

การตรวจเอกสาร

2.1 สัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminants)

คำว่า Ruminant มาจากภาษาละติน ruminare แปลว่า นำมาเคี้ยวใหม่ (chew over again) จึงเรียกสัตว์พวกนี้ว่าสัตว์เคี้ยวเอื้อง จัดเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีกับคู่

กระเพาะของสัตว์เหล่านี้มีลักษณะพิเศษสามารถจุได้ 20-40 แกลอน ขึ้นอยู่กับขนาดของตัวสัตว์เอง โดยมีกระเพาะทั้งหมดแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ กระเพาะหมักหรือค้ำข้าว(rumen) รังคัง(reticulum) สามสิบกลีบ(omasum) และกระเพาะจริง(abomasum) ส่วนส่วนแรกเป็น proventriculi ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของหลอดอาหาร(esophagus) ส่วนของเรติคูลัมและรูเมนเชื่อมติดต่อกันด้วยผนัง rumino-reticular fold หรือ reticulo-rumen fold โดยเฉพาะในกระเพาะรูเมนจะมีประชากรจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีหน้าที่ในการย่อยหมักอาหารที่สัตว์กินเข้าไป (เมธธา, 2533)

นอกจากนี้แล้วยังมีสัตว์อื่นที่ใกล้เคียงกับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น ช้าง ม้า กระต่าย ก็เป็นสัตว์กินหญ้า แต่พวกนี้มีทางเดินอาหารคล้ายคลึงมาทางพวกกินเนื้อ(carnivorous) และสัตว์กินทั้งเนื้อและพืช(omivorous) เพียงแต่มีไส้ติ่งและลำไส้ใหญ่ที่ขยายใหญ่เป็นพุ่มจุลินทรีย์เจริญเติบโตและช่วยในการย่อยอาหาร หลังจากอาหารถูกย่อยโดยน้ำย่อยจากตัวสัตว์เอง (Blakely and Bade, 1979 อ้างถึงโดย กฤตพล, 2535)

2.1.1 กระบือ

กระบือแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กระบือเอเชีย(Bubalina) ได้แก่ กระบืออินเดีย (*Bubalus bulalis*) กระบือทามารอ(tamaraw) (*Bubalus mindorensis*) กระบือแอนเนเว(anoa) (*Bubalus depressicornis*) และ กระบือป่าแอฟริกัน(Syncerus) (*Syncerus caffer*)

กระบืออินเดีย (*Bubalus bulalis*) เท้าที่มนุษย์นำมาฝึกฝนเป็นสัตว์เลี้ยงเพื่อใช้งาน ให้เนื้อและนม ปัจจุบันแบ่งกระบือออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ กระบือปลัก และ กระบือแม่น้ำ กระบือปลักเป็นกระบือที่มีโครโมโซม 48 คู่ (Mason, 1974 อ้างถึงโดย ไชยวรรณ, 2533) เลี้ยงกันมากในประเทศจีนตอนใต้ รวมทั้งประเทศต่างๆ ในแถบเอเชียอาคเนย์ กระบือปลักมีรูปร่างหนา กลม ออกใหญ่ เขาแผ่ออกกว้าง หน้าผากเรียบรี หน้าสั้น หน้าแฉง(nuzzle)กว้าง แนวสันหลังค่อนข้างเป็นเส้นตรงแล้วลาดลงเป็นมุมหักตรงหักท้ายบนท้ายเล็กเมื่อเทียบกับส่วนหน้า กีบกว้าง กระบือปลักมีสีเทาแก่หรือเทาอมดำ เพศผู้มีน้ำหนักประมาณ 400-1,000 กิโลกรัม ส่วนใหญ่เกษตรกรเลี้ยงไว้ใช้งานและใช้บริโภคเนื้อเมื่อปลดตระวาง กระบือปลักชอบนอนแช่ปลักโคลนในเวลาที่อากาศร้อน ความตื่นตัวโดยใช้เวลาน้ำปลักวันละ 5-6 ชั่วโมง (จรัญ, 2527; ประสพ, 2527 อ้างถึงโดย ไชยวรรณ, 2533) ส่วนกระบือแม่น้ำ (river buffalo) เป็นกระบือที่มีโครโมโซม 50 คู่ (Mason, 1974 อ้างถึงโดย ไชยวรรณ, 2533) เลี้ยงกันมากในประเทศอินเดียและปากีสถาน กระบือแม่น้ำจัดเป็นกระบือนม กระบือแม่น้ำมีหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์มูราห์ (murrah) พันธุ์เซอร์ตี(surti) พันธุ์กุนดี(kundi) พันธุ์นิลี/ราวี(nili/ravi) ฯลฯ กระบือแม่น้ำมีสีดำ บางครั้งมีสีขาวที่หัวและขา ลำตัวยาว กีบเท้าเล็ก ชอบนอนแช่น้ำใส น้ำลึก และไม่มีโคลน เพศผู้มีน้ำหนักประมาณ 300-1,000 กิโลกรัม เพศเมียน้ำหนักประมาณ 250-650 กิโลกรัม (Fahimuddin, 1975 อ้างถึงโดย ไชยวรรณ, 2533) มากกว่า 98% ของจำนวนกระบือทั่วโลกจะเลี้ยงในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (FAO, 1992 อ้างถึงโดย Wanapat, 1994a)

2.1.2 การผลิตกระบือในประเทศไทย

โดยประชากรของประเทศไทย 65 ล้านคน มีเกษตรกรคิดเป็น 60% ซึ่งมีบางส่วนที่ต้องอาศัยแรงงานจากสัตว์ โดยเฉพาะกระบือในการทำเกษตรกรรม จากข้อมูลกระบือมีประมาณ 4.86 ล้านตัว ซึ่งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือถึง 3.69 ล้านตัว (Center for Agricultural Statistics, 1994) อ้างถึงโดย Wanapat (1994b) ซึ่ง 95% อยู่ในการครอบครองของเกษตรกรรายย่อย นอกจากใช้แรงงานแล้วกระบือยังมีประโยชน์ในการขนส่ง การให้มูลทำปุ๋ย สัตว์หายังสามารถให้เนื้ออีกด้วย ในปัจจุบันการขุนกระบือกำลังเป็นที่สนใจ เพราะความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันสูงมากขึ้น (Na Chaingmai, 1994)

ในการผลิตกระบือนั้นจะมีการผลิตจากพื้นที่ในเขตเอเชียเป็นส่วนใหญ่ โดยคิดเป็น 91-92% โดยจะมีอัตราการเพิ่มการผลิต 41% ต่อปี โดยการศึกษาพบว่าเนื้อของกระบืออาจจะได้รับความนิยมมากขึ้นถ้ามีการปรับปรุงคุณภาพ โดยอาจมีการให้อาหารดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการจัดการที่ดี โดยประสิทธิภาพการผลิตเนื้อกระบือจะไม่มีเพียงแค่นั้นในแถบเอเชียใต้เท่านั้น เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ก็ถือว่าเป็นแหล่งผลิตที่ใหญ่เช่นกัน (Sasaki, 1994)

ได้มีการพัฒนาพันธุ์กระบือลูกผสมระหว่างกระบือปลักและกระบือแม่น้ำเพื่อผลิตเนื้อพบว่าผลผลิตสามารถให้เนื้อมากกว่ากระบือพื้นเมือง โดยให้เปอร์เซ็นต์ซาก 56.15% และ 48.50% เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง 42.5 และ 36.9% ให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน 156 ตร. ซม. และ 97 ตร. ซม. (Dong Biajing, 1993 อ้างถึงโดย Zhengkang, 1994)

เนื่องจากประชากรเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณความต้องการเนื้อกระบือในประเทศไทยจึงได้เพิ่มมากขึ้นด้วย เริ่มตั้งแต่ปี 1990 เป็นต้นมา ประมาณ 6% ของจำนวนกระบือในประเทศไทยถูกฆ่าเพื่อผลิตเนื้อ 68.3 เมตริกตัน ทำให้ปริมาณกระบือลดลงถึงปีละ 90,000 ตัว (Na Chiangmai, 1994) ซึ่งมีรายงานจาก Charles and Johnson (1972, 1975) อ้างถึงโดย Wanapat et al. (1994a) ว่า กระบือให้เปอร์เซ็นต์เนื้อในซากสูง มีส่วนของกระดูกน้อย และมีไขมันน้อยด้วย ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดผู้บริโภค

จากข้อมูลการศึกษาส่วนใหญ่ของ Norton *et al.* (1979); Moran *et al.*, (1983); Devendra (1985) และ Wanapat (1994) รายงานว่า กระบือได้กินมีความสามารถดีกว่าโคโดยการให้ประโยชน์จากในโตรเจน มีจำนวนประชากรของแบคทีเรียที่น้อยสลายเยื่อใยได้มากกว่า จึงมีผลต่อการย่อยเยื่อใยได้ดีกว่า และกินอาหารได้มากกว่าตัว

2.1.3 การใช้งานกระบือต่อสภาพการกินได้และย่อยได้

จากอดีตที่ผ่านมาพลังงานในการจัดการการเกษตรกรรมจะได้จากคนและสัตว์ 90% โดยกระบือถือว่าเป็นสัตว์ที่นิยมใช้มากที่สุด นอกจากประโยชน์โดยตรงนั้นแล้ว ยังสามารถใช้ในการขนส่ง การเดินทาง ตลอดจนลาก-ดึงบรรทุกต่างๆ ดังนั้นการที่เกษตรกรในระบบพาร่มย่อยได้น้ำรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเข้ามาใช้แทนสัตว์ ย่อมช่วยลดกระบวนการผลิตที่แท้จริง เพราะการใช้กระบือในระบบนี้จะช่วยลดการสูญเสียเงินตราลงต่างประเทศลงคุณค่า มีความเรียบง่ายในการเห็นอยู่ เป็นการให้แรงงานที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด และยังได้มูลสัตว์นำมาเป็นปุ๋ย ตลอดจนเป็นการกำจัดถ่ายทอดมรดกสู่ลูกหลานอีกด้วย (Sasaki, 1994)

ทั้งนี้การทำงานของกระบือจะมีผลต่อสภาวะต่างๆในระบบทางเดินอาหาร โดยข้อมูลพื้นฐานจากการศึกษาของ Wanapat and Wachirapakorn (1987) พบว่า การที่กระบือเดินไปมานั้นจะลดความสามารถในการย่อยได้ และลดการกินได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการยืนนิ่ง แต่การศึกษาของ Ffoulkes *et al.* (1986) รายงานว่า ในกระบือเพศเมียที่ให้นมลูกได้ทำงานจะทำให้การกินได้ทั้งหมดเมื่อคิดเป็นวัตถุดิบเพิ่มขึ้นจากปกติที่หักผ่อน 8.2 เป็น 8.8 กก./วัน การย่อยได้จะเพิ่มขึ้นจาก 47% เป็น 53% ของวัตถุดิบ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาโดย Bamualim and Ffoulkes (1987) รายงานว่า ไม่มีผลแตกต่างทางสถิติสำหรับการกินได้และการย่อยได้ แต่พบว่ากระบือที่ทำงานจะมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงจาก 229 เป็น 107 กรัม/วัน ฉลอง และ เมกา (2531) ยังพบว่า กระบือที่ทำงานจะสามารถกินได้สูงกว่าที่ไม่ทำงาน การย่อยได้ของโกทนะ

ความเป็นกรดต่างและ VFA ในรูเมนไม่แตกต่างกัน แต่ความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระป๋องที่ทำงานจะสูงกว่าไม่ทำงาน คือ 26.7 และ 17 mg% ตามลำดับ

2.1.4 อัตราการเจริญเติบโตของกระบือ

การเลี้ยงกระบือในประเทศไทยก็เช่นกัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของเพศผู้ 1.134 กก./วัน แต่ในการเลี้ยงจะพบว่ามีปัญหาคือ มีช่วงอาหุณย์(calving) นานถึง 500 วัน (Khan, 1994) โดยเฉลี่ยกระบือพันธุ์ nili-ravi มีน้ำหนักแรกเกิดเพศผู้ 39.89 กก. และพันธุ์ kundhi 28.67 กก. ซึ่งพบว่าอัตราการเจริญเติบโตในปีแรก 807 กรัม/วัน และ 662 กรัม/วันในปีที่สอง (Alvi, 1991 อ้างถึงโดย Khan, 1994) จากการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของกระบือที่ปล่อยทุ่งหญ้า และที่เลี้ยงขังเสริมน้ำมันปาล์ม(oil-palm) พบว่าอัตราการเจริญเติบโต 420 g/d และ 550 g/d (liang and Rahman, 1985 อ้างถึงโดย Na Chiangmai, 1994) กระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวและฟางหมักยูเรียเป็นอาหารหมักหลัก จะมีอัตราการเจริญเติบโต 403 g/d และ 451 g/d (เมธา และ จลอง, 2533)

2.1.5 ปัญหาการผลิตกระบือ

ปัญหาที่ขนาดตัวของกระบือไทยเล็กลงในปัจจุบัน เพราะคำนึงมาในการตอนกระบือเพศผู้ตัวใหญ่เพื่อให้ง่ายในการใช้งาน จึงคงเหลือเฉพาะพ่อพันธุ์ที่ตัวเล็ก ๆ ลูกที่ได้จึงมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังเห็นว่ากระบือมีอัตราการเพิ่มต่ำลงจากปี 1983 ลดลงอัตรา 2.5% ต่อปี (Chantalakhana and Runyavejchewin, 1989 อ้างถึงโดย Na Chiangmai, 1994) ส่วนปัญหาด้านสุขภาพมีน้อยมาก นอกจากโรคติดต่อที่สำคัญ เช่น ปากเท้าเปื่อย เชื้อโมเรลล์เชปติซีเมีย ที่ต้องได้รับการฉีดวัคซีน แต่ก็ยังมีบางส่วนที่ตายด้วยโรคนี้ และอีกปัญหาหนึ่งคือ การจัดการ การให้อาหารของเกษตรกรยังไม่ดี เป็นผลให้อัตราการตายในลูกกระบือสูง (Nordin et al., 1990 อ้างถึงโดย Na Chiangmai, 1994) ปัญหาที่กระบือมีอัตราการผสมติดต่ำ มีการกลับเงินสัดซ้ำไม่แน่นอน อัตราการตกไข่

