัตว์เคี้ยวเอื้องไม่มีกลไกการขับแก๊ส อาจทำให้สัตว์เกิดการท้องอืด (bloat) และอาจจะตายได้

กลไกการขับแก๊ส

เกิดการบีบตัวในส่วนของกระเพาะ Ventral Blind Sac ก่อนแล้วเกิดการบีบตัวของกระเพาะส่วน Dorsal Blind Sac ทำให้แก๊สรวมกันที่ cardia และมีการบีบตัวหลาย ๆ ครั้งแก๊สจะเต็มหลอดอาหาร (Esophagus) แล้วถูกขับไปยัง nasopharynx ออกทางปาก บางส่วนผ่านไปทางระบบหายใจส่วนลึกแล้วขับออกทางจมูก

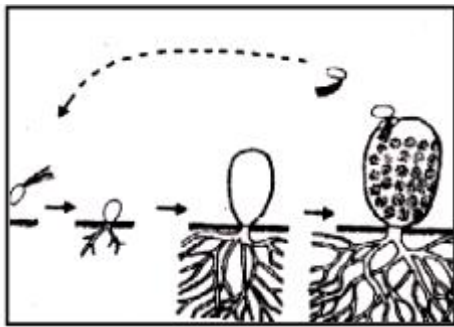
จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้คือ

1. แบคทีเรีย จากของเหลวในกระเพาะรูเมนมีจำนวนประมาณ $10^9 - 10^{12}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร
2. โปรโตซัว พบจำนวนที่น้อยกว่า 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร
3. เชื้อรา จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีความสำคัญต่อการย่อยสลายอาหารหยาบเป็นอย่างยิ่งและมีสัดส่วนประมาณ 10% ของจุลินทรีย์ทั้งหมด หรือ ประมาณ $10^2 - 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร แต่อย่างไรก็ตามจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นถ้าสัตว์กินฟางเป็นอาหารหยาบหลัก

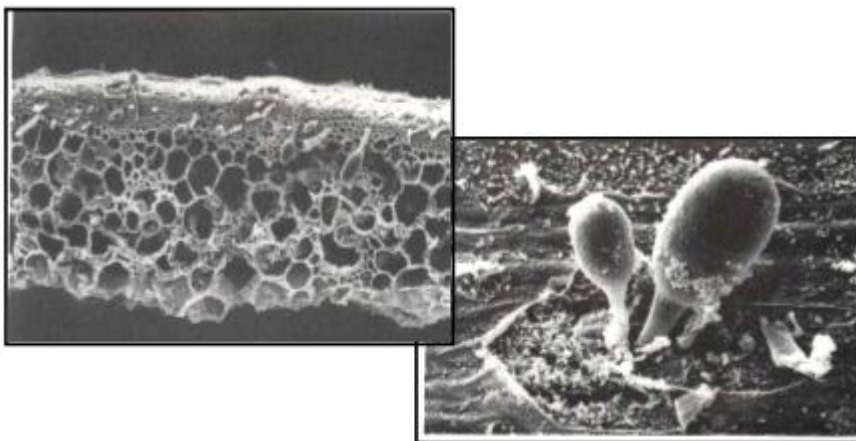
ในกระเพาะรูเมนมีสภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic) มีปริมาณจุลินทรีย์อาศัยอยู่จำนวนมาก และมีจำนวนน้อยมากที่ใช้ ออกซิเจน (anaerobes) ออกซิเจนที่จุลินทรีย์นี้ใช้จะมากับอาหาร นอกจากนี้พบว่าในกระเพาะรูเมนมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยมี pH 5.5–7.0 อุณหภูมิที่เหมาะสม 39–40 °C ประชากรของจุลินทรีย์ในรูเมนจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของอาหารที่สัตว์กิน ชนิดของสัตว์ อายุและระยะเวลาการเจริญเติบโตของสัตว์

เชื้อรา (fungi) อยู่ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนในรูเมน แกะ แพะ โค และบางสายพันธุ์ของกวางหรือในไส้ติ่งของม้า ช้าง และจิงโจ้ เชื้อรา ที่พบในกระเพาะรูเมนของลูกแกะจะพบตั้งแต่มีอายุ 8-10 วัน เชื้อราที่มีวงจรชีวิตแบ่งเป็น 2 ระยะ คือระยะ motile flagellated zoospore เป็นระยะเคลื่อนไหวได้ มีหางทำหน้าที่ในการพัดโบก ระยะ non-motile vegetative เป็นระยะที่หยุดการเคลื่อนไหว มีไรโซยด์ (rhizoid) ทำหน้าที่คล้ายรากของต้นไม้ เจาะแทงเข้าไปในเยื่อของพืช นำเอาคาร์บอนจากพืชมาใช้เป็นประโยชน์ หลังจากนั้น sporangia มีการพัฒนาจนกระทั่งเข้าสู่ระยะที่เจริญเต็มที่ (maturity) ก็จะมีการปลดปล่อยซุสพออร์ออกมาและมีวงจรชีวิตเช่นเดิม เชื้อราเชื่อว่าเป็นจุลินทรีย์กลุ่มแรกที่เข้าไปย่อยโครงสร้างของเยื่อใย ช่วยให้แบคทีเรียเข้าไปย่อยได้ง่ายขึ้น ในกระเพาะรูเมนหากมีเชื้อรามากจะช่วยลดระยะเวลาการเข้าย่อยอาหารเยื่อใย โดยย่อยเยื่อใยจากส่วนด้านในก่อน ซึ่งเชื้อราจะลดการยึดเกาะกัน

แน่นของอนุภาคอาหาร ลดความตึงของเส้นใยทำให้เกิดการแตกของเส้นใยได้ง่ายเมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง และเชื้อราเมื่อเข้าย่อยสลายโครงสร้างของเยื่อใยจะช่วยให้เยื่อใยมีโครงสร้างที่หลวมๆ ง่ายต่อการเข้าย่อยสลายของแบคทีเรียต่อไป นอกจากนี้เชื้อราสามารถทำลายการเกาะยึดกันระหว่างเฮโมเซลลูโลสและลิกนินในรูป hemicellulose-lignin-complex เพื่อจะละลายส่วนของเพคตินและลิกนินออกมาแต่จะไม่สามารถย่อยทั้งเพคตินและลิกนินได้ เอนไซม์ที่ปลดปล่อยจากเชื้อราที่มีบทบาทในการย่อยสลายเยื่อใยของพืชที่สำคัญ เช่น โพลีแซคคาไรเดส (polysaccharidase) และไกลโคไซด์ส (glycosides) นอกจากนี้เอนไซม์เซลลูเลส, เฮโมเซลลูเลส และเพคติน ต่างก็มีบทบาทสำคัญในการเข้าย่อยสลายลิกโนเซลลูโลสในเนื้อเยื่อพืช โดยเซลลูเลสที่ปลดปล่อยจากเชื้อราจะเป็นเอนไซม์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายส่วนของ crystal cellulose ที่มีอยู่ในส่วนของเนื้อเยื่อพืช



ภาพที่ 3.6 แสดงวงจรชีวิตของเชื้อรา
ที่มา : ฉลอง (2541)



ภาพที่ 3.7 แสดงเชื้อราเข้าไปย่อยโครงสร้างของเยื่อใย

โปรโตซัว (protozoa) มีขนาดความกว้างตั้งแต่ 15 -109 μm สามารถมองเห็นลักษณะภายใน การเก็บคาร์โบไฮเดรตไว้เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในยามขาดแคลนอาหารได้ด้วย ถ้าเลี้ยงโคด้วยอาหารหยากเป็นหลักหรือมีเยื่อใยสูงจะพบโปรโตซัวในรูเมนน้อย แต่ถ้าเลี้ยงอาหารจำพวกแป้งหรือน้ำตาล (อาหารขี้) จะพบโปรโตซัวในของเหลวรูเมนเพิ่มขึ้น Horotrichia (Holotrichs) เป็นโปรโตซัวที่มีขนาด

