บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของไก่มีมากมายทั้งชนิดและจำนวน ในไก่ที่มีอายุน้อยมักมีจำนวนชนิดของแบคทีเรียที่อาศัยในลำไส้น้อย แต่ก็ยังไม่มีภาวะสมดุลในลำไส้ จนกระทั่งไก่มีอายุได้ประมาณ 3 - 6 สัปดาห์ แบคทีเรียในลำไส้จึงเข้าสู่ภาวะสมดุล การเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมในลำไส้ของไก่อายุน้อยมักจะมีมากกว่าไก่อายุมาก เนื่องจากสภาวะความเป็นกรด-ด่างอยู่ในสภาวะที่สูง เพราะสร้างกรดแลคติกและกรดไขมันอื่น ๆ ได้จำนวนน้อย จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นมีผลทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียแกรมลบ เช่น *E. coli* สามารถที่จะเจริญเติบโตได้ดีในลำไส้ของสัตว์อายุน้อยและยังมีปัจจัยเสริมอื่น ๆ เช่น การย่อยได้ของสารอาหารในลำไส้ของไก่ซึ่งไก่อายุน้อยการทำงานของระบบย่อยอาหารยังไม่สมบูรณ์ อีกทั้งยังมีสารอาหารที่ไก่ไม่มีเอนไซม์ที่จะช่วยย่อยสารอาหารให้ดูดซึมได้ ทำให้มีอาหารเหลือสำหรับการเจริญของแบคทีเรียในลำไส้ได้ สารอาหารที่ย่อยไม่ได้โดยตัวสัตว์มีผลในการรบกวนภาวะสมดุลในลำไส้ โดยสารอาหารส่วนที่ย่อยไม่ได้ มักจะเป็นสารอาหารกลุ่มน้ำตาลที่ไม่ใช่น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส ซึ่งเป็นน้ำตาลกลุ่มที่ไก่ย่อยไม่ได้ เนื่องจากสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่มีเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อย และน้ำตาลกลุ่มที่ย่อยไม่ได้มักจะละลายน้ำและมีผลในการขัดขวางการดูดซึมของสารอาหารอื่นอีกด้วย น้ำตาลที่ย่อยไม่ได้เหล่านี้เรียกว่า น้ำตาลหลายโมเลกุล ที่ไม่ใช่แป้งและสามารถละลายน้ำได้ (Water-soluble viscous non-starch polysaccharides, NSP) พบมากในวัตถุดิบที่มาจากพืช

การที่มี NSP ในอาหารจะมีผลต่อแบคทีเรียในลำไส้ โดยทำให้แบคทีเรียในลำไส้ (*E. coli*, *Clostridium sp.* และ Enterococci) เปลี่ยนแปลงไป และเชื่อว่า NSP ในอาหาร ลดการย่อยและดูดซึมสารอาหาร และยังมีผลทำให้สารอาหารค้างอยู่ในลำไส้และผ่านท่อทางเดินอาหารไปอย่างช้า ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการหมักของสารอาหารในท่อทางเดินอาหารมากขึ้น ทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีตามมา และเป็นที่ทราบกันดีว่าแบคทีเรียมีผลต่อการนำสารอาหารไปใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไขมัน ซึ่งในการย่อยไขมัน น้ำดีเป็นส่วนสำคัญ โดยน้ำดีจะรวมตัวกับไขมันและทำให้ไขมันแตกตัวได้ดีในรูปของไมเซล (Micelle) ซึ่งเป็นขบวนการสำคัญในการย่อยไขมัน แบคทีเรียจำนวนมากในลำไส้สามารถที่จะลดขบวนการดังกล่าว หรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับขบวนการของน้ำดี การเพิ่มการทำงานของแบคทีเรียในลำไส้เล็กจะมีผลทำให้การทำงานของน้ำดีลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้ไขมันถูกย่อยและดูดซึมได้น้อยลง อย่างไรก็ตามกรดไขมันสายสั้น (Short chain fatty acid) และกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) สามารถที่จะดูดซึมได้ในรูปอิสระ ซึ่งแบคทีเรียจะไม่มีผลในการลดการดูดซึม

นอกจากนี้แบคทีเรียในลำไส้มีผลต่อลักษณะของโครงสร้างของเซลล์ผนังลำไส้ ซึ่งเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการดูดซึมสารอาหาร โดยแบคทีเรียแต่ละชนิดจะมีผลที่เกิดกับโครงสร้างของเซลล์ผนังลำไส้แตกต่างกันไป เช่น แบคทีเรีย โคลิฟอร์ม (Coliform) และคลอสตริเดียม (Clostridium) ทำให้ผนังเซลล์ที่ดูดซึมอาหารของไก่ไข่มีจำนวนลดลง ทำให้การดูดซึมอาหารน้อยลง อิทธิพลของแบคทีเรียต่อผนังลำไส้มีผลต่อการจับตัวเป็นกลุ่มของแบคทีเรีย (Colonization) และจะมีผลต่อสุขภาพและการทนได้ของไก่ ส่วนใหญ่แบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้จะจับอยู่บริเวณที่จับ (Receptor) หรือผิวลำไส้ โดยแบคทีเรียหลาย ๆ ชนิด จะมีการแย่งจับที่บริเวณที่จับ (Receptor) เรียกว่า Competitive exclusion วิธีการนี้มักจะป้องกันการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค (Pathogenic bacteria) การที่แบคทีเรียที่มีประโยชน์เข้ามาจับและแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนในลำไส้ พบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างการทำงานของแบคทีเรียและระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายสัตว์ ซึ่งอิทธิพลของแบคทีเรียที่มีต่อภูมิคุ้มกันขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นพอจะสรุปได้ว่า แบคทีเรียในลำไส้มีผลต่อการย่อยและการดูดซึมอาหารของไก่ นอกจากนี้ยังมีผลต่อสุขภาพอีกด้วย แบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้ยังสามารถป้องกันการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อโรคได้ โดยจับตัวที่ผนังลำไส้และก่อให้เกิดภูมิคุ้มกันที่บริเวณลำไส้ ผลของแบคทีเรียที่มีต่อการย่อยและการดูดซึมอาหารขึ้นอยู่กับการทำงานของแบคทีเรีย ดังนั้นการใช้สารทดแทนยาปฏิชีวนะ ควรจะเลือกสารที่สามารถลดจำนวนแบคทีเรียที่เป็นโทษ และเป็นสารที่สามารถเพิ่มจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้ (ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท ออลเวท จำกัด, 2544ก และ 2544ข)

การศึกษาถึงค่าความเป็นกรด-ด่างในทางเดินอาหารของสัตว์ปีกชนิดต่าง ๆ พบว่า สภาวะในทางเดินอาหารส่วนต่าง ๆ ของไก่ค่อนข้างเป็นกรด โดยที่กระเพาะพักมีค่ากรด-ด่าง 4.5, กระเพาะจริง 4.4, กระเพาะบด 2.6, ลำไส้เล็กส่วนต้น 5.7 - 6.1, ลำไส้เล็กส่วนกลาง 5.8 - 5.9, ลำไส้เล็กส่วนท้าย 6.3 - 6.4, ลำไส้ใหญ่ หรือทวารหนัก 6.3 และที่ไส้ติ่ง 5.7 ส่วนน้ำดีอยู่ในช่วง 5.0 - 6.8 ข้อมูลบางแห่งสรุปว่าลำไส้ใหญ่มีสภาพค่อนข้างเป็นด่าง ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น การอดอาหารมีผลทำให้สภาพในลำไส้ค่อนข้างเป็นกรด แม้ว่าสภาพความเป็นกรด-ด่างในลำไส้มิได้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร แต่การให้ไก่กินเกลือของด่าง (Basic salts) จะมีผลต่อการเพิ่มค่ากรด-ด่างขึ้นได้ (เพิ่มศักดิ์, 2546)

โรคติดเชื้อ อี. โคไล (*Escherichia coli*)

เป็นโรคติดเชื้อที่มีความสำคัญ และก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมากในอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ โดยเฉพาะในไก่กระทง ซึ่งสาเหตุเกิดจาก *Escherichia coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ และสามารถพบเชื้อนี้ได้ในลำไส้ของสัตว์ทั่วไป Harry and Hemsley (1969) ได้

ตรวจพบอี. โคไลซีโรไทป์ที่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic serotype) ประมาณ 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ ของแบคทีเรียที่พบในลำไส้ของไก่ปกติ และอาจพบหลายซีโรไทป์ที่ถุงหุ้มหัวใจ (Pericardial sac) โรคนี้สามารถพบได้ในไก่ทุกอายุ แต่มักเกิดความเสียหายรุนแรงในไก่อายุ 4 - 5 สัปดาห์ ขณะที่ Barbour *et al.* (1985) กล่าวว่าพบโรคนี้ในไก่ช่วงอายุ 6 - 10 สัปดาห์ และสามารถทำให้เกิดโรคในไก่เล็กและตัวอ่อนในไข่ฟักได้ โดยพบอัตราการตายระหว่าง 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ เชื้ออี. โคไลสามารถพบได้หลายซีโรไทป์ แต่ซีโรไทป์ที่เป็นตัวก่อโรคในไก่ ได้แก่ O1, O2, O35 และ O78 แต่จากการแยกเชื้อจากไก่ที่ป่วยเป็นโรคในประเทศไทยพบ O78 มากที่สุด (12.5%) การติดเชื้อ อี. โคไลในไก่มีความสำคัญในการเป็นตัวแทรกซ้อนของโรคระบบทางเดินหายใจอื่น ๆ โดยเฉพาะโรคติดเชื้อเอ็ม. จี. (*Mycoplasma gallicepticum*) ซึ่งเกรียงศักดิ์ และคณะ (2529) ได้ทำการศึกษาตรวจหาเชื้ออี.โคไล และมัยโคพลาสมา และสรุปสาเหตุของกลุ่มอาการและรอยโรคของถุงลมอักเสบในไก่กระทงว่าเกิดจากเชื้อ อี. โคไล เพียงอย่างเดียว

เกรียงศักดิ์ และนิทัศน์ (2536) รายงานไว้ว่าฟาร์มไก่กระทงที่มีปัญหาของโรคติดเชื้ออี. โคไล เพียงอย่างเดียวมีสูงถึง 54 ฟาร์มจาก 64 ฟาร์ม พบการระบาดของโรค เอ็ม. จี. เพียงอย่างเดียว 1 ฟาร์ม ส่วนนอกนั้นไก่เกิดเป็นโรคอื่น จึงสรุปว่ากลุ่มอาการและรอยโรคดังกล่าวมีสาเหตุมาจากเชื้อ อี. โคไล เพียงอย่างเดียว

โรคติดเชื้อ อี. โคไล สามารถป้องกันและรักษาด้วยยาปฏิชีวนะที่มีผลต่อแบคทีเรียแกรมลบหรือยาที่ออกฤทธิ์วงกว้าง แต่การใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาซ้ำหลายครั้ง จะเป็นผลให้เชื้อ อี. โคไล ต้านยาชนิดนั้น ซึ่งพบการต้านยาเกิดขึ้นทุก ๆ การแบ่งตัวของเชื้อที่ $10^6 - 10^8$ ครั้ง จากการรวบรวมผลการทดสอบความไวของเชื้อ อี. โคไล ที่แยกได้จากไก่ โดยนิวัตร และคณะ (2538) พบว่า 80% ต้านยา nalidixic acid, oxolinic acid, sulfamethoxasole+trimethoprim, sulfadiazine, tetracycline, chlortetracycline, doxycycline, kanamycin, novobiocin และ erythromycin

โรคซาลโมเนลโลซิส (Salmonellosis)

เป็นโรคที่เกิดจากเชื้อซาลโมเนลลาที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ทั่วโลก เชื้อซาลโมเนลลาสายพันธุ์ที่สำคัญและพบมากที่สุด คือ *Salmonella enteritidis* ซึ่งไก่สามารถเป็นโรคนี้ได้ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง ความเสียหายในลูกไก่มักพบเป็นแบบเฉียบพลัน มีอัตราการตายสูง ไก่ที่รอดตายจะแคระแกร็น การเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ และเป็นพาหะของโรค ในไก่ใหญ่ที่เป็นโรคหรือเป็นพาหะของโรคพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ไข่ลดลง เปอร์เซ็นต์การฟักออกของไข่ลดลง และมีการแพร่เชื้อโรคผ่านไข่ ทั้งยังสามารถทำให้เกิดการติดเชื้อและเป็นโรคได้ทั้งในคนและในสัตว์ แม้ว่าจะได้รับเชื้อในปริมาณเล็กน้อยก็ตาม โรคซาลโมเนลโลซิส

จัดอยู่ในกลุ่มของโรคสัตว์ติดคน (Zoonosis) ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะไก่เป็นแหล่งแพร่เชื้อที่สำคัญ (นนทชัย และคณะ, 2541)

ในประเทศไทยคนที่ป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วงที่มีสาเหตุมาจากเชื้อซาลโมเนลลามีมากขึ้น สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากอาหารที่รับประทาน ได้แก่ เนื้อไก่และผลิตภัณฑ์ การปนเปื้อนของเชื้อซาลโมเนลลาเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุข และเป็นปัญหาที่ส่งผลต่อการส่งออกเนื้อไก่ไปยังต่างประเทศอีกด้วย (Boonmar *et al.*, 1999) การควบคุมและป้องกันเชื้อซาลโมเนลลาต้องปฏิบัติหลายอย่างร่วมกัน โดยใช้ความละเอียด ถี่ถ้วนและถูกต้อง เช่น มีการจัดการฟาร์มที่ดี มีการจัดการโรงฟักที่ดี การใช้วัคซีน การใช้วิธียับยั้งโดยใช้แบคทีเรีย (Competitive exclusion) และการใช้สารยับยั้ง (Salmonella inhibitor) เช่น กรดอินทรีย์ มีรายงานการทดลองใช้กรดอินทรีย์ในวิธีการและรูปแบบต่าง ๆ ในการควบคุมเชื้อซาลโมเนลลา เช่น การทดลองใช้กรดอินทรีย์ฆ่าเชื้อที่เปลือกไข่เพื่อป้องกันการติดเชื้อ นอกจากนี้มีการทดลองให้ไก่กินน้ำผสมกรดอินทรีย์เพื่อดูผลต่อระดับของคลอเตตราไซคลินในเลือด และการศึกษาการใช้ความร้อนและกรดโปรพิโอนิค (Propionic acid) ทำลายเชื้อซาลโมเนลลาในอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ อนึ่งการเลี้ยงไก่เป็นอุตสาหกรรม การใช้กรดอินทรีย์ผสมในอาหารจะเป็นการสะดวกกว่าการที่ใช้ผสมในน้ำ (นนทชัย และคณะ, 2541)

กรดอินทรีย์ (Organic acids)

กรดอินทรีย์ (Organic acids) คือ สารประกอบที่มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_nH_{2n}O_2$ โดยที่ n เริ่มตั้งแต่ 1, 2, 3, ... และมีสูตรทั่วไปเป็น R-COOH เมื่อเอาหมู่อัลคิล (Alkyl) ออกจะเหลือ –COOH ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันนัลของกรดอินทรีย์ เรียกว่า หมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) หรือหมู่คาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid) กรดคาร์บอกซิลิกในสารละลายน้ำจะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง และทำปฏิกิริยากับเบสแก่ให้น้ำกับเกลือ โครงสร้างของกรดอินทรีย์ประกอบด้วยหมู่คาร์บอนิล (– C = O, Carbonyl) ที่ก่อพันธะกับหมู่ไฮดรอกซิล (– OH, Hydroxyl) ซึ่งรวมกันเรียกว่าหมู่คาร์บอกซิล กรดอินทรีย์เป็นสารประกอบมีขั้ว (Polar compound) สามารถก่อพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ทำให้กรดอินทรีย์สามารถละลายน้ำได้ (พรพรรณ, 2540)

กรดอินทรีย์มีคุณสมบัติเป็นกรด (Acidity) เมื่ออยู่ในสารละลายน้ำ กรดจะแตกตัวให้ไอออน เรียกการเกิดไอออนไนเซชั่น (Ionization) การแตกตัวของกรดอินทรีย์จะแตกต่างจากการแตกตัวของกรดอนินทรีย์ เช่น ไฮโดรคลอริค (HCl) ที่แตกตัวได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นกรดแก่ (Strong acid) ขณะที่กรดอินทรีย์เป็นกรดอ่อน (Weak acid) จะแตกตัวได้ไม่หมด โดยการแตกตัวจะอยู่ในสมดุลระหว่างกรดอินทรีย์ คาร์บอกซิเลทแอนไอออน และโปรตอน ดังแสดงในภาพที่ 1 กรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ จะให้ความเป็นกรดแตกต่างกัน ขึ้นกับสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ปรากฏ

ในขณะนั้น ทั้งนี้กรดชนิดต่าง ๆ จะมีค่าที่กำหนดความสามารถในการปลดปล่อยความเป็นกรด (ไฮโดรเจนไอออน, H^+) ออกมา เรียกว่าค่า pKa (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นกรดที่สารที่ให้ความเป็นกรดแต่ละชนิดจะปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนออกมาในปริมาณครึ่งหนึ่ง (ถ้าค่า pKa ของกรดอินทรีย์ที่แตกตัวมีค่าต่ำกว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย จะแตกตัวได้สูง ถ้าค่า pKa ของกรดอินทรีย์ที่แตกตัวมีค่าสูงกว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย จะแตกตัวได้ต่ำ) จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า กรดบางชนิดมีค่า pKa เพียงค่าเดียว แต่บางชนิดมีค่า pKa มากกว่า 1 ค่า ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถของกรดในการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนออกมา ในช่วงความเป็นกรด-ด่างที่หลากหลายออกไป (กรรณิการ์, 2545)

ภาพที่ 1 การแตกตัว (Ionization) ของกรดอินทรีย์

ที่มา: พงษ์ทิพย์ และธนานิช (2534)

ตารางที่ 1 การเรียกชื่อ สูตรโครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล และค่า pKa ของกรดอินทรีย์บางชนิด

ชื่อสามัญ	สูตรโครงสร้าง	น้ำหนักโมเลกุล	ค่า pKa
Formic acid	HCO_2H	46.03	3.74
Acetic acid	CH_3CO_2H	60.05	4.74
Propionic acid	$CH_3CH_2CO_2H$	74.08	7.84
Fumaric acid	$HO_2CCH_2CO_2H$	116.07	3.03 (pKa1)
			4.47 (pKa2)
Lactic acid	$CH_3CHOHCO_2H$	90.08	3.86
Citric acid	CH_2-COOH | C(OH)COOH | CH_2-COOH	192.12	3.06 (pKa1) 4.74 (pKa2) 5.40 (pKa3)

ที่มา: พรพรรณ (2540)

กรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acids) เป็นสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่สามารถพบได้จากสิ่งมีชีวิต เช่น พืช สัตว์ รวมทั้งพบได้ในสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น แบคทีเรีย นอกจากนี้กรดคาร์บอกซิลิกยังสามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้จากสารอนินทรีย์

ชนิดของกรดอินทรีย์ (กองบรรณาธิการ, 2545ก และ 2545ข)

กรดอินทรีย์สามารถแบ่งได้เป็นหลายชนิด หากแบ่งตามจำนวนของคาร์บอน มี 3 ชนิด คือ

1. กรดอินทรีย์สายสั้น มีคาร์บอนน้อยกว่า 6 ตัว เช่น กรดฟอร์มิก (Formic acid) กรดอะซิติก (Acetic acid) และกรดโพรพิโอนิก (Propionic acid)

2. กรดอินทรีย์ชนิดสายกลาง มีคาร์บอน 7 - 16 ตัว

3. กรดอินทรีย์ชนิดสายยาว มีคาร์บอนมากกว่า 16 ตัว

คุณสมบัติทางกายภาพของกรดคาร์บอกซิลิก (Physical properties of carboxylic acid) (พรพรรณ, 2540)

กรดคาร์บอกซิลิกที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ๆ จะมีกลิ่นค่อนข้างเหม็น เช่น กรดบิวทาโนอิก (Butanoic acid) มีกลิ่นเนยหืน กรดที่เป็นโซ่ตรง (Straight chain) มี C_6, C_8 และ C_{10} จะมีกลิ่นเหม็นเหมือนกลิ่นแพะ กรดคาร์บอกซิลิก ที่มี C_1 - C_{10} เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง สำหรับกรดที่มีคาร์บอนอะตอมสูงกว่าจะมีสภาพเป็นของแข็งคล้ายขี้ผึ้ง

1. จุดเดือด (Boiling point) และจุดหลอมเหลว (Melting point) พบว่า กรดคาร์บอกซิลิกที่มีมวลโมเลกุลน้อย เช่น กรดฟอร์มิกและกรดอะซิติก จะมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงผิดปกติ ทั้งนี้เนื่องจากกรดดังกล่าวเกิดพันธะไฮโดรเจน และมีแรง van der Waals สูงมาก เมื่อมวลโมเลกุลของกรดคาร์บอกซิลิกเพิ่มขึ้นจุดเดือดจะเพิ่มขึ้น โดยทุก ๆ CH_2 ที่เพิ่มขึ้น จุดเดือดจะเพิ่มขึ้นประมาณ 20 องศาเซียลเซียส เมื่อเปรียบเทียบจุดเดือดของกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลเท่ากัน จุดเดือดของกรดจะสูงกว่ามาก

2. ความหนาแน่น (Density solubility) กรดคาร์บอกซิลิกที่มี C_1 - C_4 ละลายน้ำได้ดี เพราะว่าโมเลกุลมีขั้วมากกว่า กรดคาร์บอกซิลิกที่มีคาร์บอนตั้งแต่ C_6 ขึ้นไปจะไม่ละลายน้ำ เพราะว่าโมเลกุลที่มีโซ่ยาวมาก ๆ เป็นโมเลกุลมีขั้วน้อยมากจึงละลายได้ดีในสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

การเสริมกรดอินทรีย์ในอาหารสัตว์

การนำเอากรดอินทรีย์มาใช้เสริมในอาหารสัตว์มีจุดประสงค์ เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคให้ลดลง ช่วยส่งเสริมการย่อยอาหารให้ดีขึ้น และลดระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะพักและกระเพาะอาหาร (กรรณิการ์, 2545) และกรดอินทรีย์ไม่ก่อให้เกิดสารตกค้าง ไม่มีระยะเวลาปลอดยาและไม่ทำให้เกิดการดื้อยา (บริษัท ออคต้า เมมโมเรียล จำกัด, 2546)

ชนิดของกรดอินทรีย์ที่นิยมใช้ในการผสมอาหารสัตว์และอาหารมนุษย์ คือ

1. กรดซิตริก (Citric acid) เป็นกรดอินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นของแข็ง สามารถละลายน้ำได้ พบในผลไม้จำพวกส้ม ปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ผสมในอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ จากข้อมูลการทดลองที่ศึกษาการเสริมกรดซิตริกในอาหารลูกสุกรช่วงอายุ 20 - 30 วัน เช่น การเสริมกรดซิตริกที่ระดับ 10 - 20 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ช่วยให้อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรดีขึ้น นอกจากกรดซิตริกจะช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตแล้ว กรดซิตริกยังจัดเป็นสารตัวกลางที่สำคัญชนิดหนึ่งในวิถี tricarboxylic acid cycle และยังพบว่ามีการใช้กรดซิตริกเป็น chelating agent ของแร่ธาตุ เพื่อช่วยเพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุในลำไส้ (กรรณิการ์, 2545)

2. กรดฟอร์มิก (Formic acid) มีลักษณะเป็นของเหลว ไม่มีสี พบในมด ผึ้ง และแมลงบางชนิด นิยมใช้ผสมอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพิ่มการย่อยได้ของอาหารโปรตีนให้สูงขึ้น และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้ออี. โคไล ฝ่ายทะเบียนและมาตรฐานอาหารสัตว์ กองควบคุมอาหารสัตว์ ได้กำหนดให้ใช้เป็นวัตถุประเภทสารเสริมในอาหารสำเร็จรูปได้ในอัตราส่วนไม่เกิน 2% ในอาหาร ข้อควรระวังในการใช้ คือ กรดฟอร์มิก เป็นกรดที่มีฤทธิ์การกัดกร่อนรุนแรง และมีกลิ่นฉุนมาก อีกทั้งไม่มีคุณค่าทางอาหารเลย การนำมาใช้ต้องพิจารณาให้ดี และการใช้ในปริมาณสูงเกินไปจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง (กรรณิการ์, 2545)

3. กรดฟูมาริก (Fumaric acid) เป็นกรดที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งสัตว์และจุลินทรีย์สามารถสร้างได้เองจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสัตว์ หรือขบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ ได้มีการนำเอากรดฟูมาริกมาใช้ผสมในอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพิ่มการย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารโปรตีน ลดระดับความเป็นกรด-ด่างในระบบทางเดินอาหาร มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้ออี. โคไล นอกจากนั้นกรดฟูมาริกยังสามารถใช้เป็นแหล่งให้พลังงานสำหรับสัตว์ได้ มีรายงานว่า สุกรสามารถใช้กรดฟูมาริกเป็นแหล่งพลังงานได้ โดยพบว่าการเมตาบอลิซึมกรดฟูมาริกจะให้พลังงานทั้งหมด 11.5 MJ/kg. (กรรณิการ์, 2545)

4. กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) เป็นกรดอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เพื่อการปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของสุกรหลังหย่านม แต่กรดโพรพิโอนิกเป็นกรดที่มีกลิ่นฉุนมาก และมีฤทธิ์

ในการกัดกร่อนรุนแรงมาก การเลือกใช้จำเป็นต้องระมัดระวัง เพราะการเสริมในระดับที่สูงเกินไปอาจมีอันตรายต่อตัวสัตว์ โดยทั่วไปนิยมนำไปผสมในวัตถุดิบอาหารเพื่อป้องกันเชื้อราหรือลดการเกิดเชื้อราในช่วงการเก็บรักษา (กรรณิการ์, 2545)

5. กรดแลคติก (Lactic acid) เป็นกรดอินทรีย์ ที่ช่วยในการเพิ่มรสชาติ และช่วยป้องกันการเน่าเสียในอาหารหมักดองและในผลิตภัณฑ์นม โดยทั่วไปสามารถพบกรดแลคติกในร่างกายของคน สัตว์ พืช และจุลินทรีย์ กรดแลคติกถูกตรวจพบเป็นครั้งแรกในนมเปรี้ยว โดยนักเคมีชาวสวีเดน เมื่อปี ค.ศ. 1780 ซึ่งทำให้ทราบว่ากรดแลคติกเป็นผลิตผลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ จากการสำรวจการผลิตกรดแลคติกทั่วโลก ประมาณกันว่ามีอยู่ถึง 50,000 ตันต่อปี โดยปริมาณ 2 ใน 3 ส่วนที่ผลิตได้มาจากกระบวนการหมัก ส่วนที่เหลือได้จากกระบวนการทางเคมี กรดแลคติกที่ผลิตได้ส่วนใหญ่ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยใช้กรดแลคติกทำหน้าที่เป็นตัวปรับสภาพความเป็นกรดในอาหาร เพื่อให้เกิดรสชาติของความเปรี้ยวของอาหารและเครื่องดื่ม ตลอดจนการใช้ในอาหารแปรรูปและผลิตภัณฑ์ขนมอบ กรดแลคติกยังถูกใช้เป็นสารกันบูดเพื่อป้องกันการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์อาหารได้ (สาโรจน์, 2544)

นอกจากกรดอินทรีย์ดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีกรดอินทรีย์ชนิดอื่นที่ถูกนำมาใช้ผสมในอาหาร เช่น กรดอะซิติก กรดซอร์บิก เป็นต้น การใช้กรดอินทรีย์ในอาหาร มักจะใช้กรดอินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่งผสมในอาหาร หรืออาจใช้กรดหลายชนิดผสมรวมกัน เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และการใช้สะดวกขึ้น นอกจากนั้น สารที่ให้ความเป็นกรดบางชนิดนิยมใส่เกลือของกรดลงไปควบคู่กับตัวกรดด้วย เช่น กรดซิตริกร่วมกับโซเดียมซิเตรท หรือกรดฟอร์มิกร่วมกับแอมโมเนียมฟอร์เมต เป็นต้น เพื่อวัตถุประสงค์ในการควบคุมปริมาณไฮโดรเจนไอออนที่เกิดขึ้น (Buffering capacity) จากการศึกษาที่ผ่านมา นอกจากจะใช้กรดอินทรีย์ในอาหารแล้ว ยังมีการเสริมกรดอนินทรีย์บางชนิด เช่น กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) และกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) เป็นต้น (กรรณิการ์, 2545) โดยกรดไม่มีผลในการต่อต้านสารอาหารหรือทำให้อาหารเป็นพิษ (หมอหนุ่ม, 2534)

กลไกการทำงานของกรดอินทรีย์ที่เสริมในอาหาร

1. กรดอินทรีย์ เมื่อเสริมในอาหารจะช่วยปรับให้สภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของกระเพาะลดลง ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะต่อการทำงานของเอนไซม์ ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของอาหารมีประสิทธิภาพมากขึ้น (กรรณิการ์, 2545) ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในขบวนการย่อยโปรตีน เนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยโปรตีนจะทำงานได้ดีในสภาพความเป็นกรด-ด่าง

ประมาณ 2.0 นอกจากนี้การเสริมกรดอินทรีย์ยังมีผลทำให้เชื้อแบคทีเรียในระบบทางเดินอาหารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวยับยั้ง (Competitive exclusion) บางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดี (Liu, 2001)

2. กลไกการทำงานของกรดอินทรีย์ คือ เมื่อเสริมกรดอินทรีย์ในอาหาร ในทันทีที่กรดแตกตัวจะได้ H^+ ซึ่งจะไปเกาะกับ acid binding receptor ของวัตถุดิบอาหาร ทำให้กรดเกลือในกระเพาะไม่สามารถเข้าเกาะกับ receptor ของอาหารได้ ซึ่งหมายความว่าสามารถลดค่าจำเพาะในการใช้กรด (Acid binding capacity) ที่สร้างจากกระเพาะอาหารลงได้ จึงทำให้ปริมาณกรดเกลือมีเพียงพอไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ผลจากการเสริมกรดอินทรีย์ในอาหารที่ทำให้ค่าจำเพาะในการใช้กรดลดลง โดยการขัดขวางการรวมตัวของกรดเกลือกับวัตถุดิบอาหารนี้เรียกว่า anti-buffering effect (กรรณิการ์, 2545) ค่าจำเพาะในการใช้กรด เป็นค่าหนึ่งที่วัดความสามารถในการย่อยได้ของอาหาร โดยอาหารที่กินเข้าไปจะรวมกับกรด (โดยเฉพาะ H^+ อิสระ) เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของอาหารให้เหมาะแก่การย่อยได้ เรียกค่าส่วนของอาหารที่ไปรวมกับกรดเพื่อให้เหมาะสมกับการย่อยว่า ค่าจำเพาะในการใช้กรด (Acid binding capacity หรือ Buffering capacity) อาหารที่มีโปรตีนสูง เช่น อาหารสัตว์ระยะแรก พบว่า มีค่าจำเพาะในการใช้กรดสูงด้วยเช่นกัน โดยค่านี้จะแปรผันตามปริมาณโปรตีนในอาหาร ซึ่งนมผง ปลาป่น ถั่วเหลือง มีค่าจำเพาะในการใช้กรดสูงกว่าธัญพืชประมาณ 3 - 6 เท่า โดยค่านี้มีหน่วยเป็น Meq./kg. (Milli-equivalent/kilogram) ซึ่งหมายถึงปริมาณกรดเกลือที่เสริมในอาหารจำนวน 1 กิโลกรัม ที่ทำให้ pH มีค่าลดลงไปที่ pH 3 ในเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าจำเพาะในการใช้กรดของวัตถุดิบอาหารบางชนิด

วัตถุดิบ	ค่าจำเพาะในการใช้กรด (Meq./kg.)[1/]
ข้าวบาร์เลย์	200 – 300
ข้าวโพด	160 – 200
กากถั่วเหลือง	850 – 1,200
ปลาป่น	1,500 – 1,900
หางนมผง	1,200 – 1,500
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	6,500 – 7,500
หินฝุ่น	ประมาณ 20,000

[1/]Meq./kg ยิ่งสูงก็ยิ่งมีความต้องการใช้กรดเพิ่มขึ้น

ที่มา: ชรินทร์(2539)

