

ศักยภาพในการใช้ยีสต์เป็นแหล่งโปรไบโอติกส์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Potential of yeast as probiotics in ruminants

สินีนารถ พลโยราช^{1,2*} และ เมธา วรรณพัฒน์¹

Sineenart Polyorach^{1,2*} and Metha Wanapat¹

บทคัดย่อ: บทความฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของยีสต์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ยีสต์เป็นราที่มีการดำรงชีวิตเป็นเซลล์เดียว ยีสต์นอกจากจะเป็นแหล่งของจุลินทรีย์โปรตีนให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องแล้ว ยีสต์มีชีวิต เมื่อเสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องยังเป็นสารเสริมชีวนะ สามารถปรับปรุงกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีกลไกคือ สามารถใช้ออกซิเจนในกระเพาะรูเมนในการเผาผลาญน้ำตาลและ oligosaccharide สายสั้นๆ จากอาหารหรือเป็นผลผลิตที่ได้จากกิจกรรมของ amylolytic bacteria และยีสต์ยังเป็นแหล่งวิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโน สำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน จากกลไกดังกล่าว ส่งผลให้ภายในกระเพาะรูเมนมีสภาวะที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ รวมถึงจุลินทรีย์และยังได้รับสารอาหารจากยีสต์ ส่งผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการย่อยได้ของโภชนาภายในกระเพาะรูเมน ทำให้การกินได้เพิ่มสูงขึ้น สัตว์ได้รับโภชนาเพิ่มสูงขึ้น สนับสนุนให้สัตว์เพิ่มสมรรถภาพการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพิ่มผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต จากคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ ยีสต์จึงเป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่น่าสนใจที่จะศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการนำมาใช้เป็นแหล่งโปรไบโอติกส์ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตาม ในการใช้ยีสต์ในสัตว์เคี้ยวเอื้องควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มาเกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็น สภาวะของสัตว์นั้นๆ วัตถุดิบอาหารที่ใช้ สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น ปริมาณยีสต์ที่ใช้เสริมและความคุ้มค่าในการนำไปใช้

คำสำคัญ: ยีสต์, กระเพาะรูเมน, กระบวนการหมัก, โปรตีนเซลล์เดียว, สารเสริมชีวนะ

ABSTRACT: This article was prepared from available literature on potential use of dietary yeast on rumen fermentation and ruminant production. Yeast as single cells, could be used as protein sources in ruminants. Moreover, live yeast is a probiotic, which could improve rumen fermentation. Live yeast has the ability to use oxygen to metabolize sugars and small oligosaccharides solubilized from the feed particles or produced by amylolytic bacteria attached to starch particles. In addition, yeast could be used as a source of vitamins, minerals and amino acids for rumen microbes. On other hand, yeast could create better conditions for the growth of anaerobic rumen microbial activity and obtain nutrient from yeast. Thus, the potential of live yeast can be considered as positive factors for growth of anaerobic bacteria, digestibility and improved voluntary feed intake as well as nutrient supply for promoting animal performance, in terms of increase milk production (yield and chemical composition) and growth of ruminants. In view of this, it is interesting to study to yeast and develop guidelines on the use as a probiotics in ruminants to increase ruminant production performance. However, when yeast is used as a supplement for ruminant other factors such as animal stage, type of feed, proportion of roughage to concentrate, feeding strategy level of supplementation and cost should be taken into consideration..

Keywords: Yeast, rumen, fermentation, single cell protein, probiotic

¹ ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรอาหารสัตว์เขตร้อน ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Tropical Feed Resources Research and Development Center (TROFREC), Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

² สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จ.สกลนคร School of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology ISAN SakonNakhon Campus, SakonNakon, 47160

* Corresponding author: neenart324@hotmail.com

บทนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในการเลี้ยงสัตว์นั้นอาหารและการให้อาหารนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมาก เพราะต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์ 60-70% เป็นค่าใช้จ่ายทางด้านอาหาร โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งจะประสบปัญหาการขาดแคลนแหล่งวัตถุดิบอาหารทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ ทำให้เกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการซื้อวัตถุดิบอาหารสัตว์จากต่างถิ่นที่มีราคาแพงมาใช้ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ ดังนั้น นักโภชนาการศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้องจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยในด้านการนำใช้วัตถุดิบอาหารที่มีในท้องถิ่น หาซื้อได้ง่าย และราคาถูก มาเป็นแหล่งอาหารสัตว์ เช่น มันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพืชที่ปลูกได้ทั่วไปตามภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน และยังเป็นแหล่งพลังงานที่ดีและมีราคาถูก (Wanapat, 2003) นอกจากนี้ ปัจจุบันนิยมนำเอาโปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein, SCP) คือ เซลล์จุลินทรีย์ที่ทำแห้งเพื่อนำมาเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ จุลินทรีย์ที่ใช้สำหรับการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว เช่น สาหร่ายแบคทีเรีย ยีสต์ รา และ เห็ด (Kuhad et al., 1997) ลักษณะที่ดีของสิ่งมีชีวิตที่จะใช้เป็นแหล่งโปรตีนเซลล์เดียว คือ เจริญเร็ว ใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูกมีประสิทธิภาพสูงในการใช้เป็นแหล่งคาร์บอนสามารถเลี้ยงโดยใช้กระบวนการอย่างง่าย สามารถแยกเซลล์โดยใช้กระบวนการง่ายๆ ไม่เป็นเชื้อโรค ไม่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ที่ได้รับรสชาติดี ย่อยง่าย และมีคุณค่าทางอาหารสูง ยีสต์จึงมีความเหมาะสมเนื่องจากสามารถเจริญในวัตถุดิบราคาถูกและใช้อาหารที่มีองค์ประกอบต่างๆ มีความต้องการ growth factor ต่างๆ น้อย ใช้แหล่งพลังงานที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความต้านทานต่อการปะปนของจุลินทรีย์อื่น แยกเก็บเซลล์ง่าย มีของเหลือทิ้งจาก

กระบวนการผลิตน้อยคงลักษณะทางพันธุกรรมดีไม่กลายพันธุ์ง่ายเมื่อเลี้ยงไปเป็นระยะเวลานานติดต่อกัน มีความเข้าใจลักษณะทางพันธุกรรมและสรีรวิทยาทำให้สามารถปรับปรุงพันธุกรรมได้สะดวก รวมทั้งไม่เป็นพิษ เก็บรักษาง่าย เช่น การทำให้แห้ง (สาโรช, 2547) ซึ่งยีสต์ที่นิยมนำมาเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ คือ ยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* นอกจากยีสต์จะเป็นแหล่งอาหารที่มีโปรตีนคุณภาพสูงโดยเฉพาะเป็นแหล่งของกรดอะมิโนไลซีนในปริมาณที่สูงให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง นอกจากนั้นยังสามารถใช้เซลล์ยีสต์ที่มีชีวิตเสริมในอาหารสัตว์ เพื่อเป็นสารเสริมชีวิตนะ (probiotics) สามารถช่วยปรับปรุงกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมนได้ดียิ่งขึ้นจึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ของการเขียนบทความในครั้งนี้คือ เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพในการใช้ยีสต์เพื่อเป็นแหล่งโปรไบโอติกส์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ศักยภาพในการใช้ยีสต์เพื่อปรับปรุงกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมน

ยีสต์มีศักยภาพในการเป็นแหล่ง probiotics ในสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในกระเพาะรูเมนได้ ทั้งนี้เนื่องจากภายในกระเพาะรูเมนซึ่งมีความจุมากที่สุดเมื่อเทียบกับกระเพาะส่วนอื่นๆ ในโคมีความจุประมาณ 100-150 ลิตร และในแกะมีความจุประมาณ 10-15 ลิตร ภายในมีสภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic) มีอุณหภูมิคงที่ประมาณ 39 °C ค่า pH ประมาณ 6-7 ภายในมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (dynamic) ภายในกระเพาะรูเมนมีประชากรของจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา) อยู่อย่างหนาแน่นและทำหน้าที่ในการย่อยอาหารได้ถึง 60-70% ของการย่อยได้ทั้งหมด จากการรายงานของ Jouany et al. (1991) ได้แสดงให้เห็นถึงลักษณะการจับกันของยีสต์กับชิ้นส่วนอาหารในกระเพาะรูเมนและปฏิสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ (microbial consortium) (Figure 1)

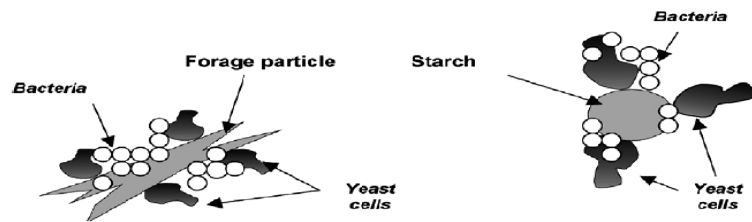


Figure 1 Schematic depending yeast cells using oxygen located within and immediately around freshly ingested solid particulates.

Source: Jouany (2006)

บทบาทของยีสต์ในกระเพาะรูเมนคือ (Jouany et al., 1991; 2006)

1) ยีสต์สามารถเข้าไปแข่งขันใช้ glucose และ oligosaccharide สายเล็กๆที่ได้จากการย่อยของ amylolytic bacteria ที่เกาะติดอยู่กับเม็ดแป้งทำให้มี glucose ที่จะใช้ประโยชน์โดยแบคทีเรีย (*Streptococcus bovis*) น้อยลง ซึ่ง *Saccharomyces cerevisiae* สามารถใช้ glucose ได้มากถึง 4 g glucose/h/g DM

2) ยีสต์สามารถใช้ออกซิเจน (O_2) ที่เข้าสู่กระเพาะรูเมนโดยทางอาหารและน้ำที่กินเข้าไป เพื่อใช้ในการผลิตพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของตัวยีสต์เอง

3) ยีสต์เป็นแหล่งโภชนาสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน เนื่องจากยีสต์ *S. cerevisiae* มีส่วนประกอบของ วิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโนในปริมาณที่สูง โดยยีสต์สามารถสะสม malate และปลดปล่อยออกมานอกเซลล์และยีสต์สามารถปลดปล่อยโปรตีนออกมานอกเซลล์ในรูปของเอ็นไซม์หรือโปรตีนที่เกาะอยู่กับผนังเซลล์ นอกจากนี้ยีสต์ *S. cerevisiae* สามารถสังเคราะห์ mannoproteins จำนวนมาก เพื่อใช้เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ระหว่างการเจริญเติบโตโปรตีนหรือ peptide บางส่วนถูกปลดปล่อยออกมาขณะอยู่ในช่วง stationary phase หลังจากที่ยีสต์ผ่านกระบวนการสลายตัวเอง (autolysed) โปรตีน แร่ธาตุ

และวิตามินจาก cytosol, B-D-glucans และ mannoproteins จากผนังเซลล์ สามารถใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ภายในกระเพาะรูเมน จากกลไกต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วทำให้การเสริมยีสต์ในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมน ดังนี้

ผลของยีสต์ต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของกระเพาะรูเมนและการเกิดพิษจากกรด (acidosis)

การเกิด acidosis ภายในกระเพาะรูเมน เกิดจากกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตอย่างรวดเร็ว (readily fermentable carbohydrates; RFC) เนื่องจากสัตว์ได้รับอาหารชั้นมากเกินไปทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดต่ำลงหลังการให้อาหาร (Nocek, 1997) การหมักด้วยจุลินทรีย์อย่างรวดเร็วทำให้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนเพิ่มสูงขึ้น มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนลดต่ำลงจะมีแบคทีเรียที่ผลิตแลกเตท เช่น *S. bovis* และ *Lactobacilli sp.* มีจำนวนมากกว่ากลุ่มที่ใช้ประโยชน์จากแลกเตท เช่น *Megasphaera elsdenii* และ *Selenomonas ruminantium* จึงทำให้เกิดการสะสมของแลกเตทในกระเพาะรูเมน (Figure 2)

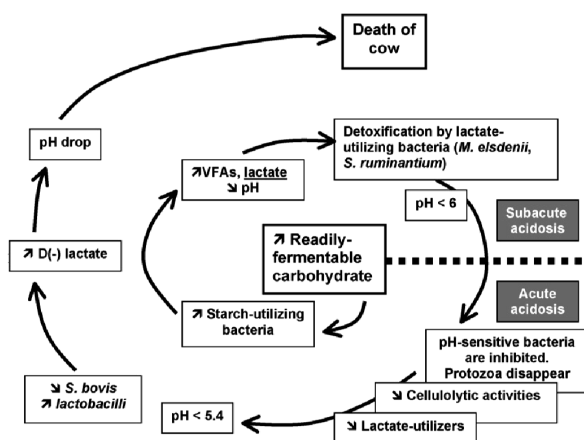


Figure 2 Schematic depicting the “spiraling effect” contributing to rumen acidosis.

Source: Jouany (2006)

เมื่อ pH ในกระเพาะรูเมนต่ำกว่า 6 มีผลทำให้ความหลากหลายของจุลินทรีย์ลดต่ำลงเช่นเดียวกับจำนวนประชากรของโปรโตซัวและแบคทีเรีย (Martin et al., 2006) และนอกจากนี้ยังมีรายงานว่า จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใยหลักๆ คือ *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus* และ *R. flavigens* ไม่สามารถเจริญได้ดีในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำ และเมื่อค่า pH ลดต่ำลงเรื่อยๆ จน <5.4 *S. bovis* จะถูกแทนที่โดย *Lactobacilli* sp. เกิดการสะสมแลกเตทปริมาณมากเกินไปซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิด acidosis

ได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับการนำใช้แลกเตทโดยเชื้อยีสต์มีชีวิตรอดจากการศึกษาในหลอด

ทดลองพบว่า *S. cerevisiae* สามารถเข้าแย่งใช้ glucose จาก *S. bovis* ในช่วงแรกทำให้มีการผลิตกรดลดต่ำลง นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและการเมตาบอลิซึม โดยเป็น growth factor เช่น กรดอะมิโน เปปไทด์วิตามิน และกรดอินทรีย์ให้กับแบคทีเรียที่ใช้ประโยชน์จากแลกเตท เช่น *M. elsdenii* หรือ *S. ruminantium* (Nisbet and Martin, 1991; Rossi et al., 1995; Chaucheyras et al., 1996; Newbold et al., 1998; Rossi et al., 2004) เนื่องจากมีการผลิตแลกเตทน้อยลงและมีการใช้แลกเตทมากขึ้นในกระเพาะรูเมน ทำให้ความเข้มข้นของแลกเตทน้อยลงและค่า pH สม่าเสมอ (Figure 3)

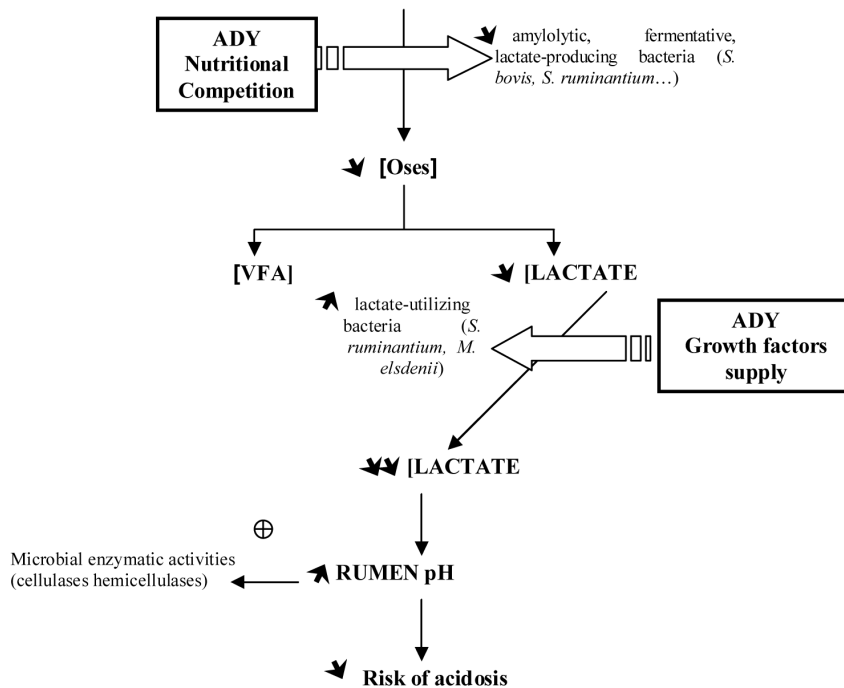


Figure 3 Mode of action of active dry yeast (ADY) on lactate metabolism and rumen pH.

Source: Fonty and Chaucheyras-Durand (2006)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษากันอย่างแพร่หลายในสัตว์ทดลอง ซึ่งจากการทดลองโดยเสริมยีสต์ในแกะที่ได้รับอาหารชั้นในปริมาณที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่า ความเข้มข้นของแลกเตทลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลที่ตามมาคือสามารถรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในระดับที่จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งดูได้จากการย่อยเยื่อใยได้สูงขึ้นในกลุ่มที่เสริมเชื้อยีสต์ (Michalet-Doreau et al., 1997) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การเสริมยีสต์เป็น probiotics ช่วยจำกัดการสะสมของแลกเตทได้ Brossard et al. (2004) รายงานผลของ *S. cerevisiae* สายพันธุ์หนึ่งพบว่าสามารถรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ โดยการกระตุ้นโปรโตซัวพวก ciliate Entodiniomorphid protozoa ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า โปรโตซัวเหล่านี้สามารถกลืนอนุภาคของแป้งได้อย่างรวดเร็วและแย่งจับ substrate กับแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยแป้ง (Owens et al., 1998) ซึ่งกระบวนการหมักแป้งโดยโปรโตซัวนั้น ช้ากว่า

แบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยแป้งและผลผลิตสุดท้ายจะได้ VFA มากกว่าแลกเตท (Bonhomme, 1990) นอกจากนี้ Entodiniomorphs สามารถใช้ประโยชน์จากแลกเตทได้อีกด้วย ดังนั้นโปรโตซัวน่าจะมีบทบาทสำคัญต่อการป้องกันการสะสมของแลกเตท (Newbold et al., 1987; Nagaraja et al., 1992)

ผลของยีสต์ต่อความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใยและจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยมีสัดส่วนประมาณ 15-70 เปอร์เซ็นต์ในอาหารสัตว์ เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์และไม่สามารถละลายได้ง่าย มีโครงสร้างที่รวมตัวกันอย่างแน่นหนาไม่สามารถเข้าถึงได้ง่ายจึงทำให้การเข้าย่อยเป็นไปได้ยาก (Nagaraja et al., 1997) นอกจากนี้ ยังไม่สามารถย่อยได้โดยน้ำย่อยในตัวสัตว์เอง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของนักโภชนาศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง คือ เพิ่มปริมาณการกินได้และความ

สามารถในการย่อยได้ของโมโนะ ซึ่งจากการศึกษาในปัจจุบันพบว่า การเสริมยีสต์ช่วยเหี่ยวนำไปให้เจริญเติบโตดีขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยเยื่อใยของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน Fedel et al. (2007) ศึกษาผลของการเสริมยีสต์ *S. cerevisiae* ในลูกแกะพบว่า มีความสามารถในการย่อยได้ของผนังเซลล์และปริมาณการกินได้เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจริญเติบโตเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม จากการศึกษานี้ในหลอดทดลองโดยการเสริมยีสต์ *S. cerevisiae* สองสายพันธุ์พบว่า สามารถกระตุ้นการสร้าง zoospores ของเชื้อรา (*Neocallimastix frontalis*) ได้ (Chaucheyras, 1995) และสามารถกระตุ้นการเข้าย่อยเยื่อใยของ *N. frontalis* ได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้หลายสาเหตุ คือ ยีสต์เป็นแหล่งของสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและแตกหน่อของเชื้อรา (Chaucheyras et al., 1995) นอกจากนี้ ยีสต์บางสายพันธุ์สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตหรือ/และกิจกรรมของแบคทีเรียที่ย่อยเยื่อใยจากการทดลองพบว่า เชื้อยีสต์สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของ *F. succinogenes* S85 และลดระยะพักของ *R. albus* 7, *R. flavefaciens* FD1 และ *Butyrivibrio fibrisolvens* D1 (Girard and Dawson, 1995) โดยยีสต์เป็นแหล่งของ growth factor ของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย นอกจากนี้ยีสต์ยังสามารถใช้ออกซิเจนที่อยู่ในกระเพาะรูเมน ซึ่งอาจจะเข้ามากับอาหารหรือน้ำที่สัตว์กินเข้าไป ซึ่งยีสต์จะใช้ ออกซิเจนเหล่านี้ในการเมแทบอลิซึมในตัวยีสต์เอง

จากเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้ภายในกระเพาะรูเมนมีออกซิเจนต่ำลง กระเพาะรูเมนอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic) ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนภายในกระเพาะรูเมน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มที่ย่อยเยื่อใย

และเชื้อราดังแสดงใน Figure 4 จากการรายงานของ Mosoni et al. (2007) โดยศึกษาในตัวแกะซึ่งทำการศึกษาเพียงสามสายพันธุ์ (*F. succinogenes*, *R. albus*, *R. flavefaciens*) ต่างก็เป็นจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยพบว่า สัดส่วนของ 16s ribosomal RNA ของจุลินทรีย์ทั้งสามชนิดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับประชากรของแบคทีเรียที่ย่อยเยื่อใยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในแกะที่ได้รับยีสต์ทุกวัน (Chaucheyras-Durand and Fonty, 2001) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ในระหว่างช่วงระยะเวลาการผ่าตัดเจาะกระเพาะในแกะจะมีผลรบกวนความสมดุลของ จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และพบว่าจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยมีจำนวนลดลงอย่างมากในกลุ่มควบคุม แต่ในกลุ่มที่เสริมยีสต์พบว่า จุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยยังคงมีจำนวนมากอย่างสม่ำเสมอ มากไปกว่านั้นยังพบว่ากิจกรรมของเอ็นไซม์ polysaccharidase และ glycosidehydrolase เพิ่มขึ้นในกลุ่มที่เสริมยีสต์ (Michalet-Doreau et al., 1997; Jouany et al., 1999) จากที่ได้กล่าวมาแล้วสามารถอธิบายได้ว่าการเสริมยีสต์สามารถปรับปรุงความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใยภายในกระเพาะรูเมนได้ (Plata et al., 1994; Chaucheyras-Durand and Fonty, 2001; Eittle and Schwartz, 2002) นอกจากนี้จากการศึกษาของ Zeenat et al. (2006) พบว่า การเสริมยีสต์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรของโปรโตซัวตลอดคล่องกับรายงานของ Kumar et al. (1994) และ Newbold et al. (1995) พบว่า *S. cerevisiae* ไม่มีผลต่อจำนวนจำนวนประชากรของโปรโตซัวในกระป๋องและแกะ ซึ่งขัดแย้งกับ Plata et al. (1994) พบว่าการเสริมยีสต์ *S. cerevisiae* ในโคเนื้อเพศผู้ตอน 10 กรัมต่อวันสามารถเพิ่มจำนวนประชากรโปรโตซัวทั้งหมดได้

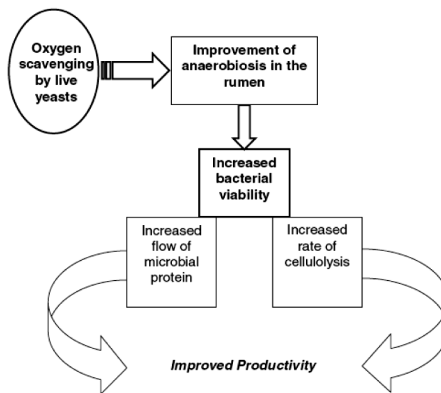


Figure 4 The importance of oxygen scavenging by live yeasts in driving bacterial viability in the rumen and consequences on animal production.

Source: Fonty and Chaucheyras-Durand (2006)

ผลของยีสต์ต่อการเมตาบอลิซึมของไนโตรเจน และการย่อยได้ของโภชนา

กระเพาะรูเมนมีการย่อยโปรตีนอย่างรวดเร็วโดยแบคทีเรียและโปรโตซัวภายในกระเพาะรูเมน ผลผลิตที่ได้คือ สายเปปไทด์ กรดอะมิโน และแอมโมเนีย (Wallace et al., 1990) แอมโมเนียบางส่วนถูกนำมาสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน ซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญในสัตว์เคี้ยวเอื้อง และบางส่วนสัตว์สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกในรูปของยูเรีย ซึ่งในระหว่างนี้ปริมาณการผลิตแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญอย่างยิ่ง มีการสูญเสียไนโตรเจนไปประมาณประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่กินเข้าไป (Leng and Nolan, 1984) และเมื่อขับออกจากร่างกายยังเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม มากไปกว่านั้น อาหารโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาสูงไม่สามารถดูดซึมในลำไส้เล็ก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในสัตว์ได้โดยตรง พารามิเตอร์ที่ใช้วัดผลของยีสต์ต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนในสัตว์ คือ ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ซึ่งมีความแปรปรวนตามอาหารที่กินและความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์จากการศึกษาในลูกแกะพบว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าลดต่ำลงในกลุ่มที่ได้รับการเสริมยีสต์ (active dry yeast, ADY) (Chaucheyras-Durand and Fonty,

2001) และได้มีงานทดลองในสัตว์เคี้ยวเอื้องอื่นๆ ที่โตเต็มที่แล้วพบว่า มีผลเช่นเดียวกันในกลุ่มที่เสริมยีสต์ (yeast culture; YC) (Kumar et al., 1994) นอกจากนี้ Erasmus et al. (1992) พบว่า เมื่อเสริมยีสต์จะทำให้เพิ่มการไหลผ่านของ non-ammonia nitrogen (NAN), microbial-N และ dietary-N ไปยังดูโอเดนิม สอดคล้องกับการรายงานของ Hristov et al. (2010) พบว่าเมื่อเสริมยีสต์ที่ 56 กรัม/ตัว/วัน ในโคนมสามารถเพิ่มการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ลดการขับออกของแอมโมเนียและแก๊สเมเทนในมูลเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม จากข้อมูลข้างต้นนี้สามารถอธิบายได้ว่ายีสต์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเมตาบอลิซึมของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้ โดยยีสต์มีผลต่อกิจกรรมของ hyper ammonia producing bacteria (HAP) ซึ่งได้แก่ *Clostridium aminophilum*, *Clostridium sticklandii* และ *Peptostreptococcus anaerobius* และนอกจากนี้ยีสต์ยังมีผลไปจำกัดการย่อยของโปรตีนและเปปไทด์ทั้งนี้อาจเนื่องด้วย *S. cerevisiae* ไปแย่งแหล่งพลังงานของแบคทีเรียและนอกจากนี้ ยีสต์อาจเข้าไปยับยั้งการเข้าย่อยของ peptidases จากแบคทีเรีย (Chaucheyras-Durand et al., 2008)

เมื่อศึกษาผลของการเสริมยีสต์ต่อการย่อยได้ของ โภชนะ พบว่าผลของการเสริมยีสต์ต่อการย่อยได้ของ โภชนะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอาหารข้นและอาหาร หยาบ โดยเมื่อเสริมยีสต์มีชีวิตร่วมกับการให้อาหารข้น ในปริมาณที่สูงส่งผลต่อการเพิ่มการย่อยได้ของ DM และ NDF แต่จะไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะเมื่อ ให้อาหารหยาบในปริมาณที่สูง (Carro et al., 1992) อย่างไรก็ตาม Kim et al. (1992) พบว่า เมื่อเสริมยีสต์ ในโคนมจะเพิ่มการย่อยได้ของ CF ADF และ NDF นอกจากนี้เมื่อเสริมยีสต์มีชีวิตร่วมที่ 4 g/d ยังสามารถเพิ่ม การย่อยได้ของ DM, OM, NDF และ ADF ของกาก มะเขือเทศ (Paryad and Rashid, 2009) อย่างไรก็ตาม มีบางรายงานพบว่า การเสริมยีสต์ไม่มีผลต่อการย่อย ได้ของ DM, NDF, non-fiber carbohydrate (Racth-Knight et al., 2007) ตลอดจนการย่อยได้ของ ADF และ CP (Kim et al., 1994)

ผลของยีสต์ต่อการเมแทบอลิซึมของไฮโดรเจน และการผลิตแก๊สเมทาเนน

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องไฮโดรเจนเป็นผลผลิตที่ได้จาก กระบวนการ hydrolysis และกระบวนการหมักของ จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ภายในกระเพาะรูเมน ซึ่งจุลินทรีย์ ที่ผลิตแก๊สเมทาเนน (methanogenic bacteria) จะนำ ไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์มาเป็นสารตั้งต้นใน การผลิตแก๊สเมทาเนน ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง ไฮโดรเจนที่ผลิตได้และการนำไฮโดรเจนเหล่านี้ไปใช้ ประโยชน์โดยจุลินทรีย์เรียกว่า “interspecies hydrogen transfer” (Iannotti et al., 1973) อย่างไรก็ตาม ผลที่ตามมาคือ มีการขับแก๊สเมทาเนนออกจาก โคประมาณ 400-500 ลิตรต่อวัน ซึ่งจะทำให้สูญเสีย คาร์บอนและพลังงานประมาณ 8-12 เปอร์เซ็นต์ของ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหาร (Vermorel, 1995) ปริมาณการสังเคราะห์แก๊สเมทาเนนแปรปรวนตาม อาหารที่กิน (สัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ) และ วิธีการเลี้ยง (intensive/extensive) (Moss et al., 2000) มากไปกว่านั้นแก๊สเมทาเนนยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่

ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก จึงจำเป็นต้องมีการ ลดการผลิตเนื่องจากแก๊สเมทาเนน มีส่วนประกอบ ประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ของแก๊สทั้งหมดที่เป็น สาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Moss et al., 2000) มีหลายวิธีที่ใช้ในการลดการผลิตแก๊สเมทาเนนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งวิธีการใช้ยีสต์นั้นยังมีการ ศึกษากันค่อนข้างน้อย จากการรายงาน พบว่า ยีสต์มีผลต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนและ กระบวนการสังเคราะห์แก๊สเมทาเนน จากการศึกษาใน หลอดทดลองถึงผลของ *S. cerevisiae* ต่อ acetogenic bacteria ที่ได้จากลำไส้ใหญ่ของคน ซึ่งเป็นแบคทีเรีย ที่สามารถสังเคราะห์อะซิเตทจากคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน จากการศึกษาในหลอดทดลองถึงผล ของยีสต์ต่อการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จาก ไฮโดรเจนของ acetogenic bacteria เพื่อทราบถึงผล ที่เกิดขึ้นต่อ methanogens (Chaucheyras et al., 1995) จากการศึกษาของ Zeenat et al. (2006) พบว่า การเสริมยีสต์มีชีวิตร่วมมีผลต่อการลดลงของแก๊สเมทาเนน ตามระดับการเสริมยีสต์ที่เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับการ รายงานของ Lila et al. (2004) พบว่า การผลิตแก๊สเมทาเนนลดลงเช่นกันเมื่อเสริม Yec-Sacc 1026 (Mutsavangwa et al., 1992) อย่างไรก็ตาม Ando et al. (2004) ได้ทำการศึกษาในหลอดทดลองพบว่า กลุ่มที่ เสริมยีสต์มีการผลิตแก๊สเมทาเนนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม

ผลของยีสต์ต่อผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมัก

ได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางถึงผลของยีสต์ ต่อระบบนิเวศวิทยาและกระบวนการหมักในกระเพาะ รูเมน ซึ่งในบางรายงานพบว่า การเลี้ยงเชื้อยีสต์ยังช่วย กระตุ้นการผลิตโปรพิออนเตลดการผลิตอะซิเตท (Newbold et al., 1990; Plata et al., 1994) เนื่องจาก สามารถสังเคราะห์โปรพิออนเทโดยเส้นทาง succinate : propionate pathway โดยแบคทีเรียบางชนิดใน กระเพาะรูเมน (Wolin and Miller, 1988) และนอกจาก นี้ยังมีผลต่อการเพิ่มกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายรวม (Galip et al., 2006) จากการศึกษาของ Oeztuerk

(2009) ในหลอดทดลองพบว่า การเสริมยีสต์ (15 กรัม/9 กรัมอาหาร) มีผลต่อการเพิ่มกรดไขมันที่ระเหยได้รวม กรดอะซิติก กรดไพรูวอนิก กรดบิวทิริก และสามารถลดสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดไพรูวอนิก สอดคล้องกับการรายงานของ Lila et al. (2004) พบว่า การเสริมยีสต์ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์กรดไพรูวอนิกและกรดไขมันที่ระเหยได้รวม นอกจากนี้ยังมีบางรายงานพบว่า การเลี้ยงเชื้อยีสต์ไม่มีผลต่อสัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยได้ หรือสามารถเพิ่มสัดส่วนของอะซิเตทและไพรูวอนิก (Newbold et al., 1995; Guedes et al., 2008; Longuski et al., 2009) และมีบางรายงานพบว่า การเสริมยีสต์มีผลต่อการลดลงของกรดไขมันที่ระเหยได้รวม (Hucko et al., 2009; Thrune et al., 2009) ซึ่งอิทธิพลของยีสต์ต่อผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมักมีผลค่อนข้างหลากหลาย ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างทางด้าน สิ่งแวดล้อม ในการทดลอง เช่น ทดลองในตัวสัตว์หรือหลอดทดลอง

ชนิดของสัตว์ที่ใช้ สัดส่วนอาหารหยาดต่ออาหารชั้นที่ใช้ วัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหารทั้งอาหารชั้นและอาหารหยาด และที่สำคัญคือ ระดับที่ใช้เสริมในงานทดลอง อย่างไรก็ตาม ผลของยีสต์ต่อผลผลิตในกระเพาะรูเมนยังต้องการการศึกษาค้นคว้าอย่างต่อเนื่องเพื่ออธิบายถึงกลไกในกระบวนการที่เกิดขึ้น

ยีสต์มีชีวิตจะใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญน้ำตาลและ oligosaccharide สายสั้นๆ จากอาหารหรือเป็นผลผลิตที่ได้จากกิจกรรมของ amylolytic bacteria และได้มีการผลิต ethanal, glycerol, peptides และ amino acid ซึ่งเหล่านี้สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ภายในกระเพาะรูเมน และการใช้ออกซิเจนในกระเพาะรูเมนของยีสต์นั้นจะช่วยให้กระเพาะรูเมนอยู่ในสภาวะ anaerobic มากขึ้น ซึ่งสภาวะนี้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ cellulolytic bacteria และเชื้อรา และยังมีผลทำให้ redox potential ลดต่ำลงถึง -20mV (Jouany, 2006) (Figure 5)

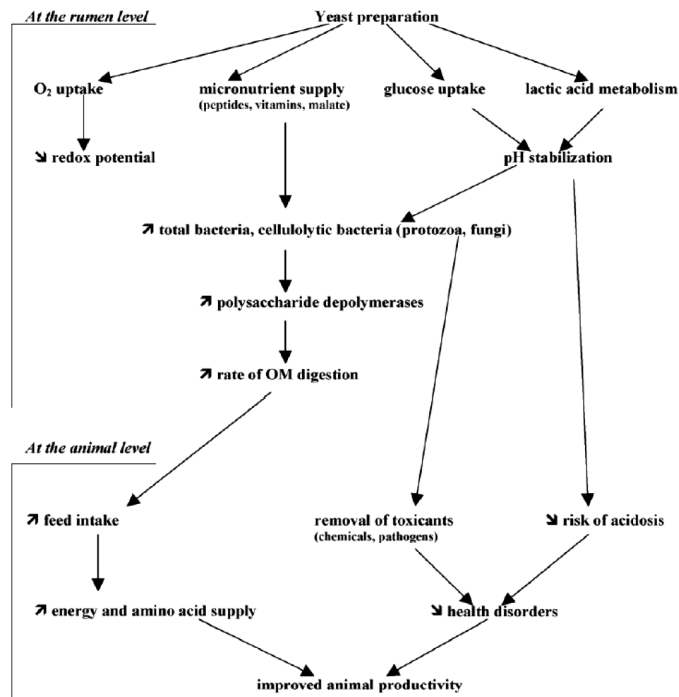


Figure 5 Proposed model for yeast action in ruminants

Source: Jouany (2006)

นอกจากนี้ยีสต์ยังสามารถสะสม malate และปลดปล่อยออกมานอกเซลล์และยีสต์สามารถปลดปล่อยโปรตีนออกมานอกเซลล์ในรูปของเอนไซม์หรือโปรตีนที่เกาะอยู่กับผนังเซลล์

ศักยภาพในการใช้ยีสต์ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ผลของการเสริมยีสต์ต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

ปัจจุบันการผลิตโคนมมีการนำเอาจุลินทรีย์ต่างๆ เข้ามาใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งยีสต์

เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตให้สูงขึ้นให้ทันกับความต้องการของตลาดที่เพิ่มสูงขึ้น นักวิจัยได้ให้ความสนใจในการศึกษาถึงผลของการเสริมยีสต์ต่อการให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมในสัตว์เคี้ยวเอื้องเพิ่มสูงขึ้น จากการรายงานของ Moallem et al. (2009) พบว่า เมื่อเสริมยีสต์ที่ระดับ 6 g/d ในโคนมช่วงฤดูร้อน มีผลต่อการเพิ่มปริมาณน้ำนม 1.5 kg (41%) จาก 36.3 เป็น 37.8 kg แต่ไม่มีผลต่อความแตกต่างของ เปอร์เซ็นต์ไขมัน โปรตีน แลคโตส ในน้ำนม (Table 1)

Table 1 Effects of yeast supplementation on milk production and milk composition.

Animals	Level (g/d)	Milk yield (kg/d)	Fat (%)	Protein (%)	Lactose (%)	Total solids (%)	Solid non-fat (%)	Sources
Dairy cows	0	36.30 ^a	3.49	3.2	4.86	-	-	Moallem et al. (2009)
	6	37.8 ^b	3.63	3.24	4.91	-	-	
Dairy cows	0	21.54 ^a	2.88 ^a	3.42 ^a	4.26 ^a	11.57 ^a	8.42 ^a	Alshaikh et al. (2002)
	15	21.96 ^a	2.89 ^a	3.89 ^b	5.12 ^b	12.83 ^b	8.92 ^b	
	50	22.84 ^b	3.18 ^b	3.80 ^{bc}	4.38 ^a	12.21 ^c	9.71 ^c	
Dairy cows	0	43.60	3.03	2.92	5.13	-	8.73	Longuski et al. (2009)
	56	44.30	3.31	2.94	5.10	-	8.71	
Dairy Ewes	0	0.93 ^a	7.8	5.8	4.4	19.0	11.2	Masek et al. (2008)
	3	1.00 ^{ab}	7.7	5.7	4.4	18.8	11.0	
	6	1.72 ^b	8	5.7	4.3	19.5	11.1	
Zaraibi goats	0	0.98 ^b	4.22 ^b	3.15 ^a	4.85	12.87 ^a	8.65 ^a	Abd El-Ghani (2004)
	3	0.10 ^a	4.15 ^c	3.10 ^{ab}	4.52	12.40 ^b	8.33 ^b	
	6	0.15 ^a	4.27 ^a	2.98 ^b	4.65	12.57 ^b	8.26 ^b	

นอกจากนี้ Alshaikh et al. (2002) ได้ทดลองเสริมยีสต์ที่ระดับ 15 g/d และ 50 g/d ในโคนมพบว่า การเสริมยีสต์ที่ระดับ 50 g/d มีผลทำให้ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่

ไม่ได้เสริม และพบว่าเมื่อเสริมที่ระดับ 15 g/d ทำให้องค์ประกอบของน้ำนมเพิ่มสูงที่สุด ในขณะที่ Longuski et al. (2009) รายงานว่า เมื่อเสริมยีสต์ที่ระดับ 56 g/d ร่วมกับแบ่งที่ละลายได้ง่ายพบว่า

มีปริมาณน้ำนมมากกว่าวัวที่ไม่ได้รับการเสริม และวัวที่ได้รับการเสริมยีสต์จะทำให้ไขมันมีค่ามากกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 3.31% เมื่อเปรียบเทียบกับวัวที่ไม่ได้รับการเสริมยีสต์ (3.03%) Masek et al. (2008) ทำการเสริมยีสต์ที่ระดับ 0, 3 และ 6 g/d ในแกะตัวเมียพบว่าเสริมยีสต์ที่ระดับ 6 g/d ทำให้ปริมาณน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ไขมันและแลคโตสในน้ำนมเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่พบว่าเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วพบว่า %fat, %protein, %lactose, %total solid, %solid-non-fat ไม่แตกต่างทางสถิติ เช่นเดียวกับรายงานของ Cooke et al. (2007) กล่าวว่า การเสริมยีสต์ร่วมกับเมล็ดฝ้ายที่ระดับ 2.5 กรัม พบว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมยีสต์ 2.5 กรัม ร่วมกับการให้เมล็ดฝ้าย ปริมาณน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้การเสริมยีสต์ และช่วยให้องค์ประกอบของไขมันนมเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ Abd El-Ghani (2004) รายงานว่าการเสริมยีสต์ (*S. cerevisiae*) ในแพะที่กำลังให้กำลังให้น้ำนมที่ระดับ 0, 3 และ 6 g/d พบว่าการเสริมยีสต์ที่ระดับ 3 และ 6 g/d มีผลทำให้ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมลดต่ำลง อย่างไรก็ตาม อาหารที่สัตว์ได้รับ มีอิทธิพลจากการให้อาหารหยาบต่ออาหารข้น (R:C ratio) และปริมาณการกินได้ของสัตว์ เนื่องจากการสังเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมส่วนใหญ่ได้มาจากโภชนาที่สัตว์กินเข้าไป

(William et al., 1990; Desnoyers et al., 2009) การเสริมยีสต์มีผลต่อองค์ประกอบน้ำนม เนื่องจากยีสต์จะเป็นตัวกระตุ้นให้แบคทีเรียกลุ่ม *Butyrivio spp.* ทำงานได้ดีขึ้น ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นตัวที่ช่วยในการผลิตกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ คือ ช่วยผลิต Conjugated fatty acid (CLA) (cis 9 trans 11 isomer) (Putnam et al., 1997) Kalmus et al. (2009) รายงานว่าการเสริมยีสต์ *S. cerevisiae* (Yea-Sacc® 1026) 10 g/d กับวันนมพบว่า ผลผลิตน้ำนมไม่แตกต่างทางสถิติ 32.7 และ 30.7 ในกลุ่มที่เสริมและไม่เสริมยีสต์ตามลำดับดังแสดงใน Figure 6 อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณผลผลิตของไขมันและโปรตีนในน้ำนมในกลุ่มที่เสริมมีค่าสูงกว่า ($P < 0.01$) กลุ่มที่ไม่ได้เสริมสอดคล้องกับรายงานของ Wohlt et al. (1991) พบว่าการให้โคได้รับอาหารที่มีการเสริมยีสต์ที่ 30 วันก่อนคลอดและช่วง 18 สัปดาห์ของการให้นม ส่งผลให้วัวมีการกินได้สูง และผลผลิตน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นส่งผลต่อองค์ประกอบน้ำนมทำให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น โดยทั่วไปผลผลิตน้ำนมจะตอบสนองต่อยีสต์ เนื่องจากโคที่มีการกินสูง จุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนทำงานได้มากขึ้น ส่งผลให้ได้ผลผลิตสุดท้ายมีปริมาณเพิ่มขึ้น ทำให้มีโภชนาหรือสารอาหารที่เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์น้ำนม (Wohlt et al., 1998; Stella et al., 2007)

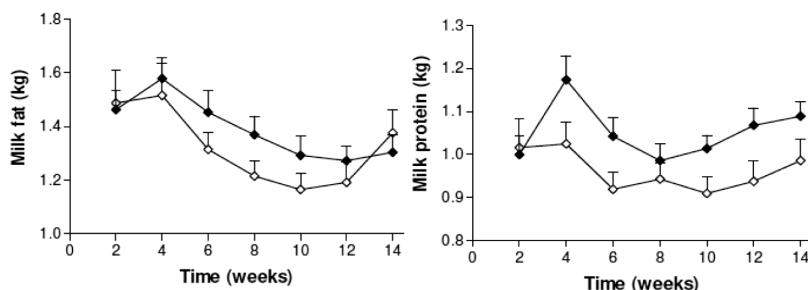


Figure 6 Mean daily milk fat and protein production in *Saccaromyces cerevisiae* (◆) and control group (◇).

Source: Kalmus et al. (2009)

ผลของการเสริมยีสต์ต่อศักยภาพในการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อ

คุณสมบัติความสามารถของยีสต์ในการปรับเปลี่ยนกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยการเพิ่มประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน กระตุ้นการเจริญเติบโตและการให้น้ำนมในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Beauchemin et al., 2003) และส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกินได้และน้ำหนักตัวใน ลูกโค โคเพศผู้ และโคเนื้อ (Cole et al., 1992; Mir & Mir, 1994; Olson et al., 1994) สอดคล้องกับการรายงานของ Lesmeister et al. (2004) รายงานว่า เมื่อเสริมยีสต์ในโคเนื้อหรือสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ยังเล็กอยู่สามารถเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโต (average daily gain, ADG), น้ำหนักสุดท้าย (final weight), ปริมาณการกินวัตถุดิบได้ (DM intake) และอัตราของอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (feed to gain ratio) ใน ขณะที่ Titi et al. (2008a) ได้ทดลองเสริมยีสต์ที่ระดับ 20 kg/อาหาร 1 ตัน ให้กับลูกโคเพศผู้ต่ออัตราการเจริญเติบโตและลักษณะซากพบว่า น้ำหนักตัวเฉลี่ยของกลุ่มที่เสริมยีสต์และไม่เสริมไม่แตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่เสริมจะมีค่าสูงกว่าและพบว่า ช่วง 5 เดือนแรกของการทดลองกลุ่มที่เสริมยีสต์จะมีค่าสูงกว่าสอดคล้องกับปริมาณการกินได้ และพบว่าการเสริมยีสต์ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ แต่พบว่าค่า pH ของเนื้อในกลุ่มที่เสริมยีสต์มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ 2 (pH=6.15 และ 6.20) และ 4 (pH=5.92 และ 6.11) ชั่วโมงหลังชำแหละตามลำดับ และพบว่ากลุ่มที่เสริมยีสต์มีความสว่างของเนื้อ (lightness) สูงกว่าและค่า yellowness ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงลักษณะและคุณภาพซากส่วนใหญ่แล้วไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม Gomes et al. (2009) รายงานว่า การเสริมยีสต์มีชีวิตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะและคุณภาพเนื้อ แต่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ซากอุนมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ Titi et al. (2008b) ได้ศึกษาถึงผลของการเสริมยีสต์ในอาหาร (finishing diet) กับแกะและลูกแพะต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต

และลักษณะซากพบว่า การเสริมยีสต์ช่วยเพิ่มการย่อยได้ของอาหารแต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ อัตราการแลกเนื้อในแกะและแพะขุน อย่างไรก็ตามกลุ่มที่ได้รับการเสริมยีสต์จะลดสัดส่วนของเนื้อ/กระดูก (meat/bone ratio) และความหนาแน่นของโปรตีนในเนื้อเยื่อ (tissue protein content) แต่จะเพิ่มลักษณะความเป็นไขมันในเนื้อแกะ

ผลของการเสริมยีสต์ต่อศักยภาพในการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อ ยังมีการรายงานผลที่ต่างกันไป ซึ่งก็มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของยีสต์ที่เสริมรวมไปถึง ชนิดของอาหารหยาบ วิธีการให้อาหาร เช่น ให้แบบ TMR (total mixed ration) หรือแบบแยก สัดส่วนของอาหารชั้นต่ออาหารหยาบ ช่วงอายุของสัตว์ทดลอง โภชนะในอาหาร และปริมาณยีสต์ที่เสริม (Olson et al., 1994; Desnoyers et al., 2009) ซึ่ง Kawes et al. (2007) รายงานว่าการเสริมยีสต์รวมกับการให้ระดับโปรตีนสูงจะไม่มีประโยชน์แต่จะสามารถเพิ่มปริมาณการกินได้ในสัตว์เมื่อเสริมยีสต์รวมกับการให้อาหารระดับโปรตีนต่ำ ขณะที่ Beauchemin et al. (2003) สรุปว่าเมื่อเสริมยีสต์ร่วมกับอาหารที่มีเมล็ดธัญพืชสูงจะสามารถคงไว้ซึ่งปริมาณการกินได้และการย่อยได้ที่สูง

สรุปและข้อเสนอแนะ

คุณลักษณะที่ดีของยีสต์ คือ เจริญเร็ว มีคุณค่าทางอาหารสูง สามารถเจริญได้ในวัตถุดิบราคาถูก และใช้อาหารที่มีองค์ประกอบง่าย ๆ มีความต้องการ growth factor ต่างๆ น้อย ใช้แหล่งพลังงานที่ได้ง่าย มีประสิทธิภาพ มีของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้อย คงลักษณะทางพันธุกรรมดีไม่กลายพันธุ์ง่ายเมื่อเลี้ยงไปเป็นระยะเวลาานติดต่อกัน มีความเข้าใจลักษณะทางพันธุกรรมและสรีรวิทยาทำให้สามารถปรับปรุงพันธุกรรมได้สะดวก รวมทั้งไม่เป็นพิษ เก็บรักษาง่าย ทำให้ยีสต์มีศักยภาพสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีคุณภาพสูง โดยเฉพาะกรดอะมิโนไลซีน และนอกจากนี้ยีสต์มีชีวิตยังสามารถ

นำมาใช้เป็นสารเสริมชีวนะช่วยปรับปรุงกระบวนการหมักซึ่งระดับที่เหมาะสมในการเสริมยีสต์ในโคนม แกะ นม และแพะควรเสริมที่ระดับ 6 กรัม/ตัว/วัน โดยยีสต์มีผลต่อการรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมน สามารถใช้ประโยชน์จากออกซิเจนภายในกระเพาะรูเมนได้ ทำให้ระบบนิเวศวิทยาภายในกระเพาะรูเมนมีความเหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย และนอกจากนี้ ยีสต์ยังเป็น growth factor ให้กับจุลินทรีย์ต่างๆในกระเพาะรูเมนโดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียที่ใช้ประโยชน์จากกรดแลคติกและ acetogenic bacteria ทำให้มีการย่อยได้ของอาหารเพิ่มสูงขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากอาหารโปรตีน ลดการผลิตแก๊สเมเทน ส่งผลต่อการเพิ่มศักยภาพในการให้ผลผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งเพิ่มผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม เพิ่มอัตราการเจริญเติบโต มีผลต่อการลดสัดส่วนของเนื้อต่อกระดูกและลดความสว่างของเนื้อ อย่างไรก็ตาม ในการใช้ยีสต์ในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีหลายปัจจัยที่มาเกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นสภาวะของสัตว์นั้นๆ วัตถุดิบอาหารที่ใช้ สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น และปริมาณยีสต์ที่เสริมจากคุณสมบัติต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้ว ยีสต์จึงเป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาใช้เพื่อเพิ่มสมรรถภาพในสัตว์เคี้ยวเอื้อง มากไปกว่านั้นในอนาคตควรมีการศึกษาถึงการนำยีสต์มาใช้ร่วมกับผลพลอยได้ทางการเกษตร และแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ในท้องถิ่นที่มีราคาถูกเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มเพิ่มคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารเหล่านี้รวมถึงการเพิ่มศักยภาพของการให้ผลผลิตโดยลดต้นทุนการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป

คำขอบคุณ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรอาหารสัตว์เขตร้อน (TROFREC) ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

เอกสารอ้างอิง

- Abd El-Ghani, and A.A. 2004. Influence of diet supplementation with yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance of Zaraibi goats. Small Rumin. Res. 52: 223-229.
- Alshaikh, M.A., M.Y. Alsiadi, S.M. Zahran, H.H. Mograwar, and T.A. Aalshowime. 2002. Effect of Feeding Yeast Culture from differenct Sources on the Performance of Lactating Holstein Cows in Saudi Arabia. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 15: 352-356.
- Ando, S., R.I. Khan, J. Takahasi, Y. Gamo, R. Morikawa, Y. Nishiguchi, and K. Hayasaka. 2004. Manipulation of rumen fermentation by yeast: The effect of dried beer yeast on the *In vitro* degradability of forages and methane production. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 1: 68-74.
- Beauchemin, K. A., W. Z. Yang, D. P. Morgavi, G. R. Ghorbani, W. Kautz, and J. A. Leedle. 2003. Effects of bacterial direct-fed microbials and yeast on site and extent of digestion, blood chemistry, and subclinical ruminal acidosis in feedlot cattle. J. Anim. Sci. 81: 1628-1640.
- Bonhomme, A. 1990. Rumen ciliates: their metabolism and relationships with bacteria and their hosts. Anim. Feed Sci. Technol. 30: 203-266.
- Brossard, L., C. Martin, F. Chaucheyras-Durand, and B. Michalet-Doreau. 2004. Protozoa involved in butyric rather than lactic fermentative pattern during latent acidosis in sheep. Reprod. Nutr. Dev. 44: 195-206.
- Carro, M. D., P. Libzien, and K. Rohr. 1992. Influence of yeast culture on the *in vitro* fermentation (Rusitech) of diets containing variable portions of concentrates. Anim. Feed Sci. Technol. 37: 209-220.
- Chaucheryras, F. 1995. *In vitro* H₂ utilization by ruminal acetogenic bacterium cultivated alone or in association with an archae methanogen is stimulated by probiotic strain of *Saccharomyces cerevisiae*. Appl. Environ. Microbiol. 61: 3466-3467.
- Chaucheryras, F., G. Fonty, G. Bertin, and P. Gouet. 1995. *In vitro* H₂ utilization by ruminal acetogenic bacterium cultivated alone or in association with an archaea methanogen is stimulated by a probiotic strain of *Saccharomyces cerevisiae*. Appl. Environ. Microbiol. 61: 3466-3467.

- Chaucheyras, F., G. Fonty, G. Bertin, J.M. Salmon, and P. Gouet. 1996. Effects of a strain of *Saccharomyces cerevisiae* (Luvucell SC1), a microbial additive for ruminants, on lactate metabolism *in vitro*. Can. J. Microbiol. 42: 927-933.
- Chaucheyras-Durand, F., and G. Fonty. 2001. Establishment of cellulolytic bacteria and development of fermentative activities in the rumen of gnotobiotically-reared lambs receiving the microbial additive *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077. Reprod. Nutr. Dev. 41: 57-68.
- Chaucheyras-Durand, F., N.D. Walker, and A. Bach. 2008. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. Anim. Feed Sci. Technol. 145: 5-2.
- Cole, N.A., C.W. Purdy, and D.P. Hutcheson. 1992. Influence of yeast culture on feeder calves and lambs. J. Anim. Sci. 70: 1682-1690.
- Corria, R., M. Magalhaes, and G. Macedo. 2007. Protein enrichment of pineapple waste with *Saccharomyces cerevisiae* by solid state bioprocessing. Journal of Scientific & Industrial Research. 66: 259-262.
- Desnoyers, M., S. Giger-Reverdin, G. Bertin, C. Duvaux-Ponter, and D. Sauvant. 2009. Metha-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. J. Dairy Sci. 92: 1620-1632.
- Erasmus, L.J., P.M. Botha, and A. Kistner. 1992. Effect of yeast culture supplement on production, rumen fermentation, and duodenal nitrogen flow in dairy cows. J. Dairy Sci. 75: 3056-3065.
- Ettle, T., and F.J. Schwarz. 2002. Auswirkungen einer gestaffelten Versorgung mit nutzbarem Rohprotein auf Leistungskriterien in der Milchviehfütterung bei unterschiedlichen Grundfutterarten. 1. Mitteilung: Frisches Grundfutter. Zuchtungskde. 74: 157-168.
- Fedel, A.M., A. Rania, and M.A. Abusamra. 2007. Effect of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on NDF digestability and rumen fermentation of forage sorghum hay in nubian goat's kids. Res. J. Agric. Biol. Sci. 3: 133-137.
- Fonty, G., and F. Chaucheyras-Durand. 2006. Effects and modes of action of live yeasts in the rumen. Biology, Bratislava. 61: 741-750.
- Galip, N., 2006. Effect of supplemental yeast culture and sodium bicarbonate on ruminal fermentation and blood variables in rams. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl) 90: 446-452.
- Girard, I.D., and K.A. Dawson. 1995. Stimulation of ruminal bacteria by different fractions derived from cultures of *Saccharomyces cerevisiae* strain 1026. J. Anim. Sci. 73: 264-274.
- Gomes, R.C., P.R. Leme, S.L. Silva, M.T. Antunes, and C.F. Guedes. 2009. Carcass quality of feedlot finished steers fed yeast, monensin, and the association of both additives. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 61: 648-654.
- Guedes, C.M., D. Goncalves, M.A.M. Rodrigues, and Dias-da-Silva. 2008. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* yeast on ruminal fermentation and fibre digestion on mize silages in cows. Anim. Feed Sci. and Technol. 145: 27-40.
- Hristova, A. N., G. Varga, T. Cassidy, M. Long, K. Heyler, S. K. R. Karnati, B. Corl. C. J. Hovde, and I. Yoon. 2010. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on ruminal fermentation and nutrient utilization in dairy cows. J. Dairy Sci. 93: 682-692.
- Hucko, B., V.A. Bampidis, A. Kodes, V. Christodoulou, Z. Mudrik, K. Polakova, and V. Plachy. 2009. Rumen fermentation characteristic in pre-weaning calves receiving yeast culture supplements. Czech J. Anim. Sci. 54: 435-442.
- Iannotti, E.L., D. Kafkewitz, M.J. Wolin, and M.P. Bryant. 1973. Glucose fermentation products of *Ruminococcus albus* grown in continuous culture with *Vibrio succinogenes*: changes caused by interspecies transfer of H_2 . J. Bacteriol. 114: 1231-1240.
- Jouany, J.P., F. Mathieu, J. Senaud, J. Bohatier, G. Bertin, and M. Mercier. 1999. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* on the population of rumen microbes and their polysaccharidase activities. South African J. Anim. Sci. 29: 63-64.
- Jouany, J. P. 2001. A new look at yeast cultures as probiotics for ruminants. FEED MIX. 9: 17-19.
- Jouany, J. P. 2006. Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows. Anim. Reprod. Sci. 96: 250-264.
- Kalmus, P., T. Orro, A. Waldmann, R. Lindjarv, and K. Kask. 2009. Effect of yeast culture on milk production and metabolic and reproductive performance of early lactation dairy cows. Acta Vet. Scand. 51: 31-38.
- Kawas, J. R., R. Garcia-Castillo, F. Garza-Cazares, H. Fimbres-Durazo, E. Olivares-S'aenz, G. Hernandez-Vidal, and C.D. Luc. 2007. Effects of sodium bicarbonate and yeast on productive performance and carcass

- characteristics of light-weight lambs fed finishing diets. *Small Rumin. Res.* 67: 149-156.
- Kim, D.Y., M.R. Figueroa, D.P. Dawson, C.E. Batallas, M.J. Arambel, and J.L. Walters. 1992. Efficacy of supplemental viable yeast culture with or without *Aspergillus oryzae* on nutrient digestibility and milk production in early to mid-lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75(Suppl.1): 206.
- Kim, D.Y., D.P. Dawson, B.A. Kent, and M.J. Arambel. 1994. Effect of supplemental viable yeast culture with or without *Aspergillus oryzae* on body weight gain, milk production and nutrient digestibility in early lactating Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 72: 124-130.
- Kumar, U., V.K. Sareen, and S. Singh. 1994. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture supplement on ruminal methabolism in buffalo calves given a high concentrate diet. *Anim. Prod.* 59: 209-215.
- Leng, R.A., and J.V. Nolan. 1984. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 70: 1027-1034.
- Lesmeister, K.E., A.J. Heinrichs, and M.T. Gabler. 2004. Effects of Supplemental Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Culture on Rumen Development, Growth Characteristics, and Blood Parameters in Neonatal Dairy Calves. *J. Dairy Sci.* 87: 1832-1839.
- Lila, Z.A., N. Mohammed, N. Ajisaka, S. Kanda, Y. Kurokawa, and H. Itabashi. 2004. Effect of cyclodextrin diallyl meleate complex on methane production, ruminal fermentation and microbes *in vitro* and *in vivo*. *J. Anim. Sci.* 75: 15-22.
- Longuski, R.A., Longuski, Y. Ying, and M.S. Allen. 2009. Yeast culture supplementation prevented milk fat depression by a short-term dietary challenge with fermentable starch. *J. Dairy Sci.* 92: 160-167.
- Martin, C., L. Brossard, and M. Doreau. 2006. M'ecanismes d'apparition de l'acidose ruminale latente et cons'equences physiopathologiques et zootechniques. *INRA Prod. Anim.* 19: 93-108.
- Masek, T., Z. Mikulec, H. Valpotic, N. Antunac, N. Mikulec, Z. Stojevic, N. Filipovic, and S. Pahovic. 2008. Influence of Live Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on Milk Production and Composition, and Blood Biochemistry of Grazing Dairy Ewes during the Milking Period. 77: 547-554.
- Michalet-Doreau, B., D. Morand, and C. Martin. 1997. Ecology of methane production and hydrogen sink in the rumen. *Reprod. Nutr. Dev.* 37(Suppl.1): 81-82.
- Mir, Z., and P.S. Mir. 1994. Effect of the addition of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high-forage or high-grain diets and on feed digestibility and *in situ* degradability. *J. Anim. Sci.* 72: 537-545.
- Moallem, U., H. Lehrer, L. Livshitz, M. Zachut, and S. Yakoby. 2009. The effects of live yeast supplementation to dairy cows during the hot season on production, feed efficiency, and digestibility. *J. Dairy Sci.* 92: 343-351.
- Mosoni, P., F. Chaucheyras-Durand, C. Béra-Maillet, and E. Forano. 2007. Quantification by real-time PCR of cellulolytic bacteria in the rumen of sheep after supplementation of a forage diet with readily fermentable carbohydrates. Effect of a yeast additive. *J. Appl. Microbiol.* 103: 2676-2685.
- Moss, A.R., J.P. Jouany, and C.J. Newbold. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Ann. Zootech.* 49: 231-253.
- Mutsvangwa, T., I.E. Edwards, J.H. Topps, and G.F.M. Paterson. 1992. The effect of dietary inclusion of yeast culture (Yea-sacc) on patterns of rumen fermentation, food intake and growth of intensively fed bull. *Anim. Prod.* 55: 35-40.
- Nagaraja, T.G., G. Towne, and A.A. Beharka. 1992. Moderation of ruminai fermentation by ciliated protozoa in cattle fed a high grain diet. *Appl. Environ. Microbiol.* 58: 2410-2414.
- Nagaraja, T.G., C.J. Newbold, C.J. Van Nevel, and D.I. Demeyer. 1997. Manipulation of ruminal fermentation. In: Hobson, P. N. (ed.), *The Rumen Microbial Ecosystem*, 2nd ed. pp. 523-632. Blackie, New York.
- Newbold, C.J., R.J. Wallace, X.B. Chen, and F.M. McIntosh. 1995. Different strains of *Saccharomyces cerevisiae* differ in their effects on ruminal bacterial numbers *in vitro* and in sheep. *J. Anim. Sci.* 73: 1811-1818.
- Newbold, C.J., A.G. Williams, and D.G. Chamberlain. 1987. The *in vitro* metabolism of D,L-lactic acid by rumen microorganisms. *J. Sci. Food Agric.* 38: 9-18.
- Newbold, C.J., R.J. Wallace, and N. McKian. 1990. Properties of ionophore tetrone on nitrogen methabolism by ruminal microorganisms *in vitro*. *J. Anim. Sci.* 68: 1103-1110.
- Newbold, C.J., F.M. McIntosh, and R.J. Wallace. 1995. Drifference strains of *Saccharomyces cerevisiae*, as a feed additive for ruminants. *Br. J. Nutr.* 76: 249-261.
- Newbold, C.J., F.M. McIntosh, and R.J. Wallace. 1998. Changes in the microbial population of a rumen-simulating fermenter in response to yeast culture. *Can. J. Anim. Sci.* 78: 241-244.

- Nisbet, D.J., and S.A. Martin. 1991. Effect of a *Succctromyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenonmnus ruminuntium*. J. Anim. Sci. 69: 4628-4633.
- Oeztuerk, H. 2009. Effect of live and autoclaved yeast cultures on ruminal fermentation *in vitro*. J. Anim. Feed Sci. 18: 142-150.
- Olson, K.C., J.S. Caton, D.R. Kirby, and P.L. Norton. 1994. Influence of yeast culture supplementation and advancing season on steers grazing mixed-grass prairie in the northern Great Plains: I. Dietary composition, intake, and in situ nutrient disappearance. J. Anim. Sci. 72: 2149-2157.
- Owens, F.N., D.S. Secrist, W.J. Hill, and D.R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: a review. J. Anim. Sci. 76: 275-286.
- Paryad, A., and M. Rashidi. 2009. Effect of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on apparent digestibility and nitrogen retention of tomato pomace in sheep. Pakistan J. Nutri. 8: 273-278.
- Plata, P.F., M.G.D. Nendoza, J.R. Barcena-Gama, and M.S. Gonzalez. 1994. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on neutral detergent fibre digestion in steers fed oat straw based diets. Anim. Feed Sci. Technol. 49: 203-210.
- Putnam, D.E., C.G. Schwab, M.T. Socha, N.L. Whitehouse, N.A. Kierstead, and B.G. Garthwaite. 1997. Effect of yeast culture in the diets of early lactation dairy cows on ruminal fermentation and passage of nitrogen fractions and amino acids to the small intestine. J. Dairy Sci. 80: 374-384.
- Raeth-Knight, M.L., J.G. Linn, and H. Jung. 2007. Effect of direct-fed microbials on performance, diet digestibility, and rumen characteristics of Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 90: 1802-1809.
- Rossi, F., P.S. Conconcelli, and F. Masoero. 1995. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on growth and lactate utilization by the ruminal bacterium *Megashpaera elsdenii*. Ann. Zootech. 44: 403-409.
- Rossi, F., A.D. Luccia, D. Vincenti, and P.S. Cocconcelli. 2004. Effects of peptide fractions from *Saccharomyces cerevisiae* on growth and metabolism of the ruminal bacteria *Megashpaera elsdenii*. Anim. Res. 53: 177-186.
- Stella, A.V., R. Paratte, L. Valnegri, G. Cigalino, G. Soncini, E. Chevaux, V. Dell'Orto, and G. Savoini. 2007. Effect of administration of live *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, milk composition, blood metabolites, and faecal flora in early lactating dairy goats. Small Rumin. Res. 67: 7-13.
- Throne, M., A. Bach, M. Ruiz-Moreno, M.D. Stern, and J.G. Linn. 2009. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal pH and microbial fermentation in dairy cows Yeast supplementation on rumen fermentation. Livest. Sci. 124: 261-265.
- Titi, H.H., A.Y. Abdullah, W.F. Lubbadah, and B.S. Obeidat. 2008a. Growth and carcass characteristics of male dairy calves on a yeast culture-supplemented diet. S. Afr. J. Anim. Sci. 38: 174-183.
- Titi, H.H., R.O. Dmoura, A.Y. Abdullah. 2008b. Growth performance and carcass characteristics of Awassi lambs and Shami goat kids fed yeast culture in their finishing diet. Anim. Feed Sci. Technol. 142: 33-43.
- Vermorel, M. 1995. Emissions annuelles de methane d'origine digestive par les bovines en France. Variations selon le type d'animal et le niveau de production, INRA Prod. Anim. 8: 265-272.
- Wallace, R.J., N. Mckain, and C.J. Newbold. 1990. Methabolism of small peptides in rumen fluid. Accumulation of intermediates during hydrolysis of alanine oligomers and comparison of peptidolytic activities of bacteria and protozoa. J. Sci. Food Agric. 50: 191-201.
- Williums, P.E. V., A. Walker, and J.C. MacRae. 1990. Rumen probiosis: The effects of addition yeast culture (viable Yeast [*Saccharomyces cerevisiae*] plus growth medium) on duodenal protein flow in wether sheep. In: Proceedings of Nutrition Society. 49: 128A.
- Wohlt, J.E., A.D. Finkelstein, and C.H. Ghung. 1991. Yeast culture to improve intake, nutrient digestibility and performance by dairy cattle during early lactation. J. Dairy Sci. 74: 1395-1400.
- Wohlt, J.E., T.T. Corcione, and P.K. Zajac. 1998. Effect of yeast on feed intake and performance of cows fed diets based on corn silage during early lactation. J. Dairy Sci. 81: 1345-1352.
- Wolin, M.J., and T.L. Miller. 1988. Microbe-microbe interactions. In: Hobson, P. J. (ed.), The Rumen Microbial Ecosystem, Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London.
- Zeenat, A.L., M. Nazimoddin, T. Tsuyoshi, T. Masahiko, Y. Takashi, K. Mitsunori, K. Shuhei, and I. Hisao. 2006. Increase of ruminal fiber digestion by cellobiose and a twin strain of *Saccharomyces cerevisiae* live cells *in vitro*. Anim. Sci. J. 77: 407-413.