ใหญ่ มีขนปกคลุม รูปร่างเป็นรูปไข่ พบในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่กินอาหารมี soluble sugar สูง ส่วนโปรโตซัวชนิด Spirotrichia (Entodineomorphs) มีขนาดเล็กและรูปร่างเป็นรูปไข่หรือแท่งยาว มีขนหรือพู่เฉพาะส่วนหน้าจะชอบกินอาหารพวกแป้งมากกว่าน้ำตาล และบางตัวสามารถย่อยเยื่อใยได้

แบคทีเรีย (bacteria)

แบคทีเรียเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประชากรมากที่สุดในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง จะมีอยู่ในกระเพาะรูเมนหลายแบบโดยลอยตัวอิสระในของเหลวของกระเพาะรูเมน มีประมาณ 30% ของทั้งหมด อีก 70% ยึดติดอยู่กับอนุภาคของอาหาร และอีกประมาณเล็กน้อยที่เหลือยึดติดอยู่ตามผนังของรูเมน และยึดติดอยู่กับโปรโตซัว โดยเฉพาะพวก methanogens

ในขณะที่อนุภาคอาหารไหลผ่านออกจากกระเพาะหมักอย่างต่อเนื่องแบคทีเรียบางส่วนจะหลุดจากการเกาะยึดอนุภาคอาหารที่ถูกย่อยแล้ว และเข้าทำการเกาะยึดกับอนุภาคใหม่ ส่วนที่ยังยึดเกาะอยู่กับอนุภาคอาหารจะไหลผ่านไปยัง omasum และ abomasums หลังจากนั้นจะถูกเอนไซม์ในกระเพาะ abomasums ย่อยสลายได้สารอาหารที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ฉะนั้นแบคทีเรียที่หลุดจากการเกาะยึดอนุภาคอาหารและปะปนอยู่ในของเหลวในกระเพาะหมักจะเป็นตัวที่มีบทบาทสำคัญในการขยายพันธุ์และเข้าเกาะยึดอนุภาคอาหารใหม่ เพื่อการย่อยต่อไป โดยทั่วไปๆ แบคทีเรียต้องเข้ายึดเกาะอนุภาคอาหารก่อนทำการย่อยสลาย แต่มีแบคทีเรียบางชนิดสามารถขับหลังเอนไซม์ (extracellular enzymes) ออกมาย่อยสลายเยื่อใยจากพืชอาหารสัตว์

โดยแบคทีเรียกลุ่มที่ยึดติดอยู่กับผนังรูเมนเป็นพวก facultative bacteria พบว่าสามารถทำหน้าที่สำคัญได้หลายอย่างในรูเมนดังนี้

1. สามารถใช้โปรตีนจากเซลล์ผนังรูเมนที่ตายแล้ว โดยอาศัยขบวนการ deamination
2. สามารถผลิตน้ำย่อยพวก urease ซึ่งจะไฮโดรไลซ์ยูเรียให้ได้แอมโมเนียและอาจมีส่วนช่วยในการขนถ่ายยูเรียผ่านผนังรูเมนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
3. จุลินทรีย์กลุ่มนี้อาจมีส่วนช่วยป้องกันให้พวก obligate anaerobes จากการทำลายของออกซิเจน จุลินทรีย์กลุ่มนี้อาจใช้ออกซิเจนที่ซึมผ่านผนังรูเมนในการผลิตพลังงานโดยขบวนการ oxidative phosphorylation (เมธา, 2533)

แบคทีเรียดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้หลายแบบตามการใช้ประโยชน์ของอาหารหรือผลผลิตที่สังเคราะห์ได้ดังนี้

