

ผลของการเสริมกวินิดิโนอะซิดิกแอซิดต่อลักษณะด้านการผลิตของไก่เนื้อ

(Effects of guanidinoacetic acid supplementation in feed on production characteristics of broilers)

ลักชี พัดโสดา

Lakkhee Patsoda

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิจัยให้ทราบถึงผลของการเสริมกวินิดิโนอะซิดิกแอซิดต่อลักษณะด้านการผลิตของไก่เนื้อ ได้ทำการรวบรวมผลการศึกษาจากเอกสารวิชาการจำนวน 3 ฉบับ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559-2561 โดยมีการเสริมกวินิดิโนอะซิดิกแอซิดในสูตรอาหารระดับ 0, 0.06, 0.6 และ 1.2 g/kg พบว่า การเสริมกวินิดิโนอะซิดิกแอซิดที่ระดับ 0.6 g/kg ส่งผลต่อไก่เนื้อที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารควบคุมในช่วงอายุ 1-35 วัน รวมถึงการเสริมกวินิดิโนอะซิดิกแอซิดที่ระดับ 0.6 g/kg ส่งผลให้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อในช่วงอายุ 1-35 วัน ดีกว่ากลุ่มควบคุม ในด้านปริมาณการกินได้พบผลวิจัยจาก 1 ใน 3 ของเอกสารวิชาการ รายงานว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับอาหารซึ่งเสริมกวินิดิโนอะซิดิกแอซิดที่ระดับ 0.6 g/kg มีปริมาณการกินได้น้อยกว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารควบคุมในช่วงอายุ 1-35 วัน สรุปได้ว่าการเสริมกวินิดิโนอะซิดิกแอซิดในสูตรอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 1-35 วัน ที่ระดับ 0.6 g/kg ส่งผลให้ไก่เนื้อมีอัตราการเจริญเติบโต/ตัว/วันและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ดีกว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารควบคุม ทั้งนี้ หากสูตรอาหารไก่เนื้อมีระดับของกรดอะมิโนไกลซีนและอาร์จินีนเพียงพอ ก็มีความจำเป็นต้องเสริมกวินิดิโนอะซิดิกแอซิดในสูตรอาหาร

คำสำคัญ: ไก่เนื้อ กรดกวินิดิโนอะซิดิกแอซิด ลักษณะด้านการผลิต

บทนำ

การผลิตไก่อเนื้อเป็นระบบการผลิตแบบการค้า โดยใช้ไก่อเนื้อลูกผสมซึ่งเป็นสายพันธุ์ทางการค้าจากบริษัทต่างๆที่ผลิตออกมาจำหน่าย ไกอเนื้อเป็นสัตว์ที่ทำรายได้เข้าประเทศที่สำคัญและมีการพัฒนากลายเป็นอุตสาหกรรมเกษตรที่สำคัญและยังก่อให้เกิดอุตสาหกรรมเชื่อมโยงเพิ่มขึ้นอีกหลายประเภท (สิริธิดา ใบเตย, 2557) อุตสาหกรรมไก่อเนื้อในปัจจุบันมีแนวโน้มเติบโตดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยได้รับปัจจัยจากความต้องการบริโภคเนื้อไก่ทั้งจากตลาดในประเทศและตลาดส่งออกที่ขยายตัวดีขึ้นตามการฟื้นตัวของเศรษฐกิจโลก รวมทั้งการผ่อนคลายมาตรการควบคุมโรคในหลายประเทศ ส่งผลให้ทางเศรษฐกิจและการใช้ขายต่าง ๆ เริ่มกลับเข้าสู่ภาวะปกติมากขึ้น ไกอเนื้อของไทยผลิตเพื่อป้อนความต้องการของตลาดภายในประเทศเป็นหลัก โดยมีสัดส่วนราว 70% ของผลผลิตไก่ทั้งหมดในประเทศ (โชติกา ชุ่มมี, 2565) ซึ่งในปัจจุบันสัตว์ปีกมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วมาก จึงทำให้ความต้องการกรดอะมิโนมีความสำคัญมากตามไปด้วย โดยการเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์ให้เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้สัตว์ได้รับกรดอะมิโนในสัดส่วนที่เหมาะสม สำหรับการดำรงชีพ และการสะสมโปรตีนในร่างกาย รวมถึงการลดหรืองดการใช้แหล่งวัตถุดิบที่มาจากสัตว์ และหันมาใช้แหล่งวัตถุดิบที่มาจากพืชมากขึ้น ด้วยแหล่งวัตถุดิบที่มาจากสัตว์มีราคาต้นทุนที่ค่อนข้างสูง รวมถึงอาจพบการปลอมปนในวัตถุดิบซึ่งส่งผลต่อคุณค่าทางอาหารของตัววัตถุดิบนั้นๆ (กนกรัตน์และคณะ, 2559) สัตว์ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำหรือไม่มีแหล่งโปรตีนจากสัตว์อาจทำให้ได้รับกรดอะมิโนบางชนิดที่ไม่เพียงพอ รวมถึงอาจทำให้สัตว์ได้รับครีเอทีน (Creatine) ลดน้อยลง เพราะสัตว์สามารถได้รับครีเอทีนทางอาหารจากวัตถุดิบที่มาจากสัตว์เท่านั้น ซึ่งครีเอทีนสามารถพบได้มากที่สุด ในปลาป่น เนื้อและกระดูกป่น และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ปีก โดยจะแปรผันตามคุณภาพของวัตถุดิบและกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้มา (Radulović et al., 2012)

Guanidinoacetic acid (GAA) เป็นสารเมตาโบไลต์ของไกลซีน ซึ่งกลุ่มอะมิโนถูกแปลงเป็นกวานิดีน (Guanidine) โดยการถ่ายโอนกลุ่ม Guanidine จาก Arginine (Guanylation) ในสัตว์ปีก พบว่า GAA เป็นสารประกอบที่สังเคราะห์ขึ้นในไตและตับ (Dilger et al., 2013) GAA เป็นสารตั้งต้นของครีเอทีน (creatine) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกระบวนการส่งพลังงานในเนื้อเยื่อต่างๆ โดยเฉพาะเนื้อเยื่อที่มีลักษณะความต้องการพลังงานสูง (Harris et al., 1997) ในรูปแบบของสารประกอบกลุ่ม phosphorylated และ phospho-creatine โดยครีเอทีนจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการรักษาความเข้มข้นของ adenosine diphosphate ที่ตำแหน่งของการใช้พลังงาน และในการถ่ายโอนฟอสเฟตพลังงานสูงจากไมโทคอนเดรีย ทั้งนี้ (Harris et al. 1997) รายงานว่า ความเข้มข้นของครีเอทีนมีสูงสุดในกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 95 ที่มีทั้งหมดภายในร่างกาย โดยทั่วไปในแต่ละวันครีเอทีน และ phospho-creatine ประมาณร้อยละ 1.7 จะถูกเปลี่ยนเป็นครีเอตินินและขับออกทางปัสสาวะ (Wyss and Kaddurah-Daouk, 2000) นอกจากนี้ มีรายงานว่า การใช้ GAA เสริมเป็น Feed additive สามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของเซลล์กล้ามเนื้อ (Liu et al., 2015) ทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว (Balsom et al., 1995) และในขณะเดียวกันยังมีความสามารถในการช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสัตว์ได้อีกด้วย (Lui et al., 2015) สัมมนานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษางานวิจัยให้ทราบถึงผลของการเสริมกวานิดีนอะซิติกแอซิดต่อลักษณะด้านการผลิตของไก่อเนื้อ

ผลของการเสริมกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิดในอาหารไก่เนื้อต่อลักษณะการผลิต

Table 1 Effects of guanidinoacetate acid supplementation on body weight gain /average weight gain per day of broiler.

Level	0	0.06	0.6	1.2	SEM	P-value	References
Age 0-35 d. (body weight gain : g)	2,454 ^b	-	2,509 ^a	-	11	0.001	Cordova et al. (2018)
Age 0-35 d. (body weight gain : g)	2,091 ^a	2,094 ^a	1,892 ^b	-	20.5	*	Tossenberger et al. (2016)
Age 1-35 d. (ADG : g/d)	56.4 ^b	-	58.1 ^{ab}	59.1 ^a	0.646	0.006	Ale Saheb Fosoul et al. (2018)

^{a,b}Means in a column not sharing a common superscript are significantly different ($P \leq 0.05$)

ADG= average daily gain

SEM= Standard error of mean

- น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (Bodyweight gain)

จากการทดลองของ Cordova-Noboa et al. (2018) ซึ่งศึกษาผลการเสริมกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิดในสูตรอาหารที่ระดับ 0 และ 0.6 g/kg ต่างๆ ต่อลักษณะน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้ออายุ 0-35 วัน ผลแสดงดัง Table 1 พบว่าการเสริมกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิดที่ระดับ 0.6 g/kg ส่งผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อ ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (2,454 g และ 2,509 g) เมื่อพิจารณาผลการเสริมกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิดในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 0.06 และ 0.6 g/kg ต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อ ในงานวิจัยของ Tossenberger et al. (2016) พบว่า การเสริมกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิดที่ระดับ 0.06 g/kg ในช่วงอายุ 1-35 วัน ส่งผลให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อในช่วงอายุ 1-35 วัน แตกต่างจากไก่เนื้อกลุ่มควบคุมซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่ได้ทำการเสริมกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิด (2,091 g และ 2,094 g) และเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อในกลุ่มที่เสริมกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิดในสูตรอาหารระดับ 0 g/kg และ 0.6 g/kg กับไก่เนื้อกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิดในสูตรอาหารที่ระดับ 0.6 g/kg พบว่าการเสริมกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิดในสูตรอาหารที่ระดับ 0.6 g/kg ทำให้ไก่เนื้อมีน้ำหนักตัวที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผลการศึกษาของ Ale Saheb Fosoul et al. (2018) พบว่า การเสริมกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิดที่ระดับ 0, 0.6 และ 1.2 g/kg ในช่วงอายุ 1-35 วัน ส่งผลให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อในช่วงอายุ 1-35 วัน ที่ระดับที่ 0.6 g/kg ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (56.4 g และ 58.1 g) อย่างไรก็ตามผลการทดลองของ Cordova-Noboa et al. (2018) Tossenberger et al. (2016) และ Ale Saheb Fosoul et al. (2018) มีแนวโน้มที่สอดคล้องกันทั้งหมด พบว่าเมื่อเสริมกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิดในสูตรอาหาร มีแนวโน้มส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่เนื้อเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม อาจมีผลมาจากกรดกัวนิดิโนอะซีติกแอซิดสามารถสังเคราะห์ครีเอตินและทำให้เกิดการเพิ่มโปรตีนใน

กล้ามเนื้อและยังสามารถนำไปใช้ในการสังเคราะห์พลังงานแอดิโนซีนไตรฟอสเฟส (adenosine triphosphate, ATP) โดยการที่ร่างกายสัตว์นั้นมีปริมาณพลังงานเพิ่มมากขึ้นก็จะส่งผลทำให้ร่างกายมีกระบวนการทำงานที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่ดีของไก่เนื้อ

Table 2. Effects of guanidinoacetate acid supplementation on total feed intake/ average daily feed intake of broilers.

Level	0	0.06	0.6	1.2	SEM	P-value	References
Age 0-35 d. Feed intake (g)	3,693	-	3,669	-	25	0.561	Cordova et al. (2018)
Age 0-35 d. Feed intake (g)	3,088 ^a	3,110 ^a	2,792 ^b	-	37.3	*	Tossenberger et al. (2016)
Age 1-35 d. ADFI (g)	99.3	-	97.5	99.3	2.664	0.336	Ale Saheb Fosoul et al. (2018)

^{a,b} Values in the same column with unlike superscript letters were significantly different (P<0.05)

ADFI= average daily feed intake

SEM= Standard error of mean

- ปริมาณการกินได้ (Feed intake)

จากการทดลองของ Cordova-Noboa et al. (2018) ซึ่งศึกษาผลการเสริมกรดกัวนิตินโนอะซิดิกแอซิดในสูตรอาหารที่ระดับ 0 และ 0.6 g/kg ต่างๆ ต่อการกินอาหารได้ของไก่เนื้ออายุ 0-35 วัน ผลแสดงดัง Table 2 พบว่า การเสริมกรดกัวนิตินโนอะซิดิกแอซิดที่ระดับ 0.6 g/kg ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของไก่เนื้อ ซึ่งไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาผลการเสริมกรดกัวนิตินโนอะซิดิกแอซิดในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 0.06 และ 0.6 g/kg ต่อปริมาณการกินได้ของไก่เนื้อ ในงานวิจัยของ Tossenberger et al. (2016) พบว่า การเสริมกรดกัวนิตินโนอะซิดิกแอซิดที่ระดับ 0.06 g/kg ในช่วงอายุ 1-35 วัน ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของไก่เนื้อในช่วงอายุ 1-35 วัน แตกต่างจากไก่เนื้อกลุ่มควบคุมซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่ได้ทำการเสริมกรดกัวนิตินโนอะซิดิกแอซิด (3,088g และ 3,110 g) แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาปริมาณการกินได้ทั้งสองกลุ่ม (0 และ 0.6 g/kg ของกรดกัวนิตินโนอะซิดิกแอซิด) กับไก่เนื้อกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมกรดกัวนิตินโนอะซิดิกแอซิดในสูตรอาหารที่ระดับ 0.6 g/kg พบว่าการเสริมกรดกัวนิตินโนอะซิดิกแอซิดในสูตรอาหารที่ระดับ 0.6 g/kg ทำให้ไก่เนื้อปริมาณการกินได้ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผลการศึกษาของ Ale Saheb Fosoul et al. (2018) พบว่า การเสริมกรดกัวนิตินโนอะซิดิกแอซิดที่ระดับ 0, 0.6 และ 1.2 g/kg ในช่วงอายุ 1-35 วัน ส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของไก่เนื้อในช่วงอายุ 1-35 วัน ที่ระดับที่ 0.6 g/kg ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (99.3 g และ 97.5 g) อย่างไรก็ตามผลการทดลองของ Cordova-Noboa et al. (2018) มีแนวโน้มสอดคล้องกับการ

ทดลองของ Ale Saheb Fosoul et al. (2018) ที่พบว่า การเสริมกรดกัวนิดีโนอะซิดิกแอซิดในสูตรอาหารที่ระดับ 0.6 g/kg ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 1-35 วัน ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองของ Tossenberger, J et al. (2016) งานทดลองของ Cordova-Noboa et al. (2018) มีการศึกษาที่ประเทศสหรัฐอเมริกา และงานทดลองของ Ale Saheb Fosoul et al. (2018) ทำการศึกษาที่ประเทศอิหร่าน โดยเลี้ยงในคอกด้วยระบบ Evaporation ขณะทำงานศึกษาของ Tossenberger et al. (2016) มีการศึกษาที่ประเทศ Hungary จัดการเลี้ยงตามมาตรฐานการจัดการไก่เนื้อของสหภาพยุโรป ซึ่งผลการศึกษาจากทั้งสามงานวิจัยแสดงให้เห็นแนวโน้มที่สอดคล้องกันคือ การเสริมกรดกัวนิดีโนอะซิดิกแอซิดในสูตรอาหารที่ระดับ 0.6 g/kg ทำให้ค่าของปริมาณการกินได้หรืออัตราการกินได้/ตัว/วัน ของไก่เนื้อมีค่าที่ต่ำกว่าไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารควบคุมที่ไม่ได้เสริมกรดกัวนิดีโนอะซิดิกแอซิด

Table 3. Effects of guanidinoacetate acid supplementation on FCR (F/G) or of broilers.

Level	0	0.06	0.6	1.2	SEM	P-value	References
Age 0-35 d. FCR	1.499 ^a	-	1.461 ^b	-	0.007	0.006	Cordova et al. (2018)
Age 0-35 d. FCR	1.48	1.49	1.48	-	0.013	ns	Tossenberger et al. (2016)
Age 1-35 d. FCR	1.74 ^a	-	1.68 ^b	1.68 ^b	0.115	0.044	Ale Saheb Fosoul et al. (2018)

^{a,b}Values in the same column with unlike superscript letters were significantly different ($P < 0.05$)

FCR= Feed conversion ratio

SEM= Standard error of mean

- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio)

จากการทดลองของ Cordova-Noboa et al. (2018) ซึ่งศึกษาผลการเสริมกรดกัวนิดีโนอะซิดิกแอซิดในสูตรอาหารที่ระดับ 0 และ 0.6 g/kg ต่อการอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ (FCR) ของไก่เนื้อช่วงอายุ 0-35 วัน ผลแสดงดัง Table 3 พบว่าการเสริมกรดกัวนิดีโนอะซิดิกแอซิดที่ระดับ 0.6 g/kg ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (1.499 และ 1.461) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ale Saheb Fosoul et al. (2018) ที่พบว่า การเสริมกรดกัวนิดีโนอะซิดิกแอซิดที่ระดับ 0.6 และ 1.2 g/kg ในช่วงอายุ 1-35 วัน ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อในช่วงอายุ 1-35 วัน ดีกว่ากลุ่มควบคุม (1.74 และ 1.68) โดยทั้งสองงานศึกษาดังกล่าว ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tossenberger et al. (2016) พบผลการศึกษาว่า การเสริมกรดกัวนิดีโนอะซิดิกแอซิดที่ระดับ 0, 0.06 และ 0.6 g/kg ไม่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อในช่วงอายุ 1-35 วัน ซึ่ง (1.48, 1.49 และ 1.48 ตามลำดับ) อาจมีผลมาจากกรดกัวนิดีโนอะซิดิกแอซิดเป็นสารเสริมสามารถช่วยเพิ่มการ

เจริญเติบโตของเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว และในขณะเดียวกันยังมีความสามารถในการช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสัตว์ได้อีกด้วย จึงเป็นผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น

สรุป

จากการศึกษาการเสริมกัวนิตีโนอะซิกติกแอซิดต่อลักษณะด้านการผลิตของไก่เนื้อ สรุปได้ว่าการเสริมกรดกัวนิตีโนอะซิกติกแอซิดในสูตรอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 1-35 วันที่ระดับ 0.6 g/kg ส่งผลให้ไก่เนื้อมียัตราการเจริญเติบโต/ตัว/วัน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ดีกว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารควบคุม

เอกสารอ้างอิง

กนกรัตน์ ศรีกิจเกษมวัฒน์, อำพล กล่อมปัญญา และ กานต์ สุขสุแพทย์. 2559. “การประเมินคุณภาพ และการตรวจการปลอมปนในปลาปนที่ใช้ในอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์”. สัตวแพทยมหาสาร. 11(2): 91-100.

โชติกา ชุ่มมี. 2022. SCB: ภาพรวมอุตสาหกรรมไก่เนื้อของไทย. แหล่งที่มา: <https://www.scbeic.com/th/detail/product>. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2565.

สิริดา ไบเตย. 2557. Animals-Farm: ระบบการเลี้ยงไก่เนื้อ. แหล่งที่มา: <https://www.animals-farm.com> สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2565.

Ahmadipour, B., F. Khajali, M.R. Sharifi. 2018. “Effect of Guanidinoacetic Acid Supplementation on Growth Performance and Gut Morphology in Broiler Chickens”. **Poultry Science Journal** 6(1): 19-24.

Balsom, P.D., K. Soderlund., B. Sjodin and B. Ekblom. 1995. “Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation”. **Acta Physiol. Scand.** 154: 303-310.

Córdova-Noboa, H.A., E.O. Oviedo-Rondón, A.H. Sarsour, J. Barnes, P. Ferzola, M. Rademacher-Heilshorn, U. Braun. 2018. “Performance, meat quality, and pectoral myopathies of broilers fed either corn or sorghum based diets supplemented with guanidinoacetic acid”. **Poultry Science** 97:2479–2493.

Dilger, R N., K. Bryant-Angeloni, R.L. Payne, A. Lemme and C.M. Parsons. 2013. “Dietary guanidino acetic acid is an efficacious replacement for arginine for young chicks”. **Poultry Sci.** 92 :171–17.

Fosoul, S.S.A.S., Azarfar, A., Abbasali and G., Heshmatollah, K. 2018. “Energy utilisation of broiler chickens in response to guanidinoacetic acid supplementation in diets with various energy contents”. **British J. of Nutrition** 120 :131–140.

Harris, R. C., J. A. Lowe., K. Warnesand and C.E. Orme. 1997. “The concentration of creatine in meat, offal and commercial dog food”. **Res. Vet. Sci** 62(1):58-62.

- Liu, Y., J.L. Li., Y.J. Li., T. Gao, L. Zhang, F. Gao and G.H. Zhou. 2015. "Effects of dietary supplementation of guanidinoacetic acid and combination of guanidinoacetic acid and betaine on postmortem glycolysis and meat quality of finishing pigs". **Animal Feed Sci. and Technol.** 205: 82–89.
- Radulović, N., M. Dekić and Z.Stojanović-Radić. 2012. "Chemical composition and antimicrobial activity of the volatile oils of *Geranium sanguineum* L. and *G. robertianum* L. (Geraniaceae)". **ORIGINAL RESEARCH.** 21:601–615.
- Tossenberger, J., Rademacher, M., N'émeth, K., Halas, V., Lemme, A. 2016. "Digestibility and metabolism of dietary guanidinoacetic acid fed to broilers". **Poultry Science** 95:2058–2067.
- Wyss, Markus., and Kaddurah-daouk, Rima. 2000. "Creatine and Creatinine Metabolism". **Physiol. Rev.** 80(3): 1107.