ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

เรื่อง

ผลการเสริมคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิก
ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในไก่ไข่

Effect of Chlotetracycline and Humic Acid Supplement
on Utilization of Nutrients in Layer

โดย

นางสาววิทิดา สาธิตโกวิทชัย

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....(ผศ.)

(ผศ. อนุชา แสงโสภณ)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร. รณชัย สิทธิไกรพงษ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

วันที่ 1 ก.ค. **พ.ศ.** 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18543

หอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

T100723

เรื่อง

ผลของการเสริมคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิก ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในไก่ไข่

Effect of Chlotetracycline and Humic Acid Supplement on Utilization of Nutrients in Layer

โดย

นางสาววิทิดา สาธิตโกวิทชัย

ปพ.
ว593พ
2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....100723
วัน เดือน,ปี.....22 JUN 2009

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลการเสริมคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิก
ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในไก่ไข่

Effect of Chlotetracycline and Humic Acid Supplement
on Utilization of Nutrients in Layer

การศึกษาถึงผลของการเสริมคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในอาหารที่มีต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในไก่ไข่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Desige) โดยใช้ไก่ไข่เพศเมียสายพันธุ์ดีคาล์บ วอร์เรน อายุประมาณ 24 สัปดาห์ จำนวน 24 ตัว แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 ตัว เลี้ยงบนกรงสำหรับเก็บมูล โดยไก่ทดลองได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ และเสริมด้วยคลอเตตร้าไซคลินในระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ และเสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.0, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการทดลอง ปรากฏว่าอาหารทดลองที่ไม่ได้เสริมคลอเตตร้าและกรดฮิวมิกมีค่าการย่อยได้ของเถ้า เยื่อใย แคลเซี่ยม ฟอสฟอรัส ค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ (Net Protein Utilization : NPU) และทำให้มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable Energy : ME) สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 60.08, 46.13, 57.21, 0.57 และ 62.13 เปอร์เซ็นต์ 3,407 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ตามลำดับ ($P<0.01$) การเสริมคลอเตตร้าไซคลินในระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ และการเสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าการย่อยได้ของโภชนะดีกว่าการเสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.1, 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สามารถสำเร็จลงได้ดี ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รศ. อาวุธ ตันโช และ ผศ. อนุชา แสงโสภณ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้สละเวลากรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา โดยให้คำปรึกษาและแนะนำ ให้ความรู้ความเข้าใจในเรื่องงานทดลอง และการเขียนปัญหาพิเศษในครั้งนี้เป็นอย่างมาก รวมทั้งให้ความเอาใจใส่และความคิดเห็นทำให้การจัดทำปัญหาพิเศษสำเร็จได้โดยสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ณหทัย วิจิตรโรทัย และ อาจารย์จรรยา คงฤทธิ์ท่านอาจารย์ประจำห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความกรุณาใช้ห้องปฏิบัติการ และให้คำแนะนำตลอดจนความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำฟาร์มที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบคุณพี่ปริญญาโทและเพื่อน ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทุก ๆ ด้าน ทำให้การจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

วิทิดา สาธิตโกวิทชัย

21 กุมภาพันธุ์ 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(1)
สารบาญตาราง	(2)
สารบาญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์	22
วิธีการ	22
ผลการทดลอง	27
วิจารณ์ผลการทดลอง	30
สรุป	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก (ก)	34
ภาคผนวก (ข)	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
1. แสดงส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง (Kg/อาหาร 100 Kg)	25
2. แสดงส่วนประกอบของโภชนะในสูตรอาหารจากการคำนวณ (คิดจากสูตรเปรียบเทียบ)	26
3. เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะจากอาหารทดลองกลุ่มต่าง ๆ ในไก่ไข่เพศเมีย	29

ตารางภาคผนวก ข ที่

1. แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโนในกรดฮิวมิก	36
2. แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกรดฮิวมิก	37
3. แสดงราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง	38
4. แสดงผลการวิเคราะห์โภชนะของอาหารกลุ่มเปรียบเทียบในห้องปฏิบัติการ	38
5. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการย่อยได้ของวัตถุแห้งของไก่แต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน	39
6. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการย่อยได้ของเถ้าของไก่แต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน	39
7. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการย่อยได้ของไขมันของไก่แต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน	40
8. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการย่อยได้ของเยื่อใยของไก่แต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน	40
9. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการย่อยได้ของแคลเซียมของไก่แต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน	41
10. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการย่อยได้ของฟอสฟอรัสของไก่แต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน	42
11. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการย่อยได้ของค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ของไก่แต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน	43
12. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการย่อยได้ของค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของไก่แต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ

ภาพที่	หน้า
แสดงโครงสร้างคลอเตตร้าไซคลิน	2
แสดงขั้นตอนของขบวนการเกิดกรดฮิวมิก	5
แสดงโครงสร้างหลักขององค์ประกอบต่าง ๆ ในกรดฮิวมิก	7
การกระจายของพลังงานในขบวนการของร่างกายสัตว์	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการเสริมคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิก ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในไก่ไข่

Effect of Chlotetracycline and Humic Acid Supplement on Utilization of Nutrients in Layer

คำนำ

ปัจจุบันมีการเสริมยาปฏิชีวนะในอาหารสัตว์ เพื่อจุดประสงค์ในการป้องกันรักษาโรคและสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ การใช้ยาปฏิชีวนะในการเลี้ยงสัตว์นั้นอาจก่อให้เกิดสารตกค้างในผลิตภัณฑ์สัตว์ ดังนั้นผู้เลี้ยงจำเป็นต้องใช้นาปฏิชีวนะให้ถูกต้องตามวิธีการ เพื่อลดปัญหาเหล่านี้ จึงได้มีการศึกษาเรื่องการผลิตเนื้อสัตว์ที่สะอาดปราศจากสารตกค้างที่เรียกว่า "Green animal" ซึ่งได้มีการห้ามใช้ยาปฏิชีวนะเสริมลงในอาหารสัตว์ กรดฮิวมิกเป็นสารอินทรีย์ที่ช่วยลดความเครียดแก่สัตว์ และยังช่วยเพิ่มภูมิต้านทานโรคได้ (วิทยา, 2531) จึงมีการค้นคว้าและวิจัยจากการใช้กรดฮิวมิกแทนยาปฏิชีวนะ เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดสารตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์

ในการทดลองนี้ จึงเน้นการศึกษาถึงการย่อยได้ของอาหารที่มีการใช้กรดฮิวมิกและคลอเตตร้าไซคลินเป็นสารเสริมในอาหารไก่ไข่ที่ระดะบต่าง ๆ กัน เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและลดปัญหาเนื่องจากการใช้ยาปฏิชีวนะในอุตสาหกรรมสัตว์เลี้ยง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการเสริมกรดฮิวมิกที่มีต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะในไก่ไข่โโยทำการศึกษาถึง

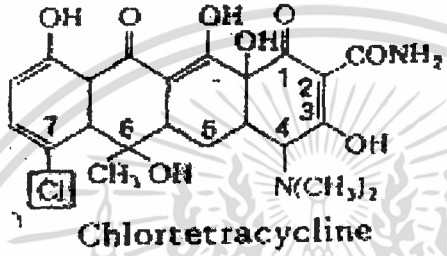
1. การย่อยได้
2. ค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ
3. พลังงานใช้ประโยชน์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

คลอเตตร้าไซคลิน

คลอเตตร้าไซคลิน เป็นยาปฏิชีวนะในกลุ่มของคลอเตตร้าไวคลิน โดยเป็นยา กลุ่มแรกที่สามารถแยกได้ ได้ในปี ค.ศ. 1948 จากเชื้อ Steptomycin aureofacins มีชื่อทางการค้าว่า aureomycin คลอเตตร้าไซคลินมีโครงสร้างหลักเป็น Hydronapbancene skeleton ประกอบด้วย cycline เป็น nucleus แล้วมี Cl อยู่ตำแหน่งที่ 7 ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างคลอเตตร้าไซคลิน (กมลชัย, 2531)

คุณสมบัติและลักษณะของคลอเตตร้าไซคลิน

1. เป็นผงสีเหลือง ไม่มีกลิ่น รสขม
2. ละลายน้ำได้เล็กน้อย ถ้าอยู่ในรูปของเกลือโซเดียม หรือไฮโดรคลอไรด์ จะละลายได้
3. ความคงทน
   - 3.1 ความชื้น ยาคงทนในสภาพอากาศแห้งได้ดี แต่ถ้าละลายน้ำยาแล้วจะเสียเร็วจึงต้องเตรียมใหม่ก่อนใช้
   - 3.2 pH น้ำเป็นกรด คงทนกว่าน้ำยาที่เป็นด่าง เช่น น้ำยา pH 4 เก็บไว้ในตู้เย็นได้ถึง 2 สัปดาห์
   - 3.3 ยาทนการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมากไม่ได้

การใช้ยา

1. ในสัตว์กินหญ้าให้ใช้ขนาดที่ต่ำกว่าที่ใช้ในการรักษาโรค (subtherapeutic levels) เพื่อเป็นอาหารเสริมขนาดที่ใช้ผสมในอาหารขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้
2. ไม่ควรให้ยานี้เข้าทางกล้ามเนื้อ เพราะอาจจะทำให้กล้ามเนื้อระคายเคืองและเกิดเนื้อตาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ฉีดเข้าเส้นเลือดได้แต่ต้องระวังอย่าให้ยารั่ว เพราะจะทำให้เกิดระคายเคืองเฉพาะแห่งมากและเกิด thombophebitis ได้
4. การฉีดเข้าเต้านมใช้ในโคแพะและแกะ เพื่อรักษาโรคเต้านมอักเสบ ฉีดเข้าเต้าในขนาด 400 มิลลิกรัม ต่อ 1 ตัว Chortracycline ดูดซึมได้เล็กน้อยจากเต้านม เพราะเมื่อฉีดเข้าเต้านมที่อักเสบ จะพบยาในเต้านมอื่นๆ ด้วย

คุณสมบัติทางเภสัชจลศาสตร์

1. การดูดซึมของยา ดูดซึมได้เล็กน้อยจากเต้านม
2. การกระจายตัวของยา ยาสามารถแทรกซึมในเนื้อเยื่อ และของเหลวในร่างกายได้รวดเร็วมาก และกระจายดังนี้
   1.1 ยามีความเข้มข้นมากใน blood-brain barrier ก็ต่อเมื่อ meininggits เช่นเดียวกับ Oxytetracycline
   1.2 ยาซึมผ่านไส้ได้รวดเร็วแต่ไม่สมบูรณ์
   1.3 ยาผ่านรกได้ทันที
   1.4 ยาผ่าน Serous membrain ได้ดี
   1.5 ยาจะสามารถซึมผ่านน้ำนมในความเข้มข้นเท่ากันหรือสูงกว่าเลือด ดังนั้นการรักษาโรคเต้านมอักเสบ จึงควรฉีดยาเข้าเส้นเลือดยากลุ่มนี้เกาะกับโปรตีนใน พลาสม่าแบบไม่ถาวร โดยคลอเตตร้าไซคลินจับกับโปรตีนร้อยละ 50-70 ยาสามารถแพร่กระจายไปได้ทั่วร่างกาย พบความเข้มข้นสูงสุดที่ไต ตับ ม้ามและปอด ตามลำดับ และพบยาในเปลือกไข่และไก่งวงด้วย
3. การขับถ่าย ยาส่วนใหญ่ขับถ่ายทางปัสสาวะและลำไส้
4. การเป็นพิษ พบว่า ยามักจะจะทำให้เกิดความระคายเคืองมากกว่า tetracycline ชนิดอื่นๆ เล็กน้อย อาจทำให้สุนัข แมว คลื่นไส้อาเจียน และต่อมาท้องร่วงอย่างแรง ถ้ากินผสมนม หรือกินนมตามทีหลัง ก็จะบรรเทาความเป็นพิษเหล่านี้ลงได้
5. ฤทธิ์ยาเป็น bacteriostatic แต่ถ้าใช้ยาให้มีความเข้มข้นมากอาจเป็น bactericidal ได้ และฤทธิ์ยาที่ทำลายเชื้อโรคเช่นเดียวกับ Tetracycline ตัวอื่นๆ คือเกี่ยวกับ phosphorylation และยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์
6. ยานี้ใช้ได้ผลดี ได้แก่ pasteurellosis โรคมงคล่อ leptospirosis, diptheria ในลูกโค vibross ในโคและ infectious feline infuenza

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันตรายจากการใช้คลอเตตร้าไซคลิน

ความเป็นพิษอาจกล่าวได้โดยสรุป คือ ทำให้เกิดการสะสมของไขมันในตับ ซึ่งอาจเกิด fatal liver reaction ทำให้เกิดความเสียหายต่อไต เกิดการสะสมของยาในเนื้อเยื่อของกระดูกและฟัน การสะสมคลอเตตร้าไซคลินในกระดูกของสัตว์ปีก สุกรและลูกโค จะสูงขึ้น ถ้าสัตว์ปีกได้รับในระดับสูงขึ้น แต่ผลยังน้อยกว่าความถี่ของการใช้ยา การสะสมจะเกิดขึ้นในสัตว์อายุน้อยๆ มากว่าสัตว์ที่มีอายุมาก จากการทดลองหนูด้วยอาหารที่มีคลอเตตร้าไซคลินในระดับสูง เป็นเวลานาน 2 ปี ยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในหนูทดลอง แต่อาจเกิดความเปลี่ยนแปลงในเรื่องการเจริญเติบโตได้เมื่อใช้ในระดับสูงถึงร้อยละ 5 ในอาหาร

การตกค้างของคลอเตตร้าไซคลิน

สาเหตุส่วนใหญ่ของการตกค้างคือการใช้ยาผสมในอาหารสัตว์ เพื่อวัตถุประสงค์ในทางโภชนาการในระดับความเข้มข้น 10 ส่วน ในด้านส่วนของอาหาร ต่อมามีการใช้ระดับสูงขึ้นเพื่อการรักษาและป้องกันโรค โดยผสมในอาหารและน้ำดื่มคลอเตตร้าไซคลินเป็นยาที่พบว่ามีการตกค้างมากที่สุดในเนื้อสัตว์ ยาจะปรากฏในเลือดภายใน 1 ชั่วโมง ภายหลังที่ได้รับยาการตกค้างในกระดูก จะพบภายหลังการใช้ยา 3-5 ชั่วโมง และหมดภายใน 8 วัน ต่อมาจะตรวจพบได้ในเปลือกไข่ เมื่อใช้ยาผสมในอาหารแม่ไก่ในระดับ 100 มิลลิกรัมต่อปอนด์

ฮิวมิก

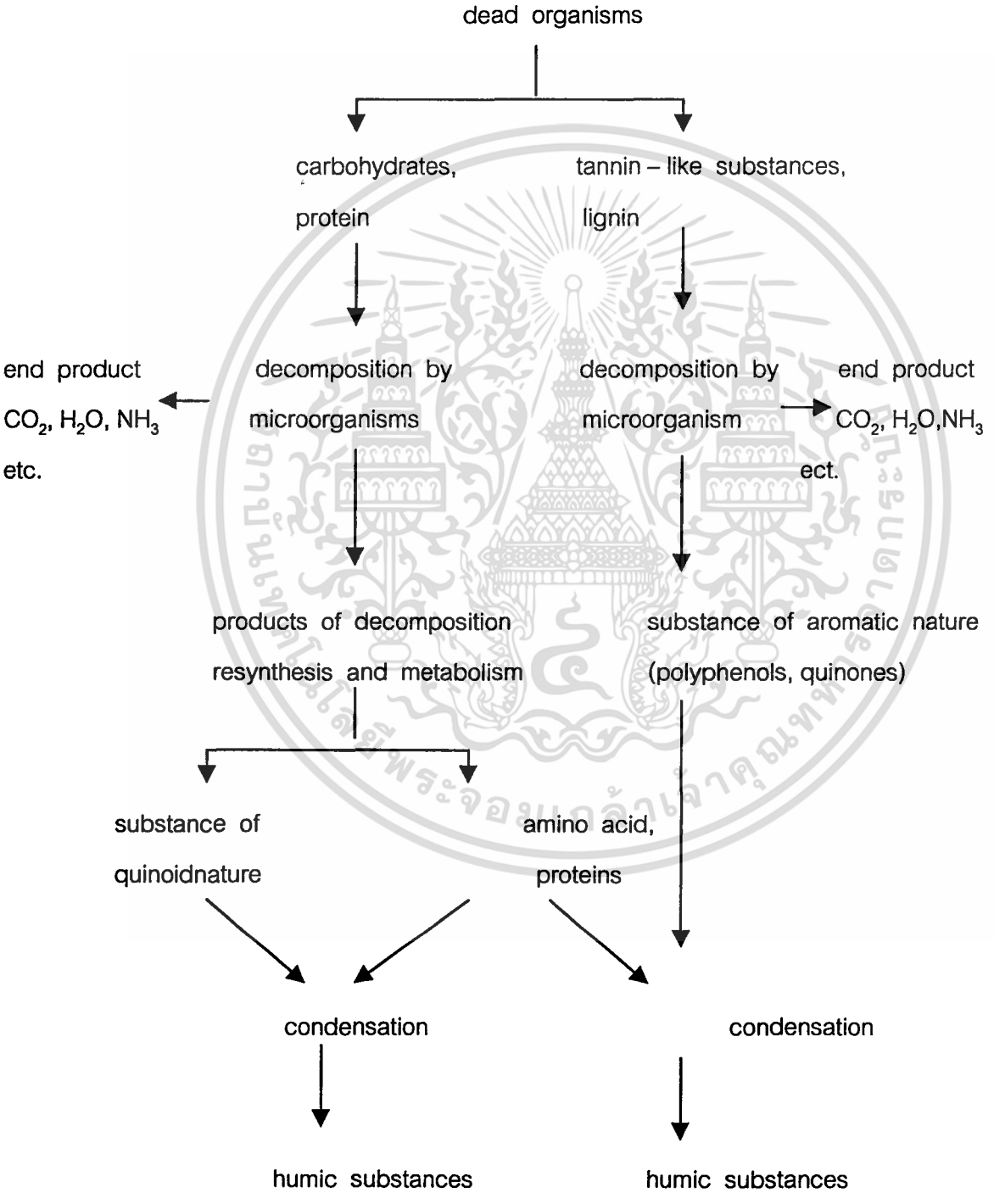
ฮิวมิก เป็นสารอินทรีย์ที่อยู่ในฮิวมัส ซึ่งฮิวมัสเป็นสารอินทรีย์วัตถุที่อยู่ในดินที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนและคงทนต่อการสลายตัวมาก ลักษณะทั่ว ๆ ไปมีรูปร่างไม่แน่นอน (amorphous) และมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลดำ นอกจากนี้ยังมีสมบัติเป็นคอลลอยด์ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโมเลกุลประมาณ 30-100 A^0 (1 A^0 = 10^{-8} cm.) (สมเจตน์ , 2530) องค์ประกอบทางเคมีของฮิวมัส คือ C, H, O, N, P ,S และธาตุอื่นๆ

ฮิวมัสประกอบด้วน 2 ส่วนด้วยกันคือ สารฮิวมิก (humic substance) และสารนอนฮิวมิก (non-humic substance) (ปัทมา, 2533)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขบวนการกำเนิดของกรดฮิวมัสที่เกิดจากธรรมชาติ

การกำเนิดของฮิวมิกในดินยังเป็นที่ถกเถียงกันว่าเกิดมาจากสารอินทรีย์ชนิดใดและด้วยกลวิธี (mechanism) ไหนกันแน่ แต่แนวความคิดของ Kononova เป็นที่เชื่อกันว่าพอจะอธิบายการกำเนิด ของฮิวมิกในดินได้อย่างมีเหตุผล (สมเจตน์, 2530) dead organisms



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนของขบวนการเกิดฮิวมิก (สมเจตน์, 2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แนวความคิดของ Kononova (Kononova 's concept)

แนวความคิดนี้ฮิวมิกถือกำเนิดโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินเป็นหลัก กล่าวคือ ภายหลังจากที่จุลินทรีย์ดินเข้าทำการสลายซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมลงไปในดินแล้ว จุลินทรีย์จะสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์บางชนิดขึ้น เช่น สารประกอบพวก quinoid, amino acid, protein และ aromatic (polyphenol และ quinone) และภายหลังจากที่จุลินทรีย์ได้ตายทับถมกันในดิน จะเกิดขบวนการรวมตัว (condensation) ขึ้นระหว่าง amino acid หรือ protein กับสารประกอบพวก quinoid หรือ aromatic ผลที่ได้จากการรวมตัวกันนี้เอง เป็นสิ่งที่ให้กำเนิดฮิวมิกในดิน

2. แนวความคิดของ Fuchs (Fuchs's concept)

เป็นแนวความคิดที่ว่าฮิวมัสมีกำเนิดมาจาก lignin โดยตรง โดยตั้งสมมุติฐานว่า lignin เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน และคงทนต่อการสลายตัวโดยจุลินทรีย์ กล่าวคือ lignin จะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเท่านั้น เช่น methoxyl group ($-OCH_3$) หายไปและมี carboxyl group (-COOH) เพิ่มขึ้นในโครงสร้าง โดยขบวนการฟิสิกส์และเคมี (physico-chemicall process) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงกรุ๊พภายนอกโครงสร้างเท่านั้น ตัวโครงสร้างจริงของ lignin ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด และ Fuchs ถือว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงชนิดนี้เป็นกำเนิดของฮิวมิกในดิน

การเกิดของกรดฮิวมิก

จากการศึกษาขบวนการเกิดกรดฮิวมิกโดย พรชัย (2529) นี้เริ่มจากการที่ซากพืชซากสัตว์ ของเน่าเสีย และส่วนประกอบต่างๆ ที่มีอินทรีย์วัตถุเป็นองค์ประกอบ เหล่านี้จะถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินบริเวณนั้นๆ ซึ่งอินทรีย์วัตถุเหล่านั้น ในบางส่วนจุลินทรีย์ในดินจะสามารถย่อยสลายได้ดี ได้แก่สารประกอบพวกที่เป็นน้ำตาล (sugars) , แป้ง (starches) , กรดอินทรีย์ (organic acids) และพวกที่เป็นแอลกฮอล์ (alchols) ส่วนพวกที่ถูกสลายโดยจุลินทรีย์ได้บ้างก็ได้แก่ พวกที่เป็นไขมัน (fats), เซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และสุดท้ายส่วนที่ถูกย่อยได้แก่ ส่วนที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ (certain proteins) พวกที่เป็นขี้ผึ้ง (waxes) และที่ย่อยยากที่สุด คือ พวกที่เป็นลิกนิก (lignin)

จากประวัติการศึกษาเรื่องกรดฮิวมิกจะเห็นว่านักวิชาการสมัยก่อนจนถึงปัจจุบันพยายามศึกษาโครงสร้าง และที่มาของกรดฮิวมิกจนสรุปได้ว่ากรดฮิวมิกกำเนิดมากจาก 4 ขบวนการด้วยกัน

1. ขบวนการกำเนิดจากลิกนิน (lignin) โดยการย่อยของจุลินทรีย์ในดิน เปลี่ยนโครงสร้างจาก methoxyl (OCH_3) เป็น O–hydroxyphenols และสร้าง COOH แล้วรวมกับสารโปรตีนให้เป็นกรดฮิวมิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

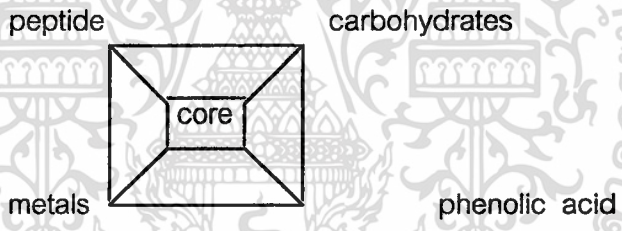
2. ขบวนการกำเนินจากลิกนินสลายตัวเป็น ควิโนน (quinones) แล้วรวมกับสารโปรตีน

3. ขบวนการกำเนิดคล้ายขบวนการที่ 2 แต่สารพอลีฟีนอล (polyphenols) และควิโนนมาจากสารที่ไม่ใช้ลิกนิน เช่น เซลลูโลสแล้วผ่านขบวนการแบบที่ 2

4. การกำเนิดจากน้ำตาลและสารโปรตีน โดยไม่ใช่ขบวนการของเอนไซม์เหมือนขบวนการ 1 – 3 คล้ายการระเหยของอาหารแห้ง

โครงสร้าง

พนิต (2529) ได้กล่าวสรุปถึงโครงสร้างขององค์ประกอบในกรดฮิวมิกว่า เกาะกันในรูปวงแหวนที่ซับซ้อนรอบแกนกลางหนึ่ง (a complex aromatic core) ความซับซ้อนของโครงสร้างในรูปแบบต่างๆ เกิดเนื่องจากส่วนที่เกาะรอแกนกลาง (core) นี้มีการหมุนของอิเลกตรอนภายในโครงสร้างแต่ละส่วนของมันเอง (electron sin resonance signal) แตกต่างกันไปโดยองค์ประกอบหลักที่มาเกาะแกนกลางได้แก่น้ำตาลหลายโมเลกุล (Polysaccharide) , โปรตีน (Proteins) , ฟีนอลโครงร่างเดี่ยว (Simple phenols) และโลหะ (Metal) แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างหลักขององค์ประกอบต่างๆ ในกรดฮิวมิก (พนิต, 2529)

คุณสมบัติของกรดฮิวมิก

สำหรับคุณสมบัติของกรดฮิวมิกนี้ จาก พรชัย (2529) ได้สรุปว่ามีคุณสมบัติดังนี้

1. คุณสมบัติคอลลอยด์ (Cholloidal propertires) กรดฮิวมิกมีคุณสมบัติของสารที่อยู่ระหว่างสารละลายกับสารแขวนลอยซึ่งเป็นคอลลอยด์ นอกจากนี้กรดฮิวมิกสามารถผสมกับน้ำได้เป็นอย่างดี แต่ไม่ละลายน้ำเนื่องจากมีคุณสมบัติแบบไฮโดรฟิลิก (hydrophilic)

2. คุณสมบัติทางไฟฟ้าเคมี และการแลกเปลี่ยนไอออนกรอฮิวมิกมีโครงสร้างทางเคมีที่มีประจุลบมีผลดีให้มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุซึ่งมีผลต่อการดูดจับธาตุอาหารต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้กรดฮิวมิกยังสามารถต้านการเปลี่ยนแปลงของ pH เป็น buffer และยังมีคุณสมบัติ Redox potential ในดินอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คุณสมบัติการจับธาตุในดิน ธาตุบางชนิด เช่น สังกะสี ทองแดง เป็นธาตุโลหะที่เป็นธาตุอาหารพืช กรดฮิวมิก จะช่วยทำให้ธาตุที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยเป็นประโยชน์ต่อพืชและป้องกันความเป็นพิษจากธาตุที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติในการรีดิวซ์ (Reduce) ธาตุโลหะต่างๆ

4. คุณสมบัติการจับกันของอนุภาคดินเหนียว (Humic-clay complex) การจับตัวระหว่างกรดฮิวมิกและอนุภาคดินเหนียว ทำให้การจับตัวเป็นก้อน มีผลทำให้การระบายอากาศดีขึ้น การระบายน้ำและการอุ้มน้ำที่ดีขึ้น ทำให้รากชอนไชได้สะดวก และยอดพืชแทรกทะลุดินได้ง่าย

5. คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับยาปราบศัตรูพืชในดิน กรดฮิวมิกลดความเป็นพิษของยาปราบศัตรูพืชลงป้องกันไม่ให้ยาปราบศัตรูพืชชะล้างลงไปในแหล่งน้ำแก้ปัญหาเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม

6. คุณสมบัติที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดิน กรดฮิวมิกและอินทรีย์วัตถุสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดิน ทำให้มีจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำลายโรคพืชบางชนิด และ จุลินทรีย์ดินบางชนิดสามารถผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ไวตามินอ๊อกซิน (Auxin) กรดอินทรีย์และสารฆ่าเชื้อโรค

ประโยชน์ของกรดฮิวมิกในด้านดิน

1. เพื่อการอุ้มน้ำของดินให้พืชที่ปลูกทนแล้งได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเกษตรน้ำฝน

2. เนื่องจากมี C.E.C. สูงทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยให้สูงขึ้น โดยการยึดปุ๋ยไม่ให้ถูกชะล้างได้ง่ายและสามารถปล่อยอาหารให้พืชเวลาที่พืชต้องการ

3. ป้องกันการพังทลายของดิน เนื่องจากทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินสูงขึ้นซึ่งมีผลทำให้ดินเกาะตัวดีขึ้น ไม่ถูกชะล้างทำลายได้ง่าย

4. ทำให้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เป็นผลประโยชน์ทางอ้อมต่อพืช

5. ป้องกันการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของ pH ในดิน

7. รวมตัวกับโลหะทำให้เกิดสารประกอบซับซ้อน ซึ่งมีผลต่อความเป็นประโยชน์ต่อธาตุอาหารพืช และ ดูดซับยาปราบศัตรูพืชเป็นการสลายฤทธิ์ดังกล่าวได้

ประโยชน์ของกรดฮิวมิกในด้านพืช

1. ช่วยเพิ่มการเจริญของราก ต้น ใบและกอของพืช กรดฮิวมิกจะกระตุ้นการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของรากได้ดี ซึ่งทำให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น

2. ช่วยให้เซลล์พืชมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น ทำให้ลดการสูญเสียน้ำจากพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรดฮิวมิกมีอิทธิพลในการเพิ่มอัตราการหายใจของพืช

4. กรดฮิวมิกจะเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนในพืชและให้พืชสังเคาะห์ผลิตภัณฑ์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบได้มากขึ้น

5. ความเข้มข้นของกรดฮิวมิกมีผลในการยับยั้ง และกระตุ้นการดูดไอออน ions พืช รวมทั้งการเพิ่มการดูดธาตุอาหารจำพวก K Ca Mg และ P แต่จะยับยั้งอัตราการดูด Cl ของพืช

6. กรดฮิวมิกมีอิทธิพลในการเพิ่มคลอโรฟิลล์ และการสังเคราะห์แสง เนื่องจากเพิ่ม CO_2 บริเวณรากพืช ทำให้การสังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

7. มีอิทธิพลป้องกันสารพิษ เนื่องจากกรดฮิวมิกในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมทำให้เกิดการสลายพิษของสารพิษบางชนิดที่เป็นอันตรายต่อพืช

8. มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาของน้ำย่อยและปริมาณน้ำตาลในพืช

ประโยชน์ของกรดฮิวมิกในด้านสัตว์

1. เร่งการเจริญเติบโต โดยวิธีทดแทนสารปฏิชีวนะบางส่วน
2. ช่วยกำจัดพิษที่เกิดจากแบคทีเรียในกระเพาะและลำไส้ที่ทำให้เกิดโรคท้องร่วง
3. ลดความเครียดให้แกพืชและสัตว์ โดยการเสริมกรดฮิวมิกในอาหาร
4. เพิ่มประสิทธิภาพการกินอาหาร และให้อัตราการแลกเปลี่ยนที่ดีขึ้น
5. ลดกลิ่นเหม็นของมูลสัตว์เพราะกรดฮิวมิกจะเป็นตัวดูดซับแก๊สที่ดี
6. ปรับสมดุลของอาหารในร่างกาย เพิ่มภูมิต้านทานโรค
7. ช่วยกำจัดสารฆ่าแมลงตกค้างในวัตถุดิบ โดยการดูดซับ และสร้างพันธะทางเคมี
8. เพิ่มสมรรถภาพการผลิตของสัตว์

Suwanarit (1996) รายงานว่า สารฮิวมิกเมื่อใช่รวมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากสารฮิวมิกจะช่วยลดความแข็งของดิน ทำให้ไนโตรเจนสามารถที่จะปลดปล่อยแร่ธาตุออกมาได้ดีขึ้น

Fujimura *et al.* (1996) รายงานว่า กรดฮิวมิกสามารถละลายน้ำแล้วรวมตัวกับ DDT จะถูกจุลินทรีย์พวก *Bacillus spp.* ดูดซึมเข้าสู่เซลล์ ซึ่งสามารถลดความเป็นพิษของ DDT ได้

Hayacava *et al.* (1995) รายงานว่า เมื่อเสริมกรดฮิวมิกลงไปในดิน 21% จะทำให้จุลินทรีย์ *Microbispora spp.* สามารถสร้างสารยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus* และ *Aspergillus nifer* ได้ ซึ่งจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GuoXue *et al.* (1995) รายงานว่า ปุ๋ยหมักที่ใช้อุณหภูมิสูงจะมีกรดฮวมิกเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าปุ๋ยหมักที่ใช้อุณหภูมิต่ำ และในปุ๋ยหมักจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ ซึ่งไนโตรเจนในปุ๋ยที่มาจากใบไม้แห้งจะมีจำนวนไนโตรเจนมากกว่าปุ๋ยที่ได้มาจากใบไม้สด

พลังงาน (Energy)

คำว่าพลังงานมีรากฐานมาจากภาษากรีก โดย en หมายถึง in และ work ดังนั้น energy จึง หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นงานได้ (ศรีสกุล, 2531)

พลังงานจะมีหลายรูป ไม่สามารถที่จะวัดพลังงานได้โดยตรงเนื่องจากพลังงานสามารถที่จะเปลี่ยนรูปหนึ่งไปยังอีกรูปหนึ่งได้ โดยทุกรูปจะสามารถเปลี่ยนเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนที่ง่ายที่สุด การวัดพลังงานในอาหารและในร่างกาย หน่วยของพลังงานที่ถูกวัดนี้เรียกว่า แคลอรี่ เขียนย่อๆ ว่า cal

โดยพลังงานความร้อน 1 แคลอรี่ คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียสคือ จาก 14.5 องศาเซลเซียส เป็น 15.5 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงาน (Energy value)

สัตว์ต้องการอาหารสำหรับนำไปใช้เป็นพลังงานในการทำกิจกรรมต่างๆ ที่จำเป็นของชีวิต ถ้าสัตว์ได้รับอาหารที่พลังงานไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ร่างกายจะดึงเอาคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีนที่สะสมไว้เปลี่ยนให้เป็นพลังงานตามความต้องการของร่างกาย ซึ่งจะส่งผลให้น้ำหนักของสัตว์ลดลงหรือผลผลิตลดน้อยลงด้วย

สารอินทรีย์ทุกชนิดสามารถให้พลังงานแก่สัตว์ได้ยกเว้นแร่ธาตุ ถึงแม้โปรตีนจะมีหน้าที่เฉพาะเจาะจงก็ตาม เมื่อยามที่ร่างกายต้องการก็สามารถเปลี่ยนให้เป็นพลังงานได้

ประเภทของพลังงานในอาหารสัตว์

พลังงานจะถูกสะสมอยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีนของอาหาร พลังงานเหล่านี้มีแหล่งกำเนิดอันแรกมาจากดวงอาทิตย์ที่ก่อให้เกิดแสงแดด โดยพืชจะเป็นตัวสะสมพลังงานเอาไว้โดยการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) เมื่อสัตว์กินพืชเข้าไปจะได้สารประกอบซึ่งมีคาร์บอนและไฮโดรเจนในรูปที่สามารถนำไปใช้ในการเผาผลาญให้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานแก่สัตว์ได้ เนื่องจากพลังงานที่สะสมอยู่ในอาหารนั้น สัตว์ไม่สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดและต้องผ่านกระบวนการต่างๆ ของร่างกายเสียก่อน ดังนั้นจึงสามารถจำแนกชนิดของพลังงานในอาหารสัตว์ได้ โดยยึดถือตามหลักการกระจายของพลังงานในกระบวนการของร่างกาย ดังแสดงในภาพที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Gross energy พลังงานทั้งหมด (Gross Energy, GE) หมายถึง พลังงานทั้งหมดที่มีสะสมอยู่ในอาหารหรือพลังงานความร้อนที่เกิดจากการนำอาหารไปเผาผลาญอย่างสมบูรณ์ในที่ที่มีออกซิเจน ในเครื่องมือที่เรียกว่า oxygen bomb calorimeter พลังงานทั้งหมดของอาหารแต่ละชนิดจะถูกนำไปใช้ในขบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ ของสัตว์ได้มากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับความสามารถของสัตว์ในการย่อยอาหารชนิดนั้นๆ

2. Digestible energy หลังจากสัตว์กินอาหารเข้าไปจะเกิดการย่อยสลายอาหาร ทั้งในด้านเคมีและกายภาพในระบบทางเดินอาหาร แต่พลังงานส่วนหนึ่งจะถูกขับถ่ายออกมาพร้อมมูลสัตว์ พลังงานส่วนนี้เป็นส่วนของอาหารที่ไม่ได้ถูกย่อยหรือสัตว์ย่อยไม่ได้ จึงเรียกว่า พลังงานในมูล (Fecal energy) แต่มีพลังงานอีกส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการทำลายส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร จากโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็กจนสามารถดูดซึมผ่านเนื้อเยื่อทางเดินอาหารได้ เป็นพลังงานในส่วนของอาหารที่ถูกย่อยได้นั่นเองจึงเรียกว่า พลังงานย่อยได้ (Digestible Energy, DE) วิธีหาค่า DE คือการนำพลังงานในมูลมาหักออกจากพลังงานทั้งหมดในอาหาร

$$DE = GE - FE$$

การหาค่า DE ดังกล่าวจริงๆ แล้วจะได้ค่า apparent digestible energy เพราะในมูลที่ถ่ายออกมาไม่ได้มีแต่มาจากอาหารที่กินเข้าไป แต่มีพวกผนังเซลล์จุลินทรีย์และเอนไซม์ของระบบทางเดินอาหารปนออกมาด้วยในสัตว์ปีก เนื่องจากมูลและปัสสาวะถูกขับออกมาร่วมกันทาง cloca จึงทำให้หาค่าพลังงานย่อยได้ยากเพราะจะต้องแยกมูลออกจากปัสสาวะ ดังนั้นค่าพลังงานย่อยได้จึงไม่นิยมใช้กันในสัตว์ปีก

3. Metabolizable energy อาหารที่สัตว์กินเข้าไปนอกจากจะมีการสูญเสียของอาหารพลังงานทางมูลแล้วยังมีการสูญเสียของอาหารทางปัสสาวะ และการสูญเสียของแก๊สที่เผาไหม้จากทางเดินอาหารของสัตว์เลี้ยงพวกเคี้ยวเอื้อง ฉะนั้นเมื่อเอาพลังงานที่สูญเสียไปทางปัสสาวะและทางแก๊สหักออกจากจำนวนพลังงานที่ย่อยได้ค่าของ metabolization energy ซึ่งเป็นพลังงานดูดซึมเข้าไปและใช้ประโยชน์ต่อสัตว์

$$ME = DE - UE$$

หรือ

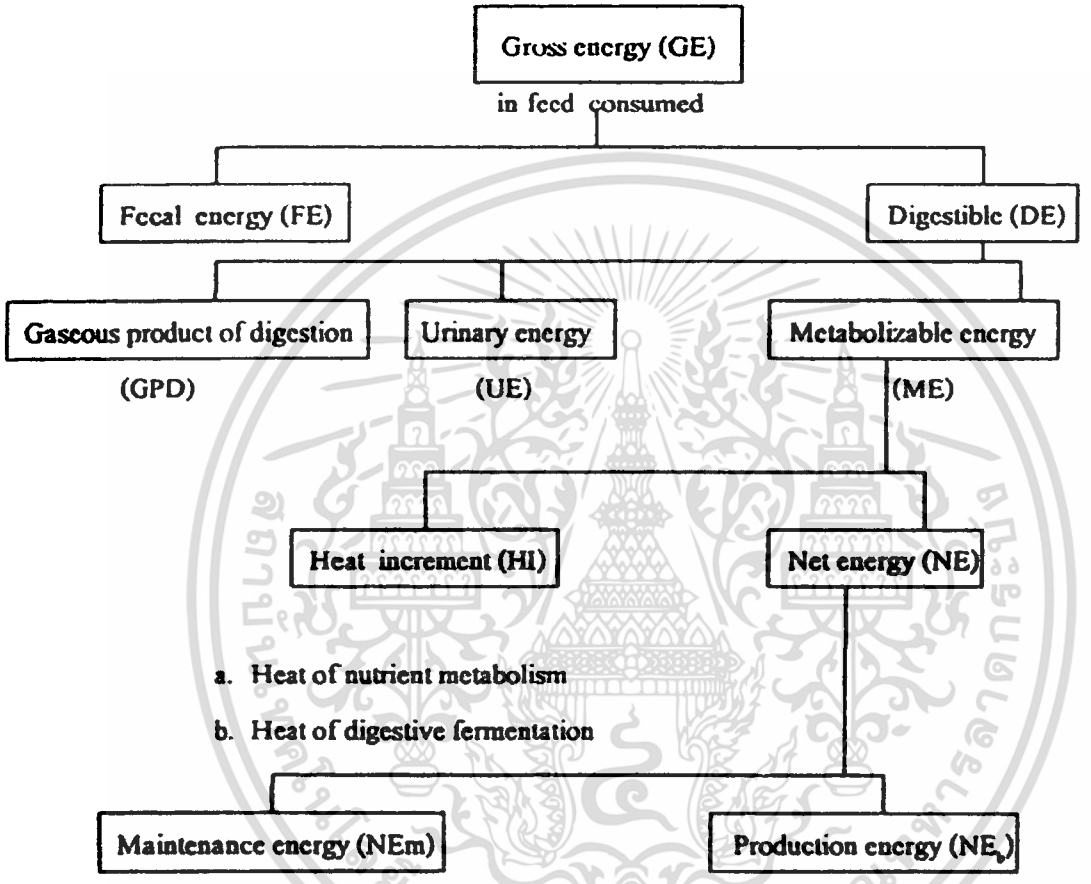
$$ME = GE - FE - UE$$

การสูญเสียพลังงานทางแก๊สเผาไหม้ (combusitible gascs) ในขณะที่อาหาร fermentationn ในกระเพาะก็จะมีแก๊สบางชนิดเกิดขึ้นส่วนใหญ่ได้แก่แก๊สมีเทน แก๊สนี้เป็นแก๊สที่เผาไหม้ได้ซึ่งจะถูกระบายออกจากร่างกายโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นหาค่าได้โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

respiration appartus เป็น airtight container สำหรับวัดจำนวนแก๊สมีเทนที่สัตว์หายใจหรือเอาออกมาหลังจากสัตว์กินอาหาร

heat increment หักออกจาก metabolizable energy จะเหลือพลังงานส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์อย่างแท้จริง เรียกว่า net energy



a. Basal metabolism
b. Activity at maintenance
c. Sustaining body temperature

a. Tissue growth, fat, feathers, etc
b. Stored in products (milk, eggs wool)
c. Work

ภาพที่ 4 การกระจายพลังงานในขบวนการของร่างกายสัตว์ (ศรีสกุล, 2531)

4. Net energy เป็นพลังงานส่วนที่สัตว์จะใช้ไปสร้างผลิตผลเช่น เนื้อ นม ไข่หรือใช้ไปในการเพิ่มไขมันในร่างกาย หรือใช้เผาผลาญในการทำงาน ค่า net energy จะหาโดยการทดลองสัตว์เลี้ยงในrepiration calorimeter โดยให้สัตว์กินอาหารมีจำนวนต่างกัน 2 ระดับ แล้วหาจำนวนความร้อนที่เพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นจากระดับต่ำถึงระดับสูง ซึ่งเป็นความร้อนที่เกิดขึ้นโดยการกินอาหารจำนวนที่เพิ่มขึ้นนั้น คือเป็น heat increment หักออกจาก metabolizable energy

ระดับพลังงานสำหรับสัตว์ปีก

ในการเลี้ยงไกไม่ค่อยเน้นถึงปริมาณพลังงานอาหารมากเท่าในสัตว์คี้ยวเอื้อง เพราะไก่สามารถย่อยเยื่อใยได้น้อยมาก ฉะนั้นอาหารที่ใช้กันมักจะมีพลังงานต่างกันไม่มากนัก อย่างไรก็ดีก็ยังมีผู้คิด ระบบพลังงานสุทธิเพื่อประเมินอาหารสัตว์ปีก เช่น Fraps ได้วัดค่าพลังงานสุทธิขึ้นในอเมริกา โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ซากเปรียบเทียบ (Comparative slaughter method) เพื่อวัดพลังงานที่กักเก็บไว้ในลูกไก่ ค่าที่ได้เรียกว่า productivc encergy valuc เพื่อว่ามันเป็นพลังงานสุทธิสำหรับการเจริญเติบโตไม่ใช่เพื่อการดำรงชีพ

อย่างไรก็ดีค่านี้ไม่ได้รับความนิยมทั้งนี้เพราะในอาหารสัตว์ปีก ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมตะโบไลซ์ (ME) ค่อนข้างคงที่ ฉะนั้นการใช้พลังงานเมตะโบไลซ์ (ME) ก็น่าจะได้ผลเช่นเดียวกับการใช้พลังงานสุทธิหรือ productive energy และค่า ME สัตว์ปีกก็หาได้สะดวก เนื่องจากมันขับมูลและปัสสาวะออกร่วมกัน

การวัดพลังงานในอาหาร (Measurement of Reaction Heat)

ปริมาณของพลังงานทั้งหมดที่สะสมในพันธะเคมี (chemical bond) ซึ่งเป็นตัวยึดจับโมเลกุลเข้าด้วยกัน เราไม่สามารถวัดได้โดยตรงแต่จากกฎข้อแรกของเทอร์โมไดนามิก กล่าวว่า พลังงานในทุกรูปแบบสามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นปริมาณความร้อนได้ ดังนั้นในทุกโมเลกุลจึงมีปริมาณความร้อนแฝงอยู่ภายในเรียก heat energy จะอยู่ในรูปส่วนประกอบของอาหารซึ่งสามารถให้พลังงานออกมา นักวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นว่า อาหารให้พลังงานออกมาเป็นหน่วยปริมาณความร้อนเหรือแคลอรีแก่ร่างกายสัตว์ ในรูปแบบคล้ายกับการผลิตความร้อนจากการเผาผลาญอาหารนั้นหรืออีกนัยหนึ่งก็คือการออกซิเดชั่นของอาหาร ซึ่งประกอบไปด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเพื่อให้ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและพลังงานออกมา ดังนั้นในการวันปริมาณพลังงานทั้งหมดในอาหารจึงกระทำโดยการวัดปริมาณความร้อนของอาหารที่เกิดขึ้นจากการนำเอาไปเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ในเครื่องมือ calorimeter ซึ่งชนิดที่ใช้วัดอาหารสัตว์เรียกว่า oxygen-bomb calorimeter ปริมาณความร้อนที่ได้จากการสันดาปนี้เรียกว่า heat of combustion หรือ gross energy ซึ่งหมายถึงปริมาณพลังงานทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยได้ (Digestibility)

พานิช (2532) กล่าวว่า การย่อยได้ของอาหาร หมายถึง จำนวนของอาหารที่สัตว์ได้ดูดซึมนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย จำนวนโภชนะที่มีอยู่ในอาหาร สามารถตรวจหาได้โดยการวิเคราะห์หาส่วนประกอบหรือที่เรียกว่า Proximate analysis ทางเคมี การหาการย่อยได้ของอาหารเป็นวิธีการที่นำเอาการสูญเสียของอาหารในทางมูลมาหักออกจากอาหารที่สัตว์กินเข้าไป จะได้จำนวนอาหารที่สัตว์ได้ดูดซึมนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งเป็นวิธีการวัดคุณค่าของอาหารสัตว์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงพอใช้ ปกติมักแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของการย่อยได้ต่อจำนวนอาหารที่กิน หรือที่เรียกว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (digestibility coefficient) ตัวอย่างเช่น สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนในปลายข้าวเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่า โปรตีนของปลายข้าว 100 ส่วน ร่างกายจะย่อยได้ 80 ส่วน (พานิช, 2532)

$$\% \text{ การย่อยได้ของอาหาร} = \frac{(\text{จำนวนอาหารที่กิน} - \text{จำนวนอาหารที่ถ่ายในมูล}) \times 100}{\text{จำนวนอาหารที่กิน}}$$

พลังงานการย่อยได้ (Digestible energy)

ค่าพลังงานที่หาได้จาก bomb calorimeter ยังไม่ใช่ค่าพลังงานที่สัตว์จะนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อร่างกายที่แท้จริง เนื่องจากไม่ได้นำเอาค่าพลังงานของอาหารที่สูญเสียไปในระหว่างการย่อยและ metabolism มาคิดด้วยฉะนั้นเมื่อนำเอาค่าพลังงานที่สูญเสียไปในทางมูลหักจากค่าพลังงาน (gross nergy) ก็จะเป็นพลังงานที่ร่ายกายดูดซึมนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อสัตว์

$$\text{digestible energy} = \text{gross energy} - \text{energy loses in feces}$$

การหาการย่อยได้ (Digestibility trail)

การหาการย่อยได้ อาจจะทำการวัดโดยการทดลองกับตัวสัตว์ (in vivo method) หรืออาจใช้วิธีในห้องปฏิบัติการ (in vivo mental)

1. การย่อยได้โดยวิธี Conventional method

ในการทดลองหาการย่อยได้โดยวิธี Conventional method จำเป็นต้องทราบปริมาณที่แน่นอนของอาหารที่กินและมูลที่ขับออกมา ฉะนั้นในระยะการทดลอง จะต้องทำการบันทึกอาหารที่กินและมูลที่ขับถ่ายออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การหาการย่อยได้โดยวิธี Indicator method

ในการทดลองบางครั้งอาจมีอุปกรณ์ไม่ครบเช่น ขาดถุงเก็บมูล หรือไม่อาจวัดจำนวนอาหารที่กินหรือจำนวนมูลที่ถ่ายออกมาได้ ในกรณีเช่นนี้เราสามารถหาการย่อยได้ของอาหาร โดยใช้สารบางอย่างที่มีคุณสมบัติไม่ถูกย่อยและดูดซึมในร่างกายสัตว์ คือเมื่อสัตว์กินเข้าไปจำนวนเท่าใดก็ควรถ่ายออกมาเป็นจำนวนเท่าเดิม นอกจากนี้ต้องมีคุณสมบัติผ่านทางอาหารเข้า ไม่เป็นพิษ ผสมกับอาหารได้ง่ายและสามารถนำมาวิเคราะห์หาได้ง่ายและแน่นอน สาร Indicator ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ chomic oxide, chrome green, lignin และ Chromoge

ในการทดลองหาการย่อยได้ของอาหารแต่ละชนิดนั้น จำเป็นต้องวัดอาหารที่สัตว์กินและจำนวนมูลสัตว์ที่ถ่ายออกมา แล้วจึงนำมาคำนวณหาจำนวนโภชนะที่สัตว์ย่อยได้

1. สัตว์ที่ใช้ในการทดลอง ควรเป็นสัตว์พันธุ์เดียวกัน อายุและเพศเดียวกัน และในการทดลองแต่ละครั้งควรใช้สัตว์มากกว่าหนึ่งตัว และทำหลายๆ ซ้ำ เพื่อป้องกันความผิดพลาดฯของการวัดตามปกติในการทดลองมักนิยมใช้สัตว์เพศผู้มากกว่าเพศเมีย ซึ่งง่ายต่อการเก็บมูลและปัสสาวะ เป็นสัตว์ที่เชื่องและมีสุขภาพดี

2. อุปกรณ์การทดลอง สามารถแยกมูลกับปัสสาวะออกจากกันได้ สำหรับสัตว์ใหญ่ เช่น โค

3. การหาการย่อยได้ของสัตว์พวกเป็ด ไก่ นั้นสลับซับซ้อนกว่าการหาการย่อยได้ในสัตว์อื่นๆ เพราะมูลและปัสสาวะรวมในท่อเดียวกัน ซึ่งยากต่อการแยก อาจกระทำได้โดยการทำการผ่าตัดแยกท่อปัสสาวะและมูลออกจากกัน

4. อาหารทดลอง อาหารที่ใช้ในการทดลองควรมีการผสมอย่างทั่วถึง เพื่อให้มีส่วนประกอบของอาหารสม่ำเสมอ แล้วจึงนำมาให้สัตว์กิน

5. ระยะเวลาในการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ระยะเริ่มการทดลอง (preliminary period) โดยนำอาหารทดลองมาให้สัตว์กิน ก่อนที่จะเริ่มทำการเก็บมูลที่กำหนด 1 สัปดาห์ เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับอาหารและเพื่อมิให้ทางเดินอาหารของสัตว์มีอาหารอื่นเหลืออยู่ ระยะการทดลอง (Experrimental period) มีกำหนด 5-14 วัน ในระยะนี้มีการบันทึกจำนวนอาหารที่ให้สัตว์กินและจำนวนมูลที่ถ่ายออกมา

ในการที่จะทราบว่าอาหารที่ให้กินนั้นเมื่อใดสัตว์จะถ่ายออกมา สำหรับกระเพาะเดี่ยวอาจให้สารพวกสีที่ไม่ถูกย่อยในร่างกายสัตว์ เช่น ferric oxide หรือ caramine ผสมในอาหารมื้อแรกและหลังการทดลอง ตามปกติในการทดลองจะเริ่มเก็บข้อมูลหลังการให้อาหารแล้ว 1-2 วัน (ภาสกร, 2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของอาหารและมูล คำนวณหาโภชนะที่กิน จำนวนที่ถ่ายเป็นมูล แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะเป็นรายๆ ไป คือหาว่าโปรตีน ไขมัน เยื่อใยย่อยได้เท่าไร

ความสำคัญของการย่อยได้อินทรีย์วัตถุในทางปฏิบัติ

Digestible organic matter เป็นผลรวมของที่ย่อยได้ทั้งหมด ฉะนั้นใช้เป็นตัวบ่งความเข้มข้นของโภชนะในอาหาร (โดยคิดเป็น digestible nutrient ต่อหน่วยอาหาร)

เนื่องจากความต้องการของสัตว์จะเพิ่มขึ้นเมื่อสัตว์ให้ผลผลิตสูงขึ้น แต่ความจุทางเดินอาหารมีจำกัด ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องใช้อาหารที่มี digestible nutrient สูงขึ้น นั้นก็คือความต้องการอาหารที่มี digestible nutrient สูงขึ้น

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการย่อย

1. ส่วนประกอบของอาหาร (feed composition) การย่อยได้ของอาหารแต่ละชนิดจะมีความสัมพันธ์กับส่วนประกอบทางเคมีของอาหารนั้นเช่น ปลายข้าว ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างกันเล็กน้อยในระหว่างอาหารด้วยกัน ส่วนอาหารชนิดอื่นโดยเฉพาะอาหารจำพวกต้นและใบพืชเช่น หญ้าสด หญ้าหมักหรือหญ้าแห้ง ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีไม่แน่นอน ฉะนั้นจึงการย่อยได้ของอาหารแตกต่างกันมาก ทั้งนี้เนื่องจากพืชมีอายุมากขึ้นก็จะมีเยื่อใยสูงขึ้น ในขณะเดียวกันก็จะมีลิกนินสูงขึ้นตามลำดับ ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าส่วนที่เป็นเยื่อใยของพืชมีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของอาหารเป็นอย่างมาก (ภาสกร,2527)

2. ส่วนประกอบของอาหารผสม (ration composition) การย่อยได้ของอาหารยังมีความสัมพันธ์กับส่วนประกอบของอาหารที่ให้สัตว์กิน จะแตกต่างตามชนิดของอาหารที่ให้กินคือ ถ้าให้กินหญ้าแห้งก็จะได้อีกค่าหนึ่ง ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดของอาหารที่ให้กินประจำ

3. ปัจจัยเกี่ยวกับสัตว์ (animal factors) ถ้าหากเป็นอาหารที่มีการย่อยได้ต่ำ การย่อยได้ของอาหารทั้งในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) และสัตว์พวกอื่นๆ (nonruminant) จะย่อยได้ของอาหารทั้งในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) และสัตว์พวกอื่นๆ (nonruminant) จะย่อยได้เกือบเท่ากัน แต่ถ้าเป็นอาหารที่มีเยื่อใยสูงสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถย่อยได้ดีกว่า สำหรับอายุของสัตว์ไม่ว่าจะเป็นสัตว์ชนิดใดมีความแตกต่างในการย่อยเพียงเล็กน้อย และไม่ถือเป็นเรื่องสำคัญในการปฏิบัติ (ภาสกร,2527)

4. การเตรียมอาหาร (preparation of feeds) การเตรียมอาหารเพื่อให้สัตว์กิน อาจกระทำได้หลายวิธี ซึ่งมีอิทธิพลต่อการย่อย การบดอาหารหยาบจะช่วยให้การย่อยอาหารลดลง โดยที่อาหารที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละเอียดจะผ่านทางเดินอาหารได้เร็วขึ้นสัตว์จึงย่อยได้น้อยลง การต้มอาหารจะช่วยทำให้การย่อยของอาหารนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

5. ระดับของการให้อาหาร (level of feeding) การเพิ่มปริมาณอาหารให้แก่สัตว์กินมากขึ้นอาจทำให้อัตราการผ่านของอาหารในทางเดินอาหารเร็วขึ้น ฉะนั้นอาหารมีโอกาสที่จะถูกย่อยจากการกระทำของน้ำย่อยในทางเดินอาหารน้อยลง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้การย่อยอาหารนั้นลดลง

การประเมินคุณภาพอาหารสัตว์

อาหารสัตว์ประกอบด้วยวัตถุดิบหลายชนิด เราจำเป็นต้องมีการประเมินคุณภาพเพื่อให้อาหารสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งการประเมินคุณภาพนี้สามารถกระทำได้หลายวิธี ดังนี้คือ

1. การวัดคุณภาพของโปรตีน เนื่องจากโปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่อยู่ในร่างกายมากกว่าสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่น ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน เมื่อคิดเทียบเป็นร้อยละของน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนแล้วจะมีธาตุเหล่านี้ประมาณร้อยละ 53, 7, 32 และ 6 ตามลำดับ (ภาสกร, 2527)

นอกจากนี้โมเลกุลของโปรตีนอาจมีธาตุกำมะถัน ฟอสฟอรัส เหล็ก สังกะสี และทองแดงร่วมอยู่ด้วย โปรตีนจึงมีหน้าที่สำคัญต่อร่างกายหลายอย่าง ซึ่งเราสามารถวัดคุณภาพของโปรตีนได้หลายวิธี คือ

1. ค่าทางชีวภาพของโปรตีน (Biological Value, BV) เป็นการประเมินคุณภาพของโปรตีนในอาหารสัตว์ โดยคิดสัดส่วนของโปรตีนหรือไนโตรเจนที่สัตว์ได้รับจากอาหาร และนำไปใช้ประโยชน์หรือเก็บไว้ในร่างกายจากโปรตีนหรือไนโตรเจนในอาหารสัตว์ที่สามารถดูดซึมได้ทั้งหมด การหาค่าทางชีวภาพของโปรตีนมีสูตรดังนี้

$$\% \text{ BV} = \frac{\text{ไนโตรเจนที่กิน} - (\text{ไนโตรเจนในปัสสาวะ} + \text{ไนโตรเจนในมูล}) \times 100}{\text{ไนโตรเจนที่กิน} - \text{ไนโตรเจนในมูล}}$$

ค่าทางชีวภาพของโปรตีนในอาหารสัตว์แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน บางชนิดมีค่าต่ำ ในแหล่งโปรตีนจากธรรมชาติพบว่าโปรตีนในไข่มีค่าทางสูงสุดคือไม่ต่ำกว่าร้อยละ 94 ดังนั้นจึงถือว่าไม่เป็นอาหารที่มีโปรตีนคุณภาพดีที่สุด โปรตีนจากสัตว์จะมีค่าทางชีวภาพของโปรตีนสูงกว่าโปรตีนจากพืช ดังนั้นในการผสมอาหารสัตว์มักใช้วัตถุดิบหลายชนิดมาผสมเข้าด้วยกัน เพื่อให้มีค่าทางชีวภาพของโปรตีนสูงเพียงพอกับความต้องการของสัตว์ โดยทั่วไปอาหารสัตว์ควรมีค่าทางชีวภาพของโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
100723

2. หาค่าโปรตีนสุทธิ (Net Protein Value, NPV) เป็นการประเมินคุณภาพของโปรตีนโดยหาของโปรตีนโดยหาปริมาณ โปรตีนสุทธิที่สัตว์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยนำค่าความสามารถในการย่อยโปรตีนของสัตว์มาเกี่ยวข้องด้วย ทำให้ค่าโปรตีนสุทธิมีประโยชน์มากกว่าค่าทางชีวภาพของโปรตีน ค่าโปรตีนสุทธิหาได้จากสูตร

NPV = ค่าทางชีวภาพของโปรตีน x สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน

3. หาค่าการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ (Net Protein Utilization) เป็นการประเมินคุณภาพโปรตีนที่วัดจากประสิทธิภาพของโปรตีนที่ใช้เพื่อการเจริญเติบโตของสัตว์โดยหาได้จากสูตร

$$NPU = \frac{\left[\text{ปริมาณไนโตรเจนในร่างกายสัตว์ เมื่อกินอาหารทดสอบโปรตีน}\right] - \left[\text{ปริมาณไนโตรเจนในร่างกาย เมื่อกินอาหารไม่มีโปรตีน}\right]}{\text{ปริมาณไนโตรเจนที่กินทั้งหมด}}$$

4. หาประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein Efficiency Ratio, PER) เป็นการประเมินคุณภาพของโปรตีนในอาหารสัตว์โดยคิดจากน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณโปรตีนที่สัตว์กิน 1 หน่วย ซึ่งหาได้จากสูตร

$$PER = \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{ปริมาณโปรตีนที่กิน (กรัม)}}$$

2. วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี การวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์ก็ คือการวิเคราะห์หาปริมาณโภชนะต่างๆ ที่มีอยู่ในอาหารสัตว์นั้นเอง

การวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) เป็นการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์อย่างหยาบๆ โดยแบ่งส่วนประกอบของอาหารออกเป็น 6 กลุ่ม คือ น้ำหรือความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้าและไนโตเจนฟรีเอกซ์แทรก วิธีนี้ค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ Heneberg และ Stomann แห่งสถานีทดลอง Weende Experiment Station ประเทศเยอรมันเป็นเวลากว่า 100 ปีมาแล้ว ซึ่งการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์โดยประมาณมีวิธีพอสรุปได้ดังนี้

1. การหาปริมาณน้ำหรือความชื้น (moisture) หรืออีกนัยหนึ่งคือการหาปริมาณวัตถุแห้ง(dry matter, DM) นั้นเอง เนื่องจากอาหารจะประกอบด้วยวัตถุแห้งรวมอยู่กับความชื้น วิธีการหาความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำได้โดยนำตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาอบที่อุณภูมิประมาณ 100-105 ° C จนกระทั่งอาหารมีน้ำหนักคงที่ซึ่งเป็นน้ำหนักแห้ง น้ำหนักส่วนที่หายไปจะเป็นประมาณความชื้อหรือน้ำ ซึ่งจะคำนวณได้ดังนี้

ปริมาณความชื้น = น้ำหนักอาหารก่อนอบ – น้ำหนักของวัตถุแห้ง

หรือ น้ำหนักของวัตถุแห้ง = น้ำหนักอาหารก่อนอบ – ปริมาณความชื้น

อย่างไรก็ตามการหาปริมาณความชื้นโดยวิธีนี้แม้ว่าจะสะดวกและรวดเร็ว แต่จะไม่ได้ปริมาณความชื้นที่แท้จริง ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีผู้ค้นคิดหาความชื้นวิธีอื่นเช่น การกลั่นโดยใช้โทลูอีน (tolucnc) การอบให้แห้งภายใต้สูญญากาศหรือการทำให้แห้งโดยใช้ความเย็นจัด

2. การหาโปรตีน (Crude Protein : CP) ได้จากการวิเคราะห์ตามกรรมวิธีของเคลดาห์ล (Kjeldahl) โดยเอาตัวอย่างไปย่อยด้วยกรดกำมะถันเข้มข้นจนสารอินทรีย์ถูกย่อยหมด สารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นโปรตีนและไม่ใช่โปรตีน (nonprotein nitrogen) ยกเว้นสารประกอบที่อยู่ในรูปไนเตรดและไนไตรค์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียมซัลเฟตจะถูกไล่ออกมาโดยการกลั่นตัวด้วยด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เก็บแอมโมเนียมไว้ในกรดมาตรฐานแล้วนำไปไตเตรดด้วยสารละลายมาตรฐานเพื่อคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนออกมา เมื่อได้ปริมาณไนโตรเจนในอาหารแล้วคูณด้วยแฟกเตอร์ 6.25 จะได้ปริมาณโปรตีนเป็นร้อยละ 16 ของน้ำหนักโปรตีนทั้งหมด อย่างไรก็ตามการหาโปรตีนวิธีนี้ค่าที่ได้จะไม่ใช่ค่าโปรตีนที่แท้จริงแต่จะเป็นค่าของโปรตีนรวมหรือโปรตีนหยาบ เนื่องจากประกอบด้วยโปรตีนแท้และสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ที่ไม่ใช่โปรตีน

3. การหาไขมัน (Crude fat หรือ Ether extract) ได้จากการนำตัวอย่างอาหารที่ได้ผ่านการไล่ความชื้นออกไปหมดแล้วมาสกัดอีเทอร์ สารต่างๆ ที่ละลายได้ในอีเทอร์ เช่น ไขมันและสารที่คล้ายไขมัน (fat – like substance) เช่น ขี้ผึ้ง สารสีและไวตามินที่ละลายในไขมัน จะถูกสกัดออกมาด้วยเอาส่วนที่ได้จากการสกัดนี้ไประเหยอีเทอร์ออกมาจนหมด ส่วนที่เหลือเรียกว่าไขมันหยาบหรืออีเทอร์เอกซ์แทรก ซึ่งเป็นส่วนที่มีไขมันแท้และสารอื่นๆ ที่คล้ายไขมันรวมอยู่ด้วย

4. การเยื่อใย (Crude Fiber) ทำได้โดยเอาตัวอย่างอาหารที่ผ่านการสกัดเอาไขมันหรืออีเทอร์เอกซ์แทรกออกไปแล้ว มาต้มกับกรด (0.255 H_2SO_4) นานประมาณ 30 นาที กรองแล้วล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน แล้วนำตะกอนมาล้างด้วยด่างอ่อน (0.312 NaOH) อีกครั้งหนึ่ง โดยใช้เวลาประมาณ 30 นาทีเช่นเดียวกันแล้วนำมากรอง และล้างด้วยตะกอนด้วยน้ำร้อนจนสะอาดด้วยกรดอ่อน และด่างอ่อนนี้จะละลายเอาอินทรีย์สารพวกโปรตีน น้ำตาล แป้ง เฮสมิเซลลูโลสและลิกนินบางส่วนที่ละลายออกไปด้วย ส่วนที่เหลืออยู่ในตะกอนคือเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนินและอินทรีย์สาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือแร่ธาตุต่างๆ นำตะกอนนี้ไปเผาที่อุณหภูมิ 500-600 °C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่หายไปจะเป็นน้ำหนักหรือปริมาณของเยื่อใยซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิกลูโคสและลิกนินบางส่วน

5. การหาเถ้า (Ash) การวิเคราะห์หาเถ้าหรือแร่ธาตุในอาหาร ทำได้โดยนำตัวอย่างอาหารไปเผาที่อุณหภูมิ 550-600 °C เป็นเวลานานประมาณ 2 ชั่วโมง สารินทรีย์จะถูกเผาไหม้ให้กลายเป็นก๊าซส่วนที่เหลือเรียกว่าเถ้า ซึ่งเป็นตัวแทนของสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร อย่างไรก็ตามเถ้าที่ได้นี้ไม่ได้เป็นตัวของอนินทรีย์สารอย่างแท้จริง เนื่องจากการเผาที่อุณหภูมินี้แร่ธาตุบางชนิด เช่น คลอรีน สังกะสี ซีลีเนี่ยมและไอโอดีน อาจจะระเหยไปด้วย

6. การหาไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก (Nitrogen – free extract) หรือแป้งและน้ำตาลสามารถวิเคราะห์ได้โดยคำนวณคือ เอาร้อยละของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและเถ้ามารวมกันแล้วลบออกจาก 100 ตัวเลขที่ได้จะเป็นร้อยละของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกนี้ไม่ใช่ค่าของปริมาณแป้งและน้ำตาล ซึ่งถือเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายที่แท้จริง เนื่องจากอาจมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ฟรักโตเซน กรดอะมิโน วาลีน แทนนิน และไวตามินที่ละลายในน้ำปนมาด้วย นอกจากนี้การหาไนโตรเจนไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกโดยการคำนวณอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ง่ายมาก ถ้าการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างอาหารไม่ว่าจะเป็นความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหรือเถ้า ตัวใดตัวหนึ่งผิดพลาดด้วย

7. การหาการย่อยได้ของสัตว์ การประเมินโดยหาการย่อยได้ของสัตว์เป็นการประเมินคุณค่าทางอาหารของอาหารสัตว์โดยวัดจากการใช้ประโยชน์ของสัตว์เช่นเดียวกับการประเมิน โดยการทดลองนำอาหารมาให้สัตว์กินคือการหาความน่ากินของอาหารสัตว์ แต่การทดสอบวิธีนี้ละเอียดกว่าและสามารถบอกได้ถึงปริมาณอาหารที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง เนื่องจากในการทดสอบในการย่อยได้ของอาหารและโภชนะที่มีอยู่ในอาหารแต่ละชนิดต้องวัดจากจำนวนอาหารและโภชนะที่ที่สัตว์กิน และจำนวนมูลและโภชนะที่สัตว์ย่อยได้ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณอาหารและโภชนะที่สัตว์สามารถดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์ได้ วิธีการทดลองเพื่อหาการย่อยได้ของสัตว์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ (ภาสกร, 2527)

นำอาหารที่ต้องการทดสอบมาวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีหรือโภชนะต่างๆ โดยวิธีการวิเคราะห์โดยประมาณ

นำอาหารนั้นมาเลี้ยงสัตว์ทดลอง โดยให้ในปริมาณคงที่และรู้จำนวนที่แน่นอน

เก็บข้อมูลสัตว์ทั้งหมดในระยะทดลองที่ให้กินอาหารในปริมาณคงที่และรู้จำนวนอาหารแน่นอน

วิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีหรือโภชนะที่มีอยู่ในมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลต่างของปริมาณอาหารกับปริมาณมูลและโภชนะในอาหารที่กินโภชนะที่ถ่ายออกมาในมูล จะเป็นอาหารและโภชนะที่สัตว์สามารถย่อยได้ ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (Coefficient of digestibility หรือ digestible coefficient)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไก่ไข่ลูกผสมเพศเมียสายพันธุ์ดีคาล์บ วอร์เรน อายุ 24 สัปดาห์ จำนวน 24 ตัว
2. กรงตับขนาดช่องละ 35 x 45 x 45 ซม. จำนวน 24 กรง
3. ถาดสำหรับรองมูล จำนวน 24 ถาด
4. ถุงพลาสติกเก็บมูล จำนวน 168 ถุง
5. เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุด
6. อาหารผสมไก่ไข่ระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 2800 Kcal
7. เครื่องชั่งละเอียด
8. ตู้อบ
9. เครื่องวัดค่าพลังงาน

วิธีการ

1. **การวางแผนการทดลอง**

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) โดยแบ่งไก่ทดลองออกเป็น 6 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมี 4 ซ้ำ ๆ ละ 1 ตัว ไก่ทดลองแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารผสมระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์เหมือนกัน แต่เสริมกรดฮิวมิกในระดับแตกต่างกันดังนี้

กลุ่มที่ 1 ไม่เสริมกรดฮิวมิก (กลุ่มเปรียบเทียบ)

กลุ่มที่ 2 เสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.1 กิโลกรัม/อาหาร 100 กิโลกรัม

กลุ่มที่ 3 เสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.2 กิโลกรัม/อาหาร 100 กิโลกรัม

กลุ่มที่ 4 เสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.3 กิโลกรัม/อาหาร 100 กิโลกรัม

กลุ่มที่ 5 เสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.4 กิโลกรัม/อาหาร 100 กิโลกรัม

กลุ่มที่ 6 เสริมคลอเตตร้าไซคลินในระดับ 0.1 กิโลกรัม/อาหาร 100 กิโลกรัม

รายละเอียดส่วนประกอบต่างๆ ของสูตรอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 1

2. **ขั้นตอนการทดลอง**

แยกไก่เลี้ยงในกรงออกแบบสำหรับเก็บมูล และให้อาหารทดลองโดยมีระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ และค่าพลังงาน 2800 Kcal ที่เสริมกรดฮิวมิกในระดับที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้อาหารแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

ระยะที่หนึ่ง เป็นระยะปรับตัว นำไก่ทดลองมาเลี้ยงในกรงเก็บมูลและให้อาหารทดลองสูตรต่าง ๆ เป็นเวลา 6 วัน เพื่อให้ไก่ทำการปรับตัวให้คุ้นเคยกับสภาพกรงและอาหาร

ระยะที่สอง เป็นระยะเก็บมูล หลังจากไก่ทดลองคุ้นเคยกับสภาพกรง และอาหารทดลองจึงเริ่มเก็บมูลเป็นเวลา 6 วัน โดยให้อาหารทดลองวันละ 1 ครั้ง จำนวน 100 กรัม/ตัว ในตอนเช้า เวลา 7.00 น. – 8.00 น. และเก็บมูลวันละครั้งในตอนเช้าของวันรุ่งขึ้นเวลาประมาณ 7.00 น. บันทึกปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวัน และนำข้อมูลที่ได้ไปทำการอบต่อไป

ระยะที่สาม เป็นระยะสิ้นสุดการทดลอง ระยะนี้ให้ไก่กินอาหารตามปกติและไม่เก็บข้อมูล

3. การเก็บมูลสัตว์ทดลอง

หลังจากเก็บมูลในแต่ละวันนำเอามูลที่ได้ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60-70 องซาเซลเซียส นาน 1 วัน จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นและนำมูลแห้งที่ได้มาชั่งน้ำหนัก ทำเช่นนี้จนครบ 6 วันที่ทำการทดลอง หลังจากนั้นนำมูลที่ได้ทั้ง 6 วัน มาผสมรวมกันและนำไปบดให้ละเอียด บรรจุใส่ขวดแก้วแล้วปิดฝาให้แน่นเพื่อเก็บไว้วิเคราะห์ปริมาณโภชนะต่อไป

4. การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกปริมาณอาหารที่ไก่กินในแต่ละวันตลอดการทดลอง
2. บันทึกปริมาณมูลที่ไก่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวัน หลังจากอบแห้งแล้ว
3. สุ่มตัวอย่างอาหารทดลองทุกสูตร เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

5. การวิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมี

5.1 วิเคราะห์ปริมาณโภชนะต่างๆ ในอาหารทดลองทุกสูตร และปริมาณโภชนะในมูลที่เก็บได้โดยวิธี Proximate analysis

5.2 วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในมูล โดยวิธี Proximate analysis

5.3 วิเคราะห์หาปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในอาหารทดลองทุกสูตร และปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในมูลโดยใช้วิธี Ballistic bomb calorimeter

6.การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำผลการวิเคราะห์หาไนโตรเจน, พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้และโภชนะต่างๆ ในอาหารทดลองทุกสูตรและในมูลมาคำนวณหาค่าต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การใช้ประโยชน์ได้โดยโภชนะต่างๆ (Digestibility)

$$\%\text{digestibilit} = \left[\frac{\text{ปริมาณ โภชนะที่กิน-ปริมาณโภชนะที่ถ่ายออกมา}}{\text{ปริมาณโภชนะที่กิน}} \right] \times 100$$

2. ค่าโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิ (Net Protein Utilization: NPU)

$$\%\ \text{NPU} = \left[\frac{\text{ปริมาณไนโตรเจนที่กินได้-ปริมาณไนโตรเจนที่ถ่ายในมูล}}{\text{ปริมาณไนโตรเจนที่กิน}} \right] \times 100$$

3. พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable Energy: ME)

$$\text{ME} = \left[\frac{\text{พลังงานของอาหาร} - \text{พลังงานในมูล}}{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}} \right]$$

7. สถานที่ทำการทดลอง

7.1 การศึกษาการย่อยได้ ใช้โรงเรือนไก่ไข่ทดลอง ของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

7.2 การวิเคราะห์ทางเคมี ใช้ห้องปฏิบัติการโภชนะศาสตร์ของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

8. ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด

การทดลองในโรงเรือนตั้งแต่วันที่ 6 กุมภาพันธุ์ พ.ศ. 2544 และสิ้นสุดการทดลองใน วันที่ 11 กุมภาพันธุ์ พ.ศ. 2544 รวมระยะเวลา 6 วัน สำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการเริ่มตั้งแต่วันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2541 และสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2544 รวมระยะเวลา 56 วัน ใช้เวลาในการทดลองทั้งสิ้น 63 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง (กิโลกรัม/อาหาร 100 กิโลกรัม)

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
ข้าวโพด	56.08	56.08	56.08	56.08	56.08	56.08
กากถั่วเหลือง	22.54	22.54	22.54	22.54	22.54	22.54
รำละเอียด	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67
ปลาป่น	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
เปลือกหอย	6.32	6.32	6.32	6.32	6.32	6.32
ไขวัว	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
เกลือ	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
DCP	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64
ฮิวมิก	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	-
คลอเตตร้าไซคลิน	-	-	-	-	-	0.10
ราคา (บาท/กิโลกรัม)	6.53	6.82	7.12	7.41	7.71	6.65
รวม	100.00	100.10	100.20	100.30	100.40	100.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของโภชนะในอาหารโดยการคำนวณ

โภชนะ	ปริมาณ (%)
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม)	2800.00
โปรตีน	18.00
ไขมัน	-
เยื่อใย	-
แคลเซียม	3.89
ฟอสฟอรัสรวม	-
ฟอสฟอรัสย่อยได้	0.39
ไลซีน	0.97
เมทไธโอนินและซีสตีน	0.62
ทริปโตเฟน	0.22
ทรีโอนีน	0.67
ไอโซลิวซีน	0.55
ลูซีน	0.81
อาร์จีนีน	0.75
ฟีนอลอะลานีนและไทโรซีน	0.88
ฮีสทีดีน	0.17
วาลีน	0.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

การย่อยได้

ผลการเสริมกรดฮิวมิกและคลอเตตร้าไซคลินในอาหารไก่ไข่ ให้ผลการย่อยได้ของอาหารดังแสดงในตารางที่ 3 และมีรายละเอียด ดังนี้

1. วัตถุแห้ง

ผลการศึกษาการย่อยได้ของวัตถุแห้งของไก่ทดลองมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กลุ่มที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 74.69, 66.96, 73.85, 73.65, 74.00 และ 72.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. เถ้า

ผลการย่อยได้ของเถ้าของไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 60.08, 38.52, 40.86, 32.56, 52.17 และ 50.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรากฏว่าการย่อยได้ของเถ้าของไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 และ 6 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่ไก่ทดลองกลุ่มที่ 1 และ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

3. ไขมัน

ผลการย่อยได้ของไขมันของไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 72.98, 73.76, 73.75, 71.73, 71.22 และ 72.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรากฏว่าการย่อยได้ของไขมันของไก่ทดลองทั้ง 6 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4. เยื่อใย

ผลการย่อยได้ของเยื่อใยของไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 46.13, 22.40, 30.15, 16.02, 33.41 และ 34.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรากฏว่าการย่อยได้ของเยื่อใยของไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แต่ไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 และ 6 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

5. แคลเซียม

ผลการย่อยได้ของแคลเซียมของไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 57.21, 48.81, 51.03, 49.26, 46.15 และ 51.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรากฏว่าการย่อยได้ของแคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของไก่ทดลองทั้ง 6 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ไม่เสริมทั้งกรดฮิวมิกและคลอเตตร้าไซคลินจะมีการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมดีกว่าการเสริมกรดฮิวมิกที่ระดับ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 เปอร์เซ็นต์ และการเสริมคลอเตตร้าไซคลินที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์

6. ฟอสฟอรัส

ผลการย่อยได้ของฟอสฟอรัสของไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 0.57, 0.29, 0.24, 0.17, 0.25 และ 0.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรากฏว่าการย่อยได้ของฟอสฟอรัสของไก่ทดลองกลุ่มที่ 2, 3 และ 5 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่ไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 4 และ 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

7. ค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ

ผลการย่อยได้ของค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิของไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 62.13, 53.10, 53.26, 42.72, 55.53 และ 58.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรากฏว่าการย่อยได้ของค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิของไก่ทดลองทั้ง 6 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ไม่เสริมกรดฮิวมิกและคลอเตตร้าไซคลิน จะมีค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกรดฮิวมิกที่ระดับ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 เปอร์เซ็นต์ และการเสริมคลอเตตร้าไซคลินที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์

8. พลังงานใช้ประโยชน์ได้

ผลการย่อยได้ของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 3,407 3,048 3,044 2,922 3,238 และ 3,223 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ตามลำดับ ปรากฏว่าการย่อยได้ของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของไก่ทดลองทั้ง 6 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะจากอาหารทดลองกลุ่มต่าง ๆ ในไก่ไข่เพศเมีย[1/]

โภชนะ	กลุ่มทดลอง							
	เปรียบเทียบ	ฮิวมิก 0.1%	ฮิวมิก 0.2%	ฮิวมิก 0.3%	ฮิวมิก 0.4 %	คลอเตตร้า-ไซคลิน 0.1 %	ค่าเฉลี่ย	CV
วัตถุแห้ง	74.66±0.78	66.96±1.02	73.85±0.93	73.65±0.98	74.00±0.89	72.14±1.04	72.62±2.48	4.63%
เถ้า	60.08±1.08^{n}	38.52±1.77^{m}	40.86±2.11^{m}	32.56±2.81^{o}	52.17±3.16^{yz}	50.25±1.20^{z}	45.74±9.67	4.72%
ไขมัน	72.98±0.56	73.76±1.62	73.75±1.76	71.73±1.59	71.22±1.27	72.69±1.38	72.69±1.59	1.95%
เยื่อใย	46.13±1.79^{n}	22.41±0.68^{o}	30.15±0.56^{m}	16.02±0.56^{p}	33.41±1.56^{y}	34.70±1.22^{y}	30.47±9.81	4.20%
แคลเซียม	57.21±1.17^{n}	48.81±14.01^{xm}	51.03±4.14^{y}	49.26±3.13^{xm}	46.15±1.76^{m}	51.97±3.16^{y}	50.74±4.46	5.65%
ฟอสฟอรัส	0.57±0.03^{n}	0.29±0.03^{m}	0.24±0.04^{m}	0.17±0.02^{o}	0.250±0.04^{m}	0.37±0.04^{y}	0.32±0.13	10.53%
โปรตีน	60.08±3.93^{n}	38.52±3.41^{m}	40.86±4.13^{m}	32.56±2.89^{o}	52.17±2.82^{y}	50.25±2.34^{y}	54.17±6.79	6.14%
พลังงาน	3,407±32.43^{n}	3,048±48.31^{m}	3,034±105.66^{m}	2,922±57.89^{o}	3,238±60.41^{y}	3,223±81.67^{y}	3,147±177.84	2.56%

<u>หมายเหตุ</u> [1/]ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแนวนอนกำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

วิจารณ์

การศึกษาผลของการเสริมคลอเตตร้าไซคลินที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ และกรดฮิวมิกต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในอาหารไก่ไข่ในระดับ 0, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 ผลปรากฏว่าค่าการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยค่าการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมในไก่ทดลองที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมกรดฮิวมิกและคลอเตตร้าไซคลินมีค่าการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมสูงสุด คือ 57.21 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมสูงกว่ากลุ่มที่เสริมคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในระดับต่าง ๆ ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของอภิจิตตรา (2538) ว่าค่าการย่อยได้ของแคลเซียมในการเสริมกรดฮิวมิกจะเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมในอาหารสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมกรดฮิวมิกในอาหาร สำหรับค่าการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสในไก่ทดลองที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกมีค่าสูงที่สุด คือ 0.57 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือกลุ่มที่เสริมคลอเตตร้าไซคลินในระดับ 0.1 กรัม/อาหาร 100 กรัม ตามด้วยกลุ่มที่เสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.1 กรัม/อาหาร 100 กรัม และการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสมีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมกรดฮิวมิกมากขึ้น ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของอภิจิตตรา (2538) ว่าการขับถ่ายของปริมาณฟอสฟอรัสออกมามากกว่าปริมาณที่ได้กินเข้าไป เนื่องมาจากการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุมักจะมีการขับถ่าย endogenous ภายในร่างกายออกมาจึงทำให้ปริมาณที่ขับถ่ายออกมามีปริมาณมากกว่าปริมาณที่กินเข้าไป ส่วนค่าการใช้ประโยชน์ได้ของไขมันในไก่ทดลองที่ได้นับอาหารเสริมกรดฮิวมิกที่ระดับ 0.1 กรัม/อาหาร 100 กรัมมีค่าสูงที่สุดคือ 73.76 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคลองกับรายงานของอภิจิตตรา (2538) ว่าการใช้ประโยชน์ได้ของไขมันจะมีค่าลดลงเมื่อใช้อาหารที่เสริมด้วยกรดฮิวมิกในระดับเพิ่มขึ้น ค่าใช้ประโยชน์ได้ของเยื่อใยมีค่าสูง ขัดแย้งกับศรีสกุล (2537) รายงานว่า สัตว์ปีกสามารถใช้ประโยชน์สารเยื่อใยได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าในระหว่างการเก็บมูลอาจมีการปนเปื้อนของเศษอาหารซึ่งทำให้การวิเคราะห์เยื่อใยมีค่าสูง ค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิในไก่ทดลองที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกมีค่าสูงที่สุดคือ 62.13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของอภิจิตตรา (2538) ว่าการเสริมกรดฮิวมิกในระดับที่เหมาะสมคือ 0.1 และ 0.2 กรัม/อาหาร 100 กรัม จะเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในไก่ไข่ และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ พบว่าไก่ทดลองที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิก มีค่าพลังงานสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของอภิจิตตรา (2538) ว่าไก่ที่ไม่เสริมคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้มากกว่าไก่ทดลองที่ได้รับอาหารเสริมกรดฮิวมิกในระดับต่าง ๆ และมากกว่าไก่ทดลองที่ได้รับอาหารเสริมด้วยคลอเตตร้าไซคลิน ซึ่งมีค่าสูงสุดคือ 3,407 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ส่วนการเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอเตตร้าไซคลินในระดับ 0.1 กรัม/อาหาร 100 กรัม ในอาหารพบว่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์โภชนะของไก่ไข่สูงกว่าการได้รับอาหารที่เสริมด้วยกรดฮิวมิกในระดับต่าง ๆ แต่ใกล้เคียงกับการได้รับอาหารที่เสริมด้วยกรดฮิวมิกในระดับ 0.4 กรัม/อาหาร 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการศึกษาผลของการเสริมกรดฮิวมิกต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะในอาหารไก่ไข่โดยทดลองเสริมคลอเตตร้าไซคลินที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ และการเสริมกรดฮิวมิกที่ระดับ 0, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ผลปรากฏว่า

1. การใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุแห้งและไขมัน มีแนวโน้มของค่าการใช้ประโยชน์ได้เหมือนกัน คือ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

2. การใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนและพลังงาน ให้ผลการใช้ประโยชน์ได้เหมือนกัน คือ กลุ่มเปรียบเทียบมีค่าการใช้ประโยชน์ได้สูงที่สุด รองมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยกลุ่มที่เสริมคลอเตตร้าไซคลินในระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยกลุ่มที่เสริมกรดฮิวมิก 0.1 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มที่เสริมด้วยกรดฮิวมิกในระดับ 0.3 เปอร์เซ็นต์มีค่าการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนและพลังงานต่ำที่สุด ($P<0.01$)

3. การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะอื่น ๆ ได้แก่ เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเยื่อใย มีผลคล้ายกับโปรตีนและพลังงาน โดยกลุ่มเปรียบเทียบมีค่าการใช้ประโยชน์ได้สุ.ที่สุด รองมาคือกลุ่มที่เสริมคลอเตตร้าไซคลินในระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มเสริมกรดฮิวมิก 0.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่เสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการใช้ประโยชน์ได้ของเถ้า ฟอสฟอรัส และเยื่อใยต่ำที่สุด ในขณะที่การเสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมต่ำที่สุด ($P<0.01$)

4. การเสริมด้วยคลอเตตร้าไซคลินในระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ และการเสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าการย่อยได้ของโภชนะดีกว่าการเสริมกรดฮิวมิกในระดับ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

พนิต เชิดชูพงษ์. 2529. สารฮิวมิกในแหล่งน้ำธรรมชาติ. สงขลานครินทร์. 8(3): 369-376.

พรชัย สุธาทร. 2529. สารอินทรีย์ที่สกัดฮิวมิกแอซิด. พัฒนาที่ดิน. 23(250):24-28.

ศรีสกุล วรจันทรา. 2531. โภชนศาสตร์สัตว์ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. 141 น.

ศรีสกุล วรจันทรา. 2538. บทปฏิบัติการโภชนะศาสตร์สัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพ-มหานคร. 82 น.

อภิจิตตรา อภิราชจิตร. 2538. ผลการเสริมกรดฮิวมิกต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะในไก่ไข่. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,กรุงเทพมหานคร. 31 น.

อาวุธ ตันโช. 2542. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 347 น.

Fujimura Y, S. Kuwatsuka and A. Katayoma 1996. Bioavilability and Biodegradation rate of DDT by bacillus sp. B75 in the Presunce of dissoloed humic substances. J. of soil Science and Plant Nutrition. 42(2):375-381.(abstract)

Hayacava M, K. Ishizawa, T. Yamazaki and A. Nomonura 1995. Distribution of antibiotic puducing Microbispora strains in sil with different pHs. Actinomycctes. 6(3):75-79.

GuoXue L., Z. Zhang, B. Ying. 1995. The different effect of HTC and WC on C, N transformation and pathogenic bacterial population. Acta- Agicuture-Universitatis-Pekinensis. 21(3):286-290

Suwanarit A., 1996. Effect of humic material, compost, chicken manure, Dcctoka, Vigriphol, Agrostemin and chemical fertilizers on corn, N-fertilizer efficiency and soil hardness. Kasetsart-Journal, Natural Sciences. 30 (1) :104-111.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้ Ballistic bombs Calorimeter

ก. สารเคมีที่ใช้

1. Benzoic acid (themochemical grade)
2. Oxygen

ข. อุปกรณ์ที่ใช้

1. Ballistic bomb Calorimeter
2. Crucible
3. Firing cotton

ค. วิธีการ

1. บดตัวอย่างอาหารให้แห้งละเอียด
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม นำไปอัดตัวอย่างเข้า crucible อัดอาหารให้เกาะติดแน่นเพื่อลด surface area และ spinginessของตัวอย่างอาหาร
3. นำตัวอย่างอาหารไปวางบน support pillar ของฐาน bomb
4. ใช้ firing cotton 5 เซนติเมตร ผูกเกี่ยวระหว่าง coil ของ fring wire โดยใช้เชือกจุ่มตรงกลางของตัวอย่างอาหาร
5. ตรวจดู sealing ring ให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย แล้วนำ bomb bodyเข้าสวมและหมุนให้สวมกันสนิท
6. เสียบ thermocouple wire ตรงรูส่วนบนตัว bomb
7. เปิด pressure release valve แล้วเปิดออกซิเจนเข้าเครื่อง จนกระทั่งความดันสูงถึง 25 atmosphere
8. ปรับ galvanometer ให้อยู่ที่ศูนย์แล้วทิ้งให้อยู่ที่ศูนย์ประมาณ 30 วินาที
9. ถอยออกจากเครื่อง bomb แล้วกดปุ่ม firing button
10. อ่านค่าของ galvanometer ที่ค่าบอกค่าสูงสุด

ง. วิธี standardise เครื่องมือ

เพื่อแก้ความผิดพลาดของความร้อนที่เกิดจาก firing current และ firing cotton โดยทำทุกอย่างคล้ายการวิเคราะห์ตัวอย่างเพียงแต่ไม่ใส่ตัวอย่างเท่านั้น แล้วอ่านค่าของ galvanometer ที่ขึ้นสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. วิธีวิเคราะห์ standard sample

การวิเคราะห์ทำทุกอย่างเหมือนการวิเคราะห์อาหารเพียงแต่ใช้ benzoic acid ใส่แทนตัวอย่างอาหารที่จะวิเคราะห์เท่านั้น และใช้ benzoic acid ครั้งละประมาณ 0.7 กรัม ทำการวิเคราะห์อย่างน้อยที่สุด 5 ซ้ำ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย

ฉ. การคำนวณหาค่าพลังงาน

น้ำหนักของ benzoic acid ที่ใช้ในการวิเคราะห์ = W1 กรัม

Calorific valve of benzoic acid = 6.32 กิโลกรัมแคลอรี่/กรัม

ค่าของ galvanometer ที่อ่านค่าได้สูงสุดเมื่อไม่มีตัวอย่าง = G1

ค่าของ galvanometer ที่อ่านค่าสูงสุดเมื่อมี benzoic acid = G2

Calibration constant = 6.32 x W1/ (G1-G2) = Y

น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้วิเคราะห์ = Z กรัม

ค่าของ galvanometer ที่อ่านค่าได้สูงสุดเมื่อมีตัวอย่าง =G3

ค่าพลังงานตัวอย่าง = (G3-G1) x Y/Z กิโลแคลอรี่/กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางผนวกที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโนในกรดฮิวมิก[1/]

กรดอะมิโน[2/]	ปริมาณกรดอะมิโน
โปรตีน (Nx6.25)(%)	4.20
กรดแดสปาติก	0.03
ทรีโอนีน	0.01
เซอรีน	0.02
กรดกลูตามิก	0.04
โปรลีน	-
ไกลซีน	0.03
อะลานีน	0.02
วาลีน	0.07
ซีสตีน	0.08
เมทไธโอนีน	-
ไอโซลูซีน	-
ลูซีน	0.02
ไทโรซีน	-
ฟีนิลอะลานีน	0.03
ไลซีน	0.02
ฮีสติดีน	-
อาร์จินีน	-
ทริปโตเฟน	0.07

หมายเหตุ 1/ วิเคราะห์โดยกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

2/ ปริมาณกรดอะมิโน มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกรดฮิวมิก[1/]

	ปริมาณ
กรดฮิวมิก(%)	49.55
PH	9.70
ความชื้น(%)	2.66
ไนโตรเจน(%)	1.71
โปรแตสเซี่ยม(%)	15.53
แคลเซี่ยม(%)	1.77
แมกนีเซียม(%)	0.35
เหล็ก(%)	0.42
คลอรีน(%)	2.40
โซเดียม(%)	9.72
ซัลเฟอร์ (%)	1.78

หมายเหตุ 1/ วิเคราะห์โดยกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
ข้าวโพด	4.80
รำละเอียด	5.00
กากถั่วเหลือง	10.70
ปลาป่น	18.00
เปลือกหอย	1.90
DCP	5.60
ไขวัว	10.00
เกลือ	2.50
พรีมิกซ์	50.00
ฮิวมิก	294.00
คลอเตตร้าไซคลิน	120.00

ตารางผนวกที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางโภชนะของอาหารกลุ่มเปรียบเทียบในห้องปฏิบัติการ

	เปอร์เซ็นต์					
โภชนะ	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6
เถ้า	13.73	13.73	13.73	13.53	12.96	13.18
โปรตีน	15.07	15.19	14.63	14.38	14.71	14.78
ความชื้น	8.41	8.02	8.39	8.13	8.19	8.32
ไขมัน	5.53	5.33	5.50	5.63	4.75	5.38
เยื่อใย	3.21	2.79	3.05	2.85	2.81	2.87
แคลเซี่ยม	4.41	4.10	4.19	3.98	3.88	3.96
ฟอสฟอรัส	0.91	0.81	0.87	0.80	0.73	0.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ทางสถิติของการใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุแห้งของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน

SOV	df	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	5	122.5084370	30.6310572	48.75	0.09^{ns}
Error	18	113.2738194	11.3376481		
Totol	23	235.7786343			

CV = 4.63 %

Grand Mean = 72.62 $\pm$ 2.48

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ทางสถิติของการใช้ประโยชน์ได้ของเถ้าของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับ คลอ เตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน

SOV	df	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	5	2066.894402	413.378880	88.61	0.0001**
Error	18	83.973552	4.665197		
Totol	23	2150.867954			

CV = 4.72 %

Grand Mean = 45.74 $\pm$ 9.67

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ประโยชน์ได้ของเถ้า โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

T1	T5	T6	T3	T2	T4
60.08	52.17	50.25	40.86	38.52	32.56

หมายเหตุ ค่าที่ไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนค่าที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ทางสถิติของการใช้ประโยชน์ได้ของไขมันของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอ-เตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน

SOV	df	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	5	21.73057400	4.34611480	2.15	0.1052^{ns}
Error	18	36.31233344	2.01735186		
Totol	23	58.04290743			

CV = 1.95 %

Grand Mean = 72.69 $\pm$ 1.59

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติของการใช้ประโยชน์ได้ของเยื่อใยของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับ คลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน

SOV	df	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	5	2183.328085	436.665617	266.76	0.0001**
Error	18	29.464118	1.636895		
Totol	23	2212.792203			

CV = 4.20 %

Grand Mean = 30.47 $\pm$ 9.81

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ประโยชน์ได้ของเยื่อใย โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

T1	T6	T5	T3	T2	T4
46.13	34.70	33.41	30.15	22.40	16.02

หมายเหตุ ค่าที่ไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนค่าที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ทางสถิติของการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับ คลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน

SOV	df	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	5	281.8953188	56.3790638	6.86	0.001**
Error	18	148.0314832	8.2239713		
Totol	23	429.9268020			

CV = 5.65 %

Grand Mean = 50.74 ± 4.46

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียม โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

T1	T6	T3	T4	T2	T5
57.21	51.97	51.03	49.26	48.81	46.15

หมายเหตุ ค่าที่ไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนค่าที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ทางสถิติของการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับ คลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน

SOV	df	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	5	0.38302831	0.07660566	69.02	0.0001**
Error	18	0.01997802	0.00110989		
Totol	23	0.40300633			

CV = 10.53 %

Grand Mean = 0.32 $\pm$ 0.13

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัส โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

T1	T6	T2	T5	T3	T4
0.57	0.37	0.29	0.25	0.24	0.17

หมายเหตุ ค่าที่ไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนค่าที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ทางสถิติของค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับ คลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน

SOV	df	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	5	861.3978273	172.2795655	15.58	0.0001**
Error	18	198.9987369	11.0554854		
Totol	23	1060.3965642			

CV = 6.14 %

Grand Mean = 54.17 ± 6.79

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ประโยชน์ได้ของค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

T1	T6	T5	T3	T2	T4
62.13	58.30	55.53	53.26	53.10	42.72

หมายเหตุ ค่าที่ไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนค่าที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ทางสถิติของค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอเตตร้าไซคลินและกรดฮิวมิกในปริมาณที่แตกต่างกัน

SOV	df	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	5	610960.2706	122192.0541	18.89	0.0001**
Error	18	116457.8142	6469.8786		
Totol	23	727418.0848			

CV = 2.56 %

Grand Mean = 3147 $\pm$ 177.84

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ประโยชน์ได้ของค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

T1	T5	T6	T2	T3	T4
3407	3238	3223	3048	3044	2921

หมายเหตุ ค่าที่ไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนค่าที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้