KHON KAEN AGR. J. 48 (4): 733-742 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.

ผลของเกลือบิวทิเรตต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในไส้ตันของไก่เนื้อ

Effects of butyrate salts on growth performances, intestinal morphological structure and caecal microbial population of broilers

อำภารัตน์ พัสว่าง[1], ภคอร อัครมธุรากุล[1], ทวีศักดิ์ ส่งเสริม[2] และ นวลจันทร์ พารักษา[1*]

Umpharat Passwang[1], Phakka-on Akaramathurakul[1], Thaweesak Songserm[2] and Nuanchan Paraksa[1*]

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของเกลือบิวทิเรตในรูปต่างกันต่อสมรรถภาพเจริญเติบโต ลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ ตลอดจนปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในไส้ตันของไก่เนื้อ โดยใช้ไก่เนื้อพันธุ์ Ross 308 อายุ 1 วัน จำนวน 1,248 ตัว ภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการแบ่งไก่เนื้อออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 12 ซ้ำ ซ้ำละ 26 ตัว โดยมีเพศผู้และเมียจำนวนเท่ากัน สุ่มไก่ให้ได้รับอาหารทดลองดังนี้ สูตรที่ 1 อาหารควบคุมประกอบด้วยข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นหลัก สูตรที่ 2-4 เป็นอาหารควบคุมที่มีการเสริมสารปฏิชีวนะระดับเร่งการเจริญเติบโต (ฟลาโวมัยซิน) ที่ระดับ 8 มก./กก. อาหาร, เสริมเกลือโซเดียมบิวทิเรตที่ระดับ 1000 มก./กก.อาหาร และเกลือแคลเซียมบิวทิเรตที่ระดับ 300 มก./กก.อาหาร ตามลำดับ การเสริมสารปฏิชีวนะระดับเร่งการเจริญเติบโตส่งผลให้ไก่เนื้อในระยะเล็ก (อายุ 1-10 วัน) มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (*P<0.01*) ในขณะที่การเสริมเกลือบิวทิเรตมีผลต่อการเจริญเติบโตอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มทำให้การเจริญเติบโตของไก่เนื้อในช่วงอายุ 21-35 วันดีขึ้น (P = 0.06) อย่างไรก็ตามการเสริมเกลือบิวทิเรตทั้ง 2 รูปแบบส่งผลให้ค่าความลึกของคริปท์จากลำไส้ส่วนเจจูนัมมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะ แต่ไม่มีผลต่อความสูงของวิลไล นอกจากนี้การเสริมเกลือบิวทิเรตทำให้จำนวนจุลินทรีย์ที่สร้างกรด แลคติคมีค่าลดลงและจำนวนเชื้อซัลโมเนลลาเพิ่มขึ้น (P<0.01) ในไก่เนื้ออายุ 20 วัน แต่ไม่มีผลในไก่เนื้ออายุ 35 วัน

คำสำคัญ เกลือบิวทิเรต, สมรรถภาพการเจริญเติบโต, ลักษณะสัณฐานวิทยา, จำนวนจุลินทรีย์ในไส้ตัน, ไก่เนื้อ

ABSTRACT: This study was designed to examine the effects of butyrate salts on growth performances, intestinal morphological structure and caecal microbial population of broilers. In total 1,248 one-day old chicks were randomly allocated into 4 groups with 12 replicates, which consisted of 26 birds with equal male and female, and were randomly fed the experimental diets as following: a control diet based on corn and soybean meal, control diets supplemented with 8 mg/kg flavophopholipol (as antibiotic growth promoter: AGP), 1,000 mg/kg sodium butyrate and 300 mg/kg

Received Octoder 21, 2019

Accepted January 6, 2020

[1] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University KamphaengSaen Campus, Nakhonpathom, 73140

[2] คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University KamphaengSaen Campus, Nakonpathom, 73140

* Corresponding author: agrnupa@ku.ac.th

calcium butyrate as group 2 to 4, respectively. The supplementation of AGP significantly improved the feed conversion ratio of broiler in period 1-10 day of ages (DOA) compared with control group (*P<0.01*), whereas butyrate salts either sodium or calcium salts provided the non-significant effect on growth performances. However, the growth performances of broilers fed butyrate salts in period 21-35 DOA has a tendency to be better than control and AGP group (P=0.06). Additionally, the broilers fed diets contained butyrate salts showed the higher crypts depth of jejunal tissue than those from control and AGP groups, but villus height was not significantly affected. Moreover, supplementation with butyrate salts significantly decreased the population of lactic acid bacteria and increased the *Salmonella* sp. population in caecal digesta of broilers aged 20 days, whereas the non-significant effect was found in 35 days old birds.

Keywords: butyrate salts, growth performances, intestinal morphological structure, caecal microbial population, broilers

บทนำ

การเลี้ยงไก่เนื้อในระดับอุตสาหกรรมเป็นการเลี้ยงที่มีความหนาแน่นสูงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ส่งผลโดยตรงต่อความเครียดของสัตว์รวมถึงส่งผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกันและการรักษาสมดุลของสุขภาพร่างกาย ทำให้เกิดความผิดปกติ สถานะของระบบภูมิคุ้มกันที่มีปัญหาจะส่งผลให้การใช้ประโยชน์จากสารอาหารไม่เต็มที่และทำให้ผลผลิตลดลง(Zhang et al., 2011) ดังนั้นจึงมีการใช้สารปฏิชีวนะในระดับเร่งการเจริญเติบโต (antibiotics as growth promoter: AGPs) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการช่วยเรื่องของสุขภาพและการเจริญเติบโตของสัตว์เป็นอย่างมาก (Butaye et al., 2003) แต่การใช้AGPsถูกต่อต้านในกลุ่มสหภาพยุโรป และมีการเพิ่มมาตรการห้ามการใช้ในการผลิตสัตว์ทั่วโลก เนื่องจากมีแรงกดดันจากผู้บริโภคจากความกังวลเรื่องการดื้อยาของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งในคนและสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรีย แกรมลบ อาทิ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. (Khadam et al., 2014) ด้วยเหตุนี้จึงมีความพยายามในการใช้สารเสริมชนิดอื่นๆ เพื่อทดแทนการใช้ AGPs ในการผลิตสัตว์ (Niewold, 2007) ซึ่งกรดอินทรีย์(organic acids)เป็นทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ปีก (Abd El-Ghany et al., 2016) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acids) ที่ได้จากการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารส่วนปลาย ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการทำงานและโครงสร้างของเซลล์ลำไส้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดบิวทิริก (butyric acid) ที่เป็นแหล่งพลังงานหลักของเซลล์ภายในลำไส้ (Scheppach, 1994) การเสริมกรดบิวทิริกจะสามารถช่วยให้สุขภาพของเนื้อเยื่อในระบบทางเดินอาหารดีขึ้น (Czerwinski et al., 2012) อย่างไรก็ตามกรดบิวทิริกมีข้อจำกัดในเรื่องกลิ่นที่รุนแรง ในปัจจุบันจึงมีการใช้ในรูปเกลือบิวทิเรตเพื่อสะดวกในการใช้งาน และเพิ่มความคงตัวในอาหารและในร่างกายสัตว์ อาทิ การเสริมในรูปของโซเดียมบิวทิเรต (sodium butyrate; $Na(C_4H_7O_2)$) เนื่องจากโซเดียมบิวทิเรตมีลักษณะเป็นของแข็ง มีความคงตัวสูงทำให้ง่ายต่อการผสมอาหาร และมีกลิ่นฉุนน้อยกว่า เมื่อเข้าสู่ภายในลำไส้โซเดียมบิวทิเรตจะถูกดูดซึมได้อย่างรวดเร็วเพื่อไปเป็นแหล่งพลังงานให้กับเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้และส่งเสริมการดูดซึมโซเดียมและน้ำ อีกทั้งยังไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในอาหารลดลง (Kotunia et al., 2004) นอกจากนี้การเสริมเกลือบิวทิเรตในรูปแคลเซียมบิวทิเรต (calcium butyrate; $Ca(C_4H_7O_2)_2$) เริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้น (Kaczmarek et al., 2016) อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเกลือบิวทิเรตทั้งสองรูปแบบในการใช้ในสัตว์ปีก ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเกลือบิวทิเรตในรูปโซเดียมและแคลเซียมบิวทิเรตต่อสุขภาพของเนื้อเยื่อในลำไส้ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในไส้ตัน ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องถึงสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลองได้รับการคำนวณให้มีสารอาหารเพียงพอสำหรับความต้องการของไก่เนื้อในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (ช่วงอายุ 1-10, 11-20, 21-35 วัน) ที่แนะนำโดย NRC (1994) โดยส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์และคุณค่าทางโภชนะจากการวิเคราะห์ของอาหารควบคุมที่ใช้ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตได้แสดงไว้ใน **Table 1** ทำการเลี้ยงไก่เนื้อในโรงเรือนระบบปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้คงที่ (Evaporative cooling house) และมีการให้น้ำและอาหารอย่างเต็มที่

ทำการชั่งน้ำหนักตัวไก่ที่อายุ 1, 10, 20 และ 35 วัน รวมทั้งปริมาณอาหารที่ใช้สำหรับการประเมินสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อในแต่ละระยะการเจริญเติบโต นอกจากนั้นที่อายุ 20 และ 35 วัน ทำการสุ่มไก่ซ้ำละ 2 ตัว (เพศผู้ 1ตัว, เพศเมีย 1ตัว) เพื่อเก็บเนื้อเยื่อส่วน

เจจูนัมสำหรับการตรวจสอบลักษณะทางจุลพยาธิวิทยา อาทิค่าความสูงวิลไล (villus height) และความลึกคริปท์ (crypts depth) ตามวิธีของศุภลักษณ์ (2545) พร้อมกันนี้ทำการเก็บตัวอย่างของเหลวจากไส้ตัน (caecum digesta) เพื่อวัดปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค (Lactic acid bacteria), อี โคไล(*E. coli*) และเชื้อซัลโมเนลลา (*Salmonella* spp.) ตามวิธีการของ ISO 15214(1998), ISO 7251 (2005) และ ISO6579 (2002) ตามลำดับ

การวิเคราะห์สถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อค่า $p<0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (Free Statistic Software, SAS University Edition)

Table 1 Feed ingredients component and analytical nutrients composition of the control diets for each period of growth

Feed ingredients (kg)	Periods of growth		
	1-10 DOA	11-20 DOA	21-35 DOA
Corn (8.0%CP)	54.47	60.66	64.49
Soybean meal (46.5% CP)	36.82	30.85	27.07
Soybean oil	4.10	4.11	4.46
Monodicalcium phosphate	2.15	2.00	1.78
Limestone	0.97	0.93	0.85
Sodium bicarbonate	0.20	0.20	0.20
Salt	0.24	0.24	0.22
Choline chloride	0.09	0.09	0.09
L-lysine-HCl	0.14	0.16	0.14
DL-methionine	0.27	0.22	0.17
L-threonine	0.05	0.04	0.03
Pellet binder	0.30	0.30	0.30
Vitamin/mineral premix	0.20	0.20	0.20
Analytical nutrients composition (% as feed basis)			
Moisture	11.40	12.17	11.74
Crude protein	21.42	19.30	17.41
Crude fat	6.54	7.13	8.13
Crude fiber	2.82	2.32	2.29
Crude ash	5.44	4.99	4.62
Calcium	0.78	0.76	0.64
Total phosphorus	0.79	0.74	0.67

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการเสริมเกลือบิวทิเรตในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

จากผลการทดลองใน Table 2 จะเห็นได้ว่าการเสริมสารปฏิชีวนะระดับเร่งการเจริญเติบโตมีผลทำให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของไก่เนื้อในช่วงอายุ 1-10 วัน ดีที่สุด (*P<0.01*) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมเกลือบิวทิเรตทั้งในรูปโซเดียมและแคลเซียมบิวทิเรต แม้ว่าการเสริมเกลือบิวทิเรตทั้งสองรูปแบบไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเจริญเติบโตของไก่เนื้อทั้งในช่วงอายุ 1-10 วันและ 11-20 วัน แต่มีแนวโน้มให้สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อในระยะท้ายช่วงอายุ 21-35 วัน ดีกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะระดับเร่งการเจริญเติบโต (*P=0.06*) แต่ผลตอบสนองของไก่เนื้อตลอดช่วงการทดลอง (ช่วงอายุ 1-35 วัน) ต่ออาหารทดลองทั้ง 4 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การที่ไก่เนื้อระยะเล็ก (ช่วงอายุ 1-10 วัน) มีการตอบสนองต่อการเสริมสารปฏิชีวนะในระดับเร่งการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มอื่นๆ เนื่องจากสารปฏิชีวนะที่สัตว์ได้รับจะไปควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะกลุ่มที่ก่อโรคที่มักเกาะบริเวณเซลล์เยื่อบุลำไส้เพื่อแย่งสารอาหารที่สัตว์ได้รับ การลดลงของจุลินทรีย์เหล่านี้ส่งผลให้สัตว์ได้รับสารอาหารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้สารปฏิชีวนะยังช่วยลดการปลดปล่อยสารพิษจากจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทำลายเซลล์เยื่อบุลำไส้ ทำให้เยื่อบุลำไส้มีสุขภาพดีขึ้น (Butaye et al., 2003) สัตว์จึงใช้ประโยชน์จากสารอาหารได้ดีขึ้น แม้ว่าการเสริมเกลือบิวทิเรตทั้งในรูปโซเดียมและแคลเซียมจะทำให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีขึ้นจากการที่กรดบิวทิริคเป็นแหล่งพลังงานหลักให้กับเซลล์เยื่อบุลำไส้ (Scheppach, 1994) จึงสามารถช่วยกระตุ้นการเจริญของเซลล์คริปท์ (crypts cell) ช่วยเพิ่มการสร้างเซลล์ทดแทนของเยื่อบุลำไส้ (Imran et al., 2018) แต่ผลตอบสนองไม่เทียบเท่ากับกรณีการเสริมสารปฏิชีวนะ เนื่องจากในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ กรดบิวทิริคอาจจะถูกนำมาใช้เพื่อการพัฒนาและช่วยในการทำงานของเซลล์เอนเทอโรไซต์ (enterocytes) มากกว่าการปรับปรุงการเจริญเติบโตเพียงอย่างเดียว (Wu et al., 2018) แต่ในระยะท้ายของการเจริญเติบโตที่ช่วงอายุ 21-35 วันพบว่าการเสริมเกลือบิวทิเรตทั้งสองรูปแบบมีแนวโน้มทำให้การเจริญเติบโตของไก่เนื้อดีกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะ เนื่องจากในช่วงท้ายของการเจริญเติบโต ไก่เนื้อมีน้ำหนักตัวมากและเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมมากขึ้นด้วย ซึ่งส่งผลทำให้มีการสร้างอนุมูลอิสระมากขึ้นจนสัตว์อยู่ในภาวะเครียดที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Weiss and Mahan, 2008) อนุมูลอิสระเหล่านี้จะสามารถทำลายเซลล์ต่างๆในร่างกายสัตว์ รวมทั้งเยื่อบุลำไส้ให้เสียหาย ซึ่งส่งผลกระทบทางลบต่อการดูดซึมสารอาหารเข้าสู่ร่างกาย (Halliwell and Gutteridge, 1989) เกลือบิวทิเรตที่เสริมในอาหารจะปลดปล่อยกรดบิวทิริคอย่างช้าๆ ทำให้เซลล์ลำไส้ได้รับพลังงานสำหรับการสร้างเซลล์เยื่อบุลำไส้ขึ้นมาทดแทนได้อย่างรวดเร็ว (Mahdavi and Torki, 2009; Imran et al., 2018) ส่งผลให้การดูดซึมสารอาหารและนำสารอาหารไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตดีขึ้น (Kogut et al., 2017) นอกจากนี้กรดบิวทิริกยังมีผลในการเพิ่มกระบวนการสร้างไขมันและคีโตนบอดี (ketone body) เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้แก่ร่างกาย (Roediger, 1982) อีกทั้งเมื่อสัตว์โตขึ้นความสามารถในการใช้ประโยชน์จากเกลือบิวทิเรตมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (Guilloteau et al., 2010)

Table 2 Effects of butyrate salts on growth performances of broilers in each period of growth

Treatment	FI(g/d/b)	WG(g/b)	ADG (g/b/d)	FCR	Livability (%)
Period 1-10 DOA					
Control	29.28	247.48	24.75	1.18^{A}	100.00
AGP	29.14	253.40	25.34	1.15^{B}	100.00
Na-butyrate	29.34	250.65	25.07	1.17^{AB}	99.62
Ca-butyrate	28.86	247.64	24.76	1.17^{AB}	100.00
SEM	0.1022	1.0894	0.1089	0.0035	0.1068
P-value	0.4507	0.2666	0.2666	0.0071	0.4378
Period 11-20 DOA					
Control	84.03	590.64	59.06	1.42	100.00
AGP	83.90	599.79	59.98	1.40	99.15
Na-butyrate	83.82	588.85	58.88	1.42	99.23
Ca-butyrate	83.01	581.40	58.14	1.42	97.69
SEM	0.5061	2.9097	0.2910	0.0083	0.3750
P-value	0.8942	0.1687	0.1687	0.6628	0.1699
Period 21-35 DOA					
Control	140.68	1172.81	83.77	1.68	99.54
AGP	142.24	1176.01	84.00	1.69	100.00
Na-butyrate	145.58	1229.57	87.82	1.66	100.00
Ca-butyrate	144.92	1221.35	87.24	1.66	99.54
SEM	1.1525	9.7312	0.6951	0.0124	0.1613
P-value	0.4091	0.0649	0.0649	0.7382	0.5787
Whole period (1-35 DOA)					
Control	91.26	2010.93	59.15	1.54	99.57
AGP	91.82	2029.15	59.68	1.54	99.15
Na-butyrate	93.25	2067.17	60.80	1.53	98.72
Ca-butyrate	92.82	2052.48	60.37	1.54	97.44
SEM	0.5802	10.25	0.3015	0.0070	0.4054
P-value	0.6227	0.2229	0.2229	0.9780	0.2808