มีความถี่ต่ำ (Donell and Settergren, 1983 อ้างถึงโดย Na Chiangmai, 1994); Wongsrikeao (1995) และการปล่อยเลี้ยงแบบเป็นฝูงร่วมกับพ่อพันธุ์ที่ไม่ได้รับการคัดเลือก จึงเกิดลูกที่ไม่ดี นอกจากนี้ตัวเกษตรกรเองยังไม่ได้สังเกตการเป็นโรค จึงปล่อยให้ผ่านรกไป เหตุเหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้จำนวนกระบือของประเทศไทยลดลง ส่วนปัญหาในแถบเอเชียใต้และปากีสถานเกิดจากการเป็นวัณโรคเรื้อรังที่วัว เป็นสัตว์เลี้ยงค้ำยขาดโภชนา มีอัตราการตายของลูกกระบือสูง มีระดับสักร์โมเนที่ผิดปกติ ระบายสับพันธุ์ผิดปกติ (Khan, 1994) เช่นเดียวกับประเทศไทย (Wongsrikeao, 1994)

2.1.6 การศึกษาเปรียบเทียบกระบือและโค

เป็นที่ยอมรับกันดีว่ากระบือมีความสามารถในการย่อยอาหารเยื่อใยได้ดีกว่าโค นอกจากนี้ยังมีความคงทนในสภาพการทำงานกับโคลนและความร้อนสูง หากจะกล่าวถึงเรื่องราคาแล้วกระบือจะมีราคาสูงกว่าโคมากในแถบประเทศอินเดีย เนปาล แต่พบว่ากระบือจะมีช่วงที่แห้งเล็ก(calving)นานกว่าโค (Sasaki, 1994) นอกจากนี้กระบือจะมีประสิทธิภาพในการหะเล็ม การย่อยได้ และลักษณะการทำงานดีกว่าโค ในประเทศไทยถ้าจะพิจารณาจากเนื้อแล้วเนื้อโคปราหมันจะมีราคาสูงกว่าเนื้อกระบือประมาณ 50% แต่ทั้งนี้ผลมาจากการส่งเสริมของรัฐบาลนั่นเอง (Chantalakhana, 1995)

กระบือมีความสามารถใช้ประโยชน์จากในโตรเจนดีกว่าโค มีปริมาณเซลล์ไลติกแบคทีเรียในรูเมนมากกว่าโค และพบว่าสามารถย่อยอาหารเยื่อใย (Pradhan, 1994) ตลอดจนกินได้มากกว่าโค (Wanapat et al., 1994) นอกจากนี้ Intaratham et al. (1994) พบว่า ความจุของกระเพาะรูเมนและเรติคูลัม(reticulo-rumen) ของกระบือจะมากกว่าโค แกะ และแพะ เมื่อเทียบอัตราส่วนการกินได้ต่อน้ำหนักตัว ส่วนระดับแอมโมเนียใน Chanthai et al. (1988) รายงานว่า ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนในกระบือจะมากกว่าโค เมื่อให้อาหารหมักชนิดเดียวกัน ทั้งฟางธรรมดาและฟางหมักยูเรีย ความสามารถในการกินได้ การย่อยได้ Moran et al. (1983) รายงานว่า อัตราการหมุนเวียนของอาหาร (rate of passage) จะมีความแตกต่างกันในโคและกระบือ ในการให้อาหารที่ผลิตให้ระดับแอมโมเนียในโตรเจนต่ำ

มาก ๆ จะทำให้การทำงานของจุลินทรีย์ไม่เหมาะสม น้ำย่อยที่ผลิตได้จะทำงานไม่ได้ดี (Kennedy, 1989 อ้างถึงโดย Wanapat *et al.*, 1994a) ในการบีบตัว (contraction rate) ของกระป๋องจะต่ำกว่าโค 8-20% (McSweeney *et al.*, 1989, Kennedy *et al.*, 1992 อ้างถึงโดย Kennedy and Hogan, 1994) และ Homma and Chikamune (1992) แต่แรงบีบตัวของผนังรูเมนของกระป๋องนั้นจะมากกว่าโค 79-136% ซึ่งจะมีผลเกี่ยวข้องกับความเร็วในการขับมูลออกมา อัตราการไหลเคลื่อนตัวของอาหารออกจากรูเมนของกระป๋องจะมากกว่าโค 10-80% นอกจากนี้การหลั่งน้ำลาย และการเคลื่อนของอาหารสู่โอม้าซังก็สูงกว่าด้วย

การหักตัวของอาหารในรูเมน (retention time) ในกระป๋องจะสูงในเวลา 87 ถึง 97 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับโค คือ 76 ถึง 84 ชั่วโมง (Ponnappa *et al.*, 1971 อ้างถึงโดย Pradhan, 1994)

Pradhan (1994); Homma and Chikamune (1992) รายงานว่า กระป๋องกินได้น้อยกว่าโคเมื่อคิดต่อน้ำหนักตัว ซึ่งถือว่าเป็นประสิทธิภาพการให้ประโยชน์ของอาหารโดยกระป๋อง จากการให้อาหารที่มีโปรตีนหยาดระดับ 10-14% พบว่าโค จะเมตาบอลิซึมไนโตรเจนได้ 79.3 mg/100 ml ในกระป๋องถือว่าเกิด 82.9 mg/100 ml ซึ่งจะมีผลให้เกิดแอมโมเนียในโค 9.82 mg% และในกระป๋อง 12.1 mg% อย่างไรก็ตาม การกินอาหารโปรตีนจะแสดงผลต่อระดับแอมโมเนียที่ปรากฏ ซึ่งการทำงานของเอนไซม์ ย่อยโปรตีนจะทำงานได้ดีในกระป๋องมากกว่าโค จากการศึกษาระดับโปรตีนไนโตรเจนในโค ยังสูงกว่า คือ 48.4 mg% ในกระป๋อง 42.4 mg% ซึ่งยังมีผลกระทบต่อสถานะความรบกวนในการหมัก ผลของ C_2 , C_3 และ C_4 จะสูงในกระป๋องมากกว่าโค

Prasad and Pradhan (1990) รายงานว่า จำนวนโปรโตซัวโดยรวมในรูเมน ของกระป๋องมีจำนวน 4.8×10^5 /ml. ซึ่งมากกว่าในโคคือ 2.8×10^5 /ml. นอกจากนี้ ยังมีกลุ่มที่ผลิตโปรติโอไลติก (proteolytic) สูงกว่าในโค ตลอดทั้งกลุ่มอะไมโลไลติก (amylolytic) แบคทีเรียโดยรวมนั้นจะมีในกระป๋อง 4.93×10^{10} /ml. เมื่อเทียบกับโคคือ 3.2×10^{10} /ml. เช่นเดียวกับ Singh *et al.* (1992) รายงานว่า ปริมาณ โปรโตซัวในรูเมนของกระป๋องจะมีจำนวนมากกว่าโค ซึ่งในโคจะมีปริมาณโปรโตซัวอยู่ใน ช่วง 0.8 ถึง 1.5×10^5 /ml โดยในกระป๋องจะมีปริมาณอยู่ในช่วง 1.2 ถึง 2.8×10^5 /ml

ได้มีการศึกษาชนิดของโปรโตซัวที่มี cilia ในรูเมน อย่างไรก็ดีไม่พบว่ามี *Diplodinium cristagalli* ในโค ซึ่ง Town *et al.* (1988) อ้างถึงโดย Pradhan (1994) ได้รายงานไว้เช่นกัน เปอร์เซ็นต์ของ Isotricha และ Dasytricha ในโค คือ 5.64 และ 4.60% ตามลำดับ ส่วนในกระบือมี 4.24 และ 4.53% ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก ส่วนเปอร์เซ็นต์ของ Holotrichs และ Entodiniomorphs ในโค คือ 13.84 และ 86.16% ส่วนในกระบือมี 10.81 และ 89.19% ยังมีข้อมูลเพิ่มเติมว่า Entodinium มีมากที่สุด ในโค คือ 77.19% และ 78.87% ในกระบือ

2.2 โปรตีน (Protein)

คือ สารประกอบเชิงซ้อนของอินทรีย์สาร มีน้ำหนักโมเลกุลสูง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของน้ำหนักธาตุที่ประกอบ คือ คาร์บอน 51-55%, ไฮโดรเจน 6.5-7.3%, ออกซิเจน 21-23.5%, ฟอสฟอรัส 0.5-2.0%, ซัลเฟอร์ 0-1.5% บางครั้งอาจมีธาตุเหล็ก (Fe) ร่วมอยู่ในโมเลกุลด้วย หากจำแนกตามหลักการวิเคราะห์โภชนศาสตร์สัตว์จะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ โปรตีนรวม (crude protein) หมายถึง ปริมาณโปรตีนที่ได้จากการวัดปริมาณไนโตรเจนในอาหารทั้งหมดตามวิธีการของ Kjeldahl ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่วัดได้อยู่ในรูปของโปรตีนและไม่ใช้โปรตีน (NPN) ส่วนโปรตีนแท้ (true protein) หมายถึง โปรตีนที่วัดได้จากเอาพวก NPN ออกจากอาหารแล้ว โดยทำให้โปรตีนแท้ตกตะกอนก่อนแล้วค่อยแยกมาวิเคราะห์ และโปรตีนรวมที่ย่อยได้ (digestible crude protein) เป็นโปรตีนที่ร่างกายย่อยและดูดซึมได้ ไม่ถูกขับออกทางมูล (พันทิพา, 2535) โปรตีนในเชิงโภชนศาสตร์ Huber and Kung (1980) จะอยู่ในรูปโปรตีนแท้และ NPN ซึ่งจะมิใช่ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบหลักๆ

ตารางที่ 1 จำนวนประชากรแบคทีเรีย ($\times 10^8/\text{ml}$) โปรโตซัว ($\times 10^5/\text{ml}$) ในรูเมน
ของโคและกระบือที่ได้รับอาหารหมักระดับสูง (8-10% CP)

Microbials	Cattle	Buffalo (riverine)
Bacteria		
Viable total	13.20	16.20
Cellulolytic	2.58	6.85
Proteolytic	0.41	0.54
Amylolytic	8.63	11.05
Protozoa		
Total Protozoa	1.15	1.59
Generic Distribution	%	%
Holotrichs	13.84	10.81
Isotricha	5.64	4.24
Dasytricha	4.60	4.53
Charon	2.57	1.40
Blepharoprosthium	1.03	0.64
Entodiniomorphs	86.16	89.19
Endodinium	77.91	78.87
Diplodinium	1.61	2.45
D. Cristagalli	Absent	0.64
Diploplastron	1.92	1.16
Ostracodinium	1.35	2.08
Ophryoscolex	1.10	Absent
Epidinium	0.45	1.06
Ecaudatum	0.42	Absent
Eudiplodinium	0.20	0.95
Metadinium	0.15	1.22
Polyplastron	1.16	0.76

Singh et al. (1992)

2.2.1 สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non-protein nitrogenous compounds)

เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน ประกอบด้วยธาตุ C, H, O, N คล้ายโปรตีน บางตัวมีสูตรโครงสร้างใกล้เคียงกับการคละมิโนมาก ซึ่งสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้นPN เป็นแหล่งของโปรตีนได้ในปริมาณมาก โดยอาศัยการหมักจุลินทรีย์ในรูเมน ที่สำคัญได้แก่ ามิเนส (amines) พบในเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ปริมาณน้อย แต่จะพบมากในเนื้อเยื่อที่กำลังสลายตัวมีคุณสมบัติเป็นพิษ พวกจุลินทรีย์สามารถผลิตได้โดยขบวนการดีคาร์บอกซีเลชัน (decarboxylation) ของกรดอะมิโน

ามิเอส (amides) ตัวที่สำคัญคือ asparagine และ glutamine ซึ่งได้มาจากกรดอะมิโน aspartic และ glutamic ตามลำดับ

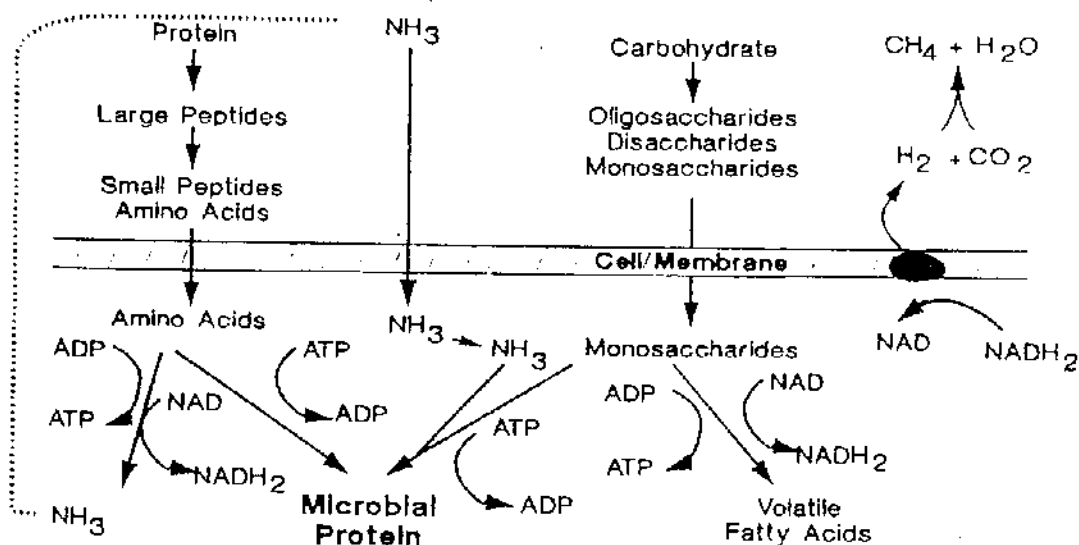
diamide ตัวที่สำคัญและมีบทบาทในอาหารสัตว์คือ ยูเรีย (urea)

พิริมิดีน (pyrimidines) และพิวรีน (purines) ต่างเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดนิวคลีอิก ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ RNA, DNA, ATP, ADP, AMP (พันธุ์พา, 2535; Huber and Kung, 1980; Leng and Nolan, 1984)

