ตรวจเอกสาร

การพัฒนาของถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง(Glycine max) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถเพาะปลูกได้ตลอดทั้งปี แบ่งได้ 3 ช่วงด้วยกันคือ ต้นฝน ปลายฝน และฤดูแล้ง มีอายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ยประมาณ 90-100 วัน(กลุ่มเกษตรสัญจร, 2531) สำหรับการพัฒนาของถั่วเหลืองตลอดช่วงอายุนั้นแบ่งได้ 2 ระยะคือการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ(vegetative phase) และระยะการพัฒนาของฝักและเมล็ด(reproductive phase) (Scott and Aldrich, 1983) ระยะแรกคือระยะที่มีการเจริญเติบโตพัฒนาทางลำต้นและใบ(vegetative phase) โดยเริ่มตั้งแต่การงอกออกจากเมล็ดซึ่งอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการงอกคือได้รับความชื้นอุณหภูมิและปัจจัยอื่นที่เหมาะสม ซึ่งการเจริญทางลำต้นและใบนี้สามารถแบ่งย่อยได้อีกหลายระยะด้วยกัน หลังจากที่ถั่วเหลืองงอกเป็นต้นกล้าแล้วได้แก่

V1 ระยะข้อที่1 เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีใบจริงคู่แรกบานเต็มที่และใบจริงสามใบขอบใบแยกจากกันแล้ว

V2 ระยะข้อที่2 ระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีใบจริงสามใบที่ข้อถัดจากใบจริงคู่แรกบานเต็มที่แล้วและใบจริงสามใบบนข้อถัดไปขอบแยกจากกันแล้ว

V3 ระยะข้อที่3 ระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีข้อที่สามนับจากข้อขอบใบจริงคู่แรกมีใบจริงสามใบบานเต็มที่และใบจริงบนข้อถัดไปขอบใบแยกจากกัน

Vn ระยะข้อที่ n ระยะข้อที่n ระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีข้อที่n นับจากข้อขอบใบจริงคู่แรกมีใบจริงสามใบบานเต็มที่และใบจริงสามใบบนข้อถัดไปขอบใบแยกจากกัน

ทั้งนี้การเจริญทางลำต้นและใบนอกจากขึ้นกับพันธุกรรมแล้วยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ หากต้นถั่วเหลืองได้รับอย่างเพียงพอหรือมากเกิน จะส่งผลให้มีการเจริญทางลำต้นและใบมากจำนวนข้อและใบมากกว่าปกติหรือที่เรียกอาการเฝือใบ ภายหลังจากถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบสมบูรณ์เต็มที่แล้ว ก็เริ่มเข้าสู่ระยะการติดดอกและการพัฒนาของฝักและเมล็ดซึ่งสามารถแบ่งเป็นระยะย่อยได้ 8 ระยะคือ

R1ระยะเริ่มออกดอก ต้นถั่วเหลืองมีดอกบาน1 ดอกที่ข้อใดข้อหนึ่งบนลำต้นหลัก

R2 ระยะดอกบานเต็มที่ ต้นถั่วเหลืองมีดอกบานที่ข้อใดข้อหนึ่งใน2ข้อจากข้อยอดสุด

R3 ระยะเริ่มติดฝักต้นถั่วมีฝักที่มีขนาด 0.5เซนติเมตรที่ข้อใดข้อหนึ่งใน4 ข้อจากข้อยอดสุดที่มีใบแผ่ขยายเต็มที่

R4 ระยะติดฝักเต็มที่ ต้นถั่วเหลืองมีฝักที่มีขนาด 2 เซนติเมตรที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4ข้อจากข้อยอดสุดที่มีใบแผ่ขยายเต็มที่

R5 ระยะเริ่มติดเมล็ดต้นถั่วเหลืองมีเมล็ดที่มีขนาด 0.3 เซนติเมตรในฝักที่อยู่บนข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อจากข้อยอดสุดที่มีใบแผ่ขยายเต็มที่

R6ระยะติดเมล็ดเต็มที่ต้นถั่วเหลืองมีเมล็ดที่มีสีเขียวที่โตเต็มที่ที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4ข้อจากข้อยอดสุดมีใบแผ่ขยายเต็มที่

R7ระยะเริ่มสุกแก่ ต้นถั่วเหลืองมีฝักใดฝักหนึ่งบนลำต้นหลักเริ่มเป็นสีเหลือง

R8ระยะสุกแก่เต็มที่ ถั่วเหลืองมีประมาณ95 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนฝักบนลำต้นหลักเป็นสีน้ำตาล(ทรงเชาว์, 2531)

ซึ่งการเจริญเติบโตและพัฒนาทั้ง 2 ระยะนี้จะสัมพันธ์กัน โดยหากถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบดีก็จะส่งผลให้ผลผลิตสูงด้วยเช่นกัน

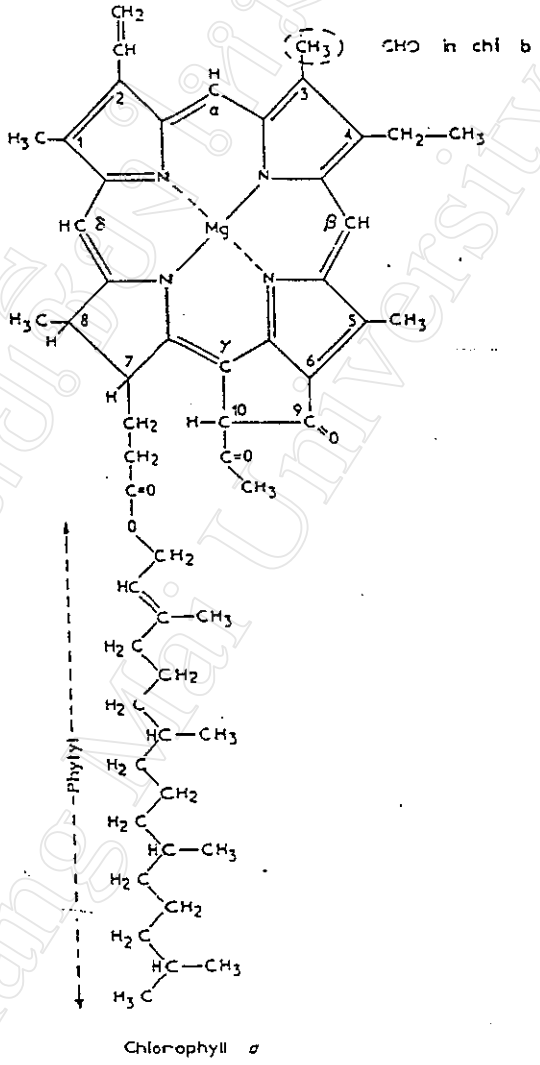
การพัฒนาของเมล็ดถั่วเหลือง

การพัฒนาของเมล็ดเริ่มจากการที่ดอกได้รับการผสมเกสรและเกิดกระบวนการปฏิสนธิ(fertilization) คือการรวมกันระหว่างเซลสืบพันธุ์ของดอกตัวผู้(Pollen)และเซลสืบพันธุ์ของดอกตัวเมีย(egg) ซึ่งมีการแบ่งตัวและการพัฒนาจนกระทั่งได้ส่วนประกอบต่างๆของเมล็ด ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วนด้วยกันคือ Covering part Embryonic axis Supporting tissue ส่วนแรกคือเปลือก(covering part) เป็นส่วนนอกสุดของเมล็ดทำหน้าที่ในการโอบอุ้มและห่อหุ้มส่วนประกอบภายในให้คงรูปเป็นเมล็ด สำหรับเปลือกของถั่วเหลืองนั้น เป็นส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด(seed coat) ซึ่งเจริญมากจากส่วนของอินเทกกิวเมนท์(Integument) ซึ่งเป็นเยื่อที่ห่อหุ้มโอวุล(Ovule) เปลือกนอกจากจะทำหน้าที่ห่อหุ้มเมล็ดที่อยู่ภายในแล้วยังทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้กับส่วนที่อยู่ภายในด้วย นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ควบคุมการดูดน้ำและออกซิเจน ป้องกันโรคแมลงไม่ให้เข้าทำลายเมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ดนี้เป็นส่วนที่มีสีสรรมีความหนาบางแตกต่างกัน สำหรับถั่วเหลืองนั้นเมื่ออายุน้อยเปลือกจะมีสีเขียวและเมื่ออายุมากขึ้นเปลี่ยนเป็นสีเหลืองซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดนี้จะเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆทั้งที่มีการศึกษาไว้บ้างแล้วและจะได้ทำการศึกษาต่อไป ส่วนที่สองคือต้นอ่อน(embryonic axis) เป็นส่วนที่เจริญเติบโตเป็นต้นพืชต่อไป(Wilcox *et al.* ,1987) ส่วนของต้นอ่อนเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของเมล็ด ต้นอ่อนมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆของเมล็ดประกอบด้วยยอดอ่อน(plumule) และรากอ่อน(radicle) ซึ่งจะเจริญเติบโตเป็นส่วน

ของยอดและรากต่อไปเมื่อเมล็ดงอก ส่วนที่สามคือเนื้อเยื่อเก็บสะสมอาหาร(supporting tissue) เป็นส่วนประกอบของเมล็ดที่ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารไว้ต้นอ่อนใช้ในระยะแรกของการงอกและการเจริญเติบโต(จวงจันทร์, 2529) ซึ่งแบ่งได้หลายชนิดด้วยกันตามชนิดของเมล็ดพืช สำหรับส่วนที่เก็บสะสมอาหารของเมล็ดถั่วเหลืองนั้นเรียกว่า ใบเลี้ยง(cotyledons) ซึ่งเป็นส่วนที่มีชีวิตของเมล็ด เมื่อเมล็ดงอกใบเลี้ยงจะมีการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ ภายในใบเลี้ยงนอกจากจะมีอาหารสะสมอยู่แล้วยังพบเอนไซม์อีกด้วยสำหรับอาหารที่สะสมในเมล็ดนั้นได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเกลือแร่ต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับน้ำหนักแห้งของเมล็ด(Mullet, 1981) เมื่อเมล็ดพัฒนาและแบ่งตัวจนกระทั่งได้ส่วนปะกอบต่างๆแล้ว จะมีการเปลี่ยนแปลงขนาด(seed size) สี(seed colour) น้ำหนักแห้ง(seed dry matter) ความชื้น(seed moisture content) และคุณภาพเมล็ดได้แก่ความแข็งแรง(seed vigor) ความมีชีวิต(seed viability) ความงอก (seed germination) องค์ประกอบทางชีวเคมี ซึ่งเมล็ดถั่วเหลืองสามารถงอกได้ทันทีภายหลังจากที่ดอกได้รับการผสมและมีการแบ่งตัวและพัฒนาเรียบร้อยจนกระทั่งได้ส่วนประกอบต่างๆแล้ว (Roumet and Morin, 1997) แต่ต้นกล้าจะมีความผิดปกติหรือเปอร์เซ็นต์การรอดต่ำเนื่องจากมีอาหารสะสมสำหรับต้นอ่อนไม่เพียงพอก่อนที่จะสามารถสังเคราะห์แสงได้เอง จะเห็นว่าเมล็ดถั่วเหลืองจะมีคุณสมบัติและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์สูงที่สุด เมื่อพัฒนาถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา(physiological maturity)ซึ่งในระยะนี้เมล็ดยังคงมีความชื้นสูงอยู่ประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยานี้เมล็ดไม่มีการเคลื่อนย้ายองค์ประกอบทางเคมีแต่จะมีการเพิ่มหรือลดลงของความชื้นได้และเอนไซม์จะยังคงทำหน้าที่ ตามปกติสำหรับส่วนที่ยังพัฒนาไม่เต็มที่ภายหลังจากที่ถูกเก็บมาจากต้นโดยทั่วไปที่PM ความชื้นจะลดลงและกระบวนการทางชีวเคมีจะเริ่มเกิดขึ้น(biochemical process) (Kozlowski, 1972) หลังจากนี้ความชื้นของเมล็ดคุณสมบัติและคุณภาพของเมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงโดยความชื้นจะลดลงเรื่อยๆจนกระทั่งเมล็ดเข้าสู่ระยะสุกแก่เก็บเกี่ยว(harvesting maturity) ซึ่งที่ระยะนี้เมล็ดมีความชื้นประมาณ 18 - 24 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดมีสีเหลือง ฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งฝักหลังจากระยะนี้ประมาณ5-10 วัน เกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวและตากไว้ประมาณ2-3 วันจึงทำการนวดแต่การเก็บเกี่ยวในระยะนี้จะได้เมล็ดที่มีคุณภาพต่ำเนื่องจากเมล็ดถูกทิ้งไว้ในแปลงและถูกรบกวนจากปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ

การเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดถั่วเหลือง

สีหรือรงควัตถุของเมล็ด(Pigment) สามารถมองเห็นได้จากเปลือกหรือเยื่อหุ้มซึ่งห่อหุ้มเมล็ดอยู่ รงควัตถุที่สำคัญที่พบในเมล็ดมี 2 ชนิดด้วยกันคือ คลอโรฟีลล์(chlorophyll) และแคโรทีนอยด์(carotenoid) ซึ่งจะพบในออร์แกเนลที่ต่างกันโดย คลอโรฟีลล์พบในพลาสติด(plastid) และแคโรทีนอยด์พบในแวคิวโอ(vacuole) สำหรับคลอโรฟีลล์ที่พบนั้นประกอบด้วยหลายชนิด ได้แก่ Chlorophyll a b c d แต่ที่สำคัญและมีบทบาทมากที่สุดคือ chlorophyll a และ b (Gross, 1987) ซึ่งโครงสร้างของคลอโรฟีลล์นั้นประกอบด้วยporphyrin ซึ่งประกอบด้วย Pyrrole ring 4 วงเรียงตัวกันเป็นวงและ Phytol ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 20 อะตอม มีลักษณะโครงสร้างแบบ Isoprenoid ส่วนตรงกลางของโมเลกุลมีแมกนีเซียม (ภาพที่ 1)และเมื่อคลอโรฟีลล์สูญเสียแมกนีเซียมดังกล่าวออกไปจากโมเลกุลแล้ว จะอยู่ในรูป pheophytin ซึ่งมีสีเขียวคล้ำเกิดจากการที่คลอโรฟีลล์ ได้รับความร้อนขณะปรุงอาหารหรือการต้มในสารละลายกรด (ดนัย, 2539) สำหรับรงควัตถุทั้งสองชนิดนี้ จะพบในปริมาณที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุของเมล็ด โดยเมื่อเมล็ดถั่วเหลืองที่อายุน้อย



ภาพที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ เอ และบี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

จะพบคลอโรฟิลล์ ในปริมาณที่สูง ส่งผลให้มองเห็นเมล็ดมีสีเขียว ซึ่งปริมาณของคลอโรฟิลล์ที่พบจะสัมพันธ์กับปริมาณของแคโรทีนอยด์ (Gross, 1987) และเมื่อเมล็ดมีอายุมากขึ้นเริ่มเข้าสู่ระยะสุกแก่ จะพบว่าคลอโรฟิลล์มีปริมาณลดลงและปริมาณแคโรทีนอยด์สูงขึ้น สังเกตุได้จากสีของเมล็ดจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีบทบาทสำคัญคือ คลอโรฟิลเลส(chlorophyllase)ซึ่งทำหน้าที่สลายคลอโรฟิลล์ ส่งผลให้มีปริมาณลดลง(Rhodes *et al.*, 1967 อ้างโดย Gross, 1987)โดยการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นต้องอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม นอกจากนี้การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ยังเกี่ยวข้องกับ อุณหภูมิหรือความร้อนที่เมล็ดได้รับซึ่งอุณหภูมิสูงจะส่งผลให้สีของเมล็ดเปลี่ยนแปลงไปได้เช่นเดียวกัน จากกระบวนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวหากเมล็ดอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม ถูกรบกวนจากปัจจัยต่างๆ เช่นการขาดน้ำในช่วงการเจริญเติบโตและการถูกรบกวนโดยแมลงศัตรูบางชนิด ส่งผลให้กระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์หรือหยุดชงัก ส่งผลให้คลอโรฟิลล์สลายตัวไปไม่หมดจึงพบสีเขียวในเมล็ด ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งในการผลิตถั่วเหลือง

ปัจจัยที่มีผลต่อรงควัตถุ

1. แสง(Light)

คลอโรฟิลล์จะถูกสร้างขึ้นในขณะที่มีแสงเท่านั้น การพัฒนาของพืชและผลผลิตขึ้นกับการสังเคราะห์แสง(photosynthesis) โดยผลไม้ส่วนใหญ่พบว่ามีการสังเคราะห์แสงเพื่อสะสมน้ำหนักแห้งในรูปขององค์ประกอบทางเคมี สำหรับในผลไม้ที่เติบโตและพัฒนาในที่มืดจะไม่มีรงควัตถุและมีองค์ประกอบทางเคมีต่างจากผลไม้ที่โตในที่มีแสง

2. อุณหภูมิ (Temperature)

ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยที่อุณหภูมิสูงจะพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในผลไม้ลดลงแต่อัตราส่วนระหว่างคลอโรฟิลล์ aและbยังคงไม่เปลี่ยนแปลง ดังรายงานของ อัญชุลี(2539) พบว่าอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีผลต่อการสูญเสียปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลือกของผลมะม่วง โดยได้ทำการเก็บผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 35 ,25และ 15 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าสีของเปลือกที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าที่ 25 และ

15 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของเปลือกผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ลดลงมากกว่าที่ 25 และ 15 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิสูงเร่งกระบวนการสุกแก่ของผลไม้ แต่มีผลไม้บางชนิดที่ต้องการอุณหภูมิต่ำเพื่อเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลอโรพลาสต์เป็นโครโมพลาสต์ ดังเช่นในผลส้มต้องการอุณหภูมิประมาณ 13-20 องศาเซลเซียสซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเกิดได้ดี แต่ในทางกลับกันหากอุณหภูมิสูงเกิน 30 องศาเซลเซียส คลอโรพลาสต์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นโครโมพลาสต์ได้หมด จึงพบสีเขียวอยู่ที่เปลือก

รายงานของ Sozzi *et al.* (1996) พบว่าหากมะเขือเทศได้รับอุณหภูมิ สูงก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาพที่มีอุณหภูมิปกติจะส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุที่ผิวผลช้าลง โดยเฉพาะคลอโรฟิลล์ได้ทำการนำผลมะเขือเทศที่ระยะmature green ซึ่งผลแก่มีสีเขียวมาเก็บที่อุณหภูมิ 21 ,36, 40และ 40 องศาเซลเซียสก่อนตามด้วย36 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำมาเก็บในสภาพที่มีอุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส และวัดการเปลี่ยนแปลงสีของผิวเปลือกด้วยวิธี USDA color maturity stage จะเห็นว่า หากมะเขือเทศได้รับอุณหภูมิ 40องศาเซลเซียสก่อนแล้วจึงให้ได้รับอุณหภูมิ36 องศาเซลเซียส มะเขือเทศมีการเปลี่ยนแปลงสู่ระยะอื่นช้าที่สุดโดยใช้เวลาถึง 18 วัน ซึ่งพัฒนาถึงระยะturning เท่านั้น ในขณะที่อุณหภูมิ 36 และ 40 องศาเซลเซียสใช้เวลา 2 และ 4 วัน ในการเปลี่ยนแปลงสู่ระยะ Breaker และสามารถเปลี่ยนแปลงสู่ระยะ red- ribe ซึ่งผลมีสีแดงได้ ต่างจากที่ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียสจะมีการเปลี่ยนแปลงสู่ระยะต่างๆอย่างสม่ำเสมอโดยใช้เวลาน้อยที่สุดเพียง 14 วันผลจะมีสีแดง และเมื่อพิจารณาที่ปริมาณคลอโรฟิลล์จะให้ผลเช่นเดียวกันคือที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียสจะมีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างรวดเร็ว และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการลดลงของคลอโรฟิลล์จะเกิดช้าลงตามลำดับ จะเห็นว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรงควัตถุที่ผิวผลมะเขือเทศ

3. เอทธิลีน(Ethylene)

ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์มีหลาย ปัจจัยด้วยกันทั้งปัจจัยสภาพแวดล้อมและตัวของผลผลิตเอง ซึ่งที่สำคัญคือฮอร์โมน ฮอร์โมนหลายชนิดยับยั้งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้แก่ จิบเบอรเรลริล ออกซินและไซโตไคนิน ขณะที่เอทธิลีนช่วยเร่งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ มีผลต่อการลดลงของคลอโรฟิลล์ในใบและในผลหรือเรียกว่า Ripening hormone ทั้งนี้เนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุกแก่โดยเอทธิลีนทำให้คลอโรพลาสต์เปลี่ยนไปเป็นโครโมพลาสต์ ส่งผลให้มีการลดลงของคลอโรฟิลล์อย่างมากตามด้วยการ

เพิ่มขึ้นของ แคโรทีนอยด์หรือแอนโทไซยานิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิต ได้มีการนำเอทธิลีนมาใช้ทางการค้า ในการลดสีเขียว(degreening)ของผลมะนาวและกล้วย (Abeles, 1973)

เมล็ดเขียว(Green seed)

เมล็ดเขียวเป็นปัญหาสำคัญในการผลิตถั่วเหลืองบริเวณพื้นที่ปลูกที่สำคัญของประเทศ โดยเฉพาะภาคเหนือตอนบนและตอนล่าง ซึ่งเมล็ดเขียวนี้พบได้ในหลายพันธุ์ด้วยกันได้แก่พันธุ์ สจ.1, 2, 4, 5 และ ชม.60 ในแต่ละพันธุ์จะพบปริมาณที่ต่างกัน (ศรีสมวงศ์และกัลยา, 2538) เมล็ดเขียวที่พบมีลักษณะที่เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีเขียว(ทวี, 2526) ซึ่งสีเขียวที่พบในเมล็ดนั้นคือคลอโรฟีลล์นั่นเอง ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืชดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับเมล็ดเขียวที่พบนี้จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความงอก ความแข็งแรง ความมีชีวิต ซึ่งจะต่ำกว่าเมล็ดปกติที่มีสีเหลือง(เดชา, 2537) และหากนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติเมล็ดจะเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว โดยความงอกของเมล็ดถั่วเหลืองจะลดลงเหลือเพียง 45-50 เปอร์เซ็นต์ และ24-30 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 3 และ 6 เดือน ตามลำดับ

พูนพันธ์และคณะ (2531 ข) พบว่าเมื่อนำเมล็ดเขียวซึ่งมีคุณภาพต่ำไปเพาะปลูก จะส่งผลถึงผลผลิตของถั่วเหลืองเช่นกัน โดยผลผลิตที่ได้จะต่ำกว่าผลผลิตของเมล็ดพันธุ์ที่มีสีเหลืองปกติ โดยเมล็ดเขียวได้ผลผลิตเท่ากับ 104 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่เมล็ดปกติสีเหลืองได้ผลผลิตเท่ากับ 290กิโลกรัมต่อไร่ (กัลยาและคณะ, 2533) นอกจากนี้มีผู้นำเมล็ดเขียวไปทดสอบความมีชีวิตโดยการย้อมสีด้วยวิธี TZ (Tetrazolium test) พบว่าเนื้อเยื่อที่เสื่อมคุณภาพคือบริเวณใบเลี้ยงด้านนอกและบริเวณปลายราก(ธวัชชัย, 2533)ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์

สาเหตุของการเกิดเมล็ดเขียว

เมล็ดเขียว (green seed)ที่พบนั้นเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุด้วยกัน แต่สาเหตุที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ประการแรกคือการเก็บเกี่ยวในระยะเวลาที่ไม่เหมาะสม โดยสุมิตราและคณะ (2532) ได้ทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในวันที่ 5และ 7 ของระยะ R7 (physiological maturity)และวันที่ 1,3,5,7และ 9 ของระยะR8 (harvesting maturity)พบว่าการเก็บเกี่ยวในวันที่ 5 และ 7 ของระยะ R7 มีเมล็ดเขียวสูงสุดคือ 44.59 และ 30.60 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการเก็บเกี่ยวในวันที่ 5-9 ของระยะ R8 พบเมล็ดเขียวต่ำสุดคือ 3.5-6.9 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ

การศึกษาของทรงเชาว์และคณะ(2530) พบว่าหากเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่ระยะ 5 สัปดาห์หลังออกดอกเปอร์เซ็นต์เมล็ดเขียวจะสูงกว่าการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 6-11 สัปดาห์หลังออกดอกโดยมีค่าเท่ากับ 84.6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก นอกจากนี้นุสรา(2533) รายงานว่าการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่อายุ 44 วันหลังดอกบานพบเปอร์เซ็นต์เมล็ดเขียวสูงสุดและเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 49 วันหลังดอกบานพบเปอร์เซ็นต์เมล็ดเขียวสูงกว่าการเก็บเกี่ยวที่อายุ 54 วันหลังดอกบาน ซึ่งระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันนั้นมีผลต่อจำนวนเมล็ดเขียว จะเห็นว่าหากทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในระยะเวลาไม่เหมาะสมคือเก็บเกี่ยวเร็วเกินไปขณะที่ถั่วเหลืองผ่านกระบวนการสุกแก่ไม่สมบูรณ์ ทำให้กระบวนการสุกแก่หยุดชะงักจึงพบสีเขียวของคลอโรฟิลล์ตกค้างอยู่ในเมล็ด

สำหรับสาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการเกิดเมล็ดเขียวคือการจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยวโดยมีการลดความชื้นออกจากเมล็ดไม่ถูกต้อง โดยเกิดจากการที่เมล็ดถั่วเหลืองได้รับความร้อนที่สูงเกินไป อุณหภูมิสูงจะไปยับยั้งกระบวนการสุกแก่ของถั่วเหลืองซึ่ง พูนพันธ์และคณะ (2531 ก) พบว่าการลดความชื้นของถั่วเหลืองโดยใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะพบเมล็ดเขียวจำนวนมาก เช่นเดียวกับการรายงานของสุชาดาและคณะ(2533 ก) ศึกษาผลของวิธีการลดความชื้นภายหลังการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองโดยวิธีการตากในแปลง ตากบนพื้นซีเมนต์ ตากบนเสื่อ แขวนบนราวเหล็ก และตากบนแผ่น Polyethylene พบว่าการตากเมล็ดบนพื้นซีเมนต์สามารถลดความชื้นได้เร็วที่สุด ใช้เวลาเพียง 36 ชั่วโมง และพบเมล็ดเขียวจำนวนมากถึง 9.43 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากถั่วเหลืองได้รับอุณหภูมิสูงจากพื้นซีเมนต์ซึ่งมีความสามารถดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ ได้ดีและเร็วกว่าวัสดุชนิดอื่นซึ่งอุณหภูมิในเมล็ดถั่วเหลืองจะสูงกว่าอุณหภูมิที่วัดได้ของอากาศ (Tesar, 1984) ซึ่งอุณหภูมิสูงจะส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยหากได้รับอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้เมล็ดมีคุณภาพได้แก่ ความงอก ความแข็งแรงลดลง และเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว(Brooker *et al.* , 1974)

ผลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์

ระยะเวลาเก็บเกี่ยวมีความสำคัญต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์เช่นเดียวกับขั้นตอนอื่น โดยหากสามารถเก็บเกี่ยวในสภาพที่เหมาะสมจะส่งผลให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ แต่หากเก็บเกี่ยวในเวลาที่ไม่เหมาะสมคือการเก็บเกี่ยวเร็วเกินไป ขณะที่ถั่วเหลืองยังพัฒนาการสุกแก่ไม่สมบูรณ์ เมื่อทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองจะเป็นการหยุดและยับยั้งกระบวนการสุกแก่ของเมล็ดถั่วเหลือง จะส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพต่ำ และเมื่อทำการเก็บเกี่ยวเร็วเกินไปเมื่อถั่วเหลืองผ่านกระบวนการสุกแก่

ทางสรีรวิทยาไปแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเลยระยะนี้คุณสมบัติและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะลดลงเรื่อยๆ และจากการที่ถูกทิ้งไว้ในแปลงเป็นระยะเวลานานๆอาจเนื่องจากการขาดแคลนแรงงานในการและอุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยว หรือสาเหตุใดๆก็ตามที่ทำให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ตามกำหนดจะส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพต่ำ ซึ่งเป็นผลจากการถูกรบกวน หรือการอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่างๆได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ แมลงและสัตว์ศัตรูต่างๆส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์

ดังรายงานของจิราภร(2526) เมื่อเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 2 ที่อายุ 59 วันหลังดอกบานทำให้ได้เมล็ดมีคุณภาพดีที่สุด หากเก็บเกี่ยวก่อนเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา น้ำหนักแห้ง ความงอก ความแข็งแรงของเมล็ดต่ำกว่าที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา เช่นเดียวกับ Gbikpi and Crookston (1981)พบว่า เมื่อสีของฝักถั่วเหลืองเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองแสดงว่าเมล็ดถั่วเหลืองสุกแก่ทางสรีรวิทยาเรียกว่าระยะ R7 เป็นระยะที่ฝักใดฝักหนึ่งเริ่มสุกแก่ซึ่งเกิดก่อนที่ระยะสุกแก่ในแปลงปลูก (R8)

จากการศึกษาของ อรรณพ(2532) รายงานว่าหากทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาและเมื่อสุกแก่ในแปลงที่วันเพาะปลูกต่างๆและทำการทดสอบความงอกในแปลงภายหลังเก็บรักษาที่สภาพอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 เดือนจะพบว่า การเก็บเกี่ยวที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาเมล็ดมีความงอกสูงกว่าที่ระยะสุกแก่ในแปลง

นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Shephard *et al.* (1995) พบว่าการเก็บเกี่ยวข้าว(*Oryza sativa* L.) ขณะที่มีน้ำหนักแห้งสูงสุด(maximum seed dry weight) ซึ่งเมล็ดมีความชื้น 25 % แล้ว และการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยว(harvest maturity) และทำการลดความชื้น 2 วิธี โดยการตากในที่มีแสงรำไร(shade) ซึ่งมีแสงประมาณ 70-90 % และการตากเมล็ดไว้กลางแดด พบว่าการเก็บเกี่ยวขณะที่มีน้ำหนักแห้งของเมล็ดสูงสุด เมื่อตากเมล็ดไว้ในที่ร่มมีความมีชีวิตเท่ากับ 89.3 % ซึ่งสูงกว่าการตากเมล็ดไว้กลางแดดเท่ากับ 86.6 % แต่จะพบว่าการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยวและตากเมล็ดกลางแดดจะมีความมีชีวิตเท่ากับ 90.2 %ซึ่งสูงกว่าการตากเมล็ดไว้ในร่มเท่ากับ 88.5 % ทั้งนี้เป็นผลจากความชื้นของเมล็ดซึ่งที่น้ำหนักแห้งเมล็ดสูงสุดเมล็ดจะมีความชื้นสูงจึงอ่อนแอกว่าที่ระยะสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยวที่มีความชื้นต่ำ

ผลของการลดความชื้นต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์

วรพงษ์(2537) รายงานว่า การลดความชื้นโดยการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่ระยะ PM แล้วนำเข้าร่ม นำออกตากแดดเมื่อมีแดด เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าวิธีการอื่น ในด้านเมล็ดพันธุ์พบว่าการใช้สาร paraquat ฉีด พ่ น และปล่อยทิ้งไว้ 2 วันจึงเก็บเกี่ยวและนำเข้าร่มนำออกตากเมื่อมีแดดและการเก็บเกี่ยวแล้วนำเข้าร่มนำออกตากเมื่อมีแดดจะให้เมล็ดพันธุ์ที่มีความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดที่สูงกว่าวิธีการอื่น และพบว่าหากปล่อยให้ถั่วเหลืองแห้งในแปลงเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียสูงถึง 34.56-52.9 % สาเหตุที่ทำให้เมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากการปล่อยให้ถั่วเหลืองแห้งในแปลง ตามกรรมวิธีต่างๆ ได้แก่ การเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่ระยะ PM แล้วกองเป็นกระโจมโดยเอาส่วนยอดกลับลง แล้วตากทิ้งไว้ให้แห้งในแปลง และกรรมวิธีการใช้สาร paraquat ฉีด พ่นที่ระยะPM แล้วปล่อยให้แห้งในแปลงมีคุณภาพต่ำและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียสูง เนื่องจากหลังจากที่ถั่วเหลืองเจริญเติบโตถึงระยะ PM แล้วต้นถั่วเหลืองถูกปล่อยทิ้งไว้ในแปลงอันเป็นสาเหตุให้ฝักและเมล็ดได้รับความเสียหายโดยได้รับความชื้นจากฝนที่ตกลงมาสลับกับแสงแดด ผลจากการวัดการเข้าทำลายของเชื้อราซึ่งมีการเข้าทำลายสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Burdett (1977) พบว่าการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองแล้วนำเข้าร่มจะทำให้ได้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีคุณภาพสูงกว่าการปล่อยทิ้งไว้ในแปลง เนื่องจากสภาพในแปลงปลูกเมล็ดถั่วเหลืองจะต้องเผชิญกับสภาพอากาศที่แปรปรวนและเชื้อราที่แพร่กระจายอยู่เข้าทำลายได้ง่าย สำหรับ Thomson (1979)พบว่าลดความชื้นแบบตากกลางแสงแดดและใช้เครื่องอบไม่ทำให้คุณภาพแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเมล็ดในระยะเวลาสั้นแต่หากเก็บเมล็ดไว้นานๆเมล็ดที่ลดความชื้นด้วยแสงแดด จะมีความงอกต่ำกว่าเมล็ดที่ลดความชื้นโดยเครื่องอบเพราะเครื่องอบสามารถควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไปได้ นอกจากนี้ นงลักษณ์ (2526) รายงานว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองของเกษตรกร โดยการตากแดดโดยเฉพาะในฤดูแล้งมีอุณหภูมิของแสงแดดหรือบนลานตากมักจะสูงถึง 50-60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงที่เป็นอันตรายต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เกษตรกรส่วนใหญ่ลดความชื้นถั่วเหลืองโดยการตากเมล็ดกลางแปลงประมาณ 2-3 วัน ซึ่งทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลงมาที่ประมาณ 15 % (Sitthiphong and Thavonum, 1988) สำหรับการตากต้นถั่วเหลืองของเกษตรกรนั้นอาจจะเป็นการตากบนลานตาก การตากในแปลงซึ่งมีทั้งแบบกองเป็นกระโจม และกองแบบพาดไว้บนแปลง แต่การตากแบบกองรวมกันบนลานตากในเวลาที่มีอากาศร้อนตรงกลางกองอาจมีความร้อนมากกว่า 50 องศาเซลเซียส จะทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพได้เร็ว

การตากเมล็ดในแปลงนอกจากเมล็ดจะได้รับผลกระทบจาก อุณหภูมิสูงเมล็ดยังได้รับความชื้นจากน้ำฝนและน้ำค้าง ส่งผลให้ความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้น การหายใจสูงขึ้นปริมาณน้ำตาลและอาหารสะสมลดลงส่งผลให้คุณภาพเมล็ดลดลง ซึ่ง Robert (1973) พบว่าการลดความชื้นโดยใช้อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็ว จะเห็นว่าอุณหภูมินอกจากจะมีผลต่อเมล็ดเขียวแล้วยังส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยตรงด้วย นั่นคือหากทำการลดความชื้นอย่างรวดเร็ว(fast dried) ส่งผลให้ความงอก องค์ประกอบทางเคมีบางชนิด และการทำงานของเอนไซม์(enzyme activity) ที่สำคัญของเมล็ดต่ำกว่าการลดความชื้นอย่างช้าๆ(slow dried) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่สูญเสียไปได้แก่ inorganic phosphate , soluble sugar และsoluble protein (Adams *et al.*, 1983) นอกจากนี้อุณหภูมิสูงยังส่งผลต่อการสูญเสียองค์ประกอบทางเคมีต่างๆของเมล็ด โดยอุณหภูมิสูงมีผลให้เยื่อหุ้มเซลของเมล็ดเสื่อมสภาพ ไม่สามารถเก็บสารต่างๆไว้ในเมล็ดได้ และเกิดจากการแตกร้าว(crack) ของเปลือกหุ้มเมล็ดจึงมีผลให้สารต่างๆรั่วไหลออกจากเมล็ด (Yaklich and Barla-Szabo, 1993) เช่นเดียวกับ Nangju *et al.* (1978) พบว่าระดับความร้อนที่ปลอดภัยสำหรับการทำให้เมล็ดถั่วเหลืองแห้งไม่ควรเกิน 50 องศาเซลเซียส จึงจะไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง เช่นดียวกับ Nellist (1978) รายงานว่าความร้อนที่ใช้ในการทำให้เมล็ดแห้งไม่ควรเกิน 49 องศาเซลเซียส สำหรับเมล็ดที่มีความชื้นต่ำกว่า 24 % และไม่ควรเกิน 43 องศาเซลเซียส สำหรับเมล็ดที่มีความชื้นสูงกว่า 24 %

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดถั่วเหลือง

ภายหลังจากที่ดอกได้รับการผสมจะเริ่มเกิดการพัฒนาและแบ่งตัวเพิ่มจำนวนจนกระทั่งได้ส่วนประกอบต่างๆของเมล็ด และเริ่มสะสมน้ำหนักแห้งในรูปของสารอาหารต่างๆ ขณะนั้นเมล็ดมีความชื้นสูงมากประมาณ 80 % และเมื่อเมล็ดเจริญและพัฒนาถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาเมล็ดมีความชื้นประมาณ 40-50 % ซึ่งเมล็ดที่มีความชื้นสูงจะอ่อนแอและถูกรบกวนได้ง่ายจากปัจจัยต่างๆซึ่งหากทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในระยะนี้จะเกิดความเสียหายได้ง่าย โดยอาจเกิดจากความเสียหายทางกล(mechanical damage) อันเนื่องมาจากเครื่องเกี่ยวนวดและเครื่องมืออื่นๆที่ใช้ในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้เมล็ดแตก หัก ร้าว อ่อนแอต่อสภาพแวดล้อมและสามารถถูกเข้าทำลายได้ง่ายโดย แมลงและเชื้อรา จะเห็นว่าหากถั่วเหลืองได้รับการจัดการที่ไม่ถูกต้องเหมาะสมจะส่งผลให้ได้เมล็ดพันธ์ที่มีคุณภาพต่ำโดยทั่วไปเกษตรกรจะไม่นิยมทำการ เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่ระยะนี้ เนื่องจากขาดความรู้ความเข้าใจและเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆในการจัดการ

เมื่อเมล็ดผ่านกระบวนการสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้ว จะมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆที่เห็นได้ชัดเจนคือ ความชื้นของเมล็ดซึ่งจะลดลงอย่างรวดเร็ว (จวงจันทร์, 2529) จนกระทั่งเมล็ดเข้าสู่ระยะสุกแก่เก็บเกี่ยว ซึ่งมีความชื้นประมาณ14-20 % ซึ่งระยะนี้เมล็ดมีความทนทานต่อความเสียหายอันเกิดจากปัจจัยต่างๆ แต่เมล็ดยังคงมีอัตราการหายใจสูงอยู่ ซึ่งสามารถเกิดอันตรายได้จากความร้อนสูง เชื้อราและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย เมื่อเมล็ดมีความชื้นลดลงมาที่ระดับ 10-13% เป็นช่วงที่สามารถเก็บรักษาได้ดี นาน 6-12 เดือน แต่อาจได้รับความเสียหายจากแมลงและเครื่องจักรได้และที่ระดับความชื้น 8-10 % เมล็ดสามารถเก็บรักษาได้ดีที่ระยะเวลา 1-2 ปี แมลงเข้าทำลายได้น้อยมากแต่จะได้รับความเสียหายจากเครื่องจักรได้ง่ายที่ ระดับความชื้นของเมล็ด 4-8 % เป็นระดับความชื้นที่ปลอดภัยในการเก็บรักษาในภาชนะปิด ที่ระดับความชื้น 0-4 % เมล็ดเกิดการพักเป็นเมล็ดแข็งที่เรียกว่า hard seed เป็นสภาวะที่เมล็ดแห้งเกินไปอาจเกิดอันตรายได้ จากนั้นหากนำเมล็ดที่มีความชื้นต่ำไปเก็บรักษาในสภาพที่ไม่เหมาะสมจนกระทั่งเมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นที่ระดับ 33-60 % สำหรับความชื้นที่เมล็ดเริ่มงอกได้ประมาณ 50 %

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาวิธีการลดจำนวนเมล็ดเขียวที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตถั่วเหลือง
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติได้แก่ สี น้ำหนัก ความงอก ความแข็งแรง ของเมล็ดที่ความชื้นต่างกันเมื่อผ่านกระบวนการบ่มที่อุณหภูมิต่างๆ