1. แบคทีเรียที่ใช้เซลลูโลส (Cellulolytic bacteric) แบคทีเรียกลุ่มนี้จะสามารถผลิตน้ำย่อยเซลลูเลส (cellulase) ซึ่งสามารถย่อยเซลลูโลสได้ เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่มีมากที่สุดในกระเพาะหมักโดยเฉพาะโคที่กินอาหารหญ้าเป็นหลัก แบคทีเรียในกลุ่มนี้มีลักษณะรูปร่างเป็นแบบ cocci และ rods จะแตกต่างกันไปในลักษณะสีของโคโลนีที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบ rods และจัดอยู่ในแกรมลบ (gram negative) ได้แก่กลุ่ม Bacteriodes สามารถใช้ประโยชน์จาก succinate ได้ ชนิดที่สำคัญได้แก่ *Bacteriodes succinogenes* ส่วนที่มีรูปร่างเป็นแบบ cocci นั้น จะมีลักษณะสีของโคโลนีเป็นสี

เหลือง ได้แก่กลุ่ม *Ruminococcus* ชนิดที่สำคัญได้แก่ *Ruminococcus flavefaciens* และ *R. albus* มีลักษณะโคโลนีสีเหลืองอ่อน แบคทีเรียในกลุ่มนี้จะพบอย่างน้อยประมาณ $0.5-5 \times 10^8$ cells/ml

2.แบคทีเรียที่ใช้เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose digesting bacteria) แบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสจะสามารถใช้ประโยชน์จากเฮมิเซลลูโลสได้ด้วย แต่แบคทีเรียที่ย่อยเฮมิเซลลูโลสจะไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ แบคทีเรียชนิดที่สามารถย่อยเยื่อใยและได้ผลผลิตสุดท้ายเป็น butyric acid คือ *Butyrivibrio fibrisolvens* ซึ่งมีรูปร่างแบบ curve rods และ *Lachnospيريا multiparens* สามารถย่อยเพคตินได้ และมีรูปร่างเป็นแบบ curved rods นอกจากนี้ *Bacteriodes ruminicola* มีรูปร่างแบบ rods จัดอยู่ในกลุ่มนี้เช่นเดียวกัน ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้จะสามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างเหมาะสมถ้า rumen pH อยู่ในช่วง 6.0-7.0 โดยพบว่ามีประชากรประมาณ 10^8 cells/ml

3.แบคทีเรียที่ใช้แอมไมโลส (Amylolytic digesting bacteria) แบคทีเรียกลุ่มนี้จะเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารชั้นในระดับสูง มีแบ้งเป็นองค์ประกอบโดยส่วนใหญ่ โดยชนิดที่สำคัญได้แก่ *Bacteriodes amylophilus* มีรูปร่างแบบ rods มีความสามารถในการย่อยแบ้งและน้ำตาลมอลโตสได้ แต่ไม่สามารถย่อยเซลลูโลสหรือคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ ได้เลย นอกจากนี้มีอีก 3 ชนิดที่มีความสามารถในการย่อยแบ้งได้ โดยมีรูปร่างแบบ rods และสามารถผลิต succinate ได้ ชนิดแรกคือ *Bacteriodes ruminicola* ซึ่งมีความสามารถในการผลิต propionic acid ชนิดที่ 2 คือ *Succinomonas amylolytica* และชนิดสุดท้ายมีลักษณะรูปร่างแบบ curved rods คือ *Succinivibrio dextrinosolvens* และ *Selenomonas ruminantium* ซึ่งมีประชากรประมาณ 1.5×10^6 cells – 4.28×10^7 cells/ml และ *Streptococcus bovis* นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียกลุ่มที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้บางชนิดที่สามารถใช้ประโยชน์จากแบ้งได้เช่นเดียวกันได้แก่ *Clostridium lochheadii*, *Bacteriodes succinogenes* และ *Butylivibrio fibrisolvens* แบคทีเรียเหล่านี้จะมีความสามารถในการย่อยสลายอาหารให้ได้ผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญได้แก่ acetic acid, propionic acid, butyric acid, succinic acid, lactic acid, formic acid โดย succinic acid สามารถเปลี่ยนไปเป็น propionic acid ได้

4. แบคทีเรียที่ใช้กรด (Acids utilizing bacteria) มีแบคทีเรียบางชนิดที่สามารถใช้ประโยชน์จากกรดที่ได้จากการย่อยสลายอาหารได้แก่ *Selenomonas lactilytica* และ *S. ruminantium* พบว่าสามารถย่อย lactate ไปเป็น propionate, acetate, H₂ และ CO₂ ได้ นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียอีกบางชนิดที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกัน เช่น *Veillonella gazogenes* และ *Peptostreptococcus elsdenii* ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ propionate โดยมี flavin ในระดับสูง ซึ่งสามารถเก็บกัก ferredoxin ซึ่งมีคุณสมบัติในการเปลี่ยน H⁺ ไปเป็น pyruvate ได้

5. แบคทีเรียที่ใช้โปรตีน (Proteolytic bacteria) แบคทีเรียกลุ่มนี้จะใช้กรดอะมิโนเป็นแหล่งพลังงานพื้นฐาน ไม่มีการสร้างสปอร์ (non-spore forming) พบว่ามีความหนาแน่นของประชากรอยู่ระหว่าง 10^4-10^7 cells/ml ของของเหลวในกระเพาะหมักซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้จะไม่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำตาลได้เลย โดยแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนโดยตรง คือ *Peptostreptococcus ruminicola*

นอกจากนี้ยังมีอีกบางชนิด ได้แก่ *Clostridium sp.*, *Eubacterium ruminantium*, *Fusobacterium sp.*, *Ruminococcus amylophilus*, *Selenomonas ruminantium* และ *Streptococcus bovis*

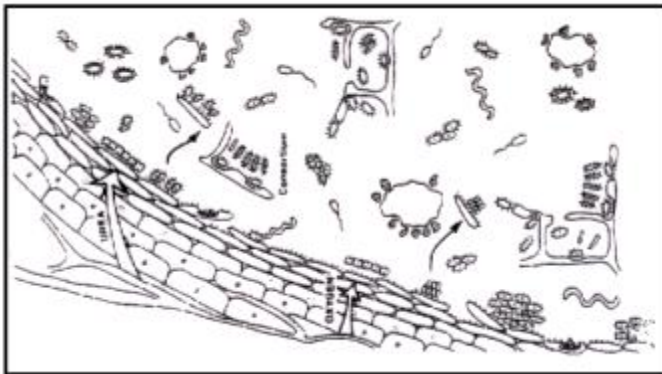
6. แบคทีเรียที่ผลิตแอมโมเนีย (Ammonia –producing bacteria) เช่น *Bacteria ruminicola*, *Selenomonas ruminantium*, *Reptostreptococcus eslsdenii* และ *Butyrivibrio spp.*

7. แบคทีเรียที่ผลิตเมทาเรน (Methanogenic bacteria) แบคทีเรียกลุ่มนี้จัดอยู่ในพวกแกรมบวก (gram-positive) โดยส่วนใหญ่มีลักษณะรูปร่างแบบ cocci หรือ rods บางชนิดก็จะเป็นเซลล์เดี่ยวหรือไม่ก็ต่อกันเป็นสายยาว (single or chain) จากการศึกษาในอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่ามีลักษณะโคโลนีเป็นสีเหลืองอ่อนและบริเวณรอบๆ เซลล์มีการสร้างแคปซูลล้อมรอบไว้อย่างบาง ๆ ซึ่งพบว่า มี 2 ชนิดที่สำคัญ ได้แก่ *Methanobacterium formicicum* และ *M. ruminantium* แต่แบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีความหนาแน่นน้อยและมักจะเกาะอยู่กับโปรโตซัวเป็นการอาศัยแบบพึ่งพากัน (symbiotic)

8. แบคทีเรียที่ใช้ไขมัน (Lipolytic bacteria) แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถย่อยสลายไขมันไปเป็นกลีเซอรอล (glycerol) และกรดไขมันอิสระได้ (free fatty acid) ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า *Veillonella alcalescens* สามารถใช้ประโยชน์จากไขมันได้ และ *Anaerovibrio lipolytica*

9. แบคทีเรียที่ใช้น้ำตาล (fermenters of sugar) การย่อยโพลีแซคคาไรด์โดยแบคทีเรียผลิตที่ได้เป็นโมโนแซคคาไรด์หรือไดแซคคาไรด์ ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าถ้ามีน้ำตาลในปริมาณมากๆ จะไปลดการใช้ประโยชน์จากอาหารเยื่อใย ชนิดแบคทีเรียที่พบได้แก่กลุ่ม *Lactobacillus sp.* เช่น *L. vitulinus*, *L. ruminus* และ *Treponema bryantii*

10. แบคทีเรียที่สังเคราะห์วิตามิน (Vitamin – synthesizing bacteria) มีหลายชนิดแต่ยังไม่ทราบแน่ชัดนัก



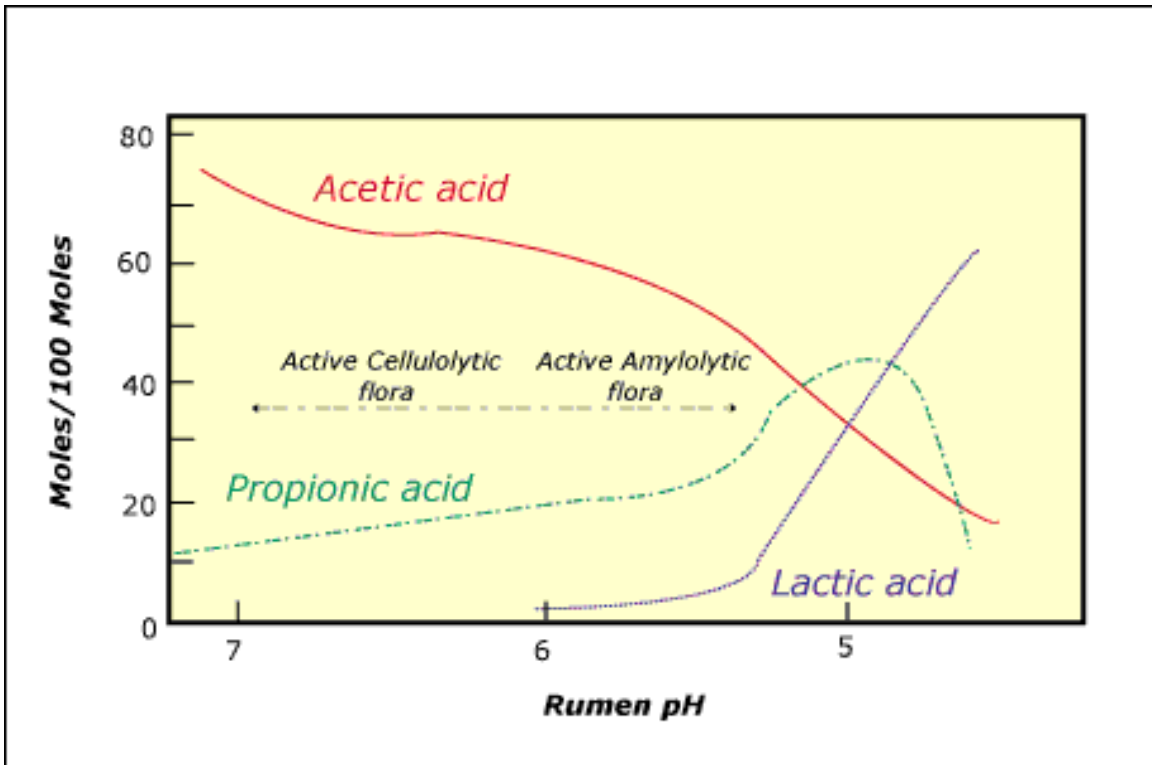
ภาพที่ 3.8 แสดงการกระจายตัวของแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญมากในกระเพาะหมัก โดยเฉพาะการย่อยสลายอาหารซึ่งจะก่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายที่เหมาะสม ซึ่งประชากรจุลินทรีย์จะมีความสัมพันธ์กับอาหารที่ได้รับ โดยระบบ

