

บทที่ 2

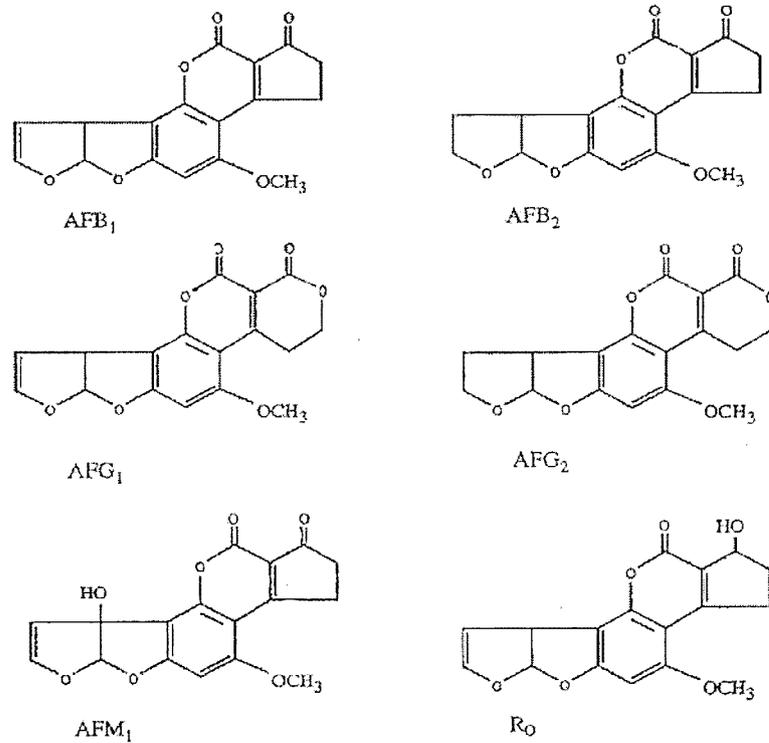
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Aflatoxin

Aflatoxin ผลิตโดยเชื้อรา *A. Flavus*, *A. parasiticus* และ *A. nomius* นอกจากนี้ *A. ruber*, *A. wenti*, *A. oryzae*, *A. niger*, *A. ostianus*, *A. ochraceus*, *A. tamaritii*, *Penicillium puberrulem*, *P. variable*, *P. citrinum*, *P. frequentanus* และ *Rizopus sp.* ยังสามารถผลิต aflatoxin ได้เช่นกัน สภาพที่เอื้ออำนวยต่อการสร้าง aflatoxin ได้ดีจะต้องมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 80-85 เปอร์เซ็นต์ (percent, %) ความชื้น 17% และอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 24-35°C ราคังกล่าวไม่สามารถเจริญในสภาพที่มีความชื้นต่ำกว่า 12% ดังนั้นปัญหาการปนเปื้อนจึงเกิดขึ้นบ่อยในเขตที่มีอากาศอบอู่นไป ถึงเขตร้อนชื้น รวมทั้งประเทศไทย

สูตรโครงสร้างของ aflatoxin

Aflatoxin เป็นสารเคมีที่เป็นอนุพันธ์ของ coumarin ต่อกับ bifuran ในกรณีของ AFB₁ จะมี cyclopentanone ring จับกับ coumarin ทางด้านขวา ในกรณีของ aflatoxin G₁ จะมี 6-member lactone ring จับกับ coumarin ทางด้านขวา เมื่อ furan ring ของ AFB₁ และของ AFG₁ เกิด saturation ด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอม จะเกิดเป็น AFB₂ และ AFG₂ ซึ่งความเป็นพิษจะน้อยกว่า AFB₁ และ AFG₁ สำหรับ AFM₁ และ AFM₂ เกิดจากการเติมไฮดรอกซิล 1 หมู่ เข้าที่ตำแหน่ง 4 ของ furan ring ใน AFB₁ และ AFB₂ แต่ถ้าเติมหมู่ไฮดรอกซิลดังกล่าวเข้าที่ตำแหน่งที่ 2 ของ furan ring ใน AFB₁ และ AFG₂ จะเกิดเป็น AFB_{2a} และ AFG_{2a} (ภาพที่ 1) ตามลำดับ



ภาพที่ 1 โครงสร้างของ aflatoxin ชนิดต่างๆ

คุณสมบัติของ aflatoxin

1. สามารถเรืองแสงได้ภายใต้แสง ultraviolet ขนาดความยาวคลื่น 365-366 nanometre
2. ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์เคมี เช่น methanol, ethanol, chloroform และ acetone
3. จุดหลอมตัวของ aflatoxin คือ 250 °C ดังนั้นการใช้ความร้อนในรูปของการต้ม อบ คั่ว นึ่ง หรือการใช้ความดันช่วยเพื่อที่จะทำลาย aflatoxin ไม่ค่อยได้ผลเท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตาม aflatoxin อาจจะถูกทำลายไปได้บ้างด้วยแสง และความร้อนในรูปต่างๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลา และอุณหภูมิ (ชาญยุทธ และ อุทัย, 2538)

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของaflatoxinชนิดต่างๆ

ชนิดของaflatoxin	สูตรโครงสร้าง	น้ำหนักโมเลกุล	จุดหลอมเหลว (C°)
B ₁	C ₁₇ H ₁₂ O ₆	312	268 – 269
B ₂	C ₁₇ H ₁₄ O ₆	314	486 – 289
G ₁	C ₁₇ H ₁₂ O ₇	328	244 – 246
G ₂	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	330	237 – 240
M ₁	C ₁₇ H ₁₂ O ₇	328	299
M ₂	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	330	293

ชนิดของ aflatoxin

Aflatoxin มีหลายชนิด คือ AFB₁, B₂, B_{2a}, G₁, G₂, G_{2a}, GM₁, M₁, M₂, P₁, Q₁ และ R₀ ชนิดที่มีความเป็นพิษร้ายแรงได้แก่ AFB₁, B₂, G₁ และ G₂ รา *A. flavus* และ *A. parasiticus* สามารถผลิต AFB₁ ในปริมาณที่สูงกว่าสารพิษชนิดอื่นๆ AFB₁ มีพิษร้ายแรงมากที่สุด และเป็นสารพิษที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งตับของสัตว์ทดลองได้ดีที่สุด รองลงมาคือ G₁, B₂ และ G₂ สำหรับ AFM₁ และ M₂ เป็นเมทาบอลไลท์ของ AFB₁ และ B₂ มักพบในน้ำนมและปัสสาวะของสัตว์ที่ได้รับ AFB₁ และ B₂

ตารางที่ 2.2 ชนิดของเชื้อรา

Types of fungi	Aflatoxins
<i>Aspergillus flavus</i> Link	B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂
<i>A. flavus</i> var. <i>Columnaris</i>	B ₁ , G ₁
<i>A. niger</i> var. <i>Teieghem</i>	B ₁
<i>A. ostianus</i> Wehmer	B ₁
<i>A. parasiticus</i> Speare	B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂
<i>A. rubber</i> Thom a. Church	B ₁
<i>A. wentii</i> Wehmen	B ₁
<i>Penicillium citrium</i> Thom	B ₁
<i>p. frequentans</i> Westling	B ₁
<i>P. puberulum</i> Bainier	B ₁ , G ₁
<i>P. variable</i>	B ₁

ที่มา : ชาญยุทธ และ อุทัย. (2538)

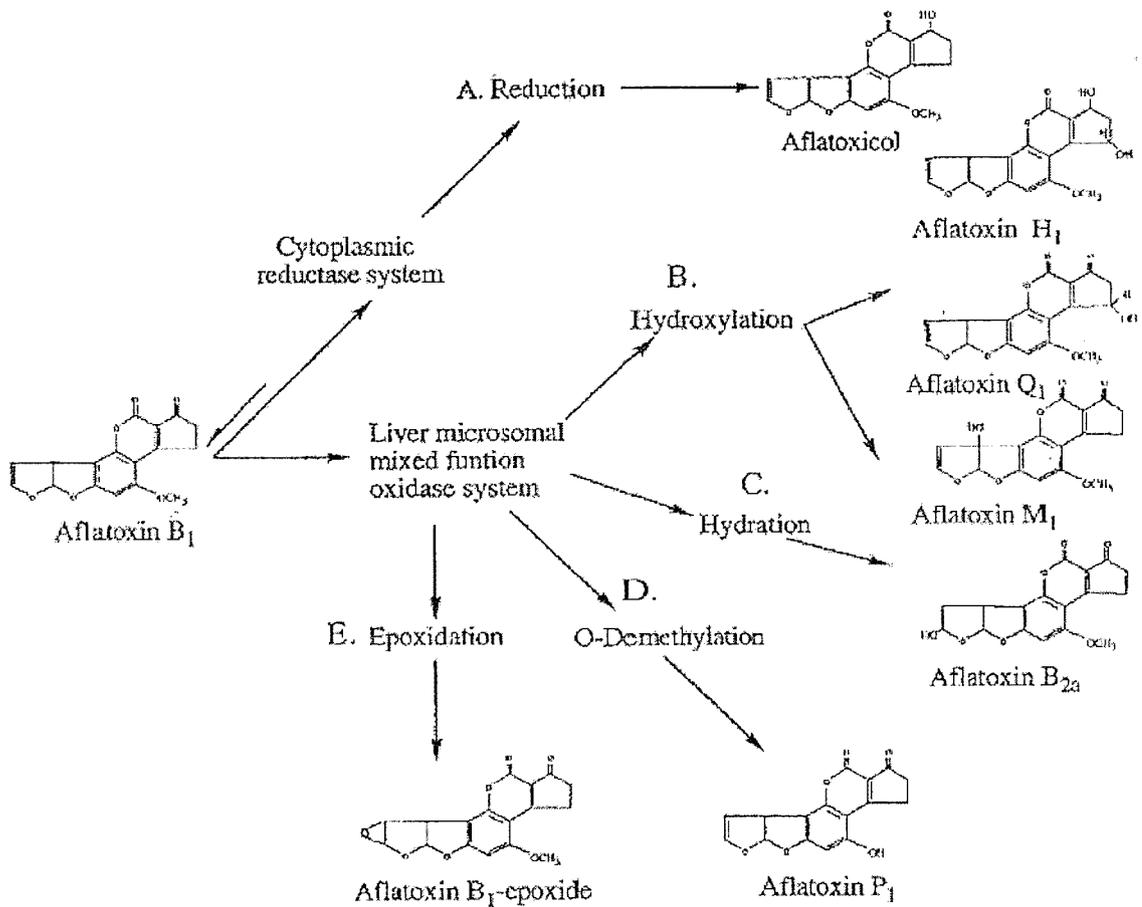
กระบวนการสังเคราะห์ aflatoxin ในเชื้อรา

กระบวนการสังเคราะห์ aflatoxin โดยรา มี acetate และ manolate เป็น สารตั้งต้นแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน นอกจากนี้การเพิ่มธาตุโลหะบางชนิด เช่น Fe Mg และ Cd ช่วยเพิ่มการสร้าง aflatoxin acetate และ manolate ถูกกระตุ้นด้วย coenzyme A กลายเป็น acetyl-CoA และ malonyl-CoA พร้อมทั้งมีการปล่อย CO₂ ในปฏิกิริยารวมตัวทุกครั้ง acetyl group จะถูกเติมลงไปบน intermediate ketide จากนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นวงแหวนที่มีคาร์บอน 20 ตัว ได้ C₂₀ polyketide สารตัวกลางนี้จะถูก decarboxylate และถูก oxidize มีปฏิกิริยาหลายขั้นตอนผ่านตัวกลางอย่างน้อยอีก 4 ชนิด กลายเป็น stericmatocytin และ aflatoxin ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงของ aflatoxin ในร่างกาย

Aflatoxin เมื่อเข้าสู่ร่างกายสัตว์จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทางลำไส้เล็ก ประมาณ 10-20 % และจะถูกกำจัดออกจากร่างกายประมาณ 80-90% โดยจะถูกกำจัดออกทางมูลมากที่สุด คือ ประมาณ 50-60% และในปัสสาวะประมาณ 20-30% สำหรับ aflatoxin ที่อยู่ในอวัยวะต่าง ๆ นั้น พบว่ามีการสะสมมากที่สุดในตับ และไต ส่วนในอวัยวะอื่นมีปริมาณต่ำกว่า 0.1% ดังนั้น aflatoxin จึงเป็นพิษต่อตับมากที่สุด และ aflatoxin ถูกกำจัดออกนอกร่างกายได้เกือบหมดในระยะเวลา 24

ชั่วคราว โดยจะไม่มีอาการเสสมภายในร่างกาย เมื่อสัตว์ได้รับ aflatoxin เข้าไปเพียงครั้งเดียว แต่อาจมีอาการเสสมได้เช่นกัน ถ้าหากได้รับ aflatoxin เข้าสู่ร่างกายอย่างต่อเนื่อง ภายหลังจากการถูกดูดซึม aflatoxin จะเข้ารวมตัวกับ albumin ใน serum สารบางตัวจะถูกขับออกนอกร่างกายทางปัสสาวะ น้ำดี และอุจจาระ บางส่วนจะถูกเก็บไว้ในเซลล์ตับ AFB₁ จะถูกเปลี่ยนแปลงใน cytosol เป็น aflatoxinicol ใน mycosome AFB₁ จะถูกเปลี่ยนแปลงเป็น aflatoxin ชนิด M₁, P₁, Q₁ และ epoxide (รูปที่ 2) aflatoxin 8,9 epoxide จะมีความไวมาก สามารถรวมตัวกับสารชีวโมเลกุลต่างๆ เช่น DNA, RNA และโปรตีนอย่างรวดเร็ว Spron และคณะได้รายงานไว้ว่า aflatoxin จะเกาะกับ DNA ในรูป aflatoxin-DNA ในอัตรา 1: 170 ทำให้ DNA ไม่สามารถทำงานได้ DNA ที่ร่างกายสร้างขึ้นจะถูก aflatoxin จับไว้หมด Clifford and Rees (1966, 1967) ได้ให้รายงานเกี่ยวกับกลไกในการออกฤทธิ์ของ aflatoxin หลังจากที่เข้าไปในสิ่งมีชีวิต (organism) ต่างๆ ดังนี้ aflatoxin เข้าไปในเซลล์และส่วนที่เป็น nuclease หลังจากนั้นจะเข้าไปจับกับ DNA ขัดขวางการเกิด DNA-replication ทำให้อัตราการสร้าง RNA ลดลงเนื่องจาก mRNA ถูกยับยั้ง หลังจากที่ aflatoxin เข้าไปในเซลล์นาน 15 นาที ขบวนการสร้างโปรตีนจะหยุดลงเนื่องจากการสร้าง mRNA และการแบ่งเซลล์แบบ mitosis ถูกยับยั้ง ซึ่งมีผลทำให้เกิดการตายของเซลล์ในเวลาต่อมา Ueno รายงานว่า aflatoxin ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์อยู่ในรูปของ epoxide จะมีความไวมากในการที่จะเข้าไปรวมตัวกับโปรตีน DNA และ RNA ทำให้ DNA เกิดการเสียหายหรือถูกทำลาย ทำให้เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องทำหน้าที่ไม่ได้โดยเฉพาะ polymerase ทำให้การสร้าง DNA และ RNA ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Wogan และ Friedman (1968) รายงานว่า aflatoxin เมื่อถูกดูดซึมที่ตับจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็น epoxide ซึ่งรวมตัวกับ DNA และ RNA และจะทำให้เอนไซม์ DNA, RNA polymerase ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติจึงทำให้การสร้าง DNA และ RNA ลดน้อยลง



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของ aflatoxin ในตับ

ความเป็นพิษของ aflatoxin ในสัตว์ปีก

ความเป็นพิษของ aflatoxin ต่อไก่

ไก่มีความทนทานต่อความเป็นพิษของ aflatoxin ได้ดีกว่าสัตว์ปีกชนิดอื่นมาก วิรัชและคณะ (2525) รายงานว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารที่มี aflatoxin ระดับไม่เกิน 0.8 ppm มีการเจริญเติบโตดีกว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารที่มี aflatoxin ระดับ 1.6 และ 2.4 ppm และมีแนวโน้มว่าเมื่อระดับ aflatoxin ในอาหารสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและปริมาณอาหารที่กินลดลง การเปลี่ยนแปลงของตับ Asplin และ Carnaghan (1961) รายงานว่าไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มี aflatoxin เนื้อตับจะมีการเสื่อม โดยมีสีซีด และมีคุ่มเนื้อออกกระจายทั่วไปตามผิวนอกของตับ และเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเดิมติดต่อกันเป็นเวลา 4 เดือน สามารถพบการขยายตัวและการบวมน้ำของค่อม น้ำเหลืองทั่วร่างกาย

Carnaghan et al., (1966) รายงานว่าไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มี aflatoxin ระดับ 1.5 ppm จะมีการเจริญเติบโตต่ำ เมื่อเลี้ยงไป 1 สัปดาห์ ทำการสุ่มไก่มา พบว่าตับของไก่มีสีซีดขยายใหญ่และบางรายพบจุดเลือดออกแบบหัวเข็มหมุดกระจายทั่วไปในตับ ในการศึกษาระดับเซลล์พบว่าในวันที่

3.5 ของการทดลอง พบการสะสมของไขมันรอบๆ หลอดเลือดของไต และจะพัฒนาต่อไปในระยะ 3-4 สัปดาห์แรก โดยไขมันจะกระจายไปสะสมบริเวณเนื้อตายของตับ นอกจากนี้ยังพบการขยายตัวของท่อน้ำดีและการเพิ่มจำนวนของเนื้อเยื่อเส้นใยในตับอย่างรวดเร็ว ในสัปดาห์ที่ 6-8 ของการทดลอง พบว่ามีการเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดขาวอย่างรวดเร็ว ต่อมน้ำเหลืองขยายตัวและมีการบวมน้ำ

ความเป็นพิษของ aflatoxin ต่อเป็ด

ลูกเป็ดมีความต้านทานต่อความเป็นพิษของ aflatoxin ต่ำมาก สัตว์จะมีอาการชักและตายในลักษณะหัว คอ และขา บิดไปข้างหน้า (Opisthotonus) จากการผ่าซากจะพบจุดเลือดออกใต้ผิวหนังและอวัยวะภายใน เลือดใสและแข็งตัวยากกว่าปกติ มีการบวมน้ำรอบๆ หัวใจและหน้าแข้ง ตับสีเหลืองซีดและขยายใหญ่ มีการสะสมไขมันเพิ่มขึ้นตามบริเวณเนื้อตายในตับ และท่อน้ำดีขยายใหญ่ขึ้น การขยายใหญ่ของท่อน้ำดีถือได้ว่าเป็นลักษณะที่สำคัญและจำเพาะต่อความเป็นพิษของ aflatoxin ในเป็ดและสัตว์ฟันแทะบางชนิด นอกจากนี้อาจพบการอักเสบของลำไส้เล็ก มีการอักเสบและจุดเลือดออกที่ลำไส้ใหญ่ ม้ามมีจุดเลือดออก และเปิดเพศเมียมีอาการอักเสบอย่างรุนแรง และมีจุดเลือดออกสีแดงค้ำหรือม่วงที่รังไข่

ตารางที่ 2.3 ระดับความเข้มข้นและผลของ aflatoxin ในสัตว์ปีก

ชนิดสัตว์	ความเข้มข้น (ppb)	ผลที่เกิดจากสารพิษ
เป็ด	30	เกิดเนื้องอกที่ตับ
ไก่วง	250	การเจริญเติบโตลดลง
ไก่กระทง	420	น้ำหนักลดลง ตับถูกทำลายระดับปานกลาง ภายในเวลา 3 สัปดาห์
ไก่กระทง	1250	ตับ ม้ามและไต มีขนาดโตขึ้น แต่ขนาดของ Bursa gland และ Thymus gland มีขนาดเล็กลง
ไก่ไข่	5000	เปลือกไข่บาง ส่วนในไก่พ่อแม่พันธุ์ผลผลิตไข่และเปอร์เซ็นต์ฟักลดลง

ปัจจัยที่ทำให้เชื้อราปนเปื้อนในวัตถุดิบอาหารสัตว์สร้างสารพิษมีดังนี้คือ

1. ชนิดของรา *A. flavus*, *A. paraciticus* และ *A. nomius* จะสามารถสร้าง aflatoxin ได้ดี
2. อุณหภูมิ ราสามารถเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิประมาณ 25-30 C° *A. flavus*, และ *A. paraciticus* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 10-43 C° ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 32-33 C° และ aflatoxin จะถูกสร้างขึ้นมาในอุณหภูมิช่วงประมาณ 12-40 C°
3. pH ราจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH ที่กว้างคือ ตั้งแต่ 2-8.5 แต่ส่วนใหญ่มักชอบ pH ที่เป็นกรด *A. paraciticus* สามารถสร้าง aflatoxin ได้ในช่วง pH 6 จะเป็น pH ที่เหมาะสม
4. ความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นมีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของราถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้ความชื้นสูงด้วย ความชื้นประมาณ 14-30% และความชื้นสัมพัทธ์ 80-100% ดังนั้นการเก็บวัตถุดิบอาหารสัตว์ ควรให้ความชื้นลดลงต่ำกว่า 13% และเก็บวัตถุดิบไว้ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อรา
5. ก๊าซออกซิเจน ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและสร้างสารพิษจากราถ้าลดปริมาณของออกซิเจนหรือเพิ่มปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้การเจริญเติบโตของราต่ำลงและลดปริมาณการสร้างสารพิษ ถ้าลดออกซิเจนโดยการบรรจุหีบห่อหรือการใช้ oxygen scavengers จะสามารถยับยั้งการสร้าง aflatoxin จาก *A. flavus*, และ *A. paraciticus* ได้

ตารางที่ 2.4 กำหนดระดับ aflatoxin (หน่วย : ppb.) ที่ผ่านการพิจารณาของอนุกรรมการฯ

	ระดับที่อนุกรรมการฯ เห็นชอบ	ระดับที่กำหนดตาม ประกาศ	ระดับที่ EU กำหนด
วัตถุดิบ			
กากถั่วลิสง	300	500	20
กากถั่วเหลือง	30	50	50
ถั่วเหลืองอบ (Full fat soybean)	20	-	50
Corn gluten meal	20	-	-
ข้าวโพดเมล็ด ข้าวโพดป่น	50	100	20
รำละเอียด รำหยาบ รำสกัดน้ำมัน	25	50	50
ปลาป่น	20	40	50
ปลาและกระดูกปลาป่น	20	-	50
ขนไก่ป่น	20	-	50
เนื้อป่น เนื้อและ กระดูกป่น	20	-	50
กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม กากผลปาล์ม	50	-	20
กากมะพร้าว	50	-	20
มันเส้น มันอัดเม็ด	25	-	50
หัวอาหารสัตว์			
หัวอาหารไก่	30	50	-
หัวอาหารเม็ด	30	40	-
หัวอาหารโคเนื้อ- โคนม (โค-กระบือ)	50	100	-
หัวอาหารสุกร	30	50	-
อาหารสัตว์ผสมสำเร็จรูป			
อาหารไก่ไข่	30	100	20
อาหารไก่เนื้อ	20	100	20
อาหารเป็ด	20	30	10
อาหารสุกรแรกเกิด-น้ำหนัก 15 กิโลกรัม	30	50	10
อาหารสุกรน้ำหนัก 15 กิโลกรัมขึ้นไป	50	100	20
อาหารโคอายุไม่เกิน 1 ปี	50	100	100 (โคนม)
อาหารโคอายุตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไป	80	200	200 (โคนม)

ที่มา : กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์. (2546)

วิธีการที่ใช้ในการลดปริมาณการปนเปื้อนสารพิษจากรา

1. วิธีทางกายภาพ

การคัดเลือกเมล็ดพืช คัดเมล็ดที่มีรา หรือลักษณะสืบเล็ก น้ำหนักเบา และเปลี่ยนสีจากเดิม ออกจากกอง เพราะว่ามีเมล็ดที่มีลักษณะดังกล่าวมักจะมี aflatoxin ปนเปื้อน

การต้ม การนึ่ง ภายใต้อุณหภูมิและการทอด อาจลดระดับ aflatoxin ได้บ้าง แต่ต้องใช้ ระยะเวลาานานและสภาวะที่เหมาะสม

การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต ในกรณีใช้ได้เฉพาะเมล็ดที่มีการปนเปื้อน aflatoxin ในปริมาณ และอยู่ที่ผิวของเมล็ดเท่านั้น

การร่อนเมล็ดธัญพืชเพื่อขจัดเศษฝุ่นละอองออก และการล้าง เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถ กำจัดสารพิษออกจากเมล็ดธัญพืชได้ แต่วิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดก็คือการเผา ให้เมล็ดผ่านเปลว ไฟ

2. วิธีทางเคมี

การใช้ calcium propionate 0.25 % หรือ 0.5 % ของอาหารโดยน้ำหนัก ช่วยลดความเป็น พิษของ aflatoxin ในไก่ที่ได้รับ aflatoxin ปนเปื้อนในอาหาร

การใช้ ammonium carbonate, calcium hydroxide สามารถลดปริมาณ AFB₁ ในวัตถุดิบ อาหารสัตว์ได้

การใช้ benzoic acid, propionic acid และ ammonium benzoate สามารถยับยั้งการ เจริญเติบโตของ mycelium ของรา *A. flavus* และ *A. parasiticus*

3. วิธีทางชีววิทยา มีดังนี้

การใช้ steroidal hydroxylating และ *Acinetobacter calcoaceticus* สามารถเปลี่ยนแปลง โครงสร้างของ aflatoxin และ ochratoxin A ให้เป็นสารที่ไม่เป็นพิษได้

การใช้ *Rhizopus oligosporus* สามารถยับยั้งการสร้าง aflatoxin ของรา *A. parasiticus*

การใช้ยีสต์เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งสามารถที่จะใช้ในการลดความเป็นพิษ หรือช่วยในการดูดซับ สารพิษจากเชื้อราได้

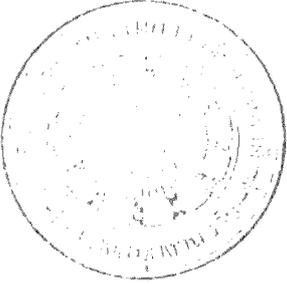
ยีสต์

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของ probiotics กลไกการทำงานของ probiotics นั้นเพื่อ ปรับปรุงสมรรถภาพในการผลิตสัตว์ โดยมีผลช่วยในการสังเคราะห์วิตามินและสารอาหารสารที่ จำเป็น เช่น vitamin B สร้าง metabolite ที่มีผลยับยั้งปฏิกิริยาการสร้างสารพิษหรือสารที่ก่อให้เกิด มะเร็ง และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยาการกำจัดพิษ มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของ

จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหาร รักษาภาวะสมดุลของ flora ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ ยีสต์มีความสามารถในการหมักย่อยได้ดี โดยเฉพาะ *S. cerevisiae*

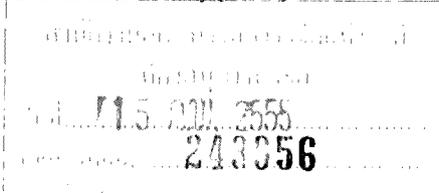
S. cerevisiae ประกอบด้วยเอนไซม์มากมาย บางส่วนสามารถถูกปล่อยออกมาในลำไส้ และช่วยในการย่อยอาหารปกติของเอนไซม์ที่สัตว์มีอยู่แล้ว และสามารถย่อยกากที่เอนไซม์ในทางเดินอาหารย่อยไม่ได้ เอนไซม์ที่เหลือจะอยู่ในเซลล์ยีสต์และจะถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อเซลล์ยีสต์ถูกทำลาย (เมตดา. 2541) นอกจากนี้แล้วยีสต์ยังอุดมไปด้วยสารอาหาร โดยเฉพาะ โปรตีน (40 – 45%) แร่ธาตุ และวิตามินต่างๆ เช่น vitamin- B complex (Celik et al., 2008)

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบของยีสต์ (*S. cerevisiae*)

Moisture	2 – 5 (%)	
Crud protein	50 – 52 (%)	
True protein	42 – 46 (%)	
Nucleic Acid	6 – 8 (%)	
Mineral	7 – 8 (%)	
Lipids	4 – 7 (%)	
Carbohydrate	30 – 37 (%)	

ที่มา : Celik et al.(2008)

จากการศึกษาผลของการใช้ *S. cerevisiae* ในอาหารสัตว์ปีก พบว่า *S. cerevisiae* สามารถช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวและอัตราการแลกน้ำหนักในสัตว์ปีก Menocel et al.,(2005) ได้ทำการทดลองเสริม *S. cerevisiae* ในสูตรอาหารไก่เนื้อในอัตรา 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าน้ำหนักตัวของไก่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วย *S. cerevisiae* มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยมีน้ำหนัก 2470, 2558, 2542 และ 2521 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้อัตราการแลกน้ำหนักของกลุ่มที่เสริม *S. cerevisiae* ในสูตรอาหารเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มที่เสริม *S. cerevisiae* ในสูตรอาหาร มีอัตราการแลกน้ำหนักดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhang et al.,(2005) ที่ได้ทำการเสริม *S. cerevisiae* ระดับต่างๆ ลงในสูตรอาหาร เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักตัวของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วย *S. cerevisiae* กับกลุ่มควบคุมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วย *S. cerevisiae* มีน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกน้ำหนักค่าที่ได้ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Kemel et al., (2001) ได้รายงานว่



การเสริม *S. cerevisiae* ลงในอาหารไก่เนื้ออายุ 0 ถึง 37 วัน ในระดับ 0 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารนั้น พบว่าการเสริม สามารถเพิ่มน้ำหนักตัวได้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่อัตราการแลกน้ำหนักรวมมีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.6 ทั้งนี้เนื่องจากการที่ *S. cerevisiae* ไปมีผลทำให้ระบบการย่อยอาหาร การนำโภชนะต่างๆ ในอาหารไปใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้น ช่วยรักษาภาวะสมดุลของ flora ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ และมีผลไปยังการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโทษ (Menocel et al., 2005)

ตารางที่ 2.6 ผลการเสริม *S. cerevisiae* ลงในสูตรอาหารไก่เนื้อต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

Treatments	Body Weight (g)	Feed consumption (g)	Feed conversion (g)	References
0	2470±14 ²	4708±24	1.93±0.01 ²	Menocel et al., (2005)
0.5	2558±47 ¹	4737±42	1.89±0.02 ¹	
1.0	2524±33 ¹	4684±37	1.88±0.01 ¹	
1.5	2512±26 ¹	4657±34	1.88±0.01 ¹	
0	1405	2556	1.82	Zhang et al.,(2005)
0.3	1498	2594	1.73	
1.0	1515	2644	1.75	
3.0	1553	2685	1.73	
0	1761.2±30.98 ^a		1794	Kemel et al., (2001)
0.2	1861.66±40.58 ^a		1780	
0	2589±21 ^c	5105±71 ^c	2.00±0.01	Kemel et al., (2001)
0.25	2647±40 ^b	5143±93 ^{ab}	1.97±0.04	
0.5	2657±41 ^a	5062±98 ^b	1.93±0.04	

^(a,b) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p < 0.05$) ในคอลัมน์เดียวกัน

^{1,2} แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ ($p < 0.01$) ในคอลัมน์เดียวกัน

ผลการเสริม *S. cerevisiae* เพื่อใช้ในการดูดซับ aflatoxin ในอาหารสัตว์ปีก

เนื่องจากผนังเซลล์ของยีสต์มีสารประกอบคาร์โบไฮเดรตชนิด MOS (MOS) ได้แก่ glucomannan ซึ่งมีคุณสมบัติในการจับกับสารพิษกับเชื้อราได้ จากการทดลองใช้ glucomannan ที่สกัดได้จากผนังเซลล์ของยีสต์ ปรากฏว่า glucomannan สามารถจับกับ aflatoxin ได้ถึง 95 % พูโมนิซิน 67% และซีราลีโนน 77 % (Yiannikouris and Jouany., 2002)

Keinl et al. (2003) ได้ทำการทดลองเสริม *S. cerevisiae* (0.2%) ในสูตรอาหารไก่เนื้อ ร่วมกับ aflatoxin (200 ng/g) พบว่าน้ำหนักตัวของไก่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วย *S. cerevisiae* มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มี aflatoxin โดยมีน้ำหนัก 3313, 3160 และ 3037 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yildiz et al., (2004) ที่ได้ทำการทดลองในนกกกระทา และการศึกษาของ Parlat et al., (2001) ที่ได้ทำการศึกษานนกกกระทาเช่นเดียวกัน โดยการทดลองได้ทำการเสริม *S. cerevisiae* ลงในสูตรอาหารร่วมกับ aflatoxin พบว่านกกกระทากลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วย *S. cerevisiae* นั้นมีการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการใช้อาหารดีขึ้น ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มี aflatoxin เพียงอย่างเดียวดังแสดงในตารางที่ 2.7 ทั้งนี้เนื่องจากตรงผนังเซลล์ของยีสต์ *S. cerevisiae* จะมีการดูดซับ aflatoxin ไว้ ซึ่งสารพิษเหล่านี้จะถูกกำจัดโดยการขับออกมาพร้อมมูลของสัตว์ (Santin et al., 2003)

แต่จากการศึกษาของ Santin et al. (2003) ที่ได้ทำการทดลองเสริม *S. cerevisiae* (0.01%) ลงในสูตรอาหารไก่เนื้อที่มี aflatoxin (500 ppb) ต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วย *S. cerevisiae* เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มี aflatoxin แล้ว ปรากฏว่าการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่เนื้อทั้ง 3 กลุ่มนั้น มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองของ Santin et al. (2003) ดังแสดงในตารางที่ 2.7 สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากสภาพแวดล้อมของตัวสัตว์ สัตว์จะสามารถต้านทานความเป็นพิษของ aflatoxin ได้เพิ่มมากยิ่งขึ้น เมื่อสัตว์อยู่ในสภาพที่มีการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมและการจัดการทางด้านอาหารที่ดี ซึ่งส่งผลทำให้ ความเครียดในตัวสัตว์ลดลงจึงทำให้สามารถต้านทานต่อสารพิษได้มากยิ่งขึ้น (Santin et al., 2003)

ตารางที่ 2.7 ผลการเสริม *S. cerevisiae* เพื่อใช้ในการดูดซับ aflatoxin ในอาหารสัตว์ปีกต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการผลิต

Species	Treatment		Body Weight (g)	Feed Intake (g)	Feed conversion (g)	Reference
	Levels					
	AF (ppb)	SC (%)				
Broiler	0	0	1773 ^b	3160 ^b	1.78	Kemel et al., (2003)
Chicken	2000	0	1661 ^c	3037 ^b	1.82	
	2000	2.0	1860 ^a	3313 ^a	1.78	
Quail	0	0	407.41(3.86) ^b	145.81(0.90) ^b	2.79(0.03)	Yildiz et al., (2004)
	2500	0	296.89(3.18)	91.72(0.98)	3.25(0.05) ^a	
	2500	0.1	494.87(5.47) ^a	168.17(1.11) ^a	2.94(0.03) ^b	
Quail	0	0	38.0(3.24) ^a	31.7(2.01) ^a	3.89(0.2) ^a	Parlat et al., (2001)
	5000	0	23.0(2.94) ^b	22.8(3.22) ^b	7.34(0.86) ^b	
	5000	0.2	38.0(3.81) ^a	29.6(2.23) ^a	3.69(0.2) ^a	
Broiler	0	0	1782	3555	1.998	Santin et al., (2003)
Chicken	500	0	1717	3543	2.063	
	500	0.1	1781	3452	1.941	
Broiler	0	0	2326	4281	1841	Santin et al., (2003)
Chicken	1000	0	1998	3766	1886	
	1000	0.2	2071	3773	1823	

^(a,b) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p < 0.05$) ในคอลัมน์เดียวกัน

*หมายเหตุ AF = aflatoxin ; SC = *S. cerevisiae*

ยีสต์จัดอยู่ในกลุ่มของ probiotic มีบทบาทในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์แต่ขัดขวางการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีโทษ ทำให้สมดุลของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารดีขึ้น สัตว์มีสุขภาพดีและมีสมรรถภาพในการผลิตดีขึ้น จากการศึกษาและรวบรวมเอกสารผลของการเสริม *S. cerevisiae* ในอาหารสัตว์ปีกที่มีการปนเปื้อนของ aflatoxin นั้น พบว่าการเติมยีสต์ลงในอาหารสามารถลดความเป็นพิษของ aflatoxin ได้ ส่งผลทำให้สมรรถภาพการผลิตของสัตว์ดีขึ้น ซึ่งสัตว์มีการเจริญเติบโตและมีประสิทธิภาพใช้อาหารดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผนังเซลล์ของยีสต์มีสารประกอบคาร์โบไฮเดรต MOS ได้แก่ glucomannan ซึ่งมีคุณสมบัติในการจับกับ

สารพิษกับเชื้อราได้ เมื่อสารพิษจับกับผนังเซลล์ของยีสต์แล้วก็จะถูกขับออกมาพร้อมกับอุจจาระของสัตว์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า นอกจากยีสต์จะอุดมไปด้วยสารอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุ ที่เป็นประโยชน์กับตัวสัตว์แล้วยีสต์ยังสามารถช่วยลดซับความเป็นพิษจากสารพิษต่างๆ ที่ปนเปื้อนในอาหารสัตว์อีกด้วย และยังไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อตัวสัตว์และมนุษย์ อันเนื่องจากการเกิดสารพิษตกค้างในตัวสัตว์ หรือจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากตัวของสัตว์เอง

แต่สิ่งที่สำคัญที่สุดของการผลิตสัตว์สัตว์ คือ การจัดการทั้งการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม และการจัดการด้านอาหาร เมื่อสัตว์อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดี ได้รับอาหารที่มีคุณภาพ ส่งผลทำให้ความเครียดของสัตว์ลดลง เมื่อสัตว์มีความเครียดต่ำก็จะสามารถต้านทานต่อโรค และสารพิษต่างๆ ได้มากขึ้น ส่งผลต่อสมรรถภาพในการผลิตของสัตว์ ทำให้สัตว์มีสมรรถภาพในการผลิตสูงขึ้น