เชียงใหม่สัตวแพทยสาร 2559; 14(1): 47-60. DOI: 10.14456/cmvj.2016.5

เชียงใหม่สัตวแพทยสาร
Chiang Mai Veterinary Journal
ISSN; 1685-9502 (print) 2465-4604 (online)
Website; www.vet.cmu.ac.th/cmvj

บทความต้นฉบับ

ผลของการเสริมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในสุกรหลังหย่านม

ศรณ์ สิทธิตัน ปฏิวี เหลืองทวีผล ประภาส พัชนี ภาคภูมิ ตาดี*

ภาควิชาคลินิกสัตว์บริโภค คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100

บทคัดย่อ จุดประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการเสริมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะคะแนนมูลสุกรในสุกรหลังหย่านม และ ศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของยาที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (minimal inhibitory concentration; MIC) ของเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล (อีโคไล) ที่เพาะแยกได้จากอุจจาระต่อยาปฏิชีวนะชนิดต่างๆ โดยได้ทำทดลองในลูกสุกรหย่านมพันธุ์ผสม 3 สายพันธุ์ (ลาร์จไวท์ x แลนเรซ x ดูรอค) จำนวนรวมทั้งหมด 75 ตัว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) แบ่งเป็น 3 กลุ่มทดลอง ได้แก่ กลุ่มควบคุม ซึ่งเลี้ยงโดยใช้อาหารปกติตลอดการทดลอง ไม่มีการเติมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ลงในอาหาร และอีก 2 กลุ่มทดลองซึ่งเลี้ยงโดยใช้อาหารที่มีการเติมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ลงในอาหารปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อตันอาหาร และ 2 กิโลกรัมต่อตันอาหาร ตามลำดับ ผลพบว่าผลของการเสริมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในสุกรหลังหย่านมทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และ ค่าเฉลี่ยคะแนนมูลสุกรในทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ($p>0.05$) แต่พบว่าค่าเฉลี่ย MIC ของยาปฏิชีวนะบางชนิดต่อเชื้ออีโคไลในวันที่ 28 ของการทดลองเปรียบเทียบกับวันที่ 0 ของการทดลอง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

คำสำคัญ กรดอินทรีย์ ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต คะแนนมูลสุกร Minimal Inhibitory Concentration

* **ผู้รับผิดชอบบทความ** ภาคภูมิ ตาดี ภาควิชาคลินิกสัตว์บริโภค คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50100 โทรศัพท์: 6687189-6596; โทรสาร: 6653948065 อีเมล์: td_pakpoom@hotmail.com

ข้อมูลบทความ *วันที่ได้รับบทความ 8 มีนาคม พ.ศ.2559 วันที่ได้รับการตีพิมพ์ 24 มีนาคม พ.ศ.2559 วันที่ตีพิมพ์ออนไลน์ 29 มีนาคม พ.ศ.2559*

Chiang Mai V J 2016; 14(1): 47-60. DOI: 10.14456/cmvj.2016.5

Original article

Effect of organic acid product in diets on growth performance in weaning pigs

Sorn Sitthitan, Pattawee Luangtaweepon, Prapas Patchanee, Pakpoom Tadee*

Department of Food Animal Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Mae Hia, Muang, Chiang Mai, 50100

Abstract The aims of this study were to determine effects of organic acid products in diets on growth performance and fecal score in weaning pigs. Additionally, the minimal inhibitory concentration level (MIC) of each antimicrobial against *Escherichia coli* (*E. coli*) isolated from feces were also perceived. Seventy-five crossbred-weaned pigs (Large white × Landrace × Duroc) were conducted. Weaned pigs were divided into 3 groups by Completely Random Design (CRD), including control group, which was fed with commercial feed without organic acids and two treatment groups, which were fed the commercial feed with 1 kg organic acids/ton feed supplementation and with 2 kg organic acids/ton feed supplementation, respectively. The results showed that effectiveness of organic acids-adding feed on growth performances were not significantly different between groups ($p>0.05$) and no significant difference were observed between the different groups for fecal score ($p>0.05$), as well. However, MIC levels of most antimicrobial agents against *E. coli* on the day 28 of treatment and day 0 were significant different ($p<0.01$).

Keywords: Organic acid, Growth performance, Fecal score, Minimal Inhibitory Concentration

* **Corresponding author**: Pakpoom Tadee, Department of Food Animal Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Mae Hia, Muang, Chiang Mai, 50100 Tel: 6687189-6596, Fax: 6653948065 E-mail address: td_pakpoom@hotmail.com

Article history; *received manuscript: 8 March 2016, accepted manuscript: 24 March 2016, published online: 29March 2016*

บทนำ

ในช่วงระยะเวลาหลังหย่านมของลูกสุกร ความสามารถในการย่อยและการดูดซึมอาหารของลูกสุกรมีจำกัด เนื่องจากประสิทธิภาพในการผลิตน้ำย่อยและเอนไซม์จากตับอ่อนนั้นค่อนข้างต่ำ (Tsiloyiannis et al., 2001) ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบหรือวัตถุดิบในอาหาร ร่วมกับอัตราการกินได้ที่ลดลง สิ่งเหล่านี้จึงมักจะเป็นสาเหตุโน้มนำที่ทำให้เกิดอาการท้องเสียที่มีสาเหตุจากเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในลูกสุกรหลังหย่านมได้ (De Busser et al., 2011) ซึ่งเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล (อีโคไล) เป็นเชื้อที่สำคัญที่มักจะก่อปัญหา และพบว่าเป็นสาเหตุลำดับต้นของอาการท้องเสียในลูกสุกรหลังหย่านม มีผลอย่างมากต่อการลดประสิทธิภาพการเจริญเติบโตรวมถึงลดประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารของสุกรในช่วงอายุดังกล่าว (Zhang et al., 2007; Trckova et al., 2014)

