



วิทยานิพนธ์

ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่
และคุณภาพไข่ ภายใต้สภาพการเลี้ยงแบบหนาแน่น

**EFFECTS OF CORN PARTICLE SIZE IN LAYER DIET
ON LAYING PERFORMANCE AND EGG QUALITY
UNDER HIGH STOCK DENSITY CONDITION**

นางสาวภาวิณี โท้มะวงศ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

ปริญญา

โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์

สัตว์บาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่
ภายใต้สภาพการเลี้ยงแบบหนาแน่น

Effects of Corn Particle Size in Layer Diet on Laying Performance and Egg Quality
under High Stock Density Condition

นางผู้วิจัย นางสาวภาวิณี ไท้มะวงศ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อามางกูร, Ph.D.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรประพันธ์ ส่งเสริม, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์ยุวเรศ เรืองพานิช, Ph.D.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐชนก อมรเทวภัทร, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์นวลจันทร์ พารักษา, D.Agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่
ภายใต้สภาพการเลี้ยงแบบหนาแน่น

Effects of Corn Particle Size in Layer Diet on Laying Performance and Egg Quality
under High Stock Density Condition

โดย

นางสาวภาวิณี ไท่มะวงศ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

พ.ศ. 2550

ภาวิณี โพธิ์วงษ์ 2550: ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ต่อสมรรถภาพ
การผลิตไข่และคุณภาพไข่ ภายใต้สภาพการเลี้ยงแบบหนาแน่น ปรินญาวิทยาศาสตร์
มหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขาโภชนศาสตร์และเทคโนโลยี
อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล ประชานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
เสกสม อาตมางกูร, Ph.D. 54 หน้า

การศึกษาผลของการใช้ข้าวโพดบดขนาดต่างๆในอาหารไก่ไข่ ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่
และคุณภาพไข่ โดยใช้แม่ไก่ไข่สายพันธุ์โรมา บราวน์ อายุ 30 สัปดาห์ จำนวน 600 ตัว แบ่งการ
ทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 40 ตัว เลี้ยงในกรงคับขนาด 18 x 36 x 16 ลูกบาศก์นิ้ว
กรงคับละ 4 ตัว แม่ไก่ไข่ได้รับอาหารทดลองที่มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดบดที่แตกต่างกันโดย
การสุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 ข้าวโพดบดที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3
มิลลิเมตร (ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 ไมครอน) กลุ่มที่ 2 ข้าวโพดบดที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบด
แฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 10 มิลลิเมตร (ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 870 ไมครอน) กลุ่มที่ 3
ข้าวโพดบดที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร
(ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ผลการทดลอง
พบว่า ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันของแม่ไก่ไข่กลุ่มที่ 3 มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 โหลของทั้งสามกลุ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่าง
มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มที่ 2 มีปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 โหลไม่แตกต่างจากกลุ่มที่
1 แต่มีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ 3 และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่จากแม่ไก่ไข่
กลุ่มที่ 3 มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนอัตราการให้ไข่ น้ำหนักไข่
เฉลี่ย มวลไข่ และอัตราการเลี้ยงรอดของแม่ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าไข่ไก่จากแม่ไก่กลุ่มที่ 3 จะให้ค่าฮอกยูนิตที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่น
($P=0.1897$) ค่าความเข้มข้นสีไข่แดงพบว่า ไข่ไก่จากแม่ไก่ในกลุ่มที่ 2 และ 3 จะมีค่าความเข้มข้นของสี
ไข่แดงมากกว่ากลุ่มที่ 1 และพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของสีไข่แดงกลุ่มที่ 3 มีค่า
สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Pavinee Thomawong 2007: Effects of Corn Particle Size in Layer Diet on Laying Performance and Egg Quality under High Stock Density Condition. Master of Science (Animal Nutrition and Feed Technology), Major Field: Animal Nutrition and Feed Technology, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Seksom Attamangkune, Ph.D. 54 pages.

An experiment was conducted to determine the effect of corn particle size in layer diet on laying performance and egg quality using Completely Randomized Design (CRD). Six hundred - Romann Brown laying hens, 30 weeks of age, were randomly assigned into 3 dietary treatments, including: 1) ground corn grinded by the hammer mill with 3 mm diameter die screen (638 micron), 2) ground corn grinded by the hammer mill with 10 mm diameter die screen (870 micron) and 3) ground corn grinded by the rollor mill with the distance of 1.8 cm between the rolls (1079 micron). Each treatment consisted of 5 replications with 40 hens per replication. All hens were kept in wire battery cage with 4 hens per cage in evaporative cooling system house for 5 periods of experiment. The results from the experiment indicated that hens fed rolled ground corn had higher feed intake than the other groups ($P<0.05$). Feed consumed per dozen eggs of hens fed 10-mm hammer mill ground corn group had lower than the other groups. Feed consumed per dozen eggs of hens fed 10-mm hammer mill ground corn was not differed from the 3-mm hammer mill ground corn ($P>0.05$), but was significantly lower than that of the rolled ground corn group ($P<0.05$). Hens fed rolled ground corn had higher coefficient of variation of egg weight than the other groups ($P<0.05$). There were no significantly difference in egg production, egg weight, egg mass and % livability among dietary treatments ($P>0.05$). The haugh unit of hens fed rolled ground corn tended to lower ($P=0.1897$) than the other groups. Hens fed 10-mm hammer mill ground corn and rolled ground corn had higher yolk color score than that of hens fed 3-mm hammer mill ground corn group. However, hens fed rolled ground corn showed the highest coefficient of variation of yolk color score ($P<0.05$).

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสกสม อาตมางกูร ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรประพันธ์ ส่งเสริม กรรมการสาขาวิชาเอก อาจารย์ ดร. ชูเรศ เรืองพานิช กรรมการสาขาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐชนก อมรเทวภัทร กรรมการสาขาวิชาเอก และรองศาสตราจารย์ น.สพ. ดร. ทวีศักดิ์ ส่งเสริม ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตสัตว์ปีก สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่เอื้อเพื่อสถานที่ในการทำการทดลอง ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีกระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่เอื้อเพื่อสถานที่ในการทดลอง และให้ยืมเครื่องมือวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบอาหาร และขอขอบคุณบริษัท เบทาโกร จำกัด ที่สนับสนุนข้าวโพดทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกคนที่ให้โอกาสและให้การสนับสนุนรวมทั้งเป็นกำลังใจในการศึกษาตลอดมา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตสัตว์ปีก สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในระหว่างทำการทดลอง สุดท้ายนี้ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้องและเพื่อนๆ นิสิตปริญญาโทที่ให้ความช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้

ภาวิณี ไทมะวงศ์

เมษายน 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
วิธีการ	22
ผลและวิจารณ์	29
ผลการทดลอง	29
วิจารณ์ผลการทดลอง	36
สรุปและข้อเสนอแนะ	42
สรุปผลการทดลอง	42
ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	44
ภาคผนวก	50

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลของขนาดอนุภาคของข้าวโพดในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการผลิตและน้ำหนักเครื่องในของไก่เนื้อที่อายุ 7-21 วัน	17
2	ผลของขนาดอนุภาคอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อที่อายุ 7-21 วัน	19
3	ผลของขนาดอนุภาคของข้าวโพดและข้าวฟ่างต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อ	19
4	ผลของขนาดอนุภาคข้าวโพดที่บดด้วยขนาดรูตะแกรงต่างๆ กันในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อที่อายุ 1-21 วัน	20
5	คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวโพดบดทั้ง 3 กลุ่มที่ใช้ในการทดลอง	23
6	คุณสมบัติทางกายภาพของอาหารไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่มที่ใช้ในการทดลอง	24
7	สูตรอาหารไก่ไข่ที่ใช้ตลอดการทดลอง	25
8	ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต	31
9	ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่	33
ตารางผนวกที่		
1	อนุกรมแนะนำ สำหรับวิเคราะห์วัตถุดิบอาหารสัตว์และอาหารสัตว์ผสมที่ใช้ในการทดลอง	52

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์	9
2	ตะแกรงบดแฮมเมอร์มิลล์	10
3	เครื่องบดโรตเลอร์มิลล์	13
4	ผลของการบดต่อค่าพลังงานที่ใช้และกำลังการผลิต	15
ภาพผนวกที่		
1	ชุดตะแกรงร่อนและเครื่องเขย่า	51

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่
ภายใต้สภาพการเลี้ยงแบบหนาแน่น

Effects of Corn Particle Size in Layer Diet on Laying Performance
and Egg Quality under High Stock Density Condition

คำนำ

ปัจจุบันไก่ไข่ที่เลี้ยงในประเทศไทย ได้ถูกพัฒนาสายพันธุ์ขึ้นมาให้มีสมรรถภาพการผลิตที่สูงขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับอดีต และด้วยสาเหตุนี้เองจึงทำให้ไก่ไข่ในปัจจุบันตอบสนองต่อสิ่งต่างๆ ที่เข้ามากระทบกับตัวสัตว์ได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องโภชนาการ ทำให้มีความจำเป็นต้องมีการพัฒนาทางด้านโภชนาการ เพื่อให้สอดคล้องกับสายพันธุ์ของไก่ไข่ที่ถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น เทคโนโลยีการผลิตอาหารจึงได้เข้ามามีบทบาทในการช่วยปรับปรุงในด้านลักษณะทางกายภาพของอาหาร และส่งผลให้ไก่ไข่มีการแสดงออกซึ่งสมรรถภาพการผลิตในด้านต่างๆ ตรงตามศักยภาพทางพันธุกรรมได้อย่างเต็มที่

การบดอาหารเป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ วัตถุประสงค์อาหารสัตว์หลายชนิด โดยเฉพาะเมล็ดธัญพืชต่างๆ จำเป็นที่จะต้องผ่านการบดลดขนาดเพื่อให้มีรูปร่างสม่ำเสมอและมีขนาดใกล้เคียงกันก่อนที่จะนำมาใช้ผสมเป็นอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (อุทัย, 2529; พันทิพา, 2539) เพิ่มประสิทธิภาพการผสม และเพิ่มคุณภาพของเม็ดอาหาร ทำให้การอัดเม็ดอาหารทำได้ง่ายขึ้น และมีคุณภาพดี (Young *et al.*, 1962; Behnke, 1983; Martin, 1983)

อย่างไรก็ตาม ไก่ไข่เป็นสัตว์ที่มีพฤติกรรมจิกกินอาหารที่ไวต่ออาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ (Davis *et al.*, 1951) และอาหารไก่ไข่ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปอาหารผง ซึ่งมีข้าวโพดเป็นวัตถุดิบหลัก ประกอบกับการเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศไทยมีลักษณะการเลี้ยงในกรงคับที่มีจำนวนไก่ 4-5 ตัวต่อกรง และมีช่องเปิดที่ให้ไก่จิกกินอาหารจำนวน 3 ช่องเปิด ดังนั้นไก่ที่เคลื่อนที่ได้เร็วกว่าจึงเข้ามาที่ช่องเปิดได้ก่อน และสามารถเลือกจิกกินอาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ไปก่อน ทำให้ไก่ที่เข้ามาภายหลังจะได้กินเพียงแต่อาหารที่มีขนาดอนุภาคเล็ก ส่งผลให้ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงคับเดียวกัน ได้รับสารอาหารที่ไม่เท่ากัน และมีผลกระทบที่สำคัญต่อความสม่ำเสมอของไก่ไข่ (bird's uniformity) ในกรงคับเดียวกัน และการผลิตไข่ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญมากในฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่ของประเทศไทย

แต่ในปัจจุบันงานทดลองในส่วนของขนาดอนุภาคของข้าวโพดบดที่เหมาะสม ในการเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศไทย พบว่ายังไม่มีการศึกษา ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาถึงขนาดของข้าวโพดบดที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารไก่ไข่ ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ ภายใต้สภาพการเลี้ยงดูแบบหนาแน่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่
2. เพื่อศึกษาผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่
3. เพื่อศึกษาถึงขนาดของข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ที่เหมาะสม ภายใต้สภาพการเลี้ยงแบบหนาแน่น ในการนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ไข่ของประเทศไทย

การตรวจเอกสาร

ข้าวโพด

ข้าวโพดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* จัดเป็นพืชตระกูลเดียวกับหญ้า มีลำต้นสูงโดยเฉลี่ย 2.2 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น 0.5-2.0 นิ้ว ค้นพบครั้งแรกที่บริเวณใกล้แม่น้ำในนิวเม็กซิโก (แถบอเมริกาใต้) ในปัจจุบันนิยมปลูกแพร่หลายในแถบอเมริกา แคนาดา ฯลฯ ซึ่งข้าวโพดสามารถปลูกได้ในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันมากๆ และเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์ เนื่องจากสามารถนำมาเลี้ยงสัตว์ได้ทั้งต้น ใบ และเมล็ด (ประภา, 2527; เรวัต, 2541)

การจำแนกทางพฤกษศาสตร์

Class	Angiospermae
Subclass	Monocotyledonae
Family	Gramineae
Genus	<i>Zea</i>
Species	<i>mays</i>

ความสำคัญของข้าวโพด

ข้าวโพดจัดเป็นเมล็ดธัญพืชที่นิยมใช้ในปริมาณมากที่สุดในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ปีก (เกียรติศักดิ์, 2546; Parkhurst and Mountney, 1988; Gillespie, 2001) และเป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างมาก ในอดีตประเทศไทยเคยเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวโพดรายใหญ่อันดับหนึ่งของโลก ซึ่งมีศักยภาพในด้านการผลิต การตลาดที่สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ แต่ต่อมาเมื่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศมีการพัฒนาและขยายตัวมากขึ้น จึงส่งผลให้มีความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีการส่งออกข้าวโพดลดลง และในปัจจุบันการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นผลิตได้ในปริมาณที่ไม่แน่นอน และไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้เลี้ยงสัตว์ภายในประเทศ เนื่องจากการผลิตข้าวโพดขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ ทำให้มีความเสี่ยงต่อความเสียหายจากความแห้งแล้งมาก และพื้นที่เพาะปลูกยังต้องแข่งขันกับพืช

เศรษฐกิจอื่นที่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า จึงทำให้ประเทศไทยมีความจำเป็นที่จะต้องนำเข้าข้าวโพดจากประเทศอาร์เจนตินา อินโดนีเซีย และเปรู (บุญล้อม, 2546) เพื่อมาใช้ในการอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศ

คุณค่าทางอาหารของข้าวโพด

ข้าวโพดจัดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทให้พลังงาน และเป็นที่ยอมรับใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ในหลายประเทศ มีระดับโปรตีนประมาณ 6-8 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 4-7 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สำหรับสุกรและสัตว์ปีกมีค่าประมาณ 3,200-3,300 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (นวลจันทร์ และสินชัย, 2544) ซึ่งข้าวโพดที่นิยมใช้ในการเลี้ยงสัตว์จะเป็นข้าวโพดชนิดเมล็ดแข็ง และมีสีเหลืองเข้ม เนื่องจากมีสารเบตา-แคโรทีน (β -carotein) ในระดับค่อนข้างสูง ประมาณ 16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เกียรติศักดิ์, 2546; Douglas *et al*, 1990) เมื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในสูตรอาหารสัตว์ปีก มีผลให้บริเวณผิวหนังของสัตว์ปีก เช่น ไก่กระทงหรือไก่ทอง มีสีเหลือง รวมทั้งมีผลทำให้ไข่แดงมีสีเหลืองเข้มมากขึ้น (เพิ่มศักดิ์, 2533; พันทิพา, 2539; Sainsbury, 2002) นอกจากนี้ไขมันในข้าวโพดยังประกอบด้วยกรดไขมันชนิดจำเป็น (essential fatty acid) ซึ่งได้แก่ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ปริมาณ 2.2 เปอร์เซ็นต์ (อุทัย, 2529; Cole and Haresign, 1989; Mello, 2000)

ขนาดของข้าวโพดที่เหมาะสมต่อการใช้เป็นอาหารสัตว์ปีก ควรผ่านการบดให้ละเอียดพอสมควร กล่าวคือ ควรบดผ่านตะแกรงบดขนาดประมาณ 3 และ 5 มิลลิเมตร สำหรับสัตว์ปีกวัยอ่อน และสัตว์ปีกที่โตเต็มที่แล้ว (อุทัย, 2529; Mello, 2000) นอกจากนี้ข้าวโพดที่ใช้ไม่ควรมีมอดกิน ไม่มีสิ่งปลอมปนซึ่งโดยทั่วไปได้แก่ ช้างข้าวโพดบด แกลบ และหินฝุ่น เพราะสิ่งเหล่านี้มีคุณค่าทางอาหารต่ำหรือไม่มีเลย (อุทัย, 2529) ประการสำคัญข้าวโพดที่ใช้จะต้องไม่ขึ้น หรือมีเชื้อราปะปน ทั้งนี้โดยปกติแล้วเชื้อราที่สามารถเจริญบนข้าวโพด มักจะเป็นชนิดแอสเพอจิลลัส เฟลวัส (*Aspergillus flavus*) ซึ่งสามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) โดยสารพิษดังกล่าวมีผลกระทบอย่างมากต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสัตว์ปีก ระดับของสารพิษอะฟลาทอกซินที่ 0.61-1.83 ppm จะมีผลทำให้ไก่มีการเจริญเติบโตช้าลดลง เปอร์เซ็นต์การไข่ลดลง และมีอัตราการตายสูง (อุทัย, 2529) ในการที่จะทำลายพิษของอะฟลาทอกซิน จะต้องให้ความร้อน 120 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ โดยให้ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (พันทิพา, 2539) ซึ่งจะช่วยลดระดับอะฟลาทอกซินลงได้บ้าง

การลดขนาดของวัตถุดิบ

วัตถุดิบอาหารสัตว์หลายชนิด โดยเฉพาะเมล็ดธัญพืชต่างๆ จำเป็นที่จะต้องผ่านการบด ให้มีขนาดที่เล็กลงก่อนที่จะนำมาใช้ผสมเป็นอาหารสัตว์ การบด (grinding) หมายถึง การลดขนาดของวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้ได้รูปร่างสม่ำเสมอและขนาดใกล้เคียงกัน โดยส่วนมากจะบดให้มีขนาดอยู่ในช่วงระหว่าง 400–1000 ไมครอน ยกเว้นในอาหารสัตว์น้ำ เช่น อาหารกุ้ง ขนาดอนุภาคจะอยู่ในช่วง 350–400 ไมครอน (ณัฐชนก, 2548) ซึ่งการบดลดขนาดของวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงและใกล้เคียงกันก่อนจะใช้ผสมอาหารจะเกิดผลดีในเชิงการผลิตอาหารสัตว์ คือ

1. เพิ่มการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารบางชนิด วัตถุดิบบางชนิดมีแป้งแข็งและย่อยได้ยาก เช่น ข้าวโพด หากข้าวโพดที่ใช้เลี้ยงสัตว์มีขนาดใหญ่เกินไป การย่อย และการใช้ประโยชน์ได้ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น สุกรและสัตว์ปีก จะทำได้น้อย และทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตลดลง มีการสูญเสียแป้งทางอุจจาระมากขึ้น สัตว์อาจมีอาการท้องเสีย เนื่องจากมีแป้งเหลือในส่วนของลำไส้ใหญ่เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค การใช้ข้าวโพดเป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยวจึงต้องมีการบดละเอียดเพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว ทำให้เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหารของสัตว์ทำงานได้ดียิ่งขึ้น (อุทัย, 2529; พันทิพา, 2539)

2. เพิ่มประสิทธิภาพในการผสมอาหาร หากวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในสูตรอาหารมีขนาดขึ้นแตกต่างกันมาก เมื่อเอาวัตถุดิบอาหารเหล่านั้นมาผสมกัน การผสมจะไม่เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน หรือผสมเข้ากันแต่มีการแยกส่วนได้ง่ายเมื่ออาหารมีการกระทบกระเทือน ดังนั้นยิ่งวัตถุดิบอาหารมีขนาดใกล้เคียงกันมากเท่าใด การผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันและความคงทนของส่วนผสมก็จะมีมากขึ้น (McCoy *et al.*, 1994)

3. เพิ่มคุณภาพของเม็ดอาหารและทำให้การอัดเม็ดอาหารทำได้ง่ายขึ้น การใช้วัตถุดิบอาหารชนิดต่างๆ ที่มีขนาดขึ้นละเอียด นอกจากจะทำให้การผสมเข้ากันได้ดีแล้ว เมื่อนำอาหารไปอัดเม็ด จะทำให้อาหารอัดเม็ดมีการเกาะตัวดีและมีคุณภาพดีด้วย (Young *et al.*, 1962; Behnke, 1983; Martin, 1983)

การระบุขนาดอนุภาคของวัตถุดิบอาหารและอาหารสัตว์

คำว่า ละเอียด (fine) ปานกลาง (medium) และหยาบ (coarse) เป็นคำที่ใช้ในการอธิบายขนาดของเมล็ดธัญพืช แต่ใช้กันไม่เป็นที่แพร่หลายนัก โดยทั่วไปในงานวิจัยด้านการประเมินขนาดอนุภาคของอาหารนั้น จะอธิบายขนาดอนุภาคของวัตถุดิบอาหารหรืออาหารสัตว์ผสมโดยระบุเป็นค่าเฉลี่ยขนาดของวัตถุดิบอาหารหรืออาหารสัตว์ผสม (geometric mean diameter: GMD) โดยมีหน่วยเป็นไมครอน และความสม่ำเสมอทางเรขาคณิตของอนุภาคตัวอย่างที่บด (geometric standard deviation: GSD)

$$\begin{aligned} 1 \text{ ไมครอน} &= 1/1,000,000 \text{ เมตร} \\ &= 1/1,000 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

วิธีมาตรฐานที่ใช้วิเคราะห์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย และความสม่ำเสมอของวัตถุดิบอาหารสัตว์และอาหารสัตว์ผสมคือ การเขย่าวัตถุดิบผ่านชุดอนุกรมตะแกรงร่อน Tyler หรือ U.S sieve ที่มีช่วงขนาดอนุภาคตั้งแต่ 50 ถึง 7000 ไมครอน สามารถใช้วิเคราะห์วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีรูปร่างทรงกลมหรือลูกบาศก์ (Behnke, 1983) และเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับจาก American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 1983) โดยวิธีนี้จะสามารถคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของวัตถุดิบอาหารสัตว์ หรืออาหารสัตว์ผสม (GMD) มีหน่วยเป็นไมครอนและความสม่ำเสมอทางเรขาคณิตของอนุภาคตัวอย่างที่บด (GSD) ยิ่งค่า GSD ยิ่งน้อย แสดงว่ามีความสม่ำเสมอของวัตถุดิบอาหารสัตว์ และอาหารสัตว์ผสมมากขึ้นเท่านั้น (ณัฐชนก, 2548)

ชนิดของเครื่องบดที่ใช้ในโรงงานอาหารสัตว์

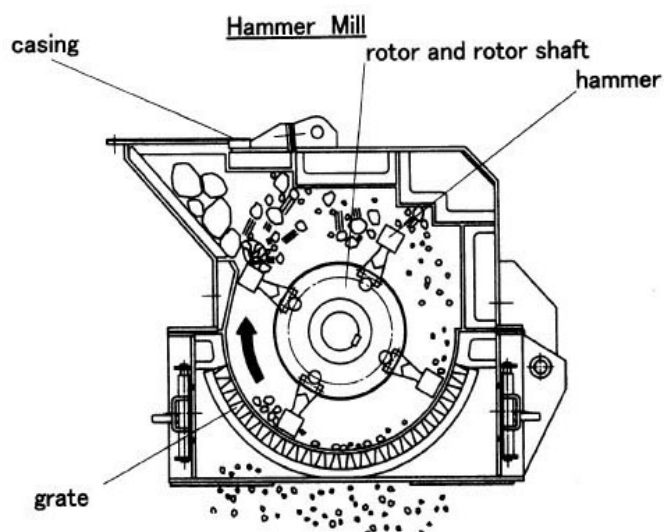
การบดอาหารมักจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่องบดอาหาร (grinder) ซึ่งมีหลายชนิดด้วยกัน และแต่ละชนิดจะมีข้อดีข้อเสียและความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกัน เครื่องบดที่นิยมใช้มากในโรงงานอาหารสัตว์ (ณัฐชนก, 2548) ได้แก่

1. เครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ (hammer mill) ใช้มากในการบดวัตถุดิบสำหรับการผลิตอาหารสัตว์บก เช่น อาหารสัตว์ปีก สุนัข สัตว์เคี้ยวเอื้อง

2. เครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ (roller mill) เริ่มใช้ในการบดวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น ถั่วเหลืองไขมันเต็ม (full fat soybean)

หลักการทำงานของเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์

เครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ ประกอบด้วยตัวเครื่องบด ภายในมีห้องบดซึ่งมีชุดตีอาหารอันเป็นหัวใจสำคัญของเครื่องนี้ ประกอบด้วยเพลาลมุนได้รอบตัว และมีใบมีดหรือตัวตีอาหารติดอยู่บนเพลลา โดยอาจติดแน่นอยู่กับที่ หรืออาจจะห้อยอยู่ เพื่อสามารถสวิงตัวตั้งตรงเมื่อเพลาลมุนก็ได้ เครื่องดันกำลังที่จะมาจุดให้ชุดตีอาหารหมุนและทำงานได้นั้น อาจจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ก็ได้ รอบๆ ห้องบดจะห่อหุ้มด้วยตะแกรงบด ซึ่งสามารถเปลี่ยนหรือถอดเข้าออกได้ เพื่อปรับให้ได้ขนาดรูตะแกรงที่เหมาะสม วัตถุดิบที่ต้องการบดจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องบดทางด้านบน และตกลงด้วยแรงโน้มถ่วง จากนั้นวัตถุดิบจะถูกหัวค้อนผลักพาเข้าสู่บริเวณเพิ่มความเร่ง เพื่อให้ความเร็วของวัตถุดิบเพิ่มขึ้นจนเท่ากับความเร็วรอบ (tip speed) ของเครื่องบด ขณะที่วัตถุดิบถูกพาไปตามการเหวี่ยงของหัวค้อนและถูกทำให้มีขนาดเล็กลง เนื่องจากการกระแทกกันระหว่างวัตถุดิบกับวัตถุดิบ และการกระแทกระหว่างวัตถุดิบกับหัวค้อน ขนาดของวัตถุดิบที่เท่ากับหรือเล็กกว่าขนาดของรูตะแกรงจะลอดผ่านออกรูตะแกรงออกไปได้ ซึ่งในระหว่างการลอดผ่านรูตะแกรงจะเกิดการขัดสีระหว่างวัตถุดิบและรูตะแกรงด้วยแรงเสียดสี ทำให้รูปร่างของวัตถุดิบที่ลอดผ่านรูตะแกรงมีลักษณะเป็นทรงกลมผิวเรียบ (ณัฐชนก, 2548) ส่วนชิ้นอาหารที่ยังมีขนาดใหญ่ก็จะถูกใบมีดตีต่อไป จนมีขนาดชิ้นเล็กจนสามารถลอดผ่านรูตะแกรงได้ จึงจะออกจากห้องบด ในการบดอาหารที่มีขนาดชิ้นเล็กมาก หรือละเอียดมากจำเป็นต้องใช้ตะแกรงบดที่มีขนาดรูตะแกรงเล็กตามขนาดที่ต้องการ ซึ่งมีผลทำให้การบดนั้นใช้กำลังและเวลามากขึ้น ในทางตรงกันข้ามการบดอาหารให้มีขนาดชิ้นไม่เล็กมากหรือบดหยาบ ต้องใช้ตะแกรงบดที่มีรูตะแกรงขนาดใหญ่ทำให้ใช้กำลังและเวลาในการบดน้อยลง (อุทัย, 2529) ดังนั้นขนาดของรูเปิดบนตะแกรงบดจึงเป็นตัวกำหนดความละเอียด หรือขนาดของอนุภาควัตถุดิบที่ได้จากการบด และสิ่งที่จะทำให้เครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ คือความเร็วของแกนหมุน และลักษณะหัวค้อน ซึ่งจะทำหน้าที่ตีเมล็ดวัตถุดิบให้แตก บางครั้งหัวค้อนอาจถูกเปลี่ยนให้เป็นแท่งเหล็กในรูปแบบต่างๆ ขึ้นกับวัตถุประสงค์ที่จะใช้ เครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์จึงเป็นเครื่องบดอาหารแบบอนุกรมประสม สามารถใช้ได้ทั้งวัตถุดิบที่แข็ง เป็นผลึก มีเยื่อใยสูง พืชต่างๆ และวัตถุดิบที่มีความนุ่มเหนียว (พันทิพา, 2539) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 เครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ (hammer mill)

ที่มา: Owens and Heimann (1994)

ประสิทธิภาพของการบดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์

ในส่วนของตัวเองเครื่องบดต้องมีการพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการบดอาหาร ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. เครื่องบดอาหาร

- อัตราป้อนวัตถุดิบ การที่จะต้องมีอัตราป้อนวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอก่อนเข้าห้องบด ซึ่งอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการป้องกันการล้าเลียงวัตถุดิบ ได้แก่ ระบบลำเลียงชนิดสั่น ระบบลำเลียงชนิดปล่องหมุน (ณัฐชนก, 2548)

- ความเร็วรอบเครื่องบด สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$\text{ความเร็วรอบ (เมตรต่อนาที)} = \pi D \times \text{rpm}$$

$$\text{ซึ่ง } \pi = 3.14$$

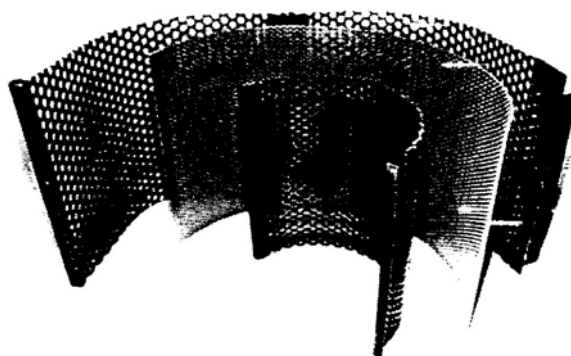
$$D = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์, เมตร}$$

$$\text{rpm} = \text{ความเร็วรอบของเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์, รอบต่อนาที}$$

ถ้าความเร็วรอบช้าเกินไป เป็นผลให้การกระแทกระหว่างหัวค้อนกับวัตถุดิบลดลง แต่ถ้าความเร็วรอบเร็วเกินไป จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ในการขับเคลื่อนโดยไม่จำเป็น

- จำนวนและลักษณะของหัวค้อน ซึ่งเป็นส่วนที่สร้างแรงดัน และแรงกระแทก ระหว่างวัตถุดิบหรือวัตถุดิบกับหัวค้อน ซึ่งถ้าหัวค้อนถูกใช้งานนานๆ จะแห้วหรือบิ่นจนทำให้เกิดแรงดันหรือแรงกระแทกลดลง หากเครื่องบดมีจำนวนหัวค้อนมาก จะเพิ่มพื้นที่ให้วัตถุดิบดี กระแทกกับหัวค้อนมากขึ้น แสมเมอร์มิลล์ที่มีจำนวนหัวค้อน 8 แถว ให้ประสิทธิภาพการบดดีกว่า แสมเมอร์มิลล์ที่มีหัวค้อนเพียง 4 แถว (ณัฐชนก, 2548)

- ตะแกรงบด จะต้องมีส่วนที่เปิดรูตะแกรง (opening area) ไม่น้อยกว่า 40% ของพื้นที่ตะแกรงทั้งหมด ในขณะเดียวกันตะแกรงจะต้องมีความแข็งแรง สามารถทนแรงอัดจากการบดวัตถุดิบในห้องบดได้ โดยทั่วไปรูตะแกรงจะเรียงตัวเอียงกันแบบสลับฟันปลา ทำมุม 60 องศา ซึ่งกันและกัน ซึ่งจะช่วยให้มีพื้นที่เปิดมากที่สุด และยังคงไว้ซึ่งความแข็งแรงของตะแกรง โดยทั่วไปตะแกรงบดควรมีพื้นที่เปิด 8-9 ตารางนิ้ว ต่อ 1 แรงม้าเครื่องบด หากพื้นที่เปิดน้อยกว่านี้ จะทำให้อาหารออกน้อย กำลังการผลิตลดลง และอุณหภูมิอาหารสูงมากขึ้น (อุทัย, มปป) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ตะแกรงบดแสมเมอร์มิลล์

ที่มา: Owens and Heimann (1994)

- การใช้ลมดูด (air assist) เป็นการทำให้อากาศภายนอกห้องบดมีแรงดันเป็นลบ โดยระบบจะช่วยดึงและดูดอากาศออกโดยการใช้พัดลม (blower) ดูดอากาศช่วย จะทำให้วัตถุดิบอาหารออกจากห้องบดเร็วขึ้น และเพิ่มกำลังการผลิตของเครื่องบดให้มากขึ้น (อุทัย, มปป) โดยจะป้องกัน

การเกิดขึ้นของอนุภาคที่เกาะอยู่บนรูตะแกรงบด (fluidized bed of material) การเกิดขึ้นดังกล่าวจะเป็นผลทำให้มอเตอร์ทำงานหนัก โดยต้องใช้เวลาหมุนเหวี่ยงก้อนให้เร็วขึ้น เพื่อดันอนุภาคที่ขวางอยู่ลอดผ่านรูตะแกรงออกไปได้ ส่วนอนุภาคชั้นที่ขวางจะเกิดการลดขนาดอนุภาคของวัตถุดิบลงไปเรื่อยๆ เนื่องจากวัตถุดิบมีการขัดสีกันตลอดเวลา ทำให้เกิดเป็นฝุ่นที่ไม่ต้องการ และถ้าหากมีการสะสมของฝุ่นมากเกินไป สามารถทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้ (ณัฐชนก, 2548)

2 วัตถุดิบอาหารที่บด

- ความชื้นของวัตถุดิบอาหาร วัตถุดิบอาหารที่มีความชื้นสูงจะบดได้ยากมาก เพราะวัตถุดิบอาหารจะมีลักษณะนุ่มหรือเหนียว ไม่กรอบ ทำให้เครื่องบดไม่สามารถตีหรือขบให้แตกหรือบดให้มีขนาดเล็กลงได้ นอกจากนี้เครื่องบดบางชนิดขณะทำงานจะมีความร้อนเกิดขึ้นหากวัตถุดิบอาหารมีความชื้นสูง แป้งในวัตถุดิบอาหารจะเกิดการแปรสภาพเป็นแป้งสุกมากขึ้น และมีลักษณะเหนียว จับติดกับรูตะแกรงทำให้บดอาหารไม่ออก วัตถุดิบอาหารที่สามารถบดได้ดีควรมีความชื้นตั้งแต่ 13 เปอร์เซ็นต์ลงมา (อุทัย, 2529)

- ระดับเยื่อใยและความฟามของอาหาร หากอาหารมีปริมาณเยื่อใยสูงและความฟามสูง จะมีผลให้การบดยากขึ้น ทั้งนี้เพราะเยื่อใยมีลักษณะเหนียวและลดขนาดชิ้นให้เล็กลงยาก นอกจากนี้อาหารที่มีเยื่อใยสูงมักจะมีลักษณะฟาม การเคลื่อนตัวของอาหารในเครื่องบดจะต่ำ อาจทำให้การทำงานของชุดบดทำงานได้ไม่เต็มที่ อาจทำให้เครื่องบดติดขัด และส่วนของอาหารที่บดเรียบร้อยแล้ว ยังลอดผ่านรูตะแกรงได้ยากด้วย (อุทัย, 2529) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kansas State University ที่ได้ศึกษาวิจัยถึงผลของความหนาแน่นของเมล็ดวัตถุดิบต่อประสิทธิภาพการบดพบว่า วัตถุดิบที่มีความหนาแน่นต่ำจะลดประสิทธิภาพการบดถึงร้อยละ 45 เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบที่มีความหนาแน่นสูง (ณัฐชนก, 2548)

- ความละเอียดที่ต้องการ การบดละเอียดมักจะต้องการกำลังและเวลาในการบดมากกว่าการบดหยาบ หากต้องการบดอาหารให้มีความละเอียดมาก เครื่องบดทุกชนิดจะมีกำลังการผลิตหรือปริมาณอาหารที่บดได้ต่อหน่วยเวลาลดลง อีกทั้งต้องใช้ปริมาณพลังงานในการบดอาหารต่อหน่วยของอาหารสูงขึ้น (อุทัย, 2529)

ข้อดีของเครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์

1. เป็นเครื่องบดที่มีหลักการทำงานไม่ซับซ้อน การสร้างเครื่องมือไม่ยุ่งยาก แม้แต่โรงกลึงทั่วไป ถ้ามีความเข้าใจก็สามารถสร้างและใช้งานได้ อีกทั้งมีราคาถูก
2. การใช้งานง่าย ไม่จำเป็นต้องการบุคลากรที่มีความรู้มาก
3. สามารถบดวัตถุดิบอาหารหรือวัสดุได้หลากหลาย จึงเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป
4. ต้องการดูแลรักษาคำ โดยทั่วไปคือ การกลับและการเปลี่ยนใบตีเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งต้องใช้เวลาในการหยุดเครื่องน้อยมาก
5. เป็นเครื่องที่ใช้งานได้ดีสำหรับความละเอียดการบดที่ใช้เป็นอาหารสัตว์
6. หากมีเศษเหล็กเข้าไปในห้องบดขณะที่เครื่องบดกำลังทำงานจะก่อให้เกิดความเสียหายเฉพาะตะแกรงบดเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจจะทำการซ่อมหรือเปลี่ยนใหม่ในเวลาอันรวดเร็ว และต้นทุนถูก

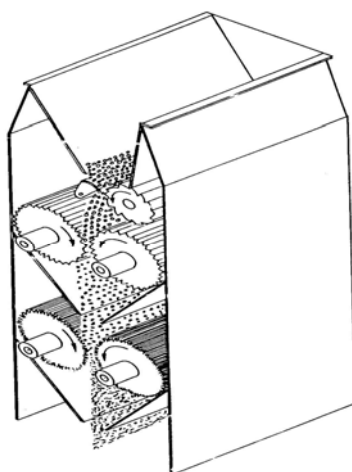
ข้อเสียของเครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์

1. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการบดจะต่ำกว่าเครื่องบดแบบโรลเลอร์มิลล์
2. ขณะบดจะเกิดความร้อนและฝุ่นมาก ทำให้ประสิทธิภาพการบดต่ำ มีการสูญเสียของน้ำหนัก และอาจเกิดการระเบิดได้ ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องมีระบบระบายความร้อน และติดตั้งระบบดูดฝุ่นออก
3. วัตถุดิบที่บดได้จะมีความหลากหลายของขนาดชิ้น อาจมีผลทำให้ประสิทธิภาพการผสมอาหารลดลง อาหารอาจเป็นฝุ่นมากทำให้การกินอาหารของสัตว์ลดลง

หลักการทำงานของเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์

การบดอาหารโดยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์อาศัยลูกกลิ้งโลหะ รูปทรงกระบอก วางตามแนวนอนตั้งแต่ 2 ขึ้นขึ้นไปหมุนสวนทางกัน โดยเว้นช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งอย่างพอเหมาะกับขนาดของวัตถุดิบที่จะนำมาบด แรงดันที่ใช้บดจะเป็นแรงอัดและแรงเฉือน (พันทิพา, 2539) ผิวของลูกกลิ้งอาจจะมีลักษณะเป็นร่องหรือมีลักษณะหยาบสาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการบดเช่นกัน วัตถุดิบอาหารจะถูกป้อนจากทางด้านบนของเครื่องบดผ่านช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูก ถ้าลูกกลิ้ง 2 ลูกหมุนด้วยความเร็วเท่ากัน จะไม่ทำให้เกิดการบดลดขนาดของวัตถุดิบ แต่จะทำให้

วัตถุดิบที่รูดผ่านรีดแบนเท่านั้น แต่ถ้าลูกกลิ้ง 2 ลูกนี้หมุนด้วยความเร็วไม่เท่ากัน จะเกิดแรงบีบอัด และแรงเฉือนที่จะบดและตัดวัตถุดิบออกเป็นชิ้นส่วน วัตถุดิบอาหารจะถูกขัดสีให้มีขนาดเล็กลงจนสามารถลอดช่องว่างนั้นได้ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 เครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ (roller mill)

ที่มา: Kim (1996)

ประสิทธิภาพของการบดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. อัตราการป้อนวัตถุดิบ ควรมีอัตราการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่ห้องบดอย่างสม่ำเสมอ เช่นเดียวกับเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์
2. ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการเดียวกันกับการคำนวณในเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ ลูกกลิ้งในแต่ละชุดจะต้องหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกัน และมีความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่แตกต่างกัน เพื่อให้เกิดแรงบีบอัดและแรงเฉือนที่จับวัตถุดิบได้เป็นชิ้นเล็กๆ ทำให้รูปร่างของวัตถุดิบที่บดผ่านเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ จะมีลักษณะเป็นรูปลูกบาศก์หรือรูปหลายเหลี่ยม และมีความสม่ำเสมอของแต่ละอนุภาคมากกว่าวัตถุดิบที่บดผ่านเครื่องแฮมเมอร์มิลล์
3. จำนวนร่องบากบนผิวลูกกลิ้ง ยังมีจำนวนมาก จะช่วยเพิ่มความสามารถในการบดวัตถุดิบให้มีขนาดเล็กลง

4. ขนาดของช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง สามารถปรับช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งในแต่ละคู่ได้ตามขนาดของอนุภาควัตถุที่ต้องการ

ข้อดีของเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์

1. ขนาดชิ้นของวัตถุดิบอาหารที่บดได้ จะมีความสม่ำเสมอมากกว่า เครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ และมีความเป็นฝุ่นน้อยกว่า ทำให้ไม่รบกวนการกินอาหารของสัตว์
2. ขณะเครื่องบดทำงาน ไม่มีการเคลื่อนที่ของอากาศในเครื่องบด ทำให้ไม่เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่น ทำให้ไม่ต้องมีระบบกำจัดฝุ่น
3. อุณหภูมิเพิ่มระหว่างการบดน้อย ทำให้ไม่ต้องมีระบบระบายความร้อนหลังการบด

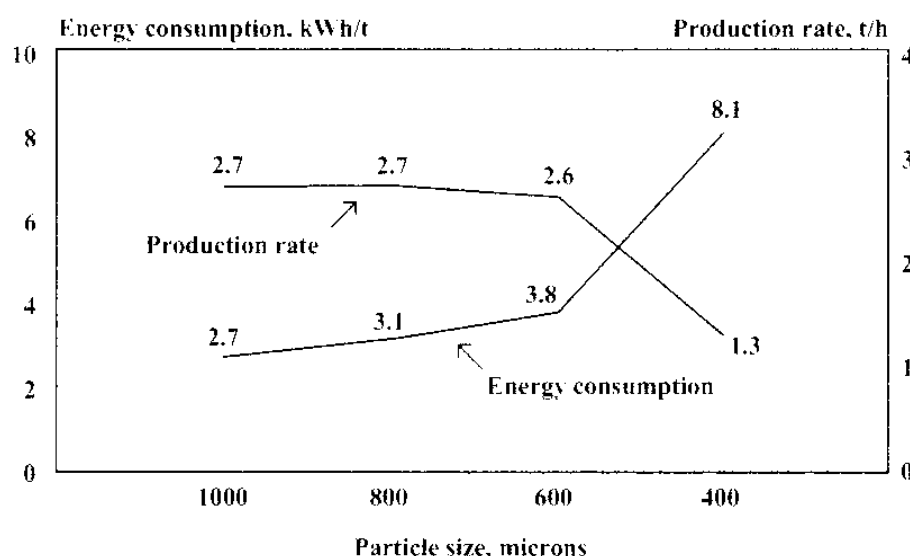
ข้อเสียของเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์

1. เครื่องจักรมีราคาแพงมากกว่า เครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์มาก และยังไม่มีการผลิตในประเทศ ต้องนำเข้าจากต่างประเทศอย่างเดียว
2. ส่วนที่สึกหรอมาก ได้แก่ ลูกกลิ้ง มีค่าใช้จ่ายสูงในการซ่อมบำรุง และต้องมีลูกกลิ้งสำรอง 1 ชุดตลอดเวลา และหากมีเหล็กหรือหินลงไปเครื่องบดจะเกิดความเสียหายแก่เครื่องจักรเป็นอย่างมาก
3. จะต้องใช้ประสบการณ์ ในการปรับระยะระหว่างลูกกลิ้งแต่ละคู่ เพื่อให้ได้ขนาดของอนุภาคตามที่ต้องการ
4. หากต้องการบดละเอียด จะต้องมีการตั้งลูกกลิ้งให้ชิดมาก ทำให้มีการสึกหรอสูงและค่าใช้จ่ายในการบดสูง

ผลของการบดต่อค่าพลังงานที่ใช้และกำลังการผลิต

ค่าพลังงานที่ใช้และกำลังการผลิตในการบดวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้น ขึ้นอยู่กับความละเอียดของขนาดอนุภาควัตถุที่ต้องการและชนิดของเครื่องบด โดยที่การบดละเอียดต้องการพลังงานที่ใช้และเวลาในการบดมากกว่าการบดหยาบ และหากต้องการบดอาหารให้มีความละเอียดมาก เครื่องบดทุกชนิดจะมีกำลังการผลิตหรือปริมาณอาหารที่บดได้ต่อหน่วยเวลาลดลง อีกทั้งต้องใช้ปริมาณพลังงานในการบดอาหารต่อหน่วยของอาหารสูงขึ้น (อุทัย, 2529; Dritz and Hancock,

2001) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Wondra *et al.* (1995) ที่ศึกษาถึงผลของการบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 400, 600, 800 และ 1000 ไมครอน ต่อค่าพลังงานที่ใช้ในการบด (กิโวลต์-ชั่วโมงต่อตัน) และกำลังการผลิต (ตันต่อชั่วโมง) พบว่าการบดที่มีขนาดอนุภาคของวัตถุดิบละเอียดมากขึ้น จะทำให้ต้องใช้พลังงานในการบดเพิ่มขึ้นและกำลังการผลิตลดลง โดยเฉพาะเมื่อขนาดอนุภาคมีค่าเป็น 400 ไมครอน ทำให้กำลังการผลิตมีค่าลดลงและค่าพลังงานที่ใช้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ผลของการบดต่อค่าพลังงานที่ใช้และกำลังการผลิต

ที่มา: Wondra *et al.* (1995)

นอกจากนี้ยังพบว่า พลังงานที่ใช้ในการบดอาหารของเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์มีค่าต่ำกว่าพลังงานที่ใช้ในการบดอาหารของเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ถึง 28 เปอร์เซ็นต์ (Nir *et al.*, 1994b) และ Halvorsen and Kipfer (2002) กล่าวว่า วัตถุดิบอาหารที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์จะมีความสม่ำเสมอทางเรขาคณิตของอนุภาคตัวอย่างที่บด (GSD) ดีกว่า อนุภาคของวัตถุดิบอาหารที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์

ลักษณะทางกายภาพของอาหารต่อพฤติกรรมการเลือกจิกกินอาหารของสัตว์ปีก

ในสัตว์ปีกมีการสนองตอบต่อลักษณะทางกายภาพของอาหารในด้านรูปทรง ขนาด และสีที่แตกต่างกันไป ซึ่งเป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะส่งผลต่อการตอบสนองต่อการกินอาหารของไก่ กล่าวคือการสะท้อนความน่ากินของอาหารทางด้านกายภาพจะมากกว่าทางด้านประสาทการรับรู้ทางด้านเคมี นอกจากนี้ในสัตว์ปีกการมองเห็นจะมีความสำคัญกว่ารสและกลิ่น การกระตุ้นด้วยรูปทรงของเม็ดอาหาร ขนาดและสีจะมีผลมากกว่า ในไก่ที่โตแล้วพบว่าจะมีนิสัยชอบเลือกจิกกินอาหารอย่างอิสระ โดยเฉพาะอาหารที่มีสีแดงมากที่สุด รองลงมาคือสีน้ำเงิน เหลือง และเขียว ลดลงตามลำดับ (พันทิพา, 2539) โดยทั่วไปแล้วอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ไข่จะอยู่ในรูปอาหารผง และมีข้าวโพดเป็นวัตถุดิบหลัก ดังนั้นก่อนที่จะนำข้าวโพดมาใช้เลี้ยงสัตว์นั้น จะต้องนำมาผ่านกระบวนการบด เพื่อลดขนาดให้มีขนาดเล็กลง ก่อนที่จะนำมาใช้ผสมเป็นอาหารสัตว์ เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากพฤติกรรมการเลือกจิกกินอาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ก่อนของไก่ไข่ ซึ่งจะส่งผลให้ไก่ไข่ที่เลี้ยงอยู่ในระดับเดียวกัน ได้รับสารอาหารที่ไม่เท่ากัน และไม่ครบถ้วนตามปริมาณที่กำหนดไว้ในสูตรอาหาร

ผลของขนาดอนุภาคอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ปีก

การประเมินผลของขนาดชิ้นอาหารต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ มีสิ่งจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงคือ รูปแบบของอาหารที่จะให้สัตว์กิน อาหารที่ผลิตในเชิงการค้าสำหรับไก่เนื้อและไก่วงนั้น จะอยู่ในรูปของอาหารอัดเม็ดและอาหารขบแตก ซึ่งขนาดอนุภาคของเมล็ดธัญพืชจะมีความสำคัญในอาหารบดละเอียดมากกว่าอาหารอัดเม็ดและอาหารขบแตก ดังนั้นขนาดของอนุภาคของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสูตรอาหารไก่เนื้อ จึงมีผลไม่เด่นชัดต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ เนื่องจากเมื่อผ่านขั้นตอนการผสมให้อยู่ในรูปอาหารผงแล้ว อาหารผสมจะถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนของการคลุกไอน้ำและการอัดเม็ด จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการขบแตก ได้เป็นอาหารขบแตกและพร้อมสำหรับนำไปเลี้ยงไก่เนื้อ จากงานวิจัยโดย Cabrera (1994) รายงานว่า ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในด้านสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารขบแตก เมื่อขนาดของอนุภาคอาหารมีขนาดใหญ่ขึ้นจาก 400 เป็น 1000 ไมครอน ในปีเดียวกัน Nir *et al.* (1994a) ศึกษาถึงขนาดของข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าวสาลี ที่มีขนาดอนุภาคละเอียดในช่วงขนาด 500–600 ไมครอน ขนาดอนุภาคละเอียดปานกลางในช่วงขนาด 1100–1200 ไมครอน และขนาดอนุภาคหยาบในช่วงขนาด 2000–2100 ไมครอน ต่อสมรรถภาพการผลิต และน้ำหนักเครื่องในของไก่ พบว่าสมรรถภาพ

การผลิตของไก่มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่ออาหารมีขนาดอนุภาค 1100–1200 ไมครอน แต่เมื่อขนาดอนุภาคเพิ่มขึ้น จาก 500–600 ไมครอน จนถึง 2000–2100 ไมครอนมีผลทำให้น้ำหนักกินเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของขนาดอนุภาคของข้าวโพดในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการผลิต และน้ำหนักเครื่องในของไก่เนื้อที่อายุ 7-21 วัน

	ขนาดอนุภาคของข้าวโพด (ไมครอน)		
	500 - 600	1100 – 1200	2000 – 2100
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	357 ^u	427 ⁿ	401 ⁿ
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กรัม)	591 ^u	662 ⁿ	645 ⁿ
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (กรัมน้ำหนักตัว/กรัมอาหาร)	0.604 ^u	0.642 ⁿ	0.622 ^{nu}
น้ำหนักกิน	3.95 ^u	4.50 ⁿ	4.87 ⁿ
น้ำหนักตับ	4.41 ⁿ	3.73 ^u	4.24 ^{nu}
น้ำหนักตับอ่อน	0.48	0.48	0.48
น้ำหนักไส้ส่วนบน	1.79	1.50	1.71
น้ำหนักไส้ส่วนล่าง	4.82	4.40	4.27

หมายเหตุ ^{n,u} แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ที่มา: Nir *et al.* (1994a)

Magro and Penz (1998) ศึกษาถึงผลของขนาดอนุภาคของอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ ที่อายุ 21-42 วัน โดยใช้อาหารที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (GMD) ต่างกัน พบว่าสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากจะดีที่สุด เมื่อใช้อาหารที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (GMD) ที่ 867 ไมครอน (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Cabrera (1994) ที่ศึกษาถึงผลของขนาดอนุภาคของข้าวโพดและข้าวฟ่าง ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต โดยใช้ข้าวโพดและข้าวฟ่างที่มีขนาดอนุภาค 600, 700-900 และ 1000 ไมครอน และให้ข้อเสนอแนะว่า ไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยข้าวโพดที่มีขนาดอนุภาคใหญ่จะมีสมรรถภาพการผลิตที่ดีกว่า (ตารางที่ 3) และ Lott *et al.* (1992) ที่รายงานว่า ข้าวโพดที่ผ่านการบดด้วยเครื่อง

แฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 9.59 มิลลิเมตร ส่งผลให้น้ำหนักตัวของไก่และประสิทธิภาพการใช้
อาหารเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดที่บดด้วยขนาดรูตะแกรง 3.18 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างจาก
ผลการทดลองของ Reece *et al.* (1986b) รายงานว่า การใช้ข้าวโพดบดที่บดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์
มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3.18 และ 9.59 มิลลิเมตร มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการ
ใช้อาหารเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับขนาดรูตะแกรง 6.35 มิลลิเมตร และ Douglas *et al.* (1990) ที่
เปรียบเทียบผลของการใช้แฮมเมอร์มิลล์และโรลเลอร์มิลล์ ในการบดข้าวโพด ข้าวฟ่างแบบที่มี
ปริมาณแทนนินต่ำและข้าวฟ่างที่มีปริมาณแทนนินสูง ในอาหารผงสำหรับไก่เนื้อที่อายุ 1-21 วัน
ขนาดของอนุภาคอาหารที่บดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์จะมีขนาด 874 ไมครอน ส่วนที่บดด้วย
เครื่องโรลเลอร์มิลล์จะมีขนาด 1681 ไมครอน พบว่าไก่ที่กินอาหารที่บดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์จะ
ให้น้ำหนักตัวมากกว่า และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าการได้รับอาหารที่บดด้วยเครื่อง
โรลเลอร์มิลล์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Lott *et al.* (1992) ที่ศึกษาถึงผลของขนาดอนุภาค
ที่ต่างกันของข้าวโพดบดที่บดต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่อายุ 1-21 วัน ด้วยเครื่องบดแฮม
เมอร์มิลล์ที่มีขนาดรูตะแกรง 3.18 และ 9.59 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของ
อนุภาคเท่ากับ 716 และ 1196 ไมครอน ตามลำดับ พบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับข้าวโพดที่บดด้วยเครื่องบด
ที่ขนาดรูตะแกรง 3.18 มิลลิเมตร จะให้น้ำหนักตัวและอัตราการแลกเนื้อที่ดีกว่าข้าวโพดที่ผ่าน
การบดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ ที่ขนาดรูตะแกรง 9.59 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
(ตารางที่ 4) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไก่ในระยะเดียวกัน การเจริญของระบบย่อยอาหารยังไม่สมบูรณ์
เต็มที่เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ที่มีอายุมาก จึงทำให้การย่อยและใช้ประโยชน์จากอาหารที่มีขนาด
อนุภาคใหญ่ได้น้อย

อย่างไรก็ตามยังมีบางงานทดลองที่พบว่า ขนาดอนุภาคของอาหารไม่มีผลต่อสมรรถภาพ
การผลิต Reece *et al.* (1986a) รายงานว่า ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของประสิทธิภาพการใช้
อาหาร และน้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่อายุ 21 วัน เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของข้าวโพดที่บด
ด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 4.76 มิลลิเมตร และ 6.35 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับผล
การทดลองของ Deaton *et al.* (1989) ที่ได้เปรียบเทียบการใช้ข้าวโพดบดที่ผ่านการบดด้วยเครื่อง
แฮมเมอร์มิลล์ที่มีขนาดอนุภาคระหว่าง 814-873 ไมครอน และข้าวโพดที่ผ่านการบดด้วยเครื่อง
โรลเลอร์มิลล์ที่มีขนาดอนุภาคระหว่าง 1343-1501 ไมครอนในอาหารไก่ไข่ และพบว่าไม่มีความ
แตกต่างกันทางสถิติทั้งน้ำหนักตัว น้ำหนักไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้
อาหารและอัตราการตายของไก่ไข่ Lott *et al.* (1992) ศึกษาผลของการใช้ข้าวโพดบดที่ขนาดต่าง
กันของข้าวโพดต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่อายุ 1-21 วัน โดยอาหารที่ใช้ในการทดลอง

ใช้ในรูปอาหารขบแตก และข้าวโพดบดที่ใช้ผ่านการบดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ ที่มีขนาดรูตะแกรงตั้งแต่ 3.18-7.94 มิลลิเมตร พบว่าน้ำหนัก และอัตราการแลกเปลี่ยนของไก่อเนื้อทุกกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่นัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 2 ผลของขนาดอนุภาคอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของไก่เนื้อที่อายุ 7-21 วัน

	ขนาดอนุภาคของอาหาร (ไมครอน)				
	337	574	679	777	867
ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กรัม)	2412 ^ข	2414 ^ข	2444 ^{กข}	2604 ^{กข}	2623 ^ก
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	1430 ^ข	1529 ^{กข}	1543 ^{กข}	1569 ^ก	1613 ^ก
อัตราการแลกเปลี่ยน (กรัม/กรัม)	1.69 ^ก	1.58 ^ข	1.59 ^ข	1.66 ^{กข}	1.63 ^{กข}
น้ำหนักกิน (กรัม)	26 ^ง	36 ^{ขก}	35 ^ก	41 ^{กข}	42 ^ก
น้ำหนักเนื้อออก (กรัม)	466	486	491	484	501
น้ำหนักแข็ง (กรัม)	470 ^ข	513 ^ก	496 ^{กข}	501 ^{กข}	509 ^{กข}
น้ำหนักไขมันในช่องท้อง (กรัม)	47	45	48	49	49

หมายเหตุ ^{ก, ข, ก, ง} แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ที่มา: Magro and Penz (1998)

ตารางที่ 3 ผลของขนาดอนุภาคของข้าวโพดและข้าวฟ่างต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อ

	ขนาดอนุภาค (ไมครอน)			วัตถุดิบ
	>1000	700-900	<600	
ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กรัม)	112	112	111	ข้าวโพด
อัตราการแลกเปลี่ยน (กรัม/กรัม)	2.16	2.17	2.19	
ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กรัม)	114	115	108	ข้าวฟ่าง
อัตราการแลกเปลี่ยน (กรัม/กรัม)	2.30	2.24	2.09	

ที่มา: Cabrera (1994)

ตารางที่ 4 ผลของขนาดอนุภาคข้าวโพดที่บดด้วยขนาดรูตะแกรงต่างๆ กันในอาหารไก่เนื้อ
ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อที่อายุ 1-21 วัน

ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด แฮมเมอร์มิลล์ (มิลลิเมตร)	น้ำหนักไก่ (กรัม)	อัตราการแลกเนื้อ (กรัม/กรัม)	เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย ของอนุภาค (ไมครอน)
การทดลองที่ 1 (อาหารผง)			
3.18	749 ^ก	1.400 ^ข	716
9.59	729 ^ข	1.411 ^ก	1196
การทดลองที่ 2 (อาหารขบแตก)			
3.18	650	1.402	690
4.76	641	1.408	824
6.35	640	1.401	876
7.94	639	1.406	974

หมายเหตุ ^{ก, ข} แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ที่มา: Lott *et al.* (1992)

ขนาดอนุภาคอาหารในอาหารไก่ไข่มีความสำคัญมาก เนื่องจากอาหารไก่ไข่ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปอาหารผง หัวข้อที่มีการกล่าวถึงในงานวิจัยด้านขนาดอนุภาคอาหาร ได้แก่ ความยากในการผสม ความสม่ำเสมอของขนาดอนุภาค และการแยกส่วนขององค์ประกอบอาหาร ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ โดยการใช้วัตถุดิบที่ผ่านการบดละเอียดมาแล้ว แต่อาหารที่ละเอียดมากจะทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลงในสภาพอากาศร้อน ดังนั้นการให้อาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่เหมาะสมจะช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นได้ (Anon, 1998) จากการทดลองหลายการทดลองได้แสดงให้เห็นว่า ขนาดอนุภาคของอาหารที่มีขนาดใหญ่จะมีผลดีต่อสมรรถภาพการผลิตไข่มากกว่า (Penz, 2002) โดย Cabrera (1994) กล่าวว่า ขนาดอนุภาคที่เหมาะสมทั้งในการผลิตอาหาร สมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ไม่ควรน้อยกว่า 800 ไมครอน จึงทำให้แนวคิดของการผลิตอาหารไก่ไข่ในต่างประเทศเป็นอาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ อย่างไรก็ตาม ความสม่ำเสมอของอาหารนั้นก็มีความสำคัญต่อสมรรถภาพการผลิตอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไก่ที่เลี้ยงในระบบปิด และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือให้อาหารแบบอัตโนมัติ ซึ่งความสม่ำเสมอของอนุภาค (GSD) ถ้าค่ายิ่งต่ำจะส่งผลทำให้มีสมรรถภาพการผลิตที่ดีขึ้น (Nir *et al.*, 1994b)

อย่างไรก็ตาม ไก่ไข่เป็นสัตว์ที่มีพฤติกรรมการจิกกินอาหารที่ไวต่ออาหารขนาดอนุภาคใหญ่ (Davis *et al.*, 1951) ประกอบกับการเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศไทยมีลักษณะการเลี้ยงในกรงคับที่มีจำนวนไก่ 4-5 ตัวต่อกรง และมีช่องเปิดที่ให้ไก่จิกกินอาหารจำนวน 3 ช่องเปิด ดังนั้นไก่ที่เคลื่อนที่ได้เร็วกว่าจึงเข้ามาที่ช่องเปิดได้ก่อน และสามารถเลือกจิกกินอาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ไปก่อน ทำให้ไก่ที่เข้ามาภายหลังได้กินเพียงแต่อาหารที่มีขนาดอนุภาคเล็ก ส่งผลให้ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงคับเดียวกันได้รับสารอาหารที่ไม่เท่ากัน และมีผลสำคัญต่อความสม่ำเสมอของไก่ไข่ (bird's uniformity) ในกรงเดียวกัน รวมทั้งสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญมากในฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่ของประเทศไทย ดังนั้นข้อเท็จจริงจากรายงานการวิจัยต่างประเทศที่รายงานถึงข้อดีของการเลี้ยงไก่ไข่ด้วยอาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ทั้งในด้านการผลิตอาหาร สมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เลี้ยงไก่ไข่ในประเทศไทย ควรจะได้มีการศึกษาข้อเสนอแนะจากงานวิจัยอย่างละเอียด และนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ของประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แม่ไก่ไข่สายพันธุ์โรมา บราวน์ อายุ 30 สัปดาห์ จำนวน 600 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 40 ตัว
2. โรงเรือนปิดเลี้ยงไก่ไข่บนกรงคับ พร้อมอุปกรณ์ในการเลี้ยง ได้แก่ กรงคับ รางน้ำ รางอาหาร เป็นต้น
3. อุปกรณ์การวิเคราะห์คุณภาพไข่ ได้แก่ เครื่องวัดความสูงไข่ขาว เครื่องชั่งน้ำหนัก ฟัดวัดสีไข่แดง ฯลฯ

วิธีการ

ไก่ทดลองถูกจัดแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง (treatment) แต่ละกลุ่มทดลองมี 5 ซ้ำ ซ้ำละ 40 ตัว ไก่ไข่แต่ละกลุ่มการทดลองได้รับอาหารที่มีโปรตีน 17.8 เปอร์เซ็นต์ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2,750 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมเท่ากันทุกกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวโพดที่แตกต่างกัน คือ

- กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ ที่ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร
- กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ ที่ขนาดรูตะแกรง 10 มิลลิเมตร
- กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวโพดที่บดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ ที่มีระยะห่างของลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร และผ่านรูตะแกรงขนาด 10 มิลลิเมตร

ข้าวโพดบดที่นำมาใช้ในการทดลอง เป็นข้าวโพดที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์แบบอุตสาหกรรม ของโรงงานอาหารสัตว์ โดยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (GMD) ความสม่ำเสมอของอนุภาค (GSD) พื้นที่ผิวของอนุภาค และจำนวนอนุภาคต่อกรัมของข้าวโพดบดและอาหารทดลองของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง แสดงในตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวโพดบดทั้ง 3 กลุ่มที่ใช้ในการทดลอง

	ข้าวโพดบด		
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (ไมครอน)	638	870	1079
CV ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย	9.47	5.55	6.97
ความสม่ำเสมอของขนาดอนุภาค	2.03	2.25	2.42
พื้นที่ผิวของอนุภาค (ตารางเซนติเมตร/กรัม)	224	171	142
จำนวนอนุภาคต่อกรัม (อนุภาค/กรัม)	129,862	99,180	46,660
ความหนาแน่นของวัตถุดิบ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.54	0.56	0.58
เปอร์เซ็นต์ซังของข้าวโพด (%)	-	-	5.76

หมายเหตุ กลุ่มที่ 1 ขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวโพดผ่านการบดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์

ที่ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร

กลุ่มที่ 2 ขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวโพดผ่านการบดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์

ที่ขนาดรูตะแกรง 10 มิลลิเมตร

กลุ่มที่ 3 ขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวโพดผ่านการบดด้วยเครื่องโรตเตอร์มิลล์

ที่มีระยะห่างของลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร และผ่านรูตะแกรงขนาด 10 มิลลิเมตร

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางกายภาพของอาหารไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่มที่ใช้ในการทดลอง

	อาหารไก่ไข่		
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (ไมครอน)	556	735	832
CV ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย	1.72	4.07	4.67
ความสม่ำเสมอของขนาดอนุภาค	2.11	2.03	2.23
พื้นที่ผิวของอนุภาค (ตารางเซนติเมตร/กรัม)	290	198	174
จำนวนอนุภาคต่อกรัม (อนุภาค/กรัม)	273,700	87,501	54,265
ความหนาแน่นของวัตถุดิบ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.49	0.53	0.57

หมายเหตุ กลุ่มที่ 1 ขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวโพดผ่านการบดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์

ที่ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร

กลุ่มที่ 2 ขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวโพดผ่านการบดเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์

ที่ขนาดรูตะแกรง 10 มิลลิเมตร

กลุ่มที่ 3 ขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวโพดผ่านการบดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์

ที่มีระยะห่างของลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร และผ่านรูตะแกรงขนาด 10 มิลลิเมตร

ทำการทดลองในโรงเรือนปิด โดยไก่ไข่ถูกเลี้ยงในกรงตับขนาด 18 x 36 x 16 ลูกบาศก์นิ้ว
กรงตับละ 4 ตัว โดยมีโปรแกรมการให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ตลอดการทดลองให้ไก่ได้รับอาหาร
ไก่ไข่ (ตารางที่ 7) และน้ำดื่มที่เหมือนกันทุกกลุ่ม โดยให้กินอาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 7.00 และ
15.00 นาฬิกา ส่วนน้ำให้กินโดยผ่านรางน้ำหน้ากรงตับตลอดเวลา

ตารางที่ 7 สูตรอาหารไก่ไข่ที่ใช้ตลอดการทดลอง

วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์
ข้าวโพด	53.68
กากถั่วเหลือง 44% โปรตีน	21.15
ปลาป่น 58% โปรตีน	5.00
รำสกัดน้ำมัน	10.00
น้ำมันปาล์ม	1.00
เปลือกหอยป่น	7.65
ไคแคลเซียมฟอสเฟต (P18)	0.75
เกลือ	0.40
ดีแอลเมทไธโอนีน	0.12
พรีมิกซ์ไก่ไข่ ¹	0.25
<u>โภชนะในอาหารที่ได้จากการคำนวณ</u>	
โปรตีน (%)	17.8
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	2750
เยื่อใย (%)	5.04
แคลเซียม (%)	3.50
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ (%)	0.40
ไลซีน (%)	0.95
เมทไธโอนีน + ซีสทีน (%)	0.71

¹ พรีมิกซ์ไก่ไข่ 1 กิโลกรัม = วิตามินเอ (หน่วยสากล) 4,000,000 วิตามินดี (หน่วยสากล) 1,200,000 วิตามินอี 4,000 มก. วิตามินเค 600 มก. วิตามินบี 1 800 มก. วิตามินบี 2 2,000 มก. วิตามินบี 6 1,200 มก. วิตามินบี 12 2.5 มก. กรดนิโคตินิก 5,000 มก. ดี-แคลเซียมแพนโทธีนิก 3,000 มก. กรดโฟลิก 200 มก. ไบโอติน 4 มก. โคลีนคลอไรด์ 100,000 มก. แมงกานีส 24 ก. สังกะสี 20 ก. เหล็ก 16 ก. ทองแดง 4 ก. ไอโอดีน 0.8 ก. โคบอลต์ 0.08 ก. และซีลีเนียม 0.04 ก.

การบันทึกข้อมูล

การทดลองมีการเก็บบันทึกข้อมูลเป็น 5 ช่วงเวลา ช่วงเวลาละ 28 วัน คือ ช่วงที่ไก่ไข่อายุ 30-33, 34-37, 38-41, 42-45 และ 46-49 สัปดาห์ โดยแต่ละช่วงจะมีการบันทึกข้อมูลดังนี้ คือ

1. น้ำหนักตัวไก่เมื่อเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วง
2. ปริมาณอาหารที่กิน
3. ผลผลิตไข่แต่ละวัน และจำนวนไข่ตาย
4. สุ่มตัวอย่างอาหารของทุกกลุ่ม เพื่อวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวโพด
5. ใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงจะทำการตรวจวัดคุณภาพไข่ดังนี้ คือ
 - 5.1 บันทึกน้ำหนักไข่ทุกฟองในแต่ละกลุ่ม
 - 5.2 บันทึกความถ่วงจำเพาะของฟองไข่ทุกฟองในแต่ละกลุ่ม
 - 5.3 สุ่มไข่ทุกเช้า ซ้ำละ 8 ฟองในแต่ละกลุ่ม เพื่อ
 - 5.3.1 บันทึกสีของไข่แดง
 - 5.3.2 บันทึกความสูงไข่ขาว
 - 5.3.3 บันทึกความหนาของเปลือกไข่

นำค่าที่บันทึกต่างๆ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังต่อไปนี้

1. ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน $= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง}}{28 \text{ วัน} \times \text{จำนวนไก่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}$
2. ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล $= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง} \times 12}{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง}}$
3. % ผลผลิตไข่ (Hen-day egg production) $= \frac{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง} \times 100}{28 \text{ วัน} \times \text{จำนวนไก่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}$
4. น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง $= \frac{\text{น้ำหนักไข่รวม}}{\text{จำนวนไข่}}$
5. มวลไข่ต่อแม่ไก่ต่อวัน $= \% \text{ ผลผลิตไข่ (Hen-day egg production)} \times \text{น้ำหนักไข่เฉลี่ย}$

6. อัตราการเลี้ยงรอด = $\frac{\text{จำนวนไก่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนไก่เมื่อเริ่มการทดลอง}}$
7. Haugh Unit = $100 \log \left[H - \frac{\sqrt{G} (30W^{0.37} - 100)}{100} + 19 \right]$
- H = ความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร)
- W = น้ำหนักไข่ (กรัม)
- G = 32.2

(Stadelman and Cotterill, 1995)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2003) โดยมีแบบหุ่นทางสถิติ คือ

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้จากซ้ำที่ j ซึ่งได้รับทรีทเมนต์ที่ i

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

τ_i = อิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ i ($i = 1, 2, 3$)

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลองจาก treatment ที่ i ของซ้ำที่ j ($j = 1, 2, 3, 4, 5$)

สถานที่ทำการทดลอง

1. ศึกษาสมรรถภาพการผลิตไข่ และคุณภาพไข่ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตสัตว์ปีก สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. ศึกษาขนาดอนุภาคเฉลี่ยของเมล็ดข้าวโพดที่ใช้ในการทดลอง ณ สาขาวิชาเทคโนโลยีกระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง เดือนพฤษภาคม 2549 และสิ้นสุดการทดลอง เดือนกันยายน 2549

ผลและวิจารณ์

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง พบว่าไม่มีปฏิกิริยาร่วมระหว่างกลุ่มทดลองและช่วงเวลาที่ทำการศึกษา จึงรวบรวมข้อมูลในแต่ละลักษณะจากทุกช่วงเวลาเข้าด้วยกัน เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลอง สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดบดที่ขนาดต่างๆกัน แสดงไว้ในตารางที่ 8 และ 9

ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต

ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน

ผลจากการทดลองใช้ข้าวโพดบดขนาดต่างๆ ในอาหารไก่ไข่ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 ไมครอน (บดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มีลที่ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร) และ 870 ไมครอน (บดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มีลที่ขนาดรูตะแกรง 10 มิลลิเมตร) (ตารางที่ 5) มีปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มีลที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 115.89, 116.42 และ 118.50 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 โหล

ผลการศึกษาการใช้ข้าวโพดบดที่ขนาดต่างๆ กันในอาหารไก่ไข่ ต่อปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 โหล พบว่า กลุ่มที่ได้รับข้าวโพดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638, 870 และ 1079 ไมครอน (บดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มีลที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องโรลเลอร์มีลที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) ใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 โหลเท่ากับ 1.75, 1.71 และ 1.80 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 8) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดที่มี

ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน มีการใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 โหลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนกลุ่มที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 โหลสูงกว่า กลุ่มที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 870 ไมครอน ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 ไมครอน ($P>0.05$)

น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง

ผลการศึกษาการใช้ข้าวโพดบดขนาดต่างๆในอาหารไก่ไข่ ต่อน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง (กรัม) ของไก่ไข่ แสดงไว้ในตารางที่ 8 พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638, 870 และ 1079 ไมครอน (บดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 85.8, 86.4 และ 88.4 กรัม ตามลำดับ

อัตราการตาย

ผลการทดลองพบว่า อัตราการตายของไก่ไข่ทุกกลุ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 4.00, 5.00 และ 2.50 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638, 870 และ 1079 ไมครอน ตามลำดับ (ผ่านการบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 8)

เปอร์เซ็นต์การให้ผลผลิตไข่ต่อวัน (% hen-day egg production)

จากผลการทดลองปรากฏว่า ผลผลิตไข่ของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดที่ 638, 870 และ 1079 ไมครอน (บดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 81.18, 82.79 และ 80.94 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของผลผลิตไข่ของไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม

พบว่า มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 2.86, 2.44 และ 3.31 ในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดที่ 638, 870 และ 1079 ไมครอน ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต

สมรรถภาพการผลิต	ขนาดอนุภาคข้าวโพด			P-Value
	3 มม. HMSO	10 มม. HMSO	1.8 ซม. RM	
ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย (กรัม/วัน)	115.89±2.07 ^u	116.42±1.50 ^u	118.50±0.38 ⁿ	0.0404
ปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 โหล (กิโลกรัม)	1.75±0.02 ^u	1.71±0.03 ^u	1.80±0.06 ⁿ	0.0577
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง (กรัม)	85.8±3.64	86.4±3.57	88.4±4.42	0.8062
ผลผลิตไข่ (%)	81.18±3.82	82.79±2.60	80.94±3.23	0.6315
CV ของผลผลิตไข่ (%)	2.86±1.25	2.44±0.58	3.31±1.37	0.4892
น้ำหนักไข่ (กรัม)	63.93±0.76	63.80±0.83	63.91±1.21	0.9712
CV ของน้ำหนักไข่ (%)	7.91±0.49 ^u	7.92±0.60 ^u	8.74±0.61 ⁿ	0.0232
มวลไข่	51.91±2.63	52.82±1.75	51.71±1.56	0.6642
CV ของมวลไข่ (%)	2.42±0.70	2.28±0.85	2.67±1.21	0.7993
อัตราการตาย (%)	2.00±2.09	5.00±4.68	2.50±2.50	0.3371

หมายเหตุ ^{n, u} แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

HMSO (hammer mill screen opening) คือ รูเปิดของตะแกรงของเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์
RM (roller mill) คือ เครื่องบดโรลเลอร์มิลล์

น้ำหนักไข่ และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่

ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 638, 870 และ 1079 ไมครอน (บดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องบด

โรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีน้ำหนักไข่เฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 63.93, 63.80 และ 63.91 กรัม ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่เฉลี่ยของไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 7.91, 7.92 และ 8.74 ตามลำดับ โดยค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่ไก่เฉลี่ยของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่ไก่เฉลี่ยสูงกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่เฉลี่ยของกลุ่มที่ได้รับข้าวโพดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 8)

มวลไข่และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของมวลไข่

จากผลการทดลอง พบว่า ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638, 870 และ 1079 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีมวลไข่ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 51.91, 52.82 และ 51.71 ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของมวลไข่ของไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 2.42, 2.28 และ 2.67 ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

ผลการทดลอง ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ไก่ แสดงไว้ในตารางที่ 9 จากการทดลองปรากฏผลดังนี้ คือ

ฮอกยูนิตและค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของค่าฮอกยูนิต

ผลการทดลอง เลี้ยงไก่ไข่ด้วยอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดต่างๆ กันที่ 638, 870 และ 1079 ไมครอน มีแนวโน้ม ($P=0.1897$) ว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยข้าวโพดบด ที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน (บดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร) จะให้ไข่ที่มีค่าฮอกยูนิตต่ำกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ

870 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ) โดยค่าฮอกยูนิตของทั้ง 3 กลุ่มมีค่าเท่ากับ 77.37, 77.48 และ 75.81 ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของค่าฮอกยูนิตของทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 16.49, 14.95 และ 17.08 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ผลของการใช้ข้าวโพดบดที่ขนาดต่างๆ ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

คุณภาพไข่	ขนาดอนุภาคข้าวโพด			P-Value
	3 มม. HMSO	10 มม. HMSO	1.8 ซม. RM	
ฮอกยูนิต	77.37±1.50	77.48±1.52	75.81±1.51	0.1897
CV ของฮอกยูนิต (%)	16.49±2.76	14.95±1.42	17.08±2.40	0.3414
ความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)	0.37±0.01	0.38±0.01	0.38±0.01	0.6624
ความถ่วงจำเพาะ	1.089±0.001	1.089±0.001	1.088±0.001	0.8054
สีไข่แดง (คะแนน)	8.59±0.17 ^ก	9.44±0.16 ^ก	9.12±0.19 ^ข	0.0001
CV ของสีไข่แดง (%)	12.27±2.24 ^ข	11.79±1.07 ^ข	13.55±0.44 ^ก	0.0225
ความเข้มสีไข่แดงสูงสุด ¹	11	12	12	-
ความเข้มสีไข่แดงต่ำสุด ²	5	6	5	-
SD ของสีไข่แดง	1.05	1.11	1.23	-
น้ำหนักไข่แดง (กรัม)	16.98±0.17	16.99±0.30	16.90±0.26	0.8229
CV ของน้ำหนักไข่แดง (%)	10.09±1.24	9.77±0.69	10.04±0.35	0.8175
น้ำหนักไข่ขาว (กรัม)	40.14±0.54	40.11±0.69	39.91±0.60	0.8022
CV ของน้ำหนักไข่ขาว (%)	7.70±0.32 ^ข	7.61±0.39 ^ข	8.27±0.48 ^ก	0.0488
ความสูงไข่ขาวชั้น (มิลลิเมตร)	5.26±0.16	5.25±0.17	5.08±0.13	0.1630
CV ของความสูงไข่ขาวชั้น	21.96±2.21	20.14±1.44	22.43±2.58	0.2381

หมายเหตุ ^{ก, ข, ค} แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{1, 2} แต้มคะแนนวัดตามพดพิสัยสี จากบริษัท Roche (ค่าสี 1-15)

HMSO (hammer mill screen opening) คือ รูเปิดของตะแกรงของเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์

RM (roller mill) คือ เครื่องบดโรลเลอร์มิลล์

ความหนาเปลือกไข่

ผลการศึกษา ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ต่อความหนาเปลือกไข่ของไข่ไก่ แสดงไว้ในตารางที่ 9 พบว่า ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638, 870 และ 1079 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีความหนาเปลือกไข่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.37, 0.38 และ 0.38 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ความถ่วงจำเพาะ

ผลการศึกษา ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ต่อความถ่วงจำเพาะของไข่จากแม่ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม แสดงไว้ในตารางที่ 9 พบว่าไข่ไก่จากแม่ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638, 870 และ 1079 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ไก่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.089, 1.089 และ 1.088 ตามลำดับ

สีไข่แดงและค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของสีไข่แดง

ผลการศึกษา ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อค่าความเข้มสีของไข่แดงของแม่ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดที่ 638, 870 และ 1079 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) พบว่ามีค่าความเข้มสีของไข่แดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) มีเท่ากับ 8.59, 9.44 และ 9.12 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดบดเฉลี่ย 870 ไมครอน มีค่าความเข้มสีไข่แดงสูงที่สุด และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดบดเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีค่าความเข้มสีของไข่แดงต่ำกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 870 ไมครอน แต่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 ไมครอน (ตารางที่ 9)

ค่าความเข้มสีไข่แดงสูงสุดของไข่ไก่จากแม่ไก่ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 11, 12 และ 12 ตามลำดับ และค่าความเข้มสีต่ำสุดของไข่ไก่จากแม่ไก่ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 5, 6 และ 5 ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของความเข้มสีไข่แดงของไข่ไก่จากแม่ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดที่ 638, 870 และ 1079 ไมครอน มีค่าเท่ากับ 12.27, 11.79 และ 13.55 ตามลำดับ โดยค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของความเข้มสีไข่แดงของไข่ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของความเข้มสีของไข่แดงสูงกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของความเข้มสีไข่แดงของแม่ไก่ในกลุ่มที่ได้รับข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 9)

น้ำหนักไข่แดงและค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่แดง

ผลการศึกษา ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ค่อน้ำหนักไข่แดงของไข่ไก่จากแม่ไก่ทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638, 870 และ 1079 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดครุตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีน้ำหนักไข่แดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 16.98, 16.99 และ 16.90 ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่แดงของแม่ไก่ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 10.09, 9.77 และ 10.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

น้ำหนักไข่ขาวและค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่ขาว

ผลการศึกษา ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ค่อน้ำหนักไข่ขาวของไข่ไก่จากแม่ไก่ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638, 870 และ 1079 ไมครอน (บดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดครุตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีน้ำหนักไข่ขาวเท่ากับ 40.14, 40.11 และ 39.91 ตามลำดับ ส่วนค่า

สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่ขาวของไข่ไก่ จากแม่ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไข่ไก่จากแม่ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่ขาวสูงกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน โดยมีค่าเท่ากับ 7.70, 7.61 และ 8.27 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ความสูงไข่ขาวชั้นและค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของความสูงไข่ขาวชั้น

ผลการทดลองเลี้ยงไก่ไข่ด้วยอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดต่างๆ กันที่ 638, 870 และ 1079 ไมครอน ต่อค่าความสูงไข่ขาวชั้น มีแนวโน้มว่าไข่ไก่จากแม่ไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร) มีค่าความสูงไข่ขาวชั้นต่ำกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ) ($P = 0.1630$) โดยค่าความสูงไข่ขาวชั้นของทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 5.26, 5.25 และ 5.08 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของความสูงไข่ขาวชั้นของไข่ไก่จากแม่ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่เป็นนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 21.96, 20.14 และ 22.43 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของขนาดข้าวโพดในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต

ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม ส่งผลให้สมรรถภาพการผลิตของแม่ไก่บางลักษณะ ได้แก่ มวลไข่ น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง และอัตราการตายของไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่เป็นนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ต่อปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันของแม่ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่มนั้น พบว่า มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันของแม่ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน (บดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร) มีค่าสูงกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร

ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 8) ทั้งนี้เนื่องมาจากกลุ่มที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน จะส่งผลให้อาหารมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 832 ไมครอน ซึ่งมีขนาดอนุภาคของอาหารใหญ่กว่า กลุ่มที่ใช้ข้าวโพดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน ที่ให้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของอาหารเท่ากับ 556 และ 735 ไมครอน ตามลำดับ (ตารางที่ 6) จึงส่งผลให้มีปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันมากกว่ากลุ่มอื่นๆ เพราะขนาดอนุภาคของอาหารที่มีขนาดใหญ่จะกระตุ้นการจิกกินอาหารของไก่ให้เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Davis *et al.* (1951) และ Nir *et al.* (1990) ที่กล่าวว่าปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันนั้น มีความสัมพันธ์กับขนาดอนุภาคของอาหาร โดยขนาดอนุภาคของอาหารที่ใหญ่จะมีความหนาแน่นของเนื้ออาหารสูง (high density) ทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้นในระยะเวลาและปริมาณที่เท่ากัน ส่วนอาหารที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะมีลักษณะเป็นฝุ่นผง จึงก่อให้เกิดความรำคาญต่อตัวสัตว์ในขณะที่คุ้ยเขี่ยและกินอาหาร ส่งผลให้สัตว์กินน้ำมากขึ้น และมีปริมาณการกินอาหารลดลง (เกียรติศักดิ์, 2546; Patrick and Schaible, 1980; Cheeke, 1999)

ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ต่อผลผลิตไข่ของแม่ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าผลผลิตไข่เฉลี่ยของแม่ไก่ไข่กลุ่มที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638, 870 และ 1079 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร และบดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของผลผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มอื่น เนื่องมาจากกลุ่มที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดที่มีขนาดใหญ่ และค่อนข้างหยาบกว่ากลุ่มอื่นๆ และเมื่อนำไปผสมเป็นอาหารผงสำหรับเลี้ยงไก่ไข่แล้ว จะทำให้ได้อาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยสูง และมีความสม่ำเสมอของอนุภาควัตถุดิบอาหารสัตว์น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ (ตารางที่ 6) ประกอบกับการที่ไก่ไข่มีพฤติกรรมการเลือกจิกกินอาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ก่อน ทำให้ไก่ไข่ตัวที่เข้ามาที่รูเปิดได้ก่อน เลือกจิกกินข้าวโพดที่เป็นแหล่งของพลังงานได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้มีผลผลิตไข่สูง ส่วนไก่ไข่ที่ไม่สามารถเข้ามาที่รูเปิดได้ทัน หรือเข้ามากินในภายหลัง ก็จะได้กินแต่อาหารที่มีขนาดอนุภาคเล็กที่เหลืออยู่ ได้แก่ กากถั่วเหลือง ปลาป่น เป็นต้น จึงทำให้ได้รับพลังงานในระดับที่ไม่เพียงพอต่อการสร้างผลผลิตไข่ ทำให้มีผลผลิตไข่ลดลง ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดบดเฉลี่ยที่ 1079 ไมครอน มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของผลผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Leeson and Summers (1991) และ

Gillespie (2001) ที่พบว่าปริมาณพลังงานที่ไก่ไข่ได้รับในแต่ละวัน จะมีผลอย่างมากต่อปริมาณของสารอาหารชนิดต่างๆ ที่จะต้องใช้ในการสร้างไข่ของไก่ไข่สายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้เลี้ยงกันในปัจจุบัน และพบว่าระดับพลังงานที่สัตว์ได้รับนั้น ถ้ามีค่ามากจะมีผลอย่างมากต่อปริมาณของผลผลิตไข่ที่ได้รับ

ปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 โหลของทั้ง 3 กลุ่มนั้น พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน มีปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 โหล แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในขณะที่แม่ไก่ไข่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 โหลสูงกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 870 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 638 ไมครอน ($P > 0.05$) ซึ่งจากการพิจารณาปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันและผลผลิตไข่ของแม่ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม (ตารางที่ 8) พบว่า แม่ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ เนื่องมาจากมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของอาหารสูงกว่ากลุ่มอื่น (ตารางที่ 6) ส่งผลให้ไก่ไข่มีการจิกกินอาหารเพิ่มขึ้น แต่มีผลผลิตไข่ใกล้เคียงกับกลุ่มอื่น และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของผลผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ เนื่องมาจากพฤติกรรมกรอกเลือกจิกกินอาหารของไก่ไข่ ทำให้ไก่ไข่ที่เลี้ยงอยู่ในกรงคับเดียวกันได้รับระดับของพลังงานไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้ปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 โหลของแม่ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดบดเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ

ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ ต่อน้ำหนักไข่ของแม่ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ไข่ไก่จากแม่ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม มีน้ำหนักไข่เฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่จากแม่ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดบดเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 8) เนื่องมาจากกลุ่มที่ใช้ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดที่มีขนาดใหญ่ และค่อนข้างหยาบกว่ากลุ่มอื่นๆ และเมื่อนำไปผสมเป็นอาหารผงสำหรับเลี้ยงไก่ไข่แล้ว จะทำให้ได้อาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยสูง และมีความสม่ำเสมอของอนุภาควัตถุดิบอาหารสัตว์น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ (ตารางที่ 6) ทำให้ไก่ไข่สามารถเลือกจิกกินข้าวโพดซึ่งมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าวัตถุดิบอาหารชนิดอื่นในอาหารไก่ไข่ ดังนั้นไก่ไข่ตัวที่เข้ามาที่รูเปิดได้

ก่อนจึงเลือกจิกกินแต่ข้าวโพด ทำให้ไข่ไก่จากไก่ตัวที่เข้ามาเลือกจิกกินแต่ข้าวโพดนี้มีน้ำหนักไข่ และขนาดเล็กกว่า ไข่ไก่ที่ได้จากแม่ไก่ตัวที่เข้ามากินได้ภายหลัง ซึ่งจะได้กินแต่วัตถุดิบอาหารที่มี ขนาดอนุภาคเล็ก ได้แก่ กากถั่วเหลือง ปลาป่น วิตามินและแร่ธาตุพรีเม็กซ์ เป็นต้น จึงทำให้ไข่ไก่ที่ได้จากแม่ไก่ตัวหลังมีขนาดและน้ำหนักมากกว่า เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่ได้รับจะส่งผลต่อ ขนาดฟองไข่ ด้วยเหตุนี้เอง จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่จากแม่ไก่ ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดบดเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ซึ่ง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Leeson and Summers (1991) และ Gillespie (2001) ที่พบว่าระดับ ของโปรตีนที่ไข่ไก่ได้รับ จะมีผลต่อขนาดของฟองไข่มากกว่าระดับของพลังงานที่ไข่ไก่ได้รับ โดย ผลผลิตไข่จะมีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อแม่ไก่ไข่ได้รับปริมาณโปรตีนที่มากขึ้น

ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

จากผลการทดลองพบว่า ผลของข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม มีผลให้คุณภาพไข่ ได้แก่ ความหนาเปลือกไข่และค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ไก่ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนค่าฮอกยูนิตของไข่ไก่จากแม่ไก่ทั้ง 3 กลุ่ม พบมีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ได้รับ อาหารที่มีขนาดอนุภาคข้าวโพดบดเฉลี่ย 1079 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ที่มี ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร) จะให้ค่าฮอกยูนิตต่ำกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาด อนุภาคของข้าวโพดบดเฉลี่ย 638 และ 870 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรู ตะแกรง 3 และ 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ) ($P=0.1897$) ซึ่งค่าฮอกยูนิตนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าความ สูงไข่ขาวชั้นและน้ำหนักไข่ เมื่อพิจารณาค่าความสูงไข่ขาวชั้นและน้ำหนักไข่จากแม่ไก่ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของไข่ไก่จากแม่ไก่ทั้ง 3 กลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน แต่พบว่าแม่ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับ อาหารที่มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดบดเฉลี่ย 1079 ไมครอน มีแนวโน้มที่จะให้ค่าความสูงไข่ขาว ชั้นต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P=0.1630$) และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของความสูงไข่ขาวชั้นสูง กว่ากลุ่มอื่น (ตารางที่ 9) เนื่องมาจากพฤติกรรมการเลือกจิกกินแต่ข้าวโพดที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ ทำให้ไข่ไก่ตัวที่เลือกจิกกินแต่ข้าวโพดได้รับปริมาณของโปรตีนในระดับที่ต่ำ ซึ่งระดับของโปรตีนที่ ไข่ไก่ได้รับจากอาหารจะส่งผลโดยตรงต่อการสร้างไข่ขาวภายในฟองไข่ ดังนั้นไข่ไก่ตัวที่เลือกจิกกิน แต่ข้าวโพดจะมีลักษณะของไข่ขาวชั้นที่ค่อนข้างเหลว ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ค่าฮอกยูนิตของไข่ ไ่จากแม่ไก่ไข่กลุ่มที่ 3 มีแนวโน้มที่น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ

ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อความเข้มสีของไข่แดง และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของความเข้มสีของไข่แดง พบว่า ค่าความเข้มสีไข่แดงของไข่ไก่จากแม่ไก่ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 870 และ 1079 ไมครอน (บดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดครูตะแกรง 10 มิลลิเมตร และผ่านการบดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) จะให้ค่าความเข้มสีของไข่แดงสูงกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 638 ไมครอน (บดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดครูตะแกรง 3 มิลลิเมตร) เนื่องจากมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดใหญ่ และค่อนข้างหยาบกว่า และมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของอาหารที่ 735 และ 832 ไมครอน ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ส่งผลให้มีปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันสูงกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 638 ไมครอน เนื่องจากขนาดอนุภาคของอาหารที่ใหญ่จะกระตุ้นการจิกกินอาหารของไก่ไข่ จึงทำให้ไก่ไข่ของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดที่ 870 และ 1079 ไมครอน มีโอกาสได้รับข้าวโพดซึ่งเป็นแหล่งของสารสีในไข่แดงเพิ่มมากขึ้นด้วย (Fox and VEVERS, 1960; BELYAVIN and MARANGOS, 1989) ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดที่ 638 ไมครอน จะมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของอาหารที่ 556 ไมครอนและมีความหนาแน่นของอาหารต่ำกว่ากลุ่มอื่น (ตารางที่ 6) จึงส่งผลให้มีปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันน้อยกว่ากลุ่มอื่น อีกทั้งลักษณะของอาหารที่เป็นฟุ้งผง จะทำให้มีการตกหล่นหรือสูญหายของอาหารติดตามรางน้ำหรือรางอาหารได้ง่าย จึงทำให้มีปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันสูงกว่าความเป็นจริง ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดที่ 638 ไมครอน มีค่าความเข้มสีของไข่แดงน้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ

และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มสีไข่แดงของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 870 และ 1079 ไมครอน พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 1079 ไมครอน มีปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันสูงกว่า แต่มีค่าความเข้มของสีไข่แดงต่ำกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 870 ไมครอน เนื่องจาก 2 กรณีคือ เปอร์เซ็นต์ของซังข้าวโพดที่ติดมาจากระบวนการบดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ จากการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์ของซังข้าวโพดที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ที่ใช้ในการทดลองนี้ มีค่าเท่ากับ 5.76 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5) ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของซังข้าวโพดที่ติดมาจะส่งผลให้ไก่ไข่มีโอกาสได้รับสารสีจากข้าวโพดในปริมาณที่ลดลง ดังนั้น ซังข้าวโพดในกลุ่มของข้าวโพดที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าความเข้มสีของไข่แดงลดลงได้ อีกสาเหตุหนึ่งซึ่งเป็นสาเหตุหลัก ที่ทำให้ค่าความเข้มสีของไข่แดงของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย

ของข้าวโพดบด 1079 ไมครอน มีค่าความเข้มข้นสีไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 870 ไมครอน และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของสีไข่แดงสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องจากพฤติกรรมการเลือกจิกกินอาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ของไก่ไข่ โดยไก่ไข่ตัวที่เข้ามาเลือกจิกกินอาหารได้ก่อนก็จะเลือกจิกกินแต่ข้าวโพดที่เป็นแหล่งของสารสี ซึ่งมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าวัตถุดิบอาหารชนิดอื่นในอาหารไก่ไข่ จึงส่งผลให้ไก่ไข่กลุ่มที่เข้ามาเลือกจิกกินข้าวโพดก่อนนี้ มีค่าความเข้มข้นสีของไข่แดงสูงกว่า กลุ่มที่เข้ามาเลือกจิกกินในภายหลัง ซึ่งมีโอกาสได้รับข้าวโพดในปริมาณน้อย ส่งผลให้มีค่าความเข้มข้นสีของไข่แดงต่ำ โดยค่าความเข้มข้นสีไข่แดงสูงสุดและต่ำสุดของไข่แดงจากแม่ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 9 ด้วยเหตุนี้เองจึงส่งผลให้กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดที่ 1079 ไมครอน มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของความเข้มข้นสีของไข่แดงสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต พบว่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดที่ใหญ่ขึ้น จะส่งผลให้มีปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันเพิ่มมากขึ้น และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 870 ไมครอน (บดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 10 มิลลิเมตร) มีปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 โหลดีกว่ากลุ่มอื่น ด้านน้ำหนักไข่เฉลี่ยของไข่จากแม่ไก่ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบดที่ 1079 ไมครอน (บดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร) มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่สูงกว่ากลุ่มอื่น ส่วนผลผลิตไข่มวลไข่ น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง และอัตราการตายของไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกัน

2. ผลของขนาดข้าวโพดบดในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพด 1079 ไมครอน มีแนวโน้มที่จะให้ค่าฮอกยูนิต และความสูงไข่ขาวขึ้นต่ำกว่ากลุ่มอื่น และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่ขาวสูงกว่ากลุ่มอื่น ด้านความเข้มของสีไข่แดง พบว่าแม่ไก่ไข่กลุ่มที่ได้อาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 870 และ 1079 ไมครอน (ผ่านการบดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 10 มิลลิเมตร และเครื่องบดโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) ซึ่งมีขนาดอนุภาคของข้าวโพดบดที่ใหญ่ และค่อนข้างหยาบ จะมีค่าความเข้มสีของไข่แดงมากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 638 ไมครอน (บดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ที่มีขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร) และพบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 1079 ไมครอน มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความเข้มสีไข่แดงสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนความหนาเปลือกไข่ ความถ่วงจำเพาะ น้ำหนักไข่แดง และน้ำหนักไข่ขาวของไข่ไก่จากแม่ไก่ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกัน

3. จากผลการทดลองพบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 870 ไมครอน (บดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 10 มิลลิเมตร) จะมีสมรรถภาพการผลิต

และคุณภาพไข่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ ภายใต้สภาพการเลี้ยงดูแบบหนาแน่น เนื่องจากกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคของข้าวโพดบด 638 ไมครอน (บดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ที่ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร) จะทำให้ไก่ไข่มีปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันลดลง เนื่องจากความเป็นฝุ่นผงของอาหาร ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 1079 ไมครอน (บดด้วยเครื่องโรลเลอร์มิลล์ที่มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.8 เซนติเมตร) จะมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของน้ำหนักไข่และสีไข่แดงสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ เนื่องมาจากพฤติกรรมการเลือกจิกกินแต่ข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ ทำให้แม่ไก่ไข่ที่เลี้ยงอยู่ในกรงระดับเดียวกันได้รับสารอาหารไม่เท่ากัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลและผลการทดลอง พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของข้าวโพดบด 870 ไมครอน มีสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ดีที่สุด ภายใต้สภาพการเลี้ยงดูแบบหนาแน่นเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ การที่จะตัดสินใจเลือกใช้อาหารที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับสภาพการเลี้ยงดูเป็นสำคัญ ในสภาพการเลี้ยงดูแบบหนาแน่น ถ้าใช้อาหารไก่ไข่ที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยใหญ่ จะส่งผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ได้ ทำให้เกิดความแปรปรวนของน้ำหนักไข่และสีไข่แดงจากไข่ไก่ทั้งหมด ซึ่งเป็นผลมาจากพฤติกรรมการเลือกจิกกินอาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ของไก่ไข่ที่เลี้ยงอยู่ในกรงระดับเดียวกัน ทำให้ไก่ไข่ที่เลี้ยงอยู่ในกรงระดับเดียวกันได้รับสารอาหารไม่เท่ากัน และไม่ครบถ้วนตามสูตรอาหารที่คำนวณไว้ ดังนั้นการลดขนาดอนุภาคเฉลี่ยของอาหารลงก็เป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตอาหารให้สูงขึ้น แต่ก็คุ้มค่าถ้าแลกกับสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของไก่ไข่ที่ดีขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ. 2546. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์ปีก. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะวิชาสัตวศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช, นครศรีธรรมราช. 289 น.

ณัฐชนก อมรเทวภัทร. 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีการผลิตอาหารสัตว์. โครงการจัดตั้งภาควิชาเทคโนโลยีทางกระบวนการเคมีและฟิสิกส์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 143 น.

นวลจันทร์ พารักษา และสินชัย พารักษา. 2544. อาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 144 น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 202 น.

ประภา ศรีพิจิตร. 2527. ข้าวโพด, น. 35-51. ใน พฤษศยสารพืชเศรษฐกิจ เล่ม 1. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 86 น.

เพิ่มศักดิ์ ศิริวรรณ. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์ปีก. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่. 304 น.

พันทิพา พงษ์เพ็ชรจันทร์. 2539. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 294 น.

เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. 2541. ข้าวโพด, น. 12-19. ใน พฤษศยสารพืชเศรษฐกิจ เล่ม 1. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 86 น.

อุทัย คั่นโธ. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 267 น.

_____. มปป. เอกสารการเรียนการสอนวิชาการกระบวนการผลิตอาหารสัตว์และวัตถุดิบอาหารสัตว์ขั้นสูง. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 77 น.

Anon. 1998. The importance of particle size in layer feed. **Poult. Time India.** (9)1.

ASAE. 1983. Method of determining and expressing fineness of feed material by sieving. **ASAE Standard S319, Agricultural Engineers Yearbook of Standards.** P325. American Society of Agricultural Engineers., St. Joseph, MI.

Behnke, K.C. 1983. Measuring and defining particle size of feedstuffs, pp.C1-C11. *In* **Proceedings First International Symposium on Particle Size Reduction in the Feed Industry.** Kansas State University, Manhattan.

Belyavin, C.G. and A.G. Marangos. 1989. Natural products for egg yolk pigmentation. pp. 239-260. *In* D.J.A. Cole and W. Haresign, eds. **Recent Developments in Poultry Nutrition.** Anchor Press Ltd. Butterworths, London.

Cabrera, M.R. 1994. **Effects of Sorghum Genotype and Particle Size on Milling Characteristics and Performance of Finishing Pigs, Broiler Chicks and Laying Hens.** M. S. Thesis, Kansas State University.

Cheeke, R.P. 1999. **Applied Animal Nutrition: Feed and Feeding.** 2nd Ed. Prentice hall, Upper Saddle River, NJ. 525 p.

Cole, D.J.A. and W. Haresign. 1989. **Recent Developments in Poultry Nutrition.** Butterworths, London. 344 p.

- Davis, R.L., E.G. Hill, H. J. Sloan and G.M. Briggs. 1951. Determental effect of corn particle size in rations for chicks. **Poultry Sci.** 30: 325-328.
- Deaton, J.W., B.D. Lott and J.D. Simmons. 1989. Hammer mill versus roller mill grinding of corn particle size rations for chicks. **Poultry Sci.** 68: 1342-1344.
- Douglas, J.H., T.W. Sullivan, P.L. Bond and F.J. Struwe. 1990. Nutrient composition and metabolizable energy values of selected grain sorghum varieties and yellow corn. **Poultry Sci.** 69: 1147-1155.
- Dritz, S. S, and Hancock, J. D. 2001. **Grain Particle Size: Influence on swine and Poultry Performance and Practical Methods for Monitoring.** Department of Food Animal Health and Management Centre and Animal Sciences and Industry, Kansas State University, Manhattan. KS66506-0201.
- Fox, H.M. and G. Vevers. 1960. **The Nature of Animal Colours.** Sidgwick and Jackson Ltd., London. 246 p.
- Gillespie, J.R. 2001. **Modern Livestock and Poultry Production.** 6th Ed. Delmer Thomson Learning, London. 427 p.
- Halvorsen, S. and T. Kipfer. 2002. Nutritional effects of grinding feeds. **Feedtech.** 6: 1.
- Kim, K. 1996. **Hammer Mill and Roller Mill.** Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, MF-2048.
- Leeson., S. and J.D. Summers. 1991. **Commercial Poultry Nutrition.** University Books. Guelph Ontario. 283 p.

- Lott, B. D., E. J. Dat, J. W. Deaton and J. D. May. 1992. The effect of temperature, dietary energy level and corn particle size on broiler performance. **Poultry Sci.** 71: 618-624.
- Magro, N. and A.M. Penz. 1998. Efeito da granulometria da ração no desempenho e nas características teciduais de frangos de corte alimentados dos 21 aos 42 dias de idade. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 268 p.
- Martin, S. 1983. The effect of particle size on mixing and pelleting quality and production rates. pp. F1-F4. *In Proc. 1st Int. Symposium on Particle Size Reduction in the Feed Industry.* Kansas State University, Manhattan.
- McCoy, R.A., K.C. Behnke, J.D. Hancock and R.R. McElhiney. 1994. Effect of mixing uniformity on broiler chick performance. **Poultry Sci.** 73: 443-451.
- Mello, J.P.F.D. 2000. **Farm Animal Metabolism and Nutrition.** CAB International, Wallingford Oxon. 426 p.
- Nir, I., R. Hillel, G. Shefet and Z. Nitsan. 1994a. Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interactions. **Poultry Sci.** 73: 781-791.
- _____, J. P. Melcion and M. Picard. 1990. Effect of particle size of sorghum grains on feed intake and performance of young broilers. **Poultry Sci.** 69: 2177-2184.
- _____, G. shefet and Y. Aaroni. 1994b. Effect of particle size on performance. 1. Corn. **Poultry Sci.** 73: 45-49.
- Owens, J. M and M. Heimann. 1994. Material processing cost center, pp. 81-104. *In* R. R. McElhiney, ed. **Feed Manufacturing Technology IV.** American Feed Industry Association, Arlington.

Parkhurst, C.R. and G. J. Mountney. 1988. **Poultry Meat and Egg Production**. An avian Book. Van Nostrand Company, New York. 294 p.

Patrick, H. and P.J. Schaible. 1980. **Poultry Feeds and Nutrition**. 2nd Ed. AVI Publishing Company Inc, Westport, Connecticut. 668p.

Penz, A. M. 2002. **Recent advances in broiler nutrition**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, Paper presented at 3rd NuTec Poultry Day. *Cited* Krabbe, E.L. 2000. Efeito do peso ao nascer, de níveis e formas físicas de administração de sódio e do diâmetro geométrico médio das partículas sobre o desempenho de frangos de corte até 21 dias de idade. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 252 p.

Reece, F. N., B. D. Lott and J. W. Deaton. 1986a. Effect of environmental temperature and corn particle size on response of broiler to pelleted feed. **Poultry Sci.** 65: 635-641.

_____, _____, and _____. 1986b. The effects of hammer mill screen size on ground corn particle size, pellet durability, and broiler performance. **Poultry Sci.** 65: 1257-1261.

Sainsbury, D. 2002. **Poultry Health and Management, Chickens, Ducks, Turkey, Geese, Quail**. 4th Ed. Blackwell Science Ltd., 204 p.

SAS. 2003. **SAS user's guide: statistics**. SAS institute Inc. North Carolina. 584 p.

Stadelman W. J. and O.J. Cotterill. 1995. **Egg Science and Technology**. 4th Edition. The Haworth Press, Inc.

Wondra K. J., J. D. Handcock, K. C. Behnke, R. H. Hines and C. R. Stark. 1995. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. **Animal Sci.** 73: 25-64.

Young, L. R., H. B. Pfof and A. M. Feyerherm. 1962. Mechanical durability of feed pellets.

Proc. A.S.A.E. Annual meeting, paper no. 62301, Washington, DC.

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยและความสม่ำเสมอของอนุภาค

วิธีมาตรฐานที่ใช้วิเคราะห์หาขนาดและความสม่ำเสมอของวัตถุดิบอาหารสัตว์ และอาหารสัตว์ผสมคือ การเขย่าวัตถุดิบผ่านชุดอนุกรมตะแกรงร่อน Tyler หรือ U.S sieve ดังแสดงในภาพผนวกที่ 1 สามารถใช้วิเคราะห์วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีรูปร่างทรงกลมหรือลูกบาศก์ และเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับจาก American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 1983)



ภาพผนวกที่ 1 ชุดตะแกรงร่อนและเครื่องเขย่า

ชุดอนุกรมตะแกรงร่อน Tyler หรือ U.S sieve ที่ใช้ในงานวิเคราะห์ขนาดของวัตถุดิบอาหารสัตว์และอาหารสัตว์ผสมนั้น จะมีขนาดของช่องเปิดตั้งแต่ 53 ถึง 6730 ไมครอน หรือแสดงด้วยหมายเลขเมช Tyler 3 หรือหมายเลขเมช U.S. sieve 3.5

จากชุดอนุกรมสำหรับวิเคราะห์อาหารสัตว์ และอาหารสัตว์ผสมดังกล่าวจะเห็นว่า ขนาดของรูเปิดบนตะแกรงร่อนชั้นบนมีขนาดใหญ่เป็น 1.414 เท่าของขนาดรูเปิดในตะแกรงร่อนชั้นล่าง ถัดลงไป แต่อย่างไรก็ตามขนาดของวัตถุดิบอาหารสัตว์และอาหารสัตว์ผสมส่วนมาก มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วงตั้งแต่ 150 ถึง 1200 ไมครอน ดังนั้นชุดอนุกรมแนะนำสำหรับวิเคราะห์วัตถุดิบ

อาหารสัตว์และอาหารสัตว์ผสม จึงประกอบด้วยชุดตะแกรงร่อน 7 ชั้น ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1 ซึ่งเป็นชุดอนุกรมที่ใช้ในการทดลองนี้ และเรียกชุดอนุกรมดังกล่าวว่า ชุดอนุกรม 1.4

ตารางผนวกที่ 1 อนุกรมแนะนำ สำหรับวิเคราะห์วัตถุดิบอาหารสัตว์และอาหารสัตว์ผสม ที่ใช้ในการทดลอง

อนุกรม Tyler		รูเปิด
หมายเลขเมช Tyler	หมายเลขเมช U.S.	(ไมครอน)
14	16	1180
20	20	850
28	30	600
35	40	425
48	50	300
65	70	212
100	100	150

อุปกรณ์

1. ชุดตะแกรงร่อน (ชุดอนุกรม 1.4)
2. เครื่องเขย่า
3. ตาชั่ง

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างวัตถุดิบอาหาร หรืออาหารสัตว์ผสม 100 กรัม
2. เทลงบนตะแกรงร่อนชั้นบนสุด (ขนาดช่องเปิดกว้างที่สุด) ของเครื่องเขย่า
3. เปิดเครื่องร่อนเป็นเวลา 10-20 นาที ขึ้นกับขนาดความถี่ของการเขย่า
4. ชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบอาหาร หรืออาหารสัตว์ผสมที่ค้างบนตะแกรงร่อนแต่ละชั้น
5. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย ความสม่ำเสมอของอนุภาค พื้นที่ผิวของอนุภาค และจำนวนอนุภาคต่อกรัม

ขั้นตอนการคำนวณ

1. การคำนวณเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย และความสม่ำเสมอของอนุภาค สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$D_{gw} = \log^{-1} \left[\frac{\sum W_i \log \bar{d}_i}{\sum W_i} \right]$$

$$S_{gw} = \log^{-1} \left[\frac{\sum W_i (\log \bar{d}_i - \log d_{gw})^2}{\sum W_i} \right]^{1/2}$$

ซึ่ง

D_{gw} = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของขนาดอนุภาค (ไมครอน)

S_{gw} = ความสม่ำเสมอของขนาดอนุภาค

d_i = เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยบนตะแกรงร่อนที่ i ซึ่งคำนวณจาก $(d_i \times d_{i-1})^{1/2}$

W_i = น้ำหนักตัวอย่างบนตะแกรงร่อนที่ i

2. การคำนวณพื้นที่ผิวและจำนวนอนุภาคต่อกรัม

นอกจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค และความสม่ำเสมอของขนาดอนุภาคแล้ว สิ่งที่นักโภชนศาสตร์สัตว์ให้ความสนใจในวัตถุดิบอาหารสัตว์คือ พื้นที่ผิวและจำนวนของอนุภาค ซึ่งมีผลต่อการย่อยได้ของสารอาหาร และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสัตว์ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$A = \left[\frac{\beta_s}{\beta_v \rho} \right] \exp(0.5 \ln^2 S_{gw} - \ln D_{gw})$$

$$N = \left[\frac{1}{\beta_v \rho} \right] \exp(4.5 \ln^2 S_{gw} - 3 \ln D_{gw})$$

ซึ่ง

A	=	พื้นที่ผิวของอนุภาค (ตารางเซนติเมตรต่อกรัม)
N	=	จำนวนอนุภาคต่อกรัม
β_s	=	ค่าคงที่ของรูปร่าง โดยรูปร่างลูกบาศก์ $\beta_s = 6$ และรูปร่างทรงกลม $\beta_s = \pi$
β_v	=	ค่าคงที่ของปริมาตร โดยปริมาตรของลูกบาศก์ $\beta_v = 1$ และรูปร่างทรงกลม $\beta_v = \pi/6$
ρ	=	ความหนาแน่นของวัตถุดิบ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
D_{gw}	=	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของขนาดอนุภาค (ไมครอน)
S_{gw}	=	ความสม่ำเสมอของขนาดอนุภาค

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล

วัน เดือน ปี ที่เกิด

สถานที่เกิด

ประวัติการศึกษา

ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ

ทุนการศึกษาที่ได้รับ