

รายงานผลงานเรื่องเติมผลการทดลองสิ้นสุด ปีงบประมาณ 2555

ชุดโครงการวิจัย	การลดการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลังเก็บเกี่ยว
โครงการวิจัย	การจัดการโรคและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ใช้สารเคมี
กิจกรรม	การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราโดยวิธีทางกายภาพ
กิจกรรมย่อย	
ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)	การควบคุมการปนเปื้อนเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรโดยวิธีทางกายภาพ
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ)	Control of Fungi and Aflatoxin B1 Contamination in Agricultural Products by Physical Method

คณะผู้ดำเนินงาน

รัตตา สุทธยาคม อมรา ชินภูติ

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

บทคัดย่อ

ผลิตผลเกษตรที่ใช้บริโภคหลายชนิดมักพบการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซิน ปัจจุบันปัญหาเรื่องสุขอนามัยและความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสิ่งสำคัญมาก จึงควรมีข้อมูลการปนเปื้อนของเชื้อราและสารแอฟลาทอกซิน ได้สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ด 10 ชนิด ได้แก่ ข้าวสาร ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวขาว ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วลิสง งาขาว และงาดำ จากแหล่งจำหน่ายในกรุงเทพมหานคร ในปี 2554 จำนวน 10 แห่ง แห่งละ 10 ตัวอย่างต่อชนิดเมล็ด นำตัวอย่างเมล็ดมาตรวจการปนเปื้อนของเชื้อรา บนอาหาร DG18 ด้วยวิธี Direct Plate Count และตรวจการปนเปื้อนของสาร Aflatoxin B1 ด้วยวิธี ELISA โดยชุดตรวจสอบ DOA-Aflatoxin ELISA test kit ของกรมวิชาการเกษตร และการลดปริมาณสาร Aflatoxin B1 ในเมล็ด 4 ชนิดที่ปลูกเชื้อ *Aspergillus flavus* ด้วยวิธีทางกายภาพ โดยอบด้วยตู้อบความร้อน และไมโครเวฟ ผลการทดลองพบการปนเปื้อนของเชื้อ *A. flavus* สูงที่สุดในถั่วลิสง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.75-80% และถั่วลิสงมีการปนเปื้อนของสาร Aflatoxin B1 สูงถึง 186.4 พีพีบี พบเกินมาตรฐาน 40.70% ของตัวอย่างถั่วลิสงทั้งหมด สำหรับวิธีการลดปริมาณสาร Aflatoxin B1 ด้วยตู้อบความร้อน พบว่า การอบที่อุณหภูมิ 80°C ให้ผลดีในข้าวกล้อง และข้าวเหนียวดำ ดังนี้ ข้าวกล้องอบที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 30 นาที ปริมาณ AFB₁ ลดลง 47.05% ข้าวเหนียวดำอบที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 150 นาที ปริมาณ AFB₁ ลดลง 69.73% และการลดปริมาณสาร Aflatoxin B1 ด้วยไมโครเวฟ โดยอบงาดำที่ความร้อนระดับกลาง เวลา 90 วินาที มีผลให้ปริมาณ AFB₁ ต่ำสุดคือ 75.18 พีพีบี ลดลง 26.81% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

คำนำ

สารแอฟลาทอกซิน เป็นกลุ่มของสารพิษที่สร้างโดยเชื้อรา *Aspergillus flavus* *A. parasiticus* และ *A. nomius* พบมากในเมล็ดธัญพืช และพืชน้ำมันชนิดต่างๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าว ข้าวสาลี ถั่วลิสง และในผลิตภัณฑ์แปรรูปแทบทุกชนิดที่ใช้วัตถุดิบจากผลิตผลเกษตรที่มีเชื้อราชนิดนี้ปนเปื้อนอยู่ก่อน (Pitt และ Hocking, 1996) เชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* จะพบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปโดยเฉพาะสภาพแวดล้อมของประเทศ ไทย ซึ่งเหมาะกับการเจริญเติบโตของเชื้อราและการสร้างแอฟลาทอกซินเป็นอย่างมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* คือ 36-38°C และที่อุณหภูมิ 25-35 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85% เชื้อราสามารถสร้างสารพิษได้ภายใน 48 ชั่วโมง (ปริศนา, 2524) สารแอฟลาทอกซินที่พบตามธรรมชาติจะมีอยู่ 4 ชนิด คือ Aflatoxins B₁ B₂ G₁ และ G₂ โดย Aflatoxins B₁ จะมีความเป็นพิษสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ G₁ B₂ และ G₂ ตามลำดับ องค์การ IARC (International Association Research Cancer) ได้จัดสารแอฟลาทอกซินเป็นสารก่อมะเร็ง การปนเปื้อนของเชื้อราสามารถเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่การเก็บเกี่ยว การบรรจุ การขนส่ง และการเก็บรักษา ประเทศไทยกำหนดให้มีการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินในอาหารทั่วไปได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม หรือ 20 พีพีบี ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (คณะกรรมการอาหารและยา, 2539) ดังนั้น การปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรจึงเป็นปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพและอนามัยของผู้บริโภคโดยตรง จึงได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร และศึกษาวิธีการลดปริมาณการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซิน เพื่อให้ได้คำแนะนำกับผู้บริโภคเป็นการแก้ปัญหาในระยะสั้น

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เมล็ด 10 ชนิด ได้แก่ ข้าวสาร ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวขาว ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วลิสงแกะเปลือก งาขาว และงาดำ
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Glycerol Agar (DG18)
3. อุปกรณ์และเครื่องแก้วที่ใช้ในการวางเมล็ด และเตรียมตัวอย่างสำหรับตรวจสอบสารแอฟลาทอกซิน
4. ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป (DOA-Aflatoxin ELISA test kit)
5. กล้องจุลทรรศน์
6. หม้อนึ่งความดัน
7. ตู้อบ และไมโครเวฟ
8. ถาดอสูมิเนียม

วิธีการ

1. การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราในผลิตผลเกษตรที่จำหน่ายตามตลาดในเขตกรุงเทพมหานคร

1.1 การสุ่มเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างเมล็ดที่วางจำหน่าย 2 แห่ง คือ ซูเปอร์มาร์เก็ต 5 แห่ง และตลาดทั่วไปในเขตกรุงเทพฯ 5 แห่ง โดยแต่ละแหล่งเก็บตัวอย่างจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ข้าวสาร ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวขาว ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วลิสง งาขาว และงาดำ สุ่มตัวอย่างเมล็ดชนิดละ 5-10 ซ้ำต่อชนิดของเมล็ด ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง เก็บครั้งที่1 มกราคม-มีนาคม 2554 และเก็บครั้งที่2 กรกฎาคม-กันยายน 2554

1.2 การตรวจการปนเปื้อนของเชื้อรา

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำๆละ 100 เมล็ด

นำตัวอย่างเมล็ดตรวจหาการปนเปื้อนของเชื้อราโดยวิธี Direct Plate Count Method แต่ละชนิดตัวอย่างจะทำการสุ่มเมล็ดมาวางบนอาหาร DG18 เมล็ดขนาดใหญ่ เช่น ถั่วลิสง ถั่วแดง เป็นต้น วาง 10 เมล็ด/จานเลี้ยงเชื้อ และในเมล็ดขนาดเล็ก วาง 25 เมล็ด/จานเลี้ยงเชื้อ

1.3 บันทึกข้อมูล หลังบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน

ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* ในแต่ละตัวอย่าง

2. การตรวจการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินบี1 ในผลิตภัณฑ์เกษตร 10 ชนิด

วิเคราะห์การปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินบี1 โดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป (DOA ELISA Test Kit)

2.1 นำตัวอย่างเมล็ดมาทำการตรวจวิเคราะห์หาการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินโดยวิธี ELISA โดยนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดและผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน จึงสุ่มแบ่งซั้งตัวอย่างมา 20 กรัม เพื่อนำมาสกัดสารแอฟลาทอกซินต่อไป

2.2 การสกัดสารแอฟลาทอกซินจากตัวอย่างที่บดละเอียดโดยใช้ ซั้งตัวอย่างบดละเอียด 20 กรัม ใส่ใน flask แล้วเติมเมทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ 100 มล. เขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 300 รอบ/นาที นาน 30 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที ให้ตกตะกอนแยกเป็นส่วนใส เทส่วนใสมาผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 นำส่วนใสที่กรองได้ไปเจือจางด้วย 0.01 M Phosphate buffer ให้มีความเข้มข้นเป็น 1:20 (สารสกัด 1 มล.+ buffer 3 มล.) ตัวอย่างที่เจือจางเป็น 1:20 แล้วนำไปวิเคราะห์ได้ทันที

2.3 การวิเคราะห์สารแอฟลาทอกซินจากสารสกัดมีขั้นตอนดังนี้

2.3.1. หยด 50 ไมโครลิตรของสารพิษมาตรฐานที่มีความเข้มข้นระดับต่างๆ คือ 0 0.2 0.5 1 และ 5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ลงในหลุมทดสอบและหยด 50 lay out ที่วางไว้

2.3.2. หยด 50 ไมโครลิตรของ AFB₁-HRP conjugate ที่เจือจางใน 0.01M Phosphate buffer saline+0.1% Bovine Serum Albumin ลงไปทุกหลุมแล้วเขย่าเล็กน้อยให้เข้ากัน หลังจากนั้นบ่มหลุมทดสอบในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

2.3.3. ล้างหลุมทดสอบ 3 ครั้ง ด้วย washing buffer

2.3.4. หยด 100 ไมโครลิตรของ substrate A+B (อัตราส่วน 1:1) ลงในหลุมทดสอบทุกหลุม และบ่มไว้ในที่มืดประมาณ 5-10 นาที ปฏิกิริยาจะเกิดเป็นสีฟ้า หลุมที่มีสารพิษน้อยจะเกิดปฏิกิริยาเป็นสีฟ้า หลุม

ที่มีสารพิษมากจะเห็นเป็นสีฟ้าจางหรือขาวตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของสารที่เกิดจะผกผันกับปริมาณสารพิษในตัวอย่าง

2.3.5. หยดปฏิกิริยาโดยเติม 100 ไมโครลิตร ของ stopping solution ลงไปทุกหลุม ปฏิกิริยาจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

2.3.6. อ่านปฏิกิริยาความเข้มข้นของสีโดยเครื่อง Micro ELISA Reader ที่ช่วงคลื่น 450 นาโนเมตร

2.4 การคำนวณปริมาณสารพิษในตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์สารแอฟลาทอกซินทำการอ่านผลแบบ quantitative โดยใช้เครื่อง Micro ELISA Reader อ่านความเข้มของสีที่เกิดจากปฏิกิริยา (Absorbance Value) แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณเป็นปริมาณสารพิษโดยใช้โปรแกรม Kinetic แบบ Log-logit/Log ปริมาณสารพิษที่อ่านได้มีหน่วยเป็นนาโนกรัมต่อกิโลกรัม (ส่วนในพันล้านส่วน)

2.5 บันทึกปริมาณการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินปี 1 ในเมล็ดชนิดต่างๆ

3. การลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินปี 1 ในผลิตภัณฑ์โดยวิธีทางกายภาพ

โดยเลือกเมล็ดที่มีการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินสูงเกินมาตรฐานกำหนด จำนวน 4 ชนิด คือ ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ ถั่วลิสง และงาดำ มาทำการทดลองลดปริมาณสารแอฟลาทอกซิน โดยนำเมล็ดทั้ง 4 ชนิดมาทำการปลูกเชื้อด้วยสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* ปริมาณ 1×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร จำนวน 3 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง 100 กรัม บ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง 14 วัน และนำตัวอย่างมานึ่งฆ่าเชื้อโดยหม้อนึ่งความดัน ก่อนทำการทดลองตามวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2

วิธีที่ 1 การอบด้วยตู้อบความร้อน

1. เมล็ด 3 ชนิด คือ ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ และงาดำ

วางแผนการทดลองแบบ factorial 4x5 in CRD จำนวน 6 ซ้ำ

ปัจจัยที่ 1 ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ มี 4 ระดับ คือ 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 2 ระดับเวลาที่ใช้ในการอบ มี 5 ระดับ คือ 30 60 90 120 และ 150 นาที

2. เมล็ดถั่วลิสง

วางแผนการทดลองแบบ factorial 2x5 in CRD จำนวน 6 ซ้ำ

ปัจจัยที่ 1 ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ มี 2 ระดับ คือ 50 และ 60 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 2 ระดับเวลาที่ใช้ในการอบ มี 5 ระดับ คือ 30 60 90 120 และ 150 นาที

3. ตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินปี 1 โดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป

4. บันทึกปริมาณการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินปี 1

วิธีที่ 2 การอบด้วยไมโครเวฟ ไมโครเวฟที่ใช้ในการทดลองคือ ไมโครเวฟ Panasonic model NN-S235

MF/WF ซึ่งมีความถี่คลื่นขณะทำงาน 2450 เมกะเฮิร์ตซ์ กำลังไฟฟ้าในการทำงาน 800 วัตต์

วางแผนการทดลองแบบ CRD 10 กรรมวิธี 6 ซ้ำ ดังนี้

- กรรมวิธีที่1 ความร้อนต่ำ เวลา 2 นาที
- กรรมวิธีที่2 ความร้อนต่ำ เวลา 3 นาที
- กรรมวิธีที่3 ความร้อนต่ำ เวลา 4 นาที
- กรรมวิธีที่4 ความร้อนกลาง เวลา 30 วินาที
- กรรมวิธีที่5 ความร้อนกลาง เวลา 60 วินาที
- กรรมวิธีที่6 ความร้อนกลาง เวลา 90 วินาที
- กรรมวิธีที่7 ความร้อนสูง เวลา 20 วินาที
- กรรมวิธีที่8 ความร้อนสูง เวลา 30 วินาที
- กรรมวิธีที่9 ความร้อนสูง เวลา 40 วินาที
- กรรมวิธีที่10 ชุดควบคุม (control)

2. ตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินบี1 โดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป

3. บันทึกปริมาณการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินบี1 และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารแอฟลาทอกซินบี1

$$\text{จากสูตร} \quad \frac{(\text{ปริมาณ AFB}_1 \text{ ของชุดควบคุม} - \text{ปริมาณ AFB}_1 \text{ ของกรรมวิธี}) \times 100}{\text{ปริมาณ AFB}_1 \text{ ของชุดควบคุม}}$$

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา ตุลาคม 2553 - กันยายน 2555

สถานที่ กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

การปนเปื้อนของเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินบี1 ในผลิตผลเกษตร

การปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus flavus* เชื้อสาเหตุที่สร้างสารแอฟลาทอกซินบี1 ในเมล็ด 10 ชนิด ตรวจโดยวิธี Direct Plate Count Method บนอาหาร DG18 จากการสุ่มเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง ในปี 2554 พบการปนเปื้อนของเชื้อราบนเมล็ดแต่ละตัวอย่างในปริมาณต่ำไม่เกิน 6% ยกเว้นในงาดำและถั่วลิสง งาดำพบการปนเปื้อนของ *A. flavus* มีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-29.25% ค่าเฉลี่ย 2.4% และถั่วลิสงพบ *A. flavus* สูงที่สุด มีค่าอยู่ระหว่าง 1.75-80% ค่าเฉลี่ย 23.01% สำหรับในกลุ่มของข้าว 4 ชนิด คือ ข้าวสาร ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ พบการปนเปื้อนของเชื้อ *A. flavus* ในข้าวเหนียวดำมากที่สุด มีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-4.25% ค่าเฉลี่ย 0.99% พบรองลงมา คือ ข้าวกล้อง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-3.75% ค่าเฉลี่ย 0.46% ดังแสดงในตารางที่1

การปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินบี1 (AFB₁) จากเมล็ดทั้ง 10 ชนิด จำนวน 1,586 ตัวอย่าง ตรวจโดยชุดตรวจสอบสำเร็จรูป DOA-Aflatoxin ELISA test kit พบการปนเปื้อน AFB₁ 100% ในเมล็ด 9 ชนิด ยกเว้นในถั่วเขียว และพบเมล็ด 5 ชนิด ที่มีค่า AFB₁ สูงเกินมาตรฐาน 20 พีพีบี คือ ข้าวกล้อง มีค่า AFB₁ สูงสุด-ต่ำสุด อยู่

ระหว่าง 1.7-50.3 พีพีบี ข้าวเหนียวขาว 1.2-27.1 พีพีบี ข้าวเหนียวดำ 8.5-50 พีพีบี งาดำ 0.6-39.7 พีพีบี และถั่วลิสง 1.1-186.4 พีพีบี ซึ่งในถั่วลิสงเป็นเมล็ดที่มีการปนเปื้อนของ AFB₁ สูงที่สุด พบเกินมาตรฐาน 40.70% ของตัวอย่างถั่วลิสงทั้งหมด จากตารางที่2

จากผลการทดลองพบว่า ถั่วลิสงมีการปนเปื้อนของทั้งเชื้อรา *A. flavus* และ AFB₁ มีค่าสูงสุดคล้อยกัน โดยพบเชื้อราที่สร้างสารแอฟลาทอกซินสูง และมีปริมาณ AFB₁ สูงเช่นกัน เนื่องจากเชื้อราที่สร้างสารแอฟลาทอกซินเจริญได้ดีในสภาพอากาศร้อนชื้น อมราและคณะ(2549) ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราในผลิตภัณฑ์เกษตรจำนวน 17 ชนิด จากแหล่งจำหน่าย 10 แห่ง พบชนิดของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *A. niger* มากที่สุด และพบเชื้อรา *A. flavus* ปนเปื้อนในถั่วลิสงสูง 38.6% และจากการรวบรวมผลการวิเคราะห์สารแอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ถั่วลิสง ในปี 2525-2536 จำนวน 600 ตัวอย่าง พบถั่วลิสงดิบมีการปนเปื้อนมากที่สุด 81% ของตัวอย่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-3529 พีพีบี พบเกินมาตรฐาน 55% (ศรีสิทธิ์, 2538)

การลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินปี1 ในผลิตภัณฑ์โดยวิธีทางกายภาพ

1. การอบด้วยตู้อบความร้อน ในข้าว 3 ชนิด ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ มีคุณภาพหลังการหุงปกติ

การอบข้าวกล้อง อุณหภูมิที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณ AFB₁ ในข้าวกล้องแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในตารางที่3 และ4 การอบข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 80 °C มีผลให้ปริมาณ AFB₁ ในข้าวกล้องมีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยเวลาที่ใช้ในการอบข้าวกล้องไม่มีผลต่อปริมาณ AFB₁ ดังนี้ 7.33 7.82 7.22 7.27 และ7.73 พีพีบี ปริมาณ AFB₁ ลดลง 47.05 43.56 47.89 47.53 และ44.16% ที่เวลา 30 60 90 120 และ 150 นาที ตามลำดับ

การอบข้าวเหนียวดำ มีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณ AFB₁ ในข้าวเหนียวดำ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในตารางที่5 และ6 การอบข้าวเหนียวดำที่อุณหภูมิ 80 °C อบนาน 150 นาที มีผลให้ปริมาณ AFB₁ ในข้าวเหนียวดำมีค่าต่ำสุด คือ 11.35 พีพีบี เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ปริมาณ AFB₁ ลดลง 69.73% ในขณะที่การอบที่ 80 °C เวลา 30 60 90 และ120 นาที มีแนวโน้มในการลดปริมาณ AFB₁ ได้ดีเช่นกันคือ 13.52 12 12.18 และ11.67 พีพีบี ตามลำดับ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานอาจเลือกใช้เวลานในการอบที่น้อยลง

การอบงาดำ มีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณ AFB₁ ในงาดำแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในตารางที่7 และ8 การอบงาดำที่อุณหภูมิ 60 °C เวลา 120 และ150 นาที และการอบงาดำที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 60 90 และ150 นาที มีผลให้ปริมาณ AFB₁ ในงาดำมีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ในด้านการประหยัดพลังงาน การอบงาดำที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 60 นาที มีปริมาณ AFB₁ 81.80 พีพีบี ลดลง 59.26% ให้ผลคุ้มค่าที่สุด

การอบถั่วลิสง มีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณ AFB₁ ในถั่วลิสงแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในตารางที่9 การอบถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 50 °C เวลา 150 นาที มีผลให้

ปริมาณ AFB₁ ในถั่วลิสงมีค่าต่ำสุดคือ 201.42 พีพีบี เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ปริมาณ AFB₁ ลดลง 19.82% ในทดลองการอบถั่วลิสงด้วยตู้อบความร้อนจะใช้อุณหภูมิต่ำ 2 ระดับเท่านั้น เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง 70 และ 80 °C มีผลทำให้เมล็ดถั่วลิสงไหม้

2. การอบด้วยไมโครเวฟ

เนื่องจากเมล็ดอีก 3 ชนิด คือ ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ เมื่อนำมาอบด้วยไมโครเวฟมีผลให้เมล็ดแตกหัก และ ถั่วลิสงมีผลทำให้เมล็ดไหม้ จึงทำการทดลอง การอบด้วยไมโครเวฟในเมล็ดงาดำเพียงชนิดเดียว การอบงาดำด้วย ไมโครเวฟ พบว่า กรรมวิธีที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณ AFB₁ ในงาดำ แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในตารางที่ 11 การอบงาดำด้วยความร้อนระดับกลาง เวลา 90 วินาที มีผลให้ปริมาณ AFB₁ ในงาดำมีค่าต่ำสุดคือ 75.18 พีพีบี และปริมาณ AFB₁ ลดลง 26.81% รองลงมาคือ การอบด้วยความร้อนระดับกลาง เวลา 60 วินาที มี ปริมาณ AFB₁ 78.35 พีพีบี ลดลง 23.72% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

สรุปผลการทดลอง

1. การปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* ในถั่วลิสงมีการปนเปื้อนสูงที่สุดถึง 80%
2. การปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินบี1 ถั่วลิสงมีปริมาณ AFB₁ สูงที่สุด 186.4 พีพีบี พบเกินมาตรฐาน 40.70% ของตัวอย่างถั่วลิสง
3. การลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินบี1 ด้วยตู้อบความร้อนให้ผลดีที่สุด ดังนี้
การอบข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 80 °C 30 นาที ปริมาณ AFB₁ ลดลง 47.05%
การอบข้าวเหนียวดำที่อุณหภูมิ 80 °C 150 นาที ปริมาณ AFB₁ ลดลง 69.73%
การอบงาดำที่อุณหภูมิ 70 °C 60 นาที ปริมาณ AFB₁ ลดลง 59.26%
การอบถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 50 °C 150 นาที ปริมาณ AFB₁ ลดลง 19.82%
4. การลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินบี1 ด้วยไมโครเวฟ โดยการอบงาดำที่ความร้อนระดับกลาง เวลา 90 วินาที ปริมาณ AFB₁ ลดลง 26.81%

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

การลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนโดยวิธีทางกายภาพสามารถปฏิบัติได้ง่ายในครัวเรือน ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค ทำได้ด้วยการใช้ตู้อบความร้อน หรือไมโครเวฟ ในแต่ละวิธีการควรเกลี่ยให้เมล็ด บางทั่วกันเพื่อที่จะได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง และเลือกใช้ระดับความร้อน และเวลาที่พอเหมาะ ดังนี้ วิธีการ อบด้วยตู้อบความร้อน ควรอบข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 30 นาที ข้าวเหนียวดำอบที่อุณหภูมิ 80 °C ช่วงเวลา 60-120 นาที ถั่วลิสงอบที่อุณหภูมิ 50 °C เวลา 150 นาที การอบงาดำที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 60 นาที ให้ผลคุ้มค่าที่สุด และการอบงาดำด้วยไมโครเวฟ ที่ความร้อนระดับกลาง เวลา 90 วินาที

คำขอบคุณ

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสารพิษจากเชื้อรา กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ที่ช่วยให้งานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ปรีศนา เหมสุจิ. 2524. สารพิษจากเชื้อราในเมล็ดพืชอาหาร. การสัมมนาเรื่องวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของข้าว พืชไร่และพืชสวน ณ. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ บางเขน กรุงเทพฯ 19-20 พฤศจิกายน 2524 หน้า 80-93
- ศรีสิทธิ์ การุณยะวนิช ดวงจันทร์ สุประเสริฐ อุมา บริบูรณ์ สุวัฒน์ โปษยะวัฒนา และนพากรณ์ ปัญจะ. 2538. อะฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 37(1): 19-32
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2539. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522. รวบรวมโดยกองสารวัตร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 534 หน้า
- อมรา ชินภูติ ขวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์ อรุณศรี วงษ์อุไร รัตตา สุทธยาคม วิชชุดา รัตนากาญจน์ และจิรากร ไกศย์เสวี. 2549. โครงการทดสอบประสิทธิภาพชุดตรวจสอบสารอะฟลาทอกซินสำเร็จรูปเพื่อขยายผลการใช้งานสู่เกษตรกรและผู้ประกอบการส่งออก. รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็ม กองทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 109 หน้า
- Pitt, J.I. and Hocking, A.D. 1996. Current knowledge of fungi and mycotoxins associated with food commodities in Southeast Asia. In: Highly, E. And John, G.I. ed., Mycotoxin contamination in grain. ACIAR Technical Reports. 37:5-10

ตารางที่ 1 การปนเปื้อนของเชื้อรา A.flavus (%) บนผลิตผลเกษตร 10 ชนิด จาก 10 แหล่งจำหน่ายในกรุงเทพมหานคร

สถานที่ เวลา	ชนิดพืช	เชื้อรา A.flavus (%)									
		ข้าวสาร	ข้าวกล้อง	ข้าวเหนียวขาว	ข้าวเหนียวดำ	ถั่วเหลือง	ถั่วเขียว	ถั่วแดง	ถั่วลิสง	งาขาว	งาดำ
ตลาด 1	ครั้งที่ 1	0	1	0	4.25	0.5	0.5	0.25	18.75	0	0
	ครั้งที่ 2	0	0	0	1.75	1	0.5	0	1.75	0	0
ตลาด 2	ครั้งที่ 1	0	0	0	0.5	0.25	0	0.75	18	0	0
	ครั้งที่ 2	0	0	1.5	1	0.75	0.75	0	31	0	0
ตลาด 3	ครั้งที่ 1	1.25	0.25	0	0.25	0	1.75	0.5	35.5	0	1.25
	ครั้งที่ 2	0	3.75	0	0	0.75	0.5	0.25	45	0	2.75
ตลาด 4	ครั้งที่ 1	0	0	0	2.5	0.5	0	0	51.5	0	5.5
	ครั้งที่ 2	0	0	0.25	1.75	0	1.75	0.25	80	0	0
ตลาด 5	ครั้งที่ 1	0.25	0.5	0	0.25	0.75	0.5	2.75	63.25	0	7.5
	ครั้งที่ 2	0	1.5	0	1.75	0.25	1.25	0.25	12	0	0.25
ซูเปอร์มาร์เก็ต 1	ครั้งที่ 1	0	0	0	0	1	0.25	0	0	0.25	1.5
	ครั้งที่ 2	0	0	0	0	0.25	0.25	0	2	0	0
ซูเปอร์มาร์เก็ต 2	ครั้งที่ 1	0	0	0	0.75	0	2.5	0.25	37.5	0	0
	ครั้งที่ 2	0	0	0	1	0.75	0	0.25	0	0	0
ซูเปอร์มาร์เก็ต 3	ครั้งที่ 1	0	0	0	0	0.25	0	2	25.75	0	0
	ครั้งที่ 2	0.25	0	0	1	0.5	0	0	5.25	0	29.25

ซูเปอร์ มาร์เก็ต4	ครั้งที่1	0.75	1	0	2.25	0.5	0.5	5.5	9.75	2.5	0
	ครั้งที่2	0	0	0	0.5	0	0.25	0	2.25	0	0
ซูเปอร์ มาร์เก็ต5	ครั้งที่1	0.75	1.5	0.5	0.25	0.75	0.5	0.25	2.5	0	0
	ครั้งที่2	0	0	0.25	0	1.25	0	1.5	18.5	0	0
ค่าเฉลี่ย		0.33	0.46	0.13	0.99	0.50	0.59	0.74	23.01	0.14	2.40

ตารางที่2 ปริมาณการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินปี1 ในผลิตภัณฑ์เกษตร 10 ชนิด จาก 10 แหล่งจำหน่าย

แหล่งจำหน่าย	ชนิดตัวอย่าง	จำนวน ตัวอย่าง ที่วิเคราะห์	จำนวนตัวอย่างที่ พบ (%)	จำนวนตัวอย่างที่พบเกิน มาตรฐาน (%)	ค่าเฉลี่ย AFB ₁ (พีพีบี)	ปริมาณ AFB ₁ ต่ำสุด-สูงสุด (พีพีบี)
ตลาด 1	ข้าวสาร	19	26.3	0	0.85	0.7-7.5
	ข้าวกล้อง	10	100	100	38.73	30.7-50.3
	ข้าวเหนียวดำ	20	100	55	19.22	8.5-37
	ข้าวเหนียวขาว	15	100	0	5.28	2.6-11.6
	ถั่วเหลือง	15	66.7	0	2.11	1.2-8.4
	ถั่วเขียว	20	45	0	0.81	0.7-4.4
	ถั่วแดง	20	60	0	1.67	1.3-5.1
	ถั่วลิสง	20	100	5	12.39	1.7-28.8
	งาขาว	20	100	0	3.81	0.6-8.3
งาดำ	20	100	0	7.70	1-13.6	
ตลาด 2	ข้าวสาร	20	25	0	0.22	0.7-1.2
	ข้าวกล้อง	20	100	5	7.74	1.7-23.8
	ข้าวเหนียวดำ	20	100	50	22.09	11.7-36.2
	ข้าวเหนียวขาว	20	100	0	5.55	2.0-13
	ถั่วเหลือง	25	100	0	2.89	1.3-4.8
	ถั่วเขียว	20	55	0	0.63	0.7-2.3
	ถั่วแดง	20	90	0	1.60	0.5-4.2
	ถั่วลิสง	20	100	95	48.85	15.6-186.4
	งาขาว	20	100	0	3.56	0.7-8.5
งาดำ	20	100	5	13.49	7.1-26.4	
ตลาด 3	ข้าวสาร	20	95	0	5.91	1.4-12.6
	ข้าวกล้อง	20	100	0	5.49	2.2-11
	ข้าวเหนียวขาว	20	100	0	4.03	1.8-7.2
	ข้าวเหนียวดำ	20	100	30	19.98	14.9-38.6
	ถั่วเหลืองซีก	20	95	0	4.03	1.9-7.9
	ถั่วเขียว	20	55	0	0.72	0.9-2.1
	ถั่วแดง	20	65	0	0.89	0.7-2.3
	ถั่วลิสง	20	100	80	31.85	10-139.6
	งาขาว	20	95	0	1.83	0.6-4.4
งาดำ	20	100	10	11.80	6.8-24.9	
ตลาด 4	ข้าวสาร	20	75	0	3.11	0.7-7.5
	ข้าวกล้อง	20	100	95	32.56	19.5-50.4
	ข้าวเหนียวขาว	15	100	0	8.37	3.3-12.2

