สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ซ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
สารบัญภาคผนวก	ฑ
คำย่อ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
แอมโมเนียจากการเลี้ยงไก่	3
ผลของแอมโมเนียที่มีต่อสัตว์	4
ซีโอไลท์และคุณสมบัติที่น่าสนใจ	6
ผลการเสริมซีโอไลท์ในอาหารสัตว์ปีก	9
การใช้ซีโอไลท์และ/หรือสารประเภทอลูมิโนซิลิเกตเพื่อลดแก๊สแอมโมเนียในคอกสัตว์ปีก	9
อะฟลาทอกซิน	12
ปัญหาการปนเปื้อนอะฟลาทอกซินในวัตถุดิบและอาหารสัตว์	13
เมแทบอลิซึมและความเป็นพิษของอะฟลาทอกซิน	16
ผลของอะฟลาทอกซินในสัตว์ปีก	19
การใช้ซีโอไลท์และ/หรือสารประเภทอลูมิโนซิลิเกตลดความเป็นพิษของอะฟลาทอกซินในสัตว์ปีก	22
ข้อมูลทั่วไปของหินพัมมิซ	27
คุณสมบัติของหินพัมมิซ	30
คุณสมบัติของหินพัมมิซที่ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน	31
การใช้ประโยชน์จากพัมมิซในทางเกษตร	32
การทดลองนำพัมมิซมาเสริมในอาหารสัตว์ปีก	32

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	34
การศึกษาในห้องปฏิบัติการ	35
การผลิตอะฟลาทอกซิน	35
การทดสอบ *Aspergillus flavus* สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตอะฟลาทอกซิน	36
การเพาะเลี้ยงเชื้อราใน media ที่เหมาะสม	37
ศึกษาการดูดซับอะฟลาทอกซิน B_1 ในหลอดทดลอง	38
การศึกษาในส่วนฟาร์มเลี้ยงสัตว์	40
ผลของพัมมิซต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ และปริมาณแอมโมเนียในไก่ไข่	40
ผลการเสริมพัมมิซในอาหารที่มีอะฟลาทอกซินในไก่ไข่	42
- ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่	43
- ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ สมรรถภาพการผลิตของลูกไก่และคุณภาพซากของแม่ไก่	44
ผลการเสริมพัมมิซในอาหารที่มีอะฟลาทอกซินในไก่เนื้อ	45
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์	52
การศึกษาในห้องปฏิบัติการ	52
การผลิตอะฟลาทอกซิน	52
การดูดซับอะฟลาทอกซิน B_1 ในหลอดทดลอง	53
การศึกษาในฟาร์มเลี้ยงสัตว์	55
การเสริมพัมมิซต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ และปริมาณแอมโมเนียในไก่ไข่	55
การเสริมพัมมิซในอาหารที่มีอะฟลาทอกซินในไก่ไข่	62
การเสริมพัมมิซในอาหารที่มีอะฟลาทอกซินในไก่เนื้อ	72
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	77
เอกสารอ้างอิง	79
ภาคผนวก	87
ประวัติผู้เขียน	129

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	ระดับความเป็นพิษของแอมโมเนียที่มีผลกระทบต่อไก่	5
2.	องค์ประกอบทางเคมีของซีโอไลท์	7
3.	ระดับความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียเมื่อให้ซีโอไลท์ในอาหารไก่เนื้อเปรียบเทียบกับการใช้ยากำจัดกลิ่นพ่นบนกองมูลไก่	10
4.	ผลของ De-odorase® และซีโอไลท์ธรรมชาติต่อปริมาณแก๊สแอมโมเนียและสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่	10
5.	ปริมาณแอมโมเนียที่วัดในคอกเปิดที่เวลาต่าง ๆ	11
6.	ผลการตรวจสอบอะฟลาทอกซินในวัตถุดิบอาหารสัตว์ พ.ศ. 2539-2540	13
7.	ระดับสูงสุดของอะฟลาทอกซินในอาหารสัตว์ที่ยอมรับได้ของประเทศไทยและต่างประเทศ	14
8.	ผลการตรวจสอบอะฟลาทอกซินในอาหารสัตว์ พ.ศ. 2528-2537	15
9.	ปริมาณและระยะเวลาที่สัตว์ได้รับอะฟลาทอกซินในอาหารที่มีผลเสียต่อสัตว์ปีก	19
10.	ผลของซีโอไลท์ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม อัตราการเปลี่ยนอาหาร และน้ำหนักตับของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารมีอะฟลาทอกซิน 2.5 ppm	23
11.	องค์ประกอบทางเคมีของ HSCAS	24
12.	ผลของ HSCAS ต่ออวัยวะภายในของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารมีอะฟลาทอกซิน 3.5 ppm หรือ trichothecene T-2 (T-2 toxin) 8 ppm หรือมีทั้ง 2 อย่างร่วมกัน	25
13.	ผลของ HSCAS ต่อค่าโลหิตวิทยาและชีวเคมีของเลือดของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีอะฟลาทอกซิน 3.5 ppm หรือ trichothecene T-2 (T-2 toxin) 8 ppm หรือมีทั้ง 2 อย่างร่วมกัน	26
14.	องค์ประกอบทางเคมีของพัมมิซ	30
15.	พื้นที่ผิวและขนาดรูพรุนของพัมมิซ	31
16.	องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของพัมมิซและอะโซไมท์®	34
17.	ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่ไข่ช่วงอายุ 59-62 สัปดาห์	47
18.	ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่ไข่ช่วงอายุ 65-76 สัปดาห์	48
19.	ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนะของอาหารลูกไก่ไข่ช่วงอายุ 1-4 สัปดาห์	49

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20.	เกณฑ์การให้คะแนนการสะสมไขมันในตับ (fatty changes) จากการตรวจพยาธิสภาพ	49
21.	ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 1-3 และ 4-6 สัปดาห์	50
22.	ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่เนื้อที่อายุ 7 สัปดาห์	51
23.	ค่าความชื้นและปริมาณอะฟลาทอกซินบน media ชนิดต่างๆ	53
24.	เปอร์เซ็นต์ดูดซับ (C_α) และความเสถียรในการดูดซับอะฟลาทอกซิน B_1 ที่ pH ต่างๆ ในหลอดทดลอง (พัมมิซ vs. อะโซไมท์®)	54
25.	สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารดูดซับชนิดพัมมิซและอะโซไมท์® ช่วงอายุ 59-62 สัปดาห์	56
26.	ค่าต่างๆ ของมูลที่เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และปริมาณแอมโมเนียในคอกไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารดูดซับชนิดพัมมิซและอะโซไมท์®	57
27.	ปริมาณแอมโมเนีย ค่า pH และความชื้นในมูลของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารดูดซับชนิดพัมมิซและอะโซไมท์®	59
28.	ต้นทุนการผลิตไก่ไข่เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารดูดซับชนิดพัมมิซและอะโซไมท์®ช่วงอายุ 59-62 สัปดาห์	61
29.	สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 65-76 สัปดาห์	66
30.	ต้นทุนการผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 65-76 สัปดาห์	67
31.	เปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อและอัตราการฟักออกเป็นตัวของไก่ไข่เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 77-80 สัปดาห์	68
32.	สมรรถภาพการผลิตของลูกไก่ไข่จากแม่ที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 77-80 สัปดาห์	69
33.	ค่าโลหิตวิทยา ไขมันในตับ และพยาธิสภาพตับของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 65-80 สัปดาห์	70

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

34. คุณภาพซากและน้ำหนักอวัยวะภายในของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 65-80 สัปดาห์ 71

35. สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 4-7 สัปดาห์ 74

36. เปอร์เซ็นต์ซากและน้ำหนักอวัยวะภายในของไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 4-7 สัปดาห์ 74

37. ค่าโลหิตวิทยาของไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 4-7 สัปดาห์ 75

38. ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 4-7 สัปดาห์ 76

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	การสลายตัวของกรดยูริกเป็นแก๊สแอมโมเนีย	3
2.	วัฏจักรของไนโตรเจนในสัตว์ปีกและโรงเรือน	4
3.	ตัวอย่างผลึกและโครงสร้าง 3 มิติ ของซีโอไลท์	7
4.	โครงสร้างอะฟลาทอกซินชนิดต่างๆ	12
5.	วิถีเมแทบอลิซึมของอะฟลาทอกซิน B_1 ในตับ	16
6.	สารเมแทบอไลท์ส่วนใหญ่ที่เกิดจากอะฟลาทอกซิน B_1	17
7.	กลไกทางชีวเคมีของอะฟลาทอกซินต่อความผิดปกติของสารพันธุกรรม	18
8.	ขนาดตับไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีอะฟลาทอกซิน 2.5 ppm ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมด้วยสารดูดซับ (zeolite NaA) ช่วงอายุ 21-42 วัน	21
9.	พยาธิสภาพตับไก่เนื้อ (ช่วงอายุ 1-21 วัน)	22
10.	หินพัมมิซ หินภูเขาไฟประเภทที่เย็นตัวจากลาวาภายหลังการแทรกตัวขึ้นมาสัมผัสกับหินพัมมิเชียสทัฟฟ์ (Pumiceous tuff) และหินพัมมิไซต์ (Pumicite) ซึ่งเกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟและมีการวางตัวเป็นชั้น เช่นที่ เขาพนมฉัตร จ.ลพบุรี	28
11.	หินพัมมิซเขาพนมฉัตร ตัดเป็นแผ่น แสดงเส้นใยที่ประกอบด้วยแก้วภูเขาไฟและช่องว่างระหว่างเส้นใย ซึ่งเกิดจากแก๊สต่างๆ และไอน้ำที่ระเหยหายไป จุดสีขาว คือ แร่ Plagioclase feldspar	28
12.	แก้วภูเขาไฟ (ขยาย 70 เท่า) แสดงรูซึ่งเป็นท่อขนาดเล็ก	29
13.	หินพัมมิเชียสทัฟฟ์ ซึ่งประกอบด้วยเศษหินพัมมิซมากมาย ฝังในเนื้อหินเขาพนมฉัตร จ.ลพบุรี	30
14.	เชื้อรา *Aspergillus flavus*	35
15.	เชื้อรา *Aspergillus flavus* จากการส่องกล้องจุลทรรศน์	36
16.	การจำลอง AFB_1 ส่วนที่ไม่ถูกดูดซับ (Cb) ส่วนที่ถูกดูดซับไม่จริง (Cd) และส่วนที่ถูกดูดซับจริงในโมเลกุลของ adsorbent (Ca) ในหลอดทดลอง	38
17.	เครื่อง High-performance liquid chromatography (HPLC)	39
18.	ขนาดตับไก่เนื้อ ก) กลุ่มควบคุม ข) กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซิน 300 ppb ค) กลุ่มที่ได้รับอะฟลาทอกซิน 300 ppb เสริมด้วยพัมมิซ 4%	76

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาคผนวก

หน้า

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซินด้วยวิธี Immuno-affinity column 88

การวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซินในอาหารสัตว์ด้วย RIDASCREEN®FAST Aflatoxin 89

การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ 91

การหาฮีมาโตคริตหรือ packed cell volume โดยใช้เครื่องปั่นแยกเม็ดเลือด 92

การหาโปรตีนรวมในพลาสมา 93

การหาฮีโมโกลบินในเลือด 94

การวิเคราะห์ไขมันในตับไก่ด้วยเครื่อง Soxtec manual extraction unit 94

ภาพถ่ายเซลล์ตับไก่ปกติและ score การเกิด fatty changes ต่างๆ กำลังขยายต่ำ (10 x 0.25) 96

ภาพถ่ายเซลล์ตับไก่ปกติและ score การเกิด fatty changes ต่างๆ กำลังขยายสูง (40 x 0.65) 97

การผสมเทียมไก่ 98

ภาคผนวก ข.

การทดสอบการดูดซับอะฟลาทอกซิน B_1 ในหลอดทดลอง 99

ตารางภาคผนวก ข. ที่

1. สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่เมื่อเลี้ยงไก่ไข่ด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซในช่วงไก่อายุ 65-76 สัปดาห์ (3 ช่วงการทดลอง; การทดลองที่ 2.1) 101
2. เปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อและอัตราการฟักออกเป็นตัวของไก่ไข่เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 77-80 สัปดาห์ (3 ชุดการฟัก; การทดลองที่ 2.2) 103
3. สมรรถภาพการผลิตของลูกไก่ช่วงอายุ 0-4 สัปดาห์ที่เกิดจากการฟักเมื่อเลี้ยงแม่ไก่ด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ เสริมด้วยสารดูดซับชนิดพัมมิซ ช่วงอายุ 77-80 สัปดาห์ (3 ชุดการทดลอง; การทดลองที่ 2.2) 105

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาคผนวก (ต่อ)

หน้า

ตารางภาคผนวก ข. ที่

4. สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารมีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ ที่เสริมและไม่เสริมพัมมิซ ในช่วงไก่อายุ 22-42 และ 43-49 วัน (การทดลองที่ 3) 106
5. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของตู้ฟักและตู้เกิด (การทดลองที่ 2.2) 106
6. อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ตลอดระยะการทดลอง 107

ภาคผนวก ค.

ตารางภาคผนวก ค. ที่

ส่วนที่ 1: การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

1. T-test: การดูดซับอะฟลาทอกซิน B_1 ในหลอดทดลองของสารดูดซับ 108

ส่วนที่ 2: การศึกษาในฟาร์มเลี้ยงสัตว์

2. ANOVA: ผลการเสริมพัมมิซต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ และปริมาณแอมโมเนีย (การทดลองที่ 1) 108
3. ANOVA: ผลการเสริมพัมมิซในอาหารที่มีอะฟลาทอกซินในไก่ไข่: ผลที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ (การทดลองที่ 2.1) 118
4. ANOVA: ผลการเสริมพัมมิซในอาหารที่มีอะฟลาทอกซินในไก่ไข่: ผลที่มีต่อความสมบูรณ์พันธุ์ (การทดลองที่ 2.2) 121
5. ANOVA: ผลการเสริมพัมมิซในอาหารที่มีอะฟลาทอกซินในไก่เนื้อ (การทดลองที่ 3) 125

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำย่อ

ก.	=	กรัม	DCP	=	dicalciumphosphate
กก.	=	กิโลกรัม	df	=	degree of freedom
ดล.	=	เดซิลิตร	FCR	=	feed conversion ratio
น.น.	=	น้ำหนัก	HSCAS	=	hydrated sodium calcium aluminosilicate
มก.	=	มิลลิกรัม	kcal	=	kilocalorie
มคก.	=	ไมโครกรัม	ME	=	metabolizable energy
มคล.	=	ไมโครลิตร	MS	=	mean square
มม.	=	มิลลิเมตร	ppb	=	part per billion (ส่วนในพันล้านส่วน)
มล.	=	มิลลิลิตร	ppm	=	part per million (ส่วนในล้านส่วน)
ซม.	=	เซนติเมตร	Pr	=	probability
°A	=	1/10 ของมิลลิไมครอน	R_f	=	retention factor
AF	=	aflatoxin	S.D.	=	standard deviation
AFB_1	=	aflatoxin B_1	S.E.M.	=	standard error of mean
ANOVA	=	analysis of variance	SOV	=	source of variation
C.V.	=	coefficient of variation	SS	=	sum of square
CLI	=	clinoptilolite	μm	=	micrometer
CP	=	crude protein	vs.	=	versus

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved