บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์

□ การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การผลิตอะฟลาทอกซิน

เมื่อนำเชื้อรา *Aspergillus flavus* จากธรรมชาติสายพันธุ์ต่างๆ ที่ได้จากการเพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ มาทำการทดสอบการผลิตสารพิษตามวิธีการของ Punpisootchai (1976) ปรากฏว่า ส่วนที่เรืองแสงเมื่อทำ TLC ของสารละลายมาตรฐานอะฟลาทอกซิน B_1 มีค่า R_f อยู่ที่ 0.71 เชื้อราที่ผลิตอะฟลาทอกซิน B_1 ได้จะมีค่า R_f เทียบเท่ากับสารละลายมาตรฐาน ส่วนเชื้อราที่ไม่มีประสิทธิภาพจะไม่เกิดการเรืองแสงหรือได้ค่า R_f แตกต่างกันออกไป ซึ่งพบว่าเชื้อราที่ผลิตสารพิษได้มี 2 สายพันธุ์ คือ ที่มาจากถั่วลิสงคั่วป่น และที่มาจากกากมะพร้าวขึ้นรา โดยเชื้อราที่มาจากถั่วลิสงคั่วป่น ให้ผล TLC สว่างกว่ามะพร้าว ดังนั้นจึงนำมาใช้เป็นเชื้อต้นตอในการศึกษาขั้นต่อไป กล่าวคือ

เชื้อราที่แยกได้จากถั่วลิสงคั่วป่นนี้ เมื่อนำมาทำการเพาะเลี้ยงบนวัตถุดิบอาหาร (ข้าวโพดป่น ถั่วลิสง และกากมะพร้าว) ในปริมาณที่เท่ากัน (100 ก.) เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า media ที่เชื้อเจริญได้ดีที่สุดคือ กากมะพร้าว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกากมะพร้าวมีความชื้นสูงที่สุด (45.2%, ตารางที่ 23) และเมื่อนำ media แต่ละชนิดที่บ่มครบ 7 วัน มาฆ่าเชื้ออีกครั้ง แล้วอบที่อุณหภูมิ 56°ซ ให้แห้ง บด วิเคราะห์ปริมาณสารพิษ ปรากฏว่า กากมะพร้าวมีปริมาณอะฟลาทอกซินสูงกว่าถั่วลิสงและข้าวโพดป่น (4,650 vs. 3,990 และ 537 ppb ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) แสดงว่าทั้งความชื้นและโภชนะที่มีในกากมะพร้าวเหมาะสมต่อการสังเคราะห์อะฟลาทอกซิน ผลนี้สอดคล้องกับรายงานของ Arseculeratne and Bandunatha (1969; อ้างโดย Punpisootchai, 1976) ที่พบว่าการผลิตอะฟลาทอกซินบนเนื้อมะพร้าวมีปริมาณสูงถึง 8,788 ppm ในขณะที่ Hesseltine *et al.* (1966; อ้างโดย Punpisootchai, 1976) รายงานว่าการผลิตอะฟลาทอกซินบนข้าวโพดและถั่วลิสงให้ปริมาณสารพิษเพียง 551 และ 488 ppm ตามลำดับ การที่ได้ปริมาณสารพิษต่างกันอาจเนื่องมาจากวิธีการผลิต เวลาและอุณหภูมิในการบ่ม รวมถึงสายพันธุ์ของเชื้อราที่ใช้ต่างกันด้วย ส่วนการผลิตอะฟลาทอกซินบนถั่วลิสงแล้วให้ปริมาณสารพิษสูงกว่าการใช้ข้าวโพดป่นนั้น อาจเนื่องมาจากถั่วลิสงมีแร่ธาตุสังกะสี (เป็นแร่สำคัญที่ไปกระตุ้นเอนไซม์ในวิถีการผลิตอะฟลาทอกซิน; ไมตรี, 2543) สูงกว่าข้าวโพด (36.0 vs. 18.0 ppm; NRC, 1994; NRC, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ดีเมื่อเทียบกับผลการสำรวจของกองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ (2543) พบว่าค่าที่ได้จากการศึกษานี้มีปริมาณสูงกว่า (ข้าวโพดป่น 537.0 vs. 83.1, ถั่วลิสง 3,990.0 vs. 229.5 และกากมะพร้าว 4,650.0 vs. 139.3 ppb) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ คือ 1) การศึกษานี้ได้คัดเลือกและใช้เฉพาะเชื้อ *A. flavus* ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตสารพิษเท่านั้น ในขณะที่ธรรมชาติถึงแม้ *A. flavus* จะเป็นเชื้อที่เจริญได้ดีแต่ก็มีโอกาสที่เชื้อราชนิดอื่นจะมาปะปน ประสิทธิภาพในการผลิตสารพิษจึงต่างกัน และ 2) การศึกษานี้ได้ทำการเพาะเลี้ยงในถุงซึ่งปิดด้วยจุกสำลี (ป้องกันการ contaminated) รวมทั้งได้ตรวจวัดปริมาณสารพิษในช่วงที่สามารถผลิตสารพิษได้สูง (วันที่ 7 ของการบ่มเชื้อ ซึ่งไมตรี, 2543; รายงานว่าถ้าบ่มนาน 10-16 วัน ปริมาณอะฟลาทอกซินที่เกิดขึ้นจะลดลง ทั้งนี้เพราะเชื้อรามีการนำเอาอะฟลาทอกซินไปใช้ในเมแทบอลิซึมของมัน และส่วนหนึ่งจะถูกทำลายไปพร้อมๆ กัน) ในขณะที่กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ (2543) เป็นผลมาจากการสุ่มตรวจ

ตารางที่ 23 ค่าความชื้นและปริมาณอะฟลาทอกซินบน media ชนิดต่างๆ

วัตถุดิบอาหาร	ความชื้น (%)	ปริมาณอะฟลาทอกซิน B_1 (มคก./กก.; ppb ของ น.น.แห้ง)
ข้าวโพดป่น	10.9	537
ถั่วลิสง	7.2	3,990
กากมะพร้าว	45.2	4,650

อุณหภูมิต่ำสุด, สูงสุดในช่วงทดลอง เท่ากับ 20, 37°ซ (ระหว่างเดือน มี.ค.-เม.ย. 2546)

นอกจากนี้เมื่อนำกากมะพร้าวที่มีอะฟลาทอกซินไปผสมอาหารตามสัดส่วนที่คำนวณไว้แล้วเก็บตัวอย่างอาหารมาวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษนี้ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับที่คำนวณไว้ ดังแสดงในตารางที่ 18, 21 และ 22 แสดงว่าอาหารที่เตรียมถูกต้องตามแผนที่ได้วางไว้

การดูดซับอะฟลาทอกซิน B_1 ในหลอดทดลอง (พัมมิซ vs. อะโซไมท์®)

เมื่อนำพัมมิซและอะโซไมท์® (ซีโอไลท์ธรรมชาติ) มาทดสอบการดูดซับอะฟลาทอกซิน B_1 (AFB_1) และความเสถียรต่อการดูดซับที่ pH ต่างๆ ในหลอดทดลอง ผลแสดงไว้ในตารางที่ 24 ปรากฏว่า อะโซไมท์®ดูดซับ AFB_1 ได้มากกว่าพัมมิซ 27.6% (77.7 vs. 60.9%) ซึ่งความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพื้นที่ผิวของอะโซไมท์®มีมากกว่าพัมมิซ 2.2 เท่า (1.15 vs. 0.52 ตร.ม./ก.; ตารางที่ 16) รวมไปถึงรูพรุนที่อาจมีสม่ำเสมอกว่า ทำให้สามารถดูดซับ AFB_1 ได้สูงกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนความเสถียรในการดูดซับ AFB_1 ของสารทั้ง 2 มีประสิทธิภาพดีไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะที่เป็นกรด กลางหรือด่าง เพราะตรวจไม่พบ AFB_1 ในเมทานอลที่ใช้สกัด แสดงว่าสภาพ pH ของสารละลายไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ทำให้อะฟลาทอกซินหลุดออกจากโครงสร้างของสารดูดซับ ซึ่งค่าการดูดซับของอะโซไมท์®ที่พบในการทดลองนี้ (77.7±1.17%) ใกล้เคียงกับรายงานของ Phillips *et al.* (1988) ที่พบว่าซีโอไลท์มีความสามารถในการดูดซับ AFB_1 ได้ถึง 80% แม้ว่า Scheideler (1993) จะรายงานว่าซีโอไลท์และสารประเภทอลูมิโนซิลิเกตสามารถดูดซับ AFB_1 ได้ประมาณ 50-60% ก็ตาม การที่ได้ค่าการดูดซับต่างกันอาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของสาร แหล่งที่มาและวิธีการศึกษาที่ต่างกัน สำหรับกลไกการดูดซับของสารเหล่านี้ จากรายงานการศึกษาระดับโมเลกุล พบว่า เกิดจากอลูมินัมไอออนของสารดูดซับจับกับ dicarbonyl ของโครงสร้างอะฟลาทอกซินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (chemisorption) ที่มีพันธะแข็งแรงทางเคมี (ไมตรี, 2544; Sarr *et al.*, 1990)

ตารางที่ **24** เปอร์เซ็นต์ดูดซับ (C_α) และความเสถียรในการดูดซับอะฟลาทอกซิน B_1 ที่ pH ต่างๆ ในหลอดทดลอง (พัมมิซ vs. อะโซไมท์®)

สารดูดซับ	เปอร์เซ็นต์การดูดซับ (เมทานอล) *	pH		
		3	7	10
พัมมิซ	60.9 ± 1.29 ข	✓	✓	✓
อะโซไมท์® (HSCAS)	77.7 ± 1.17 ก	✓	✓	✓

* ค่าเฉลี่ย ± S.D.; ✓ = เสถียรในการดูดซับ AFB_1; HSCAS = Hydrated sodium calcium aluminosilicate
ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การที่พัมมิซมีความเสถียรในการดูดซับ AFB_1 ที่ pH ต่างๆ กันได้เช่นเดียวกับอะโซไมท์®นั้นนับว่ามีประโยชน์ เพราะในกรณีที่อาหารมีสารพิษนี้ เมื่อใช้พัมมิซผสมกับอาหารมันจะสามารถดูดซับสารพิษได้ตั้งแต่เมื่ออยู่นอกร่างกาย และเมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไป อาหารจะเคลื่อนที่ผ่านไปตามทางเดินอาหารส่วนต่างๆ ที่มี pH ไม่เท่ากัน เช่น crop มี pH ประมาณ 4.58-6.60, proventriculus มี pH ประมาณ 2.25-4.12, gizzard มี pH ประมาณ 2.50-3.86, duodenum มี pH ประมาณ 5.00-7.09, jejunum มี pH ประมาณ 6.50-7.36, ileum มี pH ประมาณ 7.00-7.59, cecum มี pH ประมาณ 6.9 และ cloaca มี pH ประมาณ 8.0 (Riley and Austic, 1984; Gordon and Roland, 1997; Anonymous, 2004) สมรรถภาพของพัมมิซในการดูดซับอะฟลาทอกซินก็ยังคงอยู่ ทำให้อะฟลาทอกซินไม่สามารถถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายและเป็นอันตรายต่อตัวสัตว์ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

❑ การศึกษาในฟาร์มเลี้ยงสัตว์

การเสริมพัมมิซต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ และปริมาณแอมโมเนียในไก่ไข่

❑ สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

เมื่อให้ไก่ไข่ได้รับอาหารเสริมสารดูดซับชนิดพัมมิซระดับ 2, 4 และ 6% หรือเสริมอะโซไมท์® 2% เปรียบเทียบกับอาหารที่ไม่เสริมสารดูดซับ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (ช่วงไก่อายุ 59-62 สัปดาห์) ผลแสดงไว้ในตารางที่ 25 ปรากฏว่า ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 โหล หรือไข่ 1 กก. ของไก่ทุกกลุ่มให้ผลไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะ Haugh unit และความหนาเปลือกไข่ไม่แตกต่างกันด้วย ยกเว้นน้ำหนักไข่ที่พบว่ากลุ่มที่ได้รับพัมมิซ 4% และอะโซไมท์® 2% มีน้ำหนักฟองไข่สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การที่เสริมพัมมิซ 4% แล้วทำให้ไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นนั้น อาจเนื่องมาจากพัมมิซมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ ทำให้อาหารเดินทางช้าลง การย่อยได้และดูดซึมจึงดีขึ้น (Ousterhout, 1967) ซึ่งในกลุ่มที่ได้รับอะโซไมท์® แล้วให้น้ำหนักไข่เพิ่มขึ้นนั้น ก็อาจเนื่องมาจากเหตุผลเดียวกัน สอดคล้องกับ Yannakopoulos *et al.* (1998) ที่เสริมซีโอไลท์ธรรมชาติในอาหารไก่ไข่ระดับ 4 และ 6% แล้วพบว่าน้ำหนักไข่ทั้งฟองและน้ำหนักไข่ขาวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการไม่ให้ซีโอไลท์ สำหรับกลุ่มได้รับพัมมิซ 6% แล้วกลับมีน้ำหนักไข่ไม่สูงเหมือนกลุ่มที่ได้รับพัมมิซ 4% นั้น อาจเนื่องมาจากพัมมิซระดับนี้สูงเกินไป ดังจะเห็นได้จากค่าความชื้นของมูลในกลุ่มนี้มีแนวโน้มสูงขึ้น (ตารางที่ 26) แสดงว่าไก่กลุ่มนี้กินน้ำมากขึ้น ส่งผลให้มีอัตราการเคลื่อนตัวของอาหาร (rate of passage) เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Nakaue and Koelliker (1981) ที่ใช้ซีโอไลท์ระดับสูง (10%) ในอาหารไก่ไข่ แล้วพบว่าไม่ทำให้น้ำหนักไข่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าสีของไข่แดงมีความเข้มลดลงตามระดับของพัมมิซในอาหารที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มที่ได้รับพัมมิซ 6% ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากข้าวโพด (แหล่งสารสีธรรมชาติ) ถูกแทนที่ด้วยพัมมิซซึ่งไม่มีสารสีในสูตรอาหาร (ตารางที่ 17) ส่วนกลุ่มได้รับอะโซไมท์® 2% มีความเข้มของสีไข่แดงไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับพัมมิซ (2 และ 4%) และกลุ่มควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 25 สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารดูดซับชนิดพัมมิซและอะโซไมท์® ช่วงอายุ 59-62 สัปดาห์

ชนิดสารดูดซับ	-	พัมมิซ			อะโซไมท์®	S.E.M.
ระดับสารดูดซับในอาหาร (%)	-	2	4	6	2	
สมรรถภาพการผลิต						
ผลผลิตไข่ (%)	77.48	78.97	77.98	77.98	76.59	0.80
ปริมาณอาหารที่กิน (ก./วัน)	93.50	96.03	94.94	97.17	95.63	0.87
อาหาร (กก.)/ไข่ 1 โหล	1.45	1.46	1.46	1.50	1.50	0.01
อาหาร (กก.)/ไข่ 1 กก.	2.00	2.02	1.97	2.07	2.00	0.02
คุณภาพไข่						
น้ำหนักไข่ (ก.)	60.27 ข	60.12 ข	61.78 ก	60.40 ข	62.50 ก	0.16
ความถ่วงจำเพาะ	1.086	1.089	1.089	1.090	1.090	0.001
Haugh unit	80.2	79.2	80.4	79.7	77.0	0.57
ความหนาเปลือกไข่ (มม.)	0.331	0.331	0.341	0.340	0.340	0.002
สีไข่แดง (คะแนน) [1/]	7.5 ก	7.5 ก	7.1 กข	7.0 ข	7.4 ก	0.06
เกรดไข่ (%)						
เบอร์ 0 (>70 ก.)	5.0 ข	7.9 ข	16.4 ก	5.1 ข	8.2 ข	0.84
เบอร์ 1 (66-70 ก.)	12.4	16.1	18.2	20.1	30.7	1.72
เบอร์ 2 (61-65 ก.)	29.8	28.3	25.8	23.8	33.8	2.27
เบอร์ 3 (56-60 ก.)	43.7 ก	27.6 ข	33.0 กข	34.3 กข	22.7 ข	1.86
เบอร์ 4 (<55 ก.)	9.1 ขค	20.1 ก	7.9 ค	16.8 กข	4.6 ค	1.10

ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1/] ใช้พัดเทียบสีไข่แดงของบริษัท Roche มีความเข้มสีตั้งแต่เบอร์ 1 ถึง 15 ตามความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น

□ ปริมาณแอมโมเนีย และความชื้นในมูล

ผลการเก็บมูลไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมพัมมิซระดับต่างๆ และอะโซไมท์® โดยใช้แผ่นพลาสติกรองใต้กรงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (วันที่ 28 ของการทดลอง) นำมาหาน้ำหนักแห้ง เถ้า และคำนวณค่าประมาณสารดูดซับที่ถูกขับออกมา ปรากฏว่า ไก่ไข่ขับมูลวันละ 87-100 กรัม คิดเป็นน้ำหนักแห้งประมาณ 24-29 กรัม และมูลไก่มีวัตถุแห้งประมาณ 27-30% กลุ่มที่ได้รับพัมมิซ (2, 4 และ 6%) มีการขับมูลคิดเป็นน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง (ก. หรือ % น.น.แห้ง) สูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เถ้าคิดเป็น % ของวัตถุแห้งมีค่าประมาณ 26-37% ซึ่งเปอร์เซ็นต์เถ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในมูลไก่มีค่าสูงขึ้น (P<0.05) ตามระดับของพัมมิซที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร และเมื่อนำมาคำนวณค่าประมาณการสารดูดซับที่ถูกขับออกมาก็มีผลทำนองเดียวกัน (P>0.05) ส่วนกลุ่มที่เสริมอะโซไมท์® 2% มีน้ำหนักมูลแห้ง และเถ้า สูงกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย ในขณะที่การขับออกของสารดูดซับน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับพัมมิซ (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 ค่าต่างๆ ของมูลที่เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และปริมาณแอมโมเนียในคอกไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารดูดซับชนิดพัมมิซและอะโซไมท์®

ชนิดสารดูดซับ	-	พัมมิซ			อะโซไมท์®	S.E.M.
ระดับสารดูดซับในอาหาร (%)	0	2	4	6	2	
น.น.มูลสด (ก.)	87.43	92.37	88.00	100.27	90.37	**2.31**
น.น.มูลแห้ง (ก.)	23.79	27.69	26.18	28.79	27.18	**0.94**
(% น.น.แห้ง)	26.9	29.9	29.7	28.7	30.1	**0.38**
เถ้า (ก.)	6.33^{ข}	8.62^{กข}	8.93^{กข}	11.24^{ก}	7.22^{ข}	**0.41**
(% ของวัตถุแห้ง)	26.3^{ค}	31.0^{ขค}	34.0^{กข}	37.3^{ก}	27.6^{ค}	**0.82**
ค่าประมาณสารดูดซับที่ขับออก (ก.) [1/]	0	2.38	2.71	5.11	0.92	**0.72**
NH_3 ในคอก (ppm) วัดเหนือมูล 10 ซม.	11.33	9.67	8.67	12.33	8.67	**0.47**
(% จากกลุ่มควบคุม)	0	-14.16	-23.01	+8.85	-23.01	-
pH [2/]	6.96	6.98	7.00	6.95	6.98	**0.05**
NH_3-N ในห้องปฏิบัติการ (ppm มูลสด)	2,289.0	2,128.0	1,808.3	2,118.7	1,589.0	**85.0**
(% จากกลุ่มควบคุม)	0	-7.03	-21.00	-7.44	-30.58	-
ความชื้นในมูล (%)	73.13	70.03	70.28	71.28	69.94	**0.38**
(% จากกลุ่มควบคุม)	0	-4.24	-3.90	-2.53	-4.36	-

^{กข}ในแต่ละแถวนอนที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

[1/] ค่าประมาณสารดูดซับที่ขับออก = $\frac{\text{ปริมาณเถ้าในมูลของกลุ่มที่ได้รับสารดูดซับ} - \text{ปริมาณเถ้าในมูลกลุ่มควบคุม}}{\text{\% เถ้าของสารดูดซับ}}$

[2/] (1:1 slurry; มูลไก่:น้ำ) อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดในคอกทดลอง เท่ากับ 22-35^{O}ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 67.0%

มูล หมายถึง สิ่งขับถ่าย (excreta) ที่รวมทั้งปัสสาวะ

การที่ปริมาณมูลสดและมูลแห้งของไก่กลุ่มที่ได้รับสารอลูมิโนซิลิเกตมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม แม้ว่าจะไม่มีนัยสำคัญก็ตามนั้น เนื่องมาจากสารเหล่านี้ถูกย่อยและถูกดูดซึมได้น้อย เพราะประกอบด้วยอนินทรีย์สารถึง 93.5-95.1% จึงถูกขับออกมาในมูลมาก ดังจะสังเกตุเห็นได้ว่าปริมาณเถ้า (ซึ่งเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวแทนของแร่ธาตุ) ในมูลที่ขับออกในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงเท่ากันนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับพัมมิซที่เพิ่มขึ้น

สำหรับปริมาณแก๊สแอมโมเนียที่บันทึกใต้คอกเหนือมูลไก่ 10 ซ.ม. โดยใช้เครื่อง GASMAN II ที่อายุมูล 24 ชั่วโมง ปรากฏว่า ไก่กลุ่มที่ได้รับพัมมิซ (2 และ 4%) แอมโมเนียมีแนวโน้มลดลง (14 - 23%) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุโซเดียมแคทไอออน (Na^+) ของสารดูดซับกับแอมโมเนียมแคทไอออน (NH_4^+) ที่เกิดจากส่วนที่ย่อยไม่ได้ซึ่งถูกขับออกในรูปของมูลและของเสียที่เกิดจากการเมแทบอไลซ์ซึ่งถูกขับออกในรูปของปัสสาวะ (Mumpton and Fishman, 1977; Theophilou, 2000) ทำให้แอมโมเนียที่ถูกปลดปล่อยลดลง ในขณะที่กลุ่มได้รับพัมมิซ 6% กลับมีปริมาณแอมโมเนียใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ คือ 1) ไก่กลุ่มนี้กินน้ำมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากมูลไก่กลุ่มนี้มีความชื้นในมูลสูงขึ้น (ตารางที่ 26) และ 2) การที่ไก่กินน้ำเพิ่มขึ้น อาจทำให้อาหารในทางเดินอาหารเคลื่อนตัวเร็วขึ้น การแลกเปลี่ยนระหว่างแอมโมเนียมแคทไอออนกับสารดูดซับจึงมีประสิทธิภาพด้อยลง นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมพัมมิซ 4% มีประสิทธิภาพในการลดแอมโมเนียได้ใกล้เคียงกับการเสริมอะโซไมท์® 2% ผลนี้สอดคล้องกับ นิคมและคณะ (2546) ที่ใช้พัมมิซระดับ 4% ในอาหาร แล้วทำให้แอมโมเนียในคอกไก่ลดลงได้เทียบเท่าการใช้อะโซไมท์® 2% ซึ่งทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่า C.E.C. ของสารดูดซับ (ตารางที่ 16)

ส่วนผลเมื่อนำมูลมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของมูลไก่ทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันมากคือ ประมาณ 7.0 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในมูลของทุกกลุ่มแม้ว่าจะมีค่าผันแปรตั้งแต่ประมาณ 1,600 ถึง 2,300 ppm ของมูลสด แต่ความแตกต่างนี้ก็ไม่มีนัยสำคัญ อย่างไรก็ดีพบว่ากลุ่มที่เสริมสารดูดซับมีความเข้มข้นของ NH_3-N ในมูลต่ำกว่ากลุ่มควบคุมประมาณ 7-30% โดยกลุ่มที่เสริมพัมมิซ 4% สามารถลด NH_3-N ในมูลได้สูงใกล้เคียงกับการใช้อะโซไมท์® 2% สอดคล้องกับกรณีของแก๊สแอมโมเนียที่วัดใต้คอก นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้พัมมิซและอะโซไมท์® มีแนวโน้มทำให้มูลแห้งขึ้น ยกเว้นกลุ่มได้รับพัมมิซ 6% กลับมีแนวโน้มทำให้ความชื้นในมูลสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เสริมสารดูดซับด้วยกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากเหตุผลเรื่องการที่ไก่กินน้ำเพิ่มขึ้นดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น มูลที่ขับออกมาจึงมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้น ผลนี้สอดคล้องกับ Ingram *et al.* (1991) ที่ใช้ซีโอไลท์ระดับ 0.4% ในอาหารไก่เนื้อ แล้วทำให้ความชื้นในมูลเพิ่มขึ้น แต่ขัดแย้งกับ Nakaue and Koelliker (1981) ที่ใช้ซีโอไลท์ระดับ 10% ในอาหารไก่ไข่ แล้วทำให้มูลแห้งขึ้น สำหรับการใช้สารดูดซับเหล่านี้แล้วได้ผลต่างกัน อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของสาร น้ำในโครงสร้างของโมเลกุล รวมไปถึงสภาพและฤดูกาลทดลอง (ร้อน, หนาว, ฝน) ที่ต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การที่พัมมิซในระดับ 4% หรืออะโซไมท์®ในระดับ 2% ของสูตรอาหาร สามารถลดระดับแอมโมเนียทั้งในมูลและในคอกได้เป็นที่น่าพอใจ นับว่าเป็นผลดีในการช่วยบรรเทาปัญหามลภาวะ นอกจากนี้การที่มูลมีความชื้นลดลงเมื่อใช้สารดังกล่าว ยังช่วยให้สามารถจัดการกับมูลได้ง่ายขึ้น Onagi (1965; อ้างโดย Mumpton and Fishman, 1977) รายงานว่าการใช้ Clinoptilolite ทำให้ความชื้นในมูลลดลง และลดการเกิดหนอนแมลงวันได้

ตารางที่ 27 ปริมาณแอมโมเนีย ค่า pH และความชื้นในมูลของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารดูดซับชนิดพัมมิซและอะโซไมท์®

ชนิดสารดูดซับ	-	พัมมิซ			อะโซไมท์®	S.E.M.
ระดับสารดูดซับในอาหาร (%)	0	2	4	6	2	
NH_3 (ppm ของอากาศเหนือกองมูล 10 ซม.)						
มูล 2 วัน	14.33^{B}	13.17^{A}	11.33^{A}	13.17^{A}	12.00^{A}	**0.38**
มูล 4 วัน	17.00^{AB}	15.00^{A}	14.33^{A}	15.23^{A}	11.27^{A}	**0.54**
มูล 6 วัน	19.00^{A}	15.83^{A}	14.83^{A}	18.70^{A}	13.73^{A}	**0.79**
pH[1/]						
มูล 2 วัน	7.22	7.33	7.19	7.26	7.20	**0.11**
มูล 4 วัน	7.45	7.25	7.31	7.23	7.22	**0.07**
มูล 6 วัน	7.57	7.42	7.32	7.25	7.37	**0.08**
NH_3-N ในห้องปฏิบัติการ (ppm ของมูลสด)						
มูล 2 วัน	$2,682.7^{C}$	$2,982.0^{A}$	$2,297.3^{A}$	$2,634.3^{B}$	$2,515.3^{A}$	**91.8**
มูล 4 วัน	$3,441.7^{B}$	$3,196.7^{A}$	$2,982.0^{A}$	$3,287.7^{A}$	$3,332.0^{A}$	**85.2**
มูล 6 วัน	$4,270.0^{A}$	$3,859.3^{A}$	$3,208.3^{A}$	$3,535.0^{A}$	$3,376.3^{A}$	**119.8**
ความชื้นในมูล (%)						
มูล 2 วัน	66.93^{A}	60.40^{A}	59.56^{A}	61.45^{A}	57.89^{A}	**1.06**
มูล 4 วัน	$57.94^{ก,AB}$	$49.56^{ข,B}$	$47.93^{ข,B}$	$51.52^{ข,B}$	$47.37^{ข,B}$	**0.63**
มูล 6 วัน	$52.70^{ก,B}$	$47.34^{กข,B}$	$38.48^{ค,C}$	$43.07^{ขค,C}$	$37.91^{ค,C}$	**1.17**

^{กขค} ในแต่ละแถวนอนที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{ABC} ในแต่ละคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1/] (1:1 slurry; มูลไก่:น้ำ)

อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดในคอกทดลองในวันที่ 2, 4 และ 6 ของการสะสมมูล เท่ากับ 21-35, 23-37 และ 23-36^{O}ซ ความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 64.0, 58.0 และ 59.0% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการพิจารณาปริมาณแก๊สแอมโมเนียในคอกไก่ ค่า pH แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และความชื้นในมูล ที่สะสมไว้เป็นเวลา 2, 4 และ 6 วัน (ตารางที่ 27) ปรากฏว่า ค่าต่างๆ ระหว่างกลุ่มเป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลการศึกษาในมูลที่เก็บเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นที่น่าสังเกตว่าที่มูลอายุ 4 และ 6 วัน การใช้สารดูดซับทั้ง 2 ชนิด ทำให้มูลแห้งขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาการสะสมของมูล จะพบว่าแก๊สแอมโมเนียและค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น ($P<0.05$) รวมทั้ง pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อมูลถูกสะสมไว้นานขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์ในมูลมีการเพิ่มจำนวนประชากรสูงขึ้น จึงทำการย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียมากขึ้น ส่วนค่าความชื้นในมูลกลับพบว่าลดลง ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการระเหยของน้ำออกจากมูลไก่ไปยังบรรยากาศมากขึ้น

- ต้นทุนการผลิต

เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหาร โดยกำหนดให้มีราคาวัตถุดิบเฉลี่ยตามท้องตลาด พัมมิซและอะโซไมท์®มีราคา 3.00 และ 40.00 บาท/กก. ตามลำดับ ปรากฏว่า อาหารทดลองมีราคาสูงขึ้นตามระดับการเพิ่มของพัมมิซในอาหาร โดยเฉพาะการเสริมอะโซไมท์® เพราะสารดูดซับทั้ง 2 ชนิดนี้มีคุณค่าทางอาหารน้อยมาก เมื่อนำมาเสริมลงในสูตรอาหารปริมาณสูงขึ้น ทำให้ต้องใช้กากถั่วเหลืองและน้ำมันรำในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดนี้มีราคาแพง ประกอบกับอะโซไมท์®ก็มีราคาแพงด้วย จึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล หรือไข่ 1 กก. มีราคาเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเสริมสารดูดซับ อย่างไรก็ดีพบว่าการเสริมพัมมิซระดับ 2, 4 และ 6% ช่วยให้ต้นทุนการผลิตถูกกว่าการเสริมอะโซไมท์® (1.39, 1.13 และ 0.57 บาทต่อไข่ 1 โหล หรือ 1.32, 1.29 และ 0.22 บาทต่อไข่ 1 กก.) ทั้งนี้เนื่องจากพัมมิซซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ภายในประเทศ มีราคาถูกกว่าอะโซไมท์®ซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศประมาณ 13 เท่า และในกรณีที่บริษัทผู้ผลิตพัมมิซสามารถจำหน่ายสารนี้ในราคาที่ถูกลง และ/หรือผู้ประกอบสูตรอาหารสามารถหาแหล่งโปรตีนและพลังงาน เช่น กากถั่วเหลืองและน้ำมันรำได้ถูกกว่าที่ใช้ในการทดลองนี้ ก็น่าจะมีผลทำให้ต้นทุนการผลิตของกลุ่มที่เสริมพัมมิซต่ำกว่ากลุ่มควบคุมได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 28 ต้นทุนการผลิตไก่ไข่ เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารดูดซับชนิดพัมมิซและอะโซไมท์® ช่วงอายุ 59-62 สัปดาห์

ชนิดสารดูดซับ	-	พัมมิซ			อะโซไมท์®
ระดับในอาหาร (%)	-	2	4	6	2
สมรรถภาพการผลิต					
ผลผลิตไข่ (%)	77.48	78.97	77.98	77.98	76.59
ปริมาณอาหารที่กิน (ก./วัน)	93.50	96.03	94.94	97.17	95.63
อาหาร (กก.)/ไข่ 1 โหล	1.45	1.46	1.46	1.50	1.50
อาหาร (กก.)/ไข่ 1 กก.	2.00	2.02	1.97	2.07	2.00
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท) ต่อ					
อาหาร 1 กก.[1/]	6.63	6.83	7.02	7.22	7.57
ไข่ 1 โหล	9.61	9.99	10.25	10.81	11.38
ไข่ 1 กก.	13.28	13.82	13.85	14.92	15.14

[1/] ราคาวัตถุดิบ (บาท/กก.): ข้าวโพด 5.30, กากถั่วเหลือง 10.20, รำละเอียด 4.00, ปลาป่น 20.00, น้ำมันรำ 20.00, ไดแคลเซียมฟอสเฟต 13.00, เปลือกหอย 2.00, ดีแอล-เมไธโอนีน 120.00, แอล-ไลซีน 75.00, เกลือ 2.00, พรีมิกซ์ 65.00, อะโซไมท์® 40.00, พัมมิซ 3.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเสริมพัมมิซในอาหารที่มีอะฟลาทอกซินในไข่ไก่

1. ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

□ สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

เมื่อให้ไก่ไข่ได้รับอาหารที่มีอะฟลาทอกซินระดับ 50, 100 และ 150 ppb ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซระดับ 2 หรือ 4% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เป็นเวลา 84 วัน (ช่วงไก่อายุ 65-76 สัปดาห์) ผลแสดงไว้ในตารางที่ 29 ปรากฏว่า ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 โหล หรือไข่ 1 กก. ของไก่ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับอะฟลาทอกซินที่ศึกษานี้แม้ว่าจะเป็นระดับที่มีรายงานว่าตรวจพบมาก แต่ก็ยังอาจจะต่ำเกินกว่าที่จะทำให้เกิดผลเสียในไก่ไข่ Verma *et al.* (2003) รายงานว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับ 500 ppb เป็นเวลา 50 วัน ไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตด้อยลง

อย่างไรก็ดีพบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซิน 50, 100 และ 150 ppb มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มด้อยลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (60.6, 57.8 และ 65.0 vs. 126.1 ก.) สอดคล้องกับ Verma *et al.* (2003) ที่ศึกษาในไก่ไข่ซึ่งได้รับอาหารที่มีอะฟลาทอกซิน 500 ppb (29.0 vs. 152.5 ก.) ในขณะที่การเสริมพัมมิซ 2 หรือ 4% ในอาหารที่มีสารพิษระดับดังกล่าว กลับช่วยให้ไก่มีน้ำหนักตัวเพิ่มดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งไก่กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซิน 100 ppb แล้วเสริมด้วยพัมมิซ 4% มีน้ำหนักตัวเพิ่มสูงที่สุด (198.2 ก.) และสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินโดยไม่เสริมสารนี้อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากพัมมิซมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารพิษอะฟลาทอกซินดังที่ได้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยไปจับโมเลกุลของอะฟลาทอกซินในทางเดินอาหาร เกิดเป็นพันธะทางเคมีที่แข็งแรงไม่สามารถดูดซึมผ่านผนังลำไส้ได้ โดยน้ำหนักตัวเพิ่มในกลุ่มที่ได้รับพัมมิซ 4% มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับ 2% สำหรับอัตราการตาย พบว่า ไก่ไม่มีลักษณะอาการผิดปกติเนื่องมาจากโรคหรืออะฟลาทอกซิน สาเหตุของการตายเนื่องมาจากอุบัติเหตุ เช่น หัวติดกรง หมุนตัวไม่ได้ (บางตัวขนาดใหญ่)

ในด้านคุณภาพไข่นั้นพบว่าค่า Haugh unit และความหนาเปลือกไข่ของไก่ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนน้ำหนักไข่ของไก่กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินก็พบว่าไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม แต่การเสริมพัมมิซ 2 หรือ 4% ทำให้ไข่มีน้ำหนักสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำหนักไข่ในกลุ่มที่ได้รับพัมมิซ 4% มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ คือ 1) พัมมิซมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารพิษดังที่ได้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ และ 2) กลุ่มที่ได้รับพัมมิซระดับนี้อาจทำให้การย่อยได้ดีขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักไข่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลนี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับการทดลองที่ 1 และสอดคล้องกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Yannakopoulos *et al.* (1998) สำหรับสีของไข่แดง พบว่า กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินอย่างเดียวและ/หรือเสริมด้วยพัมมิซ 2% มีความเข้มไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม แต่เมื่อให้พัมมิซระดับ 4% กลับทำให้ความเข้มสีของไข่แดงลดลงอย่างนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากข้าวโพด ถูกแทนที่ด้วยพัมมิซซึ่งไม่มีสารสีในสูตรอาหาร

□ ต้นทุนการผลิต

เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหาร โดยกำหนดให้มีราคาวัตถุดิบเฉลี่ยตามท้องตลาด และพัมมิซมีราคา 3.00 บาท/กก. ปรากฏว่า อาหารทดลองที่มีอะฟลาทอกซินราคาถูกลงตามระดับสารพิษที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกากมะพร้าวที่ใช้เป็น media ในการผลิตอะฟลาทอกซิน ถูกนำมาใช้เป็นตัวปรับปริมาณสารพิษในสูตรอาหารเพื่อให้ได้ระดับที่ต้องการนั้นมีราคาถูกกว่าข้าวโพด (4.42 vs. 5.60 บาท/กก. ของน้ำหนักแห้ง) ทั้งๆ ที่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่า (21.0 vs. 8.90%) การเสริมพัมมิซ 2 หรือ 4% ในอาหารที่มีอะฟลาทอกซิน ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล หรือไข่ 1 กก. เพิ่มขึ้น ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินระดับ 150 ppb การเสริมพัมมิซระดับ 2% ช่วยให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล หรือไข่ 1 กก. ถูกลง (0.21 บาทต่อไข่ 1 โหล หรือ 0.57 บาทต่อไข่ 1 กก.) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 โหล หรือไข่ 1 กก. ของไก่กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซิน 150 ppb เสริมด้วยพัมมิซ 2% ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินระดับดังกล่าวเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 30)

2. ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ ค่าโลหิตวิทยา ไขมันตับ พยาธิสภาพของตับ และคุณภาพซาก

□ เปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อและอัตราการฟักออกเป็นตัว

เมื่อทำการเลี้ยงไก่ไข่ต่อจากการทดลองที่ 2.1 โดยแบ่งกลุ่มและให้อาหารตามเดิมเป็นเวลา 28 วัน และทำการผสมเทียมโดยฉีดน้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์ให้ไก่ทุกตัว จำนวน 2 ครั้ง/สัปดาห์ แล้วเก็บไข่เข้าฟัก โดยได้ส่องไข่ที่อายุฟัก 14 วัน เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อ และหาอัตราการฟักออกเป็นตัวเมื่อฟักครบ 21 วัน ผลแสดงในตารางที่ 31 ปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์มีเชื้อของไข่กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณอะฟลาทอกซินที่ไก่ได้รับต่ำมากจนไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น อัตราการฟักออกเป็นตัวเมื่อคิดเป็นร้อยละของจำนวนไข่ทั้งหมด หรือร้อยละของจำนวนไข่มีเชื้อของไก่กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมเช่นกัน สอดคล้องกับ Qureshi *et al.* (1998) ที่พบว่าแม่พันธุ์ไก่เนื้อที่ได้รับอะฟลาทอกซินระดับต่ำ (0.2 ppm) เปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อและอัตราการฟักออกเป็นตัว (% ของไข่มีเชื้อ) ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รับอะฟลาทอกซิน แต่อัตราการฟักออกเป็นตัวจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อแม่ไก่ได้รับอะฟลาทอกซิน 5 ppm ซึ่งระดับนี้สูงกว่าระดับที่ศึกษาถึง 50 เท่า อย่างไรก็ดีการที่กลุ่มได้รับอะฟลาทอกซินระดับ 50 ppb มีค่าด้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) นั้น อาจเนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ คือ 1) ไข่กลุ่มนี้มีการร้าวและบุบบางส่วน ในระหว่างการกลับไข่และเคลื่อนย้ายไข่เข้าตู้เกิดมากกว่ากลุ่มอื่น และ 2) ความหนาของเปลือกไข่กลุ่มนี้มีแนวโน้มน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินด้วยกันเล็กน้อย (ตารางที่ 29) Roque and Soares (1994) รายงานว่า ไข่เปลือกบางที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) น้อยกว่า 0.1080 เมื่อนำเข้าฟัก อัตราการฟักออกเป็นตัวจะด้อยกว่าการนำไข่เปลือกหนาที่มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่า 0.1080 อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ดีจะเห็นได้ว่ากลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินระดับต่ำ โดยเฉพาะที่ระดับ 100 ppb มีแนวโน้มว่ามีอัตราการฟักออกเป็นตัวดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินด้วยกันและกลุ่มควบคุม ผลอันนี้ยังไม่สามารถอธิบายได้ แต่มีบางรายงานพบว่าการให้สารพิษจากเชื้อราบางชนิด ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อและอัตราการฟักออกเป็นตัวมีค่าเพิ่มขึ้น Brake *et al.* (1999) พบว่าการให้ 4,15-diacetoxyscirpenol (DAS) ซึ่งเป็นสารพิษจากเชื้อราในกลุ่ม Tricothecene ในระดับที่ไม่เกิน 2.50 ppm ในอาหารไก่เนื้อพ่อแม่พันธุ์ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อและอัตราการฟักออกเป็นตัวสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสารพิษ

สำหรับการเสริมพัมมิซ 2 หรือ 4% ในอาหารที่มีอะฟลาทอกซิน พบว่า เปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อมีแนวโน้มดีขึ้นเล็กน้อย โดยอัตราการฟักออกเป็นตัว (ร้อยละของไข่ทั้งหมดหรือร้อยละของไข่มีเชื้อ) ของกลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซิน 50 ppb เสริมด้วยพัมมิซ 2% ดีกว่ากลุ่มไม่เสริมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่การเสริมพัมมิซ 2 หรือ 4% ในอาหารที่มีอะฟลาทอกซิน 100 หรือ 150 ppb ทำให้อัตราการฟักออกเป็นตัวมีแนวโน้มด้อยกว่ากลุ่มไม่เสริม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลเรื่องความหนาเปลือกไข่ (ตารางที่ 29) ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น สำหรับการตายของตัวอ่อนในช่วงการฟักวันที่ 1-7 (ช่วงแรก) 8-14 (ช่วงกลาง) และ 15-21 (ช่วงท้าย) พบว่า ทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซิน 50 ppb มีการตายสูงสุด (35.9%) ทำให้รวมตลอดการฟักมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลเดียวกันเรื่องการบุบร้าวดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยเมื่อต่อยไข่ในกลุ่มนี้ออกดูพบว่าตัวอ่อนตายในท่าหัวอยู่ด้านแหลมของฟองไข่เป็นส่วนใหญ่

ผลด้านสมรรถภาพการผลิตและอัตราการตายของลูกไก่ที่ได้จากฟักข้างต้นของแต่ละกลุ่มเมื่อนำมาเลี้ยงและกกในคอกปล่อยพื้นขนาด 1.0 ตร.ม. ให้ได้รับอาหารสูตรเดียวกัน (19.0% CP) เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (ตารางที่ 32) ปรากฏว่า น้ำหนักลูกไก่แรกเกิด (ก./ตัว หรือร้อยละของน้ำหนักฟองไข่) น้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน อัตราแลกน้ำหนัก และอัตราการตายของลูกไก่ทุกกลุ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณอะฟลาทอกซินที่ศึกษาอยู่ในระดับที่ต่ำเกินไปจนไม่มีผลต่อการฟักดังกล่าวข้างต้น

สำหรับค่าโลหิตวิทยา ไขมันในตับ พยาธิสภาพของตับ และคุณภาพซากของไก่ไข่ ผลแสดงไว้ในตารางที่ 33 และ 34 ปรากฏว่า ค่าโลหิตวิทยาและไขมันในตับ (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) ของไก่ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนตับที่ผ่านการตรึงเนื้อเยื่อใน 10% ฟอร์มาลิน เมื่อนำมาตรวจพยาธิสภาพ พบว่า เซลล์ตับและท่อน้ำดีของไก่ทุกกลุ่มอยู่ในสภาพปกติ ไม่เกิดการตายของเซลล์ (necrosis, N) และท่อน้ำดีขยาย (bile duct proliferation, BDP) ตรวจพบเฉพาะการสะสมไขมันของตับ (fatty change, FC) ซึ่งมีคะแนนอยู่ในช่วง 0-2.33 โดยกลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซิน 50-150 ppb มีคะแนน FC 0-1.67 สำหรับการเสริมพัมมิซ 2% ทำให้ตับมีคะแนน FC อยู่ในช่วง 1.00-2.33 ในขณะที่การเสริมที่ระดับ 4% ช่วยให้คะแนน FC มีค่าต่ำกว่า คือ 0-0.67 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าการเสริมพัมมิซ 4% มีแนวโน้มช่วยลดการเกิด FC ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์ซากน้ำหนักอวัยวะภายใน เนื้อน่อง และเนื้อหน้าอกของไก่ไข่ เมื่อคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัว ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกลุ่ม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณอะฟลาทอกซินที่ใช้ไม่สูงนัก และไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 29 สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 65-76 สัปดาห์

ระดับอะฟลาทอกซินในอาหาร (ppb)	-	50	100	150	50	100	150	100	150	S.E.M
ระดับพัมมิซในอาหาร (%)	-	-	-	-	2	2	2	4	4	
สมรรถภาพการผลิต										
ผลผลิตไข่ (%)	83.09	80.40	81.52	80.52	84.17	81.78	81.72	81.18	80.90	**0.26**
ปริมาณอาหารที่กิน (ก./วัน)	103.4	103.5	102.4	104.1	103.2	103.7	103.1	105.4	103.9	**0.36**
อาหาร (กก.)/ไข่ 1 โหล	1.49	1.54	1.55	1.60	1.51	1.55	1.53	1.60	1.62	**0.01**
อาหาร (กก.)/ไข่ 1 กก.	2.01	2.11	2.12	2.22	2.06	2.11	2.07	2.13	2.16	**0.02**
น้ำหนักตัวเพิ่ม (ก.)	126.1^{กข}	60.6^{ข}	57.8^{ข}	65.0^{ข}	92.0^{ข}	81.3^{ข}	132.0^{กข}	198.2^{ก}	145.6^{กข}	**8.58**
อัตราการตาย (ตัว) [1/]	0	0	0	1	0	2	2	3	0	-
คุณภาพไข่										
น้ำหนักไข่ (ก.)	61.01^{ก}	60.77^{ค}	60.99^{ค}	60.13^{ค}	61.20^{ขค}	61.33^{กขค}	61.50^{กขค}	62.52^{กข}	62.68^{ก}	**0.15**
Haugh unit	80.1	82.4	80.8	81.0	81.4	80.6	80.1	82.9	81.5	**0.22**
ความหนาเปลือกไข่ (มม.)	0.342	0.337	0.344	0.344	0.336	0.335	0.331	0.331	0.336	**0.002**
สีไข่แดง (คะแนน)	7.0^{ก}	7.1^{ก}	7.0^{ก}	7.0^{ก}	6.9^{ก}	7.0^{ก}	6.8^{ก}	6.5^{ข}	6.6^{ข}	**0.02**
เกรดไข่ (%)										
เบอร์ 0 (>70 ก.)	9.9^{ขค}	11.9^{กขค}	12.0^{กขค}	3.1^{ค}	19.6^{ก}	9.1^{ขค}	8.4^{ขค}	16.8^{กข}	19.6^{ก}	**0.90**
เบอร์ 1 (66-70 ก.)	19.8	24.0	29.6	34.4	14.6	23.4	26.1	28.1	23.0	**2.11**
เบอร์ 2 (61-65 ก.)	32.4	22.6	21.4	31.0	19.8	34.9	33.4	30.8	23.4	**1.58**
เบอร์ 3 (56-60 ก.)	26.8	26.2	27.7	14.5	33.5	22.5	28.6	20.3	28.6	**1.59**
เบอร์ 4 (<55 ก.)	11.1^{กขคง}	14.6^{กข}	9.3^{ขคงจ}	17.0^{ก}	12.5^{กขค}	10.1^{กขคงจ}	3.5^{จ}	5.0^{งจ}	5.4^{คงจ}	**0.75**
จำนวนไก่ผลัดขน (ตัว) [2/]	0	0	4	4	3	3	2	4	4	-

ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) [1/] ทุกตัวตายโดยอุบัติเหตุ (หัวติดกรง) [2/] แต่ละกลุ่มมีไก่จำนวน 18 ตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 30 ต้นทุนการผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 65-76 สัปดาห์

ระดับอะฟลาทอกซินในอาหาร (ppb)	-	50	100	150	50	100	150	100	150
ระดับพัมมิซในอาหาร (%)	-	-	-	-	2	2	2	4	4
สมรรถภาพการผลิต									
ผลผลิตไข่ (%)	83.09	80.40	81.52	80.52	84.17	81.78	81.72	81.18	80.90
ปริมาณอาหารที่กิน (ก./วัน)	103.4	103.5	102.4	104.1	103.2	103.7	103.1	105.4	103.9
อาหาร (กก.)/ไข่ 1 โหล	1.49	1.54	1.55	1.60	1.51	1.55	1.53	1.60	1.62
อาหาร (กก.)/ไข่ 1 กก.	2.01	2.11	2.12	2.22	2.06	2.11	2.07	2.13	2.16
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท) ต่อ									
อาหาร 1 กก.[1/]	6.80	6.79	6.77	6.76	6.98	6.97	6.95	7.16	7.15
อาหาร (กก.)/ไข่ 1 โหล	10.15	10.43	10.52	10.82	10.56	10.80	10.61	11.46	11.61
อาหาร (กก.)/ไข่ 1 กก.	13.65	14.33	14.33	14.96	14.38	14.71	14.39	15.27	15.44

[1/] ราคาวัตถุดิบ (บาท/กก.): ข้าวโพด 5.60, กากถั่วเหลือง 10.20, รำละเอียด 4.00, ปลาป่น 20.00, กากมะพร้าว 4.42, น้ำมันรำ 21.00, ไดแคลเซียมฟอสเฟต 12.00, เปลือกหอย 2.00, ดีแอล-เมไธโอนีน 120.00, แอล-ไลซีน 75.00, เกลือ 2.00, พรีมิกซ์ 65.00, พัมมิซ 3.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 31 เปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อ และอัตราการฟักออกเป็นตัวของไก่ไข่เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 77-80 สัปดาห์

ระดับอะฟลาทอกซินในอาหาร (ppb)	-	50	100	150	50	100	150	100	150	S.E.M.
ระดับพัมมิซในอาหาร (%)	-	-	-	-	2	2	2	4	4	
จำนวนไข่เข้าฟัก (รวม 3 ชุด, ฟอง)	187	196	151	174	182	127	202	149	159	-
ไข่มีเชื้อ (%)	64.6	59.6	66.5	60.7	63.9	66.6	63.4	60.8	70.8	**1.19**
อัตราการฟักออกเป็นตัว (%)	49.5^{กบ}	33.7^{ก}	53.9^{ก}	45.9^{กบ}	50.8^{กบ}	48.5^{กบ}	43.1^{ขค}	44.5^{กบ}	45.4^{กบ}	**1.06**
(% ของไข่มีเชื้อ)	76.5^{กบ}	56.7^{ก}	81.1^{ก}	75.5^{กบ}	79.8^{ก}	72.6^{กบ}	68.2^{กบ}	73.5^{กบ}	64.8^{ขค}	**1.31**
การตายของตัวอ่อนช่วงการฟัก (% ของไข่มีเชื้อ)										
❑ ช่วงวันที่ 1-7	2.7	4.9	2.3	1.2	0.0	1.7	3.1	2.3	0.0	**0.54**
❑ ช่วงวันที่ 8-14	2.5	6.4	5.6	2.3	2.9	3.3	7.7	4.2	1.6	**0.57**
❑ ช่วงวันที่ 15-21	11.2	24.6	10.1	16.2	12.0	14.7	16.3	15.1	22.9	**1.20**
❑ รวมตลอดการฟัก	16.4^{กง}	35.9^{ก}	18.0^{กง}	19.8^{ขคง}	14.8^{ง}	19.7^{ขคง}	27.1^{ข}	21.6^{ขคง}	24.5^{ขค}	**0.91**
❑ ตัวอ่อนผิดปกติ (พิการไม่มีส่วนหัว)	0.0	4.9	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	-

ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 32 สมรรถภาพการผลิตของลูกไก่ไข่จากแม่ที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 77-80 สัปดาห์ *

ระดับอะฟลาทอกซินในอาหาร (ppb)	-	50	100	150	50	100	150	100	150	S.E.M.
ระดับพัมมิซในอาหาร (%)	-	-	-	-	2	2	2	4	4	
จำนวนลูกไก่ (รวม 3 ชุด, ตัว)	95	65	80	83	92	63	88	68	76	-
น้ำหนักลูกไก่แรกเกิด (ก.)	36.33	37.90	38.96	38.10	39.81	39.59	39.55	41.02	39.46	**0.37**
น้ำหนักลูกไก่แรกเกิด (%น.น. ฟองไข่)	60.59	62.42	63.05	63.07	65.05	64.39	64.75	64.52	63.67	**0.47**
น้ำหนักตัวเพิ่ม (ก.)	143.17	141.54	142.57	140.43	143.06	148.12	137.09	142.81	145.11	**1.08**
ปริมาณอาหารที่ (ก.)	464.3	523.0	486.5	468.2	445.0	528.9	451.7	521.4	524.7	**12.89**
อัตราแลกน้ำหนัก	3.23	3.72	3.42	3.33	3.11	3.59	3.30	3.65	3.61	**0.09**
อัตราตาย (%)	5.1	3.5	1.2	1.6	5.6	1.1	2.7	2.4	3.9	**0.89**

ค่าเฉลี่ยในทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

* ลูกไก่ทุกกลุ่มได้รับอาหารสูตรเดียวกัน (19.0% CP)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 33 ค่าโลหิตวิทยา ไขมันในตับ และพยาธิสภาพตับของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 65-80 สัปดาห์

ระดับอะฟลาทอกซินในอาหาร (ppb)	-	50	100	150	50	100	150	100	150	**S.E.M.**
ระดับพัมมิซในอาหาร (%)	-	-	-	-	2	2	2	4	4	
ฮีมาโตคริต (%)	26.9	27.5	27.4	26.1	26.9	27.8	28.8	28.2	27.5	**0.37**
ฮีโมโกลบิน (ก./ดล.)	10.67	10.93	10.33	10.20	10.27	10.13	10.13	10.33	10.80	**0.16**
พลาสมาโปรตีน (ก./ดล.)	4.33	4.13	4.27	4.00	4.13	4.10	4.03	4.07	4.17	**0.14**
ไขมันในตับ (% น.น.แห้ง)	21.84	21.29	19.01	25.10	23.44	24.51	21.55	18.48	21.30	**0.50**
พยาธิสภาพของตับ [1/] (คะแนน)	0.67	0.67	0	1.67	1.00	2.33	1.00	0.67	0	**0.18**

ค่าเฉลี่ยในทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

[1/] เกิดเฉพาะการสะสมไขมันในเซลล์ตับ (fatty changes) ดูเกณฑ์การให้คะแนนได้ในตารางที่ 20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 34 คุณภาพซากและน้ำหนักอวัยวะภายในของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 65-80 สัปดาห์

ระดับอะฟลาทอกซินในอาหาร (ppb)	-	50	100	150	50	100	150	100	150	S.E.M.
ระดับพัมมิซในอาหาร (%)	-	-	-	-	2	2	2	4	4	
เปอร์เซ็นต์ซาก	74.74	74.84	74.76	74.18	74.98	75.73	74.56	75.57	75.22	**0.40**
อวัยวะภายใน (% น.น.ตัว)										
เครื่องในรวม	13.25	12.47	15.25	15.50	12.89	14.04	14.67	14.47	14.66	**0.25**
หัวใจ	0.51	0.51	0.53	0.55	0.56	0.50	0.52	0.46	0.54	**0.02**
ตับ	2.15	2.10	2.40	2.38	2.12	2.11	2.16	2.14	2.17	**0.04**
ตับอ่อน	0.16	0.20	0.20	0.22	0.17	0.17	0.19	0.20	0.17	**0.01**
กึ๋น	1.13	1.15	1.17	1.32	1.27	1.19	1.18	1.32	1.32	**0.02**
ม้าม	0.31	0.21	0.35	0.38	0.27	0.27	0.34	0.30	0.34	**0.02**
ไขมันช่องท้อง	4.13	3.91	2.85	5.30	4.06	3.20	3.91	3.69	3.60	**0.28**
เนื้อน่อง (% น.น.ตัว)	9.02	9.44	9.60	9.77	9.57	9.39	9.34	9.18	9.74	**0.10**
เนื้ออก (% น.น.ตัว)	8.04	8.68	8.78	7.83	8.57	8.07	8.53	8.88	8.49	**0.18**

ค่าเฉลี่ยในทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเสริมพัมมิซในอาหารที่มีอะฟลาทอกซินในไก่เนื้อ

□ สมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก ค่าโลหิตวิทยา ไขมันในตับและพยาธิสภาพของตับ

ผลเมื่อให้ไก่เนื้อได้รับอาหารที่มีอะฟลาทอกซินระดับ 100, 200 และ 300 ppb ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมด้วยพัมมิซ 4% ในช่วงไก่อายุ 4-7 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 35 ปรากฏว่า ไก่กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินมีแนวโน้มทำให้สมรรถภาพการผลิต (น้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราแลกน้ำหนัก) ด้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อได้รับอะฟลาทอกซิน 300 ppb มีน้ำหนักตัวเพิ่มด้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากอะฟลาทอกซินถูกเปลี่ยนเป็น 8,9-epoxide ที่ตับ ซึ่งสารนี้ว่องไวมาก สามารถจับกับสารชีวโมเลกุลต่างๆ ทำให้การสังเคราะห์โปรตีนชะงัก (ไมตรี, 2544) ส่งผลให้การย่อยได้ของโปรตีนลดลง (อรนุชและคณะ, 2545) การเจริญเติบโตของไก่จึงด้อยลง สอดคล้องกับ Raju and Devegowda (2000) ที่พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารมีอะฟลาทอกซิน 300 ppb เป็นเวลา 5 สัปดาห์ มีการเจริญเติบโตด้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอะฟลาทอกซิน สำหรับการเสริมพัมมิซระดับ 4% ในอาหารที่มีอะฟลาทอกซินแล้วช่วยให้ไก่มีสมรรถภาพการผลิตดีขึ้นเทียบเท่ากับกลุ่มควบคุมนั้น อาจเนื่องมาจากพัมมิซมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารพิษอะฟลาทอกซินดังที่ได้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยไปจับกับโมเลกุลของอะฟลาทอกซินในทางเดินอาหาร เกิดเป็นพันธะทางเคมีที่แข็งแรง ซึ่งไม่สามารถถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้ได้ จึงทำให้ความเป็นพิษลดลง และคาดว่าถ้าลูกไก่ได้รับอาหารที่มีอะฟลาทอกซินทั้งที่ไม่เสริมและเสริมสารดูดซับเมื่ออายุน้อยกว่านี้ อาจจะยิ่งเห็นผลของสารพิษและประสิทธิภาพของสารดูดซับได้ชัดเจนขึ้น เพราะลูกสัตว์อายุน้อยย่อมมีความไวต่อสารพิษมากกว่าสัตว์อายุมาก

ผลด้านคุณภาพซากของไก่เนื้อ (ตารางที่ 36) เมื่อคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัว ไม่แตกต่างกันในทุกกลุ่ม แต่ไก่กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์ซากด้อยลง ในขณะที่น้ำหนักของเครื่องในรวมและไขมันช่องท้องรวมกับส่วนห่อหุ้มอวัยวะภายในมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำหนักตับและกึ๋นมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$; ภาพที่ 18) เมื่อไก่ได้รับที่ระดับ 300 ppb ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอะฟลาทอกซินมีผลทำให้อวัยวะต่างๆ โดยเฉพาะตับ (อวัยวะเป้าหมาย) เกิดการตายของเซลล์ ท่อน้ำดีขยายใหญ่ (Miazzo *et al.*, 2000) และมีไขมันในตับเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 37) สอดคล้องกับ Kubena *et al.* (1993) และ Ledoux *et al.* (1999) ที่พบว่าอะฟลาทอกซินมีผลทำให้อวัยวะภายใน ได้แก่ ตับ ไต หัวใจ กึ๋น ม้าม และตับอ่อนมีขนาดใหญ่ขึ้น อย่างไรก็ดีการที่ผลจากการศึกษาครั้งนี้ไม่ชัดเจนนัก อาจเนื่องมาจากใช้ระยะเวลาทดลองสั้นเพียง 4 สัปดาห์ และปริมาณอะฟลาทอกซินที่ใช้ไม่สูงนัก สำหรับผลการเสริมพัมมิซในอาหารที่มีอะฟลาทอกซิน พบว่าทำให้อวัยวะภายในโดยเฉพาะตับและกึ๋นมีขนาดเป็นปกติใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม แสดงว่าการเสริมพัมมิซสามารถช่วยลดความเป็นพิษที่มีผลต่อตับและกึ๋นได้ อย่างไรก็ดีเมื่อแยกพิจารณาในแต่ละเพศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากทุกกลุ่มทดลอง พบว่า เพศเมียมีน้ำหนักม้ามเมื่อคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวสูงกว่าเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำหนักตัวของไก่เพศเมียน้อยกว่าเพศผู้ ในขณะที่น้ำหนักม้ามมีค่าสูงกว่าเพศผู้ไม่มากนัก นอกจากนี้ยังพบว่าสัดส่วนของเนื้อหน้าอกในไก่เพศเมียมีสูงกว่า แต่มีปริมาณเนื้อน่องไม่ถอดกระดูกต่ำกว่าไก่เพศผู้อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) สอดคล้องกับรายงานของรุ่งรัตน์และคณะ (2544) ที่ศึกษาในไก่ลูกผสมพื้นเมือง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะทางสรีระวิทยาของไก่เพศผู้ที่มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าไก่เพศเมีย สำหรับเปอร์เซ็นต์ซาก เครื่องในรวม หัวใจ ตับ กึ๋น และไขมันในช่องท้อง ของทั้งสองเพศไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าโลหิตวิทยาของไก่ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 37) แต่ไก่กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซิน 300 ppb มีแนวโน้มว่ามีค่าฮีมาโตคริต ฮีโมโกลบิน และพลาสมาโปรตีนลดลงเล็กน้อย Kubena *et al.* (1990) รายงานว่า อะฟลาทอกซินระดับสูง (3.5 ppm) มีผลทำให้ค่าฮีมาโตคริต ไตรกลีเซอร์ไรด์ คอเลสเตอรอล โปรตีนและอัลบูมินในเลือดลดลง ในขณะที่ Raju and Devegowda (2000) รายงานว่า อะฟลาทอกซินระดับต่ำ (0.3 ppm) ทำให้ค่าโปรตีน คอเลสเตอรอล และยูเรียไนโตรเจนลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าไขมันในตับเมื่อคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อได้รับอะฟลาทอกซิน สอดคล้องกับ Doerr *et al.* (1983) ที่พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอะฟลาทอกซิน 75-300 ppb เป็นเวลา 7 สัปดาห์ มีไขมันในตับสูงกว่าการไม่ได้รับอะฟลาทอกซิน ซึ่งเมื่อนำตับ (ผ่านการแช่เข็งที่ -20°ซ) มาทำการตรึงเนื้อเยื่อใน 10% ฟอร์มาลิน แล้วตรวจพยาธิสภาพพบว่าเซลล์ตับเกิดการเสื่อมสภาพเป็นส่วนใหญ่ (cell degeneration) เนื่องจากมีผลึกของน้ำแทรกอยู่มาก ทำให้ไม่สามารถตรวจสภาพเซลล์ตับและท่อน้ำดีได้ ตรวจได้เฉพาะการสะสมไขมันในเซลล์ตับ (fatty changes, FC) ซึ่งพบว่าในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซิน มีคะแนน FC อยู่ที่ 2.50 และ 1.50-1.75 ตามลำดับ การที่ได้ผลไม่สอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ไขมันในตับ อาจเนื่องมาจากเซลล์ตับส่วนใหญ่เกิดการเสื่อมสภาพดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น สำหรับการเสริมพัมมิซระดับ 4% ในอาหารที่มีอะฟลาทอกซิน มีแนวโน้มทำให้ค่าโลหิตวิทยาดีขึ้น ไขมันในตับลดลง และคะแนน FC ตับอยู่ในช่วง 0.50 ถึง 2.25

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 35 สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 4-7 สัปดาห์ [1/]

ระดับอะฟลาทอกซิน (ppb)	ระดับพัมมิซ (%)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (กก.) เพศผู้	เพศเมีย	เฉลี่ย	อาหารที่กิน (กก.)	อัตราแลกน้ำหนัก	อัตราตาย (ตัว) [2/]
0	0	1.70	1.36	1.53 ก	3.80	2.49	1
100	0	1.69	1.35	1.52 ก	3.83	2.52	0
200	0	1.49	1.25	1.37 กข	3.74	2.73	1
300	0	1.26	1.14	1.21 ข	3.63	3.00	0
100	4	1.71	1.34	1.53 ก	4.02	2.64	1
200	4	1.66	1.42	1.54 ก	3.70	2.41	2
300	4	1.72	1.43	1.58 ก	4.27	2.71	1
S.E.M.				**0.02**	**0.09**	**0.04**	

ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1/] ในสัปดาห์ที่ 3 ไก่มีน้ำหนักตัวและปริมาณอาหารที่กินสะสม เท่ากับ 789.3 และ 920 ก. ตามลำดับ (ซึ่งไม่นำมาคิด)

[2/] แต่ละกลุ่มมีไก่จำนวน 20 ตัว

ตารางที่ 36 เปอร์เซ็นต์ซากและน้ำหนักอวัยวะภายในของไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 4-7 สัปดาห์

อะฟลาทอกซิน (ppb)	-	100	200	300	100	200	300	เพศผู้	เพศเมีย
พัมมิซในอาหาร (%)	-	-	-	-	4	4	4		
เปอร์เซ็นต์ซาก	81.0	79.9	79.7	77.9	79.9	79.1	79.1	**79.8**	**80.0**
อวัยวะภายใน (% น.น.ตัว)									
เครื่องในรวม[1/]	10.88	11.42	11.31	12.52	11.98	10.80	11.48	**11.37**	**11.60**
หัวใจ	0.41	0.36	0.37	0.40	0.39	0.42	0.39	**0.40**	**0.38**
ตับ	2.08 ข	2.03 ข	2.09 ข	2.77 ก	2.01 ข	1.96 ข	2.12 ข	**2.06**	**2.04**
กึ๋น	1.18 ขค	1.30 กข	1.32 กข	1.52 ก	0.99 ค	1.12 ขค	1.13 ขค	**1.20**	**1.24**
ม้าม	0.12	0.16	0.11	0.13	0.12	0.12	0.12	**0.10** [Y]	**0.15** [X]
ไขมันช่องท้อง[2/]	1.81	2.00	2.01	2.16	1.93	1.83	1.96	**1.87**	**2.04**
เนื้อน่อง (% น.น.ตัว)	10.5	10.4	10.5	10.2	10.4	10.5	10.9	**10.7** [X]	**10.2** [Y]
เนื้ออกหน้าอก (% น.น.ตัว)	15.5	14.1	13.9	14.7	14.6	14.6	14.0	**13.9** [Y]	**15.1** [X]

ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1/] ทางเดินอาหารรวมกับอวัยวะภายใน [2/] ไขมันช่องท้องรวมกับส่วนห่อหุ้มอวัยวะภายใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 37 ค่าโลหิตวิทยาของไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 4-7 สัปดาห์ *

ระดับอะฟลาทอกซิน (ppb)	ระดับพัมมิซ (%)	ฮีมาโตคริต (%)	ฮีโมโกลบิน (ก./ดล.)	พลาสมาโปรตีน (ก./ดล.)	ไขมันในตับ (% น.น. แห้ง)	พยาธิสภาพของตับ [1/]
0	0	28.1	8.45	4.20	21.70	2.50
100	0	28.0	8.30	4.32	24.40	1.50
200	0	28.0	8.45	3.92	22.31	1.75
300	0	27.6	8.05	3.85	29.11	1.50
100	4	29.5	8.20	4.22	22.41	2.25
200	4	28.6	8.20	4.23	18.11	0.50
300	4	28.8	8.40	4.33	18.73	1.75
	เพศผู้	**28.9**	**8.34**	**4.29**	**21.43**	**1.50**
	เพศเมีย	**27.9**	**8.20**	**4.00**	**23.36**	**1.89**
S.E.M.		**0.37**	**0.10**	**0.08**	**0.99**	**0.24**

* ค่าเฉลี่ยทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

[1/] ตรวจได้เฉพาะการสะสมไขมันในเซลล์ตับ (fatty change) ดูเกณฑ์การให้คะแนนได้ในตารางที่ 20

□ **ต้นทุนการผลิต**

เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหาร โดยกำหนดให้มีราคาวัตถุดิบเฉลี่ยตามท้องตลาด ซึ่งพัมมิซมีราคา 3.00 บาท/กก. ปรากฏว่า การได้รับอะฟลาทอกซินทุกระดับ ทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้นกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับ ไม่ว่าจะเสริมพัมมิซหรือไม่ก็ตาม แต่การเสริมพัมมิซช่วยให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. ของกลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินต่ำลง ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินระดับต่ำ (100 ppb) โดยกลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซิน 200 และ 300 ppb การเสริมพัมมิซ 4% ช่วยให้ต้นทุนค่าอาหารดังกล่าวต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม 1.62 และ 1.30 บาท ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซินมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าและมีอัตราแลกน้ำหนักด้อยกว่ากลุ่มที่เสริมพัมมิซ (ตารางที่ 38)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved