

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์  
ควบคุมเชื้อรา *Aspergillus flavus*  
และสารพิษแอฟลาทอกซินในข้าวโพดความชื้นสูง  
Suitable Time of Using Carbon Dioxide Fumigation for  
Controlling *Aspergillus flavus* and Aflatoxin Contamination in  
High Moisture Maize

วีรวัดน์ นิลรัตนคุณ<sup>1</sup>

วันเพ็ญ ศรีทองชัย<sup>2</sup>

Werawat Nilrattanakoon<sup>1</sup>

Wanphen Srithongchai<sup>2</sup>

**ABSTRACT**

The experiment on starting time of carbon dioxide fumigation for controlling fungal growth and aflatoxin contamination of high moisture maize was carried out at Nakhon Sawan Field Crops Research Center in 1993 and 1994. After shelling 0, 24, 48, and 72 hours, the rate of CO<sub>2</sub> at 0.5 kg per ton was used to fumigate the grain bulks precedingly covered by plastic sheets respectively. Five days after fumigation, it was found that the fumigation performed within 48 hours gave effective controlled on *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination. The grain quality and appearance were not changed. Temperatures in the bulks were reduced after the application of CO<sub>2</sub>. The non-fumigated grain bulk was severely infected by *A. flavus*. Aflatoxin contamination and grain temperature in the bulk significantly increased.

**Key words :** carbon dioxide, fumigation, aflatoxin, high moisture maize

**บทคัดย่อ**

ได้ศึกษาประสิทธิภาพและระยะเวลาที่เหมาะสมของการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รมกองข้าวโพด ความชื้นสูง หลังจากการกะเทาะในระยะเวลาต่างๆ กัน เพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อราและการเกิดสารพิษแอฟลาทอกซินเป็นการชั่วคราว ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ในปี พ.ศ.2536 และ 2537

โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อัตรา 0.5 กก./เมลิ็ด 1 ตัน รมกองข้าวโพดที่คลุมด้วยผืนพลาสติกหลังจากการกะเทาะ 0,24, 48 และ 72 ชม. เป็นเวลา 5 วัน ผลการทดลอง พบว่า การรมด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> ภายในระยะเวลา 48 ชม. หลังการกะเทาะ สามารถป้องกันและระงับการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และการเกิดของสารพิษแอฟลาทอกซินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคุณภาพของเมลิ็ดไม่เปลี่ยนแปลง และอุณหภูมิในกองข้าวโพดจะ

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ตากฟ้า นครสวรรค์ 60190

<sup>1</sup> Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Tak Fa, Nakhon Sawan 60190

<sup>2</sup> กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม.10900

<sup>2</sup> Plant Pathology and Microbiology Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

ลดลงหลังจากเริ่มรมก๊าซ ในขณะที่ข้าวโพดที่กองไว้ในสภาพบรรยากาศปกติถูกเชื้อรา *A. flavus* เข้าทำลายทั่วทั้งกอง ปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษแอฟลาทอกซิน และอุณหภูมิในกองเพิ่มสูงขึ้น เมล็ดจับตัวเป็นก้อนและมีกลิ่นเหม็นหืน  
คำหลัก : คาร์บอนไดออกไซด์ รม สารพิษแอฟลาทอกซิน ข้าวโพดความชื้นสูง

## คำนำ

การปนเปื้อนของสารพิษแอฟลาทอกซินในข้าวโพด เป็นปัญหาที่สำคัญมากอย่างหนึ่งในการผลิตข้าวโพดของประเทศไทย จากการรวบรวมข้อมูลของวีรวัดน์ และคณะ (2537) พบว่า ปัญหาการปนเปื้อนส่วนใหญ่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว และมักพบว่า มีปริมาณที่สูงขึ้นมากอย่างผิดปกติในช่วงที่ข้าวโพดอยู่ในลานตากของพ่อค้าท้องถิ่น ทั้งนี้ เนื่องจากไม่สามารถลดความชื้นของข้าวโพดให้ลงอยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ทัน อันมีสาเหตุจากการที่มีฝนตกอยู่เสมอ หรือลานตากไม่เพียงพอ ประกอบกับมีรอยแตกบนเมล็ดที่เกิดจากการกะเทาะ ทำให้เชื้อ *A. flavus* สามารถเข้าทำลายเมล็ดข้าวโพดและผลิตสารแอฟลาทอกซินได้ภายในเวลา 48 ชม.

ก๊าซออกซิเจน ( $O_2$ ) เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ซึ่งต้องการ  $O_2$  สำหรับการหายใจ Peterson *et al.* (1956) และ Lander *et al.* (1967) กล่าวว่า การเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. flavus* จะลดลงในสภาพที่มีความเข้มข้นของ  $O_2$  ต่ำ Wilson *et al.* (1977) รายงานว่า การเจริญเติบโตของเชื้อราและการสร้างสารพิษแอฟลาทอกซินในข้าวโพดความชื้นสูง จะหยุดเมื่อมีความเข้มข้นของ  $O_2$  ต่ำกว่า 0.5%

การปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere) ให้ความเข้มข้นของ  $O_2$  ลดลง โดยการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซเฉื่อยบางชนิด เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* เพื่อป้องกันการเกิดสารพิษแอฟลาทอกซินในข้าวโพด จากการศึกษาของ Wilson and Jay (1975) พบว่า การเก็บข้าวโพดที่มีความชื้นในเมล็ด 29.4% ในสภาพบรรยากาศที่มีความเข้มข้นของ  $CO_2$  สูง (61.7%  $CO_2$ , 8.7%  $O_2$  และ 29.6%  $N_2$ ) สามารถเก็บข้าวโพดไว้ได้นาน 4 สัปดาห์ โดยมีการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินไม่เกิน 20 ppb ในขณะที่เดียวกัน Hale *et al.* (1978) รายงานว่า การเก็บข้าวโพดที่มีความชื้นในเมล็ด 18.8% ในสภาพบรรยากาศ ที่ประกอบด้วย 14.3%  $CO_2$ , 0.5%

$O_2$  และ 85.2%  $N_2$  สามารถเก็บข้าวโพดได้นานถึง 109 วัน และพบสารพิษแอฟลาทอกซินเพียง 15 ppb และจากการศึกษาของวีรวัดน์ และคณะ (2537) พบว่า การใช้ก๊าซ  $CO_2$  อัตรา 0.5 กก./เมล็ด 1 ตัน รมกองข้าวโพดที่มีความชื้นสูง 27.1% หลังจากกะเทาะ 24 ชม. นาน 4 วัน สามารถป้องกันการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และการเกิดสารพิษแอฟลาทอกซินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรจะใช้ก๊าซ  $CO_2$  อัตรา 0.5 กก./เมล็ด 1 ตัน รมกองข้าวโพดที่มีความชื้นสูง หลังจากการกะเทาะในระยะเวลาต่างๆ กัน เพื่อป้องกันและยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และสารพิษแอฟลาทอกซิน

## อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ.2536-2537 โดยมีวิธีการดังนี้

1. การเตรียมตัวอย่าง นำฝักข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวแล้วภายใน 10 วัน มากะเทาะ โดยใช้เครื่องกะเทาะติดท้ายรถแทรกเตอร์ ในขณะที่เดียวกันทำการสุ่มเมล็ดขณะไหลออกจากเครื่องกะเทาะเพื่อใช้เป็นตัวอย่างเริ่มต้น โดยทยอยสุ่มเมล็ดใส่ถุงพลาสติก ถุงละประมาณ 250 กรัมไปเรื่อยๆ จนเสร็จสิ้นการกะเทาะ (ปี พ.ศ.2536 และ 2537 สุ่มได้ 76 และ 56 ถุง ตามลำดับ) แล้วนำตัวอย่างข้าวโพดในแต่ละถุงไปตรวจสอบความชื้นในเมล็ดโดยใช้เครื่องวัดความชื้น Steelite นำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย จากนั้นจึงนำเมล็ดทั้งหมดมาเทรวมกันแล้วสุ่มตัวอย่างดังกล่าว อีกครั้งหนึ่ง โดยใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง แบ่งเมล็ดดังกล่าว ออกเป็น 3 ส่วนเพื่อทำการ ตรวจสอบดังนี้

1. เปอร์เซนต์เมล็ดแตก ใช้เมล็ดประมาณ 1500 เมล็ด ย้อมด้วยสารละลาย (สีเขียว) ซึ่งมีส่วนผสมของโซเดียมคลอไรด์ 61.9% ตาร์ตราซีน และบิลเลียมบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ 28.1% นาน 3 ชม. แล้วนำมา

ตรวจนับเมล็ดที่ย้อมติดสีเขียวแล้วนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ เมล็ดแตก

2. เมล็ดที่ถูกเชื้อรา *A. flavus* เข้าทำลาย แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การตรวจสอบด้วยตาเปล่า (visible mold growth) และการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

- การตรวจสอบด้วยตาเปล่า สุ่มเมล็ด ข้าวโพดมา 1500 เมล็ด ไปตรวจนับจำนวนเมล็ดที่พบเชื้อราเจริญอยู่โดยตรง โดยแยกเป็นเมล็ดสมบูรณ์และเมล็ดแตก แล้วนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ถูกเชื้อรา *A. flavus* เข้าทำลาย

- การใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อตรวจนับเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายภายในเมล็ดโดยใช้ข้าวโพดจำนวน 300 เมล็ด และยังไม่ได้ฆ่าเชื้อ 100 เมล็ด มาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar) ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆเช่นเดียวกับรายงานของวีรวัดน์และคณะ (2537)

3. ปริมาณการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซิน สุ่มเมล็ดมา 5 กก. แบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80°C จนเหลือความชื้นประมาณ 12% นำไปบดให้ละเอียด แล้วจึงนำไปวิเคราะห์สารพิษแอฟลาทอกซินด้วยวิธี Thin Layer Chromatography (TLC)

2. กรรมวิธีการทดลอง แบ่งเมล็ดที่กะเทาะได้ออกเป็น 5 กอง เท่าๆ กัน (ปี พ.ศ.2536 และ 2537 มีปริมาณกองละ 2200 และ 2000 กก. ตามลำดับ) เพื่อเก็บรักษาตามวิธีการต่างๆ ดังนี้ กองที่ 1 ปล่องกองข้าวโพดไว้ในสภาพบรรยากาศปกติตลอดการทดลอง (control) กองที่ 2, 3, 4 และ 5 รุมกองข้าวโพดด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5 กก./เมล็ด 1 ตัน หลังการกะเทาะ 0, 24, 48 และ 72 ชม. ตามลำดับ ระหว่างดำเนินการทดลองวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในกองข้าวโพดทุกกองๆ ละ 3 จุด ที่ความลึกจากผิวกองประมาณ 50 ซม. ทุก 4 ชม. โดยใช้หัววัดรุ่น SKH 2011 และเครื่องบันทึกข้อมูลแบบ Delta-T

สุ่มตัวอย่างข้าวโพดจากกองที่ 1 หลังเก็บรักษานาน 5 วัน ส่วนกองที่ 2-5 สุ่มตัวอย่างหลังจากเริ่มรมก๊าซนาน 5 วัน เพื่อตรวจสอบเมล็ดที่ถูกเชื้อราเข้าทำลาย ปริมาณการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินเช่นเดียวกับตัวอย่างเริ่มต้น รวมทั้งประเมินคุณลักษณะของกองข้าวโพดแต่ละกอง โดยสังเกตจากเชื้อราในกอง

ข้าวโพดสี ความชื้น การเลื่อนไหลของเมล็ด และกลิ่นของกองข้าวโพด

วิธีการรมก๊าซ มีวิธีการดังนี้ คือ กองข้าวโพดแต่ละกองให้มีลักษณะเป็นกองพูน ครึ่งวงกลมแล้วใช้ผืนพลาสติก PVC หนา 0.20 มม. คลุมให้รอบกองและปิดทับชายพลาสติกครอบกองด้วยม้วนกระสอบเปล่า (10 กระสอบ/ม้วน) เพื่อป้องกันการถ่ายเทของอากาศ จากนั้นจึงตอสาวยางเข้ากับถังบรรจุก๊าซ ที่วางอยู่บนเครื่องขังข้างกองข้าวโพด และใช้ปลายอีกด้านหนึ่งของสาวยางสอดสอดใต้ผืนพลาสติกและเสียบเข้าไปในกองข้าวโพดลึกประมาณ 15 ซม. จากนั้นจึงปล่อยก๊าซ เข้าไปในกองอัตรา 0.5 กก./เมล็ด 1 ตัน แล้วจึงดึงสาวยางออกและปิดกองให้เรียบร้อย

## ผลการทดลองและวิจารณ์

ความชื้นในเมล็ด เมื่อเริ่มต้นการทดลองในปี พ.ศ. 2536 และ 2537 ข้าวโพดแต่ละกรรมวิธีมีความชื้นในเมล็ด โดยเฉลี่ย 20.1 และ 26.8% ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก หลังการกะเทาะในปี พ.ศ. 2536 และ 2537 พบเมล็ดแตกหรือมีรอยปริถึง 26.0 และ 22.5% ตามลำดับ

การทดลองได้ผลเช่นเดียวกันทั้ง 2 ปี คือ

จำนวนเมล็ดที่ถูกเชื้อรา *A. flavus* เข้าทำลายก่อนการรมก๊าซ CO<sub>2</sub> จากการสุ่มตรวจนับเชื้อรา *A. flavus* ที่เจริญบนเมล็ดข้าวโพดแต่ละกองด้วยตาเปล่า พบว่ากองข้าวโพดที่ปล่อยไว้ในสภาพบรรยากาศ ปกติ 0 และ 24 ชม. ยังไม่พบการเจริญของเชื้อราแต่จะเริ่มพบเชื้อรา *A. flavus* เฉพาะบนเมล็ดแตกจำนวน 2.8 และ 5.4% ในกองที่ปล่อยไว้ในสภาพบรรยากาศปกติ 48 และ 72 ชม. ตามลำดับ (Table 1)

หลังการรมก๊าซนาน 5 วัน พบว่า การรมก๊าซสามารถป้องกันและหยุดการเจริญของเชื้อราได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ กองข้าวโพดที่รมก๊าซในระยะ 0 และ 24 ชม. หลังการกะเทาะ ตรวจไม่พบการเจริญของเชื้อราด้วยตาเปล่า ส่วนกองที่รมก๊าซหลังจากการกะเทาะ 48 และ 72 ชม. พบเชื้อราเฉพาะบนเมล็ดแตกเพียง 1.8 และ 8.2% ตามลำดับในปี พ.ศ.2536 และในปี 2537 พบเพียง 2.0 และ 5.4% ตามลำดับ ในขณะที่กอง con-

trol พบเชื้อราบนเมล็ดแตกถึง 24.8 และ 22.3% ตามลำดับ (Table 2)

การที่เชื้อรา *A. flavus* สามารถเข้าทำลายและเจริญเติบโตบนเมล็ดข้าวโพด จนมองเห็นเชื้อราด้วยตาเปล่า ในระยะเวลาเพียง 2-3 วันนั้น สอดคล้องกับรายงานของ Kawashima *et al.* (1990 a) ที่กล่าวว่า หลังจากการกะเทาะ หากไม่ทำการลดความชื้นจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัย เชื้อราจะเข้าทำลายเมล็ดได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่การเก็บข้าวโพดทั้งฝักที่ระดับความชื้นเท่ากัน สามารถเก็บได้นานกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินในประเทศไทย ส่วนหนึ่งน่าจะเกิดขึ้นมากหลังการกะเทาะ โดยมีปัจจัยที่สำคัญ คือ ความชื้นในเมล็ดที่สูง และรอยแตกบนเมล็ดที่เกิดจากการกะเทาะ ทำให้เชื้อรา *A. flavus* ซึ่งเป็น weak parasite (Golombic and Kulic, 1969) สามารถเข้าทำลายได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

จากการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวโพดที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายทั้งภายในและบริเวณผิวเมล็ด โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่า การรมก๊าซช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* ได้ โดยช่วงเวลาที่เริ่มรมก๊าซหลังกะเทาะเร็วขึ้น ก็จะช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราภายในเมล็ดได้ดีขึ้น (Table 3)

การปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซิน พบว่า กอง control มีปริมาณสารแอฟลาทอกซินปนเปื้อนอยู่สูงที่สุด คือ 40.8-48.9 ppb จากที่ตรวจพบเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาเพียง 1.6 ppb ในขณะที่กองข้าวโพดที่รมด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> มีปริมาณการปนเปื้อนเพียง 0.3-16.5 ppb เท่านั้น (Table 4)

เป็นที่น่าสังเกตว่า ปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษแอฟลาทอกซินในกอง control มีปริมาณค่อนข้างต่ำคือไม่เกิน 50 ppb เท่านั้น ทั้งที่เมื่อพิจารณาจากสภาพของกองข้าวโพดที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายทั่วทั้งกอง จนแทบจะสูญเสียคุณค่าทางการตลาดไป ซึ่งเหมือนกับผลการทดลองของ Kawashima *et al.* (1990 b and c) และที่ยืนยันผลการทดลองของ วีรวัดน์และคณะ (2537) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะในระยะ 4-5 วันแรก หลังการกะเทาะเป็นระยะที่เชื้อราเริ่มเจริญเติบโต จึงผลิตสารพิษออกมาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในกองข้าวโพด กองข้าวโพดที่รมก๊าซ CO<sub>2</sub>

ทันทีหลังการกะเทาะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตลอดการรมก๊าซนาน 5 วัน ส่วนกองที่ปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติ 24-72 ชม. นั้น พบว่า อุณหภูมิในกองข้าวโพดแต่ละกองเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ วันละ 2-3 °C ตามระยะเวลาที่ถูกปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติ แต่หลังจากการรมก๊าซ อุณหภูมิในกองกลับลดลงเรื่อยๆ ในขณะที่กอง control อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1 และ 2)

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในกองข้าวโพดส่วนใหญ่เกิดจากการหายใจของเชื้อจุลินทรีย์ภายในกองมากกว่า การหายใจของเมล็ด (Hummel *et al.*, 1954; Christensen and Kaufman, 1969; Wallace, 1971) ดังนั้นเมื่อความเข้มข้นของ O<sub>2</sub> ถูกลดลงอย่างรวดเร็ว จึงทำให้อัตราการหายใจของเชื้อจุลินทรีย์ลดต่ำลงหรือหยุดลง ทำให้อุณหภูมิในกองข้าวโพดไม่เพิ่มขึ้น หรือลดลงหลังจากถูกร่มก๊าซที่ระยะเวลาต่างๆ หลังการกะเทาะ

ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ภายในกองข้าวโพด พบว่า การรมก๊าซทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในกองข้าวโพด แต่ละกองลดลง 4-5% โดยมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 82-86% (Figure 3 และ 4) แต่อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ระดับนี้ ก็ยังคงสูงเพียงพอต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ซึ่งต้องการความชื้นสัมพัทธ์ขั้นต่ำเพียง 80% สำหรับการเจริญเติบโตและการงอกของสปอร์ (Panassenko, 1941)

ลักษณะและคุณภาพของกองข้าวโพด ก่อนการรมก๊าซ กองข้าวโพดที่ปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติ 0-48 ชม. เมล็ดยังมีสีเหลืองส้ม เป็นมัน และเลี่ยนไหลเป็นปกติ ส่วนกองที่ปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติ 72 ชม. นั้น สังเกตเห็นสีเขียวของเชื้อรา *A. flavus* เจริญบนเมล็ดได้อย่างชัดเจน เมล็ดเริ่มจับตัวเป็นก้อนและมีกลิ่นเหม็นหืน

หลังการรมก๊าซนาน 5 วัน พบว่า สภาพของกองข้าวโพดแต่ละกองที่รมก๊าซ ยังมีลักษณะเช่นเดียวกับก่อนที่จะทำการรมก๊าซ แต่มีกลิ่นเปรี้ยวเกิดขึ้นในแต่ละกอง โดยเฉพาะในกองที่เริ่มรมก๊าซ 72 ชม. หลังกะเทาะ จะมีกลิ่นเปรี้ยวผสมกลิ่นเหม็นหืน ในส่วนของกอง control พบเชื้อรา *A. flavus* เข้าทำลายทั่วทั้งกองสามารถมองเห็นสีเขียวของเชื้อราได้ชัดเจน โดยเฉพาะบริเวณผิวกองถึงระดับความลึก 15 ซม. เมล็ดจับตัวเป็นก้อนและมีกลิ่นเหม็นหืน

**Table 1** Percentage of visible *A. flavus* growth in grain bulks left in ambient conditions before fumigation in 1994.

Storage period (hr)	<i>A. flavus</i>	
	Sound kernel	Damaged kernel
0	0	0
24	0	0
48	0	2.8 ± 1.5
72	0	5.4 ± 4.9

Average of 5 samples ± standard deviation

**Table 2** Percentage of visible *A. flavus* growth in grain bulks after being fumigated for 5 days.

Starting time of fumigation after shelling(hr)	1993		1994	
	Sound kernel	Damaged kernel	Sound kernel	Damaged kernel
0	0	0	0	0
24	0	0	0	0
48	0	1.8 ± 1.5	0	2.0 ± 2.1
72	0	8.2 ± 1.8	0	5.4 ± 2.1
Control	0.3 ± 0.4	24.8 ± 3.5	0.4 ± 0.3	22.3 ± 9.4

Average of 5 samples ± standard deviation

**Table 3** Percentage of maize kernels infected and contaminated by *A. flavus* after storage for 5 days.

Starting time of fumigation after shelling (hr)	1993		1994	
	Infected	Contaminated	Infected	Contaminated
Initial sample	3.2 ± 5.4	97.0 ± 4.6	2.0 ± 4.0	97.0 ± 4.6
0	27.0 ± 16.2	100 ± 0.0	11.0 ± 10.8	69.0 ± 13.0
24	27.7 ± 18.4	100 ± 0.0	8.3 ± 5.8	74.0 ± 13.6
48	81.0 ± 16.4	100 ± 0.0	10.7 ± 10.9	71.0 ± 15.1
72	95.0 ± 0.6	100 ± 0.0	8.0 ± 7.5	77.0 ± 17.9
Control	97.7 ± 4.2	100 ± 0.0	47.7 ± 18.6	100 ± 0.0

Average of 5 samples ± standard deviation

**Table 4** Aflatoxin contamination level (ppb) in grain bulks.

Starting time of fumigation after shelling (hr)	1993	1994
Initial sample	1.6 ± 1.6	ND <sup>1/</sup>
0	ND <sup>1/</sup>	2.5 ± 1.5
24	6.8 ± 4.5	0.3 ± 0.3
48	4.5 ± 1.2	0.6 ± 0.6
72	16.5 ± 3.7	ND <sup>1/</sup>
Control	48.9 ± 8.8	40.8 ± 9.5

Average of 2 samples standard deviation

<sup>1/</sup> ND = Non Detected

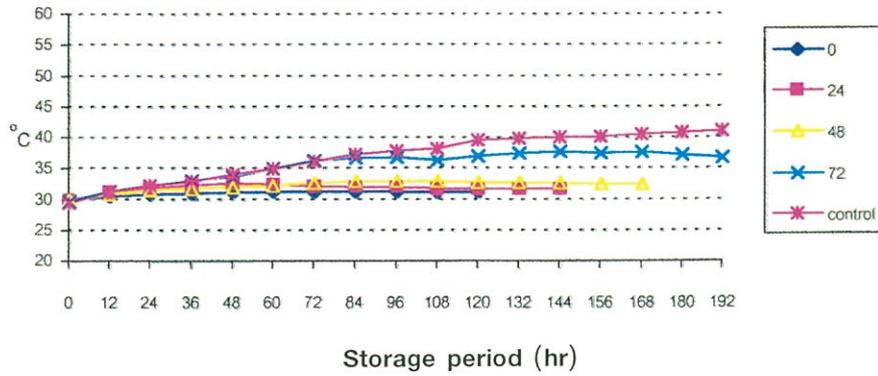


Figure 1 Temperature changes in grain bulks during storage in 1993.

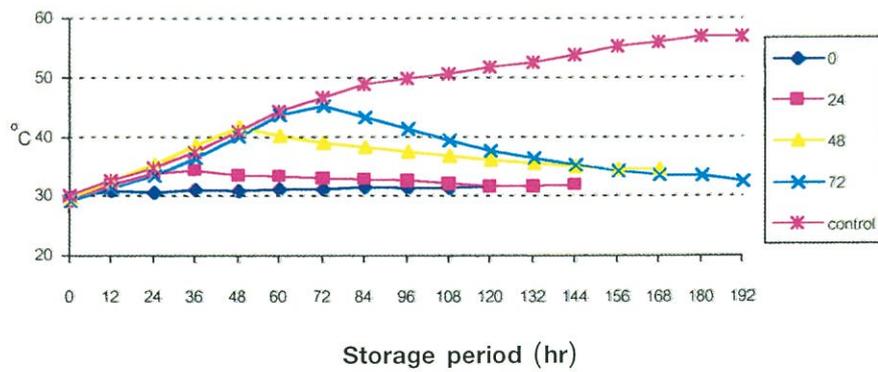


Figure 2 Temperature changes in grain bulks during storage in 1994.

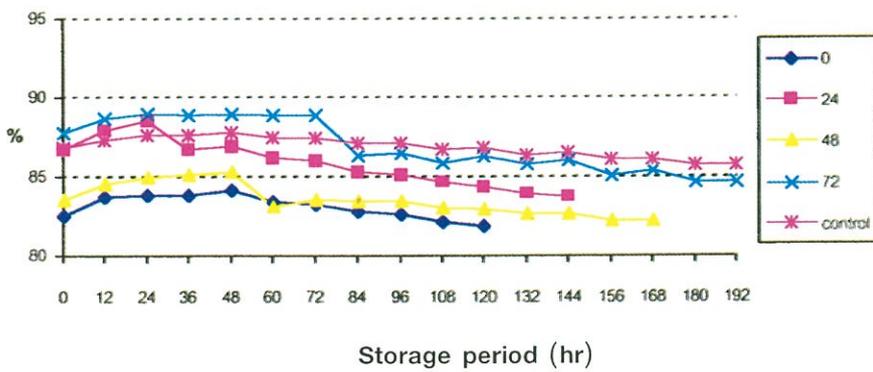


Figure 3 Relative humidity changes in grain bulk during storage in 1993.

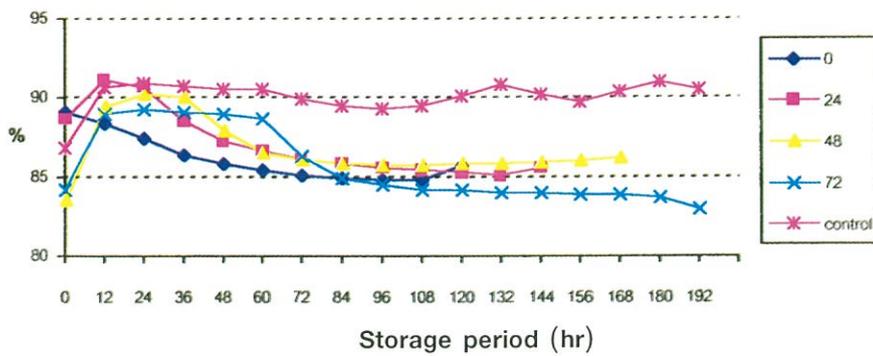


Figure 4 Relative humidity changes in grain bulk during storage in 1994.

เชื้อรา *A. flavus* ที่พบในกองข้าวโพดที่รมก๊าซ หลังการกะเทาะ 48 และ 72 ชม. นั้น เป็นเชื้อราที่เกิดขึ้น ก่อนการรมก๊าซซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่จะปล่อยกอง ข้าวโพดความชื้นสูงไว้ในสภาพบรรยากาศปกติได้นาน เท่าไรหลังจากการกะเทาะ จึงขึ้นอยู่กับเชื้อราจะเข้าทำลาย กองข้าวโพดได้เร็วเท่าไร จากการทดลองนี้พบว่าหลังจาก รมไว้เพียง 48 ชม. ก็เริ่มพบการเจริญของเชื้อรา แล้ว และหากกองไว้นานถึง 72 ชม. ถึงแม้การรมก๊าซใน ระยะนี้ยังสามารถระงับการเจริญของเชื้อราได้ แต่กอง ข้าวโพดก็จะถูกเชื้อราเข้าทำลายจนเริ่มเน่าและสูญเสีย คุณค่าทางการตลาดไปก่อนแล้ว

จากการเปรียบเทียบจำนวนการเข้าทำลายของ เชื้อรา *A. flavus* ปริมาณการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอก ซิน ลักษณะและคุณภาพของกองข้าวโพด สามารถกล่าว ได้ว่า การใช้ก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5 กก./เมลิต 1 ตัน รม กองข้าวโพดความชื้นสูง ภายในระยะเวลา 0-72 ชม. หลังการกะเทาะ สามารถป้องกันและหยุดการเจริญของ เชื้อรา *A. flavus* และการเกิดสารแอฟลาทอกซินใน ข้าวโพดเป็นการชั่วคราวได้ โดยการเริ่มรมก๊าซที่เร็ว ที่สุดหลังจากการกะเทาะจะให้ผลดีที่สุด แต่เมื่อพิจารณา ถึงการปฏิบัติในสภาพไร่จริงๆ แล้ว กว่าที่จะทำการ กะเทาะและนำเมลิตข้าวโพดมายังลานตาก มักจะใช้

เวลามากกว่า 24 ชม. ดังนั้นการแนะนำให้รมกอง ข้าวโพดภายในระยะเวลา 48 ชม. หลังการกะเทาะ จึง น่าจะเหมาะสมที่สุดและสามารถปฏิบัติได้

## สรุปผลการทดลอง

การรมกองข้าวโพดความชื้นสูงด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5 กก./เมลิต 1 ตันภายในระยะเวลา 0-72 ชม. หลังการกะเทาะ มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะป้องกันและ หยุดการเจริญของเชื้อรา และลดการปนเปื้อนของสาร แอฟลาทอกซินในข้าวโพดได้เป็นเวลาอย่างน้อย 5 วัน แต่ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรจะเริ่มรมกองข้าวโพด คือ ภายในระยะเวลา 48 ชม. หลังการกะเทาะ ก่อนที่เชื้อรา จะเจริญบนเมลิตข้าวโพดจนทำให้คุณภาพของกองข้าวโพด เสียไป นอกจากนี้ยังพบว่ารอยแตกบนเมลิตที่เกิดจาก การกะเทาะ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เชื้อรา *A. flavus* สามารถเข้าทำลายได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกลุ่มงานวิจัยโรคพืชผลิตผลการเกษตร กองโรคพืชและจุลชีววิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบ ปริมาณสารแอฟลาทอกซิน

## เอกสารอ้างอิง

- วีรวัดณ์ นิลรัตน์คุณ วันเพ็ญ ศรีทองชัย อาคม สุ่มมาตย์ อำนาจ ชินเชษฐ และอำนาจ ทองดี. 2537. การป้องกันสารพิษแอฟลาทอกซินในข้าวโพด ความชื้นสูงโดยการรมด้วยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์. *วารสารวิชาการเกษตร* 12(1) : 58-65.
- Christensen, C. and H.H. Kaufman. 1969. Grain Storage-The Role of Fungi in Quality Loss. University of Press. Minneapolis. 53 p.
- Golumbic, C. and Martin M. Kulic. 1969. Fungal Storage in Store Crops and Its Control. Aflatoxin. Scientific Background, Control and Implication. Academic Press. USA. 458 p.
- Hale, O.M.; D.M. Wilson and E. Jay 1978. Acceptability and Digestibility of Swine Diets Containing Corn Stored under Different Conditions. *Journal of Animal Science*. 47(1) 47-50.
- Hummel, B.C.W.; L.S. Luendet; C.M. Christensen and W.F. Geddes. 1954. Grain Storage Studies 13. *Cereal Chem*. 31: 143-150.
- Kawashima, K.; P. Siriacha; S. Kawasaki; M. Saito; H. Okasaki; P. Tonboon-Ek; M. Manabe and D. Buangsuwan. 1990. (a) Effect of Moisture Content of Maize to the Infection by *Aspergillus flavus* and Aflatoxin Contamination. pages 97-109 in: Study on the

- Quality Preservation of Maize by the Prevention of Aflatoxin Contamination in Thailand Part II. Under Cooperative Research Work between DOA, Thailand and TARC.
- Kawashima, K;P. Siriacha; S. Kawasuki; M. Saito; H. Okasaki; P. Tonboon-Ek; M. Manabe and D. Buangsuwan. 1990. (b) Post Contamination of Thai Maize with *Aspergillus flavus* Page 74-96 in: Study on the Quality Preservation of Maize by the Prevention of Aflatoxin Contamination in Thailand Part II. Under Cooperative Research Work between DOA,Thailand and TARC, Japan.
- Kawashima, K; P. Siriacha; S. Kawasuki; M. Saito; H. Okasaki; P. Tonboon-Ek; M. Manabe and D. Buangsuwan. 1990. (c) Effect of Alcohols to the Infection of *Aspergillus flavus* and Aflatoxin Contamination in High Moisture Content Maize. Pages 135-144 in : Study on the Quality Preservation of Maize by the Prevention of Aflatoxin Contamination in Thailand Part II. Under Cooperative Research Work between DOA,Thailand and TARC, Japan.
- Lander,K.E.; N. D. Davis and U. L. Diener. 1967. Influence of atmosphere gases on growth, sporulation and production of free fatty acids and aflatoxin by *Aspergillus flavus* in peanuts. *Phytopathology* 57: 1086-1099.
- Panassenko, V.T. 1941. Mould fungi of confectionery goods and their control. Pages 13-54 in : Aflatoxin Scientific Background, Control, and Implications. Golblatt, L.A.eds. Academic Press. Newyork.
- Peterson, A;V. Schlegel; B. Hummel; L.S. Cuendet; W.F. Gedded and C.M. Christensen. 1956. Grain Storage Studies. XXII. Influence of oxygen and carbon dioxide concentrations on mold and grain deterioration. *Cereal chem.* 33: 53-56.
- Wallace, H.A.H. 1971. Fungi and Other Organisms Associated with Stored Grain. Pages 71-98 in : Grain Storage -Part of a System. Sinha, R.N. and W.R. Muir, eds. London.
- Wilson, D.M. and E. Jay 1975. Influence of Modified Atmosphere Storage on Aflatoxin Production in High Moisture Corn. *Applied Microbiology.* 29 (2): 224-228.
- Wilson, D.M.; E. Jay; O.M. Hale and L. Huang. 1977. Controlled Atmosphere Storage of High-Moisture Corn and Peanuts to Control Aflatoxin Production. *Annual Report of Technology of Agriculture.* 27(3) : 339-342.