2.2.2 ขบวนการย่อยโปรตีนโดยจุลินทรีย์

อาหารโปรตีนที่ลงไปสู่รูเมนจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียและโปรโตซัว โดยมี 2 ขั้นตอนด้วยกัน เริ่มแรกโปรตีนจะถูกย่อยให้เล็กลงโดยไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของพันธะเปปไทด์ด้วยขบวนการ proteolysis ทำให้ได้เปปไทด์และกรดอะมิโน กระบวนการเกิด proteolysis และดีอะมิเนชัน (deamination) จะเกิดที่ pH อยู่ในช่วง 6 ถึง 7 ซึ่งถ้า pH ต่ำกว่า 4.5 และสูงกว่า 7.2 กระบวนการย่อยจะหยุดลง จากนั้นทั้งเปปไทด์และกรดอะมิโนจะถูกขนย้าย (transported) เข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งเปปไทด์จะถูก hydrolysed ไปเป็นกรดอะมิโน ซึ่งจะรวมถูกใช้เป็นจุลินทรีย์โปรตีน หรืออาจถูกย่อย (degraded) ไปเป็นกรดไขมันระเหยได้ แอมโมเนีย (NH_3) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เมทาเนน (CH_4) และความร้อน (Tamminga, 1979)

ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยโปรตีนในรูเมน คือ คุณสมบัติของโปรตีนทั้งทางกายภาพ (physical) และทางเคมี (chemical processing) เวลาในการเก็บกักไว้ในรูเมน หลังงานที่กินได้ ปัจจัยที่อำนวยความสะดวกการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และขนาดของอาหาร แบคทีเรียจะเข้าสัมผัสกับอาหารแล้วปล่อยเอนไซม์เพื่อย่อยโปรตีน (proteolysis) แต่โปรโตซัวจะต่างไปจากแบคทีเรียโดยจะกิน (engulf) และย่อยในตัวเองเลย อย่างไรก็ตาม แอมโมเนียต่างก็เป็นที่ต้องการของจุลินทรีย์เพื่อสังเคราะห์โปรตีนในตัวของจุลินทรีย์ (Huber and Kung, 1980; Leng and Nolan, 1984) นอกจากนั้นการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน จะขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งใช้สังเคราะห์โปรตีนในรูเมน เป็นแหล่งผลิตยูเรียในเลือด ในน้ำลาย ตลอดจนถูกขับกลับทางผนังรูเมน



ภาพที่ 1 แสดงการย่อยสลายและใช้ประโยชน์ของโปรตีนของแบคทีเรียในรูเมน

ที่มา : Nocek and Russell (1988)

ส่วนปริมาณของแบคทีเรียโดยเฉลี่ยพบว่ามี 13.20×10^8 cell/ml ในโค และ 16.20×10^8 cell/ml ในกระบือ โดยการให้อาหารข้น 10% CP โดยใช้ rape seed meal และใช้ฟางเป็นอาหารหยาบ พบว่ามีแบคทีเรียที่สามารถย่อยเซลลูโลส (cellulolytic bacteria) ในกระบือ 6.86×10^8 cell/ml มากกว่าโค (2.58×10^8 cell/ml) (Pradhan *et al.*, 1991) ซึ่งชนิดของแบคทีเรียกลุ่มนี้เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะเป็น 19.5% และ 42.3% ของแบคทีเรียทั้งหมดในโคและกระบือ จำนวนแบคทีเรียในรูเมนของกระบือจะมีการหักตัวเช่นเดียวกับโค ในการสังเกตจากการให้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักร่วมกับอาหารข้น อย่างไรก็ตามไม่ได้มีผลโดยตรงต่อการปรับขนาดการย่อยเยื่อใยในอาหารกระป๋องเสมอไป การย่อยได้ของเยื่อใยไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณแบคทีเรียที่ย่อยเยื่อใยโดยตรง และเปอร์เซ็นต์ที่มีเท่านั้น (Pradhan, 1994)

แต่เซลลูโลสติกแบคทีเรียจะเข้าย่อยสลายได้ขึ้นอยู่กับสัดส่วนองค์ประกอบของอาหารหยาบด้วย ในกระบือพบว่า *Ruminococcus albus* (30%) จะมีผลต่อการย่อยเซลลูโลสได้มากกว่า *Ruminococcus flavefaciens* (9.6%) (Sinha and Ranganatham, 1990 อ้างถึงโดย Pradhan, 1994) จากการศึกษาพบว่าโปรโตซัวจะไหลออกจากรูเมนได้ช้ากว่าแบคทีเรีย

จากการศึกษาของ Bhatia *et al.* (1992); Prasad and Pradhan (1990) อ้างถึงโดย Pradhan (1994) แบคทีเรียที่ย่อยโปรตีนในรูเมนของกระบือจะมากกว่าโค โดยเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของแบคทีเรียที่ทำการย่อยโปรตีนคิดเป็น 3-3.3% และย่อยแป้ง 65.4-68.2% ในกระบือ โดยส่วนมากพบว่าแบคทีเรียมีผลต่อการย่อยขนาดของอาหารมากกว่าโปรโตซัว (Brock *et al.*, 1982)

ไชยวรรณ และคณะ (2533); Sommart *et al.* (1993) รายงานว่า ปริมาณแบคทีเรียในรูเมนของกระบือปลักจะมากกว่าโค การดูดซึมแอมโมเนียในรูเมนไปใช้โดยจุลินทรีย์จะมีเอ็นไซม์จากทั้งแบคทีเรียและโปรโตซัว แอมโมเนียในรูเมนถือว่าเป็นผลผลิตสุดท้ายจากการย่อยโปรตีน

การศึกษาเชื้อราในกระบือกลุ่ม anareobic fungi ในกระบือปลัก พบว่ามี 4 genera ซึ่งมี *Piromyces communis*, *Neocelimastix* sp., *Orpinomyces bocis*, *Ruminomyces elegans* ซึ่งถือว่ามีการผลิตน้ำย่อย cellulase ที่สำคัญมาก

(Shen Zaming, 1992 อ้างถึงโดย Zhengkang, 1994) การทำงานของ cellulase จะสูงสุดในช่วงที่ให้หญ้าสดเป็นอาหารหยาบ และเมื่อให้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบจะต่ำสุด จากการเสริมด้วย hydroxymethyl-urea จะมีผลเพิ่มการทำงานของเอนไซม์จาก 20% เป็น 33% ตามลำดับ แต่การทำงานของเอนไซม์ถูกยับยั้งเมื่อเสริมด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต (ammonium sulphate) เพราะว่าเชื้อราในรูเมนจะไม่สามารถใช้ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ได้โดยตรง ซึ่งจะต้องถูกไฮโดรจีเนต (hydrogenate) จากแบคทีเรียในรูเมนก่อนแล้วผลิตซัลเฟต (S) เพื่อเป็นประโยชน์ต่อเชื้อราต่อไป ซึ่งพบว่าส่งผลดีในการย่อยเยื่อใยจาก 14.48% เป็น $53.50 \pm 0.87\%$ (Lu Zhongmin, 1992 อ้างถึงโดย Zhengkang, 1994)

2.3 บทบาทของแอมโมเนียในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้ประโยชน์จากไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (non protein nitrogen, NPN) เป็นวัตถุดิบตัวสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนของตัวจุลินทรีย์เอง ถึงแม้ว่าสารประกอบไนโตรเจนอื่นจะถูกใช้ประโยชน์ แต่แหล่งใหญ่ของไนโตรเจน คือ แอมโมเนีย โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ย่อยสลายเยื่อใยเป็นหลัก (Hungate, 1966) ประมาณ 50 ถึง 80% ของไนโตรเจนที่ใช้โดยแบคทีเรียจะได้จากแอมโมเนียในรูเมน (Leng and Nolan, 1984)

เมื่อสัตว์กระเพาะรวมได้รับอาหารที่เป็นโปรตีนธรรมชาติ ซึ่งโดยทั่วไปอาหารเหล่านี้จะถูกย่อยสลายให้เป็นการกรดแอมมิโน (amino acid) และเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนโดยการทำงานของจุลินทรีย์ เช่นเดียวกับสารประกอบประเภท NPN ที่พบในอาหารธรรมชาติหรืออาหารเสริมพิเศษ เช่น ยูเรียจะมีการเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียโดยจุลินทรีย์

แบคทีเรียและโปรโตซัวในกระเพาะรูเมน มีส่วนรับผิดชอบในการเข้าย่อยสลายโปรตีนและการผลิตผลิตภัณฑ์สุดท้าย เช่น แอมโมเนีย ในโตรเจน ถึงแม้ว่าจะสามารถสกัดน้ำย่อยที่น้อยสลายโปรตีนได้จากโปรโตซัว แต่เป็นการยากมากที่จะสามารถเลี้ยงโปรโตซัวได้ในสภาพที่ปราศจากแบคทีเรีย จึงไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่า แหล่งของน้ำ

ย่อยที่แท้จริงนั้นมาจากไนโตรเจน แต่อย่างไรก็ตามปรากฏว่าโปรตีนทั่วไปในโตรเจนซึ่งอยู่ในรูปของกรดแอมมิโน (amino acid) น้อยมาก จึงสรุปว่าโปรตีนไม่ได้อาศัยไนโตรเจนจากแอมมิโนเป็นหลักใหญ่ แต่จะได้รับไนโตรเจนโดยตรงจากแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่ (เมธา, 2533)

2.3.1 การผลิตแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน

แบคทีเรียในกระเพาะรูเมนส่วนใหญ่จะเลือกใช้น้ำแอมโมเนียมากกว่ากรดแอมมิโน โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ย่อยสลายเยื่อใย (fiber) (Hungate, 1966) แอมโมเนียเกิดขึ้นจากผลของการย่อยสลายของโปรตีนในอาหาร จุลินทรีย์โปรตีน และสารประกอบพวก NPN นอกจากนี้ยังได้จากยูเรียซึ่งถูกนำกลับสู่กระเพาะรูเมน โดยผ่านทางน้ำลายและผนังของกระเพาะรูเมน ส่วนใหญ่ของโปรตีนในอาหารถูกไฮโดรไลซ์ได้เปปไทด์ (peptide) และกรดแอมมิโนโดยน้ำย่อยของจุลินทรีย์ กรดแอมมิโนอิสระ และ peptide อาจถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน หรือผ่านกระบวนการ deamination ซึ่งเป็นการผลิตแอมโมเนียและ volatile fatty acid (VFA) ซึ่ง VFA นี้จะถูกดูดซึมผ่านผนังของกระเพาะรูเมน หรือถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์กรดแอมมิโนในรูปของ carbon skeletons รัศของโปรตีนในอาหาร และความสามารถในการละลายได้ จะมีอิทธิพลต่อการผลิตแอมโมเนียมาก ซึ่งจะมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของสารประกอบ NPN

ในแง่ของการปฏิบัติ การใช้ประโยชน์จาก NPN คือ การรักษาระดับของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในกระเพาะรูเมนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ถ้าระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูเมน ลดต่ำลง ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลดลง ผลที่ตามมาทำให้อัตราการย่อยได้และการใช้ประโยชน์จากอาหาร (feed utilization) ลดลง

2.3.2 ทฤษฎีการใช้ NPN ในกระเพาะรูเมน

1. NPN (urea) $\rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$
2. carbohydrates $\rightarrow$ volatile fatty acid (VFA) + keto acids

3. $\text{NH}_3 + \text{keto acid} \rightarrow \text{amino acids}$
4. amino acid $\rightarrow$ microbial protein
5. microbial protein $\rightarrow$ free amino acids
6. free amino acids $\rightarrow$ absorbed โดยตัวสัตว์ เพื่อนำไปใช้

ประโยชน์ในส่วนต่างๆของร่างกาย

พินา : เมฆา (2533)

จากการหักกัน จะเห็นว่า NH_3 เป็นตัวหาหน้าที่ในปฏิกิริยาของการใช้ NPN ในระบบของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ถ้าจุลินทรีย์ในรูเมนไม่สามารถที่จะย่อยสลายสารประกอบ NPN ให้ได้แอมโมเนียที่อยู่ในรูปอิสระ สารประกอบนั้นมันไม่มีประโยชน์ในการใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจน ส่วน NPN อื่นๆก็คล้ายกับกระบวนการใช้ยูเรีย กรณีการใช้ NPN ร่วมกับอาหารหยาบคุณค่าต่ำ ซึ่งประกอบด้วย lignocellulosic complex ที่ย่อยสลายได้ยาก ทำให้ขบวนการที่ตอนแรก 1 เกิดขึ้นเร็วกว่าขั้นตอนที่ 2 กรณีเช่นนี้จะเป็นการจำกัดการผลิต keto acid ที่จะนำมาใช้สังเคราะห์กรดอะมิโน ดังนั้นจึงเกิดการสูญเสีย NH_3 ผ่านรูเมน ทำให้การใช้ประโยชน์ของ N เป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ แต่ถ้าระดับของยูเรียเหมาะสมกับอัตราการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรต จะทำให้การใช้ประโยชน์ของ N คี้น NH_3 ส่วนที่เหลือจะถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมนหรือผนังลำไส้ แล้วถูกส่งผ่าน portal vein ไปยังตับ และถูกเปลี่ยนเป็นยูเรียโดยอาศัย urea cycle ดังรูปที่ 2 โปรตีนธรรมชาติ (natural protein) ซึ่งถูกย่อยในกระเพาะรูเมนให้เป็น amino acid ด้วยน้ำย่อยโปรตีน (protease) จากจุลินทรีย์ ถึงแม้ว่าจุลินทรีย์สามารถใช้กรดอะมิโนและเปปไทด์ที่ได้จากแหล่งโปรตีนธรรมชาติได้โดยตรง (Michael, 1967) และกรดอะมิโนที่เหลือถูกเปลี่ยนรวมตัวกับพันธะคาร์บอน (carbon chain) เช่นเดียวกับแอมโมเนียที่ได้จาก NPN ซึ่งจุลินทรีย์สามารถใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนและจุลินทรีย์โปรตีน และบางส่วนถูกดูดซึมที่ผนังของกระเพาะรูเมน

แหล่งที่จะให้แอมโมเนียที่ผลิตได้ในรูเมน ได้แก่

1. เปปไทด์และ amino acid

2. soluble-N material ได้แก่ ยูเรีย ยูริค แอซิด และไนเตรท ซึ่งสามารถถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียได้อย่างรวดเร็ว และมีจำนวนมาก

3. แอมโมเนียที่ได้จากโปรโตทัว โดยที่โปรโตทัวจะปลดปล่อยแอมโมเนียซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย (end product) ของกระบวนการเมแทบอลิซึม

4. แก๊สไนโตรเจน บางครั้งไนโตรเจนจากบรรยากาศเข้าสู่รูเมนโดยมาพร้อมกับอาหารที่สัตว์กิน จะถูกจุลินทรีย์ในรูเมนตรึงไนโตรเจนไว้ เช่น methano bacterium ruminantium แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อย เช่น ในแกะปริมาณน้อยกว่า 0.7 กรัม/วัน

(Leng and Nolan, 1984)

2.3.3 ระดับของแอมโมเนียในโตรเจนในรูเมนที่เหมาะสม (Optimum rumen $\text{NH}_3\text{-N}$)

ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะรูเมนที่พบมีความแปรปรวน ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่าอยู่ระหว่าง 10-50 mg% ขึ้นกับค่าไนโตรเจนในอาหาร ความสามารถในการละลาย(solubility) และความรวดเร็วในการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมา (Ciszuk, 1973 อ้างถึงโดย Church, 1983)

Satter and Slyter (1974) รายงานว่า การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สูงสุด เมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูเมนเพิ่มสูงขึ้นถึง 5 mg% ในสภาพที่ได้รับอาหาร ผลพลอยได้ทางการเกษตรระดับสูงขึ้น ระดับแอมโมเนียในรูเมนจะสูงขึ้น 15-20 mg% (Boniface et al., 1986; Perdok and Leng, 1990; Song and Kenenelly, 1990; Wanapat, 1994a) เมธา (2531) ได้ศึกษาระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนในของเหลวรูเมนของโค 3 พันธุ์ (โคพันธุ์พื้นเมือง โคพันธุ์พันธุ์ลูกผสม และโคผสมลูกผสม) ที่กินหญ้าสดชนิดเนล พบว่าระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนมีค่าเท่ากับ 9.04, 12.42 และ 7.92 mg% Hume et al. (1970) อ้างถึงโดย Satter and Slyter (1974) ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย 8-13.3 mg% สามารถกระตุ้นการสังเคราะห์จุลินทรีย์มากยิ่งขึ้น

Orskov *et al.* (1972) อ้างถึงโดย Satter and Slyter (1974) แนะนำว่า การเสริมยูเรียลงในข้าวบาร์เลย์จำนวน 120 g/kg เมื่อคิดเป็นโปรตีนโคหรวม (crude protein) ในลูกแกะ การเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อระดับความเข้มข้นของ แอมโมเนียในกระเพาะโอม่าซึม(abomasum) มีค่า 4-8 mg% ซึ่งต่อมา Hume *et al.* (1970) อ้างถึงโดย Satter and Slyter (1974) พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูเมนและใน abomasum อย่างไรก็ตามจากรายงานของ ผลการศึกษาวิจัยในประเทศเซเชร็อน Boniface *et al.* (1986) ทำการทดลองในโค ลูกผสมบราห์มัน ศึกษาการหมักของ *Heteropogon contortus* ในถุงในล่อน พบว่าที่ ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียรูเมน 4.5 mg% การหมักจะเกิดขึ้นสูงสุด (Maximum fermentation)

Mehrez *et al.* (1977) แสดงความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เหมาะสมสำหรับ อัตราการหมัก(fermentation) ค่าแอมโมเนียที่เหมาะสมคือ 23.5 mg% แสดงให้เห็น ว่าที่ระดับความเข้มข้นเกิน 2 mg% อัตราการย่อยได้จะคงที่ ซึ่งอธิบายได้ว่า ความเข้มข้น ของแอมโมเนียที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการสังเคราะห์จุลินทรีย์สูงสุด ไม่เท่ากับความเข้มข้น ที่จุลินทรีย์ต้องการสำหรับอัตราการย่อยที่เหมาะสม (optimal rate of digestion) โดยอธิบายอัตราการหมักจากการที่อาหาร(substrate) ที่สูญหายไปจากถุงในล่อน ในขณะที่ ทำงานทดลองอื่นๆได้วัดจากค่าผลผลิตของจุลินทรีย์ (microbial yield) Wallace (1979) อ้างถึงโดย Song and Kennelly (1991) ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย 9.7-21.4 mg% ทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียเพิ่มขึ้น มีผลทำให้การย่อยได้ของ วัตถุแห้ง (dry matter) และโปรตีนโคหรวม (crude protein) ของข้าวบาร์เลย์ และกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น และได้มีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการเติมโซดาลงในข้าวบาร์เลย์ พบว่าในของเหลวรูเมนมีความเข้มข้นของแอมโมเนียเพียง 2 mg%

นอกจากนี้ความเข้มข้นของแอมโมเนียยังเกี่ยวข้องกับอัตราการย่อยสลายในรูเมน ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูเมนต่ำ อัตราการย่อยสลายก็ต่ำลง เมื่อความเข้มข้น ของแอมโมเนียในรูเมนสูงขึ้น อัตราการย่อยสลายจึงเพิ่มขึ้น (Wallace, 1986)

2.3.4 ความเป็นพิษเนื่องจากแอมโมเนีย (Ammonia alkalosis or toxicity)

สารประกอบประเภท Non-protein nitrogen ที่เติมลงในอาหารสัตว์เลี้ยง ต้องมีระดับที่พอเหมาะกับความต้องการของสัตว์ เพราะอาจทำให้เกิดการเป็นพิษเนื่องจาก ระดับแอมโมเนียในกระแสเลือดเกินระดับปกติ

เพื่อเป็นที่เข้าใจกลไกการเกิดพิษเนื่องจากแอมโมเนีย จึงได้มีการศึกษาเปรียบเทียบ กระเพาะรูเมนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียอย่างรวดเร็ว แต่เนื่องจากยูเรียมีปริมาณสูง ถูกใช้ในระยะเวลาสั้นๆ จุลินทรีย์ไม่สามารถใช้แอมโมเนียในการสังเคราะห์จุลินทรีย์ โปรตีนได้อย่างรวดเร็วเท่ากับจำนวนแอมโมเนียที่เกิดขึ้น ระดับแอมโมเนียในท้องเหลว รูเมนสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสั้นๆหลังการกินประมาณ 3 ชั่วโมง

จุลินทรีย์ต้องการใช้ไนโตรเจนต่างๆสำหรับการเจริญเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพ ถ้ามีการขาดแคลนไนโตรเจนตัวอื่นๆ จุลินทรีย์จะมีการใช้แอมโมเนียอย่างรวดเร็ว ความเข้มข้น ของท้องเหลวในรูเมนและ pH ในรูเมนจะมีอิทธิพลต่อปริมาณแอมโมเนียที่ถูกดูดซึมผ่านผนัง รูเมนในสัตว์ เมื่อ pH ในท้องเหลวรูเมนสูงขึ้นจะมีผลทำให้การดูดซึมเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (NRC, 1976)

เนื่องจากแอมโมเนียมีคุณสมบัติเป็นด่าง(alkaline)เล็กน้อย คือ มี pka 8.8 ที่ 40 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ pH เพิ่มขึ้นด้วย และเพิ่มการดูดซึมผ่านผนังรูเมน ของท้องเหลวในรูเมนจะสูญเสียการเป็น buffer ที่ดี เมื่อ pH เพิ่มขึ้น โดยปกติปริมาณแอมโมเนียที่ถูกดูดซึมจะถูกเปลี่ยนเป็นยูเรียอีกครั้งที่ตับ (NRC, 1976)

ความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระแสเลือดที่จะก่อให้เกิดพิษมีค่า 1.0 mg% (NRC, 1976; เมธธา, 2533)

การตรวจเช็คระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในท้องเหลวรูเมนที่เป็นพิษได้ ค่าความ เป็นพิษมีค่า 80 mg% และเป็นที่จะชี้ความสามารถของตับในการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็น ยูเรีย (NRC, 1976) อย่างไรก็ตาม Huber and Kung (1981) รายงานว่า ระดับ pH ของรูเมนและระดับแอมโมเนียในเลือดจะเป็นตัวบ่งบอกถึงระดับการเป็นพิษได้ดีกว่า ระดับแอมโมเนียในรูเมนและยูเรียในเลือด โดยระดับแอมโมเนียในเลือดจากเส้นเลือดค้ำ

Carotid และ Jugular ที่มีผลให้กล้ามเนื้อเกร็งกระตุก คือ 1.46 และ 0.96 mg% ตามลำดับ

2.3.5 ความเจ็บป่วยของแอมโมเนียโดยเฉียบพลัน (Acute ammonia toxicity)

โดยเริ่มแรกสัตว์จะมีการทางประสาท น้ำลายไหลออกมามาก มีการสั่นของกล้ามเนื้อ และต่อมาเกิดความไม่สมดุลของร่างกาย มีอาการหายใจหัด หมัดแรง ปัสสาวะบ่อย ขาหน้าแข็งไม่สามารถเคลื่อนที่หรือยกได้ สัตว์จะล้มตัวลง ส่วนใหญ่สัตว์จะมีการหุนหุนหายใจ สุดท้ายจะมีการชักกระตุก ชีพจรที่ jugular เพิ่มขึ้น และมีอาการ bloat หลังจากอาการเริ่ม 30 นาที-2 ชั่วโมงสัตว์จะตายได้ (NRC, 1976)

บางครั้งก่อนเกิดอาการชักกระตุกสามารถแก้ไขโดยการใช้น้ำเย็น หรือกรด acetic (NRC, 1976; เมธา, 2533) การแก้ไขโดยการให้น้ำเย็นแก่สัตว์กินปริมาณ 5-10 แกลลอน ปริมาณที่ให้ขึ้นกับขนาดของตัวสัตว์ จุดประสงค์เพื่อที่จะลดอุณหภูมิของ rumen fluid และเพื่อที่จะลดอัตราการเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนีย นอกจากนี้การที่น้ำเย็นไปเจือจางแอมโมเนีย จะช่วยลดการดูดซึมของแอมโมเนียที่ผนังรูเมน ส่วนการใช้กรด acetic หรือกรดน้ำส้มสายชูละลายในน้ำเย็นจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการให้น้ำเย็นเพียงอย่างเดียว เพราะสารละลายดังกล่าวจะรวมตัวกับแอมโมเนียกลายเป็น ammonium acetate ซึ่งทำให้ pH ในรูเมนลดลง และทำให้การดูดซึมของแอมโมเนียลดลง (NRC, 1976)

เมื่อสัตว์ตายลงเนื่องจากความเป็นพิษจะไม่พบรอยโรค (lesion) แต่ทว่าหลังพบการคั่งของโลหิต มีเลือดออก และพบเนื้อตายที่ปอด จึงไม่สามารถทำนายอาการของโรคที่เกิดจากการเป็นพิษได้ ในฟาร์มที่มีการจัดการที่ดีจะไม่ค่อยพบสาเหตุการตายของสัตว์เนื่องจากความเป็นพิษของแอมโมเนีย ปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเป็นพิษของแอมโมเนียในตัวสัตว์มาจากไม่มีระยะการปรับตัวแก่สัตว์ในการใช้สารประกอบ NPN เช่น ยูเรีย ซึ่งง่ายต่อการเกิดพิษ

หากอาหารส่วนใหญ่ประกอบด้วยอาหารหยาบคุณภาพต่ำ ซึ่งบางครั้งการหมักของคาร์โบไฮเดรตยังเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ จะมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้สารประกอบ NPN ดังนั้น



ท 64959

หอสมุดกลาง

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

NW

SF

0978

25

การเพิ่มจำนวนของแอมโมเนียอิสระที่ถูกดูดซึมในตัวสัตว์เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเป็นพิษ การลดอาหารหรือความสัมพันธ์ระหว่างกระเพาะรูเมนว่าง และเวลาที่ใช้สำหรับย่อย NPN เพิ่มขึ้น อาจทำให้เกิดการเป็นพิษได้ เพราะจุลินทรีย์ไม่สามารถใช้แอมโมเนียได้อย่างรวดเร็ว ส่วนอาหารที่มีผลต่อการเพิ่ม pH ของรูเมนจะมีโอกาสทำให้เกิดการเป็นพิษได้เนื่องจากแอมโมเนียถูกดูดซึมเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ถ้าให้แก๊สตัวกินไม่เพียงพอ จะทำให้ปริมาณของเหลวรูเมนลดลง และเพิ่มการดูดซึมแอมโมเนีย (Miller, 1979)

การดูดซึมแอมโมเนียจากกระเพาะรูเมน อัตราการดูดซึมของแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) จะขึ้นอยู่กับ pH ของรูเมน ซึ่งเป็นผลเนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิต VFA และการหลั่งของน้ำลาย ในด้านอาหารจะเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของอาหารคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้เร็ว (readily available carbohydrate) และอาหารเยื่อใย (Ahn, 1992)

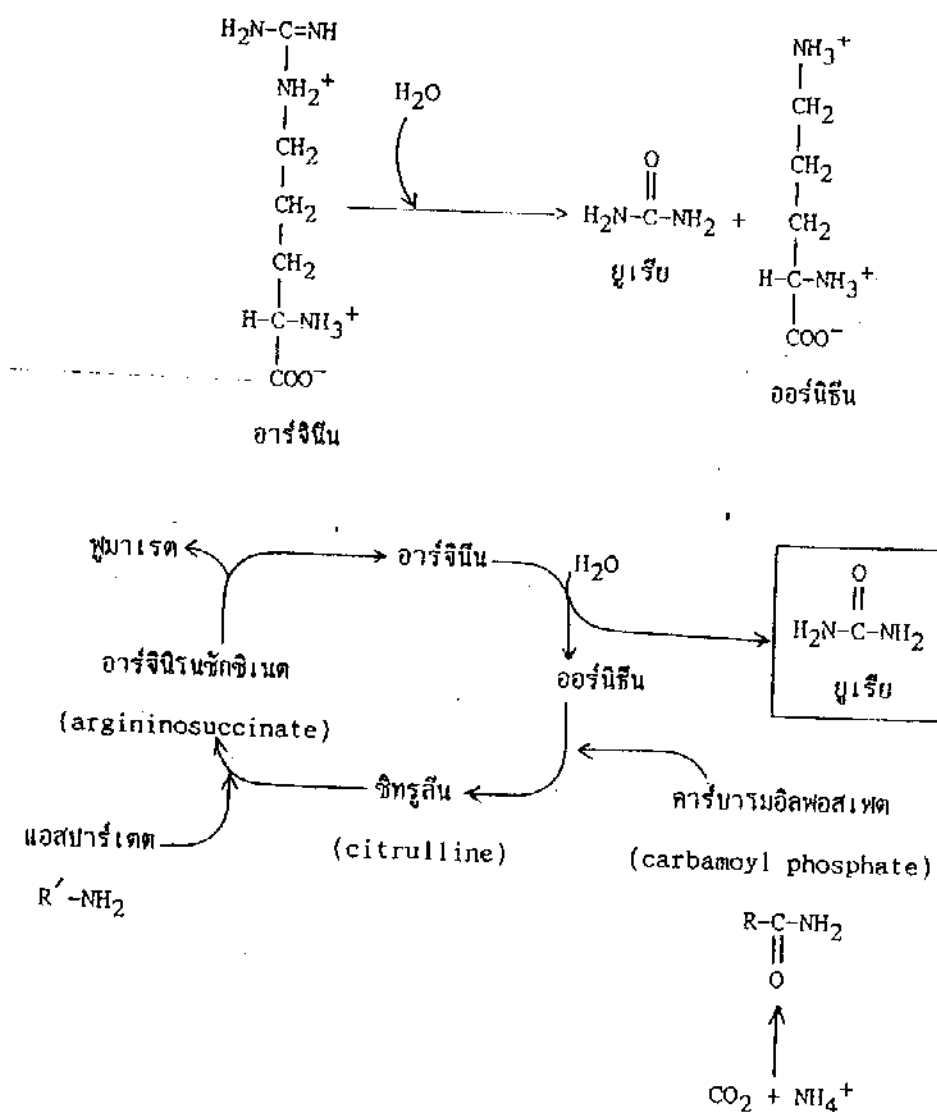
ถ้า pH สูง และมี NH_3 มาก อัตราการดูดซึม NH_3 สูง

ถ้า pH ต่ำ และมี NH_3 น้อย อัตราการดูดซึมจะต่ำ (Leng and Nolan, 1982)

2.4 การนำกลับ N เข้าสู่รูเมน (N-recycling)

N สามารถกลับเข้าสู่รูเมนในรูปของยูเรีย โดยผ่านทางน้ำลายและโดยการแพร่ (diffusion) ของยูเรียในเลือดผ่านผนังรูเมน ขณะที่ยูเรียผ่านเข้าสู่ผนังรูเมนนั้น ส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียโดยเอนไซม์ urease ของแบคทีเรียที่ขึ้นเกาะไปอยู่ใน ruminal epithelium การนำกลับของยูเรียเข้าสู่รูเมนนี้ช่วยทำให้การให้ประโยชน์จาก N ได้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในช่วงที่สัตว์ได้รับอาหารที่มี N ต่ำ หรืออยู่ในระยะอดอาหาร ประมาณว่า 14% ของ N ทั้งหมดที่สัตว์ได้รับจะถูกนำกลับเข้าสู่รูเมนโดยผ่าน 2 ทางดังกล่าว (เมธา, 2533) แอมโมเนียที่ไม่ถูกใช้โดยจุลินทรีย์จะถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมนเข้ากระแสโลหิต ความเข้มข้นของแอมโมเนียจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว โดยผลิตเป็นยูเรียโดยวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) ใน cytosol และ mitochondria ที่ตับ

N อะตอมหนึ่งของยูเรียมาจาก NH_4^+ และ N อีกอะตอมหนึ่งมาจากแอสปาร์เตต ส่วน C อะตอมมาจาก CO_2 ออร์นิธิน (Ornithine) ทำหน้าที่เป็นพาหะของ C และ N อะตอมในยูเรีย สารตั้งต้นโดยตรงของยูเรียคืออาร์จินิน ซึ่งจะถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็นยูเรียและออร์นิธิน โดยการทำงานของเอนไซม์อาร์จินเนส (arginase) (ลาภัสสรา, 2527)



ภาพที่ 2 แสดงวัฏจักรยูเรีย (urea cycle)

ที่มา : ลาภัสสรา (2527)

2.5 การใช้ไนโตรเจนของกระบือ

กระบือเป็นสัตว์ที่มีความสำคัญในชนบทไร่นาของเกษตรกรในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ กระบือสามารถใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนได้ดีกว่าโค (Wanapat *et al.*, 1994a) Devendra (1983, 1987) รายงานว่า กระบือเล็กนั้นสามารถคงทนต่อสภาพอาหารที่มีไนโตรเจนสูง และใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนดีกว่าโค เพราะมีการหมุนเวียน retention ได้ดีกว่าโค แต่จากการวิเคราะห์พบว่าในโคมีไนโตรเจนออกมากับปัสสาวะน้อยกว่าที่เข้าหน่วยไต (urinary N output) ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพการกรองของ glomerular (Devendra, 1985) ส่วนการท่างานที่ค้น Norton *et al.* (1979) ได้ชี้ให้เห็นว่า กระบือสามารถสังเคราะห์ยูเรียได้มากกว่าที่พบในโคเมื่ออาหารมีคุณภาพต่ำ

Kearl (1982) ได้คำนวณว่ากระบือน้ำหนัก 400 กิโลกรัม ที่มีการท่างาน 4 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน จะต้องการโปรตีน 644 และ 715 กรัมต่อวัน

Teleni and Hogan (1989) รายงานว่า กระบือที่ท่างานจะมีการหมุนเวียนเอายูเรียกลับเข้าสู่ร่างกายในอัตราสูงเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ท่างาน (98 และ 79 กรัม/วัน) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ยูเรียมากจะทำให้เกิดการย่อยสลายกรดอะมิโนเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานด้วย จากการศึกษาให้กระบือที่ท่างานได้รับไนโตรเจน 74 กรัมต่อวัน ส่วนกระบือที่ไม่ท่างานกินได้ 77 กรัมต่อวัน พบว่าระดับยูเรียในเลือด 30 และ 27 mg% ตามลำดับ

Devendra (1983) รายงานว่า การใช้ไนโตรเจนในกระบือจะมีความสมดุลมาก ซึ่งหมายความว่ากระบือจะมีการขับไนโตรเจนออกทางปัสสาวะน้อยกว่าโค การย่อยไนโตรเจนในลำไส้ของโคและกระบือจะเหมือนกัน (Moran *et al.*, 1983) ดังนั้นการใช้ไนโตรเจนให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด โดยลดการสูญเสียออกทางมูลและปัสสาวะ ซึ่งจะมีการดึงกลับมาใช้ในรูปแบบของยูเรียจากเลือดทางน้ำลาย กลับมาเป็นแหล่งแอมโมเนียสำหรับจุลินทรีย์

2.5.1 ระดับแอมโมเนียในไตรเจนที่เพาะสปีนกระตือ

จากการปรับปรุงอาหารหยาบเพื่อให้มีระดับโปรตีนแห้งสูงขึ้น Chanthai *et al.* (1988) รายงานว่า การใช้ฟางหมักยูเรีย 5% จะมีผลให้ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูเมนสูงขึ้นจาก 1.3 เป็น 10.3 mg% ในกระบือ ซึ่งส่งผลดีต่อการกินได้และการย่อยได้ Suwanlee and Wanapat (1994) พบว่า การเติม (infusion) สารละลายยูเรียระดับ 0, 40, 60 กรัมต่อวัน จะเพิ่มระดับแอมโมเนียในไตรเจนจาก 1.7, 5.1 และ 5.6 mg% ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มการย่อยได้ของ DM, NDF และ ADF ปริมาณของแบคทีเรียสูงขึ้นเมื่อระดับแอมโมเนียสูงขึ้น จากรายงานของ Wachirapakorn (1987) พบว่า ระดับแอมโมเนียในไตรเจนของกระบือที่ทำงานจะมีค่า 26.7 mg% ซึ่งจะมากกว่ากระบือที่ไม่ทำงาน (17.0 mg%)

Wanapat *et al.* (1994) รายงานว่า การให้อาหารก้อนคุณภาพสูง (HQFB) เสริม ที่ประกอบด้วยรำข้าว 15%, กากเมล็ดฝ้าย 15%, ปลาแห้ง 15%, กากน้ำตาล 35%, ยูเรีย 10%, ไวตามิน ADE และแร่ธาตุ 15% จะมีผลต่อระดับแอมโมเนียในรูเมนเพิ่มขึ้นจาก 3 เป็น 7.4 mg% และเมื่อเสริมการให้อาหารก้อนด้วยอาหารข้นในระดับ 1 และ 0.75% ของน้ำหนักตัว พบว่าแอมโมเนียมีค่า 2.3 และ 2.4 mg% ซึ่งจะมีผลให้ความเป็นกรดค้างอยู่ในช่วงปกติ 6.7-6.9 สามารถเพิ่มการกินได้ของฟางห้าวและอาหารโดยรวม มีผลเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในรูเมน นอกจากผลกระทบบรูเมนแล้ว Warly *et al.* (1992) ยังพบว่า การเพิ่มระดับแอมโมเนียในรูเมนจาก 6.3 เป็น 24.1 mg% จะมีผลให้ระยะเวลาในการเคี้ยวเอื้อง (rumination time) ลดลง

2.5.2 ผลของระดับแอมโมเนียต่อกรดไขมันระเหยได้ (VFA)

จากรายงานของ Wachirapakorn (1987) พบว่า ระดับกรดไขมันระเหยได้โดยรวมในกระบือที่ทำงานจะสูงกว่ากระบือที่พัก 83.1 ต่อ 74.2 m mol/l โดยการวัดกรดอะซิติก (C₂) กรดโพรพิอิก (C₃) และกรดบิวทิริก (C₄) ในกระบือที่ได้รับหญ้าสด จะมีระดับ 75.5, 18.7 และ 5.8 mMol/l

การเพิ่มขึ้นของ C_3/C_4 จะมีผลต่อการลดลงของ C_2 ในขณะเดียวกันเมื่อเพิ่มอาหารชั้นในโคม Pradhan (1994) ความเข้มข้นของ C_3 และ C_4 และอัตราส่วนความเข้มข้น C_2/C_3 และ TVFA ในกระป๋องจะมากกว่าใด การเพิ่มความถี่ของการให้อาหารจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ TVFA โดยเฉพาะ C_3 , C_4 และมีผลให้ C_2 ลดลง (Verma *et al.*, 1968 อ้างโดย Pradhan, 1994) จากการศึกษาการเติมสารละลายยูเรียเข้าในรูเมนของกระบือโดย Suwanlee and Wanapat (1994) มีผลให้ระดับแอมโมเนียเพิ่มจาก 1.7 ถึง 5.6 mg% ซึ่งระดับ 5.1-5.6 mg% จะทำให้กรดไขมันระเหยได้โดยรวมสูงที่สุด 91.8 mM

จากการศึกษาโดย Song and Kennelly (1990) พบว่า เมื่อระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงถึง 7.3 เป็น 15.7 mg% จะมีผลให้ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้นตาม ซึ่งจะสูงที่สุดในช่วง 1.5 ชั่วโมงหลังให้อาหาร โดยพบว่ากรดอะซิติก (C_2) จะเพิ่มตามเวลาหลังการให้อาหาร ตลอดทั้ง C_4 อัตราส่วน C_2/C_3 และ C_3 จะไม่มีผลกระทบจากระดับแอมโมเนียที่เปลี่ยนไป ส่วน $IsoC_4$ และ $IsoC_5$ จะลดลงเมื่อระดับแอมโมเนียเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาในโคมโดย Cameron *et al.* (1991) พบว่า การให้แหล่ง NPN คือ ยูเรีย กับการให้แหล่งคาร์โบไฮเดรต(แป้ง) และการให้รวมกัน มีผลต่อระดับยูเรีย คือ 15.3, 5.2 และ 12.6 mg% ซึ่งพบว่าการผลิต TVFA แตกต่างกันจาก 114.3, 109.4 และ 121.3 mM ซึ่งเกิดจากผลของการให้ยูเรีนทำให้ C_3 , $Iso C_5$ และอัตราส่วน C_2/C_3 แตกต่างกันด้วย

Abdullah *et al.* (1995) พบว่า ระดับแอมโมเนียที่เปลี่ยนแปลงจาก 13.1 mg% เป็น 16.6 mg% จะสอดคล้องกับการเพิ่มของกรดไขมันระเหยได้โดยรวมจาก 74.8 เป็น 96.2 mM และยังมีผลให้กรดอะซิติก (C_2) กรดไพรูวอนิก (C_3) ไอโซวาเลอิก ($IsoC_5$) และวาเลอิก (C_5) แตกต่างกันด้วย โดย C_2 จะเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Warly *et al.* (1992) ที่ศึกษาการเสริมโปรตีนจากระดับต่ำถึงสูง มีผลให้ระดับแอมโมเนียเปลี่ยนจาก 6.3 เป็น 24.1 mg% จะมีผลให้กรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้นจาก 6.3 เป็น 7.8 mM/100 ml

2.5.3 ความสัมพันธ์ของระดับแอมโมเนียในรูเมนต่อความเป็นกรดต่าง (pH)

Endman *et al.* (1986) รายงานว่า การเพิ่มสารละลายยูเรียเข้าในรูเมนของโคนมปริมาณ 0, 33, 67 และ 100 กรัมต่อวัน ทำให้ระดับแอมโมเนียในรูเมนเพิ่มขึ้นจาก 4.3 ถึง 25 mg% อย่างเป็นเส้นตรง ซึ่งพบว่าไม่มีผลต่อ pH โดยจะอยู่ในช่วง 6.56 ถึง 6.64

จากการศึกษาโดย Song and Kennelly (1990) พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียจาก 7.3 ถึง 15.7 mg% จะไม่มีความเกี่ยวข้องกับความเป็นกรดต่างในรูเมน แอมโมเนียเพิ่มขึ้นหลังการให้อาหาร

Cameron *et al.* (1991) รายงานว่า การให้แหล่ง NPN ร่วมกับการให้แป้ง (starch) ในอาหารโคนม มีผลให้ระดับแอมโมเนียเพิ่มจาก 5.2 ถึง 15.3 mg% ซึ่งเป็นผลมาจากยูเรียในอาหารมีผลทำให้ pH อยู่ในช่วง 5.74 ถึง 5.96 ซึ่งมีความแตกต่างจากผลการให้ยูเรียเช่นกัน

แต่ Barton *et al.* (1992) รายงานว่า การเสริมกากเมล็ดฝ้ายในโคหนุ่มที่ปล่อยและเลี้ยงช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน มีผลให้ระดับแอมโมเนียเพิ่มขึ้นจาก 0.8 ถึง 8.8 mg% โดยจะมีผลทำให้ pH ลดลงจาก 7 เป็น 6.4 โดยเกิดจากการผลิต VFA ได้มากขึ้น 47.9 เป็น 70.4 mM

เช่นเดียวกับการศึกษาในโคนมของ Christensen *et al.* (1993) พบว่า การให้อาหารโปรตีนที่มีระดับต่ำ 16.4% CP และสูง 19.6% CP ซึ่งกำหนดค่าให้มีระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในรูเมนต่างกัน (RUP) พบว่าเมื่อระดับ RUP ต่ำ มีผลให้แอมโมเนียสูง 11.6 และ 19.7 mg% ในอาหารโปรตีนระดับต่ำและสูง และเมื่อกำหนด RUP สูงขึ้นในอาหารโปรตีนต่ำและสูง ทำให้แอมโมเนียมีความเข้มข้น 6.4 และ 9.3 mg% ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดพบว่า pH อยู่ในช่วง 5.54 ถึง 5.82 ไม่มีผลแตกต่างกัน

อย่างไรก็ตาม Wanapat *et al.* (1994) รายงานว่า เมื่อระดับแอมโมเนียเพิ่มจาก 3 เป็น 7.4 mg% จะมีผลให้ความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้นจาก 6.8 เป็น 6.9 และ Abdullah *et al.* (1995) พบว่า สภาวะที่ระดับแอมโมเนียอยู่ในช่วง 10.7 ถึง 16.6 mg% จะมีผลทำให้ความเป็นกรดต่างเพิ่มจาก 6.02 เป็น 6.98 อย่างไรก็ตาม

Warly et al. (1992) พบว่า การเสริมอาหารโปรตีนจากระดับค่า 12.6 ถึง 29.3% CP จะมีผลให้ระดับแอมโมเนียเพิ่มขึ้นจาก 6.3 ถึง 24.1 mg% ซึ่งหมายความว่าไม่มีผลกระทบต่อระดับ pH

2.5.4 ผลของระดับแอมโมเนียต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในรูเมน

Clark et al. (1992) รายงานว่า ไนโตรเจนในอาหารถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นอกเหนือจากคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นแหล่งพลังงานแล้ว

แอมโมเนียไอออน (NH_4^+) เป็นแหล่งของไนโตรเจนที่สำคัญสำหรับแบคทีเรียหลายชนิดที่มีการย่อยสลาย cellulose และ xylose และแบคทีเรียที่มีการย่อยแป้งเป็นหลัก แอมโมเนียสามารถกระตุ้นแบคทีเรียชนิดอื่นและบางชนิด เช่น genus *Lactobacillus* ถูกยับยั้งด้วยแอมโมเนีย แบคทีเรียส่วนใหญ่ต้องการแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโต (Song and Kennelly, 1990) ประมาณ 50% ถึง 70% ของแหล่งไนโตรเจนที่จุลินทรีย์นำใช้จะได้จากแอมโมเนีย (Nolan and Leng, 1972 อ้างถึงโดย Hespell and Bryant, 1979)

จุลินทรีย์ในรูเมนใช้แอมโมเนียในการสังเคราะห์เซลล์ของตัวเอง และอัตราการสังเคราะห์สูงสุดเมื่อระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่า 9 mg% และมีค่าระหว่าง 5 และ 8 mg% ซึ่งพบโดย Miller (1973) และ Mehrez et al. (1970) อ้างถึงโดย Leng and Nolan (1984) แบคทีเรียในรูเมนบางชนิดอาจมีกลไกการนำแอมโมเนียมารวมตัวในเซลล์ของมัน เช่นเดียวกับจุลินทรีย์ในดิน

Allison (1970) อ้างถึงโดย Song and Kennelly, 1990) รายงานว่า การเจริญเติบโตของ *Bacteroides amylophilus* จะถูกจำกัดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียต่ำกว่า 7.4 mg% และการเจริญเติบโตสูงสุดของ *B. amylophilus* H18 จะมีอัตราการเจริญสูงสุดเมื่อระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่า 1.6 mg% (Schaefer et al., 1980 อ้างถึงโดย Song and Kennelly, 1990)

การมีจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นนั้นจะมีผลให้การใช้ VFA ลดลง ส่งผลให้เมทาเซนลดลง และจะลดความไวต่อหน่วยของจุลินทรีย์ที่ย่อยได้ (Leng et al., 1994)

แบคทีเรียจะมีการเจริญได้ในรูเมน แต่จะถูกจับกินโดยโปรโตซัว (Coleman, 1976 อ้างโดย Leng et al., 1994) ถึงแม้ว่าจะเกิด bacteriophage action (Klieve et al., 1989 อ้างโดย Leng et al., 1994) การมีจุลินทรีย์ลดลงจะมีผลให้ VFA เพิ่มขึ้น เมทเทนและความร้อนก็เพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 2 ความต้องการแหล่งไนโตรเจนเพื่อการดำรงชีพของแบคทีเรียในรูเมน

Species	NH ⁺	Anim-N	Protein	Amino a
<i>Bacteroides succinogenes</i>	E	S-	+	-
<i>Ruminococcus flavefaciens</i>	E	-	-	-
<i>Ruminococcus albus</i>	E	-	+	-
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	E-	ES	+	+
<i>Eubacterium ruminantium</i>	E	S	-	-
<i>Bacteroides ruminicola</i>	S-	E-	+	+
<i>Bacteroides amylophilus</i>	E	?	+	?
<i>Streptococcus bovis</i>	-	S	-	-
<i>Lactobacillus</i> sp.	I	S	-	-
<i>Selenomonas ruminantium</i>	-	S	+	+
<i>Succinivibrio dextrinosolvens</i>	S	E	-	-
<i>Peptostreptococcus elsdenii</i>	-	E	-	+
<i>Propionibacterium acnes</i>	-	?	+	-

E = จำเป็นมาก; E- = จำเป็นเล็กน้อย; ES = จำเป็นแต่มีผลกระตุ้น; S- = กระตุ้นบางโอกาส; I = ยับยั้ง; + = เข้าทำลาย; ± = เข้าทำลายเป็นส่วนใหญ่; - = ไม่ต้องการเลยและไม่มีผล

ที่มา : Bryant (1960, 1963); Bryant and Robinson (1961, 1962, 1963)

อ้างโดย Michael (1967)

ในการทำงานของจุลินทรีย์จะได้ VFA และแอมโมเนียเป็นผลจากการหมัก ซึ่งการทำงานของจุลินทรีย์และการเจริญเติบโตจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของโปรตีนต่อพลังงานต่ำจะเกิดเมแทบอลิซึมและความร้อนสูงในรูเมน (Leng *et al.*, 1994)

ในการ infusion ยูเรียเข้าไปในรูเมนของแกะ ทำให้ระดับแอมโมเนียเพิ่มจากช่วง 2-8 mg% มีผลให้ความสามารถในการย่อยได้สูงขึ้นตามลำดับ โดยเอนไซม์อัลลูลิโอส (allulolytic enzyme) มากขึ้น โปรตีนและเส้นใยเพิ่มขึ้น แต่เมื่อระดับแอมโมเนียสูง 8-20 mg% พบว่าจำนวนเชื้อราจะคงที่อีกครั้ง ส่วนโปรตีนจะลดลงเรื่อยาเมื่อระดับแอมโมเนียเกิน 8 mg% ความสามารถในการย่อยได้ก็ลดลงด้วย (Leng *et al.*, 1994)

Yu Xiong *et al.* (1994) ได้ใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหมักโดยเสริมด้วยอาหารชั้นที่ระดับ 10% และ 14% โปรตีนหมัก มีผลให้ระดับแอมโมเนียต่างกัน 16.2 ± 3.8 และ 23.2 ± 5.7 mg% และพบว่าการทำงานของจุลินทรีย์ก็ต่างกันด้วย คือ 4.5 ± 1.3 และ 7.7 ± 1.9 จากการศึกษากการเติมสารละลายยูเรีย 0, 20, 40 และ 60 g/d เข้าในรูเมนของกระบือ จะมีผลให้ระดับแอมโมเนียเพิ่มจาก 1.7 ถึง 5.6 mg% ที่ระดับแอมโมเนีย 5.6 mg% จะมีผลให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สูงที่สุด ($16.9 \times 10^6/\text{ml}$) (Suwanlee and Wanapat, 1994)

นอกจากนี้ Wanapat *et al.* (1994) รายงานว่า การให้อาหารก่อนเคี้ยวเพิ่มเสริมในอาหารกระบือ มีผลให้ระดับแอมโมเนียเพิ่มจาก 3 เป็น 7.4 mg% ซึ่งมีผลให้จุลินทรีย์ในรูเมนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาสภาพการให้อาหารโดยเฉลี่ย สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์โปรตีนที่มีอยู่ในรูเมนต่อจุลินทรีย์ที่โหมมาสู่คูโอติ้ม โดยที่ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient $r = 0.8670$) ซึ่งสร้างสมการได้

$$y = 119.11 + 114.22 x$$

โดย y = ปริมาณจุลินทรีย์โปรตีนที่มีอยู่ในคูโอติ้มทั้งหมด

x = ปริมาณจุลินทรีย์โปรตีนในรูเมน

(Sun Zhengping, 1992 อ้างโดย Zhengkang, 1994)

จากการศึกษาโดย Abdullah *et al.* (1995) พบว่าการปล่อยให้แกะได้กินหญ้า วัชระดับแอมโมเนียได้ 16.6 mg% ซึ่งศึกษาพบว่าปริมาณโปรโตซัว 47×10^4 cell/ml และเมื่อมีการเปลี่ยนอาหารทำให้ระดับแอมโมเนียลดลงเป็น 13.1 และ 10.7 ตามลำดับ mg% จะมีผลให้ประชากรโปรโตซัวลดลง 8×10^4 และ 15×10^4 cell/ml

ในการใช้กากถั่วเหลืองในสุรอาหารโค Titgemeyer *et al.* (1989) รายงานว่า มีโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในรูเมนต่ำกว่าเล็คนั่น ข้าวโพดบ่น และปลาย่าง ตามลำดับ ทำให้มีผลเพิ่มระดับแอมโมเนียในรูเมนอยู่ในระดับ 12.69 mg% ซึ่งพบว่ามีโปรตีนจากแบคทีเรียไหลลงสู่คูโอคินันได้สูงที่สุด 28.07 gN/kg ของอินทรีย์วัตถุที่วัดได้

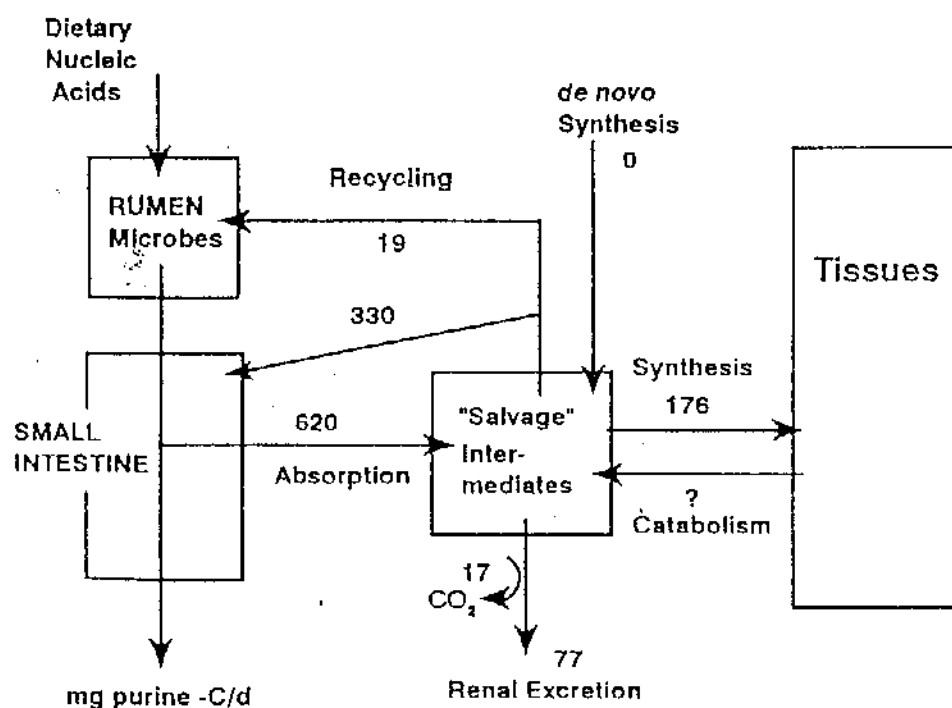
จากการศึกษาเปรียบเทียบผลการให้อาหารหมากต่างชนิดในกระบือ พบว่าการให้ทางขามีผลให้ระดับแอมโมเนียในรูเมน 176.9 ± 0.8 mMol จะมีแบคทีเรียโปรตีน 829.6 ± 21.2 mg และพบว่า C₄ (butyrate) 292.8 ± 24.6 mMol แต่เมื่อได้รับหญ้าแห้งจะทำให้ระดับแอมโมเนียสูงขึ้น คือ 272.2 ± 3.2 mMol ทำให้แบคทีเรียโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น $1,052.6 \pm 39.5$ mg C₄ 416.5 ± 69.2 mMol (Shen Yanfa *et al.*, 1993 อ้างถึงโดย Zhengkang, 1994)

ได้มีการเพิ่มการทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมนโดยใช้ฮอร์โมน testosterone และ progesterone ซึ่งจากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า การเสริมฮอร์โมนทั้งสองชนิดในระดับ 200, 500, 1,000 ug/ml ในอาหารเลี้ยงเชื้อ จะเพิ่มการทำงานของจุลินทรีย์ เพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และกรดไขมันระเหยได้ โดยเฉพาะ Ca propionic จากการเมธานอลิสม์ของจุลินทรีย์ (Yan Guayu *et al.*, 1992 อ้างโดย Zhengkang, 1994)

2.5.5 ผลจากการศึกษาผลผลิตจากพิวรีน (purine derivative excretion) จากปัสสาวะของกระบือ

องค์ประกอบของแบคทีเรียในรูเมนจะมีสารอินทรีย์ (Organic matter) ปริมาณ 77% ของวัตถุแห้ง ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นไนโตรเจน พิวรีน และโคอะมิโนไพเมติก แอซิด (DAPA) (Clark *et al.*, 1992)

จากแบคทีเรียแกรมลบ Hespell and Bryant (1979) รายงานว่า ประกอบด้วยโปรตีน 52.4% ของสิ่งแห้ง มี RNA 16% และ DNA 3.2% ดังนั้นในการศึกษาการสังเคราะห์จุลินทรีย์ในรูเมน Borhami *et al.* (1979) จึงได้ใช้ธาตุรังสี ^{15}N ศึกษา DAP ประมาณแบคทีเรียที่ถูกย่อยและให้ 2-aminoethane phosphonic acid (AEP) ประมาณค่าโปรตีนที่ถูกย่อยที่ลำไส้เล็ก การวัด purine derivative excretion จากปัสสาวะ เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปริมาณจุลินทรีย์ที่กระเบื้องผลิตได้ ซึ่งจะหาการวัดแอนแลนโตอิน(allantoin), กรดยูริก(uric acid), แซนทีน(xanthine) และไฮโปแซนทีน(hypoxanthine) (Khan and Nolan, 1992) ตัวของจุลินทรีย์เมื่อตายจะไหลลงไปสู่ส่วนของลำไส้ร่วมกับอาหาร(digesta) กรดนิวคลีอิกที่ได้จากเซลล์ของจุลินทรีย์จะถูกย่อยและดูดซึมที่ส่วนของลำไส้เล็ก โดยน้ำย่อยจากตับอ่อน(pancreatic ribonuclease) และเอนไซม์อื่น ๆ ในลำไส้เล็ก ทำให้ได้ผลผลิตเมื่อถูกดูดซึม เช่น พิวรีนนิวคลีโอไซด์(purine nucleosides) และเบสพิวรีน พอสเฟต และน้ำตาลพิวรีน หลังจากถูกดูดซึมแล้วผลผลิตพิวรีน เช่น กรดยูริก และแอนแลนโตอิน(allantoin) จะถูกดูดซึมที่ผนังลำไส้ ส่วนในคนนั้นพบว่า 90% ของพิวรีนจะถูกนำกลับปสร้างวามเป็นพิวรีนที่สำคัญเพื่อใช้ในร่างกาย ในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะเหมือนกับคน คือ มีการดูดซึมพิวรีน และเบส(pyrimidine) จะนำกลับปสร้างวามในเนื้อเยื่อ(tissue) ของทางเดินอาหารที่ตับและกล้ามเนื้อ (Khan and Nolan, 1992) ตามภาพที่ 3

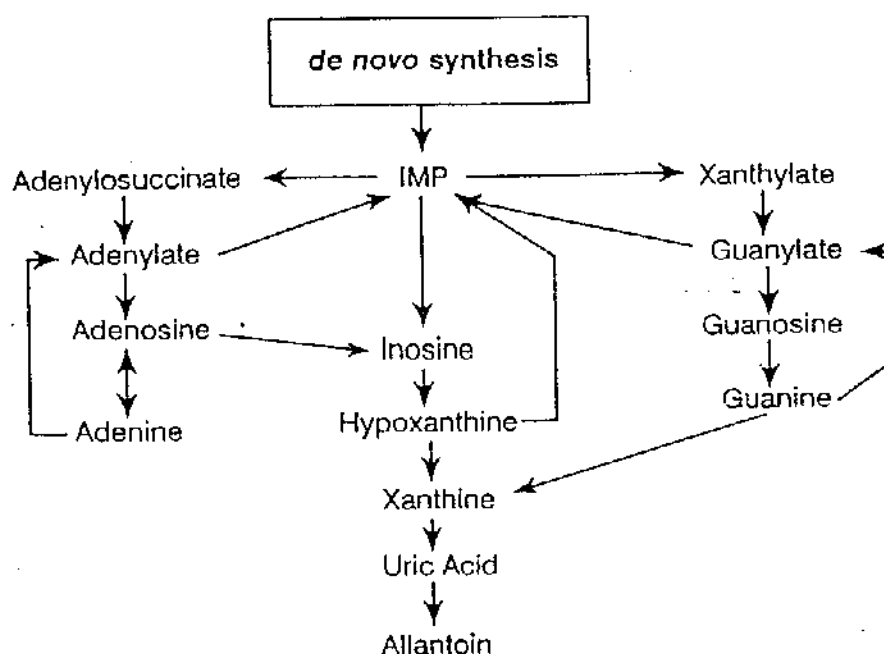


ภาพที่ 3 วงจรของการใช้พิวรีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (mg purine/d)

ที่มา : Khan and Nolan (1992)

ในกระบวนการย่อยพิวรีนนั้นเริ่มจากที่ DNA และ RNA จะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ นิวคลีเอส(nucleases) และไดเอสเทอร์เอส(diesterases) ให้เป็นสาร DNA ที่มีขนาดไม่ยาวมาก(Oligonucleotides) และเป็นสายเดี่ยว(mono-nucleotides) จนกระทั่งได้ nucleosides จากนั้นอาจมีการนำกลับไปสร้างกรดนิวคลีอิกอีกครั้งหนึ่ง หรือ อาจจะถูกย่อยต่อโดยพาลาพันธะ (glycosidic linkages) ระหว่างพิวรีนกับน้ำตาล จนกระทั่งได้เป็นพิวรีนอิสระ adenosine monophosphate (AMP) และอะดีนีน(adenine)

จะถูกย่อยเพื่อให้ได้ไฮโปแซนทีน(hypoxanthine) และถูกออกซิโดสโดยเอนไซม์ (xanthine dehydrogenase, xanthine oxidase) ให้ได้เป็นแซนทีน(xanthine) และการคยูริก กลุ่มเบสอื่นๆ เช่น กวานีน(guanine) จะมีเส้นทางการถูกย่อยเช่นเดียวกับ xanthine เพื่อให้ได้กรคยูริกและจะถูกเอนไซม์(uricase) ย่อยสลายให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ allantoin ซึ่งเป็นผลพลตกหลัก (Khan and Nolan, 1992) ตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เส้นทางการย่อยกรคยูริกในเนื้อเยื่อของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ที่มา : Khan and Nolan (1992)

ปริมาณผลผลิตที่ขับออกทั้งหมดในแกะ โค และกระบือ คือ 168, 514 และ 201 u mol/kg $W^{0.75}$ /day ตามลำดับ (Samaraweera *et al.*, 1994) มีข้อมูลการใช้เทคนิคนี้ในกระบือค่อนข้างน้อย เช่น Vercoe (1976) และ Liang *et al.* (1993) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของอาหารหนาม 3 ระดับ และการเสริมผลปาล์มหีบน้ำมัน (palm kernal cake) พบว่าปริมาณ allantoin จากปัสสาวะของกระบือที่วัดได้ต่ำกว่าในโคที่มีความสามารถในการย่อยได้เท่ากัน (2.86 g/day และ 0.59 g/day) ต่อการทดลองตามลำดับ ซึ่งจุดประสงค์ก็เพื่อศึกษาการใช้ผลของปิวรีนที่ขับออกมาเทียบกลับไปหาผลการเจริญของจุลินทรีย์โปรตีนในกระบือ

แอลแลนโตอิน(allantoin) จะมีความสัมพันธ์กับขบวนการดูดซึมปิวรีนจากจุลินทรีย์ซึ่งสามารถแบ่งออกถึงการให้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ในสัตว์ได้ ในปัจจุบันนอกจากจะวัดจากปัสสาวะยังสามารถวัดในเลือดได้ด้วย Fujihara *et al.* (1992) ได้ศึกษาในแกะที่มีอายุ 80-120 วัน พบว่าการขับ allantoin ออก 7.19 mg N/kg $W^{0.75}$ ทางปัสสาวะ และ 7.12 mg N/kg $W^{0.75}$ เมื่อวัดจากเลือด ซึ่งมีผลใกล้เคียงกันมาก แต่การวัดในปัสสาวะจะสะดวกและมีผลไม่เปลี่ยนแปลงเร็วเท่าในเลือด Khan and Nolan (1992) พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง allantoin ที่ขับออกมา (y, g/d) และปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบที่ย่อยได้ (digestible dry matter intake) (x, g/d) พบว่า

$$y = -0.312 + 3.62 X \quad (r^2 = 0.72) \quad \text{ในแกะ}$$

$$y = 3.72 + 2.43 X \quad (r^2 = 0.66) \quad \text{ในโค}$$

$$y = 2.86 + 1.04 X \quad (r^2 = 0.53) \quad \text{ในกระบือ}$$

ซึ่ง Samaraweera *et al.* (1994) พบว่า ปริมาณปิวรีนในกระบือถูกขับออก 201 u mol/kg $W^{0.75}$ /d โดยมีค่าเฉลี่ย allantoin 181 u mol/kg $W^{0.75}$ /d และกรดบูริก 20 u mol/kg $W^{0.75}$ /d ซึ่งพบว่าการขับออกน้อยกว่าโค ทั้งนี้มีส่วนมาจากเส้นทางการดึงเอาปิวรีนเบสกลับไปสังเคราะห์ให้ประโยชน์ใหม่ (Salvage pathways) (Parker, 1995) ในการวัดการสังเคราะห์จุลินทรีย์อาจทำได้หลายวิธี แต่ส่วนมากต้องมีการผ่าตัดลำไส้เล็ก นำน้ำรูเมน น้ำสัตว์เข้ายัง ซึ่งทำได้ยากจกคั่นอยู่กับจำนวนสัตว์ที่เจาะกระเพาะ (Parker, 1995) กระบวนการที่พบบ่อยในรูเมนจะมีทั้งจากจุลินทรีย์และอาหาร แต่จากอาหารจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ จะคงเหลือเฉพาะจาก

ตัวจุลินทรีย์ ซึ่งจะไหลผ่านลงสู่ลำไส้เล็กเพื่อถูกย่อยและดูดซึม ซึ่งพิวรีนเบส อดีนีน (adenine), กวานีน(guanine) จะถูกนำกลับไปใช้ในเนื้อเยื่อที่ลำไส้ ตับ และกล้ามเนื้อ หรือถูกย่อยโดยไฮโปแซนทีน(hypoxanthine) และแซนทีน(Xanthine) ให้ได้ครบูริก และแอลแลนโทอิน (allantoin) ต่อไปตามภาพที่ 4

ซึ่ง Vercoe (1976) รายงานว่า ไคและกระบือเมื่อได้รับอาหารที่ย่อยได้ระดับ 3 kg/day เท่ากัน จะมีปริมาณ allantoin ที่ขับออกกับปัสสาวะ 69.5 และ 37.9 u Mol/day ตามลำดับ

Chen et al. (1990) รายงานว่า ปริมาณ allantoin ที่ขับออกทั้งหมดในไค จะประมาณ 424 M Mmol/kg BW^{0.75}/day จากผลผลิตพิวรีนที่ขับออกทั้งหมด 513 u Mol/kg BW^{0.75}/day

Parker (1995) รายงานว่า การขับ allantoin ออกกับปัสสาวะ จะมีผลขึ้นอยู่กับแหล่งและปริมาณไนโตรเจนที่กินได้ จากการให้อาหาร 18% CP เปรียบเทียบกับ 24% CP พบว่าการขับออกแอลแลนโทอิน (urinary allantoin) 21.7 และ 29.09 m Mol/day ตามลำดับ เมื่อเสริมด้วยใบไม้สำหรับหลังแห้งในอาหาร

จากการวัด allantoin และ uric acid ในกระบือ พบว่าจะวัดได้ 210±26.4 u Mol/kg W^{0.75}/day ซึ่งมีอัตราส่วนของ allantoin ต่อ uric acid 0.9 : 0.1 โดยในไคคือ 0.82 : 0.18 (Liang et al., 1993)

สาเหตุที่มีความแตกต่างของในไคและกระบือ เพราะว่าอัตราการไหลออกจากรูเมนของจุลินทรีย์ต่างกัน โดยกระบือจะมีปริมาตรความจุของรูเมนมากกว่า อัตราการไหลออกของอาหารจะช้ากว่า ทำให้อาหารมีเวลาพักตัวในรูเมนนาน ซึ่งจะส่งผลให้มีการหมักได้ดีกว่า (Kumar and Raghavan, 1974) อย่างไรก็ดีตาม Clark et al. (1992) รายงานว่า การเพิ่มระดับแอมโมเนียสูงจาก 9.5 ถึง 14.4 mg% จะเพิ่มกรดแอมโมเนียที่ไหลสู่ลำไส้เล็กมากขึ้น แต่พบว่ากรดแอมโมเนียจากตัวจุลินทรีย์นั้นไม่ได้เพิ่มขึ้นเลย โดยมีระดับ 1,000 g/d เท่าเดิม

2.5.6 ความสัมพันธ์ของระดับแอมโมเนียต่อระดับยูเรียในเลือด

ได้มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตแอมโมเนียในรูเมน และระดับของยูเรียในเลือด ซึ่งส่วนมากจะมีความสัมพันธ์ต่อกันโดยตรง และมีผลต่อการดูดกลับ (reabsorbed) กระบือที่ได้รับการเสริมโปรตีน 18.2% CP ระดับสูง เปรียบเทียบกับกระบือที่ปล่อยเลี้ยง พบว่าไม่มีความแตกต่างของระดับยูเรียในพลาสมา แต่จะมีผลต่อการดูดกลับของยูเรียในกระแสเลือดมาให้ได้ 11.56 และ 7.42 mg/min ตามลำดับ (Chaiyabutr *et al.*, 1995)

Warly *et al.* (1992) พบว่า เมื่อระดับแอมโมเนียเพิ่มจาก 6.3 ถึง 24.1 mg% จะมีผลให้ระดับยูเรียในเลือดเปลี่ยนจาก 10.4 เป็น 26.7 mg%