การย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะแตกต่างจากสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องโดยเฉพาะการย่อยอาหารเยื่อใยที่สัตว์ไม่สามารถจะย่อยได้โดยอาศัยน้ำย่อยจากตัวสัตว์เอง ดังนั้นการย่อยเยื่อใยพวกนี้จึงจำเป็นต้องอาศัยน้ำย่อยจากจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะหมัก โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์หลายชนิด เพื่อช่วยในขบวนการย่อยสลายอาหารที่สัตว์ได้รับ ซึ่งอาหารที่ถูกย่อยจะถูกจุลินทรีย์นำเข้าสู่เซลล์เพื่อสังเคราะห์เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย (end product) ที่สำคัญและขับออกนอกเซลล์และจะเป็นสารตั้งต้น (substrate) ที่สำคัญที่ร่างกายสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

จำนวนจุลินทรีย์จะแตกต่างกันตามระยะเวลาการกินอาหาร วัน ชนิดสัตว์ และสถานที่โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่พบจะเหมือนกันปฏิสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรีย มีปฏิสัมพันธ์กันทางบวก แบคทีเรียกลุ่มหนึ่งเจริญได้ต้องอาศัยผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่ง ในกระเพาะรูเมนแบคทีเรียมีหลายกลุ่มมีปฏิสัมพันธ์ในด้านส่งเสริมซึ่งกันปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรโตซัว-แบคทีเรีย โปรโตซัวย่อยแบคทีเรียทำให้มวลชีวของแบคทีเรียในของเหลวกระเพาะรูเมนลดลง มีผลกระทบต่อกรย่อยเยื่อใย โปรโตซัวจะแย่งแบคทีเรียในการใช้แป้งและน้ำตาลเพื่อเก็บไว้ในตัว แต่โปรโตซัวในกระเพาะรูเมนจะช่วยลดความรุนแรงของการเกิดความเป็นกรด (acidosis) ในรูเมนปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรโตซัว - แบคทีเรีย - เชื้อรา โดยเชื่อรากับแบคทีเรียมีปฏิสัมพันธ์กันด้านบวก ส่วนโปรโตซัวและเชื้อราจะมีปฏิสัมพันธ์กันในด้านลบ คือ โปรโตซัวจะกินเชื้อราที่อยู่ในช่วง non - motile zoospore



ภาพที่ 3.9 สภาพความเป็นกรดต่างในรูเมนที่เหมาะสมกับการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ และการผลิตกรดไขมันระเหยง่าย

<http://www.cnsweb.org/extra/digestvertebrates/WWWEdStevensTopicsMicrobialProductionNutrients.html>

เอกสารอ้างอิง

- บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : เชียงใหม่ 170 หน้า
- เมธา วรรณพัฒน์, 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น : ขอนแก่น. 473 หน้า
- วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2546. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เอกสารประกอบการสอน. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 97หน้า
- สมชาย จันทร์พ่องแสง. 2541. การเลี้ยงโคนม. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ กรุงเทพมหานครฯ 311 หน้า