บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์

<u>การทดลองที่ 1</u> การศึกษาหาฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อพัฒนาการของการเจริญเติบโตในระยะต่างๆ ของด้วงงวงข้าว

ด้วงงวงข้าวในระยะไข่ (egg) ระยะตัวอ่อน (larva) ระยะดักแด้ (pupa) ซึ่งอยู่ในเมล็ดข้าวสาร และระยะตัวเต็มวัย (adult) หลังจากนำมาใส่ไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มทั้ง 4 ชนิด มีการพัฒนาเจริญเติบโตเป็นระยะต่อไปดังนี้

1.1 ระยะไข่ - ตัวหนอน

ตารางที่ 4.1 ระยะเวลาการพัฒนาจากระยะไข่ของด้วงงวงข้าว (*S. oryzae*) เป็นหนอนภายในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

ชนิดของฟิล์มพลาสติก	ระยะไข่ (วัน)
Control	9.85 ± 1.94^{c}
LDPE/CPP	10.90 ± 2.19^{b}
LLDPE/CPP	10.76 ± 1.94^{b}
PET/LLDPE	11.56 ± 2.03^{a}
Foil/MPET/LLDPE	11.87 ± 1.91^{a}
LSD (0.05)	0.56

[1/] = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้วงงวงข้าวระยะไข่ใช้เวลาในการฟักไปเป็นตัวหนอนในฟิล์มพลาสติกกรรมวิธีต่างๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มแรก ในชุดควบคุม (อยู่ในภาชนะกระป๋องพลาสติกหุ้มด้วยผ้าตาข่าย) ด้วงงวงข้าวระยะไข่พัฒนาไปเป็นหนอนใช้เวลา 9.85 วัน ใช้เวลาแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ($P \leq 0.05$) กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนสูง (LDPE/CPP และ LLDPE/CPP) ทำให้มีออกซิเจนเหลือภายในบรรจุภัณฑ์เป็นปริมาณมาก ระยะไข่ใช้เวลา 10.90±2.19 และ 10.76±1.94 วัน ตามลำดับ และกลุ่มสุดท้าย คือ กลุ่มชนิดฟิล์มพลาสติกที่มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ (PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE) ทำให้มีออกซิเจนเหลือภายในบรรจุภัณฑ์เป็นปริมาณน้อย ระยะไข่ใช้เวลา 11.56±2.03 และ 11.87±1.91 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) สังเกตได้ว่าฟิล์มพลาสติกทำบรรจุภัณฑ์ที่มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ มีผลทำให้ระยะไข่ของด้วงงวงข้าวใช้เวลาพัฒนาที่ยาวนานขึ้นโดยแตกต่างจากระยะไข่ที่เก็บไว้ในฟิล์มพลาสติกที่มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าปริมาณออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ที่ต่ำมีผลทำให้ระยะเวลาการพัฒนาไปเป็นระยะตัวอ่อนช้าลง ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Catherine (1987) ที่รายงานไว้ว่า หนอนนก (*Tenebrio molitor*) ที่เลี้ยงไว้จากระยะไข่ไปเป็นตัวเต็มวัย ในสภาพออกซิเจน 21, 15 และ 10.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ความดัน 1 บรรยากาศ พบว่าตัวหนอนที่ถูกเลี้ยงในออกซิเจน 10.5 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตช้ากว่าตัวหนอนที่ถูกเลี้ยงในออกซิเจนระดับที่สูงขึ้น (ขนาดต่อหน่วยเวลา) ดังนั้นจากการทดลองอาจสรุปได้ว่า สภาพบรรยากาศที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแมลง (ออกซิเจนน้อย) มีส่วนทำให้แมลงใช้เวลาในการเจริญเติบโตไปเป็นอีกวัยหนึ่งใช้เวลานานขึ้น หรือทำให้ช้าลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 ระยะหนอน - ดักแด้

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาการพัฒนาจากระยะหนอนของด้วงงวงข้าว (*S. oryzae*) เป็นดักแด้ภายในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

ชนิดของฟิล์มพลาสติก	ระยะหนอน (วัน)
Control	23.25 ± 2.61[b]
LDPE/CPP	24.24 ± 2.48[ab]
LLDPE/CPP	23.52 ± 2.32[b]
PET/LLDPE	24.57 ± 2.44[ab]
Foil/MPET/LLDPE	24.83 ± 2.78[a]
LSD (0.05)	0.42

[1/] = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

จากการศึกษาการเจริญของด้วงงวงข้าวระยะตัวหนอน ที่พัฒนาจากหนอนไปเป็นดักแด้ พบว่าตัวหนอนในชุดควบคุมมีระยะเวลาการเจริญเติบโตไปเป็นดักแด้ใช้เวลาสั้นที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 23.25±2.61 วัน ซึ่งใช้เวลาไม่แตกต่างทางสถิติ *(P≥0.05)* กับฟิล์มพลาสติกชนิดอื่นๆ (LDPE/CPP, LLDPE/CPP และ PET/LLDPE) ยกเว้นในส่วนของฟิล์มพลาสติกชนิด Foil/MPET/LLDPE มีการเจริญเติบโตช่วงระยะตัวหนอนไปเป็นดักแด้ยาวนานมากที่สุดถึง 24.83±2.78 วัน (ตารางที่ 4.2) อย่างไรก็ตามผลของฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ชนิด ในระยะหนอนของด้วงงวงข้าว มีผลกระทบต่อระยะเวลาการพัฒนาไม่แตกต่างมากนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 ระยะดักแด้ - ตัวเต็มวัย

ตารางที่ 4.3 ระยะเวลาการพัฒนาจากระยะดักแด้ของด้วงงวงข้าว (*S. oryzae*) เป็นตัวเต็มวัยภายในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

ชนิดของฟิล์มพลาสติก	ระยะดักแด้ (วัน)
Control	6.12 ± 1.52^{ab}
LDPE/CPP	6.07 ± 1.40^{ab}
LLDPE/CPP	6.09 ± 1.48^{ab}
PET/LLDPE	6.05 ± 1.32^{b}
Foil/MPET/LLDPE	6.26 ± 1.57^{a}
LSD (0.05)	0.63

[1/] = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

ระยะดักแด้ของด้วงงวงข้าวในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ *($P \geq 0.05$)* โดยด้วงงวงข้าวระยะดักแด้ ในชุดควบคุมใช้เวลาที่พัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัย 6.12±1.52 วัน ไม่แตกต่างกับดักแด้ในบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE/CPP, LLDPE/CPP, PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE เฉลี่ยเท่ากับ 6.07±1.40, 6.09±1.48, 6.05±1.32 และ 6.26±1.57 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4 ระยะตัวเต็มวัย – ตาย

ตารางที่ 4.4 อายุขัยของด้วงงวงข้าว (*S. oryzae*) ในระยะตัวเต็มวัยที่อยู่ในข้าวสารภายในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

ชนิดของฟิล์มพลาสติก	จำนวนวัน (วัน)
Control	25.19 ± 8.04[a]
LDPE/CPP	20.65 ± 7.18[b]
LLDPE/CPP	19.74 ± 6.38[b]
PET/LLDPE	14.76 ± 3.55[c]
Foil/MPET/LLDPE	14.32 ± 4.20[c]
LSD (0.05)	0.35

