

การป้องกันการเน่าเสียและการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในข้าวโพดความชื้นสูงโดยการปรับสภาพบรรยากาศ  
**Control of Fungal Infection and Aflatoxin Contamination in High Moisture Maize**  
**by Modified Atmosphere Storage**

วีรวัฒน์ นิลรัตนคุณ<sup>1</sup> และ วันเพ็ญ ศรีทองชัย<sup>2</sup>

**Abstract**

Series of experiments were conducted during 1991-1997 at Nakhon Sawan Field Crops Research Center and at a merchant warehouse in Nakhon Sawan province. It was found that carbon dioxide fumigation of the wet grain bulk under plastic sheet could effectively control fungal infection and aflatoxin contamination. Two methods of modified atmosphere storage were developed. In the first method, the sealed bulk was only fumigated by carbon dioxide at a rate of 0.5 kg/ton. In the second method, the sealed bulk was firstly vacuumed by a vacuum machine then fumigated by carbon dioxide at a rate of 0.3 kg/ton. These methods could preserve the quality of the wet maize within 48 hours after shelling. The treated grain bulk could be protected from fungal infection and aflatoxin contamination for at least 10 days. After storage, the maize quality and appearance were not changed. The grain color remained bright and free flowing. The temperature in the grain bulk was not increased. However, an anaerobic fermentation in the bulk produced a sour-sweet smell that would disappear after sun drying.

**บทคัดย่อ**

การศึกษาและพัฒนาวิธีเก็บรักษาข้าวโพดความชื้นสูงเป็นการชั่วคราว โดยการปรับสภาพบรรยากาศภายในกองเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ และโกดังของพ่อค้าท้องถิ่น อ.พยุหะคีรี จ.นครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2534 ถึง 2540 พบว่าการเก็บข้าวโพดด้วยวิธีการปรับสภาพบรรยากาศภายในกองข้าวโพดที่คลุมด้วยผืนพลาสติก โดยการรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อัตรา 0.5 กิโลกรัม/เมตริกตัน 1 ตัน หรือโดยการใช้เครื่องดูดอากาศดูดอากาศภายในกองออกก่อนแล้วรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อัตรา 0.3 กิโลกรัม/เมตริกตัน 1 ตัน ภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมงหลังการกะเทาะ สามารถรักษาคุณภาพของข้าวโพดจากการเข้าทำลายของเชื้อราและการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินได้ 10 วัน เป็นอย่างต่ำ โดยคุณภาพของเมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง เมล็ดยังมีสีเหลืองส้ม เป็นมัน และเลื้อนไหลเป็นปกติ อุณหภูมิภายในกองข้าวโพดยังคงที่ ปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินไม่เพิ่มขึ้น แต่เมล็ดมีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย

**คำนำ**

การปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตข้าวโพดของประเทศไทย จากการรวบรวมข้อมูลของวีรวัฒน์ และคณะ (2537) พบว่า ปัญหาการปนเปื้อนส่วนใหญ่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว และมักพบว่าปริมาณที่สูงขึ้นมากอย่างผิดปกติในช่วงที่ข้าวโพดอยู่ในลานตากของพ่อค้าท้องถิ่น ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บเกี่ยวและการจำหน่ายข้าวโพดส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม ซึ่งเป็นระยะที่มีฝนตกชุก ทำให้การลดความชื้นโดยวิธีการตากแดดบนลานคอนกรีตของพ่อค้าท้องถิ่นประสบปัญหาจากฝนที่ตกอยู่เสมอ โดยเฉพาะในกรณีที่มีลมมรสุมพัดผ่าน จำเป็นต้องกองข้าวโพดไว้เป็นเวลาหลายวัน โดยไม่สามารถทำการลดความชื้นได้ ประกอบกับเมล็ดบางส่วนมีรอยแตกอันเป็นผลมาจากการกะเทาะ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเข้าทำลายเมล็ดข้าวโพดภายในกองได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเชื้อรา *Aspergillus flavus* สามารถเข้าทำลายเมล็ดข้าวโพดให้เน่าเสียและผลิตสารอะฟลาทอกซินได้ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

การปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere) ให้ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ลดลง โดยการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซเฉื่อยบางชนิด เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* เพื่อป้องกันการเกิดสารพิษอะฟลาทอกซินในข้าวโพด 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 โดยมีการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินไม่เกิน 20 ppb ในขณะที่เดียวกัน Hale *et al.* (1978) รายงานว่า การเก็บข้าวโพดที่มีความชื้นในเมล็ด 18.8% ในสภาพบรรยากาศที่ประกอบด้วย 14.3%  $CO_2$ , 0.5%  $O_2$  และ 85.2%  $N_2$  สามารถเก็บข้าวโพดได้นานถึง 109 วัน และพบสารพิษอะฟลาทอกซินเพียง 15 ppb

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์

<sup>2</sup> กลุ่มงานไวรัสวิทยา กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการเก็บรักษาข้าวโพดที่มีความชื้นสูงเป็นการชั่วคราว โดยการใช้ CO<sub>2</sub> ปรับสภาพบรรยากาศภายในกองข้าวโพด เพื่อป้องกันการเน่าเสียและการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน

### อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ และโกดังข้าวโพดของพ่อค้าท้องถิ่นที่ อ. พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2534-2540 ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1. การศึกษาเบื้องต้นในการใช้ก๊าซ CO<sub>2</sub> ร่มกองข้าวโพดชื้นสูง โดยนำเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้น 26.6% มาคลุมด้วยผืนพลาสติก ร่มด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> แล้วเก็บไว้นาน 5 วัน เปรียบเทียบกับกองข้าวโพดที่ปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติ

ขั้นตอนที่ 2. การศึกษาอัตราที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซ CO<sub>2</sub> ร่มกองข้าวโพดความชื้นสูง โดยแบ่งเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นสูง 27.1% ออกเป็น 4 กอง ครอบคลุมแต่ละกองด้วยผืนพลาสติก แล้วร่มด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5, 1.0 และ 2.0 กก./เมล็ด 1 ตัน จากนั้นเก็บไว้นาน 5 วัน เปรียบเทียบกับกองข้าวโพดที่ปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติ อัตราที่เหมาะสมจะถูกเลือกไปใช้ใน งานทดลองขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 3. ระยะเวลาที่ควรเริ่มใช้ก๊าซ CO<sub>2</sub> ร่มกองข้าวโพดความชื้นสูงหลังการกะเทาะ โดยแบ่งเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้น 26.7% ออกเป็น 5 กอง ปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติ 0, 24, 48 และ 72 ชม. หลังจากนั้นคลุมกองด้วยผืนพลาสติก แล้วร่มด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5 กก./เมล็ด 1 ตัน นาน 5 วัน เปรียบเทียบกับกองข้าวโพดที่ปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติ

ขั้นตอนที่ 4. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการร่มกองข้าวโพดความชื้นสูงโดยก๊าซ CO<sub>2</sub> โดยแบ่งเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้น 25.1% ออกเป็น 4 กอง ปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติ 1 วัน จากนั้นคลุมด้วยผืนพลาสติก แล้วร่มด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5 กก./เมล็ด 1 ตัน เป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน เปรียบเทียบกับกองข้าวโพดที่ปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติ

ขั้นตอนที่ 5 การลดอัตราการใช้ก๊าซ CO<sub>2</sub> โดยการดูดอากาศภายในกองออกร่วมกับการร่มก๊าซ CO<sub>2</sub> โดยทำการทดลองทั้งหมด 6 ครั้ง ที่โกดังข้าวโพดของพ่อค้าท้องถิ่นที่ อ. พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์ ขนาดของกองข้าวโพดที่ใช้ทดลองแต่ละครั้งมี ปริมาณ 22-60 ตัน และมีความชื้นอยู่ในช่วง 24-34% แบ่งเมล็ดข้าวโพดออกเป็น 2 กอง ครอบคลุมกองข้าวโพดแต่ละกองด้วยผืนพลาสติก กองที่ 1 ใช้เครื่องดูดอากาศดูดอากาศออกจากกองจนถึงระดับสูงสุดของการเกิดแรงดันสุญญากาศนาน 15-20 นาที แล้ว ร่มด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.3 กก./เมล็ด 1 ตัน เปรียบเทียบกับกองข้าวโพดที่ร่มด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5 กก./เมล็ด 1 ตัน โดยการทดลองแต่ละครั้งเก็บไว้นาน 5-10 วัน

### การบันทึกข้อมูล

1. คุณภาพเมล็ด ประกอบด้วย
  - 1.1) ความชื้นในเมล็ด
  - 1.2) เมล็ดที่ถูกเชื้อรา *A. flavus* เข้าทำลาย โดยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า (visible mold growth)
  - 1.3) ปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษอะฟลาทอกซิน ด้วยวิธี TLC
  - 1.4) เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก
2. คุณลักษณะของกองข้าวโพด โดยสังเกตจากการเจริญของเชื้อราในกองข้าวโพด สี ความมัน การเลื่อนไหลของเมล็ด และกลิ่นของกองข้าวโพด
3. อุณหภูมิในกองข้าวโพด กองละ 3 จุด ที่ความลึกจากผิวกองประมาณ 50 ซม.

### ผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1. การร่มกองข้าวโพดความชื้นสูงด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> สามารถป้องกันการเน่าเสียและการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินได้อย่างน้อย 5 วัน โดยไม่พบการเข้าทำลายของเชื้อรา เมล็ดยังมีสีเหลืองส้ม เป็นมันและเลื่อนไหลเป็นปกติ อุณหภูมิภายในกองยังคงที่ และปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินไม่เพิ่มขึ้น แต่เมล็ดมีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย ซึ่งจะหายไปหลังตากแดด ในขณะที่กองข้าวโพดที่ปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติ พบเชื้อรา *A. flavus* เข้าทำลายทั่วทั้งกอง ปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินเพิ่มสูงขึ้น เมล็ดจับตัวเป็นก้อนและมีกลิ่นเหม็นหืน อุณหภูมิภายในกองเพิ่มสูงขึ้นเกือบถึง 60 °C

ขั้นตอนที่ 2 . การร่มกองข้าวโพดด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> ทุกอัตรา สามารถป้องกันการเน่าเสียและการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินได้อย่างน้อย 5 วัน โดยที่คุณภาพและอุณหภูมิภายในกองไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นอัตราที่เหมาะสม คือ 0.5 กก./เมล็ด 1 ตัน

ขั้นตอนที่ 3. การร่มกองข้าวโพดด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5 กก./เมล็ด 1 ตัน ภายในระยะเวลา 0-24 ชม. หลังการกะเทาะ สามารถป้องกันการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินได้อย่างน้อย 5 วัน ในขณะที่การร่มก๊าซ หลังการกะเทาะ 48 และ 72 ชม. ซึ่งเริ่มพบการเจริญของเชื้อราแล้ว สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราและการปนเปื้อนของ

สารอะฟลาทอกซินได้เช่นเดียวกัน โดยที่คุณภาพของกองข้าวโพดจะมีสภาพเช่นเดียวกันกับก่อนการรมก๊าซ ดังนั้นระยะเวลาที่ควรจรมกองข้าวโพด คือ ภายในระยะเวลา 2 วัน หลังจากการกะเทาะ เนื่องจากหากปล่อยให้ในสภาพบรรยากาศปกติถึง 72 ชม. กองข้าวโพดก็จะถูกเชื้อราเข้าทำลายจนเริ่มเน่า และสูญเสียคุณค่าทางการตลาดไปก่อนแล้ว

ขั้นตอนที่ 4. การรมกองข้าวโพดด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5 กก./เมลิ็ด 1 ตัน สามารถป้องกันการเน่าเสียและการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินได้นานถึง 15 วัน โดยที่อุณหภูมิภายในกองไม่เพิ่มขึ้น แต่ระยะเวลาที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 10 วัน เพราะการเก็บถึง 15 วัน จะทำให้เมล็ดจะมีสีเหลืองซีด ปลายเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนและนุ่ม และมีกลิ่นเปรี้ยวแรงขึ้น

ขั้นตอนที่ 5. การดูอากาศภายในกองออกก่อน แล้วรมด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.3 กก./เมลิ็ด 1 ตัน สามารถรักษาคุณภาพของข้าวโพดได้ไม่ต่างกับการรมด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5 กก./เมลิ็ด 1 ตัน

#### การปรับสภาพบรรยากาศภายในกองข้าวโพดประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มปรับสภาพบรรยากาศกองข้าวโพดภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมงหลังการกะเทาะ
2. กองข้าวโพดแบบกองพูนบนพื้นคอนกรีต ให้ชายกองห่างจากฝาโกดังอย่างน้อย 1 เมตร ส่วนขนาดของกองขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นพลาสติกที่จะใช้คลุมกอง
3. การคลุมกอง ใช้พื้นพลาสติกชนิดเดียวกับที่ใช้รมขามาเคลมหรือพื้นพีวีซีที่มีความหนาตั้งแต่ 0.10 มิลลิเมตร ขึ้นไป คลุมให้ทั่วกอง แล้วใช้มีวนกระสอบเปล่า (10 กระสอบ/มีวน) หรือถุงทรายวางทับชายพลาสติกจนรอบกอง เพื่อป้องกันการถ่ายเทของอากาศ
4. การรมก๊าซ ทำได้ 2 วิธี ดังนี้
  - 4.1 รมด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5 กก./เมลิ็ด 1 ตัน โดยใช้สายยางต่อจากถังก๊าซเข้าไปในกอง ให้ปลายอีกด้านหนึ่งเสียบเข้าไปในกองข้าวโพดลึกประมาณ 15-20 ซม. แล้วปล่อยก๊าซตามปริมาณที่ต้องการ จากนั้นเอาสายยางออกแล้วปิดทับชายพลาสติกให้เรียบร้อย หรือ
  - 4.2 ใช้เครื่องดูดฝุ่นหรือเครื่องดูดอากาศ ดูดอากาศภายในกองออกจนถึงระดับแรงดันสูงสุดของการเกิดสุญญากาศนาน 10-15 นาที จากนั้นดึงท่อดูดอากาศออก แล้วรมด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.3 กก./เมลิ็ด 1 ตัน
5. การตรวจสอบปริมาณก๊าซที่ปล่อยเข้ากอง ให้วางถังบรรจุก๊าซบนเครื่องซึ่งขณะปล่อยก๊าซ น้ำหนักของถังก๊าซที่ลดลงจะเท่ากับปริมาณก๊าซที่ปล่อยเข้ากอง
6. ระยะเวลาการเก็บรักษา การรมก๊าซจะช่วยรักษาคุณภาพของข้าวโพดที่มีความชื้นอยู่ระหว่าง 20-30% ได้ประมาณ 10 วัน เมื่อมีแดดหรือลานตากวางให้น้ำเมล็ดออกตาก

#### สรุป

วิธีการปรับสภาพบรรยากาศภายในกองข้าวโพดที่มีความชื้นสูงโดยรมด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.5 กก./เมลิ็ด 1 ตัน หรือ ดูดอากาศภายในกองออกก่อน แล้วรมด้วยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตรา 0.3 กก./เมลิ็ด 1 ตัน สามารถรักษาคุณภาพของข้าวโพดที่มีความชื้นสูงได้นาน 10 วัน เป็นอย่างต่ำ โดยไม่พบการเข้าทำลายของเชื้อรา เมล็ดยังมีสีเหลืองส้ม เป็นมันและเลี่ยนไหลเป็นปกติ อุณหภูมิภายในกองและปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินไม่เพิ่มขึ้น แต่เมล็ดมีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อยซึ่งจะหายไปหลังตากแดด

#### เอกสารอ้างอิง

- วีรวัฒน์ นิลรัตนคุณ, วันเพ็ญ ศรีทองชัย, อากม สุ่มมาตย์, อำนาจ ชินเชษฐ และ อำนาจ ทองดี. 2537. การป้องกันสารพิษอะฟลาทอกซินในข้าวโพดความชื้นสูง โดยการรมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์. วารสารวิชาการเกษตร. ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2537. หน้า 58-65.
- 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.
- 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.