

ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง

Effect of packaging on the storage quality of soybean seeds

อภิญญา วิสุทธีอมรกุล, มยุรา ล้านไชย*, พิมพ์พิสุทธิ์ ชี้อตรง และ สะไบทอง ภูมิคอนสาร
ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เทคโนธานี

Apinya Wisutiamonkul, Mayura Lanchai*, Pimpisut Suetrong

and Sabaitong Phumkonsan

Expert Center of Innovative Agriculture (InnoAg),

Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Technopolis

Received: April 19, 2024 ; Revisions: May 27, 2024 ; Accepted: May 28, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษาระบุถึงผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ก่อนทำการวิจัยได้คัดเลือกคุณภาพเมล็ดเบื้องต้นโดยการคัดเลือกเมล็ดเสียและสิ่งปนเปื้อนออก รวมทั้งลดความชื้นของเมล็ดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ทำการบรรจุเมล็ดถั่วเหลืองในถุงพลาสติกถุงละ 10 กิโลกรัม แบ่งการทดลองเป็น 4 ทรีตเมนต์ คือ 1) กระสอบพลาสติกสานโพลีโพรพิลีน (polypropylene; PP), 2) กระสอบพลาสติกสาน PP ร่วมกับถุงพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีน (polyethylene; PE), 3) กระสอบพลาสติกสาน PP ร่วมกับถุงพลาสติกชนิด linear low-density polyethylene; LLDPE และ 4) กระสอบพลาสติกสาน PP เคลือบลามิเนต (laminated) นำเมล็ดถั่วเหลืองทั้งหมดไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ($30\pm5\%$ RH) เป็นระยะเวลา 8 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก 30 วัน จำนวน 3 ซ้ำต่อทรีตเมนต์ ผลการทดลองพบว่าบรรจุภัณฑ์กระสอบสานพลาสติก PP เคลือบด้วยลามิเนต มีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดความผิดปกติของเมล็ดถั่วเหลือง รวมถึงมีการเปลี่ยนแปลงสี (L^* , C^* และ h°) จากสีเหลืองไปเป็นสีน้ำตาลช้ากว่าบรรจุภัณฑ์ ชนิดอื่น ในขณะที่บรรจุภัณฑ์กระสอบสานพลาสติก PP ทำให้เมล็ดถั่วเหลืองมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในเมล็ดลดลงมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนภายในเมล็ด และการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบรรจุภัณฑ์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน

คำสำคัญ: เมล็ดถั่วเหลือง; บรรจุภัณฑ์; อายุการเก็บรักษา

Abstract

The study on quality of soybean seeds cv. Chiang Mai 60 aimed to compare different packaging materials to the storage quality of soybean seeds. The experimental design used a completely randomized design (CRD). Before the experiment, seeds were culled to get rid of low-quality seeds and impurities. The initial moisture content of all seeds was reduced below 10% before conducting all experiments. Soybean seeds were packed in different packages of 10 kg per bag. The experiment was divided into 4 treatments: 1) woven plastic sack polypropylene (PP), 2) woven plastic sacks PP with polyethylene bag (PE), 3) woven plastic sacks PP with linear low-density polyethylene bag (LLDPE), and 4) woven plastic sacks PP coated with laminate. Seeds in 4 types of bags were stored at a temperature of 20 °C (30±5% RH). Soybean seeds were sampled randomly for quality analysis at 30-day intervals over 8 months of storage and each treatment had 3 replications. It was found that the plastic sack PP coated with laminate, could delay better the development of abnormal soybean seeds, including the color changes (L^* , C^* , and h°) from yellow to brown than other types of packaging. Seeds in woven plastic sack PP had the highest weight loss, which was related to a decrease in the moisture content of seeds. However, type of packaging materials did not affect the change in protein content of seeds and levels of oxygen (O_2) and carbon dioxide (CO_2) in packages throughout the storage for 8 months.

Keywords: Soybean seeds; Package; Storage life

1. บทนำ

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารสำคัญที่ใช้ในการบริโภคเนื่องจากมีโปรตีนสูง นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารอาหารต่างๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีนและวิตามิน คุณประโยชน์เหล่านี้นอกจากจะเป็นคุณค่าทางอาหารแล้วยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่ ฟีนอลิก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพืชชนิดต่างๆ พบว่า ถั่วเหลือง เป็นพืชที่มีสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด (Simla *et al.*, 2017) อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังต้อง มีการนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศในปริมาณมาก เนื่องจากการผลิตถั่วเหลืองในประเทศยังไม่เพียงพอ ต่อการบริโภค ซึ่งในปี พ.ศ. 2566 มีความต้องการใช้ถั่วเหลืองถึง 3.5 ล้านตัน แต่สามารถผลิตได้เพียง 0.021 ล้านตันเท่านั้น นับว่าถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย (Department of internal trade, 2023) การผลิตถั่วเหลืองของประเทศไทยมี 2 ลักษณะ คือ การผลิตเพื่อใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ และเพื่อการบริโภคและเลี้ยงสัตว์ โดยในการผลิตเป็นเมล็ดพันธุ์นั้นต้องคำนึงถึงการออกและตรงตามสายพันธุ์ ส่วนการผลิตเพื่อบริโภคและเป็นอาหารสัตว์ การผลิตจะเน้นไปที่คุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งจำเป็นต้องมีการจัดการที่เหมาะสมตั้งแต่การเก็บเกี่ยวไปจนถึงกระบวนการเก็บรักษาเพื่อให้ได้ถั่วเหลืองที่มีคุณภาพดี และคงคุณค่าทางสารอาหาร (Sukhothai provincial agriculture and cooperatives office, 2017)

เมล็ดถั่วเหลืองเป็นประเภทผลผลิตแห้ง มีความชื้นต่ำ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากกระบวนการเก็บรักษา เมล็ดยังคงมีการหายใจโดยใช้สารอาหารสะสมภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดค่อยๆ เสื่อมคุณภาพ โดยปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพืช ได้แก่ ความชื้นของเมล็ด อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษา และการรบกวนจากแมลงศัตรูในโรงเก็บ เช่น ตัวงั่วเหลือง และมด เป็นต้น หลังจากเก็บเกี่ยวจากแปลงปลูก จำเป็นต้องลดความชื้นเมล็ดในทันทีเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาในที่มือากาศเย็นและแห้ง อุณหภูมิ ต่ำและความชื้นต่ำ ช่วยให้การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีภายในเมล็ดเกิดขึ้นช้าลง (Sukhothai provincial agriculture and cooperatives office, 2017) ด้วยเหตุนี้สภาพแวดล้อมและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อรักษาคุณภาพของเมล็ดระหว่างรอการจำหน่ายและการขนส่ง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งจะช่วยให้เมล็ดถั่วเหลืองมีมูลค่าเพิ่มขึ้นทางเศรษฐกิจ ทำให้เพิ่มรายได้ของเกษตรกรและผู้ประกอบการที่จำหน่ายเมล็ดถั่วเหลือง

2. วิธีการ

2.1 วัตถุประสงค์ และชนิดบรรจุภัณฑ์

การศึกษานี้ใช้เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จากแปลงเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกไม่ให้มีเมล็ดเสียและสิ่งปนเปื้อนใดๆ รวมทั้งลดความชื้นของเมล็ดให้ความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 จากนั้นทำการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองโดยใช้บรรจุภัณฑ์ ดังนี้ (1) กระสอบพลาสติกสานโพลีโพรพิลีน (polypropylene; PP), (2) กระสอบพลาสติกสาน PP ร่วมกับถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (polyethylene; PE), (3) กระสอบพลาสติกสาน PP ร่วมกับถุงพลาสติกชนิด linear low-density polyethylene; LLDPE และ (4) กระสอบพลาสติกสาน PP เคลือบลามิเนต (laminated) ทำการบรรจุเมล็ดถั่วเหลืองปริมาณถุงละ 10 กิโลกรัม จำนวน 3 ซ้ำต่อทรีตเมนต์ต่อการสุ่มตัวอย่าง แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 ° ซ (30±5 RH) จากนั้นบันทึกผลการทดลองทุกๆ 1 เดือน เป็นระยะเวลา 8 เดือน

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดถั่วเหลือง

2.2.1 ความชื้นของเมล็ด ทำการสุ่มเมล็ดถั่วเหลืองตัวอย่างละ 200 กรัม นำมาวัดความชื้นของเมล็ดด้วยเครื่องวัดความชื้นเมล็ด (Grain Moisture Tester รุ่น PM-650 Kett, Japan) รายงานผลโดยอัตโนมัติ แสดงในค่าร้อยละของปริมาณความชื้นภายในเมล็ด

2.2.2 การสูญเสียน้ำหนักของเมล็ด โดยทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของถั่วเหลืองก่อนการเก็บรักษาและน้ำหนัก ณ วันที่บันทึกผล จากนั้นคำนวณตามสมการ ดังนี้

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนัก ณ วันที่ทำการบันทึกผล})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

2.2.3 ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O₂) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยใช้อุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณก๊าซ Headspace gas analyzer OXYBABY (WITTGAS, Germany) ในการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ โดยใช้หัววัดวิเคราะห์แทงทะลุผ่านถุงบรรจุภัณฑ์ ซึ่งรายงานผลอัตโนมัติในหน่วยร้อยละ

2.2.4 สีของเมล็ด ทำการวัดสีผิวของเมล็ดด้วยเครื่องวัดสี chroma meter CR-400 (Konita Minolta, Japan) โดยรายงานผลเป็นค่า $L^* C^* h^\circ$ color space ดังนี้

2.2.4.1 ค่า L^* (Lightness) คือค่าแสดงถึงความสว่าง โดยมีค่าในช่วง 0 ถึง 100

2.2.4.2 ค่า C^* (Chroma) คือค่าแสดงถึงความเข้มของสี โดยค่า C^* บวกแสดงถึงความสว่าง ถ้าค่า C^* ติดลบแสดงถึงความหมองคล้ำ

2.2.4.3 ค่า h° (Hue angle) คือค่าแสดงถึงสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น โดยมีค่าในช่วง 0 - 360

2.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธี AOAC (2019) 981.10. โดยบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

2.2.6 การตรวจแยกเมล็ดถั่วเหลืองที่ผิดปกติด้วยกล้อง Stereo microscope และด้วยตาเปล่า (Dry seed examination)

เป็นการตรวจสอบตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อหาร้อยละความผิดปกติของเมล็ดซึ่งอาจเป็นผลมาจากเชื้อราสาเหตุโรคที่ติดมากับเมล็ดในขณะเก็บเกี่ยวหรือระหว่างการเก็บรักษา ทำการชั่งเมล็ดถั่วเหลืองจำนวน 1,000 กรัมต่อ 1 ตัวอย่าง จากนั้นสุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด ทุกๆ 2 เดือน นำมาตรวจแยกเมล็ดที่ผิดปกติ โดยบันทึกลักษณะและจำนวนเมล็ดที่ผิดปกติ ได้แก่ เมล็ดปกติ (A) เมล็ดย่น (B) เมล็ดแตก (C) เมล็ดสีม่วง (D) และเมล็ดสีดำ (E) (Figure 1) จากนั้นคำนวณร้อยละการผิดปกติของเมล็ดถั่วเหลือง

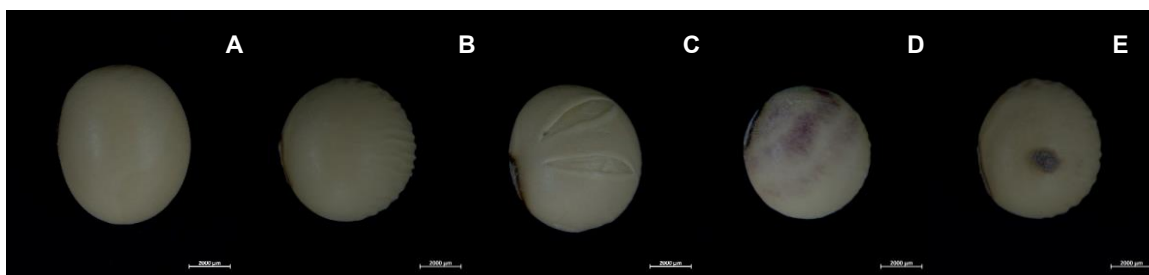


Figure 1. Unusual physical characteristics of soybean seeds included: normal seed (A), wrinkled seed (B), broken seed (C), purple seed stain (D) and black seed stain (E) under stereo microscope at 100x magnification.

2.3 การวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยผลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการทดสอบคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ พบว่าบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกสาน PP มีความต้านแรงดึงขาดในแนวขนานและแนวขวางเท่ากับ 88.3, 99.4 เมกะปาสกาล ตามลำดับ มีการยืดตัวในแนวขนานและแนวขวางเท่ากับร้อยละ 27.2, 26.4 ตามลำดับ และมีความหนาเท่ากับ 148 ไมครอน ในขณะที่การใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกัน 2 ชั้น ได้แก่ การใช้บรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกสาน PP ร่วมกับถุงพลาสติกชนิด PE และบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกสาน PP ร่วมกับถุงพลาสติกชนิด LLDPE โดยบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกสาน PP มีคุณสมบัติตามที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนถุงพลาสติกชนิด PE และ LLDPE มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 8.40, 8.94 กรัม/ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนเท่ากับ 5,096, 5,203 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ และมีความหนาเท่ากับ 45.7, 40.7 ไมครอน ตามลำดับ ส่วนกระสอบพลาสติกสาน PP เคลือบลามิเนต มีความต้านแรงดึงขาดในแนวขนานและแนวขวางเท่ากับ 93, 83.8 เมกะปาสกาล ตามลำดับ มีการยืดตัวในแนวขนานและแนวขวางเท่ากับร้อยละ 23.3, 21.4 ตามลำดับ และมีความหนาเท่ากับ 131 ไมครอน (Table 1)

Table 1. Results of testing and analysis in 4 types of packaging properties

Package properties/ Package types		PP	PP	PP	PP + laminated
Breaking tensile strength (MPa)	parallel	88.3	88.3	88.3	93.0
	horizontal	99.4	99.4	99.4	83.8
Elongation (%)	parallel	27.2	27.2	27.2	23.3
	horizontal	26.4	26.4	26.4	21.4
Thickness (μm)		148	148	148	131
Package properties/ Package types			PE	LLDPE	
Water vapor permeability rate ($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$)		-	8.40	8.94	-
Oxygen permeability rate ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$)		-	5,096	5,203	-
Thickness (μm)		-	45.7	40.7	-

Remarks: Analyzed by the Thai Packaging Center, Thailand Institute of Science and Technological Research

* PP and PP + laminated are single-layer packaging

PP + PE and PP + LLDPE sacks combined with 2 layers of plastic bags

- Unable to analyzed

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพการลดความชื้นในเมล็ดถั่วเหลือง National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (2019) กล่าวว่า การลดความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อให้มีประสิทธิภาพต้องลดความชื้นให้ไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งความชื้นของเมล็ดในระหว่างการเก็บรักษานั้นว่าเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ด โดย Duangpatra (1986) กล่าวว่า ความชื้นของเมล็ดส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีต่างๆ ภายในเมล็ด ส่งผลถึงอายุการเก็บรักษา และหากได้รับความชื้นมากเกินไปลดอายุเมล็ดจะเสื่อมคุณภาพได้ อีกทั้งยังเป็นสาเหตุให้เกิดเชื้อราต่างๆ ที่สร้างความเสียหายให้กับเมล็ด จากผลการทดลองการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดถั่วเหลือง พบว่าปริมาณความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับร้อยละ 9.53 หลังจากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C ($30 \pm 5\%$ RH) เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่าทุกพรีตเมนต์มีความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองลดลงตลอดตามระยะเวลาการเก็บรักษา จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมล็ดที่บรรจุใส่กระสอบพลาสติกสาน PP มีปริมาณความชื้นในเมล็ดลดลงมากที่สุดโดยเมล็ดมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 4.07 รองลงมาคือการบรรจุใส่กระสอบพลาสติกสาน PP เคลือบลามิเนต มีปริมาณความชื้นในเมล็ดเท่ากับร้อยละ 6.37 ในขณะที่การบรรจุใส่กระสอบพลาสติกสาน PP ร่วมกับถุงพลาสติกชนิด PE และบรรจุใส่กระสอบพลาสติกสาน PP ร่วมกับถุงพลาสติกชนิด LLDPE มีปริมาณความชื้นในเมล็ดลดลงใกล้เคียงกันโดยเมล็ดมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 8.30 และ 8.53 ตามลำดับ (Figure 2A) ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระสอบพลาสติกสาน PP เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะชื้นเดียว มีรูพรุน ทำให้อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ง่ายกว่าพรีตเมนต์อื่นๆ จึงทำให้เมล็ดมีความชื้นลดลงมากที่สุด รองลงมากระสอบสาน PP เคลือบลามิเนต ซึ่งเป็นกระสอบเคลือบภายนอกโดยการนำลามิเนตมาเคลือบลงบนกระสอบพลาสติกอีกชั้น มีคุณสมบัติที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของอากาศและความชื้นได้ ในระดับหนึ่ง ในขณะที่การใช้กระสอบร่วมกับถุงพลาสติก 2 ชั้น ส่งผลให้เมล็ดมีความชื้นลดลงเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับการบรรจุเมล็ดถั่วเหลืองในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท สามารถรักษาระดับความชื้นในเมล็ดได้ จึงทำให้ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Suwanasorn, 1997)

การสูญเสียน้ำหนักของเมล็ด จากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่าทุกพรีตเมนต์มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเมล็ดถั่วเหลืองที่บรรจุใส่กระสอบพลาสติกสาน PP มีการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 3.68 รองลงมาคือการบรรจุใส่กระสอบพลาสติกสาน PP เคลือบลามิเนต มีการสูญเสียน้ำหนักเมล็ดเท่ากับร้อยละ 1.43 ในขณะที่การบรรจุใส่กระสอบพลาสติกสาน PP ร่วมกับถุงพลาสติกชนิด PE และบรรจุใส่กระสอบพลาสติกสาน PP ร่วมกับถุงพลาสติกชนิด LLDPE มีการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.50 และ 0.35 ตามลำดับ (Figure 2B) นอกจากนี้ยังพบว่าเมล็ดที่บรรจุใส่กระสอบพลาสติกสาน PP มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุดซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในเมล็ดลดลงมากที่สุด (Figure 2A) ดังนั้นจึงพบว่าการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณความชื้นในเมล็ดถั่วเหลือง

มีรายงานการศึกษาโดย Jittham *et.al* (2008) ได้ทำการเก็บรักษาเมล็ดเดียวทั้งเปลือกภายในบรรจุภัณฑ์กระสอบป่านและกระสอบพลาสติกในโรงเก็บที่ไม่ได้ควบคุมสภาพบรรยากาศ เป็นระยะเวลา 7 เดือน พบว่าเมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 15 มีความชื้นลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ในการบรรจุในกระสอบป่านและกระสอบพลาสติก พบว่ามีปริมาณสารอะฟลาทอกซินสูงถึง 15.3 ppb และ 30.8 ppb ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าเมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ

ละ 10 ที่พบอะฟลาทอกซินไม่เกิน 10 ppb ในทั้ง 2 บรรจุก็นท์ จะเห็นได้ว่าการบรรจุในภาชนะปิดทำให้เกิดเชื้อรา มากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีอากาศผ่านเข้าออกได้ และความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดส่งผลต่อการเกิดเชื้อราอะฟลาทอกซินได้ การเก็บรักษาเมล็ดนั้น ทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของห้องเก็บรักษา และความชื้นของเมล็ด เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเก็บรักษา Duangpatra (1986) กล่าวว่า ความชื้นของเมล็ดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีต่างๆ ภายในเมล็ด จึงส่งผลถึงอายุการเก็บรักษาและทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพได้หากได้รับความชื้นมากเกินไปจนจุดปดอดภัย อีกทั้งยังเป็นสาเหตุให้เกิดเชื้อราต่างๆ ที่สร้างความเสียหายให้กับเมล็ด

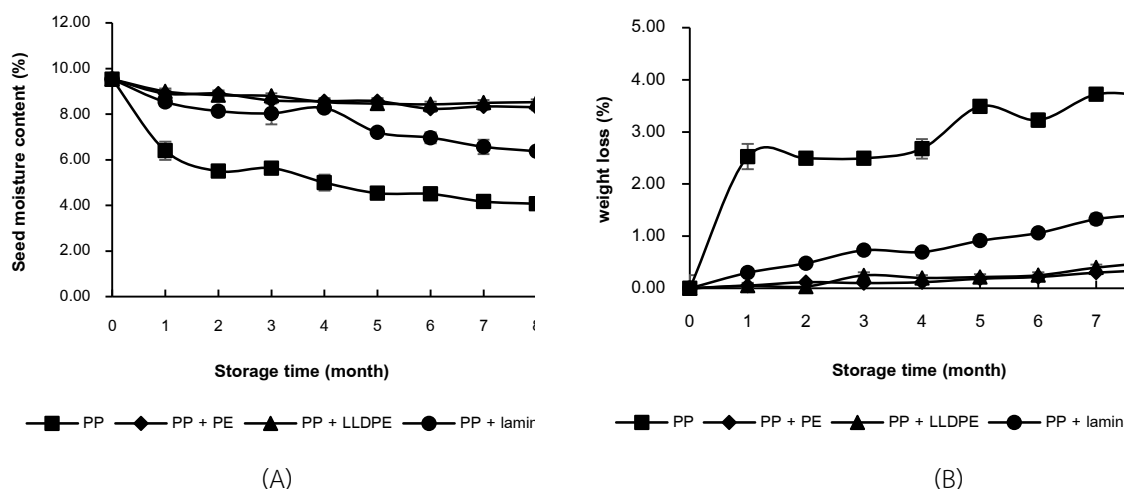


Figure 2. Seed moisture content (A) and weight loss (B) of soybean seeds stored in different packages at 20 °C, 30±5% RH for 8 months.

ในวันแรกของการเก็บรักษาทุกหริตเมนต์มีปริมาณก๊าซ O_2 อยู่ที่ร้อยละ 19.10 หลังจากการเก็บรักษาไปจนถึงเดือนที่ 8 พบว่ามีปริมาณก๊าซ O_2 อยู่ที่ร้อยละ 21.95 - 23.15 โดยจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 3A) ซึ่งทุกหริตเมนต์มีปริมาณก๊าซ O_2 เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เนื่องจากการแลกเปลี่ยนของก๊าซ O_2 ระหว่างภายในและภายนอกบรรจุภัณฑ์ ส่วนในด้านของปริมาณก๊าซ CO_2 พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษาทุกหริตเมนต์มีปริมาณก๊าซ CO_2 อยู่ที่ร้อยละ 0.38 จากนั้นพบว่าการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาจนถึงเดือนที่ 8 โดยมีปริมาณก๊าซ CO_2 อยู่ที่ร้อยละ 0.49 - 0.55 โดยจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 3B) การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซในบรรจุภัณฑ์นั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด โดยกระสอบพลาสติกสาน PP เป็นวัสดุที่มีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก ทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้มากกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ทั้งนี้การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท Rachanapun and Tongdeesoontorn (2007) ได้ศึกษาการใช้ถุงพลาสติกชนิด PE หรือ PP ในการเก็บรักษา ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติด้านการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี จึงส่งผลให้ปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์มีอัตราการเปลี่ยนแปลงต่ำ นอกจากนี้การ

วิเคราะห์คุณสมบัติของถุงชนิดต่างๆ ที่ทำการเก็บรักษาถั่วเหลืองในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าถุงชนิด PP ร่วมกับ LLDPE มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซ O_2 มากกว่าถุงชนิด PP ร่วมกับ PE มีค่าเท่ากับ 5,203 และ 5,096 ลูกบาศก์เมตร/ ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ (Table 1) โดยถุง LLDPE เป็นประเภทหนึ่งของถุงพลาสติกชนิด PE ซึ่งมีการขึ้นรูปที่บางกว่าถุง PE ชนิดอื่นๆ (Leekitwattana, 1997) อย่างไรก็ตามการเลือกบรรจุภัณฑ์ที่มีสภาพปิดที่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิตมากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีการซึมผ่านของก๊าซสูง ดังในรายงานการศึกษาของ Thakur *et.al* (2023) ที่ได้ทำการศึกษาโดยใช้ถั่วมอท ซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่วที่นิยมปลูกในอินเดีย โดยพบว่าการใช้ถุงสุญญากาศในการเก็บรักษามีการซึมผ่านของออกซิเจนและไอน้ำต่ำกว่าการใช้ถุงผ้า ถุงกระสอบ และถุง HDPE จึงช่วยชะลอการหายใจและเกิดการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดน้อย แต่ในบรรจุภัณฑ์ปิดที่มีการถ่ายเทอากาศได้น้อยเกินไปก็อาจส่งผลให้มีการสะสมความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งจะทำให้เกิดเชื้อราได้ ดังนั้นในการเลือกชนิดของบรรจุภัณฑ์โดยทั่วไปควรมีคุณสมบัติในการให้ก๊าซ O_2 ผ่านเข้าออกได้มากพอที่จะทำให้ผลผลิตหายใจแบบใช้ออกซิเจนในระดับต่ำสุดได้ เพื่อป้องกันมิให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพราะจะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Siriphanich, 2003)

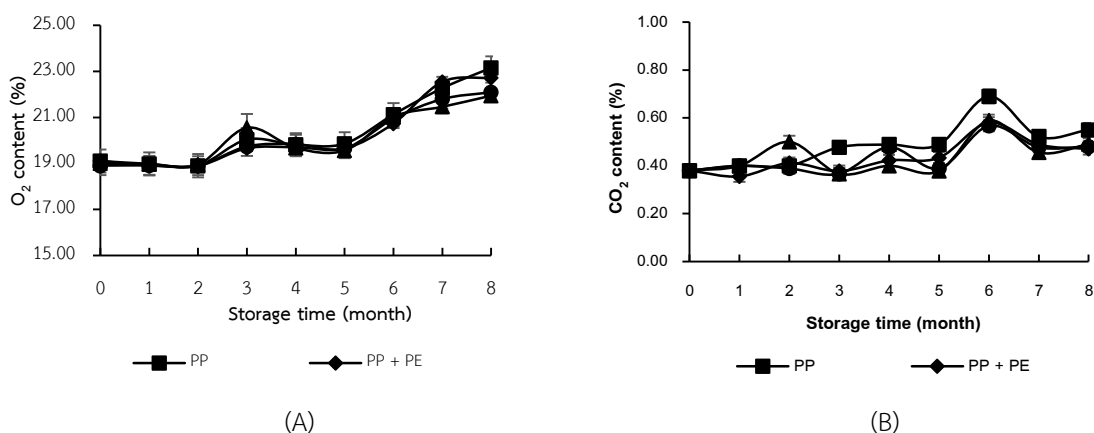


Figure 3. Oxygen content (A) and carbon dioxide content (B) in soybean seeds stored in different packages at 20 °C, 30±5% RH for 8 months.

การตรวจแยกเมล็ดถั่วเหลืองที่ผิดปกติด้วยตาเปล่า เพื่อตรวจสอบตัวอย่างตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน พบว่าเมล็ดถั่วเหลืองมีลักษณะที่ผิดปกติทั้งหมด 4 ลักษณะ ได้แก่ เมล็ดย่น เมล็ดแตก เมล็ดสีม่วง และเมล็ดสีดำ (Figure 1) ซึ่งลักษณะผิดปกติดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้ตั้งแต่กระบวนการจัดการภายในแปลงปลูกและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น เมื่อนำเมล็ดถั่วเหลืองมาทำการเก็บรักษาจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการเกิดลักษณะที่ผิดปกติของเมล็ดเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาโดยสอดคล้องกับปริมาณเมล็ดปกติ พบว่าก่อนการเก็บรักษามีเมล็ดที่อยู่สภาพปกติร้อยละ 87.67 หลังจากการเก็บรักษาในระยะเวลา 8 เดือน ทุกทริตเมนต์มีเมล็ดที่สภาพปกติลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยเมล็ดถั่วเหลืองที่บรรจุใส่กระสอบพลาสติกสาน PP เคลือบด้วยลามิเนต มีประสิทธิภาพในการชะลอเมล็ดให้คงสภาพเมล็ดปกติมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 46.33 (Figure 4)

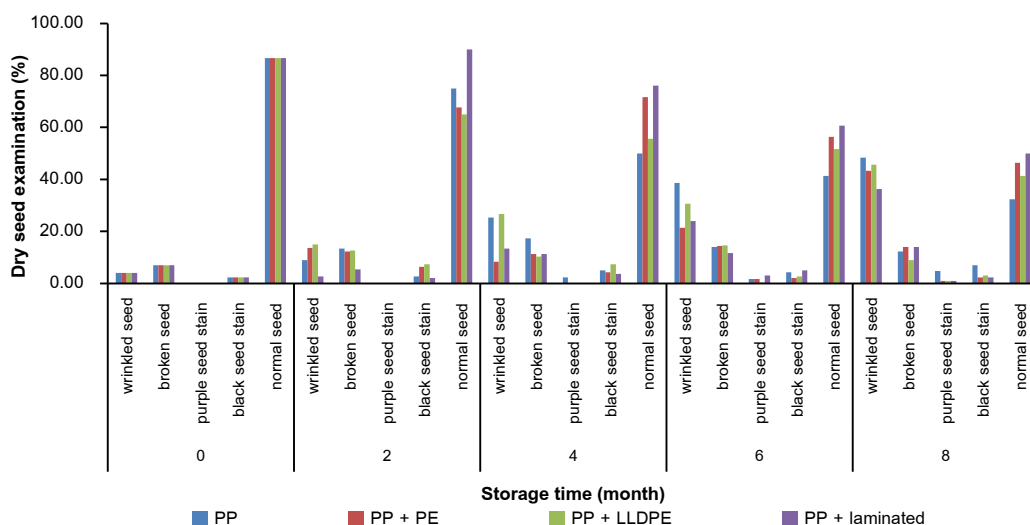


Figure 4. Unusual physical characteristics of soybean seeds included: wrinkled seed (A), broken seed (B), purple seed stain (C) black seed stain (D) and normal seed (E) in different packages and stored at 20 °C, 30±5% RH for 8 months.

ค่า L^* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่างของสีผิว พบว่าเมล็ดถั่วเหลืองทุกทรีตเมนต์ที่ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวค่อนข้างคงที่ตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยค่า L^* มีการเปลี่ยนแปลง อยู่ในช่วง 57.76 - 59.73 เช่นเดียวกับค่า C^* ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มของสี โดยค่า C^* ที่เข้าใกล้ศูนย์จะแสดงว่าวัตถุที่มีความเข้มสีต่ำจนเป็นสีเทา จากการเก็บรักษาพบว่าทุกทรีตเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวค่อนข้างคงที่ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 27.81 - 29.70 โดยมีความแตกต่างทางสถิติ คือ เมล็ดถั่วเหลืองที่บรรจุใส่กระสอบพลาสติกสาน PP เคลือบลามิเนต และกระสอบพลาสติกสาน PP ร่วมกับถั่ว LLDPE มีค่า C^* เท่ากับ 29.70 และ 27.81 ตามลำดับ และค่า h° เป็นค่าแสดงถึงสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็นซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 45 - 90 องศา พบว่าเมล็ดถั่วเหลืองทุกทรีตเมนต์มีค่า h° ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ในช่วง 76.41 - 77.79 (Table 3) เมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน ทุกทรีตเมนต์มีลักษณะสีที่คล้ำขึ้นจากวันแรกที่เก็บรักษาเพียงเล็กน้อย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดนั้นสามารถเป็นดัชนีวัดความเสื่อมของเมล็ดพืชได้ รวมทั้งเป็นการกำหนดราคาอีกด้วย โดย Juntakool (2006) พบว่าเมื่อเมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพ สีจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไป เช่น จากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาล หรือดำ ซึ่งจะถูกระตุ้นได้เร็วขึ้นโดยอุณหภูมิ และความชื้นที่เพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ทรีตเมนต์ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน โดยปริมาณโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองเริ่มต้น เท่ากับ 35.28 กรัมต่อน้ำหนักเมล็ดแห้ง 100 กรัม จากนั้นระหว่างการเก็บรักษาตลอดจนสิ้นสุดการเก็บรักษา พบว่าปริมาณโปรตีนในทุกทรีตเมนต์มีค่าค่อนข้างคงที่ อยู่ในช่วง 33.87 - 34.94 กรัมต่อน้ำหนักเมล็ดแห้ง 100 กรัม (Table 3) ซึ่งการเก็บรักษาเมล็ดธัญพืชจำพวกเมล็ดถั่วจะมีการพักตัวเกิดขึ้นหลังจากเก็บเกี่ยว และการพักตัวของเมล็ดจะลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น (Toole *et. al.*, 1964) ทั้งนี้การเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีน และสามารถ

ยืดอายุการเก็บรักษาได้ โดยในช่วงที่เมล็ดเกิดการพักตัวนั้นอัตราการหายใจและกิจกรรมทางชีวเคมีภายในลดลง เมล็ดเข้าสู่ระยะพักตัว เกิดการสลายสารอาหารภายในเมล็ดต่างๆ จึงส่งผลให้ปริมาณโปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงน้อย (Duagpatra, 1986)

Table 3. Seed color (L^* , C^* and h°) and seed protein content of soybean seeds in different packages and stored at 20 °C, 30±5% RH for 8 months.

Treatment	Seed color			Seed protein content (g /100 g dry weight)
	L^*	C^*	h°	
PP	57.76	28.45 ^{ab}	77.32	34.56
PP + PE	58.12	28.85 ^{ab}	76.41	33.87
PP + LLDPE	57.94	27.81 ^a	76.87	34.85
PP + laminated	59.73	29.70 ^b	77.79	34.94
<i>F</i> -test	ns	*	ns	ns
C.V. (%)	3.00	3.64	1.11	8.97

* Means in a column followed by different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (Duncan's Multiple Range Test, DMRT)

4. สรุป

การเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองด้วยบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด พบว่าบรรจุกระสอบสานพลาสติก PP เคลือบด้วยลามิเนตมีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดความผิดปกติของเมล็ดถั่วเหลือง รวมถึงมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเหลืองไปเป็นสีน้ำตาลช้ากว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ในขณะที่บรรจุภัณฑ์กระสอบสานพลาสติก PP ส่งผลให้เมล็ดถั่วเหลืองมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในเมล็ดลดลงมากที่สุด อย่างไรก็ตามบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนภายในเมล็ด และการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบรรจุภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยโครงการการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อรักษาคุณภาพเมล็ดถั่วเหลืองสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ปีงบประมาณ 2565 และ 2566 ภายใต้การดำเนินงานของศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

6. References

- Department of internal trade. (2023). Agricultural product season calendar 2023. Retrieved from http://agri.dit.go.th/index.php/departement_doc/3. 3 July 2023.
- Duangpatra, J. (1986). *Seed technology*. Location: Faculty of Agriculture (Department of Agronomy). Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok. 13 pp.
- Jittham, O., Damrhikhemtrakul, W., Bangwaek, C. and Suwannachome, O. (2008). Report on research and development work on plants and agricultural technology, the experiment ended in fiscal year 2008. 144-145 p.
- Juntakool, S. (2006). Teaching materials for seed physiology. Department of Agronomy Faculty of Agriculture, Kasetsart University. Bangkok.
- Leekitwattana, J. (1997). Classification of low-density polyethylene, The Department of Science Service, 28 p.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. (2019). Thai agricultural standard 4903-2019, (Good Agricultural Practices for Soybean Seed Production), 10 p.
- Rachtanapun, P., and Tongdeesoontorn, W. (2007). Extending shelf life of brown rice by using different packaging materials and oxygen absorber, *Agricultural Sci. J.* 38:5 (Suppl.), 229-233.
- Simla, S., Boontang, S., and Benchasri, S. (2017). Total Phenolic Content and Antioxidant Activities in Seed, Germinated Seed and Dried Germinated Seed. *KHON KAEN AGR. J.* 45 SUPPL. 1, 1259-1264.
- Siriphanich, J. (2003). Physiology and post-harvest technology of fruits and vegetables, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. 398 p.
- Sukhothai provincial agriculture and cooperatives office. (2017). Soybean: Information for agricultural product planning in Sukhothai Province Document No. 10/2017. Sukhothai.
- Suwanasorn, P. (1997). Effects of reducing humidity and vacuum packing on the viability of soybean seeds during storage. Master thesis, Chiang Mai University, Chiangmai.
- Thakur, V., Nawalagatti, C.M., Chetti, M.B., Hilli, J.S. and Patil, R.V. (2023). Seed Quality Behaviour Variation of Moth Bean during Storage in Different Packaging. *International Journal of Environment and Climate Change.* 13. 2893-2898.
- Toole, V.K., W.K. Bailey, and E.H. Toole. (1964). Factors Influencing Dormancy of Peanut Seeds. *Plant Physiology.* 39: 822-832.