ผลการเสริมสารบีเทนและสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ

Effects of Feeding Betaine and Dietary Electrolyte Balance on Broiler Performance and Carcass Traits

คำนำ

อุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อได้พัฒนาเทคโนโลยีด้านต่างๆเพื่อส่งเสริมให้ไก่เนื้อมีศักยภาพการผลิตสูงสุด ในด้านการจัดการโรงเรือนผู้เลี้ยงไก่เนื้อในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้มีการพัฒนาโรงเรือนเป็นระบบปิดเพื่อควบคุมอุณหภูมิและการระบายอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาความเครียดเนื่องจากความร้อนโดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ที่สภาพอากาศภายนอกโรงเรือนและภายในโรงเรือนมีความแตกต่างกันอย่างมาก ส่งผลกระทบต่อการควบคุมสมดุลภายในร่างกายของไก่เนื้อ

ในด้านโภชนาการได้มีความพยายามที่จะใช้สมดุลอิเลคโทรไลท์ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุ 3 ชนิด ได้แก่ โซเดียม โปแตสเซียม และคลอไรด์ ที่มีไอออนบวกและไอออนลบ (Leeson *et al.*, 1995)ในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อช่วยให้ร่างกายสามารถรักษาสมดุลของน้ำและเมแทบอลิซึมให้เป็นปกติแม้ในสภาวะที่เกิดความเครียดจากปัจจัยต่างๆ นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงการเสริมสารบีเทน ซึ่งเป็นสารสกัดที่ได้จากอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลจากหัวบีท (Beet) ที่มีคุณสมบัติช่วยปรับสมดุลออสโมซิส (Osmo Protectant) หรือ ปรับสมดุลของน้ำในร่างกายเพื่อรักษาความสมดุลภายในเซลล์ ทั้งนี้พบว่าการเสริมบีเทนในอาหารไก่เนื้อ จะช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Lundeen, 2000) รวมทั้งช่วยปรับปรุงคุณภาพซาก ได้แก่ การเพิ่มปริมาณเนื้อหน้าอก ลดปริมาณไขมันในช่องท้อง (McDevitt *et al*, 1999)

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการเสริมสารบีเทนควบคู่กับการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารเพื่อช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อและคุณภาพซากให้เพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของการเสริมบีเทนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อที่เลี้ยงดูในสภาพอากาศร้อนชื้น

2. ศึกษาผลของการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อที่เลี้ยงดูในสภาพอากาศร้อนชื้น

การตรวจเอกสาร

สมดุลของน้ำ

ในร่างกายมีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์โดยสัดส่วน 70 เปอร์เซ็นต์เป็นน้ำที่พบภายในเซลล์และ 30 เปอร์เซ็นต์เป็นน้ำที่พบภายนอกเซลล์ ทั้งนี้ 75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำภายนอกเซลล์จะพบในช่องว่างระหว่างเซลล์และอีก 25 เปอร์เซ็นต์พบในส่วนพลาสมา (Houpt, 1970) ซึ่งสมดุลของน้ำ คือ การรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย 3 ส่วน ได้แก่ ภายในเซลล์ ระหว่างเซลล์ และพลาสมา การทำงานของอิเลคโทรไลท์ คือ การควบคุมความเข้มข้นของน้ำทั้ง 3 ส่วนให้มีปริมาณที่เหมาะสม การเคลื่อนที่ของน้ำจะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อพบความไม่สมดุลของน้ำในร่างกาย 2 ส่วน (Tosteson and Hoffman, 1960) การเปลี่ยนแปลงของสมดุลน้ำอาจจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหรืออิเลคโทรไลท์ออกนอกร่างกาย Barragry (1974) ได้พบสาเหตุหลักของการเคลื่อนที่ของน้ำหรือของเหลวระหว่างภายนอกและภายในเซลล์ เกิดขึ้นเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเป็นอันดับแรก การสูญเสียของเหลวภายนอกเซลล์จะไม่มีผลกระทบต่อของเหลวภายในเซลล์เพราะสัดส่วนของไอออนบวกและไอออนลบยังเหมือนเดิมแต่จะพบการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เมื่อความเข้มข้นของของเหลวภายในและภายนอกเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสิ่งเร้า ทำให้น้ำเกิดการไหลเข้าหรือออกนอกเซลล์มากเกินไป โดยอัตราการไหลจะมากหรือน้อยแตกต่างกัน (Leeson *et al*., 1995) ในสภาวะปกติไก่โตเต็มวัยจะสามารถควบคุมปริมาณน้ำกินและน้ำที่ขับออกออกจากร่างกายให้อยู่ในระดับคงที่ สมดุลของน้ำจะพบในไก่กำลังเจริญเติบโตซึ่งเป็นช่วงที่มีการสะสมน้ำในเนื้อเยื่อที่กำลังพัฒนา ไก่เล็กจะมีสัดส่วนของน้ำในร่างกายมากกว่าไก่ที่โตเต็มที่ Lopez *et al* (1973) ได้บันทึกเปอร์เซ็นต์น้ำในไก่รุ่นอายุ 5 เดือนเทียบกับไก่อายุ 7 ปีจะพบน้ำเป็นองค์ประกอบในร่างกายคิดเป็นปริมาณ 76 เปอร์เซ็นต์ และ 57 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวตามลำดับ ในขณะที่ไก่มีอายุมากขึ้นจะพบการลดลงของน้ำภายในเซลล์และนอกเซลล์ โดยจะแปรผันกับการสะสมไขมันที่เพิ่มสูงขึ้น

การเกิดความไม่สมดุลของน้ำในสัตว์ปีก

1. การสูญเสียน้ำ (Dehydration)

สภาพที่ร่างกายสูญเสียน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อสัตว์ปีกลดปริมาณการกินน้ำลงและสูญเสียน้ำออกนอกร่างกายมากขึ้น เช่น อาการท้องเสีย เมื่อร่างกายสูญเสียน้ำในระดับที่มากกว่าที่รับเข้าไป ทำให้ปริมาณของเหลวในร่างกายลดระดับลงและส่งผลต่อการลด Hydrostatic และเพิ่มความดันออสโมซิส การสูญเสียน้ำจะถูกชดเชยจากการเคลื่อนที่ของของเหลวภายนอกเซลล์ไปสู่พลาสมา ในไก่เล็กจะพบการสูญเสียน้ำมากกว่าไก่ที่โตเต็มที่ เนื่องจากมีปริมาณของเหลวที่อยู่ภายนอกเซลล์มากกว่า (Leeson *et al.*, 1995) การสูญเสียน้ำในสัตว์ปีกจะพบได้ทั้งภายในเซลล์ ภายนอกเซลล์และพลาสมาขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงในการขาดน้ำ ส่งผลให้ระบบหมุนเวียนเลือดในร่างกายผิดปกติ อุณหภูมิในร่างกายเพิ่มสูงขึ้นและเกิดภาวะความเป็นกรด (Acidosis) ในภาวะรุนแรงอาจทำให้เกิดการตายเนื่องจากระบบหมุนเวียนเลือดล้มเหลว มีอาการเป็นพิษหรือภาวะหัวใจล้มเหลว (Barragry, 1974)

2. อุณหภูมิน้ำ

อุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่สูงขึ้นย่อมส่งผลให้ไก่กินน้ำเพิ่มขึ้น เพื่อนำไปใช้ระบายความร้อนออกจากร่างกาย ที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมากกว่า 28 องศาเซลเซียส ถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นไก่จะลดการกินน้ำทำให้ได้รับน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ส่งผลกระทบต่อการลดอัตราการเจริญเติบโต หรือ การให้ผลผลิตไข่ลดลง Dyhim and Teeter (1991) ได้ทดลองเพิ่มเกลือในน้ำดื่มให้สัตว์ปีกพบว่าสามารถเพิ่มการกินน้ำ ปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตและอัตรารอดเพิ่มขึ้น

3. ปัญหามูลเหลว

พบมากในไก่ไข่ที่ให้ผลผลิตสูงโดยเฉพาะในช่วงอากาศร้อน เกิดเนื่องจากไก่กินน้ำมากเกินไป มีผลกระทบโดยตรงต่อสมรรถภาพการผลิตและสุขภาพของไก่ นอกจากนี้ยังไม่สะดวกในการกำจัดมูล มีกลิ่นและแมลงวันเพิ่มขึ้น (Leeson *et al.*, 1995)

<u>สมดุลอิเลคโทรไลท์</u>

หน้าที่ของอิเลคโทรไลท์ คือ รักษาน้ำในร่างกายและสมดุลของไอออนซึ่งจะต้องการแร่ธาตุทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ โซเดียม โปแตสเซียม และคลอไรด์ในการรักษาสมดุล ในขณะที่ pH ใน

ร่างกาย ปกติสัตว์จะสามารถรักษาความสมดุลของไอออนบวกและไอออนลบในร่างกายได้ แต่เมื่อสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างในร่างกายเกิดขึ้น จะมีกลไกทางสรีระวิทยาที่ป้องกันให้ขบวนการเมแทบอลิซึมยังคงเป็นไปตามปกติ สภาวะความไม่สมดุลของอิเลคโทรไลท์จะเกิดขึ้นเมื่อร่างกายพยายามที่จะรักษาระดับ pH ให้เป็นปกติมากที่สุด โดยเฉพาะในสภาวะที่รุนแรง เช่น อากาศร้อนจัดหรือหนาวจัด (Leeson *et al.*, 1995)

1. โซเดียม

ส่วนใหญ่จะพบโซเดียมอยู่ในของเหลวภายนอกเซลล์ พืชและสัตว์ทุกชนิดต้องการโซเดียมเพื่อให้การทำงานของเมแทบอลิซึมเป็นปกติ โซเดียมทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของเหลวในร่างกายและสมดุลกรด - ด่าง โดยมี Aldosterone Hormone ที่ผลิตจากไตทำหน้าที่สำคัญในการควบคุมสมดุลของโซเดียมและโปแตสเซียม

การดูดซึมโซเดียมและการรักษาสมดุลในร่างกาย

ร่างกายมีความสามารถในการเก็บรักษาโซเดียมโดยลดการขับออก เมื่อได้รับโซเดียมในระดับต่ำ การกินน้ำของสัตว์ปีกจะเพิ่มมากขึ้นถ้าในอาหารมีระดับเกลือสูงเกินไปแต่ไม่พบอาการเป็นพิษในร่างกายถ้าสามารถกินน้ำได้เพิ่มขึ้น ไก่เหมือนสัตว์ชนิดอื่นๆที่พยายามรักษาระดับความเข้มข้นของโซเดียมในร่างกายโดยการควบคุมปริมาณอาหารที่กิน เพื่อให้เกิดความสมดุลในร่างกาย ในร่างกายสัตว์ปีกมีโซเดียมเป็นองค์ประกอบในระดับ 0.10 – 0.14 เปอร์เซ็นต์โดยสัดส่วนประมาณ 93 เปอร์เซ็นต์จะพบในพลาสมา โซเดียมจึงมีผลต่อระดับ pH ในพลาสมา โดยทั่วไปไก่มีโซเดียมในพลาสมาประมาณ 8.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Leeson *et al.*, 1995)

ความต้องการโซเดียม

ความต้องการโซเดียมในลูกไก่ประมาณ 0.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้จากอาหารและพบว่าใกล้เคียงกับความต้องคลอไรด์ ในไก่ไข่พบว่าความต้องการต่ำสุดประมาณ 0.17 - 0.19 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร Murakami (1997) แนะนำระดับโซเดียมต่ำสุดเท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่เนื้ออายุ 1 - 21 วันเนื่องจากระดับโซเดียมที่สูงขึ้นจะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต

2. โปแตสเซียม

โปแตสเซียมพบเป็นแร่ธาตุหลักอยู่ภายในเซลล์ เซลล์เม็ดเลือดจะมีระดับโปแตสเซียมประมาณ 25 เท่าของระดับที่พบในพลาสมา ในขณะที่กล้ามเนื้อและเซลล์ประสาทจะมีโปแตสเซียมสูงมากกว่า 20 เท่าของระดับที่พบในของเหลวระหว่างเซลล์ ในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่พบประมาณ 4 มิลลิกรัมต่อกรัมและพบประมาณ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมในพลาสมา

หน้าที่ทางเมแทบอลิซึม

โปแตสเซียมทำหน้าที่คล้ายกับโซเดียมแต่จะอยู่ภายในเซลล์ ในขณะที่โซเดียมอยู่ในพลาสมาและของเหลวระหว่างเซลล์ โปแตสเซียมทำหน้าที่รักษาสมดุลกรด - ด่าง มีความเกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลออสโมซิส Scott and Austic (1976) พบว่าโปแตสเซียมมีส่วนสำคัญต่อการสังเคราะห์ไลซีน ส่งผลให้การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และไลซีนในพลาสมาจะลดลงเมื่อมีการเสริมโปแตสเซียมในอาหารไก่เนื้อ

ความต้องการโปแตสเซียม

ในสัตว์ปีกการขาดโปแตสเซียมจะทำให้การกินอาหารลดลง มีการเจริญเติบโตลดลงและอาจถึงตายได้ Austic (1983) แนะนำว่าโปแตสเซียมจำเป็นสำหรับการขับถ่ายกรดยูริค จากการศึกษาของ Hooge and Cummings (1995) พบระดับโปแตสเซียมที่สัตว์ปีกต้องการคือ 0.4 – 0.6 เปอร์เซ็นต์ ความต้องการโปแตสเซียมจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออาหารมีระดับโปรตีนสูงขึ้นหรือเมื่อเกิดความไม่สมดุลของกรดอะมิโนและมีระดับกรดอะมิโนมากเกินไป และจะสูงมากยิ่งขึ้นในช่วงเครียดจากความร้อนโดยจะเพิ่มการขับโปแตสเซียมออกนอกร่างกาย Smith and Teeter (1987) พบว่าการขับโปแตสเซียมออกเพิ่มขึ้น 600 เปอร์เซ็นต์เมื่อเลี้ยงไก่ระยะเล็กที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเทียบกับ 24 องศาเซลเซียสโดยในอาหารมีโปแตสเซียมในอุดมคติระดับ 1.5 -2.0 %

3. คลอไรด์

อาการด้านโภชนาการเมื่อขาดคลอไรด์ พบว่าหนูที่ได้รับอาหารที่มีคลอไรด์ระดับต่ำ

จะโตช้าและแสดงอาการที่แตกต่างจากการขาดโซเดียม การขาดคลอไรด์ในสัตว์จะทำให้ระดับคลอไรด์ในเลือดลดลงและมีการเพิ่มขึ้นของคาร์บอเนต หนูที่มีอาการขาดส่วนใหญ่จะไม่พบคลอไรด์ในปัสสาวะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการรักษาคลอไรด์ไว้ในร่างกาย

หน้าที่ทางเมแทบอลิซึม

คลอไรด์มีความสามารถต่ำในการรวมตัวกับโปรตีน โดยส่วนใหญ่จะพบกระจายตัวอยู่ในเซลล์ด้านนอกและมีความสำคัญคล้ายกับโซเดียม คลอไรด์สามารถผ่านเข้าสู่เซลล์ได้โดยมีระดับโปแตสเซียมเป็นตัวบ่งบอก ทั้งนี้จะมีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เซลล์เยื่อบุกระเพาะ คลอไรด์สามารถเพิ่มความเข้มข้นของ H^+ ของน้ำย่อยกระเพาะได้ Leach and Nesheim (1963) พบการขาดคลอไรด์ในไก่เล็กเมื่อได้รับอาหารที่มีคลอไรด์ระดับ 190 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่งผลให้ไก่มีอัตราการเจริญเติบโตช้า มีอัตราการตายสูง สูญเสียน้ำและมีระดับคลอไรด์ในเลือดลดลงในขณะเดียวกันจะพบอาการทางประสาทซึ่งเป็นอาการเฉพาะของการขาดคลอไรด์

ความต้องการคลอไรด์

ความต้องการคลอไรด์ในสัตว์ปีก ต้องสมดุลกับระดับโซเดียมและโปแตสเซียมในอาหาร ระดับคลอไรด์ในอาหารควรมากกว่าโซเดียม 10 – 15 เปอร์เซ็นต์ Harms and Wilson (1984) พบว่าไก่พันธุ์ต้องการคลอไรด์ระดับ 0.135 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ การเสริมคลอไรด์ในระดับสูง (0.9 เปอร์เซ็นต์) จะส่งผลให้คุณภาพของเปลือกไข่ลดลง (Austic, 1984)

<u>ผลกระทบจากความไม่สมดุลของอิเลคโทรไลท์</u>

1. Tibial dyschondroplasia (TD)

ความไม่สมดุลของอิเลคโทรไลท์ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดวิการ TD จะพบลักษณะของมวลกระดูกอ่อนที่ผิดปกติที่บริเวณหัวกระดูกหน้าแข้ง ซึ่งโดยปกติต้องมีกระดูกอ่อนห่อหุ้มอยู่ ทำให้เกิดปัญหาการงอของกระดูกหน้าแข้ง โดยทั่วไปจะพบเมื่อมีระดับโซเดียมเกินความต้องการต่อสัดส่วนของโปแตสเซียม และความรุนแรงของ TD จะพบมากขึ้นเมื่อในอาหารมีคลอไรด์ระดับสูง Mongin and Sauveur (1977) พบความไม่สมดุลของอิเลคโทรไลท์มีความเกี่ยวข้องกับ

เมแทบอลิซึมของวิตามินดีร่วมด้วย โดยเมื่อเกิดภาวะ Acidosis จะทำให้กระดูกอ่อนที่เติบโตสมบูรณ์เกิดความเสียหายจากการสังเคราะห์ Hydroxy cholecalciferol ในไต เป็น 24-25 DHCC มากกว่า 1-25 dihydroxy cholecalciferol [1-25(OH_2)] เนื่องจาก 24-25 DHCC จะใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่า

<u>ตารางที่ 1</u> ผลของระดับอิเลคโทรไลท์ในอาหาร(mEq/100 g) ต่อการเกิด TD ในไก่เนื้อ

Cl ในอาหาร		10			25			40	
Na+Kในอาหาร	20	35	50	20	35	50	20	35	50
TD(%)	0	0	0	17	8	8	22	18	17

ที่มา : ดัดแปลงจาก Mongin and Sauveur (1977)

2. เมแทบอลิซึมของโปรตีนและกรดอะมิโน

สมดุลของอิเลคโทรไลท์จะมีผลกระทบต่อเมแทบอลิซึมของ Lysine และ Arginine เนื่องจาก Lysine เป็นกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกล้ามเนื้อ เมื่อเกิดภาวะ Lysine – Arginine Antagonism คือ มีระดับ Lysine สูงเกินไปจะทำให้เกิดการกระตุ้นการหลั่ง Arginase จากไต นอกจากนี้ Austic and Calvert (1981) พบว่าระดับคลอไรด์ที่สูงเกินไปร่วมกับภาวะ Lysine – Arginine Antagonism จะทำให้การเจริญเติบโตของไก่เนื้อลดลง

ตารางที่ 2 ผลของคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของไก่ที่ได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนหลายระดับ

Treatment	Amino acid Level		Weight gain (g/d)		
	%Lysine	%Arginine	0.5%Cl	1.0% Cl	1.5%Cl
1	0.8	1.0	5.5^{bc}	4.8^{cd}	4.2^{d}
2	1.2	1.0	7.5^{a}	7.1^{a}	5.3^{bc}
3	2.5	1.0	3.3^{e}	2.2^{f}	1.7^{f}
4	2.5	2.3	7.6^{a}	7.2^{a}	6.0^{b}

$^{a-f}$ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา : Austic and Calvert (1981)

3. สภาวะความเป็นด่างในระบบทางเดินหายใจ

สภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูงขึ้นไก่เนื้อจะเพิ่มอัตราการหายใจ เพื่อเพิ่มอัตราการระบายความร้อนออกนอกร่างกาย การหอบจะเพิ่มการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และทำให้เกิดภาวะความเป็นด่าง (Alkalosis)ในร่างกาย สมดุลอิเลคโทรไลท์ที่เปลี่ยนไปจะเกี่ยวข้องกับการลดอัตราการเจริญเติบโตในไก่เนื้อและลดคุณภาพเปลือกไข่ในไก่ไข่ที่ให้ผลผลิตสูง (Leeson *et al.,* 1995) EI Hadi and Sykes (1982) พบการเกิดภาวะความเป็นด่างในไก่ไข่จะเกิดเมื่อไก่ไข่มีอาการหอบที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสโดยไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายซึ่งเป็นภาวะการเกิดความเป็นด่างแบบอ่อน ก่อนจะพัฒนาเป็นภาวะความเป็นด่างระดับปานกลาง pH 7.55 ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส และภาวะความเป็นด่างระดับรุนแรงที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส พบว่าเลือดจะมี pH ที่ 7.65 การเสริมอิเลคโทรไลท์ในอาหารหรือละลายน้ำจะช่วยลดความไม่สมดุลของอิเลคโทรไลท์ในร่างกายได้

Teeter *et al.* (1985) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตด้านสรีระวิทยาต่อการตอบสนองเมื่อเกิดภาวะเครียดจากความร้อน (Heat stress) อย่างเฉียบพลัน พบว่า pH ในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิร่างกายเพิ่มจาก 32 องศาเซลเซียสเป็น 41 องศาเซลเซียส หลังจากเวลาผ่านไป 20 นาที การเกิดภาวะเครียดจากความร้อนเรื้อรังจะพบปัญหา Alkalosis การเติม $NaHCO_3$ ระดับ 0.5% ในอาหารจะปรับปรุงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นได้ถึงแม้ว่า pH ในเลือดจะยังคงเพิ่มขึ้นอยู่ การเติม NH_4Cl จะ

ลด pH ในเลือดและปรับปรุงน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเสริมทั้ง $NaHCO_3$ และ NH_4Cl จะออกฤทธิ์เสริมกันในการเพิ่มน้ำหนักตัว และค่อยๆลดความรุนแรงของ Alkalosis ลง การใช้อิเลคโทรไลท์ในช่วงเกิดภาวะความเครียดจากความร้อน จะช่วยเพิ่มการกินน้ำเพราะเมื่อไก่กินน้ำเพิ่มขึ้นจะลดอัตราการตายและเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต Branton *et al*. (1986) ได้ศึกษาการตอบสนองของไก่เนื้อเมื่อได้รับการเสริม $NaHCO_3$ และ NH_4Cl ระหว่างเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนพบว่า $NaHCO_3$ จะกระตุ้นการกินน้ำมากกว่าการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในพลาสมาหรือการปรับลด pH ของเลือด Teeter and Smith (1986) แสดงให้เห็นว่าการใช้ KCl จะช่วยลดปัญหาภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในไก่เนื้อในขณะที่ K_2CO_3 ไม่สามารถลดปัญหาได้เพราะ KCl จะช่วยกระตุ้นการกินน้ำ แต่ K_2CO_3 จะลดการกินน้ำ

Mongin (1980) แนะนำการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์อย่างง่ายและเหมาะสมในอาหารโดยการปรับระดับแร่ธาตุ 3 ชนิดในอาหารที่มีผลต่อการควบคุมสมดุลในร่างกาย (Homeostasis) ได้แก่ โซเดียม โปแตสเซียม และคลอไรด์ โดยระดับที่สมดุล คือ 250 mEq/kg และส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ที่ดีขึ้น อีกทั้งช่วยลดปัญหาที่จะส่งผลกระทบต่อร่างกาย เช่น TD หรือ ความผิดปกติของเมแทบอลิซึมกรดอะมิโน การหาสมดุลอิเลคโทรไลท์ได้จาก ระดับโซเดียมบวกโปแตสเซียมลบคลอไรด์ (Na+K-Cl) ในหน่วย mEq/กิโลกรัมอาหาร อิเลคโทรไลท์แต่ละตัวจะคำนวณโดยใช้น้ำหนักโมเลกุลหารด้วย1000 สมมุติการคำนวณ mEq ในอาหารที่มี โซเดียม 0.17 เปอร์เซ็นต์ , โปแตสเซียม 0.80 เปอร์เซ็นต์ , คลอไรด์ 0.22 เปอร์เซ็นต์ มีดังนี้

ก) โซเดียม น้ำหนักโมเลกุล 23 Eq 23 กรัม/กิโลกรัม mEq = 23 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
ในอาหารมีโซเดียม 0.17 % โซเดียม =1700 มิลลิกรัม/กิโลกรัม $= \frac{1700}{23}$ mEq = 73.9 mEq

ข) โปแตสเซียม น้ำหนักโมเลกุล 39.1 Eq 39.1 กรัม/กิโลกรัม mEq = 39.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัมในอาหารมีโปแตสเซียม 0.80 % โปแตสเซียม = 8000 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม
$= \frac{8000}{39.1}$ mEq = 204.6 mEq

ค) คลอไรด์ น้ำหนักโมเลกุล 35.5 Eq 35.5 กรัม/กิโลกรัม mEq = 35.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
ในอาหารมีคลอไรด์ 0.22 % คลอไรด์ = 2200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม $= \frac{2200}{35.5}$ mEq = 62.0 mEq

ในอาหารจะมีสมดุลระหว่าง Na+K-Cl = 73.9 + 204.6 - 62.0 = 216.5 mEq Na+K-Cl ในอาหารจะเท่ากับประจุบวกลบด้วยประจุลบในอาหารบวกการผลิตสารคัดหลั่งที่เป็นกรดบวกด่างที่มากเกินไป Mongin (1980) สรุปว่าเมื่อ Na+K-Cl มากกว่าหรือน้อยกว่า 250 mEq/กิโลกรัมจะมีผลต่อการเกิดของโรค Acidosis หรือ Alkalosis ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสัตว์

ตารางที่ 3 ระดับอิเลคโทรไลท์ในวัตถุดิบอาหารสัตว์

วัตถุดิบ	%โซเดียม(Na)	%โปแตสเซียม(K)	%คลอไรด์(Cl)	Na+K-Cl
ข้าวโพด	0.05	0.38	0.04	108
ข้าวสาลี	0.09	0.52	0.08	150
ข้าวบาเลย์	0.02	0.56	0.18	101
ข้าวฟ่าง	0.04	0.34	0.08	82
กากถั่วเหลือง	0.05	2.61	0.05	675
กากคาโนลา	0.09	1.47	0.05	400
เนื้อป่น	0.55	1.23	0.90	300
ปลาป่น	0.47	0.72	0.55	230
กากทานตะวัน	0.02	1.00	0.03	255

ที่มา : Leeson *et al.* (1995)

ผลของการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ

Borges (1997) ได้แนะนำการปรับอิเลคโทรไลท์ในอาหารไก่เนื้อเพื่อลดปัญหาภาวะเครียดจากความร้อน โดยปกติกลไกที่ควบคุมสมดุลในร่างกายจะเกิดขึ้นที่ลำไส้และไต พบว่าที่ลำไส้จะมีการดูดซึมไอออนเดี่ยวได้มากกว่าไอออนคู่เมื่อมีการเสริมอิเลคโทรไลท์ (Teeter, 1997) จากการทดลองของ Borges *et al*. (2003) ในไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้สภาวะอากาศร้อน โดยการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารระดับ 0 , 120, 240, 360 mEq/kg เทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ระดับ 145 และ 130 mEq/kg ในอาหารระยะเล็กและระยะรุ่นตามลำดับ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้ออายุ 1 - 42 วัน ที่ได้รับอาหารที่มีระดับของสมดุลอิเลคโทรไลท์แตกต่างกันภายใต้สภาวะอากาศร้อน

DEB (mEq/kg)	Weight gain(g)	Feed intake(g)	Feed/gain (g/g)	Water intake(ml/bird/day)	Water/feed (L/kg)	Mortality (%)
145 ,130	2266[b]	4040[bc]	1.783[a]	207[c]	2.151[c]	4.00
0	2261[b]	3969[c]	1.755[a]	211[c]	2.230[c]	1.50
120	2358[ab]	4120[abc]	1.747[ab]	217[c]	2.216[c]	5.00
240	2472[a]	4214[a]	1.705[b]	238[b]	2.375[b]	7.00
360	2375[ab]	4153[ab]	1.750[a]	272[a]	2.748[a]	4.00
CV ,%	2.6	1.9	1.1	2.4	2.6	32.7

[a-c] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา : Borges *et al.* (2003)

จากผลการทดลองพบว่าการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ที่ระดับ 240 mEq/kg ส่งผลให้ไก่เนื้อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและปริมาณการกินอาหารมากที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ระดับ 120 และ 360 mEq/kg และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ระดับ 120 mEq/kg ในขณะที่อัตราการตายไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ที่ระดับ 240 และ 360 mEq/kg ที่ อายุ 4 สัปดาห์ขึ้นไปส่งผลให้ความชื้นของสิ่งปูรองสูงขึ้นเนื่องจากไก่เนื้อมีอัตราการกินน้ำเพิ่มขึ้น การเพิ่มการกินน้ำในช่วงที่ร่างกายมีอุณหภูมิสูงจะช่วยทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลงและลดอัตราการตายลง (Branton *et al*., 1986) และในการทดลองถัดมา Borge *et al*. (2004) ได้ทดลองปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารไก่เนื้ออายุ 21 – 42 วันในสภาพอากาศเหมาะสม การทดลองที่ 1 อาหารมีระดับโปแตสเซียมคงที่และปรับระดับโซเดียมและคลอไรด์ และในการทดลองที่ 2 ปรับระดับโปแตสเซียม โซเดียมและคลอไรด์ในอาหารที่มีสมดุลอิเลคโทรไลท์ระดับ 40, 140, 240 และ 340 mEq/kg ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้ออายุ 21 - 42 วัน ที่ได้รับอาหารที่มีระดับของสมดุลอิเลคโทรไลท์แตกต่างกันภายใต้สภาวะอากาศเหมาะสม

	Trial I				Trial II			
mEq/kg	FI (g)	WG(g)	FC	MT(%)	FI (g)	WG(g)	FC	MT(%)
40	3307[b]	1823[b]	1.81[ab]	2.50	3329[b]	1860[b]	1.79[ab]	3.75
140	3418[a]	1887[b]	1.81[ab]	5.00	3467[a]	1927[ab]	1.80[ab]	3.75
240	3474[a]	1971[a]	1.762[b]	6.25	3504[a]	1996[a]	1.76[b]	2.50
340	3452[a]	1898[ab]	1.82[a]	6.87	3408[ab]	1869[b]	1.82[a]	2.50
CV,%	1.42	2.44	1.66	27.24	1.89	2.8	1.69	60.85

[a-c] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา : Borges *et al.* (2004)

จากการทดลองที่ 1 การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ที่ระดับ 40 mEq/kg โดยมีระดับโซเดียม 0.15 เปอร์เซ็นต์และคลอไรด์ 0.70 เปอร์เซ็นต์พบว่าปริมาณอาหารที่กินและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และอาหารที่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ที่ระดับ 340 mEq/kg โดยมีระดับโซเดียม 0.45 เปอร์เซ็นต์และคลอไรด์ 0.26 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงที่สุด จากผลของความไม่สมดุลของระดับโซเดียมและคลอไรด์ในอาหาร (Miller and Soares, 1972) ในขณะที่การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ระดับ 240 mEq/kg ส่งผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุด สอดคล้องกับ Rondon (1999) ที่สรุประดับอิเลคโทรไลท์ที่เหมาะสมในอาหารไก่เนื้ออายุ 21- 42 วัน อยู่ระหว่าง 226 – 260 mEq/kg ในการทดลองที่ 2 มีการปรับระดับโปแตสเซียม โซเดียมและคลอไรด์ พบว่าการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ที่ระดับ 40 และ 340 mEq/kg ส่งผลให้ปริมาณอาหารที่กินและการน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ในขณะที่การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ที่ระดับ 340 mEq/kg ส่งผลให้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงที่สุด ในขณะที่การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ที่ระดับ 240 mEq/kg ส่งผลให้ไก่เนื้อมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุด ทั้งนี้อัตราการตายไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในการทดลองที่ 1 และ 2

บีเทน

บีเทน (Betaine) หรือ Glycine Betaine หรือ Trimethyl Glycine เป็นสารที่จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบ Quaternary Ammonium มีหมู่เมทธิล 3 กลุ่มเกาะติดอยู่กับไนโตรเจนของกรดอะมิโนไกลซีน บีเทนไม่มีพิษต่อร่างกายและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมสามารถพบได้ในร่างกายสัตว์ จุลินทรีย์ และเซลล์ของพืช ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ (กฤษและคณะ, 2541) น้ำหนักโมเลกุลของบีเทนเท่ากับ 117.15 บีเทนสามารถละลายได้ในน้ำเนื่องจากมีโครงสร้างที่มี 2 ขั้วประจุ (Bipolar structure) ละลายได้เล็กน้อยในเมธานอลและไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (Budavari, 1998)

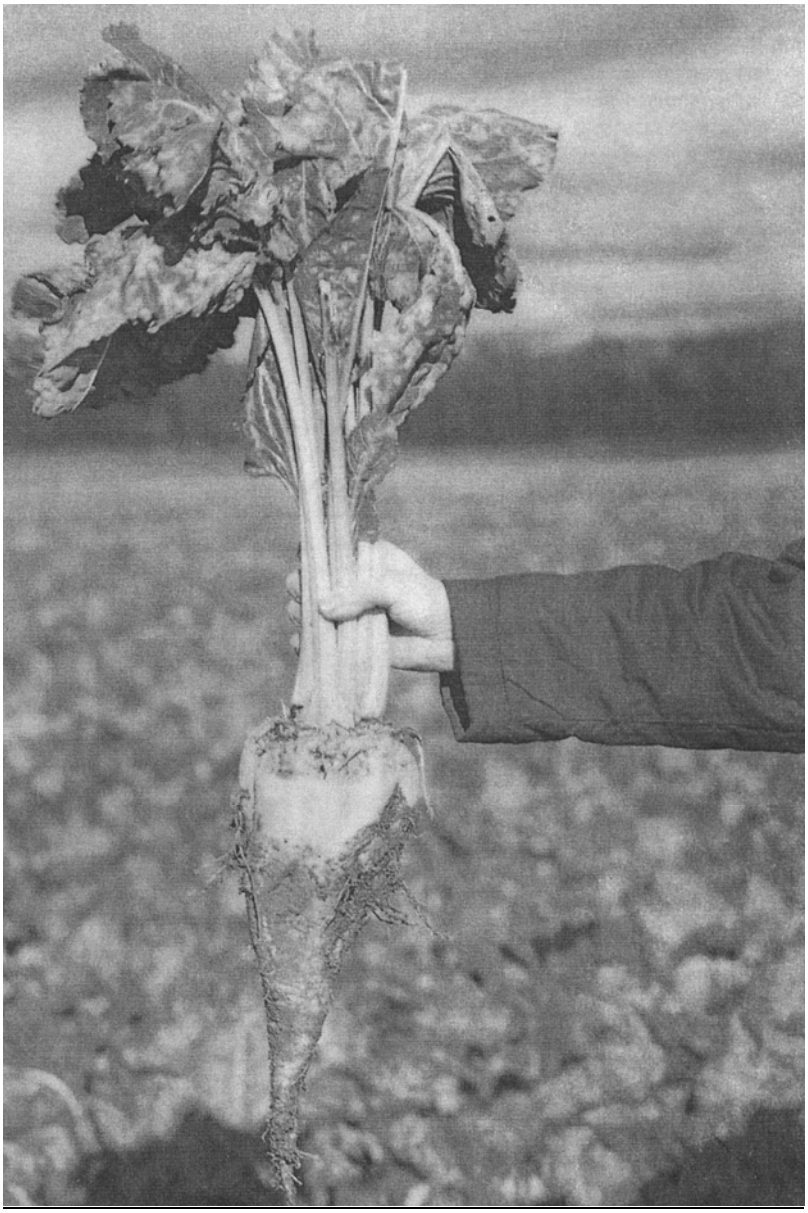
แหล่งของบีเทน

สามารถพบได้ทั้งในพืช จุลินทรีย์ และสัตว์ ซึ่งในสัตว์พบว่าจะมีปริมาณบีเทนอยู่ค่อนข้างต่ำ ในร่างกายสัตว์ส่วนที่มีการสะสมของบีเทน คือ ที่ตับ ผนังลำไส้ และ Serosal Fluid (Flower *et al.*, 1992) ส่วนในพืชพบว่าความเข้มข้นของบีเทนจะขึ้นอยู่กับการทนต่อสภาพอากาศหนาว บีเทนที่นำมาใช้ในทางการค้าสกัดได้จากกากน้ำตาลจากหัวบีท หรือเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลจากหัวบีทซึ่งมีบีเทนเป็นส่วนประกอบอยู่ 3 เปอร์เซ็นต์ Kettunen *et al.* (2001) นอกจากนี้ Kidd *et al.* (1997) ได้รายงานระดับบีเทนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์โดยมีอยู่ในปริมาณที่มากน้อยแตกต่างกันไป

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณของบีเทนที่พบในวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ปริมาณบีเทนที่พบ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
ปลาป่น	400
กากถั่วเหลือง	150
กากคาโนลา	150
ข้าวโพด	150
ข้าวเจ้า	590
ข้าวบาร์เลย์	1400
ข้าวสาลี	2675

ที่มา : Kidd *et al.* (1997)



ภาพที่ 1 หัวบีทที่ใช้ในการผลิตน้ำตาล

ที่มา : Virtanent (1995)

กลไกสังเคราะห์บีเทน

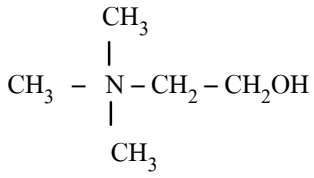
โคลีน (Choline) เป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์บีเทนทั้งในพืชและสัตว์ (สมเจต, 2543) เมื่อสัตว์กินโคลีนเข้าไปในร่างกาย จะเกิดปฏิกิริยา Oxidation ของโคลีนขึ้นในไมโตคอนเดรีย (Mitochondria) ได้เป็น Betaine Aldehyde และ Trimethyl Glycine หรือ Betaine ตามลำดับ กลไกการสังเคราะห์บีเทนจากโคลีน สามารถพบได้ในเนื้อเยื่อหลายชนิดโดยเฉพาะที่ตับ และไต

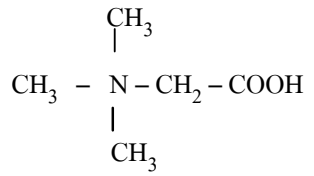
บทบาทของบีเทนในร่างกายสัตว์

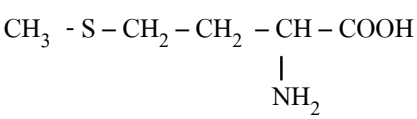
ในทางการแพทย์บีเทนเป็นสารประกอบที่ใช้ในการรักษาโรคกล้ามเนื้ออ่อนและกล้ามเนื้อเสื่อม (ธนวัฒน์, 2542) หน้าที่ของบีเทนในด้านโภชนศาตร์ต่อการดำรงชีวิตของสัตว์สรุปได้ดังนี้

1. บทบาทของบีเทนในการทำหน้าที่เป็นตัวที่ให้หมู่เมทธิล

สัตว์มีกระดูกสันหลังไม่สามารถสังเคราะห์หมู่เมทธิลได้จึงต้องได้รับจากอาหาร ในอาหารไก่เนื้อจะได้จากเมทไธโอนีน โคลีน และบีเทน ดังแสดงในภาพที่ 2 หมู่เมทธิลมีความสำคัญในปฏิกิริยา เมทธิลเลชัน (Methylation) เช่น การสังเคราะห์เมทไธโอนีน คาร์นิทีน กรดนิวคลีอิก และครีเอติน (กฤษ และคณะ, 2541) และจากรายงานของ Virtanent (1992) พบว่าบีเทนมีประสิทธิภาพในการเป็นตัวให้หมู่เมทธิลที่ดีกว่าโคลีน เนื่องจากกว่าที่โคลีนจะให้หมู่เมทธิลนั้น โคลีนต้องถูกส่งเข้าไปในไมโตคอนเดรียเพื่อเกิดปฏิกิริยา Oxidation ให้ได้เป็นบีเทนและต้องมีการขนส่งกลับมายังไซโตพลาสซึมอีกครั้ง ดังนั้นบีเทนจึงสามารถให้กลุ่มเมทธิลได้เร็วและดีกว่าโคลีน (กฤษ และคณะ, 2541) จากหน้าที่ในการเป็นตัวให้กลุ่มเมทธิลของบีเทนมีผลทำให้ร่างกายของสัตว์สามารถนำเมทไธโอนีนไปใช้ในกิจกรรมหลัก คือ การสร้างโปรตีนและโคลีนไปใช้เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ได้ดียิ่งขึ้น (Kettunen *et al*., 2001) นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมบีเทนจะช่วยให้ประสิทธิภาพการเกิด รีเมทธิลเลชัน (Remethylation) คือ การเปลี่ยนโฮโมซีสตีนเป็นเมทไธโอนีนดีขึ้น 3 เท่าของการเสริมโคลีนในอาหาร ระดับโฮโมซีสตีนในพลาสมาที่สูงเกินไปจะมีผลต่อการเกิดโรคในคน เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง แต่พบว่าในสัตว์การเปลี่ยนโฮโมซีสตีนเป็นเมทไธโอนีนมีความสำคัญน้อยมาก เพราะระดับโฮโมซีสตีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์มีระดับต่ำ เมแทบอลิซึมของบีเทน เมทไธโอนีน และโคลีนในร่างกายสัตว์แสดงในภาพที่ 3

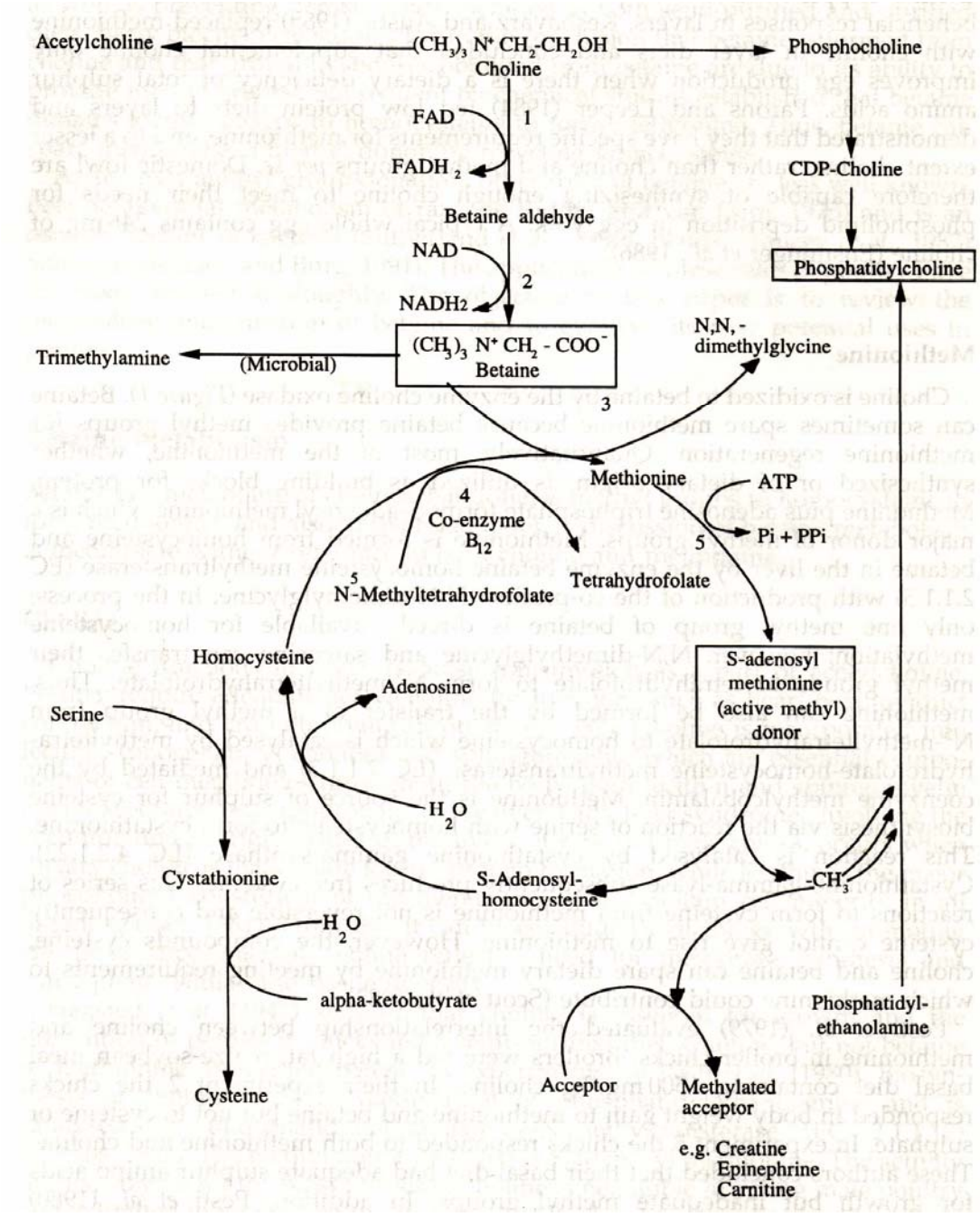
โคลีน  น้ำหนักโมเลกุล 104.17

บีเทน  น้ำหนักโมเลกุล 117.5

เมทไธโอนีน  น้ำหนักโมเลกุล 149.20

<u>ภาพที่ 2</u> แสดงแหล่งของหมู่เมทธิลที่ได้จากอาหาร

ที่มา : Remus (2003)



<u>ภาพที่ 3</u> เมแทบอลิซึมของบีเทน เมทไธโอนีนและโคลีนในร่างกายของสัตว์

ที่มา : Kidd *et al*. (1997)

2.บทบาทของบีเทนเนื่องจากเป็นสารที่ช่วยปรับสมดุลออสโมซิส(Osmo– Protectant)

การปรับสมดุลออสโมซิส คือ การรักษาปริมาณน้ำในเซลล์ให้คงที่ (Haussinger, 1996) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในเซลล์จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงาน ในช่วงที่เซลล์มีการพองเล็กน้อยเป็นช่วงที่เซลล์กำลังเจริญเติบโตหรือมีการสังเคราะห์ ในทางตรงกันข้ามในช่วงที่มีการสูญเสียน้ำเล็กน้อยเป็นช่วงที่เซลล์กำลังสลายหรือแตกออก สารอินทรีย์มีความสำคัญต่อการควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าหรือออกจากเซลล์ (Osmorality) (Gilles, 1979) โดยจะเฉพาะเจาะจงใน 1 milliosmoles/1 หรือ milliosmolar (mOsM) ตัวอย่างเช่น Osmorality ของ 1 mM ของกลูโคสเท่ากับ 1 mOsM Osmorality ของพลาสมาในไก่โดยปกติ คือ 300 mOsM ประมาณ 10 - 20 % ที่ควบคุมสมดุลออสโมซิสของของเหลวภายในเซลล์ คือ สารอินทรีย์ ในสัตว์ซึ่งมี Osmorality ในเลือดสูง ได้แก่ สัตว์ทะเลที่ไม่มีกระดูกสันหลังจะใช้สารประกอบอินทรีย์เพื่อควบคุม Osmorality ของของเหลวภายในเซลล์ประมาณ 60 - 70% การควบคุมสมดุลออสโมซิสในปูทะเลเกิดจากสารอินทรีย์ ได้แก่ กรดอะมิโน ทอรีน บีเทน และ Trimethylamine oxide (Gilles, 1979) การเคลื่อนย้ายปูจากน้ำทะเลไปสู่น้ำจืดจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของกรดอะมิโนอิสระ 2 เท่าแต่ไม่พบเมื่อเสริมบีเทน การทนต่อน้ำทะเลของปลาแซลมอนแอตแลนติกที่อายุน้อยจะเพิ่มขึ้นเมื่อเสริมบีเทนในอาหาร (Virtanent *et al*., 1989)

สารปรับสมดุลออสโมซิส คือ สารที่มีผลต่อการควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำทำให้เกิดการนำเข้าเซลล์ได้อย่างรวดเร็วและไม่ส่งผลกระทบต่อเซลล์ ในเซลล์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสารอินทรีย์ที่อยู่ภายในเซลล์ซึ่งทำหน้าที่ปรับสมดุลออสโมซิส ได้แก่ โปแตสเซียม แมกนีเซียม ฟอสเฟต กรดอะมิโน (อาร์จินีน , ไลซีน , ทอรีน , กลูตามีน) และน้ำตาล (Sorbitol , myo-inositol) (Bagnasco *et al*., 1986; Wonz and Wright, 1993) สารเหล่านี้มีคุณสมบัติต้านการเคลื่อนที่ของเหลวผ่านเข้าออกจากเซลล์แต่พบว่าเซลล์นำไปใช้ในหน้าที่หลักอื่นๆ ยกเว้น บีเทนที่มีหน้าที่หลักในการเคลื่อนที่น้ำเข้าสู่เนื้อเยื่อต่างๆในร่างกาย ยกเว้น ตับ (Remus, 2003)

คุณสมบัติการปรับสมดุลออสโมซิสของบีเทนพบในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย (Chambers and Kunin, 1987) พืช (Yancey *et al*., 1982) และสัตว์ (Law and Burg, 1991) ในสัตว์ปีกพบว่าที่ไต ลำไส้ใหญ่ ไส้ตันและทวารจะช่วยในการรักษาสมดุลออสโมซิส บีเทนจะช่วยให้เซลล์ควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำเนื่องจาก บีเทนมีลักษณะเป็นประจุ 2 ขั้ว และยังสามารถละลายได้ดีในน้ำถึงแม้ว่าตับและไตจะสามารถสังเคราะห์บีเทนได้แต่ไม่สามารถนำมาใช้ในอวัยวะอื่นๆได้

การได้รับบีเทนจากอาหารจึงเป็นกลไกที่สำคัญที่จะนำบีเทนไปใช้สำหรับควบคุมสมดุลของน้ำในสัตว์มีกระดูกสันหลัง (Remus, 2003) จะดูดซึมเข้าไปในเซลล์ด้วยการแพร่ทำให้เซลล์สามารถเก็บน้ำได้มากขึ้น โดยเฉพาะที่ทางเดินเมื่อเซลล์เยื่อบุทางเดินอาหารเมื่อมีความสมดุลของน้ำจะทำให้ทางเดินอาหารมีความต้านทานต่อการบุกรุกของเชื้อโรคได้ดีขึ้น สุขภาพของสัตว์จะดีขึ้น (กฤษและคณะ, 2541; ธนวัฒน์, 2542; Kidd *et al*., 1997) ประโยชน์อีกด้านของบีเทน คือ ไม่รบกวนการทำงานของเอนไซม์ทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อการสร้างพลังงานภายในไมโตคอนเดรีย

3. บทบาทของบีเทนต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมัน (Lipid metabolism)

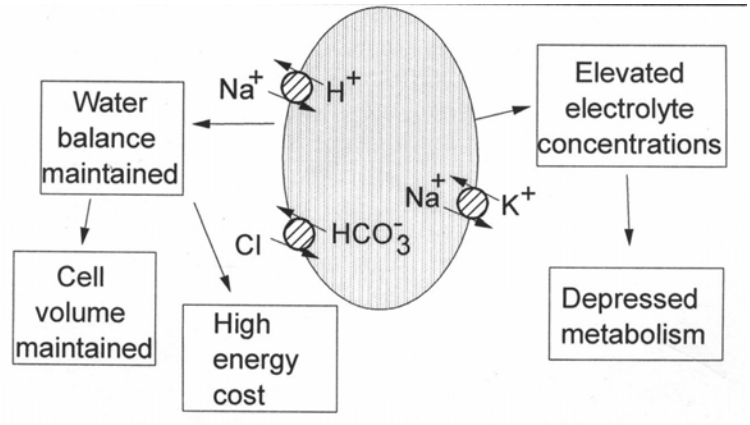
จากการศึกษาทดลองพบว่าบีเทนมีผลต่อระดับไขมันในช่องท้องของสัตว์ปีก และไขมันสันหลังในสุกร กฤษ และคณะ (2541) ได้รายงานผลการเสริมบีเทนในอาหารสุกรช่วงปลายส่งผลต่อการลดความหนาของไขมันสันหลัง เนื่องจากบีเทนจะเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยกรดอะมิโนจำเป็น เช่น เมทไธโอนีนทำให้กรดอะมิโนจำเป็นเข้าไปในกระแสเลือดมากขึ้น มีผู้ตั้งสมมติฐานสาเหตุที่บีเทนมีผลต่อการสะสมของไขมัน อาจเนื่องมาจากบีเทนไปกระตุ้นการเคลื่อนย้ายของ VLDL (Very Low Density Lipoproteins) ออกจากตับเพราะถ้าไม่สามารถเคลื่อนที่ออกจากตับได้ทันจะทำให้เกิดปัญหาไขมันสะสมที่ตับ (Fatty Liver Syndrome) โดยส่วนใหญ่พบปัญหาในไก่ไข่ส่งผลให้ตับมีสีซีดและมีไขมันสะสมมากกว่าปกติ สาเหตุสำคัญของโรคนี้ คือ ความผิดปกติของเมแทบอลิซึมในการรักษาความสมดุลของพลังงาน ได้แก่ การได้รับอาหารที่มีพลังงานมากเกินไปหรือกินอาหารมากเกินไป การให้ผลผลิตระดับสูงและการได้รับสารพิษต่างๆ (Remus, 2003) หรือในอีกมุมมองหนึ่งบีเทนจะให้กลุ่มเมทธิลแก่ S-adenosylmethionine (SAM) ที่จำเป็นในการสังเคราะห์คาร์นิทีนซึ่งเป็นตัวสำคัญในการขนส่งกรดไขมันสายยาวผ่านเข้าในเซลล์ไมโตคอนเดรีย

<u>ความสัมพันธ์ระหว่างอิเลคโทรไลท์และบีเทน</u>

อิเลคโทรไลท์และบีเทนจะช่วยป้องกันเซลล์จากการสูญเสียน้ำโดยมีฮอร์โมนอินซูลินที่มีหน้าที่ในการลดระดับกลูโคสในกระแสเลือดและกระตุ้นให้เซลล์ดูดซึมกลูโคสมากขึ้น ฮอร์โมนอินซูลินจะเหนี่ยวนำทำให้เซลล์เกิดการพองตัว (Haussinger, 1996) โดยการเพิ่มระดับน้ำในเซลล์และกระตุ้นให้เซลล์เพิ่มการเจริญเติบโต ในขณะที่ฮอร์โมนกลูคากอนทำหน้าที่ในทางตรงกันข้ามโดยทำให้เซลล์สูญเสียน้ำเล็กน้อยและกระตุ้นให้เกิดการผลิตกลูโคสในตับ พบว่าการเปลี่ยนแปลง

ระดับน้ำในเซลล์เป็นเรื่องปกติ แต่การเปลี่ยนแปลงมากเกินไปจะส่งผลต่อความเครียดในเซลล์ และอาจส่งผลต่อความอยู่รอดของเซลล์ในระยะยาว (Remus, 2003)

การเคลื่อนที่ของน้ำออกนอกเซลล์มากเกินไป เป็นสาเหตุของการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ น้ำไม่สามารถอยู่ภายในเซลล์ได้ด้วยตัวเอง จะเคลื่อนที่ตามความเข้มข้นของสารละลายโซเดียม คลอไรด์ โปแตสเซียม คลอไรด์และยูเรีย เมื่อความเข้มข้นภายนอกเซลล์มีปริมาณสูงขึ้น น้ำจะถูกดึงออกนอกเซลล์เพื่อปรับสมดุลความเข้มข้นระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ ระดับอิเลคโทรไลท์ได้แก่ โปแตสเซียม ภายในเซลล์จะสูงขึ้นส่งผลต่ออวัยวะภายในเซลล์ โปรตีน กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ (Burg, 1994; Petronini *et al*., 1992; 1994) โดยจะไปจับกับเอนไซม์ที่บริเวณ Active site ทำให้การทำงานของเอนไซม์ลดลง ถ้าน้ำถูกดึงออกมากขึ้นเรื่อยๆเซลล์จะตาย (Remus, 2002) การรักษาสมดุลของน้ำจะใช้วิธีปั๊มไอออน (ion pumps) ภาพที่ 4 เป็นกลไกในการควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าภายในหรือออกนอกเซลล์จะต้องใช้พลังงานในรูป ATP 1 หน่วยต่อการปั๊ม 1 ครั้ง การปั๊มไอออนจะเพิ่มระดับอิเลคโทรไลท์ในเซลล์โดยเฉพาะโปแตสเซียม ทำให้เซลล์มีความเข้มข้นภายในเซลล์มากกว่าสภาพแวดล้อมทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำเป็นปกติ การปั๊มไอออนจะดีที่สุดเมื่อเกิดความเครียดในช่วงสั้นๆ หากมีปัญหาเครียดติดต่อเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดปัญหาเพราะระดับอิเลคโทรไลท์ที่สูงขึ้นภายในเซลล์จะรบกวนการทำงานของเอนไซม์ไม่สามารถทำหน้าที่ได้ โดยเฉพาะในไมโตคอนเดรียทำให้การผลิต ATP ลดลง



<u>ภาพที่ 4</u> การปั๊มไอออนภายใต้สภาวะเครียดของเซลล์

ที่มา : Remus (2002)

ผลของการเสริมบีเทนต่อสมรรถภาพการผลิตสัตว์ปีก

ผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

จากการที่บีเทนมีบทบาทหลัก คือ การให้หมู่เมทธิลที่จำเป็นต่อเมแทบอลิซึมต่างๆของร่างกายช่วยให้ร่างกายประหยัดเมทไธโอนีนและโคลีน (Sparing Methionine and Choline) ดังนั้นร่างกายสามารถนำเมทไธโอนีนไปใช้ประโยชน์ในการสร้างโปรตีนได้ดียิ่งขึ้น (Kidd *et al.,* 1997) สอดคล้องกับรายงานของ Virtanent *et al*. (1995) ที่พบว่า การเสริมบีเทนและเมทไธโอนีนในอาหารสำหรับไก่เนื้อช่วงอายุ 1 – 42 วัน โดยในอาหารมีระดับโคลีนต่ำกว่าที่แนะนำ ไก่เนื้อจะตอบสนองต่อบีเทนโดยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าการเสริมเมทไธโอนีน อาจกล่าวได้ว่าในอาหารที่ขาดแคลนโคลีน บีเทนมีประสิทธิภาพในการให้หมู่เมทธิลได้ดีกว่าเมทไธโอนีนที่เสริมลงในอาหารเนื่องจากมีหมู่เมทธิลอยู่ 3 หมู่ ในขณะที่เมทไธโอนีนมีเพียงหมู่เดียว

นอกจากนี้ Sakomura *et al*. (1996) ได้ทดลองเสริมบีเทนในอาหารเพื่อต้องการลดปริมาณการใช้เมทไธโอนีนและโคลีน พบว่าการเสริมบีเทนในอาหารสามารถทดแทนโคลีนได้ส่วนหนึ่ง Lundeen (2000) ได้กล่าวว่าการเสริมบีเทนระดับที่สูงขึ้นในอาหารไก่เนื้อมีผลทำให้น้ำหนักตัวไก่และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่าไก่ที่ได้รับอาหารไม่เสริมบีเทนแสดงในตารางที่ 7 สอดคล้องกับการทดลองของ XiuAn (2000) พบว่าการเสริมบีเทนระดับ 1 กรัม/กิโลกรัมมีผลให้การเจริญเติบโตดีขึ้น 7.2 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับการเพิ่มระดับ (IGF1 - Insulin-like growth factor) และลดระดับความเข้มข้นของกรดยูริคลง

จากการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นพอจะสรุปได้ว่า การเสริมบีเทนในอาหารที่ขาดโคลีนส่งผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่มากกว่าการเสริมเมทไธโอนีนเนื่องจากบีเทนสามารถให้หมู่เมทธิลเพื่อใช้ในการสังเคราะห์เมทไธโอนีนได้

ตารางที่ 7 ผลของการเสริมบีเทนในระดับที่ต่างกันต่อน้ำหนักตัวและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในไก่เนื้อ

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักตัว (กรัม)		อัตราการเปลี่ยนอาหาร	
	21 วัน	49 วัน	21 วัน	49 วัน
กลุ่มควบคุม	537[a]	2217	1.708[a]	2.055
กลุ่มควบคุม + 800ก.บีเทน	555[ab]	2298	1.667[ab]	2.012
กลุ่มควบคุม + 1100ก.บีเทน	564[b]	2317	1.629[b]	2.008

[a-b] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Lundeen(2000)

ในขณะที่ผู้วิจัยส่วนหนึ่งพบว่าการเสริมบีเทนไม่สามารถใช้ทดแทนการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารที่มีเมทไธโอนีน หรือโคลีนในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการ ดังจะเห็นได้จากรายงานของ Florou *et al*. (1997) ได้รายงานการเสริมบีเทนที่ระดับใดๆก็ตาม (เพื่อทำหน้าที่ทดแทนเมทไธโอนีนและโคลีนในอาหารในการให้หมู่เมทธิลกับร่างกาย) ไม่ส่งผลต่ออัตราการตายและการเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่เนื้อเมื่อเทียบกับไม่ได้เสริมบีเทน สอดคล้องกับ Rostagno and Pack (1996) ที่กล่าวว่า บีเทนไม่สามารถที่จะทำหน้าที่ทดแทนเมทไธโอนีนได้ โดยสังเกตจากการทดลอง พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารเสริมบีเทนที่ระดับ 0 และ 0.5 กรัม/ กิโลกรัม ไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อกลุ่มที่ไม่เสริมบีเทน แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับไก่เนื้อที่เสริมบีเทนร่วมกับเมทไธโอนีน สอดคล้องกับ Garcia and Mark (2000) ที่ได้ทดลองเปรียบเทียบการเสริมบีเทนและเมทไธโอนีนในไก่เนื้อ พบว่า การเสริมบีเทนไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่ที่อายุ 21 และ 41 วัน การเสริมบีเทนไม่มีผลร่วมกับเมทไธโอนีนที่เสริมลงไปในอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบการเสริมบีเทน และเมทไธโอนีน ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อ

Treatment	น้ำหนักตัว (กรัม)			อัตราการเปลี่ยนอาหาร		
(met : bet)	21 วัน	41 วัน		21 วัน	41 วัน	
	1/	1/	2/	1/	1/	2/
0.0 : 0.0	534 [a]	1721 [a]	1748 [x]	1.92 [a]	2.18 [a]	2.15 [x]
0.0 : 0.5	530 [a]	1688 [a]	1673 [x]	1.86 [a]	2.17 [a]	2.18 [x]
0.6 : 0.0	631 [b]	1910 [b]	2191 [y]	1.72 [b]	2.08 [b]	1.94 [y]
0.6 : 0.5	639 [b]	1929 [b]	2225 [y]	1.69 [b]	2.07 [b]	1.95 [y]
1.2 : 0.0	651 [c]	1957 [b]	2347 [z]	1.66 [b]	2.05 [b]	1.92 [z]
1.2 : 0.5	673 [cb]	2001 [b]	2277 [yz]	1.67 [b]	2.06 [b]	1.96 [yz]

[a,b,c,x,y,z]ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่มา : 1/ ดัดแปลงมาจาก Garcia and Mack (2000) : ($P<0.01$)

2/ ดัดแปลงมาจาก McDevitt *et al*. (1999) : ($P<0.05$)

ผลต่อลักษณะซาก

McDevitt *et al*. (1999) กล่าวว่าการเสริมบีเทนเพียงอย่างเดียวในอาหารไก่เนื้อไม่มีผลทำให้ปริมาณของเนื้อหน้าอกมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุม แต่การเสริมบีเทนร่วมกับเมทไธโอนีนทำให้ปริมาณเนื้อหน้าอกเพิ่มสูงขึ้น ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อกลุ่มควบคุม นอกจากนี้จะลดปริมาณไขมันในช่องท้อง (Abdominal fat) ในไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมสารบีเทนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 8 ใกล้เคียงกับ Ku *et al*. (1998) ที่รายงานว่า การเสริมบีเทนในอาหาร มีผลทำให้ปริมาณไขมันสะสมในช่องท้องของไก่เนื้อลดลง โดยเพิ่มการสังเคราะห์คาร์นิทีนและมีส่วนร่วมในการเกิดกระบวนการ β-Oxidation ของกรดไขมันในร่างกาย สังเกตจากการเสริมบีเทนระดับ 0 (กลุ่มควบคุม) 600 2000 และ 2700 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่าไก่เนื้อที่เสริมบีเทนมีปริมาณคาร์นิทีนที่สะสมในเซลล์กล้ามเนื้อสูงกว่าไก่กลุ่มควบคุม และพบปริมาณคาร์นิทีนและครีเอตินในตับไก่ที่เสริมบีเทนมีปริมาณที่สูงกว่าไก่กลุ่มควบคุม อาจเกิดเนื่องจากร่างกายของไก่ได้รับหมู่เมทธิลจากบีเทนมาใช้ในการสังเคราะห์คาร์นิทีนที่มีหน้าที่ขนส่งกรดไขมันสายโซ่ยาวเข้าสู่ชั้นของไมโตคอนเดรียเพื่อเกิดกระบวนการβ -Oxidation (กฤษฎา และอลงกลด, 2543) Wang *et al*. (1999) ศึกษาผลของการเสริมบีเทนต่อปริมาณไขมันใน

เป็ดเนื้อเชอรี่ ที่อายุ 21 วันโดยเสริมในอาหารระดับ 0 และ 800 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่าส่งผลต่อการลดไขมันในเป็ดเนื้อเชอรี่ โดยทำให้ NADPH ทำหน้าที่ได้ลดลงและเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ไลเปส นอกจากนี้ยังไปกระตุ้นการสังเคราะห์คาร์นิทีน และสนับสนุนการเกิดกระบวนการ β -Oxidation ของกรดไขมัน สอดคล้องกับที่ Zhan *et al* (1999) ได้รายงานการเสริมบีเทนที่ระดับ 1000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีผลต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อมากที่สุด คือ ทำให้ปริมาณเนื้อหน้าอกเพิ่มสูงขึ้นเพิ่มการสะสมของคาร์นิทีนที่เซลล์เนื้อหน้าอกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และทำให้ปริมาณของคาร์นิทีนที่ตับเพิ่มสูงขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) YiZhen (2000)ได้รายงานการเสริมบีเทนที่ระดับ 500 - 2000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ช่วยให้เนื้อหน้าอกของเป็ดสูงขึ้นและลดไขมันในช่องท้องลดลง

<u>ตารางที่ 9</u> ผลการเสริมบีเทนที่ระดับต่างๆต่อลักษณะซากของไก่เนื้อ

Treatment (met : bet)	น้ำหนักกล้ามเนื้อหน้าอก (กรัม)	น้ำหนักไขมันช่องท้อง (กรัม)
0.0 : 0.0	258 [a]	39.4 [a]
0.0 : 0.5	260 [a]	38.4 [b]
0.6 : 0.0	289 [b]	37.7 [b]
0.6 : 0.5	324 [c]	32.1 [c]
1.2 : 0.0	333 [c]	30.6 [d]
1.2 : 0.5	354 [d]	29.8 [e]

[a,b,c,d,e] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Mc Devitt *et al*. (1999)

จากรายงานที่ได้กล่าวมายังมีความขัดแย้งกับ Rostagno and Pack (1996) ที่รายงานว่า การเสริมบีเทน 0.05 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่เนื้อ ไม่มีผลทำให้เนื้อหน้าอกเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับ Schutte *et al*. (1997) ที่รายงานว่า การเสริมบีเทนไม่ว่าจะเสริมเพียงอย่างเดียวหรือเสริมร่วมกับเมทไธโอนีนก็ตาม จะไม่มีผลต่อการเนื้อหน้าอกและไขมันที่สะสมในช่องท้องของไก่ Saunderson and Mackinlay (1990) ได้สังเกตพบปริมาณของไขมันที่สะสมในซากไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมบีเทนร่วมกับเมทไธโอนีน มีปริมาณที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการเสริมเมท

ไธโอนีนร่วมกับโคลีนในอาหาร Neto *et al*. (2000) ได้รายงานการเสริมบีเทนในอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 1 – 21 วัน พบไขมันที่สะสมในช่องท้อง เนื้อหน้าอก น้ำหนักของไก่และขนาดของตับกลุ่มที่เสริมบีเทนไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับไก่กลุ่มควบคุม แต่พบปริมาณของบีเทนที่ตับเพิ่มสูงขึ้น และไขมันมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลของการเสริมบีเทนต่อสุขภาพของสัตว์ปีก

ผลต่อการติดเชื้อบิด

การติดเชื้อบิดในสัตว์ปีกมีสาเหตุมาจากการติดเชื้อโปรโตซัว คือ *Eimeria sp.* ซึ่งเป็นปัญหาทางเศรษฐกิจที่สำคัญในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ปีก (McDougald and Reid, 1997) เชื้อบิดจะส่งผลต่อความเสียหายของผนังลำไส้ทำให้การดูดซึมสารอาหารลดลง (Augustine and Danford , 1999) การอักเสบของลำไส้จะทำให้สัตว์ปีกเกิดอาการท้องเสีย ติดเชื้อแทรกซ้อนจากแบคทีเรีย เช่น โรคลำไส้อักเสบ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคบิด (McDougald and Reid, 1997) การดูดซึมโภชนะอาหารต่างๆลดลง และเกิดภาวะขาดน้ำจนเป็นผลทำให้เกิดการเสียสมดุลน้ำในร่างกายทำให้สัตว์ปีกตายในที่สุด (Kidd *et al*., 1997) และเนื่องจากบีเทนสามารถช่วยทำให้ผนังเซลล์ของสัตว์สามารถคงตัวอยู่ได้เมื่อเกิดการขาดน้ำในร่างกาย โดยบีเทนจะช่วยเพิ่มปริมาณน้ำที่เก็บในลำไส้เล็กบริเวณไซโตพลาสซึมทำให้ผนังลำไส้แข็งแรงมากขึ้น ลดการถูกทำลายโดยเชื้อบิดลง(Hruby, 2003) และยังช่วยป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับผนังลำไส้ เนื่องจากอาหารที่ไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหาร (Augustine *et al*., 1997) นอกจากนี้บีเทนยังสามารถช่วยลดปริมาณน้ำที่ออกมากับอุจจาระอีกทั้งยังช่วยในการย่อยอาหารในร่างกายได้อีกด้วย (Vertanent *et al*., 1995) สอดคล้องกับการทดลองของ Hruby (2003) พบว่าการเสริมเบตาฟีนระดับ 1.5 กิโลกรัม/ตัน (96% บีเทน)ในอาหารไก่เนื้อที่มีการเสริมยากันบิดที่แตกต่างกัน 3 ชนิด โดยให้ไก่มีการติดเชื้อบิดจะช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ของลำไส้และควบคุมการสมดุลของน้ำส่งผลให้การย่อยของโปรตีน ไลซีน ไขมัน และแคโรทีนอยด์ เพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงระดับสารอาหารที่ย่อยได้เพิ่มขึ้น (%) ในไก่เนื้อที่มีการติดเชื้อบิดโดยได้รับอาหารที่มีการเสริมยากันบิดต่างกัน 3 ชนิด

ยากันบิดชนิดที่	1	1	2	2	3	3
กลุ่มทดลอง	เบตาฟีน 0%	เบตาฟีน 0.15%	เบตาฟีน 0%	เบตาฟีน 0.15%	เบตาฟีน 0%	เบตาฟีน 0.15%
โปรตีน	78.4[b]	82.2[a]	75.5[c]	83.8[a]	72.7[d]	75.4[c]
ไขมัน	77.2[b]	81.1[a]	77.6[b]	81.4[a]	74.9[c]	78.8[b]
ไลซีน	82.8[b]	84.3[b]	80.0[c]	86.7[a]	79.9[c]	82.8[b]
แคลเซียม	76.5[b]	78.6[a]	78.5[a]	78.9[a]	73.9[c]	75.2[bc]
ฟอสฟอรัส	66.0[c]	70.7[a]	67.3[bc]	67.6[b]	63.6[d]	66.0[c]
แคโรทีนอยด์	78.6[c]	82.9[a]	75.8[d]	80.7[b]	74.1[d]	78.1[c]

[a-d] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา : Hruby (2003)

และด้วยเหตุนี้บีเทน จึงอาจมีส่วนช่วยทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของไก่เนื้อที่ติดเชื้อบิดดีขึ้นสอดคล้องกับ Augustine *et al*. (1997) ที่รายงานการเสริมบีเทนร่วมกับยาป้องกันโรคบิด คือ ซาลิโนมัยซินในไก่เนื้อมีผลทำให้น้ำหนักตัว และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อที่ได้รับเชื้อบิดโดยในอาหารมีการเสริมบีเทน หรือ ซาลิโนมัยซิน เพียงอย่างเดียว และการเสริมบีเทนยังส่งผลในการยับยั้งการรุกรานของเชื้อ *Eimeria sp.* ทั้งสองสายพันธุ์ คือ *E.tenella* และ *E.acervanila* ที่ไก่เนื้อรับเข้าไปและไม่พบปฏิกิริยาร่วมระหว่างบีเทนกับซาลิโนมัยซิน ที่เสริมในอาหาร

นอกจากนี้พบว่าไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมบีเทน มีอัตราการตายต่ำกว่าไก่เนื้อกลุ่มควบคุมแต่สูงกว่าที่เสริมซาลิโนมัยซิน หรือการเสริมบีเทนร่วมกับซาลิโนมัยซิน สอดคล้องกับที่ Matthew *et al*. (1997) ได้รายงานการเสริมบีเทน 0.10 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ส่งผลให้น้ำหนักตัวและปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อที่ติดเชื้อบิด มีความแตกต่างกับไก่เนื้อที่ติดเชื้อในกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและไม่พบการเสริมบีเทนมีปฏิกิริยาร่วมกับยาโมเนนซินที่เสริมในอาหาร

ผลต่อการลดความเครียดเนื่องจากความร้อน

ความเครียดเนื่องจากความร้อน (Heat Stress) เกิดขึ้นเมื่อสัตว์ไม่สามารถรักษาสมดุลของความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกาย โดยจะพบเมื่ออุณหภูมิรอบตัวสัตว์สูงขึ้นมากกว่าระดับที่สัตว์อยู่สบาย ไก่เนื้อจะเริ่มหอบมากขึ้น 10 เท่าจากอัตราการหายใจปกติที่ 25 ครั้งต่อนาทีเป็น 250 ครั้งต่อนาที(Ramus, 2002)ทำให้เกิดการสูญเสียกาซคาร์บอนไดออกไซด์ และส่งผลให้ระดับไบคาร์บอเนตในพลาสมาสูงขึ้น ทำให้เลือดเป็นด่าง ร่างกายจะลดระดับความเป็นด่างโดยการขับไบคาร์บอเนตทางยูรีน เนื่องจากไบคาร์บอเนตเป็นไอออนประจุลบจึงต้องมีไอออนประจุบวก เช่น โปแตสเซียม ถูกขับออกไปด้วย ปกติไก่เนื้อจะชดเชยน้ำที่สูญเสียจากการหอบโดยการกินน้ำเพิ่มขึ้นจำนวนมาก ดังนั้นผู้เลี้ยงควรจะให้น้ำเย็นเพื่อลดปัญหาความเครียดเนื่องจากความร้อน นอกจากนี้การงดให้อาหารในช่วงที่อากาศร้อนเพื่อป้องกันไก่เนื้อสร้างความร้อนเพิ่มขึ้นในช่วงที่ย่อยอาหาร หรือการใช้สารอาหารต่างๆ เช่น วิตามิน หรือ อิเลคโทรไลท์ การลดระดับโปรตีน เพื่อป้องกันการสร้างความร้อนจากขบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีน ก็เป็นอีกหลายๆแนวทางในการลดปัญหาความเครียดเนื่องจากความร้อนได้เช่นกัน

จากการศึกษาของมหาวิทยาลัย Oklahoma State พบว่าการเสริมบีเทนจะช่วยให้ไก่เนื้อมีสมรรถภาพการผลิตดีขึ้น ในการทดลองพบว่าเมื่อเสริมบีเทนระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ในน้ำดื่ม โดยเลี้ยงไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 75 องศาฟาเรนไฮด์ (สภาพไม่เครียด) เปรียบเทียบกับสภาพที่เครียดเนื่องจากความร้อนโดย กำหนดเวลา 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 75 องศาฟาเรนไฮด์ 3 ชั่วโมงต่อมาเปลี่ยนจาก 75 องศาฟาเรนไฮด์เป็น 95 องศาฟาเรนไฮด์ กำหนดเวลา 6 ชั่วโมงที่ 95 องศาฟาเรนไฮด์ และ อีก 3 ชั่วโมงถัดมาเปลี่ยนจาก 95 องศาฟาเรนไฮด์ เป็น 75 องศาฟาเรนไฮด์ พบว่าเมื่อเสริมบีเทนจะช่วยให้อัตรารอด น้ำหนักตัวและการอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่ 48 วันดีขึ้น (Ramus, 2002) ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลของบีเทนต่อสมรรถภาพผลิตของไก่เนื้อเมื่อเกิดความเครียดจากความร้อนที่อายุ 19 – 48 วัน

รายละเอียด	กลุ่มควบคุม	เสริมบีเทนในน้ำดื่ม	
		0.05%	0.10%
น้ำหนักตัว(ปอนด์)	493	504	512
Feed conversion ratio	214	211	205
อัตรารอด	84.9 [b]	93.8[a]	98.0[a]

[a-b] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา : Remus (2002)

ผลของการเสริมบีเทนต่อสมรรถภาพการสุกร

บีเทนสามารถใช้เป็นแหล่งให้หมู่เมทธิลในอาหารสุกร เพื่อช่วยให้ร่างกายประหยัดเมทไธโอนีนได้ แต่จากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่า การเสริมบีเทนมีความสัมพันธ์กับระดับพลังงานในอาหารระยะรุ่น- ขุน โดยการเพิ่มพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหาร สำหรับการศึกษาด้านคุณภาพซาก ได้แก่ ความหนาไขมันสันหลังและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจะขึ้นอยู่กับการสะสมโปรตีนตามพันธุกรรมหรือน้อยกว่า การเพิ่มระดับพลังงานในอาหารจะช่วยในการสะสมโปรตีนสำหรับสุกรที่ยังไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามศักยภาพของสายพันธุ์ แต่เมื่อสุกรเจริญเติบโตได้ตามศักยภาพของสายพันธุ์ การเพิ่มพลังงานที่เกินความต้องการจะทำให้เกิดการสะสมไขมันทำให้ไขมันสันหลังสูงขึ้น (Remus, 2002)

Casarin *et al*. (1997) ทดลองเสริมสารบีเทนระดับ 1 กิโลกรัม/ตันและวัดสมรรถภาพการผลิตในสุกรช่วงรุ่น- ขุน ในสุกรเพศเมียและสุกรเพศผู้โดยการจำกัดอาหารหรือได้รับอาหารเต็มที่ จากการทดลองในช่วงสุกรรุ่น (70 -126 วัน) พบว่าการเสริมสารบีเทนจะทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้นทั้งกลุ่มที่จำกัดอาหารและกลุ่มที่ได้รับอาหารเต็มที่ โดยเฉพาะในกลุ่มที่จำกัดอาหาร ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการเสริมสารบีเทนและปริมาณอาหารที่กินต่อสมรรถภาพการผลิตในสุกรระยะรุ่น- ขุน

Criterion	Barrows				Filts			
	Ad libitum		80% of Adlibitum		Ad libitum		80% of Ad libitum	
	Control	Betaine (1 kg/t)	Control	Betaine (1 kg/t)	Control	Betaine (1 kg/t)	Control	Betaine (1 kg/t)
Growing								
ADG (kg/d)	0.886[a]	0.888[a]	0.751[b]	0.759[b]	0.805[a]	0.798[a]	0.691[c]	0.762[b]
ADFI(kg/d)	2.138[a]	2.113[a]	1.598[c]	1.552[c]	1.995[ab]	1.854[b]	1.532[c]	1.559[c]
Feed:gain	2.413[d]	2.379[c]	2.127[b]	2.044[a]	2.478[d]	2.478[d]	2.323[c]	2.045[a]
Finishing								
ADG (kg/d)	1.038[a]	1.023[a]	0.904[b]	0.936[b]	0.888[b]	0.813[b]	0.797[c]	0.917[b]
ADFI(kg/d)	2.960[a]	2.898[a]	2.162[d]	2.156[d]	2.673[b]	2.368[c]	2.082[d]	2.140[d]
Feed:gain	2.851[c]	2.832[c]	2.391[a]	2.303[a]	3.006[d]	2.912[d]	2.612[b]	2.330[a]
Overall								
ADG (kg/d)	0.932[a]	0.929[a]	0.798[b]	0.813[b]	0.830[b]	0.803[b]	0.724[c]	0.809[b]
ADFI(kg/d)	2.385[a]	2.349[a]	1.767[d]	1.733[d]	2.198[b]	2.008[c]	1.678[d]	1.733[d]
Feed:gain	2.559[d]	2.528[d]	2.214[b]	2.131[a]	2.648[d]	2.500[d]	2.317[c]	2.1426[a]

[a-d] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา : Casarin *et al*. (1997)

ในสุกรเพศเมียที่ได้รับอาหารเต็มที่จะมีการกินอาหารต่ำกว่าสุกรเพศผู้เป็นผลสืบเนื่องจากการเสริมสารบีเทน จากการทดลองพบว่าการเสริมบีเทนมีประโยชน์ในช่วงสุกรรุ่น ในช่วงสุกรขุน (126 -150 วัน) ผลการทดลองจะคล้ายคลึงกับในสุกรรุ่น แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมสารบีเทนยกเว้นกลุ่มที่มีการจำกัดอาหารและการเลี้ยงในช่วงสุกรุ่น- ขุน พบว่ากลุ่มที่มีการเสริมสารบีเทนจะช่วยปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ในกลุ่มที่มีการจำกัดอาหารทั้งในสุกรเพศเมียและสุกรเพศผู้ การเสริมสารบีเทนจะช่วยลดระดับไขมันสันหลัง

ลง 23 เปอร์เซ็นต์ในกลุ่มที่กินอาหารได้เต็มที่และ 28 เปอร์เซ็นต์ในกลุ่มที่จำกัดอาหาร ตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการเสริมสารบีเทนและปริมาณอาหารที่กินต่อคุณภาพซากในสุกรระยะรุ่น-ขุน

Criterion	Barrows				Gilts			
	Ad libitum		80% of Adlibitum		Ad libitum		80% of Ad libitum	
	Control	Betaine (1 kg/t)	Control	Betaine (1 kg/t)	Control	Betaine (1 kg/t)	Control	Betaine (1 kg/t)
Dressing (%)	83.4[a]	82.7[a]	80.7[b]	80.1[b]	83.0[a]	82.7[a]	80.7[b]	80.2[b]
Backfat (mm)	14.2[d]	11.2[c]	12.0[c]	10.5[b]	13.0[d]	9.7[b]	13.0[d]	7.5[a]
Lean:meat (%)	51.0[d]	50.6[d]	52.2[c]	52.3[c]	51.7[d]	54.4[d]	53.0[b]	55.1[a]

[a-d] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา : Casarin *et al*. (1997)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. โรงเรือนระบบปิดสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ทดลอง
2. ดวงไฟ 100 วัตต์ สำหรับกกลูกไก่อายุแรกเกิด ถึง 2 สัปดาห์ จำนวน 36 ดวง
3. กระติกน้ำจำนวน 1 กระติกต่อ 50 ตัว ถังอาหารพลาสติกจำนวน 2 ถัง ต่อ 50 ตัว
4. เทอร์โมมิเตอร์แบบตุ้มเปียกและตุ้มแห้งสำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือน
5. เครื่องชั่ง
    - 5.1 เครื่องชั่งน้ำหนักอาหาร และเครื่องชังน้ำหนักตัวไก่
    - 5.2 เครื่องชั่งละเอียดสำหรับชั่งน้ำหนักซาก และชิ้นส่วนต่างๆ
6. อาหารสำเร็จ ระยะ 0 – 1 สัปดาห์ ชนิดผงละเอียด ระยะ 1-3 สัปดาห์ ชนิดผงละเอียด ระยะ 3 - 6 สัปดาห์ ขนาด 3.2 *6 มม.และ 6 -7 สัปดาห์ ขนาด 3.2 มม.ไม่ตัดเม็ด
7. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาโภชนะในอาหารโดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 2000) และวิเคราะห์พลังงานในอาหารโดย Bomb calorimeter ตามวิธีของ (เยาวมาลย์, 2532)
8. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณบีเทนในอาหารโดยใช้เครื่อง HPLC
9. อุปกรณ์ในการเจาะเลือดเพื่อตรวจหา Cortisol
10. อุปกรณ์ที่ใช้ในการชำแหละซาก เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์ซาก

<u>สัตว์ทดลอง และอาหารทดลอง</u>

ใช้ลูกไก่พันธุ์ Ross 508 เพศผู้ ที่มีอายุ 1 วันจำนวน 2520 ตัว แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 70 ตัว แผนการทดลองแบบ 2*3 แฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยปัจจัยแรก แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหาร และ การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารปัจจัยที่สอง คือ ระดับบีเทนที่เสริมในอาหารระดับ 0, 0.05, 0.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับโดยแบ่งเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหาร ไม่เสริมบีเทน
กลุ่มที่ 2 ไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหาร เสริมบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์
กลุ่มที่ 3 ไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหาร เสริมบีเทนระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์
กลุ่มที่ 4 ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารระดับ 250 – 280 mEq/kg ไม่เสริมบีเทน

กลุ่มที่ 5 ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารระดับ 250 –280 mEq/kg เสริมบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มที่ 6 ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารระดับ 250 –280 mEq/kg เสริมบีเทนระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์

สำหรับส่วนผสมของอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารในแต่ละระยะแสดงในตารางที่ 14 -17 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 แสดงส่วนประกอบของวัตถุดิบในอาหารไก่เนื้ออายุ 1 – 7 วัน

วัตถุดิบ	กลุ่ม 1 - 3	กลุ่ม 4 - 6
ข้าวโพด	43.55	42.60
ปลายข้าว	6.20	8.80
รำละเอียด	6.00	6.00
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	10.00	10.00
กากถั่วเหลือง(46% โปรตีน)	30.00	28.00
หินแป้ง	2.00	2.00
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.00	1.04
วิตามิน+แร่ธาตุ+สารเสริมต่างๆ[1]	0.50	0.50
เกลือ	0.30	0.20
โซเดียมไบคาร์บอเนต	-	0.40
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.31	0.31
แอล-ไลซีน	0.10	0.10
แอล-ทรีโอนีน	0.04	0.05
ปริมาณโภชนะจากการคำนวณ		
โปรตีน (%)	22.43	21.63
พลังงานใช้ประโยชน์ได้(kcal/kg)	3050	3050
ไขมัน (%)	4.66	4.63
เยื่อใย (%)	4.10	3.98
แคลเซียม (%)	1.02	1.02
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้(%)	0.50	0.50
ไลซีน (%)	1.34	1.34
เมทไธโอนีน+ซีสตีน (%)	1.03	1.03
โซเดียม(%)	0.16	0.22
โปแตสเซียม(%)	1.01	0.95
คลอไรด์(%)	0.23	0.20
mEq (mg/kg)	255	273

Vitamin[1] per kilogram of diet : vit A 14850 IU, vit D_3 4950 IU, vit E 55 IU, vit K 3.3 mg, vit B_1 3.3 mg, vit B_2 7.7 mg; vit B_6 4.4 mg, vit B_{12} 0.017 mg, Niacin 77 mg, pantothenic 22 mg, folic acid 1.92 mg , biotin 0.16 mg, choline 600 mg Mineral[1] per kilogram of diet : Cu 8 mg, I 1 mg, Fe 80 mg, Mn 100 mg, Mo 1 mg, Se 0.15 mg, Zn 80 mg , Salinomycin 60 g, Antioxidant 100 g, Antimold 500 g, Phytase 750 unit , Avizyme 300 g

ตารางที่ 15 แสดงส่วนประกอบของวัตถุดิบในอาหารไก่เนื้ออายุ 8 – 21 วัน

วัตถุดิบ	กลุ่ม 1 - 3	กลุ่ม 4-6
ข้าวโพด	51.78	53.57
รำละเอียด	6.00	6.00
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	12.00	12.00
กากถั่วเหลือง(46% โปรตีน)	26.00	24.00
หินแป้ง	2.00	2.00
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต	0.93	0.94
วิตามิน+แร่ธาตุ+สารเสริมต่างๆ[1]	0.50	0.50
เกลือ	0.30	0.20
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.10	0.40
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.28	0.28
แอล-ไลซีน	0.08	0.08
แอล-ทรีโอนีน	0.03	0.03
ปริมาณโภชนะจากการคำนวณ		
โปรตีน (%)	21.45	20.67
พลังงานใช้ประโยชน์ได้(kcal/kg)	3100	3100
ไขมัน (%)	5.30	5.36
เยื่อใย (%)	4.19	4.12
แคลเซียม (%)	1.01	1.00
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้(%)	0.48	0.48
ไลซีน (%)	1.28	1.28
เมทไธโอนีน+ซีสตีน (%)	0.98	0.98
โซเดียม(%)	0.18	0.22
โปแตสเซียม(%)	0.98	0.92
คลอไรด์(%)	0.23	0.18
mEq (mg/kg)	257	274

Vitamin[1] per kilogram of diet : vit A 14850 IU, vit D_3 4950 IU, vit E 55 IU, vit K 3.3 mg, vit B_1 3.3 mg, vit $B_{2,}$ 7.7 mg; vit B_6 4.4 mg, vit B_{12} 0.017 mg, Niacin 77 mg, pantothenic 22 mg, folic acid 1.92 mg , biotin 0.16 mg, choline 600 mg Mineral[1] per kilogram of diet : Cu 8 mg, I 1 mg, Fe 80 mg, Mn 100 mg, Mo 1 mg, Se 0.15 mg, Zn 80 mg , Salinomycin 60 g, Antioxidant 100 g, Antimold 500 g, Phytase 750 unit , Avizyme 300 g

ตารางที่ 16 แสดงส่วนประกอบของวัตถุดิบในอาหารไก่เนื้ออายุ 22 – 42 วัน

วัตถุดิบ	กลุ่ม 1-3	กลุ่ม 4-6
ข้าวโพด	37.35	43.87
รำละเอียด	15.00	7.33
มันเส้น	10.00	10.00
กากถั่วเหลือง(46% โปรตีน)	30.00	31.33
น้ำมันรำดิบ	3.67	3.33
หินแป้ง	1.67	1.67
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.00	1.00
วิตามิน+แร่ธาตุ+สารเสริมต่างๆ[1]	0.47	0.47
เกลือ	0.28	0.28
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.07	0.30
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.28	0.27
แอล -ไลซีน	0.15	0.12
แอล - ทรีโอนีน	0.06	0.03
ปริมาณโภชนะจากการคำนวณ		
โปรตีน (%)	18.78	18.93
พลังงานใช้ประโยชน์ได้(kcal/kg)	3200	3200
ไขมัน (%)	7.64	6.38
เยื่อใย (%)	4.19	3.74
แคลเซียม (%)	0.99	0.98
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้(%)	0.45	0.45
ไลซีน (%)	1.15	1.15
เมทไธโอนีน+ซีสตีน (%)	0.89	0.89
โซเดียม(%)	0.16	0.20
โปแตสเซียม(%)	0.97	0.92
คลอไรด์(%)	0.24	0.22
mEq (mg/kg)	240	252

Vitamin[1] per kilogram of diet : vit A 13500 IU, vit D_3 4500 IU, vit E 50 IU, vit K_3 mg, vit B_1 3 mg, vit B_2, 7 mg; vit B_6 4 mg, vit B_{12} 0.016 mg, Niacin 70 mg, pantothenic 20 mg, folic acid 1.75 mg , biotin 0.15 mg, choline 600 mg Mineral[1] per kilogram of diet : Cu 8 mg, I 1 mg, Fe 80 mg, Mn 100 mg, Mo 1 mg, Se 0.15 mg, Zn 80 mg , Salinomycin 60 g, Antioxidant 100 g, Antimold 500 g, Phytase 750 unit , Avizyme 300 g

ตารางที่ 17 แสดงส่วนประกอบของวัตถุดิบในอาหารไก่เนื้ออายุ 43 – 49 วัน

วัตถุดิบ	กลุ่ม 1-3	กลุ่ม 4-6
ข้าวโพด	33.39	35.22
รำละเอียด	18.00	16.00
มันเส้น	15.00	15.00
กากถั่วเหลือง(46% โปรตีน)	26.00	26.67
น้ำมันรำดิบ	4.00	3.67
หินแป้ง	1.33	1.33
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.00	1.00
วิตามิน+แร่ธาตุ+สารเสริมต่างๆ[1]	0.42	0.42
เกลือ	0.25	0.20
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.12	0.27
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.27	0.27
แอล -ไลซีน	0.14	0.14
แอล - ทรีโอนีน	0.08	0.08
ปริมาณโภชนะจากการคำนวณ		
โปรตีน (%)	17.15	17.32
พลังงานใช้ประโยชน์ได้(kcal/kg)	3250	3250
ไขมัน (%)	8.27	7.70
เยื่อใย (%)	4.27	4.17
แคลเซียม (%)	0.86	0.86
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้(%)	0.43	0.43
ไลซีน (%)	1.05	1.05
เมทไธโอนีน+ซีสตีน (%)	0.84	0.84
โซเดียม(%)	0.16	0.20
โปแตสเซียม(%)	0.97	0.95
คลอไรด์(%)	0.20	0.20
mEq (mg/kg)	254	267

Vitamin[1] per kilogram of diet : vit A 13500 IU, vit D_3 4500 IU, vit E 50 IU, vit K_3 mg, vit B_1 3 mg, vit B_2, 7 mg; vit B_6 4 mg, vit B_{12} 0.016 mg, Niacin 70 mg, pantothenic 20 mg, folic acid 1.75 mg , biotin 0.15 mg, choline 600 mg Mineral[1] per kilogram of diet : Cu 8 mg, I 1 mg, Fe 80 mg, Mn 100 mg, Mo 1 mg, Se 0.15 mg, Zn 80 mg , Antioxidant 100 g, Antimold 500 g, Phytase 750 unit , Avizyme 300 g

<u>การบันทึกข้อมูลและการคำนวณ</u>

การบันทึกข้อมูลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ อายุ 1- 21 22-42 43-49 และ 1- 49 วัน มีการบันทึกข้อมูลดังนี้ คือ

1. บันทึกน้ำหนักไก่เนื้อเริ่มทดลองโดยชั่งน้ำหนักรวมกันทั้งซ้ำ
2. บันทึกน้ำหนักไก่เนื้อโดยชั่งน้ำหนักรวมกันทั้งซ้ำ ปริมาณอาหารที่กิน จำนวนไก่ตายที่อายุ 1-21 22-42 43-49 และ 1-49 วัน กรณีที่มีไก่ตายในช่วงการทดลองจะหักน้ำหนักตัวและปริมาณอาหารที่กินของไก่ที่ตายออก แล้วคำนวณหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัว ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารแบบสะสม และต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ผลิตไก่กระทง 1 กิโลกรัมโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว} = \frac{\text{น้ำหนักไก่สิ้นสุดการทดลอง-น้ำหนักไก่เริ่มต้นการทดลอง}}{\text{จำนวนไก่ที่ชั่ง}}$$

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินต่อตัว} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้-น้ำหนักอาหารที่กิน}}{\text{จำนวนไก่}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเลี้ยงรอด} = \frac{\text{จำนวนไก่สิ้นสุดการทดลอง x 100}}{\text{จำนวนไก่เริ่มต้นการทดลอง}}$$

3. เมื่อไก่เนื้ออายุ 41 วัน ทำการสุ่มไก่ในแต่ละซ้ำๆละ 2 ตัว มาเจาะเลือดตัวละ 1.5 ซีซี เพื่อทำการเก็บตัวอย่างซีรัมเพื่อวิเคราะห์หา Cortisol
4. เมื่อไก่เนื้ออายุครบ 7 สัปดาห์ ทำการสุ่มกรงละ 7 ตัว ตัวนำมาชำแหละเพื่อศึกษาหาเปอร์เซ็นต์ซากดังต่อไปนี้
   4.1 บันทึกน้ำหนักมีชีวิต (Live weight) ของไก่แต่ละตัว
   4.2 บันทึกน้ำหนักไก่หลังเชือดและถอนขนแล้ว (Dressed weight)
   4.3 บันทึกน้ำหนักตัวหลังจากเอาเครื่องในออกแล้ว (Eviscerated weight)

4.4 บันทึกน้ำหนักส่วนต่างๆของซากไก่เนื้อ ได้แก่ ปีก สะโพก น่อง เนื้ออก สันใน แข้ง ไขมันช่องท้อง และหัวใจ ตับ กึ๋นรวมกัน

4.5 นำค่าต่างๆที่บันทึกไว้ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ซาก (Dressing percentage) โดยคำนวณ Dressed weight และ Eviscerated weight เป็นเปอร์เซ็นต์ของ Live weight และคำนวณน้ำหนักปีก สะโพก น่อง เนื้ออกสันใน แข้ง ไขมันช่องท้องและหัวใจ ตับ กึ๋น รวมกันเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Eviscerated weight

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากกลุ่มทดลองต่างๆทำโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's new multiple range test

สถานที่ทำการทดลอง

1. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตสัตว์ปีก สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม
2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ บริษัท ซันฟีด จำกัด

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง : วันที่ 27 เมษายน 2547
สิ้นสุดการทดลอง : วันที่ 15 มิถุนายน 2547

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองได้เก็บตัวอย่างอาหารแต่ละระยะที่ผลิตเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าโภชนะและวิเคราะห์พลังงานในอาหาร โดยผลวิเคราะห์ระดับโภชนะแต่ละระยะของกลุ่มการทดลองอยู่ในช่วงเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้ ตัวอย่างอาหารในชุดเดียวกันได้แยกส่งวิเคราะห์หาระดับบีเทนในอาหารที่บริษัท แดนิสโก แอนนิมอล นิวทรีชั่น ประเทศฟินแลนด์ พบว่าผลวิเคราะห์ระดับบีเทนในอาหารแต่ละระยะของกลุ่มการทดลองอยู่ในช่วงเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ในกลุ่มที่ไม่เสริมสารบีเทนตรวจพบระดับบีเทนในช่วง 0.12 – 0.25 มิลลิกรัม/กรัม เนื่องมาจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้จะมีบีเทนอยู่เป็นส่วนประกอบในปริมาณที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงไก่เนื้อ

องค์ประกอบ	อายุ 1 - 7 วัน		อายุ 8 – 21 วัน		อายุ 22 - 42 วัน		อายุ 43 - 49 วัน	
	กลุ่ม1-3	กลุ่ม4-6	กลุ่ม1-3	กลุ่ม4-6	กลุ่ม1-3	กลุ่ม4-6	กลุ่ม1-3	กลุ่ม4-6
ความชื้น (%)	10.86	10. 74	11.48	11.63	11.12	11.28	10.97	10. 84
โปรตีน(%)	22.28	21.42	21.47	20.59	18.75	18.82	17.35	17.61
ไขมัน(%)	4.82	4.71	5.38	5.47	7.82	6.62	7.98	7.54
เยื่อใย(%)	4.08	3.87	4.32	4.21	4.41	3.75	4.45	4.37
เถ้า(%)	7.27	7.16	7.19	7.24	7.45	7.51	7.21	7.15
แคลเซียม(%)	1.04	1.09	0.99	1.06	0.97	0.94	0.90	0.88
ฟอสฟอรัส(%)	0.80	0.78	0.77	0.78	0.73	0.74	0.77	0.76
พลังงานรวม (kcal/kg)	4555.3	4447.1	4510.1	4539.8	4491.6	4503.2	4568.3	4589.1

ตารางที่19 ผลการวิเคราะห์ระดับบีเทน(มิลลิกรัม/กรัม)ในอาหารที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงไก่เนื้อ

ระยะอาหาร	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6
1 – 7 วัน	0.20	0.32	0.82	0.20	0.45	0.82
8 - 21 วัน	0.20	0.50	0.83	0.12	0.57	1.10
22 – 42 วัน	0.12	0.43	0.92	0.22	0.57	1.03
43 – 49 วัน	0.25	0.46	0.89	0.25	0.63	0.99

สมรรถภาพการผลิตในไก่เนื้อ

ในการทดลองโดยปัจจัยแรก แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหาร และ การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารระดับ 250 – 280 mEq/kg ปัจจัยที่สอง คือ ระดับบีเทนที่เสริมในอาหาร0, 0.05, 0.10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยแบ่งเป็น 6 กลุ่มการทดลอง เมื่อวัดสมรรถภาพการผลิตที่อายุ 1 – 21 วัน พบว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่เสริมสารบีเทนมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 638.75, 659.88, 655.82 ตามลำดับ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของกลุ่มไม่เสริมสารบีเทน มีระดับสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.26, 1.23, 1.21 ตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการตายและคัดทิ้งในแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ในขณะที่การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารไก่เนื้ออายุ 1 – 21 วัน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ต่อน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวรวมทั้งอัตราการตายและคัดทิ้ง อีกทั้งไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์กับการเสริมบีเทนในอาหารต่อการปรับปรุงสมรรถภาพการผลิต

บีเทนมีคุณสมบัติควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าสู่เซลล์ (Remus, 2002) จะทำงานร่วมกับฮอร์โมนอินซูลินซึ่งมีหน้าที่ลดระดับกลูโคสในกระแสเลือดและนำกลูโคสเข้าสู่เซลล์ โดยจะไปกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์กรดไขมัน เพิ่มการนำกรดอะมิโนเข้าสู่เซลล์ กระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์ DNA และกระตุ้นการเจริญเติบโต (Schwarz and Mertz, 1959) ด้วยเหตุนี้การเสริมสาร

บีเทนในอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 1 – 21 วัน จึงสามารถปรับปรุงน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของLundeen (2000) พบการเสริมสารบีเทนที่ระดับ 0.11 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวและปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่ 21 วันให้ดีขึ้น และสอดคล้องกับการทดลองของ XiuAn (2000) พบว่าเมื่อเสริมสารบีเทนที่ระดับ 1 กรัม/ กิโลกรัม ส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น

ตารางที่ 20 ผลการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้ออายุ 1 – 21 วัน

		ระดับสารบีเทน (%)				Pooled SE	*P*-value
		0.00	0.05	0.10	ค่าเฉลี่ย		
น้ำหนักตัว	NO DEB	670.36	696.84	693.12	686.77	2.73	0.5336
(กรัม)	DEB	685.24	701.06	696.86	694.39		
	ค่าเฉลี่ย	677.80^{Y}	698.95^{X}	694.99^{X}			
น้ำหนักตัวเพิ่ม	NO DEB	631.17	657.84	653.93	647.65	2.72	0.5120
(กรัม)	DEB	646.34	661.92	657.72	655.33		
	ค่าเฉลี่ย	638.75^{Y}	659.88^{X}	655.82^{X}			
ปริมาณอาหาร	NO DEB	799.64	810.99	810.99	807.10	4.05	0.1133
ที่กิน(กรัม)	DEB	814.86	806.86	779.30	800.34		
	ค่าเฉลี่ย	807.25	808.76	795.14			
อัตราการเปลี่ยน	NO DEB	1.27	1.23	1.24	1.25	0.008	0.3068
อาหารเป็น	DEB	1.26	1.22	1.19	1.22		
น้ำหนักตัว	ค่าเฉลี่ย	1.27^{X}	1.23^{Y}	1.21^{Y}			
อัตราการตาย	NO DEB	1.43	0.48	1.67	1.19	0.30	0.1955
และคัดทิ้ง(%)	DEB	0.48	1.90	0.72	1.03		
	Means	0.95	1.19	1.19			

^{XYZ} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่อายุ 22 – 42 วัน จากตารางที่ 21 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และการเสริมสารบีเทนที่ระดับต่างๆ ในด้าน

น้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว รวมทั้งอัตราการตายและคัดทิ้ง ยกเว้นพบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยการทดลองโดยไก่ในกลุ่มที่ไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่า 5 กลุ่มแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยกลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และไม่เสริมสารบีเทน กลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และไม่เสริมสารบีเทน กลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเท่ากับ 2153.05, 1964.80, 2147.23, 2211.45, 2192.26, 2177.97 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1482.69, 1267.96, 1454.11, 1526.21, 1491.20, 1481.11 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวโดยกลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์มีระดับสูงกว่า 5 กลุ่มทดลองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยกลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และไม่เสริมสารบีเทน กลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และไม่เสริมสารบีเทน กลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์มีค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 1.88, 2.21, 1.94, 1.83, 1.89, 1.91 ตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการตายในแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จากการทดลองในระยะ 22 – 42 วัน พบปัญหาด้านสุขภาพในไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ส่งผลให้น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และส่งผลให้เกิดความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเมื่อเปรียบเทียบกับ 5 กลุ่มที่ทดลอง พบการถ่ายเหลวในทุกกลุ่มการทดลองส่งผลให้สภาพแกลบที่รองพื้นมีความชื้นสูงกว่าปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุการถ่ายเหลวอาจเกิดจากไก่เนื้อกินน้ำเพิ่มขึ้น โดยปกติการกินน้ำของไก่เนื้อขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ อายุของไก่เนื้อ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ระดับอิเลคโทรไลท์ในรูปเกลือ โดยเฉพาะโซเดียมและโปแตสเซียมที่เติมลงในอาหาร (Borges, 1997) เนื่องจากในสูตรอาหารทดลองกลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และกลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ มีสมดุลอิเลคโทรไลท์ระดับ 240 และ 252 ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ

Borges (2003 และ 2004) ที่เลี้ยงไก่เนื้อในสภาพอากาศร้อนและสภาพอากาศที่เหมาะสม เมื่อปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารระดับ 240 และ 360 mEq/kg จะเพิ่มการกินน้ำและส่งผลต่อการเพิ่มความชื้นของสิ่งปูรองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ระดับ 0, 120, 140 mEq/kg

อัตราการตายในช่วงอายุ 22 – 42 วันในทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มสูงมากกว่ามาตรฐานการเลี้ยงทั่วไป สาเหตุเกิดจากปัญหาการถ่ายเหลวส่งผลให้อัตราการตายเพิ่มสูงขึ้นและต้องคัดไก่เนื้อที่มีน้ำหนักน้อยกว่ามาตรฐานออก อัตราการตายที่ค่อนข้างสูงสอดคล้องกับการทดลองของ Borges (2003) ที่ทดลองเลี้ยงไก่เนื้อในสภาวะอากาศร้อนพบว่าการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ที่ระดับ 240 mEq/kg ในช่วงอายุ 21 – 42 วัน ไก่เนื้อมีแนวโน้มอัตราการตายสูงกว่ากลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ที่ระดับ 0 , 120, 360 mEq/kg

ตารางที่ 21 ผลการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้ออายุ 22 – 42 วัน

		ระดับสารบีเทน (%)				Pooled SE	*P*-value
		0.00	0.05	0.10	ค่าเฉลี่ย		
น้ำหนักตัว	NO DEB	2153.05[a]	1964.80[b]	2147.23[a]	2088.36	16.67	0.0007
(กรัม)	DEB	2211.45[a]	2192.26[a]	2177.97[a]	2193.89		
	ค่าเฉลี่ย	2182.25	2078.53	2162.60			
น้ำหนักตัวเพิ่ม	NO DEB	1482.69[a]	1267.96[b]	1454.11[a]	1401.59	16.81	0.0003
(กรัม)	DEB	1526.21[a]	1491.20[a]	1481.11[a]	1499.50		
	ค่าเฉลี่ย	1504.45	1379.58	1467.61			
ปริมาณอาหาร	NO DEB	2785.17	2799.17	2818.17	2799.17	2.04	0.1210
ที่กิน (กรัม)	DEB	2792.17	2806.17	2820.17	2806.17		
	ค่าเฉลี่ย	2788.67	2802.67	2816.67			
อัตราการเปลี่ยน	NO DEB	1.88[bc]	2.21[a]	1.94[b]	2.01	0.01	0.0010
อาหารเป็น	DEB	1.83[c]	1.89[bc]	1.91[bc]	1.88		
น้ำหนักตัว	ค่าเฉลี่ย	1.86	2.05	1.93			
อัตราการตาย	NO DEB	4.76	4.05	4.29	4.37	0.47	0.6043
และคัดทิ้ง(%)	DEB	6.43	6.19	4.53	5.71		
	ค่าเฉลี่ย	5.60	5.12	4.41			

[abc] ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P<0.01$)

จากตารางที่ 22 ไก่เนื้ออายุ 43 – 49 วัน พบว่ากลุ่มที่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์มีน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และกลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเท่ากับ 2630.97 และ 2801.58 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 542.61, 607.69 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มที่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่ากลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ และกลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์มีค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 2.36 และ 2.15 ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการตายและคัดทิ้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์โดยการปรับระดับโซเดียมในอาหารเพิ่มจาก 0.16 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.20 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีการเติม $NaHCO_3$ ในอาหารสูงขึ้น $NaHCO_3$ จะช่วยเพิ่มการกินน้ำ สอดคล้องกับการทดลองของ Branton *et al*. (1986) ได้ศึกษาพบว่า $NaHCO_3$ จะกระตุ้นการกินน้ำมากกว่าช่วยปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในพลาสมาหรือการปรับลด pH ของเลือด การกินน้ำเพิ่มขึ้นในช่วงที่ร่างกายมีอุณหภูมิสูงจะช่วยทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลงและเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น

ในขณะที่การเสริมสารบีเทนในอาหารไก่เนื้ออายุ 43 – 49 วัน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว รวมทั้งอัตราการตายและคัดทิ้ง และไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์กับการเสริมบีเทนในอาหารต่อการปรับปรุงสมรรถภาพการผลิต

ตารางที่ 22 ผลการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้ออายุ 43 - 49 วัน

		ระดับสารบีเทน (%)				Pooled SE	*P*-value
		0.00	0.05	0.10	ค่าเฉลี่ย		
น้ำหนักตัว	NO DEB	2647.91	2541.07	2703.92	2630.97[B]	22.13	0.1060
(กรัม)	DEB	2803.75	2803.79	2797.21	2801.58[A]		
	ค่าเฉลี่ย	2725.83	2672.43	2750.57			
น้ำหนักตัวเพิ่ม	NO DEB	494.86	576.27	556.70	542.61[B]	12.11	0.4983
(กรัม)	DEB	592.29	593.90	619.24	607.69[A]		
	ค่าเฉลี่ย	543.58	585.08	587.97			
ปริมาณอาหาร	NO DEB	1281.49	1223.69	1279.72	1261.63	13.18	0.3716
ที่กิน(กรัม)	DEB	1292.93	1306.43	1296.79	1298.71		
	ค่าเฉลี่ย	1287.21	1265.06	1288.25			
อัตราการเปลี่ยน	NO DEB	2.61	2.14	2.33	2.36[A]	0.05	0.1333
อาหารเป็น	DEB	2.19	2.14	2.12	2.15[B]		
น้ำหนักตัว	ค่าเฉลี่ย	2.40	2.14	2.14			
อัตราการตาย	NO DEB	2.38	2.86	0.95	2.06	0.33	0.6891
และคัดทิ้ง(%)	DEB	1.91	1.67	1.67	1.75		
	ค่าเฉลี่ย	2.14	2.26	1.31			

[AB] ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้ออายุ 1 - 49 วัน สอดคล้องกับการทดลองที่อายุ 43 – 49 วัน พบว่า กลุ่มที่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์มีน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และกลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเท่ากับ 2630.97 และ 2801.58 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2591.84 และ 2762.52 ตามลำดับ กลุ่มที่มีการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่ากลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และกลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์

มีค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 1.88 และ 1.77 ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการตายและคัดทิ้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ในขณะที่การเสริมสารบีเทนในอาหารไก่เนื้ออายุ 1 – 49 วัน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว รวมทั้งอัตราการตายและคัดทิ้ง ถึงแม้จะพบว่าในช่วงอายุ 1 – 21 วัน การเสริมสารบีเทนจะสามารถเพิ่มน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นได้แต่เมื่อเลี้ยงไก่เนื้อจนอายุ 49 วัน พบว่าผลการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ที่สามารถปรับปรุงน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง 43 – 49 วัน ส่งผลให้ไก่เนื้อมีน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นโดยรวมดีขึ้น นอกจากนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์กับการเสริมบีเทนในอาหารต่อการปรับปรุงสมรรถภาพการผลิต

ตารางที่ 23 ผลการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้ออายุ 1 – 49 วัน

		ระดับสารบีเทน (%)				Pooled SE	*P*-value
		0.00	0.05	0.10	ค่าเฉลี่ย		
น้ำหนักตัว	NO DEB	2647.91	2541.07	2703.92	2630.97[B]	22.13	0.1060
(กรัม)	DEB	2803.75	2803.79	2797.21	2801.58[A]		
	ค่าเฉลี่ย	2725.83	2672.43	2750.57			
น้ำหนักตัวเพิ่ม	NO DEB	2608.72	2502.07	2664.73	2591.84[B]	22.12	0.1062
(กรัม)	DEB	2764.84	2764.65	2758.04	2762.52[A]		
	ค่าเฉลี่ย	2686.78	2633.36	2711.40			
ปริมาณอาหาร	NO DEB	4866.29	4833.53	4903.87	4867.90	16.53	0.5406
ที่กิน(กรัม)	DEB	4899.96	4919.76	4896.26	4905.22		
	ค่าเฉลี่ย	4883.12	4876.49	4900.07			
อัตราการเปลี่ยน	NO DEB	1.87	1.93	1.84	1.88[A]	0.01	0.2416
การใช้อาหาร	DEB	1.77	1.78	1.78	1.77[B]		
เป็นน้ำหนักตัว	ค่าเฉลี่ย	1.82	1.86	1.81			
อัตราการตาย	NO DEB	8.57	7.38	6.91	7.62	0.57	0.6593
และคัดทิ้ง(%)	DEB	8.81	9.76	6.90	8.49		
	Means	8.69	8.57	6.90			

[AB] ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

ระดับความเครียดในไก่เนื้อ

สาเหตุของความเครียดอาจเกิดจากสภาพแวดล้อมในการเลี้ยง การอดอาหารหรือน้ำ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ช่วงแสงที่ไก่ได้รับ เมื่อไก่เกิดความเครียดจะมีการตอบสนองทางสรีรวิทยา ฮอร์โมน Catecholamines ที่อยู่ใน Adrenal medulla และ ฮอร์โมน Glucocorticoid ที่อยู่ใน Adrenal cortex จะถูกปล่อยเข้าสู่กระแสเลือด (Sapolsky, 1992; Richard, 1998) ในสัตว์ปีกระดับของฮอร์โมน Epinephrine จาก Adrenal medulla จะเพิ่มขึ้นเมื่อไก่เกิดความเครียด ซึ่งการเพิ่มขึ้นนี้เป็นผลมาจากการที่ฮอร์โมน Glucocorticoid เพิ่มขึ้น (Le Maho *et al*., 1992) โดยฮอร์โมน

จะทำหน้าที่ปรับสภาวะต่างๆในร่างกายให้อยู่ในสมดุล เพิ่มอัตราเมแทบอลิซึมเพื่อรักษาระดับพลังงานที่ร่างกายต้องการ (Wingfield *et al*.,1998) Harmon (1998) ฮอร์โมน Cortisol และ Cathecholamines จะถูกใช้เป็นดัชนีในการประเมินระดับของความเครียด (Harvey *et al*., 1984; Wingfield, 1994) ในตัวไก่ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีนที่เกิดจากฮอร์โมน Glucocorticoid และ Cathecholamines จะทำให้การควบคุมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันลดลง (David and Ronald, 2003)

จากการทดลองโดยสุ่มชั่งน้ำหนักไก่ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันในแต่ละกลุ่มเพื่อเจาะเลือดหาระดับ Cortisol ในซีรัม ผลการทดลองในแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าเฉลี่ยระดับ Cortisol ที่ตรวจพบมีระดับน้อยกว่าค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดค่าได้ คือ น้อยกว่า 0.2 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร บ่งชี้ว่าสภาพแวดล้อมในการเลี้ยงระบบโรงเรือนปิดซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และความหนาแน่นในการเลี้ยงที่ 11.2 ตัวต่อตารางเมตร ไม่ส่งผลกระทบต่อการเกิดความเครียดในตัวไก่เนื้อที่อายุ 41 วัน

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ระดับ Cortisol ในซีรัมของไก่เนื้ออายุ 41 วัน

กลุ่มการทดลอง	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6
ระดับ Cortisol (ug/dl)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2

<u>คุณภาพซาก</u>

การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารเมื่อเทียบกับไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ พบความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ต่อการปรับปรุงคุณภาพซากส่วนต่างๆ ในขณะที่การเสริมสารบีเทนในอาหารระดับ 0.05 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักโครงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มไม่เสริมสารบีเทน กลุ่มเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มเสริมสารบีเทนระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักโครงเท่ากับ 20.65, 20.28, 20.14 ตามลำดับ โดยพบว่า แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเนื้อหน้าอกในกลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้

สัดส่วนของโครงลดลง และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ต่อน้ำหนักหน้าอก ปีก สะโพก น่อง แข้งและไขมันช่องท้อง การที่ไขมันในช่องท้องไม่สามารถลดลงเนื่องจากในอาหารทดลองมีระดับโคลีน เมทไธโอนีนและซีสตีนในระดับที่เพียงพอซึ่งสามารถให้หมู่เมทธิลเพื่อการสังเคราะห์คาร์นิทีนและนำไปใช้ในการสลายกรดไขมันสายยาวได้ การเสริมบีเทนในอาหารจึงไม่ส่งผลต่อการลดระดับไขมันในช่องท้องสอดคล้องกับการทดลองของ Schutte *et al*. (1997) ที่รายงานว่าการเสริมสารบีเทนเพียงอย่างเดียวหรือเสริมร่วมกับเมทไธโอนีนไม่มีผลต่อปริมาณไขมันที่สะสมในช่องท้องไก่

จากการทดลองพบอิทธิพลร่วมจากปัจจัยการทดลองของกลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ที่มีสมรรถภาพการผลิตต่ำกว่าทุกกลุ่มในช่วงอายุ 22- 42 วันและส่งผลกระทบต่อคุณภาพซาก โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักหัวใจ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักปีกมากกว่า 5 กลุ่มแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักเนื้อหน้าอกน้อยกว่ากลุ่มอื่นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อพิจารณาน้ำหนักเนื้อหน้าอกโดยแนวโน้มพบว่ากลุ่มที่เสริมสารบีเทน ระดับ 0.05 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเนื้อหน้าอก หนัง สันในมากที่สุด ยกเว้น กลุ่มไม่ปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ McDevitt *et al*. (1999) ที่ทดลองเสริมสารบีเทนระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ในอาหารที่มีระดับเมทไธโอนีนที่เพียงพอในอาหารระดับ 0.6 % และ 1.2% จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเนื้อหน้าอกและสอดคล้องกับ Zhan *et al*. (1999) ได้รายงานพบว่าการเสริมสารบีเทนระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อโดยทำให้ปริมาณกล้ามเนื้อหน้าอกเพิ่มสูงขึ้น การเพิ่มขึ้นของเนื้อหน้าอกในสัตว์ปีกเนื่องจากบีเทนมีคุณสมบัติในการรักษาสมดุลของน้ำ และจะช่วยให้เซลล์ควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าสู่เนื้อเยื่อต่างๆในร่างกายทำให้เซลล์เก็บน้ำได้มากขึ้น

ตารางที่ 25 ผลการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนต่อคุณภาพซาก[1]ของไก่เนื้อ

		ระดับสารบีเทน (%)				Pooled SE	*P*-value
		0.00	0.05	0.10	ค่าเฉลี่ย		
น้ำหนักมีชีวิต	NO DEB	2665.71	2640.40	2653.81	2653.17	7.68	0.0751
(กรัม)	DEB	2643.33	2700.48	2686.67	2676.83		
	ค่าเฉลี่ย	2654.52	2670.24	2670.24			
ซากหลังถอนขน[1/]	NO DEB	92.72	93.26	93.04	93.00	0.11	0.7098
(%)	DEB	92.83	93.27	92.72	92.94		
	ค่าเฉลี่ย	92.76	92.26	92.88			
ตับ[2/]	NO DEB	2.16	2.27	2.20	2.21	0.03	0.4709
	DEB	2.25	2.22	2.33	2.27		
	ค่าเฉลี่ย	2.21	2.24	2.27			
หัวใจ[2/]	NO DEB	0.52[b]	0.61[a]	0.52[b]	0.55	0.01	0.0259
	DEB	0.51[b]	0.51[b]	0.52[b]	0.51		
	ค่าเฉลี่ย	0.52	0.56	0.52			
กึ๋น[2/]	NO DEB	0.97	0.92	0.98	0.96	0.01	0.2011
	DEB	0.93	0.99	0.94	0.95		
	ค่าเฉลี่ย	0.95	0.95	0.96			

1/ คำนวณเป็น %ของน้ำหนักมีชีวิต

2/ คำนวณเป็น % ของน้ำหนักหลังถอนขน

[abc] ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 26 ผลการปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และเสริมสารบีเทนต่อคุณภาพซาก[2]ของไก่เนื้อ

		ระดับสารบีเทน (%)				Pooled SE	*P*-value
		0.00	0.05	0.10	ค่าเฉลี่ย		
น้ำหนักซากที่เอา	NO DEB	2203.84	2180.59	2201.83	2195.42	7.35	0.1057
เครื่องในออก(กรัม)	DEB	2191.50	2243.22	2214.21	2216.31		
	ค่าเฉลี่ย	2197.67	2211.90	2208.02			
ปีก[3/]	NO DEB	9.48 ^{bc}	9.77 ^{a}	9.62 ^{ab}	9.62	0.04	0.0140
	DEB	9.50 ^{bc}	9.34 ^{c}	9.45 ^{bc}	9.43		
	ค่าเฉลี่ย	9.49	9.55	9.53			
เนื้ออก+หนัง+สันใน[3/]	NO DEB	25.95^{abc}	25.08 ^{c}	26.36 ^{ab}	25.80	0.15	0.0125
	DEB	25.60 ^{bc}	26.63 ^{a}	26.65 ^{a}	26.29		
	ค่าเฉลี่ย	25.78	25.86	26.51			
สะโพก[3/]	NO DEB	16.02	16.27	16.15	16.15	0.04	0.5817
	DEB	16.06	16.26	16.02	16.11		
	ค่าเฉลี่ย	16.04	16.27	16.08			
น่อง[3/]	NO DEB	12.71	12.82	13.01	12.85	0.05	0.5098
	DEB	12.68	12.61	12.69	12.66		
	ค่าเฉลี่ย	12.70	12.72	12.85			
แข้ง [3/]	NO DEB	4.43	4.59	4.50	4.51	0.03	0.1267
	DEB	4.46	4.40	4.47	4.44		
	ค่าเฉลี่ย	4.44	4.50	4.49			
ไขมันช่องท้อง [3/]	NO DEB	1.89	2.17	1.69	1.92	0.06	0.1295
	DEB	1.93	1.84	1.94	1.90		
	ค่าเฉลี่ย	1.91	2.00	1.81			
โครง [3/]	NO DEB	20.52	20.48	20.28	20.43	0.07	0.0651
	DEB	20.77	20.09	20.00	20.29		
	ค่าเฉลี่ย	20.65^{X}	20.28 ^{Y}	20.14 ^{Y}			

3/ คำนวณเป็น %ของน้ำหนักซากเย็น

^{AB} ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

^{XY} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

^{abc} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

สรุป

1. การเสริมสารบีเทนในอาหารไก่เนื้อช่วง 1 – 21 วันที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ทำให้ไก่เนื้อมีน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่ดีกว่าการไม่เสริมสารบีเทนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่าการเสริมสารบีเทนที่ระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ไม่ได้เพิ่มสมรรถภาพการผลิตให้ดีขึ้นจากระดับการเสริมที่0.05 เปอร์เซ็นต์
2. การเสริมสารบีเทนในอาหารไม่ว่าที่ระดับ 0.05 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ไม่ได้ช่วยในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตที่ระยะ 22 – 42 วัน 43 – 49 วัน และ 1 – 49 วัน แต่มีแนวโน้มในการเพิ่มเนื้อหน้าอก ในขณะที่ไขมันช่องท้องไม่สามารถลดลงได้
3. การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในช่วง 1 – 21 วัน และ 22 – 42 วันไม่ได้เพิ่มสมรรถภาพการผลิตให้ดีขึ้นจากการไม่ปรับสมดุลแต่พบการปรับปรุงน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในช่วง 43 – 49 วัน และ 1 – 49 วัน ตามลำดับ
4. การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์ในอาหารไม่มีผลต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อ
5. การปรับสมดุลอิเลคโทรไลท์และการเสริมสารบีเทนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ Cortisol แสดงว่าไก่เนื้อไม่เกิดความเครียดขณะเลี้ยงดู

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษ อังคนาพร, สุวรรณ กิจภาภรณ์, จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และอรรณพ สุริยสมบูรณ์. 2541. ผลของบีเทนต่อการทดแทนเมทไธโอนีนความหนาของไขมันสันหลังและคุณภาพซากของสุกร ขุน.**รายงานทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภชน์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.** 34 น.

กฤษฎา บูรณษรมย์ และอลงกลด แทนออมทอง.2543. ผลของคาร์นิทีนต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและองค์ประกอบของร่างกายของสุกรวารสาร **สุกรสาส์น.** 63-76 น.

ธนวัฒน์ คงเจริญสมบัติ. 2542. แนะนำผลิตภัณฑ์เบตาฟีน.**เวทไดเจสต์ 3**(10): 17-20 น.

สมเจต ทองนวล. 2543. ผลของบีเทนที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตและสุขภาพของสัตว์ปีก สัมมนาปริญญาโท-เอก

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2523. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 163 น.

Association of the Official Analysis Chemists (A.O.A.C) . 2000. Method of Analysis. A.O.A.C. Washington, D.C. Chapter 4 . pp. 1- 28.

Augustine, P. C., J.L. Meneughton, E.vertanen and I.Rosi. 1997. Effect of Betaine on growth Performance of chicks inoculate with mixed culture of avian Eimeria Species and On invasion and development of Eimeria tenella and Eimeria accer In vitro and In Vivo. **Poult. Sci**. 76:802-809.

Augustine, P.C. and H.D. Danforth. 1999. Influence of betaine and salinomycin on intestinal absorption of methionine and glucose and on the ultra structure of intestinal cells and parasite developmental stages in chicks infected with *Eimeria acervulina*. **Avian Dis**. 43:89-97.

Austic, R.E. 1981. Importance of electrolyte in animal nutrition. **Proceeding of the seventeenth annual Guelph Nutrition Conference for Feed Manufactures**: April 28&29 ,1981, Toronto. Ontario. pp. 114-121.

Austic, R.E. and C.C. Calvert, 1981. Nutrition interrelationships of electrolyte and amino acids. **Fed. Proc**. 40: 63-67.

Austic, R.E., 1983. Variation the potassium need of chickens selected genetically for variation in blood uric acid concentrations. **Poult. Sci**. 62: 365-370.

_____, 1984. Excess dietary chloride depresses eggshell quality. **Poult. Sci**. 63: 1773-1777.

Bagnasco, S., R. Balaban, H.M. Fares, Y. Yang and M. Burg. 1986. Predominant osmotically active organic solutes in rat and rabbit renal medullas. **J. Bio. Chem**. 261: 5872-5877.

Barragry, T.B., 1974. Some aspects of fluid and electrolyte imbalance in animals. **Iish Vet**. J. 28: 153.

Borges, S.A. 1997. Suplementacao de cloreto de patassio e bicarbonate de sodio para frangos de corte durante o varao. **Dissertacao de mestradc**. UNESO, Jaboticabal.

Borges, S.A., A.V. Fischer da Silva, J. Ariki, D.M. Hooge and K.R. Cumming. 2003. Dietary Electrolyte balance for Broiler Chickens under Moderately High Ambient Temperature and Relative Humidity. **Poult. Sci**. 82(2): 301-308.

_____. 2004. Electrolyte balance in broiler growing diets. **Poult. Sci.** 3(10): 623-628.

Budavari, S. 1989.**The Merck index** . 11 ed. Merck and Co. Inc. Rahway. New jersey. pp. 1201-1202.

Branton, S.L., F.N. Reece and J.W. Deaton. 1986. Use of ammonium chloride on the bicarbonate buffer system in acute heat exposure of broilers. **Poult. Sci**. 65: 1659-1663.

_____. 1986. Use of ammonium chloride and sodium bicarbonate in acute heat exposure of broilers. **Poult. Sci**. 65: 1659-1663.

Burg, M.B. 1994. Molecular basis for osmoregulation of organic osmolytes in renal medullary cells. **J. Exp. Zool**. 268: 171-175.

Casarin, A., M. Forat and B. J. Zabaras-Kick. 1997. Interrelationships between betaine (Betafin-BCR) and level of feed intake on the performance parameters and carcass characteristics of growing- finishing pigs. **J. Anim. Sci**. 75 (Suppl. 1): 75.

Chambers, S.T. and C.M. Kunin. 1987. Osmoprotective active for Escherichia coli in mammalian renal inner medulla and urine. **J. Clin. Invest**. 80: 1255-1260.

David, A.P. and G. Ronald. 2003. How stress influences the immune response. **TRENDS Immun.** 24:444-448.

Deyhim, F. and R.G. Teeter. 1991. Sodium and potassium chloride drinking water supplementation effect on acid-base balance and plasma corticosterone in broilers reared in thermo neutral and heat distressed environments. **Poult. Sci.** 70: 2551-2553.

EI Hadi, H. and A.H. Sykes. 1982. Thermal panting and respiratory alkalosis in the laying hen. **Br. Poult. Sci**. 23: 49-57.

Florou, P.P., D.C. kufidis, V.N. Vassilopoulus, and A.V. Spais. 1997. Performance of broiler Chicks feel on low choline and methionine diets supplemented with betaine. **Epith. Zoo. Epist**. 24: 103-111. (Abst).

Flower, R.J., P.A. Sanford and D.H. Smyth . 1972. Metabolism and transfer of choline in hamster small intestine. **J. physio**. 226(2): 473-489.

Garcia, E.E., and S. Mack. 2000. The effect of DL-Methionine and Betaine on growth Performance and carcass characteristic in broilers. **Animal Feed Science and Technology.** 87: 85-93.

Gilles, R. 1997. Intracellular organic osmotic effectors. In: **Mecchanisms of Osmoregulation in Animals** (ed. Gilles, R**.),** John Wiley and Sons, New York, pp. 111-154.

Harms, R.H. and H.R. Wilson. 1984. The chloride requirement of the boiler breeder hen. **Poult. Sci**. 63: 835-837.

Harmon, B.G. 1998. Avian heterophils in inflammation and disease resistance. **Poult. Sci.** 77: 972-977.

Harvey, S., J. Phillips, A. Rees and T. Hall. 1984. Stress and adrenal function. **J. Exp. Zool.** 232:633-645.

Haussinger, D. 1996. The role of cellular hydrationin regulation of cell function. **Biochem. J**. 313: 697-710.

Houpt , T.R., 1970. In Duckes **Physiology of Domestic Animals**. 8th Ed. Cornell Univ. Press. Inthaca, New York.

Hooge, D.M. and K.R. Cumming. 1995. Dietary potassium requirements of poultry explored. **Feedstuffs**. Miller Publishing, Minnesota. Sep 4. pp. 12.

Kettunen, H., S. Peuranen, K. Tiihonen, M. Saarinen. 2001. Intestinal uptake of betaine in vitro and the distribution of methyl groups from betaine choline and methionine in the body of broiler chicks. **Comp. Biochem**. Physiol. 128: 269-278.

Kidd, M.T., P.R. Ferket and J.D. Garlich. 1997. Nutritional and osmoregulatory functions of Betaine. **Wld. Poul. Sci. J**. 53: 125-139.

Ku, Z.R. and X.A. Zhan. 1998. Effects of betaine on methionine and adipose metabolism in broiler chicks. **Acta Veterinaria Zootechnica Sinica**. 29: 212-219. (Abst).

Law, R.O. and M.B. Burg. 1991. The role of organic osmolytes in the regulation of mammalian cell volume. In**: Advances in Comparative and Environmental physiology Vol. 9, Volume and Osmolality Control in Animal Cells** (Eds Gilles, R., Hoffmann, E.K. and Bolis, L.), Springer-Verlag, New York, pp. 189-225.

Leach, R.M., Jr. and M.C. Nesheim, 1963. Studies on chloride deficiency in chicks. **J. Nutr**. 81: 193.

Leach, S., J.D. Summers. 2001. Nutrition, Minerals. In S. Leeson and J.D. Summers, eds. **Nutrition of the chicken**, 4th ed. Guelp, Ontario: University books. pp. 363-377.

Leeson ,S., G. Diaz and J.D. Summers. 1995. Water Imbalance, Electrolyte Imbalance, **Poultry Metabolic Disoders and Mycotoxins.** Guelph, Ontario: University books**.** pp. 95 –99, 112-115.

Le Maho, Y., H. Karmann, D. Briot, Y. Handrich, J.P. Robin, E. Mioskowski, Y. Cherel and J. Farni. 1992. Stress in birds due to routine handling and a technique to avoid it. **Am. J. Physiol.** 263: R775-R781.

Lopez, G.A., R.W. Phillips and C.F. Nockels. 1973. The effect of age on water metabolism in hens. **Proc. Soc. Exp. Biol**. Med. 142: 545.

Lundeen, T. 2000. Sand replaces sawdust as litter; betaine improves breast yield. **Feedstuff**. Miller Publishing, Minnesota, June 5 pp. 11.

Matthews, J.O., T.L. Ward and L.L. Southern. 1997. Interactive effects of betaine and monensin in uninfected and *Eimeria accervulina* infected chicks. **Poult. Sci.** 76: 1014-1019.

McDevitt, R.S. Mack, and I. Wallis. 1999. The effect of DL-Methionine and betaine Supplementation on growth performance and carcass composition in male broilers. **Feedstuff**. Miller Publishing, Minnesota, May 3. pp. 11, 23.

McDougald, L.M. and W.M. Reid. 1997. In: B.W. Calnek. (Ed.). **Diseases of Poultry.** 10th ed. London. pp. 865-883.

Miller, D. and J.H. Soares , 1972. Effect of mineral mixture composition on chick growth and intestinal pH . **Poult. Sci**. 51: 182.

Mongin, P., 1980. Electrolyte in nutrition**.** 3 rd Int. **Minerals. Conf**. Orando, Florida. Jan 16, 1980. pp. 1-16.

Mongin, P and B. Sauveur, 1977. Interrelationships between mineral nutrition, acid-base balance, growth and cartilage abnormalities. In Growth and Poultry Meat Production Ed.Boorman and Wilson. **Br. Poult. Sci**. 235-247.

Murakami, A.E. 1997a. Effect of level and source of sodium on performance of male broilers to 56 days. J App. **Poultry Res**. 6: 128-136.

Murakami, A.E. . 1997b. Estimation of the sodium and chloride requirements for the young broiler chick. **J. Appl. Poultry Res**. 6: 155-162.

Neto, M.G., G.M. Pesti, and R.I. Bakalli. 2000. Influence of dietary protein level on the broiler chicken's response to methionine and betaine supplements. **Poult. Sci**. 79: 1478-1484.

Petronini, P.G., E.M. DeAngelis, P. Borghetti, A.F. Borghetti and K.P. Wheeler. 1992. Modulation of betaine of cellular responses to osmotic stress. **Biochem. J**. 282: 69-73.

_____. 1994. Osmotically inducible uptake of betaine via amino acid transport system in SV-3T2 cells. **Biochem. J**. 300: 45-50.

Remus. 2002. Betaine may minimize effects of heat stress in broilers. **Feedstuff**. Miller Publishing, Minnesota. Aug 5. pp. 11-12.

_____. 2003. Betacheck ™ Background and usage in broiler diets. Support **Manual Betacheck version 3.0** section 4 . p. 1.

Richard, J.J. 1998. Physiological management and environmental triggers of the ascites syndrome. **Poultry International: Asia Pacific Edition.** 37(8): 28-33.

Rondon, E.O.O. 1999. Exigencias nutricionasis de sodio e de cloro para frangos de corte. **Dissertacao de mestrado**. Moringa.

Rostagno, H.S. and M. Pack. 1996. Can betaine replace supplemental DL-Methionine in broiler Diets. **J. App. Poult. Res**. 5: 150-154.

Sakomura, N.K., M.E. Kimura, O.M. Junqueira and R. Silva. 1996. Utilization of betaine in broiler rations. **Ars Veterinaris**. 12: 86-94. (Abst).

Sapolsky, R.M. 1992. Neuroendocrinology of the stress-response, p. 287-324. *In* J.B. Becker, S.M. Breedlove, and D. Crews, eds. **Behavioral Endocrinology**. MIT Press, Cambridge.

Saunderson, C.L. and J. Mackinlay. 1900. Changes in body weight, composition and hepatic enzyme activities in response to dietary methionine, betaine and choline levels in growing chicks. **Br. J. Nutr**. 63: 339-349.

Sauveur, B. and P. Mongin. 1974. Influence of dietary level of chloride, sodium and potassium on chick cartilage abnormalities. **15th WPSA Congr**., New Orleans, pp. 180-181.

Schwarz, K. and W. Mertz. 1959. Chromium(III) and glucose tolerance factor. **Arch. Biochem**. Biophys. 85:292

Schutte, J.B., J. Dejong, W. Smink, and M. Pack. 1997. Replacement value of betaine for DL-methionine in male broiler chicks. **Poult. Sci**. 76: 321-325.

Scott, R.L. and R.E. Austic. 1976. Influence of potassium on lysine catabolism in the ckick. **Poult. Sci**. 55: 2089

Smith, M.O. and R.G. Teeter. 1987. Potassium balance of 5-8 week old broiler exposed to constant heat and cycling high temperature stress. **Poult. Sci**. 66: 487-492.

Teeter, R.G and M.O. Smith. 1986. High Chronic ambient temperature stress effects on broiler acid-base balance and their response to supplemental ammonium choride, potassium chloride and potassium carbonate. **Poult. Sci**. 65: 1777-1781.

Teeter, R.G., M.O. Smith, F.N. Owens and S.C. Arp. 1985. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicks**. Poult. Sci**. 64: 1060-1064 .

Teeter, R.G. 1997. Balancing the electrolyte equation. **Feed Mix** .Reed Business Information, Doetinchem. 5: 22-26.

Tosteson, D.C. and J.F. Hoffman. 1960. Regulation of cell volume by active ration transport in high and low potassium sheep red cells**. J. Gen. Physiol**. 44: 169-174.

Virtanent, E., M. Junnila and A. Soivio. 1989. Effects of food containing betaine/ amino acid additive on the osmotic adaptation of young Atlantic salmon, Salmo Salar L. **Aquaculture** 83: 109-122.

Virtanent, E. 1992. Betaine as an effective methyl donor. **Kraftfutter.** 6: 261-262.

Virtanent, E. and I. Rosi. 1995. Effect of betaine on methionine requirement of broilers under various environmental conditions. 88-98. **Proceeding Australian Poultry Science Symposium**. University of Sydney.

Wang, Y.Z.,Z.R. Ku and M.L. Chaeng. 1999. Study of betaine on the repartition of carcass fat in meat duck (1- 21 days) and mechanism of the effect. **J. Zhejiang. Uni**. **Agri**. 25:627-636(abst).

Wingfield, J.C. 1994**.** Modulation of the adrenocortical response to stress in birds Cited K.G. Davey, R.E. Peter, and S.S. Tobe, eds. **Perspectives in comparative endocrinology.** Natl. Research Council of Canada, Ottawa. . pp. 520-528.

Wingfield, J.C., D.L. Maney, C.W. Breuuner, J.D. Jacobs, S. Lynn, M. Ramenofsky and R.D. Richaardson. 1998. Ecological bases of hormone behavior interactions: the “emergency life history stage”. **Am. Zool.** 38: 191-206.

XiuAn, Z. 2000. Studies on growth-promoting mechanism of betaine in broiler chickens. **Acta Agriculturae Zhejiagensis**. 12: 209-212.

Yancey, P.H., M.E. Clark, S.C. Hand, R.D. Bowlus and G.N. Somero. 1982. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. **Science** 217: 1214-1222.

YiZhen, W., X. ZiRong and C. MinLi. 2000. Effect of betaine on carcass fat metabolism of meat duck. **Chinese J. Vet. Sci**. 20: 409-413.

Zhan, X.A. and Z.R. Ku. 1999. Effect of betaine on meat quality and mechanism of the effects in finishing broilers. **J. Zhejiang. Uni**. **Agri**. 25: 611-614. (Abst).

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงข้อมูลอุณหภูมิภายในโรงเรือนระหว่างการทดลองไก่เนื้อช่วงอายุ 1 - 21 วัน

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ(^{0}C) 6.00 น.	อุณหภูมิ(^{0}C) 14.00 น.	อุณหภูมิ(^{0}C) 20.00น.	อุณหภูมิ(^{0}C) เฉลี่ย
27/เม.ย./47	27	33	28	29.33
28	28	34	29	30.33
29	27	33	29	29.67
30	29	34	32	31.67
1/พ.ค./47	29	36	32	32.33
2	29	35	30	31.33
3	29	35	29	31.00
4	27	31	27	28.33
5	27	26	27	26.67
6	26	30	28	28.00
7	26	31	28	28.33
8	27	30	27	28.00
9	27	28	29	28.00
10	26	32	26	28.00
11	27	31	27	28.33
12	27	32	27	28.67
13	27	31	27	28.33
14	26	31	26	27.67
15	26	31	27	28.00
16	25	29	26	26.67
17	26	29	27	27.33

ตารางผนวกที่ 2 แสดงข้อมูลอุณหภูมิภายในโรงเรือนระหว่างการทดลองไก่เนื้อช่วงอายุ 22 – 43 วัน

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ(^{0}C) 6.00 น.	อุณหภูมิ(^{0}C) 14.00 น.	อุณหภูมิ(^{0}C) 20.00น.	อุณหภูมิ(^{0}C) เฉลี่ย
18/พ.ค./47	26	29	26	27.00
19	26	28	26	26.67
20	26	28	25	26.33
21	25	26	24	25.00
22	24	25	25	24.67
23	25	29	25	26.33
24	25	28	26	26.33
25	25	28	25	26.00
26	26	28	26	26.67
27	25	27	26	26.00
28	26	27	26	26.33
29	25	27	26	26.00
30	26	27	26	26.33
31	26	26	26	26.00
1/มิ.ย./47	26	27	26	26.33
2	26	27	27	26.67
3	25	27	27	26.33
4	25	29	27	27.00
5	27	27	29	27.67
6	26	27	26	26.33
7	25	27	27	26.33

ตารางผนวกที่ 3 แสดงข้อมูลอุณหภูมิภายในโรงเรือนระหว่างการทดลองไก่กระทงช่วงอายุ 43 – 49 วัน

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ(^{0}C) 6.00 น.	อุณหภูมิ(^{0}C) 14.00 น.	อุณหภูมิ(^{0}C) 20.00น.	อุณหภูมิ(^{0}C) เฉลี่ย
8/มิ.ย./47	25	27	26	26.00
9	26	27	25	26.00
10	25	26	25	25.33
11	26	27	26	26.33
12	25	27	25	25.67
13	25	27	25	25.67
14	25	27	25	25.67