^{A,B}Means with different superscripts in a same column differ highly significantly *(P<0.01)*

FI = feed intake, WG = weight gain, ADG = average daily gain, FCR = feed conversion ratio

เมื่อเปรียบเทียบผลการเสริมเกลือบิวทิเรตทั้งสองรูปแบบพบว่าสมรรถภาพการเจริญเติบโตในแต่ละระยะไม่มีความแตกต่างกัน แม้ว่าการเสริมเกลือบิวทิเรตในรูปของแคลเซียมจะทำให้สัตว์ได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้น (Nutrishatives, 2018) และการใช้เกลือโซเดียมจะมีผลช่วยส่งเสริมการดูดซึมโซเดียมและน้ำตาม (Kotunia et al., 2004) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการแตกตัวของเกลือบิวทิเรตทั้งสองชนิดในร่างกายสัตว์เพื่อให้กรดบิวทิริคมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน

ผลการเสริมเกลือบิวทิเรตในอาหารต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ไก่เนื้อ

การเสริมเกลือบิวทิเรตทั้งในรูปโซเดียมและแคลเซียมบิวทิเรตมีผลให้ค่าความลึกคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนเจจูนัมของไก่เนื้อที่อายุ 20 วันเพิ่มขึ้น (*P< 0.01*) ในขณะที่ไม่มีผลต่อค่าความสูงของวิลไล จึงส่งผลให้สัดส่วนความยาววิลไลต่อความลึกคริปท์มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (*P<0.01*) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะระดับเร่งการเจริญเติบโต ดังแสดงใน **Table 3** ในทำนองเดียวกันไก่เนื้ออายุ 35 วัน ที่ได้รับอาหารที่เสริมเกลือบิวทิเรตมีค่าความลึกคริปท์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (*P<0.01*) เช่นเดียวกัน และมีแนวโน้มให้ค่าความสูงวิลไลมากขึ้นแต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้สัดส่วนความสูงวิลไลต่อความลึกคริปท์มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3 Effects of butyrate salts on intestinal morphological structure of broilers in each period of growth

Treatment	Villus height (μm)	Crypts depth(μm)	Villus height/Crypts depth
At 20 days old			
Control	857.06	142.94^{B}	6.05^{A}
AGP	856.42	141.91^{B}	6.09^{A}
Na-butyrate	855.57	160.77^{A}	5.27^{B}
Ca-butyrate	831.79	150.29^{A}	5.47^{B}
SEM	12.4597	2.1959	0.1031
P-value	0.6095	0.0060	0.0055
At 35 days old			
Control	980.42	135.56^{B}	7.33
AGP	981.81	136.11^{B}	7.34
Na-butyrate	1042.92	153.06^{A}	6.94
Ca-butyrate	1042.36	156.94^{A}	6.71
SEM	17.7504	2.7768	0.1570
P-value	0.4398	0.0035	0.4187

^{A,B}Means with different superscripts in a same column differ highly significantly (*P<0.01*)

ความลึกคริปท์ที่เพิ่มขึ้นจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการผลัดเปลี่ยนเซลล์เพื่อทดแทนเซลล์บริเวณวิลไลได้อย่างรวดเร็ว (Miles et al., 2006) เมื่อเซลล์ได้รับการบาดเจ็บหรืออักเสบจากการรุกรานของเชื้อจุลินทรีย์หรือสารอนุมูลอิสระในทางเดินอาหาร ซึ่งส่งผลเสียต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้ (Yang et al., 2007) เซลล์ต้นกำเนิดที่อยู่บริเวณฐานของคริปท์จะเกิดการแบ่งเซลล์เพื่อทดแทนเซลล์เก่าที่ได้รับความเสียหายหรือหลุดลอกไป (Potten, 1998) หลังจากไก่เนื้อได้รับเกลือบิวทิเรตเข้าสู่ร่างกายจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดบิวทิริกและเป็นแหล่งพลังงานเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตของเซลล์เอนเทอโรไซต์รวมถึงเพิ่มความสูงของวิลไลและช่วยเพิ่มการแบ่งเซลล์ของคริปท์ เพื่อช่วยปรับปรุงเซลล์เยื่อบุผิวลำไส้ที่ได้รับความเสียหายส่งผลให้คริปท์มีความลึกเพิ่มขึ้น (Imran et al., 2018) อย่างไรก็ตามการเสริมเกลือบิวทิเรตทั้งสองรูปแบบในการทดลองนี้มีผลทำให้ค่าความสูงของวิลไลเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อายุ 35 วัน แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Panda et. al. (2009) ที่พบว่าการเพิ่มระดับกรดบิวทิริคในอาหาร (0, 0.2, 0.4, 0.6% ของสูตรอาหาร) ส่งผลให้ค่าความสูงของวิลไล และค่าความลึกของคริปท์ในส่วนดูโอดินัมของไก่เนื้อเพิ่มขึ้นตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของความสูงวิลไลและความลึกคริปท์ในส่วนเจจูนัมของไก่เนื้อที่อายุ 35 วัน มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของสารอาหารและส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของไก่เนื้อในช่วงอายุดังกล่าวที่ได้รับอาหารที่เสริมเกลือบิวทิเรตมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีนะในระดับเร่งการเจริญเติบโต

ผลการเสริมเกลือบิวทิเรตต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในไส้ตัน

การเสริมเกลือบิวทิเรตทั้ง 2 ชนิดมีผลทำให้ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกในของเหลวจากไส้ตันของไก่เนื้อที่อายุ 20 วันมีค่าลดลง (*P<0.01*) ในขณะที่ทำให้ปริมาณของเชื้อซัลโมเนลลาเพิ่มขึ้น (*P<0.05*) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะในระดับเร่งการเจริญเติบโตแต่ปริมาณของเชื้ออี โคไลของแต่ละกลุ่มทดลองมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดในไส้ตันของไก่เนื้ออายุ 35 วันที่ได้รับอาหารทดลอง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน **Table 4** การลดลงของจำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคจากการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Hu and Guo (2007) ที่ทำการเสริมโซเดียมบิวทิเรตที่ระดับ 0, 500, 1000 และ 2000 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร พบว่าจำนวนของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคในส่วนเจจูนัมมีปริมาณลดลงเมื่อระดับของเกลือบิวทิเรตเพิ่มขึ้น (*P<0.01*) ทั้งนี้เนื่องจากการเสริมกรดบิวทิริกที่มีค่า pKa (ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการแตกตัวของกรด) เท่ากับ 4.82 ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างในลำไส้ของไก่เนื้ออยู่ระหว่าง 5.7-6.4 ทำให้กรดบิวทิริคสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออน (H^+) ได้มากขึ้น (Ahsan et al., 2016) จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในทางเดินอาหารลดลงมากเกินไป จนส่งผลต่อการเจริญและการมีชีวิตรอดของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค โดยแบคทีเรียเหล่านี้จะเจริญได้ช้าลงในสภาพที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ อีกทั้งความเป็นกรดสามารถทำลายเซลล์และทำให้เซลล์จุลินทรีย์ตายในที่สุด (Hutkins and Nannen, 1993)

แม้ว่าจะมีการรายงานความสามารถในการยับยั้งเชื้อซัลโมเนลล่าของกรดบิวทิริค ด้วยการยับยั้งการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการบุกรุกเซลล์โฮสต์ของเชื้อซัลโมเนลล่า (Van Immerseel et al., 2006) แต่ในการทดลองนี้พบว่าการเสริมเกลือบิวทิเรตทั้งสองรูปแบบกลับมีผลทำให้จำนวนเชื้อซัลโมเนลล่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์จะขึ้นกับกรดในรูปที่ไม่แตกตัว (undissociated form) ซึ่งจะสามารถแทรกซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์และแตกตัวในไซโตพลาสซึม ทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์ต้องใช้พลังงานในการขับH^+ออก จนทำให้เซลล์จุลินทรีย์ตายในที่สุด (Kashket, 1987) ซึ่งกรดบิวทิริคสามารถแตกตัวได้มากในสภาพแวดล้อมของลำไส้ของไก่เนื้อจากการที่มีค่า pKa ต่ำกว่า จึงทำให้เหลือปริมาณของกรดที่ไม่แตกตัวอยู่น้อย ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ต่ำ นอกจากนี้มีรายงานว่ากรดไขมันสายกลาง (medium chain fatty acids) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่ากรดไขมันสายสั้น (Van Immerseel et al., 2006) เนื่องจากกรดไขมันสายโซ่สั้นจะถูกเมแทบอไลท์บริเวณระบบทางเดินอาหารส่วนต้นของสัตว์ปีก (Hamed and Hassan, 2013) จึงทำให้กรดไขมันสายสั้นมีประสิทธิภาพจำกัดในการปรับสมดุลของ

จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารส่วนปลาย (Jozefiak et al., 2010) ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการทดลองนี้ที่พบว่าการเสริมเกลือบิวทิเรตทั้งสองรูปแบบมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์แกรมลบ เช่น อีโคไลและซัลโมเนลล่าได้ต่ำ อีกทั้งลดจำนวนแบคทิเรียที่ผลิตกรดแลคติค จึงไม่สามารถช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของไก่เนื้อ

Table 4 Effects of butyrate salts on microbial population in caecal digesta of broilers

Treatment	Population of microbes (log_{10} cfu/g digesta)		
	Lactic acid bacteria	E. *coli*	*Salmonella* spp.
At 20 days old			
Control	7.35[A]	7.51	7.72[b]
AGP	7.41[A]	7.61	7.58[b]
Na-butyrate	7.13[B]	7.60	8.47[a]
Ca-butyrate	7.01[B]	7.68	7.98[ab]
SEM	0.0391	0.0562	0.1082
P-value	0.0004	0.7799	0.0194
At 35 days old			
Control	7.29	6.21	2.34
AGP	7.26	6.15	1.86
Na-butyrate	7.28	5.85	2.70
Ca-butyrate	7.11	5.87	1.70
SEM	0.0926	0.0818	0.2505
P-value	0.8871	0.2851	0.4882

[A,B]Means with different superscripts in a same column differ highly significantly (*P<0.01*)

[a,b] Means with different superscripts in a same column differ significantly (*p< 0.05*)

สรุป

การเสริมเกลือบิวทิเรตทั้งในรูปโซเดียมและแคลเซียมบิวทิเรตมีแนวโน้มช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อในระยะท้ายของการเจริญเติบโตเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะในระดับเร่งการเจริญเติบโต นอกจากนี้มีผลทำให้คริปท์บริเวณเยื่อบุลำไส้มีการแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้น และความสูงของวิลไลมีแนวโน้มดีขึ้น อย่างไรก็ตามการเสริมเกลือบิวทิเรตไม่แสดงผลในด้านการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ประจำถิ่นในระบบทางเดินอาหารส่วนปลายของไก่เนื้อ ทั้งนี้เกลือบิวทิเรตทั้งสองรูปแบบมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันในการใช้ในไก่เนื้อ

เอกสารอ้างอิง

ศุภลักษณ์ โรมรัตนพันธุ์. 2545. เทคนิคเนื้อเยื่อสัตว์. ครั้งที่พิมพ์ 1. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abd El-Ghany, W. A., M. H. Awaad, S. A. Nasef, and A. F. Gaber. 2016. Effect of sodium butyrate on *Salmonella enteritidis* infection in broiler chickens. Asian J. Poult. Sci. 10: 104-110.

Ahsan U., O. Cengiz, E. Kuter, and M. E. A. Chacher. 2016. Sodium butyrate in chicken nutrition: the dynamics of performance, gut microbiota, gut morphology, and immunity. Worlds Poult. Sci. J. 72: 266-275.

Butaye, P., L. A. Devriese, and F. Haesebrouck. 2003. Antimicrobial growth promoters used in animal feed: Effects of less well known antibiotics on gram negative bacteria. Clin. Microbiol. Rev. 16: 175-188.

Czerwinski, J., O. Højberg, S. Smulikowska, R. M. Engberg, and A. Mieczkowska. 2012. Effects of sodium butyrate and salinomycin upon intestinal microbiota, mucosal morphology and performance of broiler chickens. Arch. Anim. Nutr. 66 : 102-116.

Guilloteau, P., L. Martin, V. Eckhart, R. Ducatelle, R. Zabielskiand, and F. V. Immerseel. 2010. From the gut to the peripheral tissues: the multiple effects of butyrate. Nutr. Res. Rev. 23: 366-384.

Halliwell, B and J.M.C. Gutteridge. 1989. Free Radical in Biology and Medicine. 2nd Edition. Oxford Science Publication, Clarendon.

Hamed, D.M. and A.M.A. Hassan. 2013. Acids supplementation to drinking water and their effects on Japanese quails experimentally challenged with *Salmonella enteritidis*. Res. Zool. 3: 15-22.

Hu, Z., and Y. Guo. 2007. Effects of dietary sodium butyrate supplementation on the intestinal morphological structure, absorptive function and gut flora in chickens. Anim. Feed Sci. Technol. 132: 240-249.

Hutkins, R.W. and N.L. Nannen. 1993. pH homeostasis in lactic acid bacteria. J. Dairy Sci. 76: 2354-2365.

Imran, M., S. Ahmed, Y. A. Ditta, S. Mehmood, M. I. Khan, S. S. Gillani, Z. Rasool, M. L. Sohail, A. Mushtaq, and S. Umar. 2018. Effect of microencapsulated butyric acid supplementation on growth performance, ileal digestibility of protein, duodenal morphology and immunity in broilers. J. Hellenic. Vet. Med. Soc. 69: 1109-1116.

ISO 6579. 2002. Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal Method for the Detection of *Salmonella* spp. International Organization for Standardization, London.

ISO 7251. 2005. Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal Method for the Detection and Enumeration of Presumptive *Escherichia coli*- Most Probable Number Technique. International Organization for Standardization, London.

ISO 15214. 1998. Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal Method for the Enumeration of Mesophillic Lactic Acid Bacteria-Colony count Technique at 30 Degrees C. International Organization for Standardization, London.

Jozefiak, D., S. Kaczmarek, and A. Rutkowski. 2010. The effects of benzoic acid supplementation on the performance of broiler chickens. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 94: 29-34.

Kaczmarek, S. A., A. Barri, M. Hejdysz, and A. Rutkowski. 2016. Effect of different doses of coated butyric acid on growth performance and energy utilization in broilers. Poult. Sci. 95: 851–859.

Kashket, E.R. 1987. Bioenergistics of lactic acid bacteria: cytoplasmic pH and osmotolerance. FEMS Microbiol. Rev. 46: 233-244.

Khadam, A., L. Soler, N. Everaert, and T. A. Niewold. 2014. Growth promotion in broilers by both oxytetracycline and *Macleayacordata* extract is based on their anti-inflammatory properties. Br. J. Nutr. 112: 1110–1118.

Kogut, M. H., X. Yin, J. Yuanand, and L. Bloom. 2017. Gut health in poultry. CAB Rev. 12: No.031.

Kotunia, A., J. Wolinski, D. Laubitz, M. Murkowski, V. Rome, P. Guilloteau, and R. Zabielski. 2004. Effect of sodium butyrate on the small intestine development in neonatal piglets fed by artificial sow. J. Physiol. Pharmacol. 55: 59–68.

Mahdavi, R., and M. Torki. 2009. Study on usage period of dietary protected butyric acid on performance, carcass characteristics, serum metabolite levels and humoral immune response of broiler chickens. J. Anim. Vet. Adv. 8: 1702-1709.

Miles, R. D., G. D. Butcher, P. R. Henry, and R. C. Littell. 2006. Effect of antibiotic growth promoters on broiler performance, intestinal growth parameters, and quantitative morphology. Poult. Sci. 85: 476-485.

National Research Council (NRC). 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th Edition. National Academy Press, Washington, DC.

Niewold, T. A. 2007. The non-antibiotic anti-inflammatory effect of antimicrobial growth promoters, the real mode of action? A hypothesis. Poult. Sci. 86: 605–609.

Nutrishatives. 2018. Top 5 best butyrate supplements for leaky gut cure. Gut health. Available: https://www.nutrishatives.com/best-butyrate-supplements-for-leaky-gut-cure/#What-are-the-Forms-of-Butyrate-in-Supplements.AccessedMar. 20, 2019.

Panda, A.K., S.V. Rama Rao, M.V.L.N. Raju, and G.S. Shyam. 2009. Effect of butyric acid on performance, gastrointestinal tract health and carcass characteristics in broiler chickens. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 22: 1026-1031.

Potten, C. S. 1998. Stem cell in gastrointestinal epithelium characteristics and death. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 353: 821-830.

Roediger, W. E. 1982. Utilization of nutrients by isolated epithelial cells of the rat colon. Gastroenterol. 83: 424–429.

Scheppach, W. 1994. Effects of short chain fatty acids on gut morphology and function. Gut. 35: 35-38.

Van Immerseel, F., J.B. Russell, M.D. Flythe, I. Gantois, L. Timbermont, F. Pasmans, F. Haesebrouck, and R. Ducatelle. 2006. The use of organic acids to combat Salmonella in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. Avian Pathol. 35: 182-188.

Weiss, W.P. and D.C. Mahan. 2008. Oxidative stress during the lifecycle of animals. J. Anim. Sci. 86:E-Suppl.2/J.Dairy Sci. 91: E-Suppl.1.

Wu, W., Z. Xiao, W. An, Y. Dong, and B. Zhang. 2018. Dietary sodium butyrate improves intestinal development and function by modulating the microbial community in broilers. PLosONE 13: 1-21.

Yang, Y., P. A. Iji, A. Kocher, L. L. Mikkelsen, and M. Choct. 2007. Effects of mannanoligosaccharide on growth performance, the development of gut microflora and gut function of broiler chickens raised on new litter. J. Appl. Poult. Res.16: 280-288.

Zhang, W. H., Y. Jiang, Q. F. Zhu, F. Gao, S. F. Dai, J. Chen, and G. H. Zhou. 2011. Sodium butyrate maintains growth performance by regulating the immune response in broiler chickens. Br. Poult. Sci. 52: 292-301.