

## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของภาชนะบรรจุและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ ชม. 60

ผลการศึกษาค่าคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ ชม. 60 ภายในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ขณะเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิด Metallized film ถุง Aluminum foil ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene และ ถุงพลาสติกสานเป็นเวลานาน 4 เดือน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองดังต่อไปนี้

#### 1. การเปลี่ยนแปลงของค่า Water activity ภายในภาชนะบรรจุ

การเปลี่ยนแปลงของค่า Water activity ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุทั้ง 4 ชนิดที่เก็บรักษาเป็นเวลานาน 4 เดือน พบว่าค่า  $A_w$  มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากเมล็ดพันธุ์มีคุณสมบัติที่เรียกว่า hygroscopic กล่าวคือ สามารถแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศโดยรอบเมล็ด ถ้าบรรยากาศรอบเมล็ดมีความชื้นสูง เมล็ดจะดูดความชื้นจากบรรยากาศ แต่ถ้าบรรยากาศรอบๆเมล็ดมีความชื้นต่ำ เมล็ดจะคายความชื้นให้กับบรรยากาศ โดยการแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศ จะดำเนินต่อไปจนกระทั่งอัตราการคายน้ำของเมล็ดเท่ากับอัตราการดูดน้ำของเมล็ด หรืออยู่ในสภาวะสมดุล(Equilibrium moisture content) ทำให้  $A_w$  เป็นโมเลกุลของน้ำที่ ซึ่งเป็นส่วนของน้ำอิสระที่พร้อมจะเปลี่ยนสภาวะจากของเหลวไปเป็นไอเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับความชื้นของเมล็ดที่เพิ่มขึ้น ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดที่ลดลง และปริมาณเชื้อราโดยเฉพาะกลุ่ม storage fungi ซึ่งเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของ Sadeghipour and Bhatla (2003) ที่รายงานว่าเมื่อค่า  $A_w$  ของเมล็ดทานตะวันมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น จะ ส่งผลให้เมล็ดมีความงอกลดลงและตรวจพบเชื้อราจำพวก *Aspergillus* spp. และสาร aflatoxin เพิ่มขึ้นด้วย เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกสานมีค่า  $A_w$  สูงที่สุด รองลงมาคือเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในถุง Polypropylene ส่วนการบรรจุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในถุงพลาสติกชนิด Metallized film และ Aluminum foil ช่วยรักษาค่า  $A_w$  ของเมล็ดให้อยู่ในระดับที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากถุงพลาสติกทั้งสองชนิดนี้สามารถป้องกันความชื้นจากภายนอกได้ดีกว่า ถุงพลาสติกสานและถุง Polypropylene ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่บรรจุในถุงพลาสติก Metallized film และ Aluminum foil ยังคงมีค่าความชื้นเมล็ดที่ต่ำกว่า ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดสูงกว่า และตรวจพบเชื้อราบนเมล็ดพันธุ์ในปริมาณที่ต่ำกว่า แต่อย่างไรก็ตาม  $A_w$  ที่ตรวจ

พบในทุกภาชนะบรรจุยังคงต่ำกว่า 0.8 ซึ่งค่า  $A_w$  ที่ต่ำกว่า 0.8 นี้เชื่อว่าส่วนใหญ่มีกิจกรรมเดบิโตได้  
ซ้ำหรือหยุดการเจริญเติบโต

## 2. การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้นของเมล็ดพันธุ์

ผลการศึกษาค่าความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายในภาชนะบรรจุทั้ง 4 ชนิด ขณะเก็บรักษา  
เป็นเวลานาน 4 เดือน พบว่าความชื้นของเมล็ดพันธุ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น ทั้งนี้  
เนื่องจากเมล็ดพันธุ์มีคุณสมบัติที่เรียกว่า hygroscopic กล่าวคือ สามารถแลกเปลี่ยนความชื้นกับ  
บรรยากาศโดยรอบเมล็ด ถ้าวรรยากาศรอบเมล็ดมีความชื้นสูง เมล็ดจะดูดความชื้นจากบรรยากาศ  
แต่ถ้าวรรยากาศรอบๆเมล็ดมีความชื้นต่ำ เมล็ดจะคายความชื้นให้กับบรรยากาศ โดยการ  
แลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศ จะดำเนินต่อไปจนกระทั่งอัตราการคายน้ำของเมล็ดเท่ากับอัตรา  
การดูดน้ำของเมล็ด หรืออยู่ในสภาวะสมดุล (Equilibrium moisture content) ซึ่งเมล็ดมีความชื้นคงที่  
ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์จะเป็นตัวกำหนดความชื้นของเมล็ด (Clark and Bass, 1975; Bas, 1975)

จากผลการทดลองพบว่าถุงพลาสติกชนิด Metallized film มีประสิทธิภาพในการป้องกัน  
ความชื้นจากภายนอกได้ดีที่สุด รองลงมาคือถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil และถุงพลาสติกชนิด  
Polypropylene สำหรับถุงพลาสติกชนิดอื่นมีประสิทธิภาพป้องกันความชื้นจากภายนอกได้ต่ำที่สุด ทำให้  
เมล็ดพันธุ์ในถุงพลาสติกชนิดอื่นมีความชื้นสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ในภาชนะบรรจุชนิด  
อื่นๆ แม้ว่าถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ  $0.0895 \text{ cc/m}^2/\text{hr}$   
ต่ำกว่าถุงพลาสติกชนิด Metallized film ซึ่งมีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ  $0.0914 \text{ cc/m}^2/\text{hr}$   
แต่จากผลการทดลองกลับพบว่าความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในถุงพลาสติกชนิด Aluminum  
foil กลับสูงกว่าความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในถุงพลาสติกชนิด Metallized film ทั้งนี้อาจ  
เนื่องมาจากถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil นอกจากจะสามารถป้องกันความชื้นจากภายนอกได้ดี  
แล้ว ยังทำให้ความชื้นภายในภาชนะบรรจุที่เกิดจากการหายใจของเมล็ดพันธุ์ไม่สามารถซึมผ่าน  
ออกไปได้ดีกว่าถุงพลาสติกชนิด Metallized film ด้วย จึงทำให้ความชื้นเหล่านี้สะสมอยู่ในภาชนะ  
บรรจุ ส่งผลให้บรรยากาศในถุงมีความชื้นสูงขึ้น เมล็ดพันธุ์จึงเกิดการดูดรับความชื้นจากบรรยากาศ  
ในถุง ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil มีความชื้นสูงกว่าเมล็ด  
พันธุ์ถั่วเหลืองในถุงพลาสติกชนิด Metallized film สอดคล้องกับรายงานของงามทิพย์ (2537) ที่  
รายงานว่าถุงพลาสติก Metallized film สามารถป้องกันความชื้นและช่วยรักษาความชื้นของ  
ผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงพลาสติกชนิดอื่น สภาพความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่สูงขึ้นประกอบกับระยะเวลา  
เก็บรักษาที่นานขึ้นนี้ ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยเฉพาะในด้านความงอกและความ  
แข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ทำให้ความงอกและความแข็งแรงลดลงอย่างรวดเร็ว (เพ็ญสวาท,  
2540) ดังนั้นเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษา หากต้องเก็บรักษาเป็น  
เวลานาน ควรเก็บรักษาในถุง พลาสติกชนิด Metallized film, ถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil และ  
ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene ส่วนถุงพลาสติกชนิดอื่นควรหลีกเลี่ยงเนื่องจากความชื้นของเมล็ด

พันธู์ถั่วเหลืองจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก มีผลให้เมล็ดพันธู์ถั่วเหลืองเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว และปัจจัยสำคัญของการเก็บรักษา เมล็ดพันธู์ที่นำมาเก็บในภาชนะปิดสนิท คือ จำเป็นต้องลดความชื้นของเมล็ดพันธู์ให้ต่ำกว่าปกติ 2-3 เปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันการถ่ายเทหรือแลกเปลี่ยนความชื้นระหว่างเมล็ดพันธู์กับบรรยากาศโดยรอบ(จวงจันทร, 2529) และถึงแม้ว่าถุงพลาสติกชนิด Metallized film และ Aluminum foil มีคุณสมบัติที่ดีในการป้องกันความชื้นจากภายนอกและรักษาความชื้นของเมล็ดพันธู์กว่าถุงพลาสติกชนิดอื่นแต่ราคาของถุงยังค่อนข้างสูง

### 3. การเปลี่ยนแปลงด้านความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธู์

การเปลี่ยนแปลงด้านความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธู์ถั่วเหลืองที่บรรจุในภาชนะบรรจุทั้ง 4 ชนิดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน จากผลการศึกษพบว่าความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธู์มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นและมีค่าลดลงอย่างสัมพันธ์กัน

การบรรจุเมล็ดพันธู์ถั่วเหลืองในถุงพลาสติกชนิด Metallized film, Aluminum foil, Polypropylene และถุงพลาสติกสาน ต่างก็สามารถรักษาความงอกของเมล็ดพันธู์ถั่วเหลืองไว้ได้นานกว่า 4 เดือน โดยที่ความงอกของเมล็ดพันธู์ยังอยู่ในระดับสูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ดี การเก็บรักษาเมล็ดพันธู์ในถุงพลาสติกสานนั้น ความงอกของเมล็ดพันธู์มีแนวโน้มลดลงเร็วกว่าเมล็ดพันธู์ในภาชนะบรรจุชนิดอื่นๆ

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธู์ถั่วเหลืองทดสอบโดยวิธีการเร่งอายุ ทดสอบค่านำไฟฟ้า และปริมาณกรดไขมันอิสระ จากผลการทดสอบพบว่า ความแข็งแรงของเมล็ดพันธู์ถั่วเหลืองลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น โดยเมล็ดพันธู์มีความงอกต่ำลง ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผนังเมมเบรน(membrane)ของเมล็ดพันธู์เสื่อมสภาพ ทำให้สารละลายในเซลล์เกิดการรั่วไหลออกมา โดยค่าการนำไฟฟ้าที่สูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาแสดงให้เห็นถึงการรั่วไหลของสารละลายจากภายในเซลล์ที่สูงขึ้น แต่จากผลการทดลองค่านำไฟฟ้าของเมล็ดพันธู์ถั่วเหลืองที่ตรวจสอบยังต่ำกว่า 150  $\mu\text{mhos/g}$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธู์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษายังมีความแข็งแรงและสามารถนำไปเพาะปลูกได้(AOAC, 1981)

จากผลการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธู์โดยการตรวจหาปริมาณกรดไขมันอิสระพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระของเมล็ดพันธู์ถั่วเหลืองเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากเมล็ดพันธู์ถั่วเหลืองมีไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่สูง(Bewley and Black, 1983) การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นสารตัวกลางของขบวนการ autoxidation หรือ peroxidation เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เมล็ดเกิดการเสื่อมสภาพเพราะทำให้เกิดความเสียหายแก่ระบบต่างๆ เช่น สูญเสียการทำงานของเอนไซม์ โปรตีนเสื่อมสภาพ การหายใจลดลง เมมเบรนเสียหาย และระงับการสังเคราะห์โปรตีน เป็นต้น(Wilson and McDonald, 1986; McDonald, 1999) ภาชนะบรรจุที่ช่วยรักษาความแข็งแรงของเมล็ดพันธู์ถั่วเหลืองได้ดีที่สุด คือ ถุงพลาสติกชนิด

Metallized film และ Aluminum foil เนื่องจากถุงทั้งสองชนิดนี้มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ดี โดยถุงพลาสติกชนิด Metallized film มีค่าการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำเท่ากับ  $63 \text{ g/m}^2/\text{hr}$  และ  $0.0914 \text{ cc/m}^2/\text{hr}$  ตามลำดับ ถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil มีค่าการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำเท่ากับ  $65 \text{ g/m}^2/\text{hr}$  และ  $0.0895 \text{ cc/m}^2/\text{hr}$  ตามลำดับ ภาชนะบรรจุที่ช่วยรักษาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้ดีรองลงมาคือถุงพลาสติกชนิด Polypropylene มีค่าการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำเท่ากับ  $1378 \text{ g/m}^2/\text{hr}$  และ  $0.2472 \text{ cc/m}^2/\text{hr}$  ตามลำดับ ส่วนถุงพลาสติกสานช่วยรักษาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้ต่ำที่สุด

ความชื้นและก๊าซออกซิเจนจะมีผลต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาเป็นอย่างมาก เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงนั้น อัตราเมตาโบลิซึมของเมล็ดจะสูง ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์เกิดกิจกรรมต่างๆทางชีวเคมีภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดสูญเสียอาหารสะสมและไขมัน ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระซึ่งกรดไขมันอิสระนี้จะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเมมเบรนซึ่งแสดงออกในรูปของการนำไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นการเสื่อมสภาพของเมมเบรนทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆลดลง เช่น เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ เมล็ดพันธุ์จึงมีการหายใจลดลง ทำให้พลังงานเคมีในรูป ATP และอาหารที่ต้องใช้สำหรับเมล็ดที่กำลังงอกลดลงด้วย จึงส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงต่ำลง(จวงจันทร, 2529) ก๊าซออกซิเจนนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เมล็ดเกิดการเสื่อมสภาพ เนื่องจากก๊าซออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับไขมันในเมล็ด ทำให้เกิดกระบวนการออกไดออกซิเดชันของไขมัน(lipid autoxidation) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายกับระบบต่างๆ เช่น สูญเสียการทำงานของเอนไซม์ โปรตีนเสื่อมสภาพ การหายใจลดลง เมมเบรนเสียหาย และระงับการสังเคราะห์โปรตีน เป็นต้น ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เมมเบรนเสียหายนั้น เพราะเมมเบรนประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวในสัดส่วนที่สูง จึงทำให้เกิดความเสียหายจากกระบวนการออกไดออกซิเดชันได้ง่าย(Wilson and McDonald, 1992; Mcdonald, 1999) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระนี้มีความสัมพันธ์กับการลดลงของความงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยกรดไขมันอิสระนี้ ทำให้เมมเบรนเสียหาย โครงสร้างของไมโทคอนเดรียผิดปกติ ส่งผลกระทบต่อการหายใจภายในเซลล์ของเมล็ดพันธุ์อีกด้วย นอกจากนี้การที่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีขนาดเมล็ดใหญ่และเปลือกหุ้มเมล็ดบางทำให้อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์นี้เสื่อมคุณภาพเร็วกว่าพันธุ์อื่นๆ เนื่องจากได้รับผลกระทบจากเครื่องจักรกลหรืออุปกรณ์ต่างๆ (วันชัยและคณะ, 2539; ศุภชัย, 2537)

#### 4. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ

จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดจากภายในภาชนะบรรจุทั้ง 4 ชนิดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือนนั้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นแต่ปริมาณก๊าซออกซิเจนมีปริมาณลดลง เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองยังคงมีการหายใจใช้ก๊าซออกซิเจนและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา และจากผลการทดลองพบว่าถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil และ Metallized film มีก๊าซออกซิเจนสะสมอยู่ในถุงสูงที่สุด รองลงมาคือถุงพลาสติกชนิด Polypropylene ส่วนถุงพลาสติกสานมีปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงต่ำที่สุดและแปรเปลี่ยนไปตามบรรยากาศที่อยู่ภายนอกภาชนะบรรจุ ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของภาชนะบรรจุแต่ละชนิด ดังนี้คือ ถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil และ Metallized film เท่ากับ 65 และ 63  $\text{g/m}^2/\text{hr}$  ตามลำดับ ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene เท่ากับ 1378  $\text{g/m}^2/\text{hr}$  สำหรับถุงพลาสติกสานนั้น ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้มีปริมาณเท่ากับบรรยากาศ เนื่องจากก๊าซสามารถผ่านเข้าออกภาชนะบรรจุได้ตามปกติ

การทดลองครั้งนี้ พบว่าการเกิดกรดไขมันอิสระในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซออกซิเจน โดยก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุ สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทำให้เกิดกระบวนการออกซิเดชันของไขมัน (lipid autoxidation) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเสื่อมสภาพ เนื่องจากกระบวนการนี้ทำให้เมมเบรนเกิดความเสียหาย โปรตีนเสื่อมสภาพ สูญเสียการทำงานของเอนไซม์ การหายใจลดลง การสังเคราะห์โปรตีนถูกระงับ เป็นต้น (Wilson and McDonald, 1992; McDonald, 1999) ซึ่งกระบวนการ lipid autoxidation เฉพาะเมล็ดพันธุ์ที่แห้งและปฏิกิริยาจะเกิดอย่างรวดเร็วกับเมล็ดพันธุ์ที่อยู่ในสภาพอุณหภูมิสูงและก๊าซออกซิเจนมาก (จวงจันท์, 2529)

ถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil และ Metallized film มีคุณสมบัติช่วยปกป้องเมล็ดจากก๊าซออกซิเจนภายนอกได้ดีกว่าถุงพลาสติกชนิดอื่นๆ ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกทั้งสองชนิดนี้มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำที่สุด ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองยังคงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงสูง รองลงมาคือเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene และถุงพลาสติกสานตามลำดับ โดยเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกสานมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงที่สุด เนื่องจากเมล็ดพันธุ์สัมผัสกับก๊าซออกซิเจนที่ผ่านเข้าออกภาชนะบรรจุได้ตลอดเวลา ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดนี้มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงต่ำและลดลงเร็วกว่าในภาชนะบรรจุชนิดอื่น

## 5. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ field fungi และ storage fungi ที่ตรวจพบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ผลการศึกษาปริมาณ field fungi ที่ตรวจพบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษานาน 4 เดือน พบเชื้อรา 4 ชนิด คือ *Cercospora kikuchii*, *Curvularia lunata*, *Fusarium spp.* และ *Macrophomina phaseolina* เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นมีผลทำให้เชื้อรา field fungi ทั้ง 4 ชนิดลดลง เนื่องจากสภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ถูกทำให้แห้งลงและสภาพแวดล้อมของการเก็บรักษาที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิต่ำนั้น ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ field fungi เหล่านี้ เชื้อราในกลุ่ม *Fusarium* บางชนิดเป็นเชื้อราจำพวก saprophyte สามารถมีชีวิตอยู่บนเมล็ดที่แห้งและสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เชื้อราชนิดนี้สร้างเส้นใยและกลุ่ม conidia ที่ขาวปกคลุมบนเมล็ดอย่างหนาแน่นซึ่งทำให้เมล็ดไม่งอก(สมบัติ, 2544) นอกจากนี้ยังตรวจพบเชื้อรา *Cercospora kikuchii*, *Curvularia lunata* และ *Macrophomina phaseolina* มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ไม่งอก สอดคล้องกับงานทดลองของ Sinclair และ Backman (1989) ที่พบว่าเชื้อรา *Cercospora kikuchii*, *Curvularia lunata* และ *Macrophomina phaseolina* เป็นเชื้อราสาเหตุโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง ภาชนะบรรจุที่ตรวจพบปริมาณเชื้อราจำพวก field fungi มากที่สุด คือ ถุงพลาสติกสาน รองลงมาคือ ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene และ ถุงพลาสติกชนิด Metallized film ส่วนถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil มีปริมาณ field fungi ต่ำที่สุด

ส่วนการศึกษาปริมาณ storage fungi บนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พบ storage fungi ที่สำคัญ 6 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus sp.*, *A. flavus*, *A. glaucus*, *A. niger*, *A. terreus* และ *Penicillium sp.* ซึ่งเชื้อราเหล่านี้มีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น โดยภาชนะบรรจุที่ตรวจพบปริมาณ storage fungi มากที่สุดคือ ถุงพลาสติกสาน รองลงมาคือถุงพลาสติกชนิด Polypropylene และ ถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil ส่วนการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถุงพลาสติกชนิด Metallized film ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีปริมาณ storage fungi ต่ำที่สุด

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองไว้ในถุงพลาสติกสาน ตรวจพบเชื้อรา field fungi และ storage fungi ในปริมาณสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากไอน้ำสามารถผ่านเข้าออกถุงพลาสติกสานได้ตลอดเวลาและสูงกว่าภาชนะบรรจุชนิดอื่น ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษานั้นมีความชื้นสูงขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในการเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกสานต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดอื่นๆ ส่วนถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil ถุงพลาสติกชนิด Metallized film และถุงพลาสติกชนิด Polypropylene มีประสิทธิภาพป้องกันความชื้นจากภายนอกได้ดีกว่าถุงพลาสติกสาน ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุเหล่านี้มีความชื้นต่ำกว่าและตรวจพบเชื้อรา field fungi และ storage fungi ในปริมาณต่ำกว่าถุงพลาสติกสาน

ปริมาณ storage fungi มีความสำคัญต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากเชื้อราเหล่านี้มีการปรับตัวให้สามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้ในเมล็ดพืชที่มีความชื้นต่ำและสภาพอุณหภูมิต่ำ โดยเฉพาะ *A. flavus* และ *Penicillium* sp. ส่วนเชื้อรา *Aspergillus* sp., *A. glaucus*, *A. niger*, และ *A. terreus* ที่ตรวจพบมีผลทำลายความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยเชื้อราที่มีผลทำลายความงอกของเมล็ดพันธุ์ได้มากที่สุด คือ *A. flavus* เชื้อรา storage fungi จะเข้าทำลาย คัพพะของเมล็ดพันธุ์ ทำให้เมล็ดพันธุ์อ่อนแอ หรือไม่งอก เมล็ดเกิดการเน่าเปื่อยหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเมล็ด เช่น คาร์โบไฮเดรตหรือแป้งที่สะสมในเมล็ดเปลี่ยนไปเป็นกรดหรือก๊าซ น้ำตาลในเมล็ดลดลง โปรตีนถูกทำลายหรือเกิดกรดไขมันอิสระ เป็นต้น(สมบัติ, 2535) ปริมาณ storage fungi ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีคุณภาพต่ำลง ความชื้นเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น ความงอกและความแข็งแรงลดลง จากผลการทดลองยังพบว่าปริมาณการเกิดกรดไขมันอิสระมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ storage fungi สอดคล้องกับงานทดลองของสมบัติ(2535) และ Magan and Evans(2000) ที่พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นในขณะที่เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มีความสัมพันธ์ต่อการเกิด storage fungi และทำให้เมล็ดเกิดการเหิน และมีผลต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลง ซึ่งจากการทดลองพบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในถุงพลาสติกชนิด Aluminum foil และ Metallized film ช่วยป้องกันการเกิด storage fungi ได้ดีกว่าถุงพลาสติกชนิด Polypropylene และถุงพลาสติกสาน โดยการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในถุงพลาสติกสานตรวจพบ storage fungi มากที่สุด เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองดังกล่าวจึงมีคุณภาพต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุชนิดอื่นๆ