บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

ระบบทางเดินอาหารของช้าง จะมีลักษณะที่คล้ายกับสัตว์ตระกูลม้ามากที่สุดเนื่องจากเป็นสัตว์กินพืชกระเพาะเดี่ยว (Monogastric) ไม่มีถุงน้ำดีและมีตำแหน่งของการหมักอาหารเหมือนกันที่ไส้ตันและลำไส้ใหญ่ ทางเดินอาหารของช้างเริ่มจากปาก หลอดอาหาร กระเพาะ ลำไส้เล็ก ไส้ตัน ลำไส้ใหญ่และทวารหนัก ซึ่งในระบบทางเดินอาหารของช้างกับม้านั้น เป็นสัตว์ที่มีการหมักย่อยอาหารที่ส่วนท้ายของระบบทางเดินอาหารเหมือนกัน(Hind Gut Fermentation) การศึกษาถึงระบบนิเวศในระบบทางเดินอาหารของช้างมีอยู่น้อยมาก จึงทำให้ยังไม่สามารถระบุถึงรายละเอียดของระบบทางเดินอาหารได้อย่างชัดเจน ทั้งชนิดของจุลินทรีย์หรือจุลชีพต่างๆ รวมไปถึงชนิดของสารคัดหลั่ง และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) ในส่วนต่างๆของระบบทางเดินอาหารก็ยังไม่มีรายงานระบุอย่างชัดเจนอีกด้วย(Ullrey et al, 1997)

ซึ่งการทำงานโดยทั่วไปของระบบทางเดินอาหารในช้างนั้น ยังต้องอาศัยการอ้างอิงข้อมูลจำนวนมากจากงานวิจัยของม้าและของสัตว์เคี้ยวเอื้อง นอกจากอวัยวะหลักในระบบทางเดินอาหารแล้วยังมีตับและตับอ่อน เป็นตัวช่วยเสริมการทำงาน โดยน้ำดีจากตับจะช่วยในการย่อยและดูดซึมไขมัน ส่วนน้ำย่อยจากตับอ่อนจะช่วยในการย่อยสลายโปรตีนและแป้ง

กล่าวถึงระบบทางเดินอาหารของม้า ชนิดของจุลชีพส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียในกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน(anaerobic bacteria) เชื้อรา (fungi) และโปรโตซัว (protozoa) ในระบบทางเดินอาหารซึ่งจะพบมากในตำแหน่งไส้ตัน (cecum) ซึ่งเป็นตำแหน่งหลักในการหมักอาหารที่มีองค์ประกอบของเซลล์พืชที่ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ เช่นเซลลูโลส(Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส(Hemicellulose) ดังนั้นหน้าที่หลักจึงเป็นจุลชีพจำพวกที่สามารถย่อยโครงสร้างเหล่านี้ได้ นั่นคือ Cellulolytic Bacteria และ Hemicellulolytic Bacteria ซึ่งการหมักย่อยของจุลชีพเหล่านี้ก็จะก่อให้เกิดสารอาหารที่สัตว์สามารถดูดซึมและนำไปใช้เป็นพลังงานได้ โดยจะได้ผลผลิตเป็นกรดไขมันสายสั้น (Short chain Fatty Acid)

ส่วนในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยจุลชีพภายในกระเพาะหมัก (microbial ecosystem in rumen)ที่เป็นกลุ่ม Cellulolytic Bacteria ได้แก่ *Fibrobacter succinogenes,Ruminococcus flavefaciens* และ *R.albus* นอกจากนั้นยังมีกลุ่มที่เป็นยีสต์ อาทิ *Saccharomyces cerevisiae* และรา *Aspergillus oryzae* (Julliand et al.,1999., Herich and Levkut, 2002)

จากการค้นคว้าพบว่า ในระบบทางเดินอาหารของม้าที่มีส่วนคล้ายกับช้างมากที่สุดพบว่ามีแบคทีเรียในกลุ่ม *Ruminococcus spp.* เป็นจำนวนมากเช่นกัน ซึ่งในช้างยังไม่มีการศึกษามากมาย

นัก พบรายงานการศึกษาของ ปราณิศา มหัตนิรันดร์กุล และพัชราภรณ์ แก้วโม่ง รายงานว่าพบเชื้อแบคทีเรียร้อยละ 64 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 25 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นการตรวจด้วยวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่พอริเมอเรสด้วยไพรเมอร์จำเพาะต่อเชื้อ *Ruminococcus* 5 สายพันธุ์ พบว่ามีผลบวกต่อเฉพาะ *Ruminococcus obeum* เพียงสายพันธุ์เดียว

อาหารที่ช้างกินเข้าไปเป็นพืชที่มีองค์ประกอบส่วนมากเป็นเซลลูโลส,เฮมิเซลลูโลส,แป้ง,และน้ำตาล ในส่วนการย่อยโปรตีนของช้าง จะเริ่มจากกระเพาะอาหารต่อเนื่องไปจนถึงลำไส้เล็ก ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกันกับการย่อยคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ช้างเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยวที่มีการหมักย่อยอาหารในไส้ตันและลำไส้ใหญ่ส่วนต้น โดยอาศัยจุลชีพชนิดต่างๆ(แบคทีเรีย,ยีสต์,เชื้อราและโปรโตซัว) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับที่พบในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้อง(Ullrey et al, 1997) ซึ่งจุลชีพที่มีประโยชน์ในการช่วยหมักย่อยอาหารที่ช้างกินเข้าไปนั้นมีหลากหลายชนิด แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงระบบนิเวศในระบบทางเดินอาหารของช้างอย่างจริงจัง มีเพียงการศึกษาอย่างคร่าวๆโดย Ullrey และคณะกล่าวว่าปริมาณของแบคทีเรียและโปรโตซัวที่พบในลำไส้เล็กของช้าง โดยที่ตำแหน่ง Duodenum มีปริมาณน้อยที่สุด และเพิ่มจำนวนขึ้นที่ส่วน Jejunum และ Ileum ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้จะย่อยเยื่อใยของพืช ได้แก่เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ซึ่งในช้างจะไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์เหมือนในสัตว์กินพืชชนิดอื่น การหมักย่อยเยื่อใยโดยจุลชีพจะทำให้เกิดกรดไขมันระเหย (Volatile fatty acid) ซึ่งร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ หากเราสามารถที่จะทราบชนิดของจุลชีพที่สำคัญต่อการย่อยอาหารของช้าง และมีการนำกลับไปใช้เติมในอาหารสำหรับช้างแล้ว ปัญหาในระบบทางเดินอาหารของช้างอาจจะลดลง และทำให้ช้างมีสุขภาพที่ดีขึ้นได้

ในมนุษย์หรือในสัตว์เลี้ยงเพื่อเป็นอาหารและสัตว์เศรษฐกิจ ได้มีการนำแบคทีเรียชนิดต่างๆที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมาใช้ในการช่วยส่งเสริมสุขภาพให้ดีขึ้น เป็นเวลานานแล้วซึ่งชนิดของแบคทีเรียและจุลชีพที่มีประโยชน์นั้นมีมากมายหลายชนิด

จุลินทรีย์โปรไบโอติก คือจุลินทรีย์ที่บริโภคเข้าไปแล้วจะให้ผลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคโดยเฉพาะระบบทางเดินอาหาร เชื้อจุลินทรีย์ที่จัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก คือเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก (Lactic acid bacteria) ที่พบในทางเดินอาหารของคนและสัตว์ และในอาหารหมักดองต่างๆ ซึ่งอยู่ในจีนัส (Genus) *Lactobacillus* , *Enterococcus* และ *Bifidobacterium*

เชื้อแบคทีเรียในจีนัส *Lactobacillus* ที่จัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกได้แก่ *L. acidophillus, L. crispatus, L. amylovorus, L. gallinarum, L.johnsonii, L. casei, L. paracasei, L. ramnosus, L. reteri* และ *L.fermentum*(Ibid)

เชื้อแบคทีเรียในจีนัส Enterococcus ที่จัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกได้แก่ *E. Faecium* และ *E. Faecalis*

เชื้อแบคทีเรียในจีนัส *Bifidobacterium* เกือบทุกชนิดจัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก สัตว์แต่ละชนิดจะมีชนิดและสายพันธุ์ของ *Bifidobacterium* เฉพาะ แต่มีที่สำคัญที่ใช้ในปศุสัตว์และคนคือ *B. animalis, B. bifidum* และ *B. infantis*

เชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อย Cellulose และ Hemicellulose ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพสัตว์และอาจจัดเป็นโปรไบโอติกในโคและม้า ได้แก่ *Fibrobacter succinogenes* ,*Ruminococcus flavefaciens* และ *R.albus* ชนิดที่เป็นยีสต์เช่น *Saccharomyces cerevisiae*, รา เช่น *Aspergillus oryzae* (Musa, 2009 ,Guillot)

ตัวอย่างคุณประโยชน์ของโปรไบโอติกบางชนิด(สุญาณี, 2549)

- รักษาสมดุลย์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหาร และการควบคุมเชื้อโรคที่ติดต่อระบบทางเดินอาหาร มีรายงานวิจัยมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1900 แล้วว่า *L. acidophilus* และ *B. bifidum* มีบทบาทในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารทั้งในสิ่งมีชีวิต (in vivo) และในหลอดทดลอง (in vitro) *L. acidophilus* หลายสายพันธุ์สามารถสังเคราะห์สารปฏิชีวนะที่เป็นพวกแบคเทอริโอซิน (Bacteriocin) ได้

- ควบคุมระดับโคเลสเตอรอลในเลือด *L. acidophilus* เมื่อเจริญในสภาพที่เหมาะสม คืออยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic condition) และมีน้ำดี (Bile) เป็นส่วนประกอบจะสามารถใช้โคเลสเตอรอลได้ (Cholesterol assimilation) ได้ ปรับปรุงความสามารถในการใช้น้ำตาลแลคโตสในผู้ที่ไม่สามารถใช้น้ำตาลแลคโตสได้ (Lactose malabsorption, lactose intolerance or lactose maldigestion) *L. accidophilus* สามารถสังเคราะห์เอนไซม์ β-galactosidase ได้เช่นเดียวกับ *Bifidobacteria* มีงานวิจัยที่ค่อนข้างใหม่เกี่ยวกับเรื่องนี้ ได้ทดลองปรับปรุงการย่อยแล็คโตสของคนโดยใช้ *L. acidophilus* ผสมลงในน้ำนมที่ยังไม่ได้หมัก

- การต่อต้านสารก่อมะเร็ง (Anticarcinogenic action) และสารก่อการกลายพันธุ์ (Antimutagenicity) แบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติกส่วนใหญ่สามารถต่อต้านการเกิดสารก่อมะเร็งได้ เช่น การใช้นมหมักโดยเชื้อ *L. acidophilus* LA-2 ให้คนดื่ม แล้วตรวจสอบการต่อต้านสารก่อการกลายพันธุ์ในอุจจาระ

- การกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Immunomodulating effect) มีสมมุติฐานว่าแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกหลายสายพันธุ์มีความสามารถในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกาย

กลไกการทำงานของโปรไบโอติก เมื่อเจ้าบ้าน (host) ได้รับโปรไบโอติกเข้าไปแล้วมันจะผ่านกระเพาะเข้าไปเจริญเติบโตหรือเกาะติดกับผนังลำไส้เล็กทุกส่วน โดยเฉพาะการแทรกตัวอยู่ตามร่อง

วิไล (villi) ของลำไส้เล็ก มีการย่อยสลายกากอาหารแล้วสร้างกรดแลกติก กรดแลกติกจะทำลายหรือยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค การเกาะติดของจุลินทรีย์โปรไบโอติกจะแพร่กระจายทุกพื้นที่ทำให้จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ไม่มีพื้นที่สำหรับการเกาะติด การรับจุลินทรีย์โปรไบโอติกเข้าไปเป็นสิ่งแปลกปลอมจะดึงดูดพวก แมคโคฟาร์จ จึงเป็นการกระตุ้นให้มีภูมิคุ้มกันเฉพาะแห่งได้ดีขึ้น นอกจากนี้จุลินทรีย์โปรไบโอติกยังมีความสามารถในการผลิตสารซึ่งจำเป็นต่อเจ้าบ้าน เช่น กรดอะมิโน กรดแลกติกและไวตามิน

ความสมดุลย์ของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารจะทำให้เกิดการพัฒนาในลำไส้เล็ก ทำให้คนและสัตว์มีความสามารถในการต้านทานโรค โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ซึ่งในการสร้างความสมดุลย์นี้เรียกว่า แบคทีเรียลแอนตาโกนิซึ่ม (Bacterial antagonism) หรือโคโลไนเซชั่นรีสีสแตนส์ (Colonization resistance) ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดยูไบโอซีส (Eubiosis) ขึ้นโดยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ จะทำให้ระบบการย่อยอาหารและการดูดซึมดีขึ้นตามปกติในการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารจะเกิดจากสภาพแวดล้อมและอาหารที่กินเข้าไป การใช้สารปฏิชีวนะและความเครียด ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการสูญเสียสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ จะมีผลทำให้เกิดแบคทีเรียก่อโรคเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ซึ่งจุลินทรีย์โปรไบโอติกสามารถลดอาการดังกล่าวได้โดยกลไกการทำงานดังนี้

- สามารถสร้างกรดโดยเฉพาะกรดแลกติกได้ ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นนี้สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้
- สร้างสารบางชนิดที่ออกฤทธิ์ในการทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ที่เรียกว่า Bacteriocin
- สามารถเจริญในลำไส้และแผ่กระจาย ยึดเกาะกับผนังของลำไส้ป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ก่อโรคเจริญเติบโตได้
- สามารถกระตุ้นให้ร่างกายสร้างสาร antibody ขึ้นได้ โดยเฉพาะที่เรียกว่า Local immunity
- สร้างสารที่เป็นประโยชน์แก่ร่างกายของคนและสัตว์ เช่น กรดไขมัน กรดอะมิโน และวิตามิน
- สามารถกระตุ้นให้เกิดเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซท์หรือแมคโคฟาร์จ มารวมตัวกันซึ่ง แมคโคฟาร์จ จะเป็นตัวทำลายเชื้อโรคโดยตรง

คุณสมบัติของจุลินทรีย์โปรไบโอติกที่ดี

1. เจริญเติบโตง่าย และมีความสามารถในการยังชีพอยู่ในลำไส้เจ้าบ้านได้ มีอัตราการรอดชีวิตสูง เมื่อผ่านระบบต่างๆ ของร่างกายเช่น ในปาก ในกระเพาะอาหาร ซึ่งต้องทนได้ในทุกสภาวะในระบบทางเดินอาหาร
2. สามารถจับกับเซลล์ในผนังลำไส้ได้ดี และเจริญเติบโตได้ดีด้วย
3. ต้องไม่เป็นตัวก่อให้เกิดโรค ไม่เป็นอันตรายต่อเจ้าบ้าน
4. ต้องสามารถต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์อื่นที่ก่อให้เกิดโรคโดยสร้างสาร antimicrobial substance และกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของ local immunity ได้
5. สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะมีแหล่งอาหารน้อย
6. มีการใช้อาหารแล้วผลิตกรดแลกติก
7. มีความคงทนต่อสภาพแห้งได้นาน สามารถที่จะนำมาผลิตหรือผสมอาหารได้
8. ต้องมีความสามารถเจริญได้ในอุณหภูมิที่กว้าง คือระหว่าง 20 – 60 องศาเซลเซียส
9. ต้องมีคุณสมบัติในการเจริญเติบโตรวดเร็ว คือมีค่า Generation time ต่ำ
10. ไม่มีคุณสมบัติในการถ่ายทอดพันธุกรรมการต้านยา
11. ไม่ก่อให้เกิดหรือสร้างสารพิษ ซึ่งสามารถตกค้างได้
12. สร้างสารปฏิชีวนะ (Bacteriocin)
13. ช่วยย่อยสลายกากอาหาร ให้ กรดอะมิโน กรดไขมัน และวิตามินเป็นต้น