[1/] = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

อายุขัยในระยะตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวที่อาศัยในถุงบรรจุภัณฑ์พร้อมข้าวสารในฟิล์มพลาสติกกรรมวิธีต่างๆ สามารถแบ่งออกได้ 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มตัวเต็มวัยในชุดควบคุม (กระป๋องพลาสติกหุ้มผ้าตาข่าย) มีอายุขัยเฉลี่ยเท่ากับ 25.19±8.04 วัน ซึ่งจากการทดลองพบว่าอายุขัยของด้วงงวงข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ค่าการซึมผ่านของออกซิเจนสูง (LDPE/CPP และ LLDPE/CPP) ซึ่งทำให้มีออกซิเจนเหลือภายในบรรจุภัณฑ์เป็นปริมาณมาก (ภาพที่ 4.1; การทดลองที่ 2) อายุขัยลดลงเป็น 20.65±7.18 และ 19.74±6.38 วัน ตามลำดับ และกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่ค่าการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ (PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE) ทำให้มีออกซิเจนเหลือภายในบรรจุภัณฑ์เป็นปริมาณน้อย (ภาพที่ 4.1; การทดลองที่ 2) พบว่า ด้วงงวงข้าวตัวเต็มวัยมีอายุขัยลดลงเป็น 14.76±3.55 และ 14.32±4.20 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) จากการทดลองนี้ ชนิดฟิล์มพลาสติกที่มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ มีผลทำให้ออกซิเจนที่เหลือภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณน้อย เป็นสาเหตุทำให้แมลงขาดออกซิเจน (เสาวภา, 2536) และตายในที่สุด

จากการศึกษาผลของชนิดฟิล์มพลาสติกต่อระยะเวลาการเจริญเติบโตทั้ง 4 ระยะของด้วงงวงข้าว พบว่า ภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ชนิด มีผลกระทบต่อระยะไข่พัฒนาไปเป็นตัวหนอน และอายุขัยของตัวเต็มวัยอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในการทดลองจากระยะหนอนที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พัฒนาไปเป็นดักแด้ และจากระยะดักแด้พัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัย แมลงมีการเจริญเติบโตในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ใช้เวลาไม่แตกต่างกัน ทำให้ไม่เห็นผลเด่นชัด ต่างจากค่าเฉลี่ยในอายุขัยตัวเต็มวัย (ตารางที่ 4.4) ที่ใช้เวลาการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแมลงใน 3 ระยะแรกนั้น (ไข่, หนอน, ดักแด้) มีการดำรงชีวิตภายในเมล็ดข้าว ซึ่งทำให้ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวบรรยากาศภายในถุงนั้นเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Krishnamurthy (1986) ที่รายงานว่า ระยะตัวหนอนของด้วงงวงข้าวสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพบรรยากาศควบคุมที่มีออกซิเจนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.5-2.6 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 10-30 เปอร์เซ็นต์ ควบคู่ไปกับปริมาณไนโตรเจนที่สมดุล ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ณ ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นอาจจะสรุปได้ว่า ชนิดของฟิล์มพลาสติกมีผลกระทบต่อระยะเวลาการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวในเฉพาะช่วงระยะตัวเต็มวัยมากที่สุด และฟิล์มพลาสติกที่มีค่าการซึมผ่านของก๊าซที่ต่ำ (PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE) ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าว

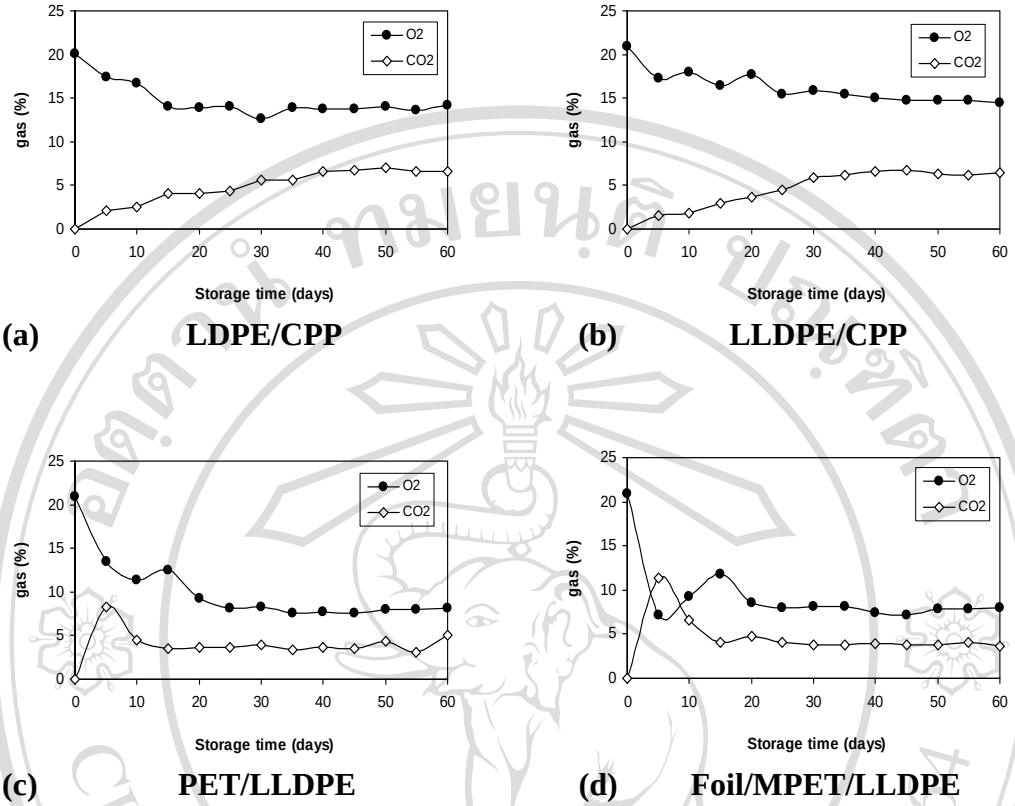
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>การทดลองที่ 2</u> การศึกษาผลของชนิดฟิล์มพลาสติกที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีความสัมพันธ์ต่อการตายของด้วงงวงข้าว

2.1 การหาปริมาณออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์

ผลของชนิดฟิล์มพลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงที่บรรจุข้าว และด้วงงวงข้าว (ภาพที่ 4.1) พบว่าบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE/CPP และ LLDPE/CPP ซึ่งเป็นฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซสูง จึงทำให้ปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่ในถุงมากในช่วง 25 วันแรก แล้วเข้าสู่จุดสมดุลในช่วง 30-35 วัน แต่คาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา สำหรับบรรจุภัณฑ์ชนิด PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE เป็นฟิล์มพลาสติกที่มีค่าอัตราการซึมผ่านก๊าซต่ำ ทำให้ออกซิเจนจากภายนอกผ่านเข้าไปสู่ภายในบรรจุภัณฑ์ได้น้อยกว่าปริมาณที่ออกซิเจนถูกใช้ไป และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่แมลงหายใจออกมา ไม่สามารถออกจากนอกถุงได้ทัน ดังนั้นออกซิเจนภายในถุงจึงมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว และคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปในวันที่ 5 แล้วจึงเข้าสู่จุดภาวะสมดุล ภายหลังจากนั้นออกซิเจนจะเหลือเพียง 7.95-8.20 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นฟิล์มพลาสติกที่มีค่าการซึมผ่านของก๊าซต่ำจะทำให้เกิดสภาวะการดัดแปลงเข้าสู่จุดสมดุลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของฟิล์ม (งามทิพย์, 2538) และผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ พรชัย และวิรงรอง (2550) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวซ้อมมือในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (ถุง PE, PP, PVDC และถุง Foil) ร่วมกับสารดูดกลืนออกซิเจน พบว่าปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงมีค่าสอดคล้องกับการยอมให้ก๊าซผ่านของถุงแต่ละชนิด ถุง PE และ PP เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้น้อย ทำให้ก๊าซออกซิเจนจากภายนอกถุงสามารถแพร่ผ่านเข้าออกถุงได้ง่าย ออกซิเจนจากนอกถุงจะแพร่ผ่านเข้าสู่ในถุงทำให้ปริมาณออกซิเจนภายในถุงค่อนข้างคงที่ และทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ในถุงค่อนข้างคงที่ด้วย ในขณะเดียวกัน ถุง PVDC และถุง Foil ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีมาก ทำให้ออกซิเจนจากภายนอกถุงแพร่เข้าในถุงได้น้อยทำให้ปริมาณออกซิเจนในถุงลดลงมาก จนกระทั่งเมื่อออกซิเจนจากภายนอกแพร่เข้ามาได้จนถึงจุดสมดุล จึงทำให้ปริมาณของออกซิเจนในถุงค่อนข้างคงที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



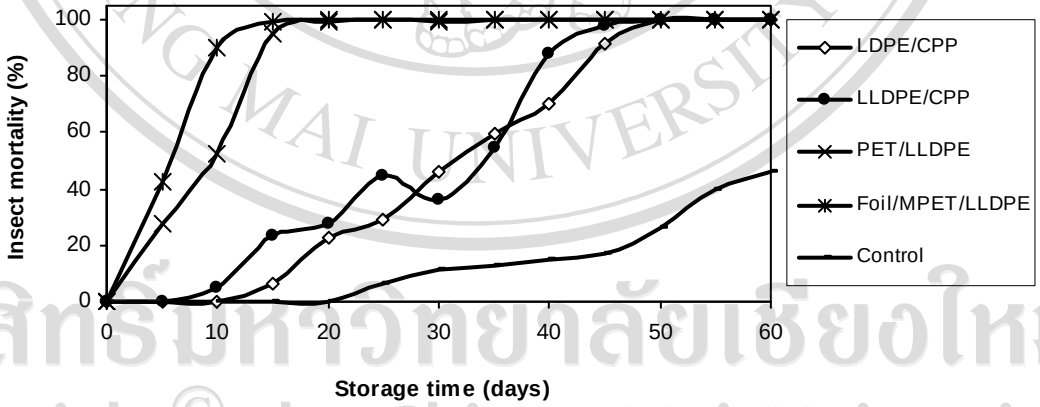
ภาพที่ 4.1 ปริมาณออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกฟิล์ม 4 ชนิด ภายในบรรจุข้าวสาร และด้วงงวงข้าว

2.2 การหาปริมาณการตายของด้วงงวงข้าวภายในฟิล์มพลาสติก 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 2 เดือน

จากการศึกษาผลของฟิล์มพลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังจากปล่อยด้วงงวงข้าวระยะตัวเต็มวัยบรรจุพร้อมกับข้าวสาร 100 กรัม ในบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ทำฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ก่อนที่จะมีการปิดผนึก และเก็บไว้เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าการตายของด้วงงวงข้าวในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับชุดควบคุม (ตารางภาคผนวกที่ 5) ซึ่งแมลงอาศัยอยู่ในข้าว 100 กรัม ข้าวสารมีระดับความชื้น 12.79 เปอร์เซ็นต์ พบว่า แมลงเริ่มตายในวันที่ 5 หลังจากการเก็บรักษา และเปอร์เซ็นต์การตายด้วงงวงข้าวตัวเต็มวัยในฟิล์มพลาสติกชนิด PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาไว้ประมาณ 15 วันเป็นต้นไป (ภาพที่ 4.2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาผลของฟิล์มพลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดต่อการเก็บรักษาข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน พบว่าสามารถจำแนกกลุ่มเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวที่อยู่ในถุง ออกเป็น 3 กลุ่ม (ภาพที่ 4.2) กลุ่มแรกคือ กลุ่มที่แมลงตายสูงสุดในระยะเวลาอันสั้นเพียง 15 วัน เนื่องจากฟิล์มพลาสติกที่ใช้มีค่าการซึมผ่านของก๊าซต่ำ (Foil/MPET/LLDPE และ PET/LLDPE) ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในถุงลดลงอย่างรวดเร็ว และเข้าสู่จุดสมดุลภายใน 20 วัน (ภาพที่ 4.1) เป็นสาเหตุทำให้แมลงขาดออกซิเจน (เสาวภา, 2536) กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่แมลงตายเกือบทั้งหมดในเวลา 45 วัน เนื่องจากฟิล์มพลาสติกมีปริมาณการซึมผ่านของก๊าซสูง (LDPE/CPP และ LLDPE/CPP) ทำให้มีออกซิเจนเหลือภายในบรรจุภัณฑ์เป็นปริมาณมาก (ภาพที่ 4.1) ทำให้แมลงสามารถมีชีวิตอยู่ได้นานขึ้น ส่วนในกลุ่มสุดท้ายเป็นกลุ่มชุดควบคุม แมลงจะตายเพียง 40 กว่าเปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามการตายของแมลงเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้น ซึ่งเป็นอายุขัยของด้วงงวงข้าวที่ค่อนข้างสั้นตามรายงานของอุดม (2526) ซึ่งรายงานว่า ด้วงงวงข้าวตัวเต็มวัยอายุขัยประมาณ 1-2 เดือน ดังนั้นการเลือกฟิล์มพลาสติกที่มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำมาใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์บรรจุข้าวสาร หากมีแมลงศัตรูปะปนไปกับข้าวในระหว่างการเก็บรักษาจะมีผลต่อด้วงงวงข้าวทำให้แมลงไม่สามารถอยู่รอดได้ และทำให้ด้วงงวงข้าวตายได้ในเวลาอันรวดเร็ว



ภาพที่ 4.2 ผลของชนิดฟิล์มพลาสติกต่อการตายของด้วงงวงข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

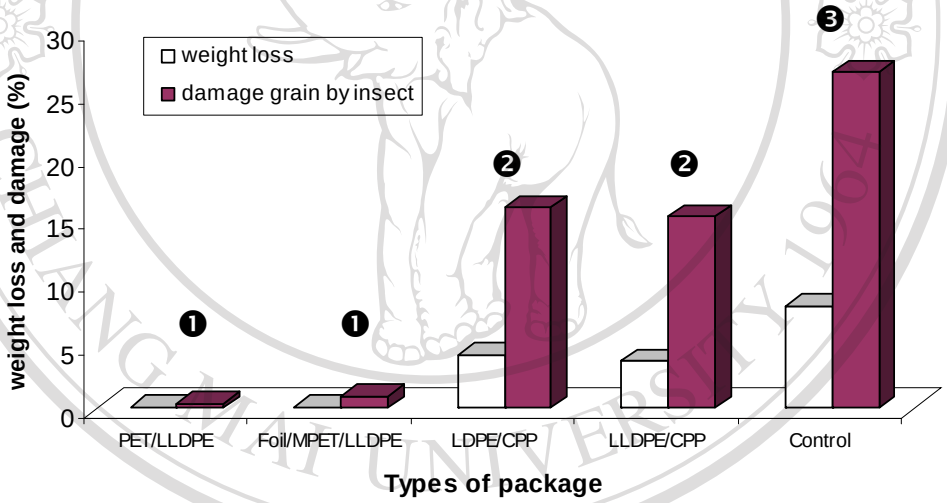
2.3 ความเสียหายของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เกิดจากการทำลายของด้วงงวงข้าว

ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในชุดทดลองควบคุม (control) ได้รับความเสียหาย 8.16 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อมีด้วงงวงข้าวเข้าทำลายอัตรา 20 ตัวต่อข้าวสาร 100 กรัม เป็นเวลา 2 เดือน โดยเมล็ดข้าวสารถูกทำลาย 26.80 เปอร์เซ็นต์โดยเมล็ดที่ถูกทำลาย จากการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่สูญหาย และเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวที่ถูกทำลาย มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ *($P \leq 0.05$)* น้ำหนักของข้าวที่สูญหาย และเมล็ดที่ถูกทำลายมีแนวโน้มสอดคล้องกัน โดยกลุ่มที่ของข้าวสารทดลองที่ถูกเก็บรักษาไว้ภายใต้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติก LDPE/CPP และ LLDPE/CPP จะมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่สูญหาย และเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวที่ถูกทำลายมากกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ น้ำหนักที่สูญหายเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และ 3.77 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดที่ถูกทำลายเฉลี่ยเท่ากับ 16.00 และ 15.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.3) แตกต่างจากข้าวสารที่เก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิด PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE ที่พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่สูญหายเท่ากับ 0.05 และ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวที่ถูกทำลาย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.04 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.3)

สำหรับความเสียหายของข้าวที่เกิดจากการทำลายของด้วงงวงข้าวภายในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ (ภาพที่ 4.3) ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน พบว่า สามารถจำแนกได้ 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซต่ำ (Foil/MPET/LLDPE และ PET/LLDPE) จะมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายน้อยที่สุด เนื่องจากในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณออกซิเจนเหลือปริมาณน้อย (ภาพที่ 4.1) ทำให้ด้วงงวงข้าวตายเป็นจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น (ภาพที่ 4.2) ส่วนกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มของฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซที่สูง (LDPE/CPP และ LLDPE/CPP) ทำให้ปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่ภายในถุงมาก และยาวนานกว่ากลุ่มแรก (ภาพที่ 4.1) เป็นผลทำให้แมลงตายได้อย่างสมบูรณ์ใช้ระยะเวลานานกว่ากลุ่มแรก (ภาพที่ 4.2) จึงทำให้เกิดความเสียหายกับข้าวมากขึ้น ส่วนในกลุ่มที่ 3 คือ ชุดควบคุมถูกเก็บไว้ในสภาวะบรรยากาศทำให้มีออกซิเจนเป็นปริมาณมาก ทำให้แมลงเหลือรอดมาก เป็นผลทำให้เกิด ความเสียหายกับข้าวมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของพรนิภา (2549) ที่เก็บรักษาข้าวในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (ถุงกระสอบพลาสติก ถุงพอลิเอทิลีน ถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศ และถุงอลูมินัมฟอยล์พร้อมสารดูดออกซิเจน) ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ไม่พบความเสียหายของเมล็ดข้าวใดๆ ที่เกิดจากแมลงในถุงชนิดไนลอนปิดผนึกสุญญากาศ และถุงอลูมินัมฟอยล์พร้อมสารดูดออกซิเจน ซึ่งเป็นชนิดถุงที่มีค่าการซึมผ่านของก๊าซต่ำ และมีปริมาณออกซิเจนภายในถุงน้อย อีกทั้ง พรชัย และวิรงรอง (2550) ที่ศึกษาเกี่ยวกับ เกี่ยวกับการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวซ้อมมือในบรรจุภัณฑ์ชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่างๆ (ถุง PE, PP, PVDC และถุง Foil) ร่วมกับสารดูดกลืนออกซิเจน พบว่าการใช้สารดูดกลืนออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซได้ดีมากอย่าง PVDC และ Foil ทำให้ปริมานออกซิเจนเริ่มต้นมีปริมาณน้อยมาก และรักษาระดับออกซิเจนให้ต่ำพอที่จะทำให้ไข่และตัวอ่อนของมอดที่มีอยู่ในข้าวซ้อมมืออยู่แล้วไม่สามารถเจริญเติบโตได้และตายในที่สุด ส่งผลทำให้ลดความเสียหายของข้าวที่เกิดจากแมลงและยืดอายุข้าวซ้อมมือได้ ดังนั้นฟิล์มพลาสติกที่มีคุณสมบัติในการซึมผ่านของก๊าซต่ำสามารถลดความเสียหายของข้าวที่เกิดจากด้วงงวงข้าวได้ ซึ่งฟิล์ม 2 ชนิดนั้นได้แก่ PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE ด้วยเหตุว่าฟิล์มพลาสติกชนิด PET/LLDPE มีคุณสมบัติโปร่งใสสามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ภายในได้ง่าย ในการทดลองต่อไปจึงได้เลือกฟิล์มพลาสติกชนิด PET/LLDPE มาใช้ในการศึกษาผลของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการตายของด้วงงวงข้าวในการทดลองต่อถัดไป (การทดลองที่ 3)

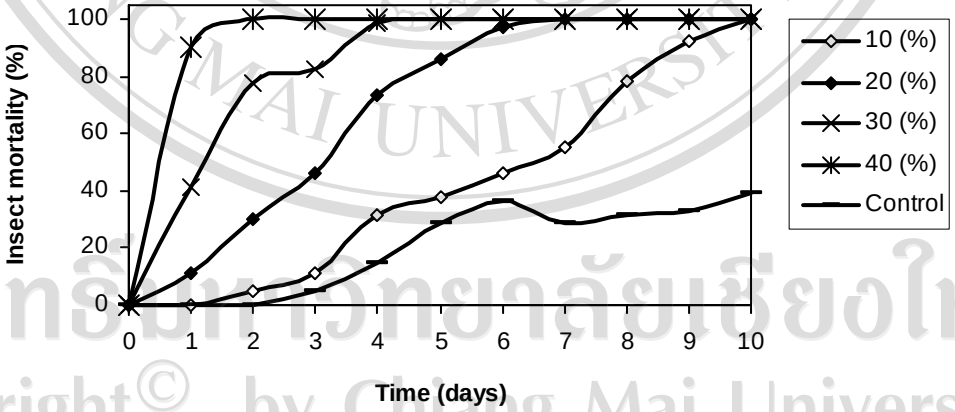


ภาพที่ 4.3 ผลความเสียหายของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เกิดจากการทำลายของด้วงงวงข้าวภายในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>การทดลองที่ 3</u> ศึกษาผลของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อการตายของด้วงงวงข้าว

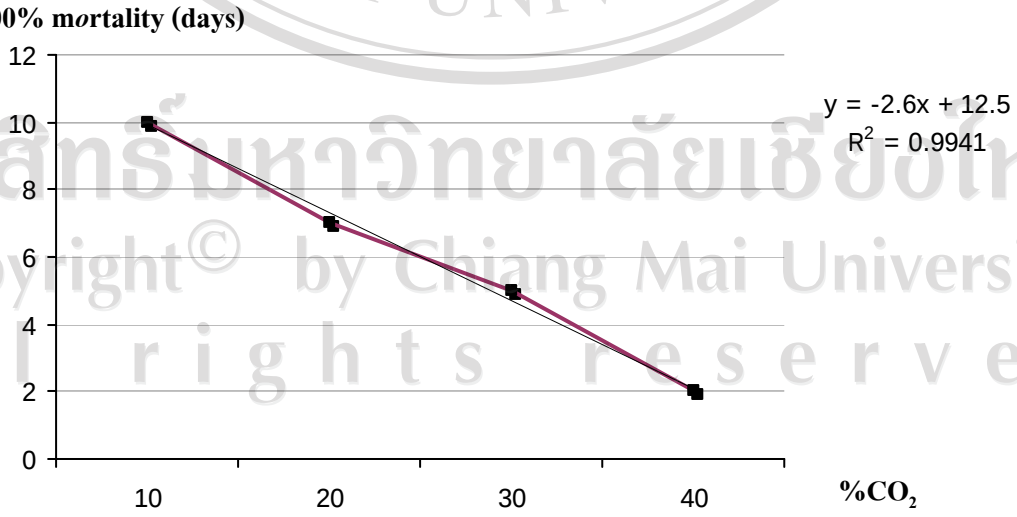
เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์เป็นพิษต่อแมลงหลายชนิด (ชูวิทย์ และคณะ, 2543) ภายหลังจากทดลองที่ 2 ได้มีการนำเอาฟิล์มพลาสติกชนิด PET/LLDPE ที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซต่ำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์ในการทดลองที่ 3 โดยการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในระดับความเข้มข้นต่างๆ ก่อนการปิดผนึก เพื่อศึกษาผลกระทบต่อด้วงงวงข้าว (*S. oryzae*) ในระยะตัวเต็มวัย จากการศึกษาพบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 10-40 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ด้วงงวงข้าวในระยะตัวเต็มวัยตายได้ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 10 วัน (ภาพที่ 4.4) ณ ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวในระยะตัวเต็มวัยได้อย่างสมบูรณ์ (100%) ใช้เวลา 10 วัน และเมื่อมีการเพิ่มระดับความระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวในระยะตัวเต็มวัยได้ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ณ วันที่ 7 และ วันที่ 5 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นไปอีกจนถึงระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าสามารถกำจัดด้วงงวงข้าวในระยะตัวเต็มวัยได้เร็วขึ้น สามารถทำให้แมลงตาย 100.00 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 2 วัน (ตารางภาคผนวกที่ 10)



ภาพที่ 4.4 การตายของด้วงงวงข้าวในข้าวสารที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด PET/LLDPE พร้อมกับเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงมากขึ้นในระยะเวลาที่สั้นลง และระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นก็มีส่วนทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงมากขึ้นเช่นกัน (ภาพที่ 4.4) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Annis and Morton (1997) ที่รายงานว่า การใช้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 15-100 เปอร์เซ็นต์ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวในบรรจุภัณฑ์ได้ และ Krishnamurthy *et al.* (1986) ยังรายงานว่า การบรรจุบรรยากาศแบบผสมปริมาณออกซิเจนในช่วงระหว่าง 1.0-1.6 เปอร์เซ็นต์ กับคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์หรือมากว่านั้นขึ้นไป สามารถฆ่ามอดข้าวสาร (*S. granarius*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) ตายได้ภายใน 7 วันในการควบคุมบรรยากาศในถุงบรรจุข้าวสาร แต่หากใช้ปริมาณออกซิเจน 0.5 เปอร์เซ็นต์ในบรรจุภัณฑ์เพียงอย่างเดียว ซึ่งโดยปกติแล้วมอดข้าวสารจะมีความทนทานมากกว่าแมลงชนิดอื่น อาจต้องใช้เวลา 8-10 วัน ในการกำจัดอย่างสมบูรณ์ และนอกจากนี้ Riudavets *et al.* (2008) รายงานว่า การดัดแปลงบรรยากาศควบคุม (MAP) ในบรรจุภัณฑ์พลาสติกบาง (Cryovac BB4L) ความหนา 59 µm ก่อนการปิดผนึก พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (ณ ระดับไนโตรเจนที่สมดุล และ 3 เปอร์เซ็นต์ออกซิเจน) สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวได้อย่างสมบูรณ์ภายใน 4 วัน ดังนั้นจากการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่า การเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ก่อนปิดผนึกบรรจุภัณฑ์สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวได้อย่างสมบูรณ์ภายในระยะเวลา 2 วัน คาร์บอนไดออกไซด์กับระยะเวลาที่ทำให้แมลงตายอย่างสมบูรณ์มีความสัมพันธ์กัน (ภาพที่ 4.5)



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ชนิด PET/LLDPE และระยะเวลาที่ทำให้ด้วงงวงข้าว (*S. oryzae*) ตายอย่างสมบูรณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศึกษาผลของคุณภาพข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน ภายใต้ฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ชนิด

4.1 การวัดคุณภาพทางเคมี

4.1.1 อะไมโลส (amylose)

ผลการศึกษาหาปริมาณอะไมโลสของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ปริมาณอะไมโลสในฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ *($P \geq 0.05$)* โดยปริมาณอะไมโลสของข้าวสารที่เก็บรักษาไว้ในชุดควบคุม (control) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.76 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับฟิล์มพลาสติกชนิด LDPE/CPP, LLDPE/CPP, PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE มีปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยเท่ากับ 16.92, 16.76, 16.85 และ 16.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) จากรายงานของ งามชื่น (2537) ได้รายงานว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จัดเป็นข้าวกลุ่มอะไมโลสต่ำ มีเปอร์เซ็นต์ช่วงประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้

อะไมโลสเป็นสารที่มีความสำคัญต่อคุณภาพ และเนื้อสัมผัสของข้าวสุก เนื่องจากปริมาณอะไมโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลง หรือร่วนมากขึ้น (Perdon *et al*., 1999) ซึ่งข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงในขณะหุงต้มจะดูดน้ำ และขยายตัวได้มาก ทำให้การขยายปริมาตรของข้าวสุกได้มาก ทำให้มีการขยายปริมาตรของข้าวสุกหรือขึ้นหม้อดีกว่าข้าวที่มีปริมาตรอะไมโลสต่ำ (งามชื่น, 2545) ดังนั้น จากการศึกษาจะพบว่า ปริมาณอะไมโลสมีปริมาณเริ่มต้น 15.88 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยภายหลังการเก็บรักษา (16.69-16.82 %) สอดคล้องกับขนิษฐา (2547) และ นริศรา (2548) ที่รายงานว่า เมื่อเก็บรักษาข้าวสารเป็นเวลานานจะทำให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (จากเริ่มต้น 21.24%) ส่วนการที่บรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด ไม่มีผลทำให้ปริมาณอะไมโลสมีค่าแตกต่างกันมากมายนัก สอดคล้องกับการศึกษาของภัทรพร (2540) และ พีชยา (2541) ที่กล่าวไว้ว่า ชนิดของฟิล์มพลาสติกและอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์อะไมโลส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์อะไมโลสที่วิเคราะห์จากข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

ปริมาณอะไมโลส ณ วันก่อนทำการเก็บรักษาเฉลี่ยเท่ากับ 15.88 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธี	อะไมโลส (%)[1/]
Control	16.76[ns]
LDPE/CPP	16.92
LLDPE/CPP	16.76
PET/LLDPE	16.85
Foil/MPET/LLDPE	16.69

[ns/] = non- significant difference

4.1.2 โปรตีน

ผลการศึกษาหาปริมาณโปรตีนของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีค่าเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษาเฉลี่ยเท่ากับ 6.67 เปอร์เซ็นต์ หลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของข้าวสารชุดควบคุม (Control) เท่ากับ 6.77 เปอร์เซ็นต์ และที่เก็บรักษาไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกชนิด LDPE/CPP, LLDPE/CPP, PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.82, 6.90, 6.76 และ 6.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6)

ในการศึกษาเปอร์เซ็นต์โปรตีนครั้งนี้พบว่า การเก็บรักษาภายใต้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ชนิด ไม่มีผลอย่างเด่นชัดต่อความแตกต่างเปอร์เซ็นต์โปรตีนในแต่ละกรรมวิธี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์โปรตีนในระหว่างการเก็บรักษาของข้าวนั้น Chrastil (1994) รายงานว่า โปรตีนทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษานั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ *($P \geq 0.05$)* แต่คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของส่วนประกอบของโปรตีน (โดยเฉพาะโปรตีนกลูเตลินที่มีมากถึง 80-90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด) นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก โดยน้ำหนักเฉลี่ยของโปรตีนกลูเตลินเพิ่มขึ้น การเพิ่มน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนกลูเตลินนั้นเป็นเพียงการเพิ่มความซับซ้อนของพันธะ peptide เท่านั้น ด้วยผลการวิจัยดังกล่าวพบว่า ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนเมื่อเก็บรักษาเวลานาน ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าสาเหตุดังกล่าวทำให้การตรวจวัดเปอร์เซ็นต์โปรตีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งจากงานทดลองนี้พบว่า การเก็บรักษาข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ภายในฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ชนิด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สอดคล้องกับ Mashall and Wadsworth (1994) ที่รายงานว่า โปรตีน (total protein) จะไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างเก็บรักษา แต่คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของส่วนประกอบของโปรตีน โดยเฉพาะโปรตีน oryzenin (grutelin) ซึ่งพบมากในเมล็ดข้าวจะเปลี่ยนแปลง โดยพบว่า น้ำหนักโมเลกุลและพันธะ peptide มีมากขึ้น โดยเฉพาะถ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง หลังจากเก็บข้าวไว้นาน 1 ปี ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักโมเลกุลของ oryzenin เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งอาจจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองครั้งนี้ พบว่า ฟิล์มพลาสติกทุกชนิด ภายหลังจากการเก็บรักษามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่สูงขึ้นเพียงเล็กน้อย จะเห็นได้ว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ชนิด ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์โปรตีน หรืออาจทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่วิเคราะห์ได้จากข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน
ปริมาณโปรตีน ณ วันก่อนทำการเก็บรักษาเฉลี่ยเท่ากับ 6.67 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธี	โปรตีน (%)[1/]
Control	6.77 [ns]
LDPE/CPP	6.82
LLDPE/CPP	6.90
PET/LLDPE	6.76
Foil/MPET/LLDPE	6.92

[ns/] = non- significant difference

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.3 ไขมัน

ปริมาณไขมันของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีค่าเริ่มก่อนการเก็บรักษาเฉลี่ยเท่ากับ 1.12 เปอร์เซ็นต์ หลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 เดือน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ *($P \leq 0.05$)* โดยปริมาณไขมันของข้าวสารที่เก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิด Foil/MPET/LLDPE มีปริมาณมากกว่าฟิล์มพลาสติกชนิดอื่นๆ และให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ฟิล์มพลาสติกชนิด PET/LLDPE, LLDPE/CPP, LDPE/CPP และชุดทดลองควบคุม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.06, 1.01, 0.99 และ 0.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

การเปลี่ยนแปลงของไขมันในข้าวสารมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งการเสื่อมสภาพของไขมันสามารถเกิดได้ 2 ทาง คือ โดยกระบวนการ hydrolysis จากเอนไซม์ lipase ที่มีอยู่ในเมล็ด และกระบวนการ oxidation จากเอนไซม์ lipoxidase หรือจากการที่มีก๊าซออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยาด้วยตัวเอง (Moritaka and Yasumatsu, 1972) กรดไขมันที่พบมากและมีความสำคัญในการเกิดการเสื่อมของไขมันคือ oleic acid และ linoleic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้เกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจน หรือกระบวนการ oxidation ได้ง่าย (Zhou *et al.,* 2002) การเสื่อมอีกทางของไขมันเกิดจากเอนไซม์ไลเปสย่อยไขมันเป็นกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเสื่อมของไขมันนั้นออกซิเจนก็เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสื่อมดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นการใช้ฟิล์มพลาสติกที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนน่าจะมีผลต่อการชะลอการเกิดกรดไขมันอิสระได้ จากการทดลองพบว่า ในชุดทดลองควบคุม (control) จะมีการเสื่อมสลายของไขมันมากที่สุด เนื่องจากเก็บรักษาไว้ในผ้ากระสอบจึงทำให้ออกซิเจนสามารถผ่านเข้าออกได้ง่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนาภรณ์ (2548) เกี่ยวกับอิทธิพลของภาชนะบรรจุ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเจริญของเชื้อรา และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ ที่รายงานว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ขาวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่าปริมาณไขมันจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณไขมันของเมล็ดข้าวที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกสาน (woven) ซึ่งมีคุณสมบัติการซึมผ่านของก๊าซสูงอยู่แล้ว มีแนวโน้มลดลงมากกว่าถุงพลาสติกชนิด MPET, ถุงไนลอน และถุงพอลิเอทิลีน ซึ่งมีค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 63.0, 116.0 และ 1,364.0 cc/m^2/day ตามลำดับ ในขณะที่ถุง MPET และถุงไนลอนมีแนวโน้มที่จะชะลอการเสื่อมของไขมันได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเช่นกัน ดังนั้นการเก็บรักษาข้าวสารในฟิล์มพลาสติกชนิด PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE สามารถป้องกันการเสื่อมของไขมันได้ดีกว่ากรรมวิธีชนิดอื่นๆ เนื่องจากฟิล์มพลาสติกทั้ง 2 ชนิดนี้ มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (LDPE/CPP และ LLDPE/CPP)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ไขมันที่วัดจากข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

ปริมาณไขมัน ณ วันก่อนทำการเก็บรักษาเฉลี่ยเท่ากับ 1.12 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธี	ไขมัน (%)[1/]
Control	0.71[c]
LDPE/CPP	0.99[b]
LLDPE/CPP	1.01[ab]
PET/LLDPE	1.06[a]
Foil/MPET/LLDPE	1.07[a]
LSD	0.07

[1/] = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

4.2 การวัดคุณภาพการหุงต้ม

4.2.1 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis (TPA)

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าวสารทดลองหลังจากเก็บไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน เป็นการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ TPA ต่างๆ ได้แก่ ค่าความแน่นแข็ง (hardness) ค่าความเกาะติดกัน (cohesiveness) ค่าความเหนียวติดกัน (adhesiveness) ค่าความเหนียวติดยึด (gumminess) และค่าความเหนียวแน่น (stickiness) แสดงในตารางที่ 4.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสารทดลองหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

ลักษณะเนื้อสัมผัส	ก่อนการเก็บรักษา	หลังการเก็บรักษา					LSD (0.05)
		Control	LDPE /CPP	LLDPE /CPP	PET /LLDPE	Foil/MPET /LLDPE	
Hardness[1/]	104.30	124.30[b]	145.26[a]	118.48[b]	140.38[a]	120.96[b]	17.28
Stickiness[1/]	2.05	1.88[b]	1.85[b]	1.78[b]	2.54[a]	1.91[ab]	0.70
Adhesiveness[1/]	0.97	0.58[b]	0.32[c]	0.49[bc]	1.09[a]	0.66[b]	0.33
Cohesiveness[1/]	0.48	0.47[a]	0.49[a]	0.50[a]	0.48[a]	0.47[a]	0.05
Gumminess[1/]	58.71	67.09[ab]	70.96[a]	62.18[ab]	67.11[ab]	56.62[b]	11.26

[1/] = ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

จากผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน มีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ *($P \leq 0.05$)* โดยค่า hardness ของข้าวสารที่เก็บรักษาด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด LDPE/CPP และ PET/LLDPE จะมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 145.26 และ 140.38 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับ control, Foil/MPET/LLDPE และ LLDPE/CPP ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.30, 120.96 และ 118.46 ตามลำดับ ต่อมาขณะที่เครื่องดึงหัวกดขึ้นจะเกิดแรงดึงจากความเหนียวของหัวกดขึ้นจากตัวอย่าง (adhesiveness) พบว่าข้าวสารที่เก็บรักษาด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด PET/LLDPE มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 1.09 (ตาราง 4.8)

การศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสารทดลองในแต่ละชนิดฟิล์มพลาสติกจะพบว่า ค่า hardness (ความแน่นแข็ง) นั้นมีความสัมพันธ์กับค่าอะไมโลสซึ่งเกี่ยวกับความแข็งของข้าวสุก (งามชื่น, 2545) อีกทั้งงานวิจัยของพัสกร (2545) ที่รายงานว่า ความแข็งของข้าวจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน ซึ่งทำให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันที่พบว่าค่าอะไมโลส (ตารางที่ 4.5) และค่า hardness มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.8)

ส่วนค่า stickiness ของข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าฟิล์มพลาสติกชนิด PET/LLDPE (stickiness = 2.54) มีความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ *($P \leq 0.05$)* โดยข้าวสารที่เก็บรักษาด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด Foil/MPET/LLDPE, control, LLDPE/CPP และLLDPE/CPP จะมีค่า stickiness เฉลี่ยเท่ากับ 1.91, 1.88, 1.85 และ 1.78 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

นอกจากนั้น ค่า gumminess ของข้าวสารที่เก็บรักษาด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก บรรจุภัณฑ์ LDPE/CPP, PET/LLDPE, control และ LLDPE/CPP ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.96, 67.11, 67.09 และ 62.18 ตามลำดับ แต่พบว่าฟิล์มพลาสติกชนิด Foil/MPET/LLDPE ซึ่งมีค่า gumminess (56.62) แตกต่างจากในฟิล์มพลาสติกชนิด LDPE/CPP (70.69)

ส่วนค่า Cohesiveness นั้น ทั้ง 5 กรรมวิธีที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 การประเมินความชอบของผู้บริโภคข้าว

การประเมินความชอบของผู้บริโภคโดยการใช้การชิมเป็นตัวทดสอบ แล้วสังเกตจากคะแนนการชิมของรสชาติ (flavor) แบบประเมินความชอบ 7-Points hedonic scale

จากตารางที่ 4.9 แสดงค่าคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคในตัวอย่างข้าวหลังจากผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน จากการศึกษาพบว่า ค่าของความชอบโดยรวม ฟิล์มพลาสติกชนิด LLDPE/CPP มีความแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ และทางด้านลักษณะของเมล็ดข้าวก็พบว่า control และ Foil/MPET/LLDPE ที่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ และสุดท้ายคะแนนด้านกลิ่นก็มีฟิล์มพลาสติกชนิด LDPE/CPP เพียงชนิดเดียวที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ *($P \leq 0.05$)* นอกจากนั้นค่าคะแนนทางด้านสี รสชาติ ความนุ่ม ความเหนียว และความรู้สึกหลังกลืนของข้าวสารที่เก็บไว้ในฟิล์มพลาสติกทุกชนิด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (*$P \geq 0.05$*) (ตารางที่ 4.9)