จากการศึกษาโดย Song and Kennelly (1990) พบว่า การเพิ่มระดับแอมโมเนียในรูเมนจาก 7.9 ถึง 15.7 mg% จะมีความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มระดับยูเรียในเลือดจาก 7.9 ถึง 13.5 mg% ซึ่งใกล้เคียงกันมาก และลดลงเมื่อเวลาหลังให้อาหารมากขึ้น อย่างไรก็ตาม Wanapat *et al.* (1994) รายงานว่า การเสริมอาหารก่อนคุณภาพสูงในกระบือ จะเพิ่มแอมโมเนียในรูเมนจาก 3 เป็น 7.4 mg% ซึ่งพบว่าเมื่อทำให้ระดับยูเรียในเลือดเพิ่มจาก 12.2 เป็น 49.9 mg% ซึ่งเพิ่มตามระดับแอมโมเนียในรูเมนโดยไม่เกิดพิษ และในการศึกษาการเติมสารละลายยูเรียเข้ารูเมนของโคตามโดย Deperters and Ferguson (1992) พบว่า การเติม 0 ถึง 660 กรัมต่อวัน มีผลให้ระดับแอมโมเนียเพิ่มจาก 15.9 ถึง 51.1 mg% ทำให้มีผลต่อระดับยูเรียในเลือดเพิ่มขึ้นจาก 25.1 ถึง 64.7 mg% ตามลำดับ

2.5.7 ผลของระดับแอมโมเนียต่อการกินได้ของกระบือ

Leng *et al.* (1994) ได้เสนอว่า อาหารที่กินได้คือปัจจัยแรกที่สำคัญระดับของผลผลิตในสัตว์ต่ออาหารที่มีความสมดุลของโภชนา อย่างไรก็ตามแนวคิดนี้อาจไม่จริงหากสัตว์กินเฉพาะอาหารหยากที่มีคุณภาพต่ำ ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้สังเกตเห็นความสำคัญขององค์ประกอบโภชนาการมากกว่าการเพิ่มปริมาณการกินได้ จึงได้มีการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผล

ต่อการกินได้ โดยยึดหลักความสามารถในการย่อยได้ และความสมดุลของโภชนา นอกจากอุณหภูมิที่เกิดจากการเมตาบอลิซึม การเคลื่อนย้ายกรดอะซิติก (C_2) จากเลือดไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน หากอัตราส่วนของโปรตีนต่อพลังงานต่ำ จะทำให้เกิดความร้อนสูงในรูเมนนำไปสู่การกินอาหารที่ลดลง (Leng *et al.*, 1994)

หากระดับแอมโมเนียในรูเมนน้อยกว่า 8 mg% การกินได้ของสัตว์จะลดลง ซึ่งเป็นระดับค่าสุดที่สัตว์ต้องการ อย่างไรก็ตามอัตราส่วนสูงสุดของโปรตีนต่อพลังงานที่เหมาะสมจะต้องส่งผลให้ระดับแอมโมเนียในไตรเจนมากกว่า 20 mg% และต้องมีระดับที่ต่อเนื่องในการปลดปล่อย (Leng *et al.*, 1994)

โดยปกติการกินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีปริมาณการกินได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.2 ถึง 2.9 กก.ต่อน้ำหนักตัว 100 กก. (Kennedy and Hogan, 1994)

Hart and Wanapat (1992) ได้ทำการศึกษากลของระดับแอมโมเนียในไตรเจน โดยการให้อาหารหยาบที่เป็นฟางหมักยูเรียกับฟางธรรมชาติ และให้สัตว์ได้รับไนโตรเจนในสูตรอาหารเท่ากัน พบว่าการใช้ฟางหมักยูเรียจะเพิ่มการกินได้ 46% เพิ่มการย่อยได้ของ Organic matter 17% ความสามารถในการย่อยได้ของเฮมิเซลลูโลสเพิ่มขึ้น 26% อัตราการไหลออกจากรูเมนของอาหารจะเพิ่มขึ้น และมีอัตราการหมักเพิ่มขึ้น 9% ของอาหารที่มีอยู่ในรูเมน กรดไขมันระเหย VFA จะเพิ่มขึ้น 24% เพิ่มการย่อยได้ของวัตถุดิบทั้ง 48% Chanthai *et al.* (1988) รายงานว่า การปรับปรุงฟางโดยการหมักยูเรีย จะส่งผลให้ระดับแอมโมเนียในไตรเจนในรูเมนสูงขึ้นจาก 1.3 เป็น 10.3 mg% ในกระบือปลัก

ความสามารถในการกินได้ของกระบือที่กำลังเจริญเติบโต Pradhan (1994) รายงานว่า สามารถกินฟางข้าวสาลีได้ 4.3 กก./วัน โดยคิดเป็น 2.1% BW ซึ่งเมื่อกระบือโตเต็มวัยแล้วจะสามารถกินได้ 8.7 กก./วัน คิดเป็น 1.6% BW Winugroho *et al.* (1994) พบว่า การให้กระบือกินฟางข้าวอย่างอิสระร่วมกับการเสริมอาหารชั้นระดับ 1 และ 33 กก. ในระยะเวลา 2 เดือน กระบือที่ได้รับอาหารชั้นระดับ 3 กก./วัน จะมีการกินได้ของอาหารหยาบลดลงจาก 22 เป็น 15 g DM/kg ของน้ำหนักตัว แต่การกินได้โดยรวมไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการเสริมอาหารก่อนคุณภาพสูงในการให้อาหาร Wanapat *et al.* (1994) พบว่า ระดับแอมโมเนียที่เพิ่มจาก 3 เป็น

7.4 mg% จะมีผลเพิ่มปริมาณการกินได้โดยรวมจาก 1.71 เป็น 2.09 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

2.5.8 ผลของระดับแอมโมเนียในไตรเจนต่อการย่อยได้ของกระบือ

จากการศึกษาการเพิ่มสารละลายยูเรียเข้าในรูเมนของกระบือโดย Suwanlee and Wanapat (1994) พบว่า ระดับแอมโมเนียเพิ่มขึ้นจาก 1.7 ถึง 5.6 mg% มีผลให้การย่อยได้ของวัตถุดิบ DM, NDF, ADF สูงขึ้นตามลำดับ

ความสามารถในการย่อยได้ของกระบือจะสูงกว่าโค จากการศึกษากการย่อยได้ของใบมันสำปะหลัง (cassava leaves) พบว่า 83.4% สำหรับโปรตีนเหยาบ, 51.4% สำหรับไนโตรเจนหรือเอ็กแทรก, 52.4% เซลลูโลส และ 45.82% เฮโมเซลลูโลส (Sabrani et al., 1994) ซึ่งสอดคล้องกับ Sommart et al. (1993) จากการศึกษาในกระบือเจาะกระเพาะและเจาะดูโอติ้ม พบว่าการเสริมฟางด้วยอาหารชั้นเปรียบเทียบกับการให้หญ้าสด จะทำให้ระดับแอมโมเนียอยู่ระดับ 1.5 fold และจุลินทรีย์โปรตีน 3.86 fold เพิ่มอัตราการไหลออกของอาหาร(digesta) ดูโอติ้ม 23.36% ปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 52.06% จุลินทรีย์โปรตีนเพิ่มขึ้น 101.88% และ non-ammonium-nitrogen (NAN) เพิ่มขึ้น 53.35% นอกจากนี้ยังเพิ่มอัตราการย่อยได้ของ Organic matter 26.90% (Sun Zhengping et al., 1993 อ้างถึงโดย Zhengkang, 1994) อย่างไรก็ตามกระบือสามารถย่อยอาหารเยื่อใยได้ดีกว่าโค เพราะมีจุลินทรีย์ในรูเมนมากกว่า นอกจากความสามารถของทั้งรูเมนและเอ็นไซม์ต่างๆ (Pradhan, 1994)

การย่อยในรูเมนโดยปกติสภาพ pH จะอยู่ในช่วง 5.0-7.5 ซึ่งขึ้นอยู่กับอาหารที่ให้ ระดับแอมโมเนีย ตลอดจนผลผลิต VFA ที่เกิดขึ้น (Hungate, 1966) Wingroho et al. (1994) ได้ศึกษาความสามารถในการย่อยฟางข้าวโดยกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวอย่างไม่จำกัดร่วมกับการเสริมอาหารชั้นระดับ 1 และ 3 กก. ในเวลา 3 เดือน พบว่าความสามารถในการย่อยได้จะเพิ่มจาก 47 เป็น 57% เมื่อเพิ่มการให้อาหารชั้นมากขึ้น ซึ่งมีระดับแอมโมเนียสูงขึ้นด้วย

Satter and Slyter (1974) ได้แนะนำว่า ความสามารถในการย่อยได้ของอาหารทั้งอาหารหยาบและอาหารข้นนั้น ระดับแอมโมเนียที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 6-8 mg% ของน้ำรูเมน ถึงแม้จะมีคนเห็นว่าระดับที่ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้สูงกว่านั้น เช่น 20 mg% (Leng and Nolan, 1984)

ในการศึกษาเกี่ยวกับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ Perdok and Leng (1990); Boniface *et al.* (1986) พบว่า การที่สัตว์จะกินได้มาก ระดับแอมโมเนียควรจะสูงมากกว่าระดับที่เหมาะสมกับการย่อยได้ และการกินอาหารหยาบคุณภาพต่ำนั้นจะเหมาะสมเมื่อแอมโมเนียอยู่ในระดับ 20 mg%

ถึงแม้ว่าความสามารถในการย่อยได้จะมีมาตรฐานอยู่มากกว่า 8 mg% $\text{NH}_3\text{-N}$ แต่การทำงานของเอ็นไซม์เซลูโลไลติกในรูเมนจะเหมาะสมที่ระดับ 6-10 mg% จากการศึกษาของ Wallace (1986) พบว่า ระดับแอมโมเนียในรูเมนเพิ่มจาก 9.7 เป็น 21.4 mg% จะมีผลเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุดิบ (DM) และโปรตีน (CP) ซึ่งสอดคล้องกับ Mehrez *et al.* (1977) และ Erdman *et al.* (1986)

Kennedy *et al.* (1992) อ้างถึงโดย Kennedy and Hogan (1994) รายงานว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เหมาะสมกับการย่อยเยื่อใย คือ 5 mg% แต่จากผลการทดลอง Song and Kenenelly (1990) พบว่า ช่วงระดับแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นจาก 7.3 ถึง 15.7 mg% จะเพิ่มการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองในรูเมน โดยการให้ถุงในล่อนลงในรูเมน (in sacco) แต่มีผลลดการย่อยได้ของปลายข้าวและข้าวบาร์เลย์ ซึ่งสอดคล้องกับ Clark *et al.* (1992) รายงานว่า การเพิ่มระดับแอมโมเนียจาก 9.5 เป็น 14.4 mg% จะเพิ่มกรดแอมมิโนที่ไหลสู่ลำไส้เล็กมากขึ้นจาก 2,154 เป็น 3,230 g/d

กระบือที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 10% และ 14% จะมีผลให้ระดับแอมโมเนียในโครเจนในรูเมน 16.2 ± 3.8 และ 23.2 ± 5.7 mg% ซึ่งมีความแตกต่างกัน (Yu Xiong *et al.*, 1994)

ซึ่งผลต่อการย่อยได้ของน้ำคั่วในแกะ Cole (1992) พบว่า การให้อาหารที่มีโปรตีนระดับต่ำ 8.74% CP และสูง 16.14% CP จะมีผลต่อการย่อยได้ของในโครเจน

และฟอสฟอรัส ซึ่งจะมีความสมดุลเมื่อในอาหารมีโปรตีนระดับสูง แต่ไม่มีผลกระทบเมื่อวัดในกระแสเลือด

2.5.9 ระดับแอมโมเนียต่อโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในรูเมน

มีรายงานการเพิ่มระดับของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในรูเมน หรือโปรตีนไหลผ่าน (by pass protein) จะช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ เพิ่มประสิทธิภาพของการใช้อาหารเมื่อเสริมพลังงานค่า และเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ในประเทศอินเดียการใช้ระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในรูเมนจะมีผลเพิ่มปริมาณนมและการกินได้ แต่โดยปกติแล้วการเลี้ยงจะได้รับโปรตีนชนิดนี้ในระดับค่า โดยเฉพาะกระบือที่ผลิตนม พบว่าโปรตีนไหลผ่านจะไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด เพราะสัตว์ต้องการโปรตีนเพื่อผลิตน้ำนมโดยตรง เช่น กระบือที่ผลิตน้ำนมระดับสูงจะต้องการกากเมล็ดฝ้าย (cotton seed meal) 350 กรัม ต่อการผลิตนม 1 ลิตร (Leng, 1994) การเพิ่มโปรตีนหมักในระดับสูงเกินไปก็ไม่ได้ช่วยให้สัตว์ได้รับประโยชน์จากการใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพได้ ถ้าไม่มีการปรับความสมดุลของโปรตีนที่ถูกย่อยในรูเมน (degradable) และโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในรูเมน (undegradable protein) การย่อยโปรตีนในกระเพาะหมักโดยจุลินทรีย์ ทั้งแบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา จะย่อยได้เปปโตน กรดแอมโมโน และปลดปล่อยผลผลิตสุดท้ายออกมาในรูปแอมโมเนีย (เมธา, 2533; Satter and Slyter, 1974) ซึ่งหากมีการย่อยสลายอาหารโปรตีนในรูเมนสูง จะมีผลให้ประสิทธิภาพการให้ประโยชน์ลดลง Clark *et al.* (1992) รายงานว่า การให้อาหารที่มีแหล่งโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ถูกย่อยในรูเมนนั้น อาจจะทำให้คุณภาพอาหารที่ส่งไปสู่ลำไส้เล็ก แต่อาจเป็นผลในแง่เสียต่อคุณภาพการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนในรูเมน

Christensen *et al.* (1992) รายงานว่า เมื่อเพิ่มระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในรูเมน จะมีผลให้ระดับแอมโมเนียลดลงจาก 19.7 mg% เป็น 9.3 mg% เมื่อใช้โปรตีนในสูตรอาหารระดับ 19.6% และหากใช้โปรตีนระดับ 16.4% จะแสดงผลลดลงจาก 11.6 เป็น 6.4 mg%