

ผลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการรอดชีวิตของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Mostschulsky) และคุณภาพของเมล็ด ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระหว่างการเก็บรักษา

ชนันทร โคตรนาวัง¹ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

และ ชูวิทย์ สุขปรากร³

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

บทคัดย่อ

การเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีความชื้นร้อยละ 11.2 ปริมาณ 2 กิโลกรัม ในขวดพลาสติก Polyethylene (PE) ที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร ขนาดบรรจุ 2 ลิตร ที่ไม่มีการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ (ชุดควบคุม) และเติมคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 20 30 และ 40 ใส่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Mostschulsky) จำนวน 20 ตัวต่อขวด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ถึง 35 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 8 เดือน พบว่าข้าวโพดที่บรรจุในขวดที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ทุกความเข้มข้น มีผลต่อจำนวนประชากรด้วงงวงข้าวโพดที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ความเสียหายของเมล็ดที่ถูกด้วงงวงข้าวโพดทำลาย และน้ำหนักเศษฝุ่น ต่ำกว่าชุดควบคุม และพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพดแปรผกผันตามความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ เมล็ดข้าวโพดที่เก็บรักษาในสภาพคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.03 10 20 30 และ 40 มีความเป็นกรดต่าง ลดลงจาก 6.47 เป็น 6.21 6.17 6.11 6.05 และ 6.03 ตามลำดับ และลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาความชื้นของเมล็ดข้าวโพดที่เก็บรักษาทุกระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและไม่มีความแตกต่างกัน

¹ นักศึกษาปริญญาโท คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

² อาจารย์ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

³ นักวิชาการ กรมวิชาการเกษตร

Effect of Carbon Dioxide on Corn Weevil (*Sitophilus zeamais* Mostschulsky) Survival and Corn Quality During Storage

Chanuntorn Kotnawang¹ Songsin Photchanachai²

King Mongkut's University of Technology Thonburi

and Chuwit Sukprakarn³

Ministry of Agriculture and Cooperative

Abstract

Effect of CO₂ on corn weevil (*Sitophilus zeamais* Mostschulsky) survival and corn quality during storage has been studied in Randomized Complete Block Design Replicated 4 times. Five treatments are 0.03% (control), 10%, 20%, 30% and 40% of CO₂ concentrations. Each concentration was purged in each polyethylene bottle together with 2 Kilograms of corn and 20 insects. The study has been done in room temperature (30-35 °C) and stored for a period of 8 months. It has been shown that the number of live and dead weevil, percentage of weevil damaged, weight of waste product in treated bottles were significantly less than that of the control. Growth rate of weevil was found to be negative correlation with the CO₂ concentrations. The pH of corn grain stored with 0.03, 10, 20, 30 or 40% of CO₂, reduced from 6.47 to 6.21, 6.17, 6.11, 6.05 and 6.03 respectively. The pH was reduced when corn grain was stored for a long time. The moisture content of grain found slightly increase and non-significant difference among treatments.

¹ Graduate Student, School of Bioresources and Technology

² Lecturer, School of Bioresources and Technology

³ Researcher, Department of Agriculture

บทนำ

เมล็ดพืชเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ใช้เป็นอาหารของประชากรส่วนใหญ่ในโลก ซึ่งผลผลิตประเภทเมล็ดคิดเป็นร้อยละ 64 ของแหล่งอาหารทั้งหมด โดยแบ่งเป็นเมล็ดธัญพืช ร้อยละ 50 และพืชตระกูลถั่วต่างๆ ร้อยละ 14 เมล็ดดังกล่าวนอกจากจะเป็นอาหารเลี้ยงพลโลกแล้ว ยังมีส่วนเกินที่สามารถนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ได้โดยเฉพาะข้าวโพด ซึ่งนิยมปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ที่เรียกว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ [1] เพราะมีคุณค่าทางอาหารสูง และประเทศไทยสามารถผลิตข้าวโพดได้ประมาณ 3,965,339 ตันต่อปี [2] ข้าวโพดเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วจะต้องนำมาบด ทำความสะอาด และลดความชื้นอย่างรวดเร็ว เพราะถ้าความชื้นภายในเมล็ดสูงจะทำให้แมลงศัตรูข้าวโพดต่างๆ เช่น ตัวงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก มอดแป้ง ฝีมื้อข้าวโพด ฝีมื้อข้าวสาร เป็นต้น เข้าทำลายเมล็ดข้าวโพดอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นแล้วยังมีเชื้อราต่างๆ เช่น *Aspergillus flavus* และ *Aspergillus parasiticus* สามารถเข้าทำลายและสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์และมนุษย์ได้ [3] ส่วนแมลงศัตรูนั้นอาจจะเข้าทำลายเมล็ดตั้งแต่อยู่ในแปลงปลูกและภายในโรงเก็บเมล็ดพืช

สำหรับการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูเมล็ดข้าวโพดนั้น มีหลายวิธีแต่ที่นิยมปฏิบัติกันในปัจจุบันได้แก่การใช้สารเคมีรมเมล็ดพืชหรือโรงเก็บก่อนทำการเก็บรักษา สารฆ่าแมลงชนิดรม (Fumigation) เป็นสารเคมีที่เป็นพิษในรูปของไอหรือควัน มีลักษณะเป็นเม็ด ของเหลวหรือก๊าซ มีผลทำให้แมลงตาย สารเคมีที่สำคัญและนิยมใช้คือ Methyl bromide และ Phosphine ในปัจจุบันการใช้ Methyl bromide ในการกำจัดแมลงนอกจากจะพบว่า แมลงสามารถสร้างความต้านทานได้แล้วยังเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถปนเปื้อนไปกับเมล็ดได้ นอกจากนี้ Methyl bromide เป็นสารเคมีที่ทำลายชั้นบรรยากาศด้วย [4] ส่วนการใช้ Phosphine ในการรมพบว่า Phosphine เป็นสารก่อมะเร็งแก่คน [5] ดังนั้นสารทั้งสองชนิดนี้ถูกสั่งห้ามใช้ในการรมเมล็ดที่จะเข้าสู่ประเทศญี่ปุ่นตั้งแต่ปี 1991 ซึ่งการรมด้วยสารทั้งสองเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางในกลุ่มพ่อค้าส่งออก และบริษัทเมล็ดพันธุ์ [3]

เนื่องจากสารเคมีทั้งสองชนิดนี้มีความยุ่งยากในการรมมาก รวมทั้งมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นค่อนข้างสูง การใช้จึงต้องมีความระมัดระวัง นอกจากนี้การรมที่มีประสิทธิภาพและสามารถกำจัดแมลงได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ซึ่งผู้ประกอบการที่ดีต้องเป็นผู้มีความรอบคอบทราบถึงสถานะ รูปร่าง ลักษณะ และคุณสมบัติของสารที่จะนำมาใช้ในการรม ชนิดของผลผลิตเกษตร ชนิดของแมลงศัตรู สถานที่ที่จะดำเนินการรม ตลอดจนสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น [6]

การใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ไม่มีอันตรายเมื่อเปรียบเทียบกับสารรมทั่วไป และมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์เลือดอุ่น ไม่มีปัญหาพิษตกค้าง และการสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารรม จึงทำให้มีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการรมเมล็ดพืช เพราะพบว่าคาร์บอนไดออกไซด์สามารถกำจัดแมลงได้ทุกชนิดและทุกวัย [7] โดยคาร์บอนไดออกไซด์สามารถกำจัดแมลงศัตรูที่ติดมากับเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวสารได้ [8] และพบว่ากรรมข้าวสารด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 60 นาน 4 วัน หรือร้อยละ 35 นาน 10 วัน สามารถกำจัดแมลงได้ทุกวัย หรือกรรมคาร์บอนไดออกไซด์อัตรา 2 กิโลกรัมต่อข้าวสาร 1 ตัน สามารถเก็บรักษาผลผลิตไว้ได้นาน 1 ปี โดยคุณภาพยังคงเดิม และไม่พบการทำลายของแมลง [7]

นอกจากการกำจัดแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว การรมคาร์บอนไดออกไซด์ ยังป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ เพราะผลจากการรมข้าวสารเพื่อกำจัดแมลงศัตรู พบว่า ไม่มีการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ [7] และจากการศึกษาการป้องกันแอฟลาทอกซินในเมล็ด ข้าวโพดความชื้นสูง โดยการเก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด high density polyethylene หนาประมาณ 45 ไมครอน ในสภาพไร้อากาศ โดยบรรจุข้าวโพด 100 กิโลกรัมลงในถุงพลาสติกแล้วไล่อากาศ ออกให้มากที่สุด มัดปากถุงให้แน่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าข้าวโพดปลอดภัยจากการเข้าทำลาย ของเชื้อ *A. flavus* และแอฟลาทอกซินได้มากกว่าหนึ่งเดือน ส่วนข้าวโพดที่มีความชื้นต่ำประมาณร้อยละ 15 เมื่อเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจน เป็นวิธีการ ป้องกันกำจัดแมลงและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ [3] นอกจากนี้แล้วยังพบว่าการใช้ คาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับ Phosphine ทำให้ Phosphine มีการกระจายตัวไปตามความลึกของ ชั้นเมล็ดได้ดีขึ้น [9] โดยการรมเมล็ดข้าวสาลีด้วย Phosphine ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ ในอัตรา Phosphine 2 กรัมและคาร์บอนไดออกไซด์ 200 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถควบคุมหรือฆ่าแมลง ได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์มีผลทำให้ Phosphine มีการกระจาย ตามความลึกของกองเมล็ดพืชได้ดีกว่าการรมด้วย Phosphine เพียงอย่างเดียว [10]

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการ รอดชีวิตของด้วงงวงข้าวโพดและคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระหว่างการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

บรรจุเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 11.2 ลงขวดพลาสติก ที่มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร จำนวน 2 กิโลกรัมต่อขวด แล้วนับด้วงงวงข้าวโพดใส่ลงในขวดบรรจุข้าวโพดขวดละ 20 ตัว นำไปเติมคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 20 30 และ 40 ปิดฝาขวดทันที ปิดผนึก อีกครั้งด้วยพาราฟิล์ม โดยมีขวดบรรจุเมล็ดข้าวโพดที่ไม่เติมคาร์บอนไดออกไซด์เป็นชุดควบคุม ทำการ ทดลอง 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการเก็บข้อมูลในเดือนที่ 1 2 3 4 6 และ 8 ดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ : ทำการสูมก๊าซภายในขวดบรรจุข้าวโพด 1 มิลลิลิตร แล้ววิเคราะห์คาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography ที่มีคอลัมน์ที่เป็น ท่อเหล็กไร้สนิมบรรจุด้วย silica gel โดยใช้ detector ชนิด TCD

2. ปริมาณด้วงงวงข้าวโพด : เมื่อครบระยะเวลาในการเก็บรักษาในแต่ละเดือน ทำการตรวจ นับด้วงงวงข้าวโพดที่มีชีวิตและที่ไม่มีชีวิต ทำการตัดด้วงงวงข้าวโพดตัวเต็มวัยทิ้ง (ทั้งตัวที่มีชีวิต และตัวที่ไม่มีชีวิต) แล้วเก็บเมล็ดข้าวโพดดังกล่าวไว้อีก 45 วันเพื่อดูด้วงงวงข้าวโพดที่จะเกิดขึ้น โดยนับ จำนวนตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดดังกล่าวอีกครั้ง

3. ตรวจสอบความเสียหายของเมล็ด : สูมเมล็ดข้าวโพดจำนวน 100 เมล็ด แล้วนับเมล็ดที่เกิดรู หรือได้รับความเสียหายจากการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพด ความเสียหายที่เกิดขึ้นดูจากเมล็ด ที่ถูกทำลายโดยด้วงงวงข้าวโพดคิดเป็นร้อยละในหนึ่งเมล็ด และจำนวนเมล็ดที่ได้รับความเสียหายใน 100 เมล็ด

4. ความชื้นของเมล็ดข้าวโพด : นำเมล็ดข้าวโพดมาบดด้วยเครื่องบด (blender) แล้วนำไปชั่งให้ได้น้ำหนัก 5 กรัม ใส่ในกระป๋องอะลูมิเนียม หลังจากนั้นนำไปอบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง คำนวณหาความชื้นของข้าวโพดจากสูตร

$$\text{ความชื้นของเมล็ด (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวโพดก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักข้าวโพดหลังอบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักข้าวโพดก่อนอบ (กรัม)}}$$

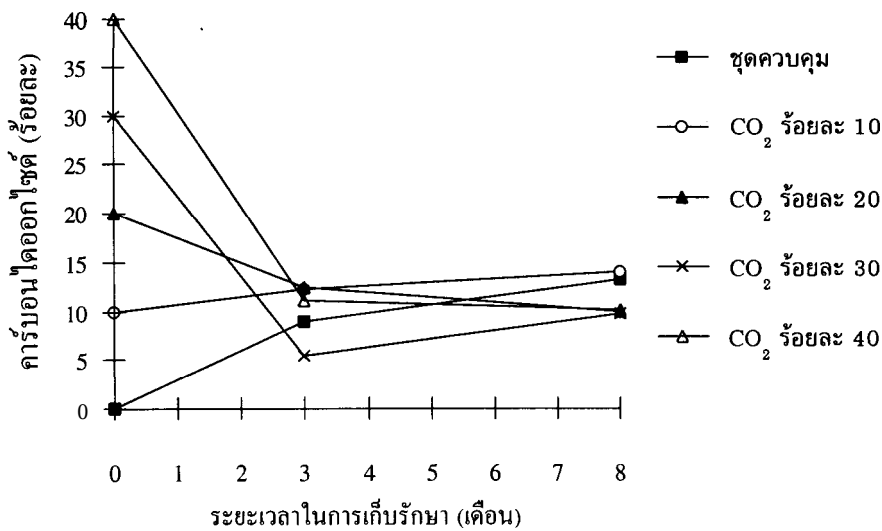
5. ตรวจสอบปริมาณฝุ่น : โดยชั่งน้ำหนักเศษฝุ่นที่เกิดขึ้น

6. ความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดข้าวโพด : สุ่มเมล็ดข้าวโพดมาบดด้วยเครื่องบด ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดจำนวน 5 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองเติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 4 นำส่วนที่กรองได้แบ่งเป็น 2 ส่วนแล้วนำไปวัดด้วย pH meter

ผลการทดลอง

1. ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในขวดบรรจุ

ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงต่างกัน โดยระดับคาร์บอนไดออกไซด์ภายในขวดบรรจุข้าวโพดชุดควบคุมมีระดับสูงขึ้น เมื่อตรวจวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าคาร์บอนไดออกไซด์ภายในขวดบรรจุเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.03 เป็นร้อยละ 8.9 และเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย เป็นร้อยละ 13.24 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน เช่นเดียวกับในขวดบรรจุข้าวโพดที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะสูงขึ้น ซึ่งในเดือนที่ 3 มีคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 12.22 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน พบว่ามีคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 14 ส่วนขวดบรรจุข้าวโพดที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 20 30 และ 40 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน มีคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเหลือร้อยละ 12.34 15.28 และ 15.15 ตามลำดับ และเมื่อเวลาการเก็บรักษาครบ 8 เดือน พบว่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ภายในขวดบรรจุที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าใกล้เคียงกันคือร้อยละ 10 ถึง 13 ทั้งนี้เนื่องมาจากวาระหว่างการเก็บรักษาภายหลังจากการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ ขวดบรรจุข้าวโพดจะทำให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลงขึ้นภายใน ซึ่งสภาพบรรยากาศดัดแปลงเกิดขึ้นได้เนื่องจากการซึมผ่านและการรั่วไหลของก๊าซจากขวดพลาสติก และยังเกิดเนื่องจากการหายใจของเมล็ดข้าวโพด แมลงและเชื้อจุลินทรีย์ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาทำให้สัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนภายในมีการเปลี่ยนแปลงทุกช่วงเวลา



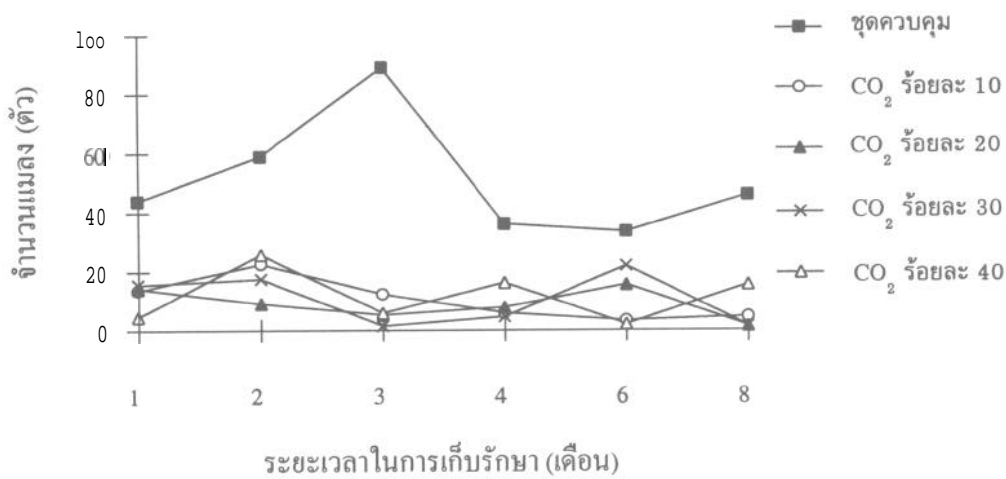
รูปที่ 1 ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ภายในขวดบรรจุข้าวโพด เมื่อเติมคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน 5 ระดับ แล้วเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน

2. ปริมาณด้วงงวงข้าวโพด

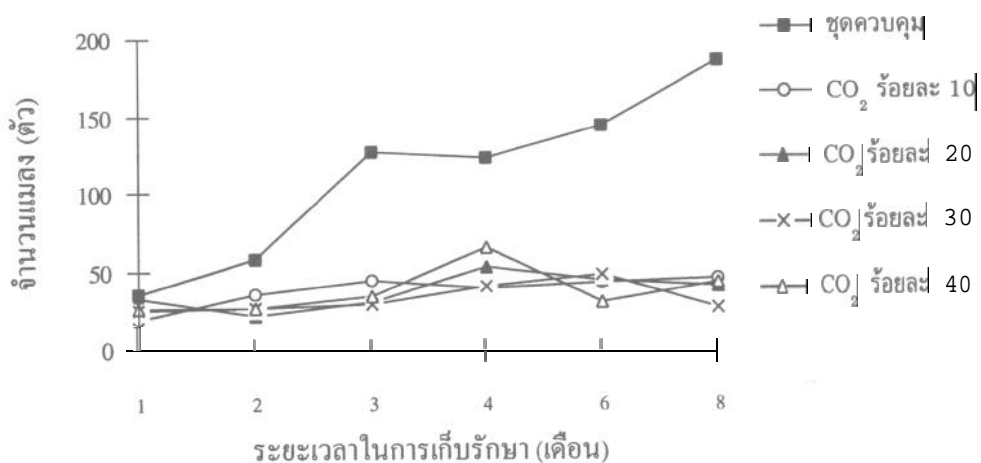
จากการทดลองนับจำนวนด้วงงวงข้าวโพด 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาในแต่ละช่วงพบว่า จำนวนด้วงงวงข้าวโพดในขวดบรรจุมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน โดยข้าวโพดชุดควบคุมด้วงงวงข้าวโพดสามารถเจริญเติบโตได้ดี มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 20 ตัว เป็น 44 58 และ 89 ตัว เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 2 และ 3 เดือนตามลำดับ (รูปที่ 2a) หลังจากนั้นจำนวนด้วงงวงข้าวโพดที่มีชีวิตจะลดลงและเริ่มมีจำนวนคงที่ตั้งแต่เดือนที่ 4 จนถึงเดือนที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยพบด้วงงวงข้าวโพดเฉลี่ยประมาณ 30 ถึง 40 ตัว ส่วนขวดบรรจุเมล็ดข้าวโพดที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 20 30 และ 40 พบว่าปริมาณด้วงงวงข้าวโพดที่มีชีวิตค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยมีจำนวนอยู่ระหว่าง 1 ถึง 26 ตัว

ส่วนปริมาณด้วงงวงข้าวโพดที่ไม่มีชีวิตพบว่า ด้วงงวงข้าวโพดมีการตายสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น โดยเฉพาะในเมล็ดข้าวโพดชุดควบคุมมีจำนวนด้วงงวงข้าวโพดที่ไม่มีชีวิตเฉลี่ย 126 ตัวในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา และมีจำนวนใกล้เคียงกันกับในเดือนที่ 4 แต่จำนวนด้วงงวงข้าวโพดที่ไม่มีชีวิตสูงขึ้นเป็น 143 และ 184 ตัว เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 และ 8 เดือน ตามลำดับ (รูปที่ 2b) ส่วนขวดบรรจุเมล็ดข้าวโพดที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ มีจำนวนด้วงงวงข้าวโพดที่ไม่มีชีวิตต่ำกว่าชุดควบคุม โดยข้าวโพดที่เก็บรักษาในขวดที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าร้อยละ 10 มีจำนวนด้วงงวงข้าวโพดที่ไม่มีชีวิตค่อนข้างต่ำและค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยมีจำนวนอยู่ระหว่าง 21 ถึง 46 ตัว (รูปที่ 2b) เนื่องจากด้วงงวงข้าวโพดมีการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์มากในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษา โดยสามารถสังเกตได้จากจำนวนประชากรที่มีชีวิตเพิ่มขึ้นจาก 20 ตัวเป็น 89 ตัว ในเดือนที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บรักษาในชุดควบคุมไม่มีการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสภาพบรรยากาศปกติ (รูปที่ 2a) ในสภาพดังกล่าวการพัฒนาของด้วงงวงข้าวโพดใช้เวลา 30-37 วัน ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากสภาพที่มี

คาร์บอนไดออกไซด์สูงและออกซิเจนต่ำ ทำให้แมลงมีอัตราการตายที่สูงกว่า จากภาพที่ 2a และ 2b พบว่าในช่วงเดือนที่ 1 ขวดที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 40 จะมีจำนวนประชากรด้วงวงข้าวโพดน้อยที่สุดและการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับกับข้าวโพดในอัตราส่วน 1.5 กิโลกรัมต่อต้น สามารถควบคุมแมลงได้ถึงร้อยละ 100 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 97 วัน โดยตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา คาร์บอนไดออกไซด์จะคงที่ที่ร้อยละ 35 ได้นานถึง 11 สัปดาห์ [11] และการเจริญเติบโตของด้วงวงข้าวโพดนั้น ทำให้มีการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซที่เกิดจากขบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิต โดยตามปกติ เมล็ดธัญพืชในโรงเก็บจะมีอัตราการหายใจค่อนข้างต่ำทำให้ผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ได้ต่ำ แต่แมลงในโรงเก็บที่ปนเปื้อนไปกับเมล็ดจะมีอัตราการหายใจค่อนข้างสูง และสามารถผลิตคาร์บอนไดออกไซด์สูงตามไปด้วย ดังนั้นชุดควบคุมที่เก็บรักษาในขวดที่ปิดผนึกในช่วงเวลา 3 เดือนแรก คาร์บอนไดออกไซด์จึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนทำให้ในเดือนที่ 4 ประชากรด้วงวงข้าวโพดเริ่มลดลง และเพิ่มปริมาณขึ้นเล็กน้อยและปริมาณด้วงวงข้าวโพดที่ไม่มีชีวิตสูงขึ้นในเดือนที่ 6 ถึง 8 เนื่องจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมมากขึ้นในขวดบรรจุและในสภาพดังกล่าว จะยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง (รูปที่ 2b)



(a)

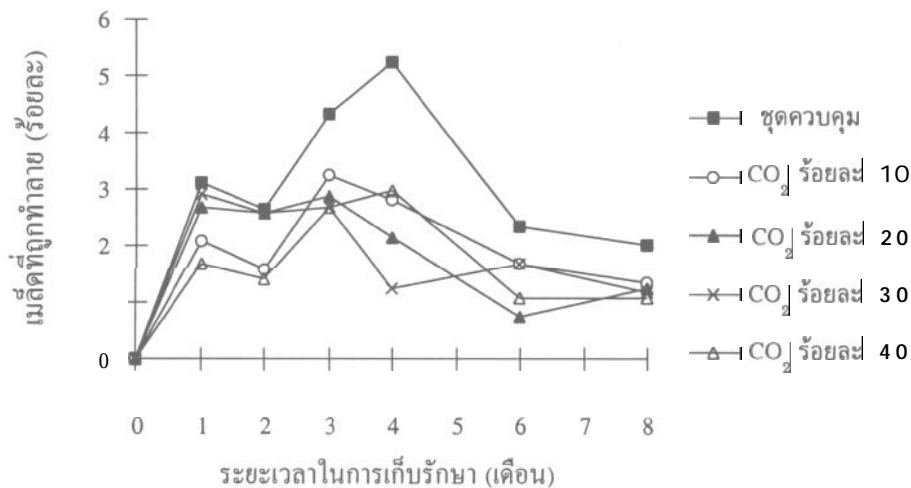


(b)

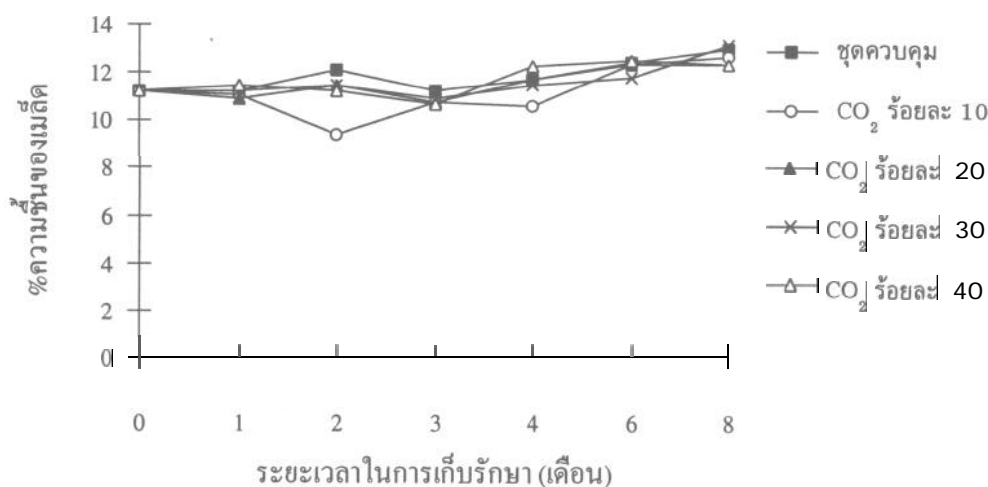
รูปที่ 2 จำนวนด้วงวงข้าวโพดที่มีชีวิต (a) และที่ไม่มีชีวิต (b) ในขวดบรรจุเมล็ดข้าวโพด ที่เก็บรักษาในสภาพที่มีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน 5 ระดับ เป็นเวลา 8 เดือน

3. ความเสียหายของเมล็ด

ด้วงงวงข้าวโพดเข้าทำลายเมล็ดข้าวโพดชุดควบคุมมากกว่า เมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนการเก็บรักษา (รูปที่ 3) โดยในเดือนที่ 1 และ 2 ความเสียหายของเมล็ดมีค่าร้อยละ 3.11 และ 2.66 ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่าความเสียหายของเมล็ดข้าวโพดเพิ่มสูงขึ้นเป็นร้อยละ 4.33 และ 5.22 ในเดือนที่ 3 และ 4 หลังจากนั้นความเสียหายของเมล็ดข้าวโพดจะลดลงเป็นร้อยละ 2.33 และ 2.00 ในเดือนที่ 6 และ 8 ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดข้าวโพดที่เก็บรักษาในสภาพที่เติมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ กัน ก่อนการเก็บรักษา เมล็ดข้าวโพดมีความเสียหายของเมล็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 1 ถึง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษา แต่ความเสียหายของเมล็ดข้าวโพดเริ่มลดลงหลังจากเดือนที่ 4 และลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งในเดือนที่ 8 ความเสียหายของเมล็ดข้าวโพดมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 0.75 ถึง 3.25 เนื่องจากจำนวนด้วงงวงข้าวโพดชุดควบคุม มีประมาณสูงมากในเดือนที่ 3 ทำให้ด้วงงวงข้าวโพดสามารถเข้าทำลายเมล็ดได้สูงด้วยเช่นกัน เมล็ดเกิดความเสียหายจากการทำลายของแมลงเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา เพราะเมล็ดถูกกัดแทะเพื่อกินเป็นอาหารและขับถ่ายของเสียออกมา นอกจากนี้ อาจเป็นเศษของเมล็ดพืชที่ถูกตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดเจาะออกมา หรือด้วงงวงข้าวโพดตัวเมียเจาะรูเพื่อวางไข่ ด้วงงวงข้าวโพดจะวางไข่ในเมล็ดโดยเจาะเป็นรูเล็กๆ จะเจริญเป็นตัวหนอน และเข้าดักแด้ภายในเมล็ดเมื่อโตเต็มที่ จะฟักเป็นตัวแก่โดยเจาะรูออกมาทำให้เมล็ดเกิดรู จึงทำให้เกิดเศษฝุ่นขึ้นในขวดบรรจุ ดังนั้นปริมาณเศษฝุ่นที่เกิดจากการเข้าทำลายจึงสูงตามไปด้วย ส่วนเมล็ดข้าวโพดที่เติมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 10 ขึ้นไป จะมีเศษฝุ่นและจำนวนเมล็ดที่เกิดความเสียหายจากการเข้าทำลายของแมลงค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณด้วงงวงข้าวโพดค่อนข้างต่ำ



รูปที่ 3 ความเสียหายของเมล็ดข้าวโพดที่เกิดจากแมลงทำลาย ที่เก็บรักษาในขวดบรรจุข้าวโพดที่มีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน 5 ระดับ เป็นเวลา 8 เดือน



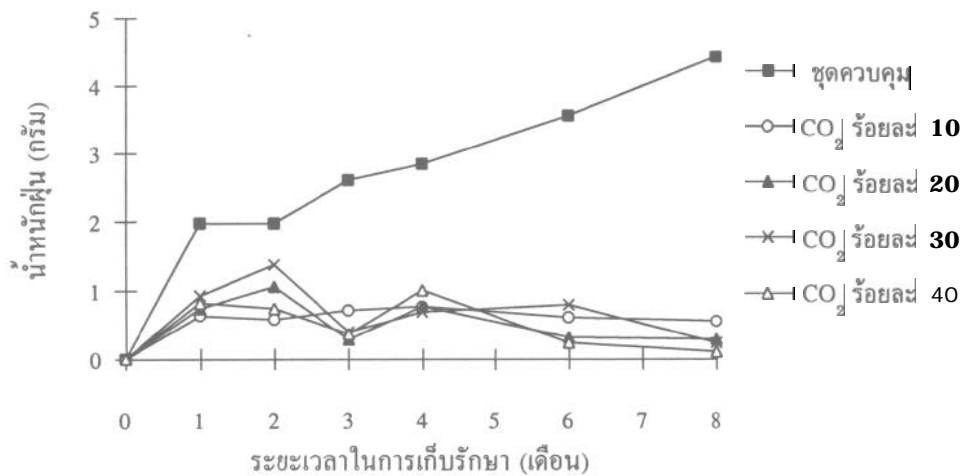
รูปที่ 4 ความชื้นของเมล็ดข้าวโพดที่เก็บรักษาในสภาพที่มีความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่างกัน 5 ระดับ เป็นเวลา 8 เดือน

4. ความชื้นของเมล็ด

เมล็ดข้าวโพดที่ทำการทดลองมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 11.2 และความชื้นของเมล็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามอายุการเก็บรักษาทั้งในสภาพที่มีการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ และไม่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ โดยพบว่าทั้งเมล็ดข้าวโพดในชุดควบคุมและข้าวโพดที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ ทุกระดับความเข้มข้นก่อนการเก็บรักษา จะมีความชื้นของเมล็ดสูงขึ้นเล็กน้อยจนในเดือนที่ 8 พบว่าเมล็ดข้าวโพดมีความชื้นประมาณร้อยละ 12.35 ถึง 13.15 (รูปที่ 4) ความชื้นที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดขึ้นจากการหายใจของเมล็ด ตัวอย่างข้าวโพดและจุลินทรีย์ที่มีอยู่ภายในขวดบรรจุ โดยเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลายาวนานขึ้น การหายใจจะทำให้ความชื้นที่เกิดขึ้นภายในขวดบรรจุ ทำให้เมล็ดข้าวโพดซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศได้ จึงดูดซับความชื้นที่เกิดขึ้นทำให้เมล็ดข้าวโพดมีความชื้นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความชื้นที่เกิดขึ้นจากการหายใจดังกล่าวยังมีผลต่อลักษณะของเศษฝุ่นในขวดบรรจุด้วย โดยทำให้เศษฝุ่นของข้าวโพดเกาะตัวกันเป็นก้อน โดยเฉพาะในเดือนที่ 6 และ 8

5. ปริมาณเศษฝุ่น

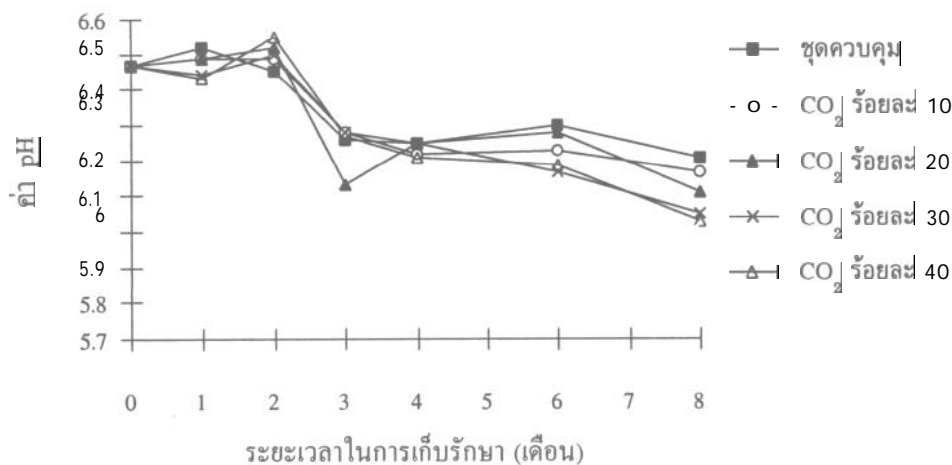
เมล็ดข้าวโพดชุดควบคุมมีปริมาณเศษฝุ่นที่เกิดจากการทำลายของตัวอย่างข้าวโพดสูงกว่าเมล็ดข้าวโพดที่เก็บรักษาโดยผ่านการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ร้อยละ 10 และปริมาณเศษฝุ่นมีมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น (รูปที่ 5) โดยในชุดควบคุมมีปริมาณเศษฝุ่น 1.97 กรัม หลังจากเก็บรักษาได้เพียง 1 เดือน และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งในเดือนที่ 8 มีปริมาณเศษฝุ่นหนัก 4.4 กรัม ส่วนข้าวโพดที่เก็บรักษาในขวดที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ทุกระดับความเข้มข้น ปริมาณเศษฝุ่นที่เกิดขึ้นจะค่อนข้างคงที่ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน คือ อยู่ระหว่าง 0.09 ถึง 1.36 กรัม (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 น้ำหนักไอน้ำที่เกิดขึ้นภายในขวดบรรจุข้าวโพดที่เก็บรักษาในสภาพที่มีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่างกัน 5 ระดับ เป็นเวลา 8 เดือน

6. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเมล็ดข้าวโพด

เมล็ดข้าวโพดที่เก็บรักษาในสภาพที่เติมและไม่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับต่างๆ มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดต่ำลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น (รูปที่ 6) โดยพบว่าในช่วงเดือนที่ 1 และ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดข้าวโพดไม่แตกต่างจากก่อนการเก็บรักษา คือมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.45 ถึง 6.55 (รูปที่ 6) แต่ในเดือนที่ 3 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดข้าวโพดทั้งในชุดควบคุม และที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ร้อยละ 10 ลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.3 และใกล้เคียงกับเดือนที่ 4 และ 6 และพบว่าในเดือนที่ 8 ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเป็น 6.21 ในชุดควบคุม และ 6.0 ถึง 6.1 ในข้าวโพดที่มีการเติมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนการเก็บรักษา เมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการเติมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ทุกระดับก่อนการเก็บรักษาพบว่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ภายในขวดบรรจุที่สูงผิดปกติจะทำให้เมล็ดมีอัตราการหายใจที่ต่ำหรือเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนทำให้เมล็ดเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยวขึ้น และเป็นผลให้ค่า pH ของเมล็ดลดต่ำลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษาและระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ 6 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเมล็ดข้าวโพดในที่เก็บรักษาในสภาพที่มีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน 5 ระดับ เป็นเวลา 8 เดือน

สรุป

1. ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ภายในขวดบรรจุ ที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ ทุกความเข้มข้นและในชุดควบคุมครั้งที่ ร้อยละ 10 ถึง 13 เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น
2. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในขวดบรรจุที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 จะสามารถควบคุม ปริมาณด้วงวงงข้าวโพด ความเสียหายของเมล็ด และปริมาณเศษฝุ่นที่เกิดจากการเข้าทำงานของ ด้วงวงงข้าวโพดได้ดีกว่าในชุดควบคุม ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 8 เดือน
3. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เก็บรักษาเป็นเวลานานจะมีความชื้นและความเป็นกรดมากขึ้น และ ความเป็นกรดของข้าวโพดชุดควบคุมจะอยู่ระหว่าง 6.21 ซึ่งความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ตามลำดับ จนถึง 6.0 ในขวดบรรจุที่เติมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 40

เอกสารอ้างอิง

1. กฤษณา สัมพันธ์รักษ์, 2537, พีชไร้, โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 23 หน้า
2. ศูนย์สถิติการเกษตร, 2537, รายงานผลการสำรวจ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวฟ่าง รายอำเภอ ปีเพาะปลูก 2536/2537, สำนักงานสถิติการเกษตร, 40 หน้า
3. Siricha, P., 1991, *Control of aflatoxin contamination of maize in Thailand*, The Tokyo University of Agriculture, 128 p.
4. Sign, O.N., Borchers, R., Fabin, P., Lal and Subbraya, B.H., 1988, Measurements of Atmospheric Brox radicals in the tropical and mid-latitude atmosphere, *Nature*, Vol. 334, pp. 593-595
5. Garry V.F., Griffith, J. Danzl, T.J., Nelson, D.L., Whorton, E.B., Krugel, L.A. and Carvenka, J., 1989, "Human genototoxicity:Pesticide applicators and Phosphine", *Science*, Vol. 246, pp. 251-255
6. กรมวิชาการเกษตร, 2535, การป้องกันสารแอฟลาทอกซินในข้าวโพดของประเทศไทย, เอกสารวิชาการ, 77 หน้า
7. ชูวิทย์ สุขปรากร และ บุษรา พรหมสถิต, 2538, เอกสารประกอบคำบรรยายในการฝึกอบรมเรื่อง "แมลง-สัตว์ศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด", กรมวิชาการเกษตร, 57 หน้า
8. กุสุมา นวลวัฒน์ ไพฑูรย์ อุไรวงศ์ กิตติยา กิจควรดี วิชัย คุณสกุล และ โสภา มงคลธรรมากุล, 2537, การประชุมสัมมนาทางวิชาการ แมลงและสัตว์ศัตรูพืช ครั้งที่ 9 2537, กองกัญและ สัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร, ชลบุรี, หน้า 809-820

9. Leech, J.G., 1992, Carbon dioxide on the penetration and distribute phosphine through wheat, *J. of Eco. Ento.*, Vol. 85 No.1, pp. 157-161
10. Carmi, Y., Y. Golani, H. Frandji and E. Shaaya., 1994, The feasibility of increasing the penetration of phosphine in concrete silos by means of carbon dioxide, *Stored Product Protection, Proceeding of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection*, Vol. 1, pp. 48-49
11. อินทวัฒน์ นุรีคำ, 2537, บทปฏิบัติการกีฏวิทยาทางการเกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 243 หน้า