	ข้าวเหนียวดำ	20	100	45	18.74	9-33.7
	ถั่วเหลือง	10	100	0	4.46	2-8.6
	ถั่วเขียว	20	75	0	1.66	0.6-4
	ถั่วแดง	20	95	0	2.63	0.9-5.5
	ถั่วลิสง	20	100	55	41.13	19.2-101.4
	งาขาว	20	100	0	2.36	0.7-8.5
	งาดำ	20	100	0	10.64	7.4-14.6
ตลาด 5	ข้าวสาร	10	40	0	0.54	1-1.7
	ข้าวกล้อง	10	100	0	11.82	9.4-15
	ข้าวเหนียวขาว	10	100	0	5.29	1.2-8.5
	ข้าวเหนียวดำ	10	100	90	22.77	16.8-33.2
	ถั่วเหลือง	10	100	0	6.52	2.9-8.6
	ถั่วเขียว	10	60	0	1.46	0.8-5.8
	ถั่วแดง	10	100	0	3.25	1.1-5
	ถั่วลิสง	10	100	60	23.00	17.5-32.9
	งาขาว	10	100	0	5.95	4.8-9.6
	งาดำ	10	100	0	12.43	9.9-15.2
ซูเปอร์มาร์เก็ต 1	ข้าวสาร	15	86.7	0	5.46	0.8-10.5
	ข้าวกล้อง	10	100	0	11.55	9-13.1
	ข้าวกล้องนิล	5	80	0	1.34	0.9-2.5
	ข้าวเหนียวขาว	20	100	0	7.04	2.8-18.4
	ถั่วเหลือง	16	93.8	0	4.15	2.2-6.9
	ถั่วเหลืองซีก	4	100	0	5.28	3.7-6.4
	ถั่วเขียว	21	57.1	0	0.91	0.6-2.8
	ถั่วแดง	21	61.9	0	1.59	1.6-3.7
	ถั่วลิสง	20	85	0	7.64	1.1-19.3
	งาขาว	15	46.7	0	1.67	0.6-7.3
	งาดำ	20	80	0	3.61	1.2-12.3
ซูเปอร์มาร์เก็ต 2	ข้าวสาร	25	56	0	1.57	0.6-8.7
	ข้าวกล้อง	25	100	16	12.18	2.7-32.7
	ข้าวเหนียวขาว	25	100	12	9.10	2.7-27.1
	ข้าวเหนียวดำ	30	100	33.3	19.78	9.0-50
	ถั่วเหลือง	30	83.3	0	3.04	0.9-10.1
	ถั่วเขียว	30	36.7	0	1.10	0.9-8.9
	ถั่วแดง	30	66.7	0	2.33	0.6-11.7
	ถั่วลิสง	30	100	30	20.36	4.9-92.3
	งาขาว	31	48.4	0	1.91	1-13.6
	งาดำ	30	100	33.3	14.37	3.1-39.7
ซูเปอร์มาร์เก็ต 3	ข้าวสาร	10	50	0	0.70	0.6-3
	ข้าวกล้อง	5	100	0	5.76	4.3-6.8
	ข้าวเหนียวขาว	5	100	0	4.28	2.4-5.2
	ข้าวเหนียวดำ	10	100	0	12.67	10.1-14.8
	ถั่วเหลือง	10	90	0	2.60	1.3-6
	ถั่วเขียว	10	70	0	1.24	1.5-2.1

	ถั่วแดง	13	100	0	2.32	1.3-3.8
	ถั่วลิสง	8	100	100	26.90	21.2-34.3
	งาขาว	7	14.3	0	0.23	1.6
	งาดำ	10	100	0	6.86	4.9-8.5
ซูปเปอร์มาร์เก็ต 4	ข้าวสาร	10	100	0	1.43	0.9-2.1
	ข้าวกล้อง	10	100	0	4.58	3.5-7.1
	ข้าวเหนียวขาว	10	100	0	3.57	3.1-4.7
	ข้าวเหนียวดำ	10	100	0	12.17	10-15.1
	ถั่วเหลือง	10	100	0	2.90	1.2-4.2
	ถั่วเขียว	10	60	0	0.58	0.7-1.2
	ถั่วแดง	10	100	0	2.49	1.4-3.2
	ถั่วลิสง	10	100	0	6.39	5.1-9.2
	งาขาว	10	20	0	0.17	0.8-0.9
	งาดำ	10	100	0	8.54	6.7-10.8
ซูปเปอร์มาร์เก็ต 5	ข้าวสาร	10	70	0	1.53	1.2-4
	ข้าวกล้อง	10	100	0	7.48	5.4-10.4
	ข้าวเหนียวขาว	5	100	0	9.68	9.0-10
	ข้าวเหนียวดำ	5	100	0	12.48	10.6-14
	ถั่วเหลือง	14	35.7	0	0.55	1.2-2.4
	ถั่วเขียว	14	92.9	0	2.31	1.6-4.6
	ถั่วแดง	14	42.9	0	0.64	1-2.2
	ถั่วลิสง	14	100	0	3.94	2.4-6.3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอฟลาทอกซินปี 1 ในข้าวกล้องที่อบด้วยตู้อบความร้อน

อุณหภูมิ(C)	แอฟลาทอกซินปี 1 (พีพีปี)					เฉลี่ยอุณหภูมิ**
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที	
control	13.85	13.85	13.85	13.85	13.85	13.85 d
50	11.88	11.78	11.30	10.82	10.83	11.32 c
60	11.35	10.87	10.48	10.53	9.62	10.57 bc
70	11.12	10.68	8.90	8.60	7.10	9.28 b
80	7.33	7.82	7.22	7.27	7.73	7.47 a
เฉลี่ยเวลา	11.107	11.000	10.350	10.213	9.827	

CV = 21.86%

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, ...) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Scheffe ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่4 ปริมาณแอฟลาทอกซินปี1 ที่ลดลงในข้าวกล้องที่อบด้วยตู้อบความร้อน

อุณหภูมิ(C)	แอฟลาทอกซินปี1ที่ลดลง(%)				
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที
50	14.20	14.92	18.41	21.90	21.78
60	18.05	21.54	24.31	23.95	30.57
70	19.74	22.86	35.74	37.91	48.74
80	47.05	43.56	47.89	47.53	44.16

ตารางที่5 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอฟลาทอกซินปี1 ในข้าวเหนียวดำที่อบด้วยตู้อบความร้อน

อุณหภูมิ(C)	แอฟลาทอกซินปี1(พีพีปี)					เฉลี่ยอุณหภูมิ
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที	
control	37. 50 f	37.50 f	37. 50 f	37.50 f	37. 50 f	37.50
50	22.20 e	22.33 e	19.85 de	19.02 de	15.10 a-d	19.70
60	19.07 de	19.65 de	18.03 de	17.88 bcde	16.93 a-e	18.31
70	18.67 de	18.03 de	18.35 cde	18.82 bcde	17.15 a-e	18.20
80	13.52 a-d	12.00 abc	12.18 abc	11.67 ab	11.35 a	12.14
เฉลี่ยเวลา	22.19	21.90	21.18	20.98	19.61	

CV = 41.81%

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, ...) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Scheffe ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่6 ปริมาณแอฟลาทอกซินปี1 ที่ลดลงในข้าวเหนียวดำที่อบด้วยตู้อบความร้อน

อุณหภูมิ(C)	แอฟลาทอกซินปี1ที่ลดลง(%)				
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที
50	40.80	40.45	47.07	49.28	59.73
60	49.15	47.60	51.91	52.32	54.85
70	50.21	51.92	51.07	49.81	54.27
80	63.95	68.00	67.52	68.88	69.73

ตารางที่7 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอฟลาทอกซินปี1 ในงาคำที่อบด้วยตู้อบความร้อน

อุณหภูมิ(C)	แอฟลาทอกซินปี1(พีพีบี)					เฉลี่ยอุณหภูมิ
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที	
control	200.80 f	200.80 f	200.80 f	200.80 f	200.80 f	200.80
50	114.73 cde	106.42 bc	107.05 bc	109.93 cd	104.95 bc	108.62
60	97.62 abc	96.53 abc	99.63 abc	84.30 a	83.70 a	92.36
70	100.13 abc	81.80 a	80.83 a	89.58 ab	84.48 a	87.37
80	133.90 e	134.03 e	127.05 de	114.57 cde	113.45 cd	124.60
เฉลี่ยเวลา	129.4	123.92	123.07	119.84	117.48	

%CV = 31.36

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, ...) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Scheffe ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่8 ปริมาณแอฟลาทอกซินปี1 ที่ลดลงในงาคำที่อบด้วยตู้อบความร้อน

อุณหภูมิ(C)	แอฟลาทอกซินปี1ที่ลดลง(%)				
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที
50	42.86	47.00	46.69	45.25	47.73
60	51.38	51.93	50.38	58.02	58.32
70	50.13	59.26	59.75	55.39	57.93
80	33.32	33.25	36.73	42.94	43.50

ตารางที่9 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอฟลาทอกซินปี1 ในถั่วลิสงที่อบด้วยตู้อบความร้อน

อุณหภูมิ(C)	แอฟลาทอกซินปี1(พีพีบี)					เฉลี่ยอุณหภูมิ
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที	
control	251.20 c	251.20 c	251.20 c	251.20 c	251.20 c	251.20
50	238.30 bc	237.27 bc	237.17 bc	230.18 bc	201.42 a	228.87
60	233.18 bc	237.63 bc	232.63 bc	234.65 bc	220.12 ab	231.64

เฉลี่ยเวลา	240.89	242.03	240.33	238.68	224.24	
------------	--------	--------	--------	--------	--------	--

%CV = 5.80

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, ...) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Scheffe ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่10 ปริมาณแอฟลาทอกซินปี1 ที่ลดลงในถั่วลิสงที่อบด้วยตู้อบความร้อน

อุณหภูมิ(C)	แอฟลาทอกซินปี1ที่ลดลง(%)				
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที
50	5.14	5.55	5.59	8.37	19.82
60	7.17	5.40	7.39	6.59	12.37

ตารางที่11 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอฟลาทอกซินปี1 ในงาคั่วที่อบด้วยตู้อบไมโครเวฟ

กรรมวิธี	แอฟลาทอกซินปี1 (พีพีบี) **	ปริมาณแอฟลาทอกซินปี1ที่ลดลง (%)
1. ต่ำ 2 นาที	86.65 b	15.64
2. ต่ำ 3 นาที	87.67 b	14.65
3. ต่ำ 4 นาที	87.17 b	15.14
4. กลาง 30 วินาที	87.22 b	15.09
5. กลาง 60 วินาที	78.35 ab	23.72
6. กลาง 90 วินาที	75.18 a	26.81
7. สูง 20 วินาที	82.13 ab	20.04
8. สูง 30 วินาที	81.92 ab	20.25
9. สูง 40 วินาที	81.57 ab	20.59
10. control	102.72 c	-

CV = 10.42%

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, ...) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Scheffe ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%