สำหรับแนวทางการแก้ปัญหานั้น เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ยาปฏิชีวนะเป็นทางเลือกแรก พบว่าถ้ามีการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างไม่ถูกต้องเป็นระยะเวลานานจะเป็นสาเหตุที่ทำให้กลุ่มเชื้อแบคทีเรียในทางเดินอาหารเกิดการดื้อต่อยาปฏิชีวนะได้ (van den Bogaard and Stobberingh, 1999) ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างมากในวงการสาธารณสุขทั่วโลก (Aubry et al., 2004) การพบเชื้อที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะในปศุสัตว์นั้นอาจจะนำไปสู่การดื้อต่อยาปฏิชีวนะในมนุษย์ ผ่านการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มาจากปศุสัตว์ ทำให้ประสิทธิภาพหรือทางเลือกในการรักษาโรคต่างด้วยยาปฏิชีวนะในมนุษย์ลดลงได้ (Phillips et al, 2004) โดยเฉพาะในกลุ่มยาที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกับยาปฏิชีวนะที่ใช้ในมนุษย์ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มโอกาสในการดื้อยาข้ามชนิด (cross-resistance) Guardabass, Jensen and Kruse, 2008)

เพื่อลดโอกาสการใช้ยาปฏิชีวนะในทางปศุสัตว์ จึงได้มีการใช้ กรดอินทรีย์ (organic acid) เพื่อเป็นหนึ่งในสารทดแทนยาปฏิชีวนะ (Partanen and Morz, 1999; Hansen et al., 2007) การใช้กรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิก กรดแลคติก กรดซิตริกและกรดมาลิกเติมในอาหารสัตว์นั้น สามารถลดอุบัติการณ์และความรุนแรงของอาการท้องเสียในลูกสุกรหลังหย่านมได้ (Falkowski and Aherne, 1984; Partanen and Morz, 1999; Tsiloyiannis et al., 2001; Ahmed et al., 2014) กรดอินทรีย์จะมีผลต่อการลดค่าพีเอชในทางเดินอาหาร ทำให้สภาพแวดล้อมในทางเดินอาหาร (gut ecology) เปลี่ยนไป มีผลทำให้ส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรด (acid producing bacteria) และจากสภาพแวดล้อมในทางเดินอาหารที่มีความเป็นกรดมากขึ้นนี้ จะทำให้แบคทีเรียแกรมลบซึ่งเป็นเชื้อที่มักจะก่อโรคในทางเดินอาหารของลูกสุกร เช่น โคลิฟอร์ม (coliform bacteria) ไม่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมดังกล่าว (Kroll and Booth, 1983; Canibe et al, 2005; Franco et al, 2005) นอกจากนี้กรดอินทรีย์ยังไปมีผลช่วยส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ของลูกสุกรให้ดีขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการย่อยสารอาหารหรือประสิทธิภาพในการใช้อาหารดีขึ้นได้อีกด้วย (Partanen and Morz, 1999; Hansen et al., 2007; Marinho et al., 2007;)

จากข้อมูลข้างต้นเป็นที่ทราบกันว่า การเติมกรดอินทรีย์ลงในอาหารสัตว์มีแนวโน้มที่จะลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคในทางเดินอาหารของลูกสุกรหลังหย่านมได้ แต่ในขณะเดียวกัน ทางคณะผู้วิจัยมีข้อสันนิษฐานอีกประการหนึ่ง คือการที่กรดอินทรีย์สามารถลดจำนวนแบคทีเรียก่อโรคนั้น มีความเกี่ยวข้อง หรือ มีความเป็นไปได้ในการลดความสามารถของการดื้อต่อยาปฏิชีวนะของเชื้ออีโคไลด้วยหรือไม่ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาในส่วนของข้อสันนิษฐานในจุดนี้ต่อไป

ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่มีกรดอินทรีย์หลายชนิดเป็นองค์ประกอบที่

จะส่งผลประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของสุกรในประเทศไทย วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการเสริมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกร ได้แก่ อัตราการกินได้เฉลี่ยต่อวัน (average daily feed Intake; ADFI) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (averaged daily gain; ADG) อัตราการแลกเนื้อ (feed conversion ratio; FCR) รวมไปถึงลักษณะคะแนนมูลสุกร (fecal score) และผลต่อค่า ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของยาที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียของเชื้ออีโคไลที่เพาะแยกได้จากอุจจาระของสุกร ต่อยาปฏิชีวนะชนิดต่าง ๆ ในสุกรหลังหย่านมเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานก่อนที่จะนำไปต่อยอดในการประยุกต์นำไปใช้และให้ความรู้แก่เกษตรกรต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานวิจัย

ผลิตภัณฑ์สารผสมล่วงหน้าใช้ผสมในอาหารสำเร็จรูป ที่มีกรดอินทรีย์เป็นส่วนประกอบหลักในหนึ่งกิโลกรัมประกอบด้วย กรดฟอร์มิก 269.64 กรัม กรดแลคติก 104.49 กรัม กรดซิตริก 166.67 กรัม กรดมาลิก 12.87 กรัม สารปรุงแต่งอาหารสัตว์ 46.00 กรัม และสื่อ เติมจนครบ 1 กิโลกรัม

วิธีการออกแบบงานวิจัยและกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยในรูปแบบการศึกษาเชิงทดลอง (experimental study) เพื่อหาความแตกต่างของผลการใช้กรดอินทรีย์แบบรวมเติมในอาหารสุกร โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely random design; CRD) และคำนวณจำนวนตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ เวอร์ชั่น 3.1 (G-Power® version 3.1) โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ดังนี้

ลูกสุกรหย่านมพันธุ์ผสม 3 สายพันธุ์ (ลาร์จไวท์ x แลนเรซ x ดูรอค) จำนวนรวมทั้งหมด 75 ตัวอายุ 4 สัปดาห์โดยเป็นลูกสุกรมีสุขภาพดี และมีน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ เลี้ยงในโรงเรือนเดียวกันเป็นโรงเรือนแบบเปิด โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มโดยการสุ่ม เลี้ยงในคอกขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่า 1 ตารางเมตรต่อตัว ให้อาหารและน้ำแก่ลูกสุกรอย่างเต็มที่ โดยทำการทดลองทั้งหมด 5 ซ้ำ แบ่งกลุ่มได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 5 ตัวเลี้ยงโดยใช้อาหารปกติตลอดการทดลอง ไม่มีการเติมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ลงในอาหาร

กลุ่มที่ 2 จำนวน 5 ตัวเลี้ยงโดยใช้อาหารที่มีการเติมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ลงในอาหารปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อตัน

กลุ่มที่ 3 จำนวน 5 ตัวเลี้ยงโดยใช้อาหารที่มีการเติมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ลงในอาหารปริมาณ 2 กิโลกรัมต่อตัน

โดยมีระยะเวลาทำการทดลองทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วทางฟาร์มจะนำสุกรไปเลี้ยงเป็นสุกรขุนต่อไป ซึ่งสัตว์ทดลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผ่านการขออนุญาตใช้สัตว์ทดลองจากคณะกรรมการจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลองของคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (เลขที่หนังสืออนุญาต S1/2558 ได้รับการอนุมัติเมื่อวันที่ 30 เมษายน 2558)

การบันทึกข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

บันทึกข้อมูลการใช้อาหารทุกวัน และชั่งน้ำหนักสุกร ในวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 ของการทดลอง และบันทึกคะแนนลักษณะมูลสุกรทุกวัน นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณอัตราการกินได้ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ และนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

การประเมินคะแนนมูลสุกรจะทำในวันที่ 0 และ 28 ของการทดลอง สังเกตวันละ 2 ครั้ง เวลา 6.00 น. และ 18.00 น. ซึ่งก่อนให้อาหารลูกสุกรจะสังเกต การตรวจสอบการท้องเสียและสีของมูลลูกสุกรโดยผู้เลี้ยง 1

คน เป็นผู้ให้คะแนนตลอดการทดลอง หลักการให้คะแนนมีดังนี้

การให้คะแนนสำหรับลักษณะมูลลูกสุกร

1. อุจจาระมีลักษณะเนื้อก้อนดีมาก
2. อุจจาระมีลักษณะเนื้อก้อนดี
3. อุจจาระมีลักษณะเนื้อก้อนค่อนข้างต่ำ คงรูปไม่ดี
4. อุจจาระมีลักษณะเหลว และเป็นน้ำ

นำลำดับคะแนนของลักษณะและสีของมูลที่ได้มาคำนวณการเกิดท้องเสีย ซึ่งถือว่าลักษณะของมูลที่ได้คะแนน 4 เป็นลักษณะอาการท้องเสียที่เกิดขึ้นกับลูกสุกร

การเก็บตัวอย่างมูลสุกรจะทำในวันที่ 0 และ 28 ของการทดลอง โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างสำหรับเก็บตัวอย่างมูลโดยเฉพาะ กระทำโดยไม่ให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อจากสิ่งแวดล้อม เก็บตัวอย่างมูลสุกรภายในคอกรวมกันเป็นหนึ่งตัวอย่าง จากนั้นเก็บในภาชนะบรรจุที่รักษาความเย็น แล้วนำส่งห้องปฏิบัติการต่อไป

วิธีการทางห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างมูลสุกรจะถูกนำส่งไปที่หน่วยชันสูตรโรคสัตว์ กำแพงแสน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อทำการเพาะแยกเชื้ออีโคไล โดยหนึ่งตัวอย่างของอุจจาระสุกรจะทำการเลือกเชื้ออีโคไลมาจำนวน 3 โคโลนีแล้วทำการทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะ ด้วยเครื่องไวเทคสอง (VITEK® 2) ซึ่งเป็นเครื่องอัตโนมัติที่ทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะ โดยรายงานผลออกมาเป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดของยาที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (minimal inhibitory concentration; MIC) ต่อยาปฏิชีวนะชนิดต่างๆ แล้วนำไปหาเปอร์เซ็นต์การดื้อยาต่อไป

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลประสิทธิภาพการเจริญเติบโตระหว่างกลุ่มทดลอง และ ค่า MIC ของเชื้ออีโคไลที่เพาะแยกจากอุจจาระระหว่างกลุ่มทดลอง ถูกวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) นอกจากนี้ ข้อมูลของคะแนนอุจจาระระหว่างกลุ่มทดลองและค่า MIC ที่ได้จากเชื้อที่เพาะแยกในวันที่ 0 และ 28 ของการทดลอง จะถูกใช้วิเคราะห์ด้วย Kruskal – Wallis test และ Student's T-test ตามลำดับ ซึ่งการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมอาร์ (R program) ค่า p-value ที่น้อยกว่า 0.05 ($p<0.05$) จากการวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มจะถูกพิจารณาว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษา

ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในสุกรหลังหย่านม

ผลของการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในสุกรหลังหย่านมระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 (กลุ่มควบคุม) กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 ทั้งในส่วนของอัตราการกินได้เฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการแลกเนื้อ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการพิจารณาค่าของอัตราการกินได้เฉลี่ยต่อวันพบว่ากลุ่มทดลองที่ 3 ซึ่งเป็นกลุ่มที่เติมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ลงในอาหารปริมาณ 2 กิโลกรัมต่อตัน มีค่าเท่ากับ 578.50 กรัม ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ ซึ่งจะสัมพันธุ์กับอัตราแลกเนื้อที่เมื่อคำนวณออกมาแล้วพบว่ากลุ่มทดลองดังกล่าว มีแนวโน้มที่มีค่าดีที่สุด ถึงแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างตามนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นก็ตาม

Table 1. The growth performance of piglets fed normal diet, dietary with product 1 kg/ton and dietary with product 2 kg/ton (mean±standard deviation)

The growth performance index	Experimental groups			p-value
	Group1: Normal dietary (Control group)	Group2: Dietary with product 1kg/ton	Group3: Dietary with product 2kg/ton	
Initial BW (kg)	8.34±0.007	8.27±0.005	8.32±0.015	0.906
Final BW (kg)	20.60±0.323	20.14±0.701	20.30±0.373	0.375
BW gain (kg)	12.26±0.323	11.87±0.699	11.98±0.373	0.471
ADFI (g)	595.10±10.090	587.30±24.772	578.50±21.290	0.436
ADG (g)	437.70±11.535	424.00±24.988	427.90±13.356	0.471
FCR	1.360±0.017	1.387±0.038	1.352±0.031	0.217

BW=Body weight, ADFI=Averaged daily feed intake, ADG=Averaged daily gain, FCR=Feed conversion ratio

ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ต่อคะแนนมูลในสุกรหลังหย่านม

คะแนนมูลสุกรสามารถบ่งบอกถึงปัญหาการเกิดภาวะท้องเสียในกลุ่มฝูงสุกรได้ โดยคะแนนมูลสุกรที่สูงกว่าจะบ่งบอกถึงปัญหาของภาวะท้องเสียในลูกสุกรที่มากกว่า ผลของการศึกษาเปรียบเทียบคะแนนมูลสุกรในสุกรหลังหย่านม ระหว่ากลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) กับกลุ่มที่ 2 และ 3 (กลุ่มทดลอง) ในวันที่ 0 และ 28 ของการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนมูลสุกรในกลุ่มที่ 3 ที่มีการเติมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ลงในอาหารปริมาณ 2 กิโลกรัมต่อตัน และกลุ่มที่ 2 ที่มีการเติมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ลงในอาหารปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อตัน มีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ทั้งวันที่ 0 และวันที่ 28 แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 2) ซึ่งบ่งบอกได้ว่าลูกสุกรหลังหย่านมในแต่ละกลุ่มมีภาวะของปัญหาท้องเสียที่ไม่แตกต่างกัน

Table 2, The mean fecal score of piglets fed normal diet, dietary with product 1 kg/ton and dietary with product 2 kg/ton

Fecal score	Experimental groups			p-value
	Group1: Normal dietary (Control group)	Group2: Dietary with product 1 kg/ton	Group3: Dietary with product 2 kg/ton	
Day 0	3.252	3.240	2.933	0.2808
Day 28	2.139	2.067	2.053	0.2802

ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ต่อค่าความเข้มข้นต่ำสุดของยาที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ของเชื้ออีโคไลที่เพาะแยกได้จากอุจจาระ ต่อยาปฏิชีวนะชนิดต่าง ๆ และร้อยละการดื้อยาปฏิชีวนะ

ผลของการศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ต่อค่าความเข้มข้นต่ำสุดของยาที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ของเชื้ออีโคไลที่เพาะแยกได้จากอุจจาระ ต่อยาปฏิชีวนะ 17 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งในวันที่ 0 และวันที่ 28 ของการทดลอง แต่เมื่อนำค่าเฉลี่ยของ MIC ในวันที่ 28 เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มข้นต่ำสุดของยาที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ในวันที่ 0 ของยาปฏิชีวนะส่วนใหญ่ ได้แก่ ปิปเปอราซิลิน (piperacillin) เซฟาเลกซิน (cefalexin) เซปโฟเวซิน (cefovecin) เซฟโพโดซีน (cefpodoxime) เซฟติโอเฟอร์ (ceftiofur) เจนตามัยซิน (gentamicin) โทบรามัยซิน (tobramycin) คลอแรมเฟนิคอล (chloramphenicol) เอ็นโรฟล็อกซาซิน (enrofloxacin) มาร์โบฟล็อกซาซิน (marbofloxacin) ไนโตรฟูแรนโทอิน (nitrofurantoin) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) (ตารางที่ 3)

ร้อยละการดื้อยาของยาปฏิชีวนะแต่ละชนิดต่อเชื้ออีโคไลที่เพาะแยกได้จากอุจจาระ เปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 กับวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง (วันที่ 0 และวันที่ 28 ของการทดลอง) พบว่าแนวโน้มของการดื้อยาไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง แต่มีความแตกต่างกันระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยร้อยละการดื้อยาของวันที่ 28 ของการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 (รูปที่ 1) สอดคล้องกับผลของการทดสอบค่า ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของยาที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (ตารางที่ 3)

Table 3. The minimal inhibitory concentration levels (μg/ml) of antimicrobial agents against *Escherichia coli* isolated from feces

Antibiotics	Experimental groups	MIC Day 0	MIC Day 28
Ampicillin/Amoxicillin	Group 1	32	32
	Group 2	32	32
	Group 3	32	32
	mean MIC	32	32
Amoxicillin+clavulanic acid	Group 1	6.062	5.339
	Group 2	6.349	8
	Group 3	6.062	6.727
	mean MIC	6.158	6.688
Piperacillin	Group 1	111.430	128
	Group 2	88.442	128
	Group 3	101.593	128
	mean MIC	100.488	128*

Table 3. The minimal inhibitory concentration levels (μg/ml) of antimicrobial agents against *Escherichia coli* isolated from feces (Cont.)

Antibiotics	Experimental groups	MIC Day 0	MIC Day 28
Cefalexin	Group 1	8	40.317
	Group 2	6.649	64
	Group 3	8	38.054
	mean MIC	7.549	47.457*
Cefovecin	Group 1	0.757	5.039
	Group 2	0.723	8
	Group 3	0.954	5.656
	mean MIC	0.812	6.232*
Cefpodoxime	Group 1	0.274	3.775
	Group 2	0.274	8
	Group 3	0.314	3.775
	mean MIC	0.287	5.183*
Ceftiofur	Group 1	1	4.756
	Group 2	1	8
	Group 3	1.148	4.756
	mean MIC	1.049	5.837*
Amikacin	Group 1	2	2
	Group 2	2	2
	Group 3	2	2
	mean MIC	2	2
Gentamicin	Group 1	4.387	4
	Group 2	1.447	6.349
	Group 3	2.094	6.349
	mean MIC	2.643	5.566*
Tobramycin	Group 1	2.193	2.996
	Group 2	1.319	4
	Group 3	1.741	5.039
	mean MIC	1.751	4.012*

Table 3. The minimal inhibitory concentration levels (μg/ml) of antimicrobial agents against *Escherichia coli* isolated from feces (Cont.)

Antibiotics	Experimental groups	MIC Day 0	MIC Day 28
Imipenem	Group 1	1	1
	Group 2	1.047	1
	Group 3	1	1
	mean MIC	1.015	1
Chloramphenicol	Group 1	36.758	53.817
	Group 2	32	64
	Group 3	14.587	47.945
	mean MIC	27.781	55.254*
Enrofloxacin	Group 1	0.180	1.059
	Group 2	0.189	1
	Group 3	0.329	0.890
	mean MIC	0.233	0.983*
Marbofloxacin	Group 1	0.5	1.681
	Group 2	0.523	1.587
	Group 3	0.523	1.259
	mean MIC	0.515	1.509*
Polymyxin B	Group 1	0.548	11.986
	Group 2	0.574	10.079
	Group 3	0.574	11.986
	mean MIC	0.565	11.350*
Tetracycline	Group 1	16	16
	Group 2	16	16
	Group 3	16	16
	mean MIC	16	16
Nitrofurantoin	Group 1	25.398	40.317
	Group 2	26.599	45.254
	Group 3	20.158	47.945
	mean MIC	24.052	44.506*

*Statistical significant ($p<0.01$), Group 1; Normal dietary (Control group), Group 2; Dietary with product 1 kg/ton, Group 3; Dietary with product 2 kg/ton, mean; geometric mean

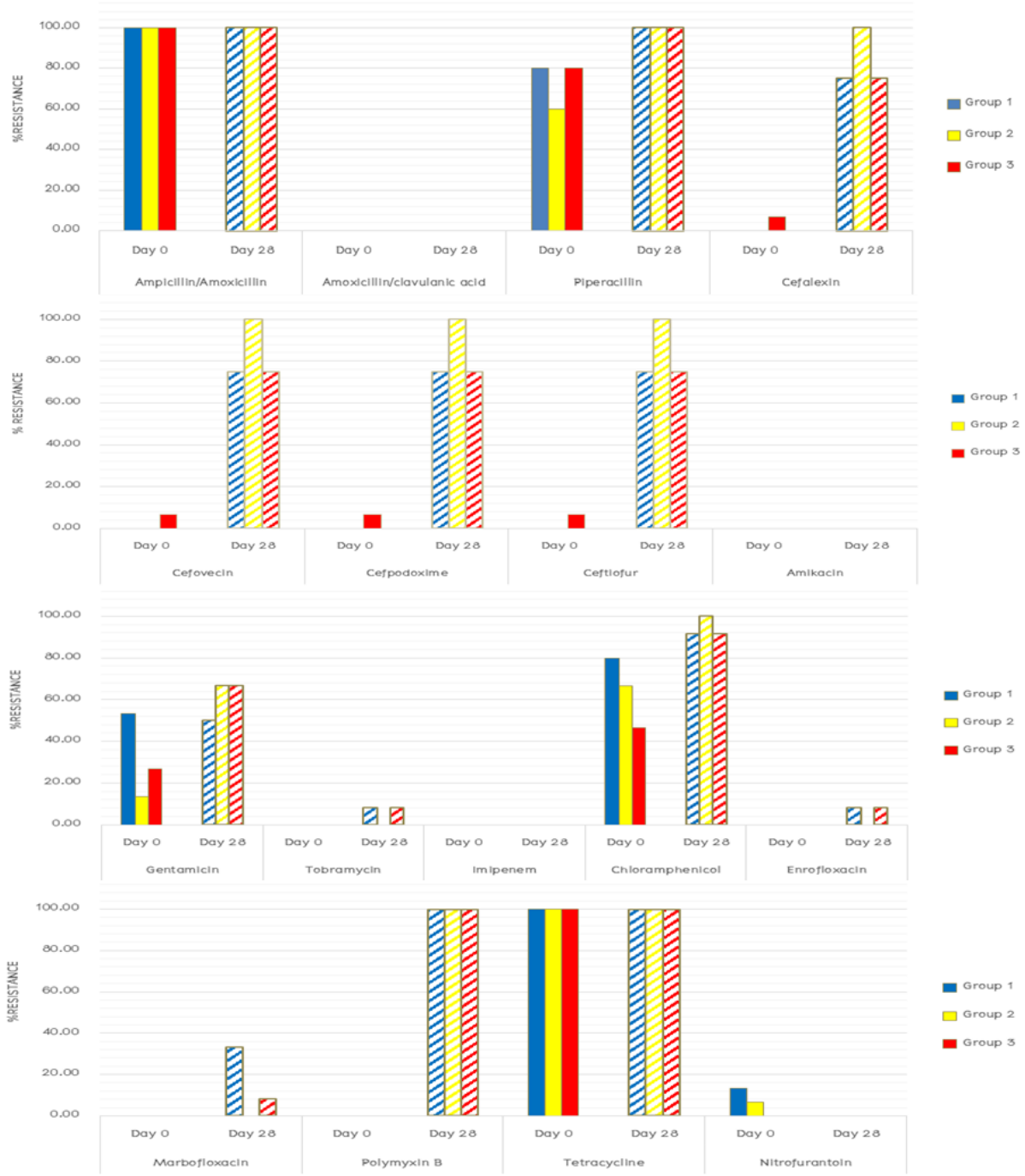

Figure 1. Percentage resistance of antimicrobial agents against *Escherichia coli* isolated feces of piglets fed normal dietary, dietary with product 1 kg/ton and dietary with product 2 kg/ton (Group 1; Normal dietary (Control group), Group 2; Dietary with product 1 kg/ton, Group 3; Dietary with product 2 kg/ton)

วิจารณ์

ผลของการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในสุกรหลังหย่านมระหว่างกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1) แต่พบว่าสุกรกลุ่มที่ 3 ที่มีการเติมผลิตภัณฑ์กรดอินทรีย์ลงในอาหารปริมาณ 2 กิโลกรัมต่อตัน มีแนวโน้มอัตราแลกเนื้อดีที่สุดเพราะว่าค่าอัตราการกินได้ของกลุ่มที่ 3 มีค่าน้อยที่สุด และน้ำหนักสุดท้ายที่ได้ไม่แตกต่าง

กับกลุ่มควบคุม การที่ผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองอาจจะมีปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่การมียาปฏิชีวนะผสมในอาหารอยู่แล้วในทุกกลุ่มการทดลอง เช่น อะม็อกซิซิลิน (amoxicillin) โคลิสติน (colistin) คลอร์เตตร้าไซคลิน (chlortetracycline) และไทอะมูลิน (tiamulin) โดยยาปฏิชีวนะเหล่านี้มีผลต่อการควบคุมเชื้อค่อนข้างหลากหลาย ซึ่งปัจจัยดังกล่าวอาจจะทำให้ประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ในแง่ของการลดปริมาณเชื้อก่อโรคในทางเดินอาหารไม่ถูกแสดงออกให้เห็นอย่างชัดเจน นอกจากนี้การที่สุกรมีอัตราการกินได้ลดลงน่าจะเป็นผลมาจากการเพิ่มกรดอินทรีย์เข้าไปอาหารในกลุ่มทดลอง อาหารจะมีความเป็นกรดมากขึ้นจะส่งผลทำให้ความน่ากินของอาหารลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Canibe และคณะ (2010) โดยพบว่าในกลุ่มของสุกรที่กินอาหารที่มีกรดอะซิติกปริมาณมาก จะมีอัตราการกินได้ต่อวันลดลงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิตินอกจากนี้การศึกษาของ Che และคณะ (2015) ที่ศึกษาผลของกรดในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในสุกรอนุบาลพบว่าการเติมกรดในอาหารไม่ปรับปรุงประสิทธิภาพการเจริญเติบโต แต่การเติมกรดในอาหารอาจมีประโยชน์ในด้านอื่น เช่น ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค (Partanen and Morz, 1999) แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มระยะเวลาในการทดลอง เช่น เริ่มทดลองกับลูกสุกรตั้งแต่ก่อนหย่านม (ผสมในอาหารเลียราง) เพื่อให้ลูกสุกรได้มีการปรับตัวก่อนก็จะเป็นสิ่งที่ดีซึ่งอาจจะมีความจำเป็นสำหรับการทดลองในเชิงลึกในครั้งต่อไป

คะแนนมูลสุกรบ่งบอกถึงการเกิดภาวะท้องเสียซึ่งลักษณะของมูลสุกรที่ได้คะแนน 4 เป็นลักษณะอาการท้องเสีย ผลของการศึกษาเปรียบเทียบคะแนนมูลสุกรในสุกรหลังหย่านมระหว่างกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) กับกลุ่มที่ 2 และ 3 (กลุ่มทดลอง) พบว่าในวันที่ 0 และ 28 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยคะแนนมูลสุกรในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ 3 แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 2) แสดงว่าสุกรในแต่ละกลุ่มมีลักษณะของปัญหาท้องเสียที่ไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากอาหารที่ใช้ในการทดลองมีการผสมยาปฏิชีวนะสำหรับป้องกันการเกิดโรคที่อาจเกิดขึ้นภายในฟาร์ม รวมไปถึงป้องกันการเกิดปัญหาท้องเสียในสุกร ซึ่งทางผู้วิจัยไม่สามารถนำยาปฏิชีวนะออกจากสูตรอาหารได้เพราะอาจส่งผลเสียต่อสุกรภายในฟาร์ม

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 ซึ่งแสดงค่าร้อยละการดื้อยาของยาปฏิชีวนะแต่ละชนิด ต่อเชื้ออีโคไลที่เพาะแยกได้จากอุจจาระ เปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 กับวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง (วันที่ 0 และวันที่ 28 ของการทดลอง) พบว่าแนวโน้มของการดื้อต่อยาปฏิชีวนะไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง แต่มีความแตกต่างกันระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่างโดยร้อยละการดื้อยาของวันที่ 28 ของการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 (ภาพที่ 1) ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในกลุ่มของยาปฏิชีวนะ ปิปเปอราซิลิน เซฟาเลกซิน เซปโฟเวซิน เซฟโพโดซีน เซฟติโอเฟอร์ เจนตามัยซิน โทบรามัยซิน คลอแรมเฟนิคอล เอ็นโรฟล็อกซาซิน และมาร์โบฟล็อกซาซิน โดยสอดคล้องกับผลของการทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดของยาที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (ตารางที่ 3) จากการศึกษาของ พิมพ์ลดา และคณะ (Ingkaninun et al., 2003) ซึ่งได้ศึกษาความไวต่อแอมพิซิลิน (ampicillin) เอ็นโรฟล็อกซาซิน และเซฟาเลกซิน ต่อเชื้ออีโคไลในทางเดินอาหารสุนัขก่อนและหลังการได้รับยาต้านจุลชีพ พบว่าการใช้ยาต้านจุลชีพมีผลทำให้เชื้อจุลชีพในร่างกายสัตว์มีการเปลี่ยนแปลงโดยทำให้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของยาที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและยังพบสัดส่วนของเชื้อที่ดื้อยาเพิ่มขึ้นอีกด้วย ในการทดลองครั้งนี้ได้มีการใช้อาหารที่มีส่วนผสมของยาปฏิชีวนะ จึงอาจเป็นสาเหตุให้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของยาที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียมีการเปลี่ยนแปลง และเพิ่มร้อยละการดื้อยา

ได้ แต่ในทางตรงกันข้ามก็มีความเป็นไปได้เช่นกันว่าเชื้ออีโคไลที่เพาะแยกได้ในวันที่ 28 ของการทดลอง อาจจะเป็นเชื้อที่ปนเปื้อนเพิ่มขึ้นมาจากสิ่งแวดล้อมในการเลี้ยงช่วงอนุบาลได้เช่นกัน ดังนั้นสุขลักษณะที่ดีในฟาร์มจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นหากต้องการยืนยันว่าเชื้อที่ได้จากการเพาะแยกในวันที่ 0 และ วันที่ 28 เป็นเชื้อสายพันธุ์เดียวกัน (clonal strains) หรือไม่ อาจจะต้องมีการทดสอบยืนยันลักษณะทางพันธุกรรมของเชื้อด้วยเทคนิคทางอณูระบาดวิทยา (molecular epidemiology) ต่อไป

สรุปผลการทดลอง

ผลของการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในสุกรหลังหย่านมและเปรียบเทียบคะแนนมูลสุกรจากข้อมูลที่ถูกนำเสนอไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองและในส่วนของผลของการทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดของยาที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียร้อยละการดื้อยาของยาปฏิชีวนะแต่ละชนิดต่อเชื้ออีโคไลที่เพาะแยกได้จากอุจจาระพบว่ามีแนวโน้มของการดื้อยาไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองเช่นกัน ซึ่งอาจจะบ่งบอกว่าการเติมกรดอินทรีย์ในอาหารที่มีการเติมยาปฏิชีวนะอยู่แล้วในการเลี้ยงสุกรในช่วงอนุบาล ไม่ได้ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของประสิทธิภาพการเลี้ยงแต่อย่างใด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และบริษัทไบเออร์ไทย จำกัด ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ความกรุณาจาก คุณสันติ เหลืองทวีผล เจ้าของฟาร์มสันติฟาร์ม ที่ให้ความเอื้อเฟื้อในการเก็บข้อมูล และนักวิทยาศาสตร์ประจำศูนย์ปฏิบัติการผู้ซึ่งให้ความช่วยเหลือในกระบวนการต่างๆทางห้องปฏิบัติการ จนทำให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

Ahmed, S. T., Hwang, J. A., Hoon, J., Mun, H. S., & Yang, C. J. 2014. Comparison of single and blend acidifiers as alternative to antibiotics on growth performance, fecal microflora, and humoral immunity in weaned piglets. Asian Austral. J. Anim. 27, 93–100.

Aubry-Damon, H., Grenet, K., Sall-Ndiaye, P., Che, D., Cordeiro, E., Bougnoux, M.-E., igaud, E., Le Strat, Y., Lemanissier, V., Armand-Lefèvre, L., Delzescaux, D., Desenclos, J.C., Liénard, M. & Andremont, A., 2004. Antimicrobial resistance in commensal flora of pig farmers. Emerg. Infect. Dis. 10, 873–879.

Calveyra, J. C., Nogueira, M. G., Kich, J. D., Biesus, L. L., Vizzotto, R., Berno, L., Coldebella, A., Lopes, L., Morés, N., Lima, G.J. & Cardoso, M., 2012. Effect of organic acids and mannanoligosaccharide on excretion of *Salmonella* Typhimurium in experimentally infected growing pigs. Res. Vet. Sci. 93, 46–47.

Canibe, N., Pedersen, A. Ø., & Jensen, B. B., 2010. Impact of acetic acid concentration of fermented liquid feed on growth performance of piglets. Livest. Sci. 133, 117–119.

Che, T. M., Adeola, O., Azain, M. J., 2012. Effect of dietary Acids on growth performance of nursery Pigs: A Cooperative Study. J. Anim. Sci. 90, 4408–4413.

De Busser, E. V., Dewulf, J., Zutter, L. D., Haesebrouck, F., Callens, J., Meyns, T., Maes, W. & Maes, D., 2011. Effect of administration of organic acids in drinking water on faecal shedding of *E. coli*, performance parameters and health in nursery pigs. Vet. J. 188, 184–188.

De Busser, E. V., De Zutter, L., Dewulf, J., Houf, K., & Maes, D., 2013. *Salmonella* control in live pigs and at slaughter. Vet. J. 196, 20–27.

Falkowski, J. F., & Aherne, F. X., 1984. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. J. Anim. Sci. 58, 935–938.

Franco, L. D., Fondevila, M., Lobera, M. B., & Castrillo, C., 2005. Effect of combinations of organic acids in weaned pig diets on microbial species of digestive tract contents and their response on digestibility. J. Anim. Physiol. An. N. 89, 88–93.

Gong, J., Yu, H., Liu, T., Li, M., Si, W., de Lange, C. F. M., & Dewey, C., 2008. Characterization of ileal bacterial microbiota in newly-weaned pigs in response to feeding lincomycin, organic acids or herbal extract. Livest. Sci. 116, 318–322.

Grilli, E., Messina, M. R., Tedeschi, M., & Piva, A., 2010. Feeding a microencapsulated blend of organic acids and nature identical compounds to weaning pigs improved growth performance and intestinal metabolism. Livest. Sci. 133, 173–175.

Guardabassi L., Jensen B.L. and Kruse H., 2008. Guide to Antimicrobial Use in Animals, Oxford, UK; Ames, Iowa: Blackwell Plub.

Hansen, C. F., Riis, A. L., Bresson, S., Højbjerg, O., & Jensen, B. B., 2007. Feeding organic acids enhances the barrier function against pathogenic bacteria of the piglet stomach. Livest. Sci. 108, 206–209.

Ingkaninun, P., Yoosoong, S. & Phrakaiya J. 2003. Antimicrobial susceptibility testing of ampicillin, enrofloxacin and cephalexin againts dog's intestinal *Escherichia coli* after treatment with antimicrobial drugs. Chiang Mai Vet. J. 1, 21-32. (in Thai)

Jongbloed, A. W., Mroz, Z., van der Weij-Jongbloed, R., &Kemme, P. A., 2000. The effects of microbial phytase, organic acids and their interaction in diets for growing pigs. Livest. Prod. Sci. 67, 113–122.

Kim, Y. Y., Kil, D. Y., Oh, H. K., & Han, I. K., 2005. Acidifier as an alternative material to antibiotics in animal feed. Asian Austral. J. Anim. 18, 1048–1060.

Knarreborg, A., Miquel, N., Granli, T., & Jensen, B. B., 2002. Establishment and application of an in vitro methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. Anim. Feed. Sci. Tech. 99, 131–140.

Kroll, R. G. & Booth I. R. 1983. The relationship between intracellular pH, the pH gradient and potasium-transport in *Escherichia coli*. Biochem. J. 216, 709-716.

Manzanilla, E. G., Perez, J. F., Martin, M., Kamel, C., Baucells, F., & Gasa, J., 2004. Effect of plant extracts and formic acid on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs. J. Anim. Sci. 82, 3210–3218.

Martín-Peláez, S., Costabile, A., Hoyles, L., Rastall, R. A., Gibson, G. R., La Ragione, R. M., Woodward, M.J., Mateu, E. & Martín-Orúe, S. M., 2010. Evaluation of the inclusion of a mixture of organic acids or lactulose into the feed of pigs experimentally challenged with *Salmonella* Typhimurium. Vet. Microbiol. 142, 337–345.

Partanen, K. H., &Mroz, Z., 1999. Organic acids for performance enhancement in pig diets. Nutr. Res. Rev. 12, 117–145.

Partanen, K., Jalava, T., Valaja, J., Perttilä, S., Siljander-Rasi, H., &Lindeberg, H. ,2001. Effect of dietary carbadox or formic acid and fibre level on ileal and faecal nutrient digestibility and microbial metabolite concentrations in ilealdigesta of the pig. Anim. Feed. Sci. Tech. 93, 137–155.

Partanen, K., Siljander-Rasi, H., Alaviuhkola, T., Suomi, K., &Fossi, M., 2002. Performance of growing–finishing pigs fed medium- or high-fibre diets supplemented with avilamycin, formic acid or formic acid–sorbate blend. Livest. Prod. Sci. 73, 139–152.

Partanen, K., Siljander-Rasi, H., Pentikäinen, J., Pelkonen, S., &Fossi, M., 2007. Effects of weaning age and formic acid-based feed additives on pigs from weaning to slaughter. Arch. Anim. Nutr., 61, 336–356.

Phillips, I., Casewell, M., Cox, T., De Groot, B., Friis, C., Jones, R., Nightingale, C., Preston, R. & Waddell, J. ,2004. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. J. Antimicrob. Chemoth. 53, 28–52.

Skrivanová, E., Marounek, M., Benda, V., &Brezina, P., 2006. Susceptibility of Escherichia coli, Salmonella sp and Clostridium perfringens to organic acids and monolaurin. [Online] available http://publikace.k.utb.cz/handle/10563/1002073 (19 Nov 2015)

Stapley, E. O., 1958. Cross-Resistance Studies and Antibiotic Identification. Appl. Microbiol. 6, 392–398.

Tsiloyiannis, V. K., Kyriakis, S. C., Vlemmas, J., & Sarris, K., 2001. The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhoea. Res. Vet. Sci. 70, 287–293.

van den Bogaard, A. E., & Stobberingh, E. E., 1999. Antibiotic usage in animals: impact on bacterial resistance and public health. Drugs. 58, 589–607.

Weber, N., Nielsen, J. P., Jakobsen, A. S., Pedersen, L.-L., Hansen, C. F., & Pedersen, K. S., 2015. Occurrence of diarrhoea and intestinal pathogens in non-medicated nursery pigs. Acta. Vet. Scand. 57-64.

Zhang, W., Zhao, M., Ruesch, L., Omot, A., & Francis, D., 2007. Prevalence of virulence genes in *Escherichia coli* strains recently isolated from young pigs with diarrhea in the US. Vet. Microbiol. 123, 145–152.