3. กรดสามารถออกฤทธิ์ต่อจุลชีพต่าง ๆ ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม กลไกการออกฤทธิ์ทางตรง เช่น กรดฟอร์มิกยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ของยีสต์และแบคทีเรีย กรดซอร์บิกยับยั้งการทำงานในขบวนการสร้างกรดซิตริก (Citric acid cycle) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงาน มีผลทำให้จุลชีพสูญเสียพลังงาน นอกจากนี้ยังยับยั้งการสร้างเยื่อหุ้มเซลล์และขบวนการออกซิเดชันของกรดไขมัน ส่วนกรดโพรพิโอนิกจะขัดขวางการขนส่งสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และต่อต้านอะลานิน (Alanine) กรดแต่ละชนิดมีผลต่อการยับยั้งจุลชีพแต่ละชนิดมากน้อยแตกต่างกันไป เช่น กรดฟอร์มิกและกรดอะซิติกจะมีผลต่อยีสต์และแบคทีเรีย กรดโพรพิโอนิกและกรดซอร์บิกมีผลต่อทั้งยีสต์ รา และแบคทีเรีย กรดเบนโซอิก (Benzoic acid) มีผลต่อยีสต์และแบคทีเรีย นอกจากนี้ยังสามารถออกฤทธิ์ทางอ้อมต่อจุลชีพได้ เนื่องจากเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วง pH 1.5 - 10.0, ยีสต์เจริญเติบโตได้ในช่วง pH 1.5 - 9.0, แลคโตบาซิลลัสเจริญเติบโตได้ในช่วง pH 2.5 - 8.0 และแบคทีเรียในลำไส้ เช่น อี. โคไล, ซาลโมเนลลาเจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH 4.5 - 8.0 ดังนั้นการใช้สารให้ความเป็นกรดในอาหาร ทำให้จุลชีพต่าง ๆ ในระบบทางเดินอาหารไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เช่น ที่ pH น้อยกว่า 1.5 ยีสต์และเชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ส่วนแบคทีเรียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ pH น้อยกว่า 4.0 เพื่อลดการติดเชื้อจากภายนอกตัวสัตว์ สามารถใส่กรดลงในอาหารสัตว์, วัตถุดิบอาหารสัตว์, ขบวนการผลิต, น้ำดื่ม และสามารถใช้ป้องกันการเติบโตของจุลชีพต่าง ๆ ที่อยู่ตามผนังและวัสดุรองพื้น สำหรับการออกฤทธิ์แบบจำเพาะภายในร่างกายสัตว์เมื่อสัตว์กินเข้าไป กรดอินทรีย์จะช่วยควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค ทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สามารถเจริญได้ดี ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการเลิกใช้ยาปฏิชีวนะในอนาคต (กองบรรณาธิการ, 2545ก และ 2545ข) มีรายงานว่า กรดอินทรีย์สามารถแทรกผ่านผนังเซลล์ (Cell wall) เข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอินทรีย์สายโซ่สั้นที่มีลักษณะคล้ายกับกรดไขมัน (Fatty acid) เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดแลคติก การเข้าสู่ภายในเซลล์ของแบคทีเรียที่มีสภาพเป็นกลาง มีผลทำให้กรดอินทรีย์มีการแตกตัวได้แอนไอออน ($R\text{-}COO^-$) และโปรตอน (H^+) ทำให้สภาวะภายในเซลล์ของแบคทีเรียมี H^+ อยู่มาก แบคทีเรียจะต้องใช้พลังงานมากในการกำจัด H^+ ออกจากเซลล์ บางครั้งมีผลทำให้แบคทีเรียตายได้ นอกจากนี้ส่วนของแอนไอออนของกรดจะไปรบกวนการสังเคราะห์สารพันธุกรรม (DNA) ที่จำเป็นในการขยายเผ่าพันธุ์ของจุลินทรีย์ ทำให้สามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เป็นโทษ (กรรณิการ์, 2545)

การเสริมกรดอินทรีย์ในอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต

วิบูลย์ (2540) รายงานว่า การเติมกรดฟูมาริกในอาหารที่ระดับ 0, 2 และ 3% จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของลูกสุกรเพิ่มขึ้น และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น โดยพบว่าในกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลือง ลูกสุกรจะตอบสนองสูงสุดที่ระดับกรดฟูมาริก 3% ส่วนในกลุ่มที่ใช้นมผง ลูกสุกรจะตอบสนองที่ระดับกรดฟูมาริก 2% เท่านั้น จึงทำการทดลองซ้ำเพื่อทดสอบสมมุติฐานที่ว่า ลูกสุกรที่ได้รับอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองจะตอบสนองต่อกรดฟูมาริกได้ดีกว่าการใช้นมในอาหาร เนื่องจากลูกสุกรย่อยโปรตีนจากกากถั่วเหลืองได้ยากกว่าโปรตีนจากนม จึงเห็นผลในการตอบสนองต่อกรดฟูมาริกของอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองได้ชัดเจนกว่า ต่อมาได้ใช้โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Soy-protein concentrate) เปรียบเทียบกับโปรตีนจากนมโดยตรงคือเคซีน (Casein) สรุปได้ว่า อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อของลูกสุกรดีขึ้นจากการเติมกรดฟูมาริก 3% ในอาหาร และพบว่าชนิดของอาหารและกรดฟูมาริกมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ลูกสุกรในกลุ่มที่ได้รับโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น มีอัตราการตอบสนองต่อกรดฟูมาริกได้ดีกว่า (กลุ่มที่เติมกรดมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มเป็น 174 กรัมต่อวัน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เติมกรดมีอัตราการเจริญเติบโตเพียง 123 กรัมต่อวัน หรือมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 51 กรัมต่อวัน) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้โปรตีนเคซีนด้วยกัน ดังแสดงในตารางที่ 3 ในการทดลองดังกล่าวได้มีการเติม Sodium bicarbonate ในอาหารลูกสุกรในกลุ่มที่ใช้โปรตีนเคซีนอีกกลุ่มหนึ่ง เพื่อดูผลของการปรับสภาพอาหารให้เป็นกลาง (Neutralization ของกรด) เป็นที่น่าสนใจว่า ลูกสุกรมีการตอบสนองเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมสารคาร์บอเนตในอาหาร โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเป็น 198 กรัมต่อวัน และ วิบูลย์ (2540) ได้ทำการทดลองซ้ำถึงผลของสารคาร์บอเนตดังกล่าว และได้อธิบายไว้ว่าสารคาร์บอเนตมีส่วนช่วยปรับระดับกรดที่มากเกินไป (Correction of a metabolic acid load, H^+)

Falkowshi and Aherne (1984) ทดลองเสริมกรดฟูมาริกและกรดซิตริกที่ระดับ 1 และ 2% ในอาหารลูกสุกร พบว่า การเสริมกรดฟูมาริกและกรดซิตริกทั้งสองระดับ มีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารของลูกสุกรดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณอาหารที่กินมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าลูกสุกรที่ได้รับอาหารที่เสริมกรดฟูมาริกและกรดซิตริกทั้งสองระดับ มีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และมีปริมาณอาหารที่กินต่ำลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม สอดคล้องกับการทดลองของ Henry *et al.* (1985) ที่รายงานว่า การเสริมกรดฟูมาริกที่ระดับ 15 กรัมต่อกิโลกรัม ในอาหารลูกสุกรอายุ 10 วัน ทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

Patten and Waldroup (1988) ได้ทำการทดลองเสริมกรดฟูมาริกและแคลเซียมฟอร์เมทในอาหารไก่ระทง โดยเสริมกรดฟูมาริกที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5% และใช้แคลเซียมฟอร์เมทที่

ระดับ 0, 0.72, 1.48, 2.20 และ 2.89% ในไก่กระทงเพศผู้อายุ 1 – 21 วัน พบว่า การเสริมกรดฟูมาริกที่ระดับ 0.5 และ 1.0% มีผลช่วยปรับปรุงน้ำหนักตัว แต่ไม่มีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร และยังพบว่า การผสมแคลเซียมฟอร์เมทในระดับที่มากกว่า 0.72% มีผลทำให้น้ำหนักตัวและการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารลดลง และยังมีการทดลองเสริมแคลเซียมฟอร์เมทที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5% ในไก่กระทงเพศผู้และเพศเมีย โดยเลี้ยงจนถึง 49 วัน พบว่าการเสริมแคลเซียมฟอร์เมทที่ระดับ 0.5 และ 1.0% ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวและการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร แต่การเสริมที่ระดับ 1.5% มีผลทำให้น้ำหนักตัวที่อายุ 49 วัน ของเพศเมียลดลง ส่วนเพศผู้ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ผลของการใช้กรดฟูมาริกในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Soy-protein concentrate) และเคซีน

	แหล่งโปรตีน					
	ถั่วเหลือง		**เคซีน**			**SEM**[1/]
กรดฟูมาริก (%)	**0**	**3**	**0**	**3**	**3**	
โซเดียมไบคาร์บอเนต (%)	**0**	**0**	**0**	**0**	**2.74**	
	0 – 2 สัปดาห์					
น้ำหนักตัวเพิ่มต่อวัน (กรัม)	123	174	148	169	198	13.3
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กรัม)	306	322	330	352	348	16.4
อัตราส่วนของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ออาหารที่กิน	0.41	0.53	0.46	0.48	0.57	0.02
	0 – 4 สัปดาห์					
น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัม)	298	311	292	330	315	11.7
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กรัม)	580	598	578	621	592	19.5
อัตราส่วนของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ออาหารที่กิน	0.51	0.52	0.50	0.53	0.53	0.01

[1/]SEM = Standard error of the means.

ที่มา: วิบูลย์ (2540) โดยน้ำหนักตัวเมื่อเริ่มทดลอง = 7.4 กิโลกรัม ทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ใช้กรดฟูมาริกเติมลงในอาหาร 3% และใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตเติมลงในอาหาร 2.74%

Skinner *et al.* (1991) ได้ทดลองเสริมกรดฟูมาริกในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 0, 0.125, 0.25 และ 0.50% ตั้งแต่อายุ 1 – 49 วัน พบว่า การเสริมที่ระดับ 0.125% ทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ส่วนในกลุ่มอื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน ในด้านปริมาณอาหารที่กิน พบว่า การเสริมที่ระดับ 0.125 และ 0.50% ทำให้ไก่กระทงกินอาหารเพิ่มขึ้น ส่วนในไก่กระทงเพศผู้ พบว่า การเสริมที่ระดับ 0.125 และ 0.25% มีผลทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณอาหารที่กินไม่มีความแตกต่างกัน และการเสริมกรดฟูมาริกไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก ไขมันในช่องท้อง และอัตราการตายของไก่

Giesting *et al.* (1991) ได้ทำการเปรียบเทียบการเสริมกรดฟูมาริกที่ระดับ 0, 2 และ 3% ในอาหารลูกสุกรที่มีอายุ 28 วัน พบว่า การเสริมกรดฟูมาริกที่ระดับ 3% ให้ผลตอบสนองในด้านสมรรถภาพการผลิตสูงสุด โดยเฉพาะในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการทดลอง

Isobe *et al.* (2000) ได้ทดลองเสริมกรดฟูมาริกในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 0.25, 0.5 และ 1.0% พบว่า การเสริมที่ระดับ 1.0% ทำให้จำนวนเชื้อ *Salmonella enteritidis* ในไส้ติ่งมีแนวโน้มลดลงหลังจากใช้เสริม 3 วัน และจะไม่พบหลังจากเสริม 7 และ 14 วัน นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมกรดฟูมาริกทำให้ตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella enteritidis* ในไข่หลังการเสริม 3 – 7 วัน และพบว่าการเสริมกรดฟูมาริกไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน และผลผลิตไข่

เนาวรัตน์ (2541) รายงานการทดลองเลี้ยงลูกสุกร 32 ตัว โดยการให้อาหารที่มีกรดฟูมาริกเสริมในระดับต่าง ๆ คือ 0, 1, 2 และ 3% เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า สามารถใช้กรดฟูมาริกผสมในอาหารสุกรได้ 1%

Thongwittaya and Isobe (2004a) ได้ทดลองเสริมกรดฟูมาริกในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0% ที่อายุ 1 วัน ถึง 35 วัน พบว่า ปริมาณอาหารที่กินไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีข้อสังเกตว่า ในสัปดาห์ที่ 5 การเสริมที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 2.0% มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินเพิ่มขึ้น ส่วนผลต่อน้ำหนักตัวนั้น พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าการเสริมที่ระดับ 2.0% ทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ในด้านอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตนั้น พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าการเสริมที่ระดับ 2.0% จะให้ผลดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมกรดฟูมาริกไม่มีผลต่อคุณภาพซากและอัตราการตายของไก่ และมีข้อเสนอแนะว่าการเสริมกรดฟูมาริกจะให้ผลดีในด้านสมรรถภาพการผลิต เมื่อใช้ที่ระดับ 2.0% และอายุของไก่กระทงมากกว่า 28 วัน

Thongwittaya and Isobe (2004b) ได้ทดลองเสริมกรดฟูมาริกในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0% พบว่า น้ำหนักไข่ที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าการเสริมกรดฟูมาริก ทำให้น้ำหนักไข่เพิ่มขึ้น ในด้านผลผลิตไข่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต พบว่า การเสริมกรดฟูมาริกที่ระดับ 2.0% จะให้ผลดีที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบกับการเสริมในระดับอื่น ๆ และพบว่า การเสริมกรดฟูมาริกไม่มีผลทำให้น้ำหนักตัว มวลของไข่ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการตาย และคุณภาพของเปลือกไข่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$)

Eckel *et al.* (1992) ได้เสริมกรดฟอร์มิกในอาหารสุกรหย่านม ที่ประกอบด้วย ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวโอ๊ต มันสำปะหลัง กากถั่วเหลือง ปลาป่น หางนมผง และไขมัน ในระดับ 6, 12 และ 18 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่ามีผลทำให้สุกรมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 23, 31 และ 29% ตามลำดับ

Ravidam and Kornegay (1993) รายงานการทดลองเกี่ยวกับการเสริมกรดซิตริก 14 การทดลอง ที่ทดสอบเกี่ยวกับผลตอบสนองของลูกสุกรต่อการใช้กรด โดยทุกการทดลองใช้ลูกสุกรอายุ 20 - 30 วัน และรายงานไว้ว่าสามารถใช้กรดซิตริกได้ในปริมาณที่สูง อาจใช้ได้สูงถึง 14% โดยใช้หลังการหย่านม กรดจะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารถึง 11% จึงสรุปได้ว่า กรดซิตริกมีผลทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้น เนื่องจากทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น

พรรณทิพา (2541) ได้รายงานผลการทดลองเลี้ยงสุกร 32 ตัว โดยใช้อาหารที่มีกรดซิตริกในระดับต่าง ๆ กัน คือ 0, 20, 30 และ 40 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า การใช้กรดซิตริกผสมในอาหารลูกสุกร 20 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จะช่วยให้อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักดีขึ้น

Cole *et al.* (1968) รายงานผลของการเสริมกรดแลคติกที่ระดับ 0.8% ในน้ำ พบว่า ลูกสุกรหย่านมมีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถลดจำนวนเชื้อ อี. โคไล ในลำไส้เล็กได้อีกด้วย ทำนองเดียวกัน Easter (1988) รายงานว่า การเสริมกรดอินทรีย์สามารถลดจำนวนเชื้ออี. โคไลในทางเดินอาหาร และลดเปอร์เซ็นต์การตายของลูกสุกรอีกด้วย

อาวุธ และอนุชา (2536) ได้ทดลองเสริมกรดฮิวมิกในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 0, 0.01, 0.05 และ 0.1% และสรุปไว้ว่า การเสริมกรดฮิวมิกที่ระดับ 0.1% ทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการผลิตดีที่สุด รวมทั้งมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวต่ำสุด จึงทำการทดลองเปรียบเทียบการเสริมกรดฮิวมิกในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 0.1 และ 0.25% และพบว่า อัตราการเจริญเติบโตมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่า กลุ่มที่เสริมกรดฮิวมิกที่ระดับ 0.25% มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือ 49.82 กรัมต่อวัน ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่มที่เสริมกรดฮิวมิกที่ระดับ 0.1% คือ 49.81 กรัมต่อวัน ส่วนกลุ่มที่ไม่เสริมจะมีอัตราการเจริญเติบโตเพียง 48.53 กรัมต่อวัน จากข้อมูลที่ได้เป็นการชี้ให้เห็นว่าการเสริมกรดฮิวมิก มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงสูงขึ้น (หทัยรัตน์, 2536; ชัยยา, 2536) นอกจากนี้การเสริมกรดฮิวมิกยังมีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้

อาหารของไก่กระทงมีค่าดีกว่าไม่เสริม โดยกลุ่มที่เสริมกรดฮิวมิกที่ระดับ 0.25% ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด คือ 1.88 ซึ่งดีกว่ากลุ่มที่เสริมกรดฮิวมิกที่ระดับ 0 และ 0.1% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 1.99 และ 1.95 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่ได้รับการเสริมกรดฮิวมิกที่ระดับ 0.1% มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมกรดฮิวมิกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) การเสริมกรดฮิวมิกอาจมีผลกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร จึงมีผลทำให้มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น น้ำหนักสุดท้ายหรือน้ำหนักส่งตลาดของกลุ่มที่ได้รับกรดฮิวมิกในอาหารที่ระดับ 0.1 และ 0.25% มีค่าเท่ากัน คือ 2.83 กิโลกรัม สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม (น้ำหนัก 2.76 กิโลกรัม) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ราคาค่าอาหารของกลุ่มที่ได้รับการเสริมกรดฮิวมิกจะสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม แต่กลุ่มที่เสริมกรดฮิวมิกจะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม แต่เมื่อคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ของอาหารสูตรต่าง ๆ พบว่า การเสริมกรดฮิวมิกมีแนวโน้มที่จะทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่ำลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

อาวุธ และคณะ (2540) ได้ทำการทดลองเสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0, 0.1, 0.2 และ 0.3% ต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะรุ่นและขุน (30 - 90 กิโลกรัม) ผลการทดลองพบว่า ในระยะสุกรรุ่น การเสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.3% มีผลช่วยปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนในสุกรขุนพบว่าการเสริมกรดฮิวมิกมีผลต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่กลุ่มที่มีการเสริมในระดับ 0.2% มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมดีที่สุด

Giesting and Easter (1991) ได้ศึกษาการเสริมกรดโพรพิโอนิกที่ระดับ 1, 2 และ 3% ในอาหารสุกร พบว่า ทำให้สมรรถภาพการผลิตของสุกรดีขึ้น โดยให้ผลตอบสนองสูงสุดต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ระดับการเสริม 3% ในอาหาร และเมื่อศึกษาการใช้กรดโพรพิโอนิก กรดฟูมาริก และกรดซิตริก ในอาหารสุกรที่ประกอบด้วย ข้าวโพด กากถั่วเหลือง วิตามิน และแร่ธาตุ พบว่ากรดอินทรีย์แต่ละชนิดสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของสุกรให้ดีขึ้น ยกเว้นกรดโพรพิโอนิกที่ทำให้การกินอาหารและการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากเป็นกรดที่มีกลิ่นแรง แต่รายงานของ Bolduan *et al.* (1988) พบว่า สุกรมีการพัฒนาการเจริญเติบโตเมื่อมีกรดโพรพิโอนิกในระดับ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

ในปี 1970 มีการทดลองของ บริษัท บีเอเอสเอฟ ที่ทดลองเสริมกรดโพรพิโอนิก 3% ในอาหาร เพื่อทำลายเชื้อซาลโมเนลลาในอาหารผสมและวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยผสมกรด

โพรพิโอนิก 1.5% ในอาหาร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อซาลโมเนลลาในวัตถุดิบอาหารที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อ โดยพบว่า การเสริมกรดโพรพิโอนิกจะช่วยป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อซาลโมเนลลาในอาหารได้ โดยปริมาณความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกที่ใช้ขึ้นอยู่กับระดับของการปนเปื้อนของเชื้อซาลโมเนลลา (จัตุพร และอธิศักดิ์, 2539)

นอกจากนั้นยังพบว่า การเสริมกรดอินทรีย์ในอาหารสัตว์สามารถลดปริมาณของเชื้อราได้ด้วย โดย Crenshaw *et al.* (1986) ได้รายงานผลการเสริมกรดซอร์บิก 3 ระดับ คือ 0, 0.05 และ 0.1% ในอาหารสุกรหย่านมที่มีความชื้น 4 ระดับ คือ 16.4, 17.3, 18.7 และ 21.3% พบว่า ประสิทธิภาพการใช้อาหารจะดีขึ้นเมื่อระดับของกรดซอร์บิกในอาหารเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มว่าอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น อีกทั้งพบการเกิดของเชื้อราน้อยลง แม้จะเก็บอาหารนานถึง 7 วัน

กรรณิการ์ (2545) รายงานการทดลองเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์และกรดอินทรีย์รวมในอาหารสุกรหย่านม พบว่า ในช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์ สุกรหย่านมมีอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ยาปฏิชีวนะ แต่พบว่ามีความแตกต่างในช่วงอายุ 6 - 10 สัปดาห์ และ 4 - 10 สัปดาห์ โดยการเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์และกรดอินทรีย์รวม สามารถช่วยปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโตของลูกสุกรเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ นอกจากนี้พบว่า การเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร่วมกับกรดอินทรีย์รวม มีผลในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในกลุ่มแลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus*) และไบฟีโดแบคทีเรีย (*Bifidobacteria*) โดยพบว่า ปริมาณแลคโตบาซิลลัสในมูลของสุกรมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม และปริมาณของ อี. โคไล มีค่าลดลง

Krause *et al.* (1994) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลของกรดอินทรีย์แต่ละชนิด คือ กรดฟูมาริก กรดมาลิค และกรดซิตริก ที่ระดับ 2.5% ในอาหารไก่เพศผู้อายุ 8 วัน จนถึงไก่รุ่น และได้เสริมกรดอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต 2.5% (โดยใช้ กรดฟูมาริก 2.3%, กรดมาลิค 1.9% และกรดซิตริก 1.4%) พบว่า การใช้กรดฟูมาริกร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต ทำให้อัตราการเจริญเติบโตและปริมาณการกินอาหารลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้กรดฟูมาริกเพียงอย่างเดียว ส่วนการใช้กรดมาลิคและกรดซิตริกร่วมกับการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนต พบว่าสามารถทำให้อัตราการเจริญเติบโตและปริมาณการกินอาหารเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริม ส่วนการใช้กรดอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับ 2.5% โดยที่ไม่มีการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนต พบว่า กลุ่มที่ใช้กรดฟูมาริกมีอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณการกินอาหารสูงกว่ากลุ่มที่ใช้กรดมาลิคหรือกรดซิตริก

นัทธี และคณะ (2546) ได้ทดลองเสริมกรดอินทรีย์รวมในน้ำสำหรับไก่กระทงอายุ 1 - 40 วัน โดยแบ่งไก่กระทงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมไม่ให้เชื้อซาลโมเนลลา และกลุ่มทดลองให้เชื้อซาลโมเนลลา โดยเสริมกรดอินทรีย์รวมที่ระดับ 0, 0.05 และ 0.1% พบว่า ในกลุ่มควบคุมที่ไม่ให้เชื้อซาลโมเนลลาและเสริมกรดอินทรีย์รวม 0.1% ลดปริมาณเชื้อซาลโมเนลลาได้ดีที่สุดที่อายุ 10 และ 20 วัน ส่วนที่อายุ 30 และ 40 วัน ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนในกลุ่มทดลองที่ให้เชื้อซาลโมเนลลา พบว่า การเสริมกรดอินทรีย์รวม 0.1% มีผลในการลดปริมาณเชื้อซาลโมเนลลาได้ดีที่สุดที่อายุ 30 และ 40 วัน ส่วนที่อายุ 10 และ 20 วัน ไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมกรดอินทรีย์รวม 0.05 และ 0.1% ในไก่กระทงทั้ง 2 กลุ่ม จะทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกรดอินทรีย์รวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Byrd *et al.* (2001) ได้ศึกษาถึงการใช้กรดอินทรีย์ผสม (0.5% กรดอะซิติค, 0.1% กรดแลคติค) ผสมน้ำให้ไก่กิน พบว่า จำนวนเชื้อ *Salmonella typhimurium* ในกระเพาะพักของไก่ที่ได้รับกรดมีจำนวนลดลงจากเดิม 52.40% และการใช้กรดแลคติคจะให้ผลดีที่สุด

Russell (2002) รายงานว่า การใช้กรดแลคติคผสมน้ำให้ไก่กระทงกินในช่วง feed withdrawal period และก่อนการขนส่ง ช่วยลดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทางเดินอาหารส่วนต้น ลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนที่อยู่ภายในลำไส้ที่อาจออกมาหลังจากการชำแหละซาก และเพิ่มจำนวนแบคทีเรียชนิดที่สามารถผลิตกรดแลคติคให้มีจำนวนมากขึ้นด้วย และลดจำนวนเชื้อซาลโมเนลลาที่ถูกขับออกมาขณะขนส่งก่อนถึงโรงฆ่า

Miller (1987) กล่าวว่า สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงที่เลี้ยงในโรงเรือนที่ปราศจากเชื้อโรค มีการจัดการดี และมีความหนาแน่นเหมาะสม การใช้สารกระตุ้นการเจริญเติบโต เช่น โปรไบโอติค กรดอินทรีย์ สารปฏิชีวนะ ให้ผลต่อสมรรถภาพการผลิตไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้ใช้สารกระตุ้นการเจริญเติบโต

การเสริมกรดอินทรีย์สามารถปรับสภาพความเป็นกรดของวัตถุดิบอาหารและระบบทางเดินอาหารของสัตว์ได้อย่างรวดเร็ว การใช้กรดเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดในกระเพาะอาหารได้อย่างสมดุลย์นั้น จะมีผลทำให้สุขภาพของสัตว์มีปัญหาลดน้อยลง ในลูกสุกรพบว่า เมื่อมีการเสริมกรดอินทรีย์ในสูตรอาหาร จะมีผลไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ เช่น อี. โคไล และซาลโมเนลลา ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ลดจำนวนลง และมีผลทำให้ลดอาการท้องเสียในลูกสุกรลงได้ ประโยชน์ของการเสริมกรดอินทรีย์ในอาหาร พบว่า สามารถลด pH ในกระเพาะอาหาร ซึ่งจะมีผลทำให้การทำงานของน้ำย่อยพวก proteolytic enzyme มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และกักเก็บน้ำย่อยให้อยู่ในกระเพาะได้นานขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้การย่อยได้ของโปรตีนเพิ่มขึ้น หรืออาจมีผลทำให้ผนังลำไส้ดีขึ้น และในขณะเดียวกันสามารถกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยจากตับอ่อนมาก

ยิ่งขึ้น เพื่อมาเสริมประสิทธิภาพในการย่อย การดูดซึม และการกักเก็บโภชนะหรือสารอาหารต่างๆ ได้เพิ่มขึ้น (Khajarern and Khajarern, 2004)

วิธีการเลือกใช้กรดอินทรีย์เสริมในอาหารสัตว์

การตัดสินใจเลือกใช้กรดควรพิจารณาว่า สารนั้นต้องมีค่าความเป็นกรด (Acid value) สูง ประกอบด้วยกรดอินทรีย์หลายชนิดรวมกัน มีการทดลองและทดสอบยืนยันว่าใช้ได้ผล ในการใช้ต้องคำนวณโด๊สที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและคุ้มค่าการลงทุน นอกจากนี้สารให้ความเป็นกรดนั้นจะต้องมีฤทธิ์การทำงานที่กว้าง คือ นอกจากการควบคุมจุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อร่างกายแล้ว ยังต้องช่วยกระตุ้นการย่อยได้ของสัตว์อีกด้วย มีความคงตัวไม่ย่อยสลายได้ง่าย ปลอดภัยและสะดวกในการใช้ ผลิตจากบริษัทที่มีชื่อเสียงและไว้ใจได้ (กองบรรณาธิการ, 2545ก)

นอกจากนี้การใช้กรดอินทรีย์ชนิดเดียวจะไม่สามารถควบคุมจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ได้ทั้งหมด เนื่องจากกรดอินทรีย์แต่ละชนิดมีความสามารถหรือคุณสมบัติในการออกฤทธิ์ต่อส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินอาหารแตกต่างกันออกไป แต่การใช้กรดอินทรีย์รวมจะช่วยควบคุมจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารได้อย่างครอบคลุม (กองบรรณาธิการ, 2545ข)

กรดอินทรีย์ที่ได้มีการศึกษาและวิจัยจนได้ผลและเป็นที่ยอมรับในการเสริมในอาหารสัตว์ ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดแลคติก กรดบิวทิริก กรดซอร์บิก กรดฟูมาริก และกรดซิตริก กรดบางชนิดอาจจะมีจำหน่ายในรูปของเกลือต่าง ๆ เช่น โซเดียม โปแตสเซียม หรือแคลเซียม ข้อดีของการเสริมกรดในรูปของเกลือ คือ ลดกลิ่นระคายเคือง ง่ายต่อการใช้และการเก็บ ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์พบว่า การเสริมกรดอินทรีย์หลายชนิดรวมกันเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในการเสริมฤทธิ์กัน (Synergistic effect) และราคาไม่แพงจนเกินไป (Khajarern and Khajarern, 2004) การเติมกรดอินทรีย์ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ โดยอาหารที่มีส่วนประกอบของโปรตีนจากพืชสูงจะได้ผลดี (วิบูลย์, 2540)

ข้อจำกัดของการใช้กรดอินทรีย์

จากรายงานข้างต้นจะเห็นว่าการใช้กรดอินทรีย์มีผลดีต่อการเลี้ยงไก่และสุกรในหลายด้านด้วยกัน อย่างไรก็ตามการที่จะใช้กรดอินทรีย์ให้เกิดประสิทธิภาพ ยังมีข้อจำกัดบางประการที่จะต้องพิจารณา คือ

1. การเสริมกรดอินทรีย์ในน้ำ ทำให้ไก่กระทงกินน้ำลดลง เนื่องจากน้ำมี H^+ ซึ่งจะมีรสเปรี้ยว ตามปกติจะใช้ที่ระดับ 1 : 1,000 (นนทชัย และคณะ, 2541) การเสริมกรดอินทรีย์ในน้ำเกิน

ระดับที่กำหนด เช่น 3 - 4 ซีซีต่อลิตร จะทำให้ไก่กระทงกินน้ำลดลงมาก เนื่องจากน้ำมีความเป็นกรดสูงเกินไป (บริษัท ออคต้า เมมโมเรียล จำกัด, 2546)

2. การเสริมกรดอินทรีย์ในอาหารสัตว์ ไม่ควรเกิน 1% ในสูตรอาหาร เนื่องจากมีผลต่อความน่ากินของอาหาร (แอนนา, 2542)

ฟลาโวมัยซิน (Flavomycin)

สารปฏิชีวนะ (Antibiotics) คือสารที่ผลิตจากจุลินทรีย์ มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นโทษ นำมาใช้ในอาหารสัตว์สำหรับใช้รักษาหรือป้องกันโรค เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต ฟลาโวมัยซิน (Flavomycin) หรือฟลาโวฟอสโฟไลฟอล (Flavophospholipol) หรือแบมเบอร์มัยซิน (Bambermycin) จัดเป็นสารปฏิชีวนะที่ถูกนำมาใช้ผสมในอาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโต จัดอยู่ในกลุ่ม non-ionophore antibiotic มีโครงสร้างเป็นฟอสโฟไกลโคลิปิด (Phosphoglycolipid) เป็นสารโมเลกุลใหญ่ ลักษณะโครงสร้างมีคุณสมบัติที่สามารถทำให้เกิดไอออนได้ (Heteropolar) สามารถแยกสกัดได้จาก *Streptomyces bambergiens, Streptomyces ghanensi, Streptomyces ederensis* และ *Streptomyces geysiriensis* เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสัตว์ โดยออกฤทธิ์ต่อจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ในการป้องกันการติดเชื้อจากจุลินทรีย์ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ โดยฟลาโวมัยซินจะเข้าขัดขวางการสังเคราะห์ murenin ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้ผนังเซลล์ถูกทำลายและทำให้เซลล์ของแบคทีเรียแตก (กรรณิการ์, 2545)

Food and Drug Administration (FDA) ได้แนะนำให้ผสมฟลาโวมัยซินในอาหารไก่ที่ระดับ 1 - 3 กรัมต่อตันอาหาร (มาลินี, 2525) จะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสัตว์ได้ ปัจจุบันฟลาโวมัยซินเป็นสารปฏิชีวนะที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรป (EU) ให้ใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในอาหารสัตว์ได้ ทั้งนี้เพราะฟลาโวมัยซินค่อนข้างปลอดภัยจากการใช้ เนื่องจากเป็นสารโมเลกุลใหญ่ ดูดซึมยาก จากการศึกษาทางจุลกายวิภาควิทยา พบว่า ฟลาโวมัยซินไม่สามารถดูดซึมได้และจะถูกขับออกมากับมูล จึงลดปัญหาการตกค้างในเนื้อสัตว์ และเป็นยาที่ไม่ถูกใช้ในการรักษาคน จึงลดปัญหาการดื้อยาในคน และจากการศึกษาทางเภสัชวิทยาและพิษวิทยาในหนูทดลอง ที่ทำการฉีดฟลาโวมัยซินเข้าเส้นเลือดและผสมในอาหารให้หนูกิน พบว่า ระดับที่มีผลทำให้หนูตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LD_{50}) เท่ากับ 1,400 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สำหรับกรณีฉีดเข้ากระแสเลือด และเท่ากับ 2,000 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในกรณีผสมในอาหาร ทางสถาบัน Europion and US standards ยังให้การ

รับรองว่าไม่เป็นสารในกลุ่มก่อกลายพันธุ์ (Mutagenic) และสารก่อมะเร็ง (Carcinogenic) ดังนั้น ฟลาโวมัยซินจึงค่อนข้างปลอดภัยในการใช้ผสมอาหาร (กรรณิการ์, 2545)