ค่าคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสซึ่งประเมินโดยผู้บริโภคโดยใช้แบบทดสอบชนิด 7-Point hedonic scale (คะแนนเต็มเท่ากับ 7) พบว่า ผู้บริโภคให้การยอบรับในผลิตภัณฑ์ในระดับเฉยๆ ถึง ชอบเล็กน้อย (ช่วงคะแนน 4-5 คะแนน) ในทุกๆ คุณลักษณะ และจากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสโดยผู้บริโภคทำให้ทราบว่า ผู้บริโภคมีความชอบในตัวผลิตภัณฑ์ในระดับที่ค่อนไปทางชอบเล็กน้อย และผู้บริโภคยังได้ให้ความเห็นว่า ข้าวที่ได้นำมาประเมินด้านประสาทสัมผัสส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกัน อาจทำให้ค่าที่ได้จากการประเมินในแต่ละผลิตภัณฑ์ไม่มีผลแตกต่างกันอย่างชัดเจน ยกเว้นแต่ค่าความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่จะได้จากฟิล์มพลาสติกชนิด LLDPE/CPP ค่าลักษณะของเมล็ดข้าวของ Foil/MPET/LLDPE กับชุดทดลองควบคุม และค่ากลิ่นของ LDPE/CPP ที่มีความแตกต่างในทางลบ (คะแนนน้อย) กับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีชนิดอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.9 การประเมินความชอบของผู้บริโภคของข้าวสารทดลองหลังจากผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยแบบประเมินความชอบชนิด 7-Point hedonic scale

ด้าน	ก่อนการเก็บรักษา	ภายหลังการเก็บรักษา					LSD (0.05)
		Control	LDPE /CPP	LLDPE /CPP	PET /LLDPE	Foil/MPET /LLDPE	
ความชอบโดยรวม	4.75±0.44	4.60±0.42[a]	4.45±0.59[a]	4.10±1.02[b]	4.75±0.91[a]	4.75±0.85[a]	0.52
ลักษณะเมล็ดข้าว	4.70±0.31	4.10±0.65[b]	4.60±0.60[a]	4.85±0.67[a]	4.75±0.85[a]	4.35±0.99[b]	0.40
สี	4.70±0.05	4.65±0.77[a]	4.55±0.64[a]	4.65±0.81[a]	4.50±0.76[a]	4.70±1.03[a]	0.51
กลิ่น	4.50±0.54	4.50±0.61[a]	4.15±0.99[b]	4.20±0.52[a]	4.50±0.95[a]	4.55±0.89[a]	0.54
รสชาติ	4.45±0.68	4.45±0.34[a]	4.50±0.69[a]	4.35±0.81[a]	4.35±0.99[a]	4.55±0.69[a]	0.52
ความนุ่ม	4.60±0.12	4.45±0.62[a]	4.55±0.83[a]	4.40±0.64[a]	4.45±0.88[a]	4.55±0.69[a]	0.48
ความเหนียว	4.50±0.71	4.20±1.01[a]	4.25±0.67[a]	4.25±0.65[a]	4.40±0.82[a]	4.15±0.99[a]	0.49
ความรู้สึกหลังกลืน	4.55±0.11	4.35±0.45[a]	4.20±0.89[a]	4.20±0.76[a]	4.65±0.81[a]	4.45±0.83[a]	0.52

[1/] = ค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.3 ปริมาณการดูดน้ำของข้าว (water absorption)

จากการศึกษาปริมาณการดูดน้ำของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ *($P \leq 0.05$)* โดยข้าวสารที่เก็บรักษาด้วยกรรมวิธี ชุดทดลองควบคุม, Foil/MPET/LLDPE และLLDPE/CPP มีค่าปริมาณการดูดน้ำของข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 2.75, 2.77 และ 2.85 เท่า ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) แตกต่างกับข้าวสารที่เก็บรักษาด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด PET/LLDPE และ LDPE/CPP ซึ่งมีค่าปริมาณการดูดน้ำของข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 2.66 และ 2.63 เท่า ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) ซึ่งปกติแล้วค่าปริมาณการดูดน้ำของข้าวสารจะมีสัมพันธ์กับค่าปริมาณของอะไมโลส เนื่องจากปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับค่าความคงตัวของแป้งสุกที่แข็งขึ้น และระยะเวลาที่ใช้ในการหุงข้าวสุกเพิ่มขึ้น (พรนิภา, 2549) ดังนั้นจากตารางที่ 4.5 จะสรุปได้ว่า ปริมาณอะไมโลสของข้าวสารที่มีมากจะส่งผลทำให้ปริมาณการดูดน้ำน้อยลง และข้าวสารที่มีปริมาณการดูดน้ำได้น้อย ณ เวลาเดียวกัน จะส่งผลให้ระยะเวลาในการหุงต้มข้าวนานขึ้น (Hamaker *et al*., 1993)

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลวิเคราะห์ปริมาณการดูดน้ำของข้าวหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

ค่าปริมาณการดูดน้ำของข้าวสาร ณ วันก่อนทำการเก็บรักษาเฉลี่ยเท่ากับ 2.71 เท่า

กรรมวิธี	ปริมาณการดูดน้ำ (เท่า)[1/]
Control	2.75[ab]
LDPE/CPP	2.63[c]
LLDPE/CPP	2.77[ab]
PET/LLDPE	2.66[bc]
Foil/MPET/LLDPE	2.85[a]
LSD	0.05

[1/] = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.4 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวสาร (moisture content)

วิเคราะห์หาปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวสาร ซึ่งมีค่าเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษาเฉลี่ยเท่ากับ 12.79 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากเก็บรักษาไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่ทำมาจากฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ความชื้นของข้าวสารในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยที่ข้าวสารที่เก็บรักษาด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด LDPE/CPP, LLDPE/CPP, PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE มีค่าความชื้นเท่ากับ 13.31, 13.33, 13.29 และ 13.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ *($P \leq 0.05$)* กับชุดทดลองควบคุม (control) ที่ค่าเฉลี่ยความชื้นเท่ากับ 14.12 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.11)

ความชื้นในข้าวสารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่ออายุการเก็บของข้าวสาร การทดลองนี้จึงศึกษาถึงชนิดของฟิล์มพลาสติกที่มีผลต่อการดูดซับความชื้นในอากาศของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ผลการศึกษาปริมาณความชื้นของข้าวสารภายหลังการเก็บรักษาในฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน คือ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เนื่องมาจากฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ชนิด มีคุณสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของไอน้ำได้ดี จึงทำให้สามารถรักษาความชื้นของข้าวสารได้ดีกว่าชุดทดลองควบคุมซึ่งเป็นผ้ากระสอบ นอกจากนั้นเมล็ดข้าวเปลือกยังมีคุณสมบัติที่เรียกว่า hygroscopic คือ สามารถรับหรือถ่ายเทความชื้นหรือน้ำให้กับบรรยากาศรอบๆ เมล็ด การรับหรือถ่ายเทความชื้นระหว่างเมล็ดกับบรรยากาศรอบๆ จะเกิดขึ้นจนกว่าจะถึงจุดสมดุล ถ้าแรงดันไอน้ำภายในเมล็ดสูงกว่าภายนอก น้ำก็จะระเหยออกมาจากเมล็ด แต่ถ้าแรงดันไอน้ำในเมล็ดต่ำกว่าภายนอก เมล็ดก็จะดูดความชื้นจากบรรยากาศจนกว่าจะถึงจุดสมดุล นั่นคือ แรงดันไอน้ำภายในเมล็ดเท่ากับแรงดันไอน้ำของบรรยากาศ ที่จุดสมดุลนี้เมล็ดจะมีความชื้นคงที่ (จวงจันทร์, 2529) ซึ่งความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะช่วยเร่งปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ให้เกิดเร็วขึ้น เช่นเกิดปฏิกิริยาของออกซิเจนกับไขมันทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ ดังนั้นจากการทดลองอาจจะสรุปได้ว่าชนิดของฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลวิเคราะห์ความชื้นของข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน
เปอร์เซ็นต์ความชื้น ณ วันก่อนทำการเก็บรักษา เฉลี่ยเท่ากับ 12.79 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธี	ความชื้นของเมล็ด (%)[1/]
Control	14.12[b]
LDPE/CPP	13.31[a]
LLDPE/CPP	13.33[a]
PET/LLDPE	13.29[a]
Foil/MPET/LLDPE	13.33[a]
LSD	0.12

[1/] = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

4.2.5 สีของข้าวสาร

การเปลี่ยนแปลงค่าของสีข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่ทำมาจากฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ค่าสีของข้าวสาร (L*, a* และ b*) และ Whiteness Index ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) และพบว่าค่าสีเหลืองของข้าวสาร (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 4.12)

การเปลี่ยนแปลงค่าของสีข้าวสารทดลอง พบว่า ค่า L*, a* และ b* ทุกชนิดฟิล์มพลาสติกที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนค่าดัชนีความขาว (Whiteness Index) จากรายงานของ กฤษณา (2552) ได้รายงานว่าข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวสารในกลุ่มที่มีความขาวน้อยกว่ากลุ่มข้าวเหนียว มีค่าดัชนีความขาวช่วงประมาณ 46-47 หน่วย ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลง ค่าสีในการศึกษาครั้งนี้เกิดขึ้นในปริมาณน้อยมาก เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 เดือน จึงยังให้ผลไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากข้าวสารมีความชื้นต่ำ จากรายงานของ Indudhara Swamy *et al.* (1971) พบว่า การเก็บรักษาข้าวเปลือกในสภาพอุณหภูมิ และความชื้นสูงจะทำให้สีของเมล็ดข้าวสารเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เกิดการเปลี่ยนสีของเอนโดสเปิร์มเป็นสีเหลือง หรือปนน้ำตาลซึ่งจะทำให้เกิดข้าวเหลือง ทั้งนี้การเปลี่ยนสีเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกรดอะมิโนอิสระกับแป้งภายในเมล็ดข้าว เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา (Barber, 1972)

ตารางที่ 4.12 สีของข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

ค่าเฉลี่ยสีที่วัดได้ ณ วันก่อนทำการเก็บรักษา L*= 51.78, a* = 3.75 และ b* = 19.07

ค่าสี[1/] / กรรมวิธี	L*	a*	b*	Whiteness Index
Control	52.23[ns]	3.72[ns]	19.71[ns]	48.19[ns]
LDPE/CPP	51.73	3.70	19.68	47.74
LLDPE/CPP	52.10	3.68	20.13	47.91
PET/LLDPE	52.75	3.78	19.75	48.65
Foil/MPET/LLDPE	51.93	3.68	19.70	47.91

[ns/] = non- significant difference

4.2.6 ปริมาณสารหอม (2-acetyl-1-pyrroline; 2AP)

การวิเคราะห์สารหอมในข้าวสารทดลองที่ได้ผ่านการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่ทำมาจากฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นเวลา 3 เดือน ด้วยเครื่อง Headspace Gas Chromatography ผลที่ได้เป็นปริมาณของสาร 2-acetyl-1-pyrroline; 2AP (Tinakorn *et al.,* 2006) ซึ่งเป็นสารหอมที่อยู่ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการเก็บรักษาด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

ผลการศึกษาปริมาณของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline; 2AP ซึ่งมีค่าความหอมเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษาเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 ppm ภายหลังจากการเก็บรักษาข้าวสารที่เก็บไว้ในบรรจุภัณฑ์เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ปริมาณสารหอมในชุดทดลองควบคุม (control) ลดลงเหลือ 0.16 ppm แตกต่างทางสถิติ *($P \leq 0.05$)* จากข้าวสารที่เก็บไว้ในฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ชนิด โดยข้าวสารที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่ทำมาจากฟิล์มพลาสติกชนิด LLDPE/CPP, LLDPE/CPP, PET/LLDPE และ Foil/MPET/LLDPE จะมีค่าเฉลี่ยปริมาณสารหอม (2AP) เท่ากับ 0.27, 0.34, 0.36 และ 0.36

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) แต่อย่างไรก็ตาม ผลของการศึกษาปริมาณของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline; 2AP พบว่า ภายใต้ฟิล์มพลาสติกทั้ง 4 ชนิด มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ซึ่งโครงสร้างของสาร 2AP เป็นสารประกอบในกลุ่ม pyrrole คือ วงแหวนทั้ง 5 เหลี่ยมที่มีไนโตรเจนเกาะอยู่ในวง และมีหมู่ acetyl เกาะอยู่กับคาร์บอนในตำแหน่งที่ 2 ของวง สาร 2AP เป็นของเหลวใสไม่มีสี มีคุณสมบัติเป็นเบสเนื่องจากเป็นสารประกอบของไนโตรเจน และเป็นสารที่ระเหยง่ายและไม่เสถียร เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานในสภาพห้องปกติจะทำให้สารหอมระเหยง่าย (Mahatheeranont *et al*., 2001) จึงทำให้ความหอมของทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่ว่าจะเป็นการเก็บรักษาด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด Foil/MPET/LLDPE หรือ PET/LLDPE ก็ตาม ดังนั้นการลดลงของสารหอม (2AP) มีสาเหตุมาจากคุณสมบัติของสารหอมที่ระเหยง่ายนั่นเอง และนอกจากนั้นการทดลองนี้ยังพบว่า ความหอมของทุกกรรมวิธีการบรรจุภัณฑ์น่าจะมีความสัมพันธ์กับไขมันที่ลดลงเช่นกัน Bergman (2003) กล่าวว่า สารหอม (2AP) ในเมล็ดข้าวมีการละลาย หรือจับกับไขมัน ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าเมล็ดข้าว อาจมีสารชีวโมเลกุลหรือไขมันที่สามารถจับหรือตรึงสารหอม (2AP) ได้ การเสื่อมของไขมันมีผลต่อความหอมในเมล็ดข้าวสาร Lam (2003) รายงานว่าการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของกรดไขมันอิสระพวก oleic และ linoleic จะได้สารระเหยจำพวก nonenal, hexanol และ octanal ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นมีผลต่อกลิ่นเหม็นหืนของข้าวสาร ด้วยเหตุนี้ ปริมาณไขมันของชุดทดลองควบคุมมีค่าน้อยที่สุด (ตารางที่ 4.7) จึงอาจเป็นไปได้ว่า กลิ่นหืนดังกล่าวทำให้สารหอมในเมล็ดข้าวเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ทำให้กลิ่นของข้าวเปลี่ยนไป การเสื่อมของไขมันจึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สารหอม (2AP) ของเมล็ดข้าวแปรผันตามไขมันที่ลดลง ดังนั้นฟิล์มพลาสติกที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ (Foil/MPET/LLDPE และ PET/LLDPE) จึงมีผลทำให้ชะลอการเสื่อมสลายของสารหอมได้ดีกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของขนิษฐา (2547) ถุง nylon laminate ซึ่งมีค่าอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนต่ำ สามารถชะลอการเสื่อมของสารหอมในข้าวเปลือก (2AP) ช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน ได้ดีกว่าถุงชนิด polyethylene ที่มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนที่สูงกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.13 ปริมาณของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline; 2AP ที่ตรวจสอบพบในข้าวสาร หลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน ปริมาณสารหอม (2AP) ณ วันก่อนทำการเก็บรักษาเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 ppm

กรรมวิธี	ปริมาณสารหอม 2AP (ppm)[1/]
Control	0.16[c]
LDPE/CPP	0.27[b]
LLDPE/CPP	0.34[a]
PET/LLDPE	0.36[a]
Foil/MPET/LLDPE	0.36[a]
LSD	0.04

[1/] = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved