



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน

พืชสวน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลต์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์
มะเขือเทศ

Effect of Seed Drying Using Zeolite Bead on Quality and Storability of Tomato Seed
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)

นามผู้วิจัย นางสาวธีระรัตน์ ชิมแสน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ปริยานุช จุลกะ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์พิจิตรา แก้วสอน, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐ พิษกรรม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

Effect of Seed Drying Using Zeolite Bead on Quality and Storability of Tomato Seed
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)

โดย

นางสาวธีระรัตน์ ชินแสน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธีระรัตน์ ชินแสน 2554: ผลของการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลต์ต่อคุณภาพและอายุการ
เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์
ปริยานุช จุลกะ, Ph.D. 68 หน้า

ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการลดความชื้นด้วยเม็ด
ซีโอไลต์ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 ถึง เมษายน พ.ศ. 2553 โดยใช้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่
มีความชื้นเริ่มต้น 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเม็ดซีโอไลต์ที่สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์
ของน้ำหนักรวม พบว่า ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง
ทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีความชื้น 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ ภายในชั่วโมงที่ 2 หลังการลด
ความชื้น ยกเว้นเมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ แล้วลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลต์ 30 และ
40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวม ที่ยังคงมีความชื้นสูง (9 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เมื่อนำ
เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้น 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ หลังผ่านการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลต์ภายใน
ระยะเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง มาทดสอบคุณภาพของเมล็ดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 6 และ 12 เดือน
เปรียบเทียบกับ การลดความชื้นด้วยการพรางแสง (shade drying) พบว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมี
ความงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ (95 – 100 เปอร์เซ็นต์) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกประมาณ 5 – 6 วัน
หลังเพาะเมล็ด และมีค่าดัชนีความงอกประมาณ 8 – 9 ในทุกทริตเมนต์ ตลอดอายุการเก็บรักษา

Theerarat Chinnasaen 2011: Effect of Seed Drying Using Zeolite Bead on Quality and Storability of Tomato Seed (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Miss Pariyanuj Chulaka, Ph.D. 68 pages.

This research was carried out to evaluate the seed quality and storability of tomato seed dried by zeolite bead during February in 2009 to April in 2010. The 12 or 15% initial moisture contents of tomato seeds were used. They were dried by zeolite bead at different mixture between seed and bead (30, 40 or 50%w/w). The results showed the seed moisture content (SMC) was significantly different among treatments. The SMC in all treatments reached to 5 – 6% within 2 hours after drying excluding 15% initial moisture content dried with 30 and 40% bead (9 and 7%, respectively). In addition, the tomato seed quality of 5 – 6%SMC that dried by zeolite bead within 1 or 2 hours were not significantly different when compared with those dried by shade drying after seed germination testing in all storage times (0, 2, 6 and 12 months). All tomato seeds showed 95 – 100% germination, 5 – 6 days of mean germination time and germination index were 8 – 9.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ปริญญช จุลกะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร.พิจิตรา แก้วสอน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทวี สุขปรากร ผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งเป็นผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย และ ประธานการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.อติศรา มีนะกนิษฐ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และพนักงานบริษัท ทีเอสเอ จำกัด สำหรับความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ Mr. Johan Van Asbrouck และคุณพัชริน ตะริคโน บริษัท Rung Rueng Consulting สำหรับการอนุเคราะห์เมล็ดซีโอไลต์และเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

และขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ภาควิชาพืชสวนทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์มาตลอด

ขอกราบขอบพระคุณพ่อ – แม่ พี่ชาย พี่สาว พี่น้อง และเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ธีระรัตน์ ชิมแสน

ตุลาคม 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	22
สรุปและข้อเสนอแนะ	49
สรุป	49
ข้อเสนอแนะ	49
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	50
ภาคผนวก	58
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	68

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสง	24
2	ผลของความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและสัดส่วนของเมล็ดชีโอไลต์ต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ	35
3	ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการลดความชื้นด้วยเมล็ดชีโอไลต์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	40
4	ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน	43
5	เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน	46
6	ดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน	48
ตารางผนวกที่		
1	อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสง	60
2	น้ำหนักเริ่มต้นของเมล็ดชีโอไลต์ ความชื้นของเมล็ดชีโอไลต์ อัตราการดูดความชื้น และอุณหภูมิห้องปฏิบัติการที่ระยะเวลาต่าง ๆ	60
3	อุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นด้วยเมล็ดชีโอไลต์	61
4	ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นด้วยเมล็ดชีโอไลต์	61
5	น้ำหนักของเมล็ดชีโอไลต์หลังการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ	62
6	น้ำหนักของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการลดความชื้นด้วยเมล็ดชีโอไลต์	62
7	น้ำหนักของเมล็ดชีโอไลต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น และเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้นของเมล็ดชีโอไลต์เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพจริง	65
8	ต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตายของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ผ่านการลดความชื้นด้วยวิธีต่าง ๆ	66

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพแวดล้อมระหว่างการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสง (shade drying) และความชื้นของเมล็ดพันธุ์ระหว่างการลดความชื้นในช่วงเวลาต่าง ๆ	24
2	ความชื้นของเมล็ดซีโอไลท์ในสภาพห้องปฏิบัติการ	26
3	อัตราการดูดความชื้นของเมล็ดซีโอไลท์	26
4	อุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเมล็ดซีโอไลท์	29
5	ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเมล็ดซีโอไลท์	32
6	การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์หลังลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	36
7	การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์หลังลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	36
8	ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการลดความชื้นด้วยทริตเมนต์และระยะเวลาที่ต่างกัน	39
9	ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน	44
10	เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	เม็ดซีโอไลท์ (zeolite bead)	59
2	เครื่องหมุนเหวี่ยงที่ใช้ในการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์	59
3	ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในชั่วโมงที่ 1 และ 2 หลังลดความชื้น เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเม็ด ซีโอไลท์สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	63
4	ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในชั่วโมงที่ 3 และ 4 หลังลดความชื้น เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเม็ด ซีโอไลท์สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	64
5	ต้นกล้าปกติ (A) ต้นกล้าผิดปกติ (B – C) ส่วนยอดติดอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ด (B) และใบเลี้ยงถูกทำลายมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (C)	67

ผลของการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา
เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

**Effect of Seed Drying Using Zeolite Bead on Quality and Storability of
Tomato Seed (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

คำนำ

มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) เป็นผักรับประทานผลที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร มีสารจำพวกแคโรทีนอยด์ เรียกว่า ไลโคพีน (lycopene) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งสามารถป้องกันโรคได้ เช่น โรคหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) มะเร็งผิวหนัง มะเร็งต่อมลูกหมาก (Rao and Agarwal, 1999; Riso and Porrini, 2001; Giovannucci, 2002) และ โรคหัวใจ (Gaziano, 1994; Pandey *et al.*, 1995) เป็นต้น ทั้งนี้การบริโภคมะเขือเทศยังมีประโยชน์ต่อร่างกายเนื่องจากเป็นแหล่งของวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินซี และวิตามินเค เป็นต้น รวมถึงแร่ธาตุอาหาร เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก เป็นต้น (Riso and Porrini, 2001) จากคุณประโยชน์ของมะเขือเทศและรสชาติที่อร่อยส่งผลให้มีผู้นิยมบริโภคมะเขือเทศอย่างแพร่หลาย

ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกมะเขือเทศ 38,741 ไร่ สามารถผลิตมะเขือเทศได้ 145,601 ตัน มูลค่ากว่า 1,532 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) และส่งออกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมากเป็นอันดับ 2 ของมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุมทั้งหมด โดยมีมูลค่าการส่งออกมากกว่า 331 ล้านบาท ด้วยปริมาณการส่งออกมากกว่า 38 ตัน (สำนักงานควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2553) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทั้งการผลิตมะเขือเทศเพื่อการบริโภคและการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การลดความชื้นด้วยวิธีที่ไม่มีประสิทธิภาพจะมีผลให้อายุการเก็บรักษามูลค่าเมล็ดพันธุ์ลดลง และทำให้การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เกิดเร็วขึ้น (Roberts, 1981) หากเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงกระบวนการหายใจจะเกิดมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความร้อนขึ้นซึ่งเป็นเหตุให้เชื้อราและแมลงเข้าทำลายเมล็ด ทั้งนี้ยังเกิดการสลายตัวของอาหารสะสมในเมล็ดเนื่องจากถูกนำไปใช้ในกระบวนการดังกล่าว ทำให้

ความมีชีวิตและความงอกของเมล็ดลดลง (Ward and Butt, 1955) นอกจากนี้เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นด้วยความร้อนสูงในระยะเวลาสั้นเมล็ดอาจแสดงอาการแตกร้าว (Foster, 1973) และทำให้เมล็ดสูญเสียความมีชีวิตได้ (Carter, 1973)

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์เป็นการเอาน้ำออกจากเมล็ดซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อระดับความดันไอน้ำ (vapor pressure) ในเมล็ดพันธุ์สูงกว่าในบรรยากาศโดยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมระดับความดันไอน้ำของอากาศโดยตรง เมื่ออุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะยิ่งทำให้อากาศมีความดันไอน้ำต่ำน้ำระเหยออกจากเมล็ดได้ดียิ่งขึ้น (Probert and Hay, 2000) ดังนั้นการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์จึงสามารถเลือกปฏิบัติได้หลายวิธีโดยใช้หลักการดังกล่าว แต่สำหรับประเทศไทยที่มีแสงแดดเพียงพอในช่วงฤดูหนาว หรือ ฤดูร้อน จะนิยมลดความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติ (natural drying) เช่น การผึ่งแดดโดยตรง (sun drying) หรือ การใช้วัสดุพรางแสง (shade drying) อย่างไรก็ตามการลดความชื้นด้วยวิธีการดังกล่าวจะถูกจำกัดด้วยสภาพแวดล้อมระหว่างการลดความชื้น เช่น มีฝนตก หรือ อากาศมีความชื้นสูง รวมถึงถูกจำกัดด้วยระยะเวลาที่สามารถลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ได้ภายหลังการล้างทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ก่อนนำมาลดความชื้นจนส่งผลให้ต้องใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นยาวนานมากยิ่งขึ้นเป็นเหตุให้ต้องเก็บเมล็ดพันธุ์เพื่อลดความชื้นในวันอื่น ข้อจำกัดเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อความชื้นและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เช่น ภายหลังการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงกว่าระดับที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา หรือ เชื้อราเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ได้ง่ายขึ้น

เพื่อลดข้อจำกัดในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ การศึกษาการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ทางเลือกใหม่จึงเป็นสิ่งที่ควรศึกษา การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยเม็ดซีโอไลต์ (zeolite bead) หรือ เม็ดดูดความชื้น (drying bead) ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีผู้ศึกษาเพื่อลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ (Asbrouck and Taridno, 2009) เนื่องจากเม็ดซีโอไลต์เป็นวัตถุดูดความชื้นที่มีช่องว่างขนาดเล็ก (microscopic pore) ซึ่งมีความจำเพาะกับโมเลกุลของไอน้ำ เม็ดซีโอไลต์จึงสามารถดูดความชื้นได้ 20 – 25 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น (Dahal *et al.*, 2011) อย่างไรก็ตามภายหลังการดูดความชื้นเม็ดซีโอไลต์จะคายความร้อนออกมาส่งผลให้อุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นเพิ่มขึ้น (Gopal *et al.*, 1982) ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลต์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศระหว่างการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์
2. ศึกษาระยะเวลาของการลดความชื้นต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ



การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) อยู่ในวงศ์ Solanaceae มีประวัติการค้นพบในยุคก่อนประวัติศาสตร์บริเวณประเทศเอกวาดอร์ ฟังตะวันตกของทวีปอเมริกาใต้ (Doijode, 2001; Oda and Saito, 2006) จากนั้นในศตวรรษที่ 16 ได้กระจายพันธุ์ไปสู่ทวีปยุโรป และเป็นที่รู้จักของคนทั่วโลกดังเช่นปัจจุบัน (Larkcom, 1984) มะเขือเทศมีจำนวนโครโมโซม $2n = 24$ สามารถแบ่งรูปแบบการเจริญเติบโตออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ indeterminate, semideterminate และ determinate ใบเป็นใบประกอบมีสีเขียวเข้มเรียงสลับกันบนลำต้นมีใบย่อย 7 – 9 ใบ (กรุง และคณะ, 2540; Doijode, 2001) มะเขือเทศเป็นพืชผสมตัวเองตามธรรมชาติหรืออาจผสมข้าม 2 – 5 เปอร์เซ็นต์ ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ประกอบด้วยส่วนของเกสรตัวเมียคือ รังไข่ (ovary) ซึ่งประกอบด้วย locules 5 – 9 อัน และก้านชูเกสรตัวเมีย (style) ส่วนของเกสรตัวผู้ประกอบด้วย อับละอองเกสรตัวผู้ (anther) 5 – 10 อัน มีลักษณะเป็นแท่งเชื่อมติดกันเป็นรูปกรวย เรียกว่า anther cap หรือ anther cone ซึ่งล้อมรอบส่วนของเกสรตัวเมีย มะเขือเทศมีกลีบดอกและกลีบเลี้ยงประมาณ 5 – 7 อัน โดยกลีบดอกมีสีเหลืองล้อมรอบส่วนของเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ลักษณะการออกดอกของมะเขือเทศเป็นช่อแบบ raceme ช่อดอกเจริญจากลำต้นบริเวณข้อหรือระหว่างข้อ 1 ช่อ ดอกประกอบด้วยดอกย่อย 4 – 50 ดอก (แตกต่างกันตามสายพันธุ์) ผลมะเขือเทศเป็นผลนุ่มน้ำน้ำ (berry) ประกอบด้วยช่องว่างภายในผล (locule) 2 – 25 ช่อง รูปร่าง ขนาด และสีของผลมะเขือเทศแตกต่างกัน (จานุกฤษณ์, 2541) มะเขือเทศ 1 ผล มีหลายเมล็ด เมล็ดมีรูปร่างคล้ายไต ขนาดเล็ก สีน้ำตาลอ่อน มีขนปกคลุม (Doijode, 2001) เอมบริโอเป็นเส้นโค้งงอตามรูปร่างของเมล็ด และมีเอนโดสเปิร์มเป็นองค์ประกอบสำคัญ แบ่งเป็นเอนโดสเปิร์มผนังบางที่ห่อหุ้มเอมบริโอไว้ และเอนโดสเปิร์มผนังหนาที่ห่อหุ้มทั้งเอนโดสเปิร์มผนังบางและเอมบริโออีกชั้น (Haigh, 1988) เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ มีน้ำหนักประมาณ 2.5 – 3.3 กรัม ต่อ 1,000 เมล็ด (Doijode, 2001)

2. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

ประเทศไทยมีพื้นที่ส่งเสริมการเพาะปลูกและผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศถูกผสมส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือตอนบนที่มีน้ำและระบบชลประทานที่ดีตลอดการเพาะปลูก ซึ่งส่วนใหญ่นิยมผลิตหลังฤดูทำนา โดยเริ่มเพาะกล้าระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือน

ชั้นวาคม ข้ายปลูกเดือนตุลาคมถึงเดือนมีนาคม ผสมเกสรเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม และเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม (จานุลักษณะ, 2541) ดินปลูกมะเขือเทศควรมีความอุดมสมบูรณ์สูงโดยมะเขือเทศเจริญเติบโตได้ดีทั้งในดินร่วน หรือ ดินร่วนปนทราย แต่หน้าดินต้องลึก ระบายน้ำและอากาศได้ดี ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ประมาณ 5 – 7 (Doijode, 2001; กรุงและคณะ, 2540) ในขณะเดียวกันมะเขือเทศมีความต้องการน้ำในปริมาณมากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และให้ผลผลิต ดังนั้นพื้นที่เพาะปลูกมะเขือเทศจึงต้องมีแหล่งน้ำอย่างเพียงพอตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต (จานุลักษณะ, 2541)

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศอยู่ระหว่าง 10 – 30 องศาเซลเซียส (Doijode, 2001) และจะออกดอกได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 15 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิระหว่าง 16 – 17 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการผสมเกสร (pollination) และควรมีช่วงอุณหภูมิต่ำในระดับนี้นานต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการผสมเกสร (จานุลักษณะ, 2541) และหลังจากนั้นช่วงที่มะเขือเทศติดผลควรมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวัน 21 – 24 องศาเซลเซียส (Geisenberg and Stewart, 1986) ทั้งนี้ อุณหภูมิเฉลี่ยกลางวันและกลางคืนได้เข้ามามีบทบาทต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเช่นกัน โดย Peet *et al.* (1997) รายงานว่า อุณหภูมิกลางวันเฉลี่ยที่ 29 องศาเซลเซียส มีผลให้ผลผลิตต่อต้น น้ำหนักผลต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อผล น้อยกว่าอุณหภูมิกลางวันเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Moore and Thomas (1952) เสนอว่า อุณหภูมิกลางวันเฉลี่ยที่สูงกว่า 32 องศาเซลเซียส มีผลให้การติดผลมะเขือเทศลดลงและการติดผลจะลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยกลางวันสูงกว่า 21 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกลางวันที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 14 – 15 องศาเซลเซียส โดยในระยะติดผลถ้าอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนต่างกันมากกว่า 10 องศาเซลเซียส จะส่งเสริมให้เมล็ดมีขนาดใหญ่ และปริมาณผลผลิตที่ได้เพิ่มสูงขึ้น (จานุลักษณะ, 2541)

3. การเก็บเกี่ยวและการแยกทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

การเก็บเกี่ยวผลมะเขือเทศเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์นั้น โดยทั่วไปจะเก็บผลตามอายุเก็บเกี่ยวซึ่งแตกต่างกันตามสายพันธุ์ เช่น Berry and Bewley (1991) รายงานว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ (cv. Caruso) มีความงอกมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บเกี่ยวผลที่อายุ 45 – 70 วันหลังถ่ายละอองเกสร ในขณะที่ Demir and Samit (2008) พบว่า มะเขือเทศพันธุ์ Rio Grande มีความงอกสูงสุดที่อายุ 70 วันหลังดอกบาน และเนื่องจากเมล็ดมะเขือเทศพัฒนาภายในผลสด ดังนั้นที่อายุเก็บเกี่ยวเมล็ดอาจมีความชื้นสูงถึง 53 – 72 เปอร์เซ็นต์ (Doijode, 2001)

การจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยวผลมะเขือเทศจะเริ่มจากนำผลมะเขือเทศมาบ่มในที่ร่ม 1 – 2 วัน เพื่อให้ผลไม้ สะดวกต่อการแยกเมล็ดออกจากผล และยังช่วยให้เมล็ดที่ยังไม่แก่เต็มที่ ได้พัฒนาอีกเล็กน้อยทำให้เมล็ดสมบูรณ์เพิ่มขึ้น จากนั้นผ่าผลตามขวางบีบเมล็ดออก (กรุง, 2536) หรือ บดมะเขือเทศทั้งผลด้วยเครื่องจักรกลเพื่อแยกเมล็ดออกจากเนื้อผล (Opena *et al.*, 2001) เมล็ดมะเขือเทศมักมีเมือกหุ้มเมล็ดอยู่ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความงอกเมื่อนำมาเพาะปลูก (Shinohara, 1989; McCormack, 2004) ดังนั้นจึงต้องหมักเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเพื่อกำจัดเมือกหุ้มเมล็ดออก โดยแบ่งเป็น 2 วิธี ได้แก่ (1) การหมักตามธรรมชาติ การหมักวิธีนี้จะหมักเมล็ดมะเขือเทศในภาชนะพลาสติกนาน 12 – 24 ชั่วโมง (จานุรักษ์, 2541; Karavina *et al.*, 2009) หรือ 48 – 72 ชั่วโมง หากอุณหภูมิระหว่างการหมักอยู่ในช่วง 24 – 27 องศาเซลเซียส (McCormack, 2004; Demir, 2008) ขณะหมักควรคนเมล็ดในภาชนะ 3 – 4 ครั้ง/วัน เพื่อให้การหมักและสีของเมล็ดสม่ำเสมอ (Villareal, 1980) เมื่อครบกำหนดจึงเทน้ำสะอาดใส่ลงถังหมักจนเมล็ดอีกครั้งแล้วทิ้งไว้สักระยะ เพื่อให้เมล็ดจมลงที่ด้านล่างของภาชนะ จากนั้นจึงค่อย ๆ รินน้ำส่วนบนทิ้งไป นำเมล็ดที่จมอยู่ด้านล่างมาล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 2 – 3 ครั้ง แล้วจึงนำไปลดความชื้นในลำดับต่อไป (กรุง, 2536) และ (2) การหมักด้วยสารเคมี สารเคมีที่นำมาใช้ในการหมักเมล็ดพันธุ์มีหลายชนิด เช่น กรดไฮโดรคลอริก แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น การหมักเมล็ดพันธุ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกสามารถทำได้โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 36 เปอร์เซ็นต์ (กรดไฮโดรคลอริก 30 มิลลิลิตร/น้ำ 30 มิลลิลิตร) เทลงในเมล็ดซึ่งปนกับเนื้อของผลปริมาตร 400 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ 30 นาที แล้วล้างด้วยน้ำจนสะอาด (Silva *et al.*, 1982) การหมักด้วยสารเคมีนี้ นอกจากจะช่วยกำจัดเมือกหุ้มเมล็ดได้เร็วกว่าวิธีธรรมชาติแล้ว การใช้สารเคมียังช่วยกำจัดเชื้อ bacterial canker ละลอกกิจกรรมของเชื้อ tomato mosaic virus ที่ติดมากับเมล็ด และทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีสดใสขึ้น (Ritch, 1971; Silva *et al.*, 1982; George, 1985) แต่การหมักด้วยสารเคมีจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมากกว่าการหมักด้วยวิธีธรรมชาติในกรณีที่มีเมล็ดอ่อนหรือแก่เกินไป (Demir and Samit, 2001)

4. การลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์

การลดความชื้นเป็นอีกหนึ่งขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ ต้องมีความชื้นในระดับที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปเก็บรักษา นอกจากนี้ Leopold *et al.* (1988) ได้เสนอว่า การลดความชื้นยังมีส่วนช่วยคลายการพักตัว (release dormancy) และปรับปรุงพัฒนาการของเอ็มบริโอ (improve embryonic development) ด้วยเช่นกัน การสูญเสียความชื้นของเมล็ดพันธุ์

นั้นเกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้ายความชื้นออกจากเมล็ด 2 ครั้ง ครั้งแรกเป็นการเคลื่อนย้ายความชื้นภายในเมล็ดด้วยแรงดึงตามรูเล็ก (capillary) หรือ การแพร่ (diffusion) ตัวผิวของเมล็ด โดยกระบวนการนี้จะเกิดเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในเมล็ด องค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางกายภาพของเมล็ด ส่วนครั้งที่ 2 เป็นการเคลื่อนย้ายความชื้นจากผิวเมล็ดสู่อากาศภายนอกโดยมีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยกำหนดความเร็วในการสูญเสียความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (Boyd *et al.*, 1975; Philpot, 1976) การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เช่น หากเมล็ดพันธุ์สูญเสียความชื้นเร็วเกินไประหว่างการลดความชื้นจะส่งผลกระทบต่อเอมบริโอ (Doijode, 2001) เปลือกหุ้มเมล็ดรอบ ๆ เอมบริโอหดตัวทำให้จำนวนต้นกล้าผิดปกติเพิ่มขึ้น (Lindhout, 2005) แต่หากเมล็ดสูญเสียความชื้นช้าเกินไปเชื้อโรคจะเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ได้ง่ายขึ้น (Harrington, 1972)

4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์

4.1.1 ปัจจัยภายใน

เมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิด/พันธุ์ต่างมีความแตกต่างกัน เช่น ขนาด รูปร่าง และองค์ประกอบทางเคมี เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวต่างมีอิทธิพลต่อการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ (Probert and Hay, 2000) เช่น

ก. ขนาดเมล็ด (Seed size) การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ขนาดใหญ่ต้องใช้เวลานานกว่าเมล็ดพันธุ์ขนาดเล็ก เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายความชื้นภายในเมล็ดยาวนานกว่าเมล็ดพันธุ์ขนาดเล็ก ทั้งนี้การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ขนาดใหญ่เร็วเกินไปจะส่งผลให้โครงสร้างภายในเมล็ดพันธุ์เสียหายจากความแตกต่างของความชื้นระหว่างผิวเมล็ด (เปลือกเมล็ด) และเนื้อเยื่อภายในที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างเมล็ดพันธุ์ทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดเหี่ยวแห้ง (Black and Bewley, 2000)

ข. ปริมาณน้ำมันในเมล็ด (Seed oil content) เมล็ดพันธุ์ที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบหลักจะใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นสั้นกว่าเมล็ดที่มีน้ำมันน้อย (Black and Bewley, 2000) เนื่องจากเมล็ดพืชที่มีน้ำมัน เช่น ถั่วเหลือง และถั่วลิสง จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบภายในเมล็ดน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ เช่น ข้าว และข้าวโพด (ประนอม, 2549)

ก. ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (Seed moisture content) หลังการเก็บเกี่ยวเมล็ด ยังคงความชื้นสูงถึงแม้ว่าจะเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์หลังจากระยะแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) หรือระยะเก็บเกี่ยว (harvesting maturity) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แห้งในผล หรือฝัก เช่น พริก (Demir and Ellis, 1992) และมะเขือเทศ (Doijode, 2001) เป็นต้น

Brandenburg *et al.* (1961) พบว่า เมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงแต่ไม่ถูกนำไปลดความชื้นในทันที มีผลให้เมล็ดหายใจสูงขึ้นจนเกิดการสะสมความร้อน เป็นสาเหตุให้เชื้อโรคและแมลงเข้าทำลายและทำให้ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ลดลง เนื่องจากเมล็ดสูญเสียอาหารสะสมระหว่างการหายใจ นอกจากนี้การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงด้วยอุณหภูมิสูงในทันทีจะส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ได้รับความเสียหาย เช่น สูญเสียความมีชีวิต เกิดการตายนิ่ง หรือถูกเชื้อโรคเข้าทำลาย เป็นต้น (Hill, 1999) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหากเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงมาก ในช่วงแรกควรลดความชื้นของเมล็ดด้วยอุณหภูมิต่ำก่อน จากนั้นจึงค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นให้สูงขึ้นเมื่อความชื้นของเมล็ดลดลง (ประนอม, 2549; Hill, 1999) สำหรับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นสูงไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงกว่า 37.8 องศาเซลเซียส ในการลดความชื้นในช่วงแรก แต่สามารถเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นประมาณ 43.3 องศาเซลเซียส เมื่อเมล็ดพันธุ์มีความชื้นลดต่ำลงหลังการใช้อุณหภูมิต่ำลดความชื้น (Javaregowda *et al.*, 1990)

4.1.2 ปัจจัยภายนอก

ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ เช่น (Philpot, 1976)

ก. อุณหภูมิ (Temperature) อัตราการแพร่ของน้ำจากผิวเมล็ดสู่สภาพแวดล้อมภายนอกนั้นสามารถประเมินได้จากความพร่องของความดันไอน้ำ (the vapour pressure deficit) ของอากาศที่มีอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมโดยอุณหภูมิสูงจะส่งผลให้ความดันไอน้ำของอากาศลดลง ดังนั้นเมล็ดพันธุ์จะสูญเสียความชื้นได้เมื่อความดันไอน้ำของอากาศต่ำกว่าความดันไอน้ำของเมล็ดพันธุ์ โดยทุก 10 องศาเซลเซียส ของอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นมีผลให้อัตราการสูญเสียความชื้นของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่า (Probert and Hay, 2000) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ทั่วไปโดยปกติแล้วไม่ควรเกิน 45 องศาเซลเซียส (McLean, 1989) แต่สำหรับเมล็ดพันธุ์ฝักนั้น Harrington (1972) เสนอว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการลดความชื้นไม่ควรสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส เพราะหากอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นสูง

เกินไปอาจทำให้เมล็ดพันธุ์ได้รับความเสียหาย เช่น ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดจะลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูง (Philpot, 1976; Almekinders and Luowaars, 1999) เปลือกหุ้มเมล็ด และเอมบริโอ เกิดรอยแตก ซึ่งในกรณีที่เปลือกหุ้มเมล็ดเกิดรอยแตกนี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เมล็ดพันธุ์ได้รับความเสียหายหลังการคูดน้ำ (imbibition damage) เนื่องจากเมล็ดจะคูดน้ำมากเกินไปเกินความต้องการ (excess water) หรือสูญเสียคุณสมบัติของเยื่อเลือกผ่าน (loss of seed selective permeability) (Siddique and Wright, 2003) หรืออาจส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงจนกระทั่งเมล็ดตาย (จวงจันทร, 2529)

Agbo and Nwosu (2009) รายงานว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อลดความชื้นด้วยอุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งมีความชื้นสุดท้าย 14 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกสูงที่สุดคือ 90 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ Demir *et al.* (2008) รายงานว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พริกที่อายุเก็บเกี่ยว 55 วันหลังดอกบาน ด้วยอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก 90 เปอร์เซ็นต์ แต่การลดความชื้นที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เมล็ดพันธุ์มีความงอก 99 และ 94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รวมถึง Javaregowda *et al.* (1990) ได้เสนอว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยวิธีผึ่งแดดโดยตรงหรือวิธีพรางแสง แล้วต่อด้วยอุณหภูมิ (air temperature) 40 องศาเซลเซียส จะช่วยเพิ่มคุณภาพแก่เมล็ดพันธุ์โดยไม่เป็นอันตรายต่อเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ และได้สรุปว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยอุณหภูมิ 35 หรือ 45 องศาเซลเซียส จะไม่ส่งผลกระทบต่อความงอกแต่การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยอุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีความงอก 70 และ 64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ข. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการควบคุมระดับความดันไอน้ำของอากาศ เพราะหากในบรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะทำให้อากาศมีความดันไอน้ำต่ำซึ่งส่งผลให้น้ำภายในเมล็ดระเหยออกสู่ภายนอกได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นความชื้นของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็นสำคัญ (ประนอม, 2549) โดยความชื้นของเมล็ดจะลดลงเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ลดลง หรือเมล็ดพันธุ์จะรับหรือถ่ายเทความชื้นกับบรรยากาศจนกว่าความดันไอน้ำภายในเมล็ดพันธุ์เท่ากับแรงดันไอน้ำรอบ ๆ เมล็ด จึงแสดงให้เห็นว่าความชื้นสัมพัทธ์รอบ ๆ เมล็ดพันธุ์ที่ต้องการลดความชื้นควรอยู่ในระดับต่ำไม่ควรเกิน 60 เปอร์เซ็นต์ (จวงจันทร, 2529)

บุญมี และคณะ (2551) ศึกษาการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมเพื่อการส่งออกด้วยวิธีการลดความชื้นของเกษตรกรหรือวิธีผึ่งแดดโดยตรง เปรียบเทียบกับการลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้ง โดยผ่านอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ (อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส) เข้าไปในกล่องบรรจุเมล็ดพันธุ์เพื่อให้อากาศที่มีความชื้นต่ำดึงเอาความชื้นออกจากเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศพบว่า การลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้งทำให้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้นระหว่าง 52 – 73 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้น 6 – 8 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในขณะที่การลดความชื้นด้วยวิธีผึ่งแดดโดยตรงต้องใช้เวลาถึง 96 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นสุดท้ายเท่ากัน และเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการลดความชื้นไปทดสอบความงอกในโรงเรือนทดลอง พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้งมีความงอกประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การลดความชื้นด้วยวิธีผึ่งแดดโดยตรงมีความงอกประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์

4.2 วิธีการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์

สามารถแบ่งวิธีการลดความชื้นออกเป็น 2 ประเภท ตามแหล่งพลังงานที่นำมาใช้ในการลดความชื้น ดังนี้

4.2.1 การลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีธรรมชาติ (Natural drying)

การลดความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติเป็นการลดความชื้นโดยใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ หรือกระแสลมตามธรรมชาติ การลดความชื้นรูปแบบนี้นิยมปฏิบัติโดยทั่วไปในเขตร้อนชื้น (Hill, 1999) ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญในการลดความชื้น (จวงจันท์, 2529) สามารถแบ่งวิธีการลดความชื้นด้วยวิธีทางธรรมชาติออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

ก. การผึ่งแดดโดยตรง (Sun drying) ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถูกทำให้ลดลงโดยอาศัยพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรงด้วยการผึ่งเมล็ดพันธุ์กลางแจ้ง เกษตรกรรายย่อยนิยมปฏิบัติในพื้นที่เขตร้อนชื้น เนื่องจากต้นทุนการผลิตต่ำ (Owolade *et al.*, 2005) แต่การลดความชื้นด้วยวิธีนี้ไม่สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นได้ อุณหภูมิของเมล็ดอาจเพิ่มสูงถึง 60 – 70 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ด

ลีดำ หรือพลาสติกกรองเมล็ดเพื่อลดความชื้นมีลีดำ ส่งผลให้สีของเมล็ดพืชบางชนิดซีดจางลง เช่น พืชวงศ์ถั่ว (Hill, 1999) Agbo and Nwosu (2009) ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกันพบว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือในระยะ mid – full seed ด้วยวิธีผึ่งแดดโดยตรงที่อุณหภูมิประมาณ 39 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 59 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกสูงสุด (73 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเก็บรักษานาน 3 เดือน ในขณะที่ Hunje *et al.* (2007) ได้ศึกษาการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พริกด้วยวิธีที่แตกต่างกัน จากการทดลองพบว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พริกด้วยวิธีผึ่งแดดโดยตรงทำให้เมล็ดพันธุ์พริกมีความงอก 87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าการลดความชื้นด้วยเครื่อง hot air oven (อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส) ที่มีความงอกสูงสุดที่ 90 เปอร์เซ็นต์

ข. การพรางแสง (Shade drying) การลดความชื้นวิธีนี้คล้ายกับการลดความชื้นด้วยการผึ่งแดดโดยตรงแต่จะลดความรุนแรงของแสงแดดที่เมล็ดพันธุ์ได้รับด้วยการใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ พรางแสง ทำให้เมล็ดพันธุ์ไม่ดูดซับความร้อนมากเมื่อเทียบกับการผึ่งแดดโดยตรง จึงสามารถคงคุณภาพเมล็ดได้ดีกว่าสำหรับเมล็ดพันธุ์บางชนิด โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์พืชใบเลี้ยงคู่ที่มีเมล็ดขนาดใหญ่ เช่น เมล็ดถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง เป็นต้น รวมถึงเมล็ดพืชชนิดอื่น เช่น หอมหัวใหญ่ ข้าวโพดหวาน และผักกาดหอม เป็นต้น (Hill, 1999) Nepane *et al.* (1993) รายงานว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พริกหวาน (cv. Callifornia Wonder) ด้วยวิธีพรางแสง 4 – 6 ชั่วโมง แล้วต่อด้วยการลดความชื้นโดยการผึ่งแดดโดยตรงนาน 12 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดพันธุ์พริกหวานมีความงอกสูงสุดในปีที่ 1 และ 2 ที่ทำการศึกษาคือ 57.80 และ 82.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการลดความชื้นวิธีอื่น เช่นเดียวกับ Nascimento *et al.* (1994) ที่รายงานว่า การลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสงนาน 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดพันธุ์แตงกวามีความงอกสูงสุด (96 เปอร์เซ็นต์) แต่จากการศึกษาของ Hunje *et al.* (2007) พบว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พริกด้วยการพรางแสงมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยความงอกในห้องปฏิบัติการและแปลงปลูกต่ำกว่าการลดความชื้นด้วยเครื่อง hot air oven และการลดความชื้นด้วยการผึ่งแดดโดยตรง

ค. การระบายอากาศตามธรรมชาติ (Natural ventilation) การลดความชื้นวิธีนี้แตกต่างจาก 2 วิธีแรก คือ ดันกำเนิดของพลังงานที่มีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดลง โดยวางเมล็ดพันธุ์บนชั้นที่ยกสูงจากพื้นดินเพื่อให้เกิดการถ่ายเทของอากาศทั้งจากด้านบนสู่ด้านล่างและด้านล่างสู่ด้านบน (Hill, 1999) เช่น การแขวนผักข้าวโพดบนราวที่มีอากาศถ่ายเทเพื่อลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (จวงจันท์, 2529)

4.2.2 การลดความชื้น โดยการปรุงแต่งสภาพอากาศ (Artificial drying)

การลดความชื้นวิธีนี้จะใช้พลังงานจากแหล่งต่าง ๆ เช่น ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซหุงต้ม และวัตถุดิบความชื้น เป็นต้น เพื่อลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ ทดแทนการใช้พลังงานที่ได้จากธรรมชาติ ดังนั้นสภาพแวดล้อมจึงไม่ใช่ปัจจัยจำกัดของการลดความชื้น การลดความชื้นรูปแบบนี้นิยมปฏิบัติในเชิงการค้า ทั้งยังสามารถส่งเสริมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้จากการควบคุมสภาพบรรยากาศระหว่างการลดความชื้น เช่น ความชื้น และอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Hill, 1999) การลดความชื้นโดยการปรุงแต่งสภาพอากาศแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ ดังนี้

ก. การลดความชื้นในระบบเปิด (Opened system) การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยระบบนี้มีหลักการที่สำคัญคือ อากาศรอบ ๆ ระหว่างการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ต้องหมุนเวียน ถ่ายเทความร้อนจากชั้นของเมล็ดพันธุ์บริเวณหนึ่งไปยังบริเวณหนึ่ง โดยองค์ประกอบสำคัญในการลดความชื้นคือ พัดลม และเครื่องกำเนิดความร้อน (heater และ burner) ที่ทำให้ความชื้นภายในเมล็ดลดลงด้วยการเป่าลมร้อนผ่านเข้าไปในกองเมล็ดพันธุ์ที่บรรจุในโรงอบ ถังอบ หรือ กระสอบ ซึ่งอัตราเร็วและอุณหภูมิของลมร้อนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (จวงจันท์, 2529) Hunje *et al.* (2007) รายงานว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พริกที่มีความชื้นเริ่มต้น 40 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเครื่อง hot air oven ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ทุกวัน จนกระทั่งเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสุดท้าย 8 – 9 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกในห้องปฏิบัติการและแปลงปลูกสูงสุด คือ 90 และ 84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ Bankole *et al.* (2005) ศึกษาการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ Egusi melon ด้วยวิธีต่าง ๆ พบว่า การลดความชื้นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง hot air oven นาน 9 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นต่ำที่สุด (6 เปอร์เซ็นต์) และมีความงอกสูงที่สุดตลอดอายุเก็บรักษา สำหรับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ Opena *et al.* (2001) แนะนำว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมเมื่อลดความชื้นด้วยเครื่อง air drier อุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นควรอยู่ระหว่าง 28 – 30 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาลดความชื้นติดต่อกันนาน 3 – 4 วัน จนกระทั่งเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีความชื้น 6 – 8 เปอร์เซ็นต์

ข. การลดความชื้นในระบบปิด (Closed system) การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ในระบบปิดนี้จะใช้สารดูดความชื้นทดแทนเครื่องกำเนิดความร้อน ความชื้นของเมล็ดพันธุ์จะลดลงเนื่องจากสารดูดความชื้นจะดูดความชื้นในสภาพแวดล้อม (ภายในระบบปิด) ทำให้ความชื้น

สัมพัทธ์ภายในระบบลดลง เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ลดลงเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงจะคายความชื้นออกสู่ภายนอก ความชื้นของเมล็ดพันธุ์จะคงที่เมื่อสารดูดความชื้นไม่สามารถดูดความชื้นได้อีกต่อไป สารดูดความชื้นส่วนใหญ่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกครั้งหลังใช้ (ประนอม, 2549) การใช้สารดูดความชื้นเพื่อลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์นิยมนำมาใช้ลดความชื้นตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่มีปริมาณน้อย (Probert and Hay, 2000) โดยสารดูดความชื้นที่นิยมนำมาใช้ เช่น ซิลิกาเจล โซเดียมฟอสเฟต แอมโมเนียมคลอไรด์ โซเดียมโบรไมด์ และแคลเซียมคลอไรด์ เป็นต้น จากการศึกษาการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยซิลิกาเจลของอารมย์ (2533) พบว่า การใช้อัตราส่วนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองต่อซิลิกาเจล 20 : 1 และ 30 : 1 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความชื้นเริ่มต้น 14 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ระยะเวลาลดความชื้นนาน 22 และ 24 วัน ตามลำดับ เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีความชื้นสุดท้าย 6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ Demir *et al.* (2008) ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พริกที่มีความชื้นเริ่มต้น 45 – 59 เปอร์เซ็นต์ โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ 35 เปอร์เซ็นต์ ด้วยแคลเซียมคลอไรด์เพื่อให้เมล็ดมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

โดยทั่วไปการลดความชื้นโดยการปรุงแต่งสภาพอากาศ (artificial drying) จะใช้ระยะเวลาน้อยกว่าการลดความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติเมื่อเมล็ดพันธุ์มีระดับความชื้นเริ่มต้นเท่ากัน และการลดความชื้นโดยการปรุงแต่งสภาพอากาศยังมีผลให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นหลังการลดความชื้นต่ำกว่าการลดความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติ บุญมี และคณะ (2551) ศึกษาวิธีการลดความชื้นและคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมเพื่อการส่งออกพบว่า การลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้ง (modified air drier) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 66 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นสุดท้าย 7 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 24 ชั่วโมง ในขณะที่การผึ่งแดดโดยตรงต้องใช้เวลารวมถึง 96 ชั่วโมง (4 วัน) ซึ่งความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ผ่านการลดความชื้นด้วยวิธีทั้ง 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ แต่ผลการทดสอบความงอกในโรงเรือนทดลองกลับพบว่า การลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นมีความงอกและความเร็วในการงอกสูงกว่าการลดความชื้นด้วยวิธีการผึ่งแดดโดยตรง Roopa (2006) รายงานว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แตงเทศด้วยเครื่อง hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 22 ชั่วโมง เท่านั้น แต่การลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสงต้องใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นนานถึง 52 ชั่วโมง และ Bankole *et al.* (2005) รายงานว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ Egusi melon ด้วยเครื่อง hot air oven ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นเพียง 9 ชั่วโมง ซึ่งทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้น

สุดท้ายน้อยที่สุดประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การลดความชื้นด้วยวิธีผึ่งแดดโดยตรงต้องใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นนานถึง 26 ชั่วโมง และหลังการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ยังคงความชื้นสูงคือ ประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้การลดความชื้นโดยการปรุงแต่งสภาพอากาศจะพบการเข้าทำลายของเชื้อโรคหรือแมลงในเมล็ดพันธุ์น้อยกว่าการลดความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติ จากการศึกษาของ Bankole *et al.* (2005) พบว่า ที่อายุเก็บรักษานาน 6 เดือน เมล็ดพันธุ์ Egusi melon ที่ลดความชื้นด้วยวิธีผึ่งแดดโดยตรงซึ่งมีความชื้นก่อนการเก็บรักษาประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ พบการเข้าทำลายของเชื้อรามากถึง 44 เปอร์เซ็นต์ และมีความงอกเพียง 46 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ก่อนการเก็บรักษาที่มีความงอกถึง 96 เปอร์เซ็นต์ แต่เมล็ดพันธุ์ Egusi melon ที่ลดความชื้นด้วยเครื่อง hot air oven ความชื้นเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษาประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ พบการเข้าทำลายของเชื้อราเพียง 16 เปอร์เซ็นต์ และมีความงอก 75 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้การเข้าทำลายของเชื้อราที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความงอกมีแนวโน้มลดลง

ถึงแม้ว่าการลดความชื้นด้วยการปรุงแต่งสภาพอากาศจะช่วยลดระยะเวลาในการลดความชื้นรวมถึงช่วยลดการเข้าทำลายจากเชื้อโรคและแมลง แต่จากการศึกษาของ Mini *et al.* (2003) พบว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พืชผักเขียวด้วยวิธีพรางแสงทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก (77.29 เปอร์เซ็นต์) และความเร็วในการงอก (16.28) สูงที่สุดในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นมีความงอกและความเร็วในการงอก 71.63 เปอร์เซ็นต์ และ 15.88 ตามลำดับ

5. เม็ดซีโอไลท์ (Zeolite bead)

เม็ดซีโอไลท์ (zeolite bead) มีชื่อเรียกอื่น เช่น zeolite drying bead, Mobidry, molecular sieves และ drying bead เป็นต้น (Asbrouck and Taridno, 2009; Dahal *et al.*, 2011) เม็ดซีโอไลท์มีส่วนผสมของ zeolite ซึ่งประกอบจากโครงร่างผลึกของ aluminosilicates จึงทำให้มีช่องว่างขนาดเล็ก (microscopic pore) จำนวนมาก โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.4 – 0.8 นาโนเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าช่องว่างภายในของซิลิกาเจลถึง 10 เท่า (Anonymous, 2006) ดังนั้นเม็ดซีโอไลท์จึงสามารถดูดซับโมเลกุลสารที่มีขนาดเล็กได้ดีกว่าซิลิกาเจล จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้เม็ดซีโอไลท์เป็นสารดูดความชื้นที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับความชื้นสูง ถึงแม้ว่าขณะนั้นอากาศจะมี

ความชื้นต่ำ (Asbrouck and Taridno, 2009) โดยจะลดความชื้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่ง microscopic pore เต็มไปด้วยน้ำหรืออาจลดความชื้นได้มากถึง 20 – 25 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น นอกจากนี้เม็ดซีโอไลต์ที่ผ่านการใช้งานแล้วยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยอบที่อุณหภูมิมากกว่า 200 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และคาดว่าเม็ดซีโอไลต์จะสามารถอบเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้มากถึง 10,000 ครั้ง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเม็ดซีโอไลต์ (Dahal *et al.*, 2011) โดยทั่วไปเม็ดซีโอไลต์จะถูกนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น ลดความชื้นระหว่างการเก็บรักษาสารเคมีบางชนิด เช่น กลุ่ม unsaturated hydrocarbons (เช่น ethylene propylene และ butadiene) กลุ่ม highly polar compounds (เช่น methanol และ ethanol) และ liquid alcohol เป็นต้น กำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซธรรมชาติ ลดความชื้นผลิตผลทางการเกษตร และบรรจุในถุงขนาดเล็กเป็นถุงลดความชื้นในตู้เย็น เป็นต้น ทั้งนี้เม็ดซีโอไลต์ที่จำหน่ายในท้องตลาดนั้นมีรูปร่าง ขนาด และคุณลักษณะที่แตกต่างกันออกไปเพื่อให้เหมาะสมต่อวัตถุประสงค์ในการใช้งาน

เม็ดซีโอไลต์มีคุณลักษณะบางประการที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เพื่อลดความชื้น เช่น เคลื่อนย้ายได้สะดวก ไม่ต้องใช้พลังงานเชื้อเพลิงระหว่างการลดความชื้น สามารถประเมินความชื้นสุดท้ายของเมล็ดพันธุ์ได้ตามสูตรของ Probert and Hay (2000) ในกรณีนำไปใช้เพื่อลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ และไม่ก่อให้เกิดสารพิษตกค้างกับวัตถุหรือสิ่งของที่นำมาลดความชื้นรวมถึงเมล็ดพันธุ์ด้วยเช่นกัน (Asbrouck and Taridno, 2009) เม็ดซีโอไลต์ถูกนำมาใช้เพื่อลดความชื้นเมล็ดพันธุ์เมื่อไม่นานมานี้โดย Asbrouck and Taridno (2009) ที่ศึกษาการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แดงกว่าด้วย drying bead หรือ เม็ดซีโอไลต์ จากการศึกษาพบว่า ความชื้นของเมล็ดพันธุ์แดงกว่าลดลงจาก 14 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 5 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลาเพียง 1 ชั่วโมง เท่านั้น โดยการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลต์ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แดงกว่าถึงแม้ว่าอุณหภูมิสูงสุดระหว่างการลดความชื้นมีค่า 41 องศาเซลเซียส ซึ่งเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการลดความชื้น 2 – 6 องศาเซลเซียส ดังนั้นการนำเม็ดซีโอไลต์มาลดความชื้นเมล็ดพันธุ์จึงถือเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตาม Gopal *et al.* (1982) รายงานว่า เม็ดซีโอไลต์ดูดซับความชื้นแล้วจะปลดปล่อยพลังงานและคายความร้อนออกมา ดังนั้นการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยเม็ดซีโอไลต์จึงควรคำนึงถึงอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

6. การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

Harrington (1972) ได้เสนอว่า ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่ลดลงทุก ๆ 1 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์นานขึ้น 1 เท่า ดังนั้นความชื้นของเมล็ดพันธุ์จึงมีบทบาทสำคัญต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ เพราะหากนำเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงมาเก็บรักษาจะส่งผลให้เมล็ดหายใจเร็วขึ้นส่งผลให้เกิดความร้อนซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโรคและแมลง ในขณะที่ความชื้นที่ต่ำกว่าการย่อยสลายอาหารสะสมจะเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำหนักแห้งของเมล็ดพันธุ์ลดลง ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Doijode, 2001) และหากเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นต่ำเกินไปอาจส่งผลให้เมล็ดพันธุ์สะสมสารพิษ เช่น เมทานอล (methanol) เอทานอล (ethanol) และ acetaldehyde เป็นต้น มากเกินไปจนอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโครโมโซม (chromosomal change) (Bass, 1973) หรือมีผลให้อายุเก็บรักษาลดลง (Chai *et al.*, 1998)

ระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาจะแตกต่างกันตามชนิดพืช โดยปกติแล้วไม่ควรเกิน 14 เปอร์เซ็นต์ หรือต่ำกว่านั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเก็บรักษา (Kelly, 1988) Harrington (1972) เสนอว่า เมล็ดพันธุ์ควรมีความชื้น 5 – 14 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเพื่อให้เหมาะสมต่อการเก็บรักษาและเพิ่มอายุขัยแก่เมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์จึงควรมีความชื้นประมาณ 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ Doijode (2001) เสนอว่า ระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศควรอยู่ระหว่าง 5 – 7 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Cheema and Dhaliwal (2004) ได้เสนอว่า ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาไม่ควรสูงกว่า 8 เปอร์เซ็นต์

Roopa (2006) รายงานว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์แดงเทศที่ผ่านการลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกันคือ การผึ่งแดดโดยตรง การพรางแสง และการลดความชื้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยการลดความชื้นด้วยการผึ่งแดดโดยตรงทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกต่ำที่สุดประมาณ 56 – 58 เปอร์เซ็นต์ แต่การลดความชื้นด้วยการพรางแสงและการลดความชื้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกสูงสุดโดยมีค่าใกล้เคียงกันคือ 63 – 64 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุเก็บรักษานาน 10 เดือน Bankole *et al.* (2005) รายงานว่า ที่อายุเก็บรักษา 6 เดือน เมล็ดพันธุ์ Egusi melon ที่ลดความชื้นด้วยวิธีผึ่งแดดโดยตรง (ความชื้นก่อนการเก็บรักษา 9 เปอร์เซ็นต์) พบการเข้าทำลายของเชื้อรามากถึง 44 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความงอกเพียง 46 เปอร์เซ็นต์ แต่เมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่อง hot air oven (ความชื้นก่อนการเก็บรักษา 6 เปอร์เซ็นต์) พบการเข้าทำลายของเชื้อราเพียง 16 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น และมีความงอกสูงถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้การ

เข้าทำลายของเชื้อรามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นในขณะที่ความงอกมีแนวโน้มลดลง Ozcoban and Demir (2002) รายงานว่า ที่อายุเก็บรักษานาน 18 เดือน เมล็ดพันธุ์พริกที่มีความชื้น 8 – 10 เปอร์เซ็นต์ก่อนการเก็บรักษามีความงอก 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ก่อนการเก็บรักษามีความชื้น 12 – 14 เปอร์เซ็นต์ ที่มีความงอกประมาณ 44 – 67 เปอร์เซ็นต์



อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยการพรางแสง (shade drying)

เก็บเกี่ยวผลมะเขือเทศที่สุกแดงเต็มที่จากแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกรในจังหวัดอุดรธานี ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 แยกส่วนของเมล็ดจากเนื้อผลนำมาหมักในถังพลาสติกนาน 24 ชั่วโมง เลือกละเอินเมล็ดสมบูรณ์ที่จมน้ำ ล้างเมล็ดให้สะอาด แล้วใส่เครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินออก

นำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ได้มาลดความชื้นด้วยวิธีการพรางแสงโดยเกลี่ยเมล็ดให้สม่ำเสมอ บนชั้นตาข่ายพรางแสงและใช้ตาข่ายพรางแสงสีฟ้าคลุมเหนือกองเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศประมาณ 15 เซนติเมตร เกลี่ยกองเมล็ดพันธุ์ทุก ๆ ชั่วโมง เพื่อช่วยให้เมล็ดพันธุ์ไม่ติดกันและทำให้อากาศภายในกองเมล็ดพันธุ์หมุนเวียนดียิ่งขึ้น สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ทุกชั่วโมง แล้วนำมาหาความชื้นของเมล็ดด้วยเครื่อง moisture balance จนเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีความชื้นลดลงเหลือประมาณ 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเหนือกองเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ ตั้งแต่เริ่มทำการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง นำค่าที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์

การทดลองที่ 2 ประสิทธิภาพของเม็ดซีโอไลท์ (zeolite bead) และการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเม็ดซีโอไลท์ (zeolite bead)

2.1 ประสิทธิภาพในการลดความชื้นของเม็ดซีโอไลท์ (zeolite bead)

นำเม็ดซีโอไลท์ (ภาพผนวกที่ 1) มาหาความชื้นโดยบรรจุลงกระป๋องอะลูมิเนียม บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นของเม็ดซีโอไลท์ จากนั้นนำกระป๋องอะลูมิเนียมที่บรรจุเม็ดซีโอไลท์ตั้งทิ้งไว้ในห้องปฏิบัติการ บันทึกน้ำหนักเม็ดซีโอไลท์ อุณหภูมิห้อง และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปฏิบัติการทุกชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักเม็ดซีโอไลท์คงที่ ทำ 2 ซ้ำ นำค่าน้ำหนักของเม็ดซีโอไลท์ที่บันทึกได้ในแต่ละชั่วโมงมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดความชื้น ดังสูตร

$$\text{การลดความชื้น (\%)} = \frac{ZB_n - ZB_i}{ZB_i} \times 100$$

เมื่อ ZB_n คือ น้ำหนักเม็ดซีโอไลต์ในชั่วโมงที่ n ($n = 1, 2, 3, \dots, n$)
 ZB_i คือ น้ำหนักเริ่มต้นของเม็ดซีโอไลต์

2.2 การลดความชื้นเม็ดคัพซิมูมิเยอเทสด้วยเม็ดซีโอไลต์ (zeolite bead)

นำเม็ดคัพซิมูมิเยอเทสน้ำหนัก 20 กรัม ที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 หรือ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้จากการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสงบรรจุขวดพลาสติกทนความร้อนร่วมกับเม็ดซีโอไลต์ที่สัดส่วนแตกต่างกัน คือ 30 40 หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวม (น้ำหนัก 10 15 และ 20 กรัม ตามลำดับ) จากนั้นนำขวดพลาสติกทนความร้อนที่บรรจุเม็ดคัพซิมูมิเยอเทสและเม็ดซีโอไลต์ ผูกยึดกับเครื่องหมุนเหวี่ยงที่มีความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที (ภาพผนวกที่ 2) เพื่อให้เม็ดคัพซิมูมิเยอเทสและเม็ดซีโอไลต์ คลุกเคล้ากันอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลา 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดการลดความชื้นแต่ละชั่วโมง แยกเม็ดคัพซิมูมิเยอเทสออกจากเม็ดซีโอไลต์ เพื่อนำเม็ดคัพซิมูมิเยอเทสเหล่านั้นมาหาความชื้นของเม็ดคัพซิมูมิเยอเทสด้วยวิธี high constant temperature oven method ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง (ISTA, 2009) โดยคำนวณความชื้นของเม็ดคัพซิมูมิเยอเทสจากสูตร

$$\text{ความชื้นของเม็ดคัพซิมูมิเยอเทส (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดของเม็ดคัพซิมูมิเยอเทส} - \text{น้ำหนักแห้งของเม็ดคัพซิมูมิเยอเทส}}{\text{น้ำหนักสดของเม็ดคัพซิมูมิเยอเทส}} \times 100$$

บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลต์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาศึกษา ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลต์
2. การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเม็ดคัพซิมูมิเยอเทสหลังลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลต์ โดยวิเคราะห์ผลการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial in completely randomized design (Factorial in

CRD) ประกอบด้วยปัจจัย A คือ ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัย B คือ สัดส่วนเม็ดซีโอไลท์ 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวม

การทดลองที่ 3 ผลของการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์ (zeolite bead) ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

นำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้น 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้จากการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 หรือ 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเม็ดซีโอไลท์ ภายในระยะเวลาที่แตกต่างกัน คือ 1 หรือ 2 ชั่วโมง มาทดสอบคุณภาพของเมล็ดหลังจากเก็บรักษาในห้องควบคุมอุณหภูมิ (20 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 2 6 และ 12 เดือน เปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ผ่านการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสง (control) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) แล้วนำมาศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

3.1 ความงอก (Standard germination)

ทดสอบความงอกโดยเฉพาะเมล็ดแบบ Top of paper จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ที่อุณหภูมิ 20/30 องศาเซลเซียส ประเมินความงอกครั้งแรก (first count) 5 วันหลังเพาะเมล็ด และครั้งสุดท้าย (final count) 14 วันหลังเพาะเมล็ด (ISTA, 2009) จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอก ดังสูตร

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

3.2 เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time; MGT)

เพาะเมล็ดเช่นเดียวกับวิธีทดสอบความงอก ตรวจนับต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวันเป็นเวลา 14 วัน นำข้อมูลมาคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการงอก จากสูตร (Ellis and Roberts, 1980)

$$\text{MGT} = \frac{(G_1 \times D_1 + G_2 \times D_2 + \dots + G_n \times D_n)}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด}}$$

เมื่อ $G_{1,2,\dots,n}$ คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกวันที่ 1, 2, ..., n ($n = 14$)
 $D_{1,2,\dots,n}$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, ..., n ($n = 14$) หลังจากวันเพาะเมล็ด

3.3 ดัชนีความงอก (Germination index; GI) หรือ ความเร็วในการงอก (Speed of germination) เพาะเมล็ดเช่นเดียวกับวิธีการทดสอบความงอก แต่จะตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวันหลังเพาะเมล็ด เป็นเวลา 14 วัน แล้วนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอก จากสูตร (AOSA, 2002)

$$\text{ดัชนีความงอก (GI) = ผลรวมของ } \left\{ \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันที่ต้นกล้าปกติงอกในแต่ละวัน}} \right\}$$

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ ก 505 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ และแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี

ระยะเวลาทำการทดลอง

ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 ถึง เมษายน พ.ศ. 2553

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยการพรางแสง (shade drying)

นำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังแยกจากผลและหมักในถังพลาสติกนาน 24 ชั่วโมง มาล้างทำความสะอาดโดยเลือกเอาเฉพาะเมล็ดที่จมน้ำเท่านั้นมาใส่เครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินออกไป จากนั้นจึงนำมาลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสงซึ่งเป็นการลดความชื้นที่ใช้โดยทั่วไปสำหรับการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ โดยใช้ตาข่ายพรางแสงสีฟ้าคลุมเหนือกองเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศตั้งแต่วันที่ 09.30 น. จากการทดลองพบว่า เมล็ดมีความชื้นเริ่มต้น 60.13 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นประมาณ 31 องศาเซลเซียส และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากนั้นหลังการลดความชื้นในชั่วโมงที่ 1 และ 2 ความชื้นของเมล็ดลดลงเหลือ 53.36 และ 47.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ด้วยอัตราการสูญเสียความชื้น 6.77 และ 5.54 เปอร์เซ็นต์/ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากอัตราการสูญเสียความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในชั่วโมงที่ 3 และ 4 ที่มีค่าสูงถึง 14.48 และ 18.89 เปอร์เซ็นต์/ชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นผลมาจากความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลงจาก 59 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 2 เหลือ 43 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ดังนั้นเมล็ดจึงมีความชื้น 33.34 และ 14.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงชั่วโมงที่ 4 มีค่า 30 – 34 องศาเซลเซียส และในชั่วโมงที่ 5 (เวลา 14.30 น.) ถึงแม้ว่าความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดลงเหลือ 6.23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา (Doijode, 2001) ด้วยอัตราการสูญเสียความชื้น 8.22 เปอร์เซ็นต์/ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 1 ภาพที่ 1 และตารางผนวกที่ 1) อย่างไรก็ตามหากลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศต่อไปอีกความชื้นของเมล็ดพันธุ์อาจเพิ่มขึ้นอีกครั้งเพราะความชื้นสัมพัทธ์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

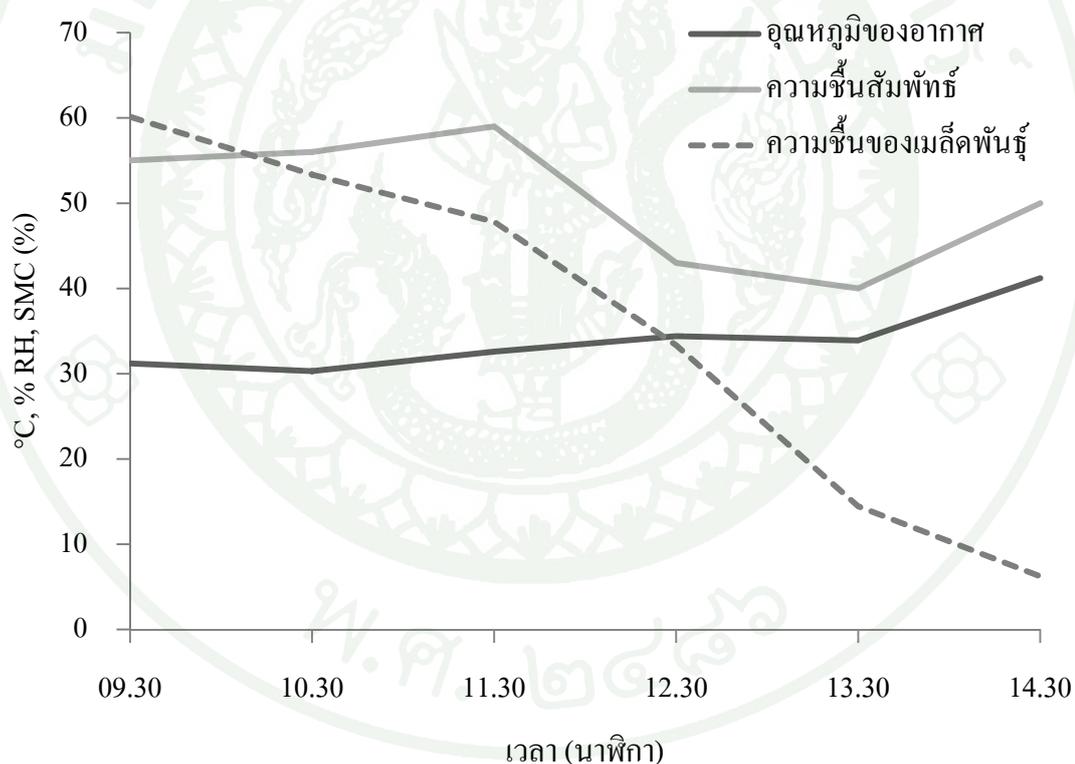
อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์ระหว่างการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสง จากการทดลองนี้พบว่า ทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์นั้นต่างเหมาะสมต่อการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ โดยอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงชั่วโมงที่ 4 (ภาพที่ 1) อยู่ในช่วงที่ปลอดภัยต่อเมล็ดพันธุ์คือ ต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส (Harrington, 1972) ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ยังมีความชื้นสูง และถึงแม้ว่าระหว่างการลดความชื้นในชั่วโมงสุดท้ายอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นถึง 41 องศาเซลเซียส แต่ในขณะนั้นความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเริ่มมีค่าลดลงเหลือ 14.45 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 1 ดังนั้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจึงไม่ได้รับ

ผลกระทบจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเพราะเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นต่ำจะทนต่ออุณหภูมิสูงระหว่างการลดความชื้นได้ดี (Javaregowda *et al.*, 1990)

จากสภาพอากาศระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยวิธีพรางแสงดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นส่งผลให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดลงอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาคือ 6.23 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 1 วัน หรือใช้ระยะเวลาเพียง 5 ชั่วโมง ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้การลดความชื้นทางเล็อกใหม่เข้าช่วย อย่างไรก็ตามการลดความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมระหว่างการลดความชื้นได้นั้น โดยทั่วไปเกษตรกรจะลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยการผึ่งแดด 2 – 3 วัน จนเมล็ดแห้งแล้วนำมาผึ่งในที่ร่มอีกครั้งนาน 2 – 3 วัน จนแห้ง (จานุถกษณ์, 2541) การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ลักษณะนี้นอกจากต้องใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นยาวนานเกินความจำเป็นแล้วเกษตรกรยังต้องเก็บเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในเวลากลางวันเพื่อรอการลดความชื้นในช่วงวันถัดมาซึ่งอาจทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ได้ง่าย (Bankole *et al.*, 2005) โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเก็บในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงอาจทำให้เมล็ดลดความชื้นในอากาศเข้าไปอีกครั้งซึ่งส่งผลให้เมล็ดมีความชื้นสูงขึ้นหรือหลังการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงกว่าระดับที่ต้องการ เช่น Bankole *et al.* (2005) รายงานว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ Egusi melon ด้วยวิธีผึ่งแดดโดยตรงที่อุณหภูมิ 25 – 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 – 100 เปอร์เซ็นต์ นาน 26 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นมากที่สุดประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ แต่การลดความชื้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นต่ำที่สุดประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ในขณะที่ Hunje *et al.* (2007) รายงานว่า เมล็ดพันธุ์พริกที่ลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสงมีความชื้นสูงสุดประมาณ 9.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการลดความชื้นด้วยวิธีอื่น เช่น การลดความชื้นด้วยการผึ่งแดดโดยตรงทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นประมาณ 8.7 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสงอาจมีความชื้นสูงกว่าระดับที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาจนเป็นเหตุให้เชื้อโรคเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ได้เช่นกัน

ตารางที่ 1 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสง

ชั่วโมงที่	เวลา	ความชื้นของเมล็ด (%)	อัตราการสูญเสียความชื้น (%/ชม.)
0	09.30	60.13	0.00
1	10.30	53.36	6.77
2	11.30	47.82	5.54
3	12.30	33.34	14.48
4	13.30	14.45	18.89
5	14.30	6.23	8.22

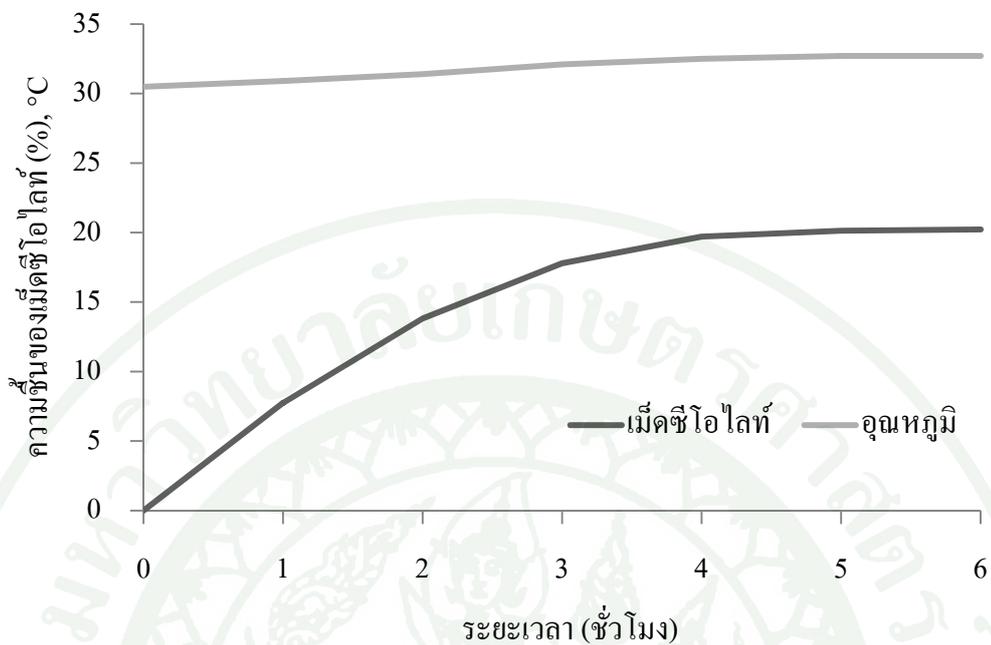


ภาพที่ 1 อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพแวดล้อมระหว่างการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสง (shade drying) และความชื้นของเมล็ดพันธุ์ระหว่างการลดความชื้นในช่วงเวลาต่าง ๆ

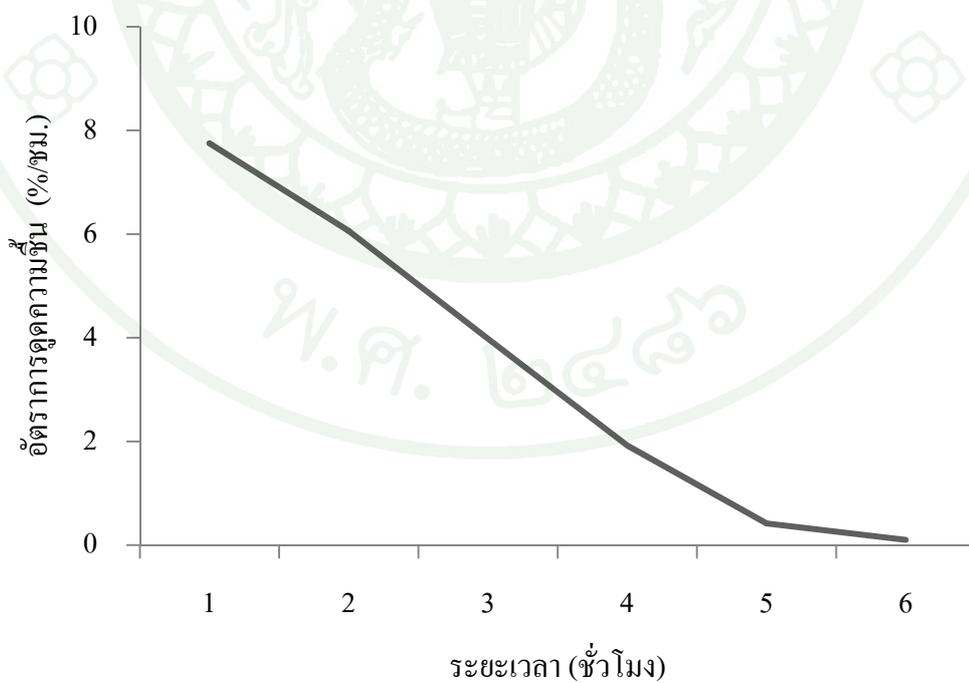
การทดลองที่ 2 ประสิทธิภาพของเม็ดซีโอไลท์ (zeolite bead) และการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเม็ดซีโอไลท์

2.1 ประสิทธิภาพในการดูดความชื้นของเม็ดซีโอไลท์

ทดสอบประสิทธิภาพการดูดความชื้นของเม็ดซีโอไลท์โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นด้วยการวางเม็ดซีโอไลท์ไว้ในห้องปฏิบัติการเพื่อบันทึกน้ำหนักเม็ดซีโอไลท์ทุกชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากการทดลองพบว่า ในชั่วโมงแรกเม็ดซีโอไลท์มีความชื้น 7.75 เปอร์เซ็นต์ ด้วยอัตราการดูดความชื้นสูงสุด 7.75 เปอร์เซ็นต์/ชั่วโมง จากนั้นความชื้นของเม็ดซีโอไลท์มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 13.81 17.79 และ 19.71 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ แต่อัตราการดูดความชื้นนั้นกลับมีค่าลดลง (6.06 3.98 และ 1.92 เปอร์เซ็นต์/ชั่วโมง ตามลำดับ) จนเริ่มเข้าใกล้ศูนย์ในชั่วโมงที่ 5 และ 6 ซึ่งมีอัตราการดูดความชื้นเพียง 0.42 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์/ชั่วโมง ตามลำดับ และในขณะนั้นเม็ดซีโอไลท์มีความชื้น 20.13 และ 20.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระหว่างการทดลอง อุณหภูมิห้องปฏิบัติการมีค่า 30 – 33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 2, 3 และตารางผนวกที่ 2) ดังนั้นในชั่วโมงที่ 5 เม็ดซีโอไลท์จึงมีประสิทธิภาพในการดูดความชื้นสูงสุดคือ ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของเม็ดซีโอไลท์ที่สามารถดูดความชื้นได้ 20 – 25 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น (Dahal *et al.*, 2011) โดยการดูดความชื้นของเม็ดซีโอไลท์จะไม่ถูกจำกัดด้วยความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งหมายถึงเม็ดซีโอไลท์จะดูดความชื้นได้ตามประสิทธิภาพจริงไม่ว่าขณะนั้นความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าสูงหรือต่ำซึ่งแตกต่างจากซิลิกาเจลที่ประสิทธิภาพการดูดความชื้นจะเพิ่มขึ้นตามความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น (Anonymous, 2006) การทดลองนี้สิ้นสุดในชั่วโมงที่ 6 เนื่องจากความชื้นของเม็ดซีโอไลท์มีค่าคงที่กับประสิทธิภาพการดูดความชื้นสูงสุด ดังนั้นเม็ดซีโอไลท์ชุดนี้จึงมีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการนำไปใช้เพื่อลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในการทดลองอื่นในลำดับต่อไป



ภาพที่ 2 ความชื้นของเมล็ดซีโอไลท์ในสภาพห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 3 อัตราการดูดความชื้นของเมล็ดซีโอไลท์

2.2 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเมล็ดซีโอไลท์

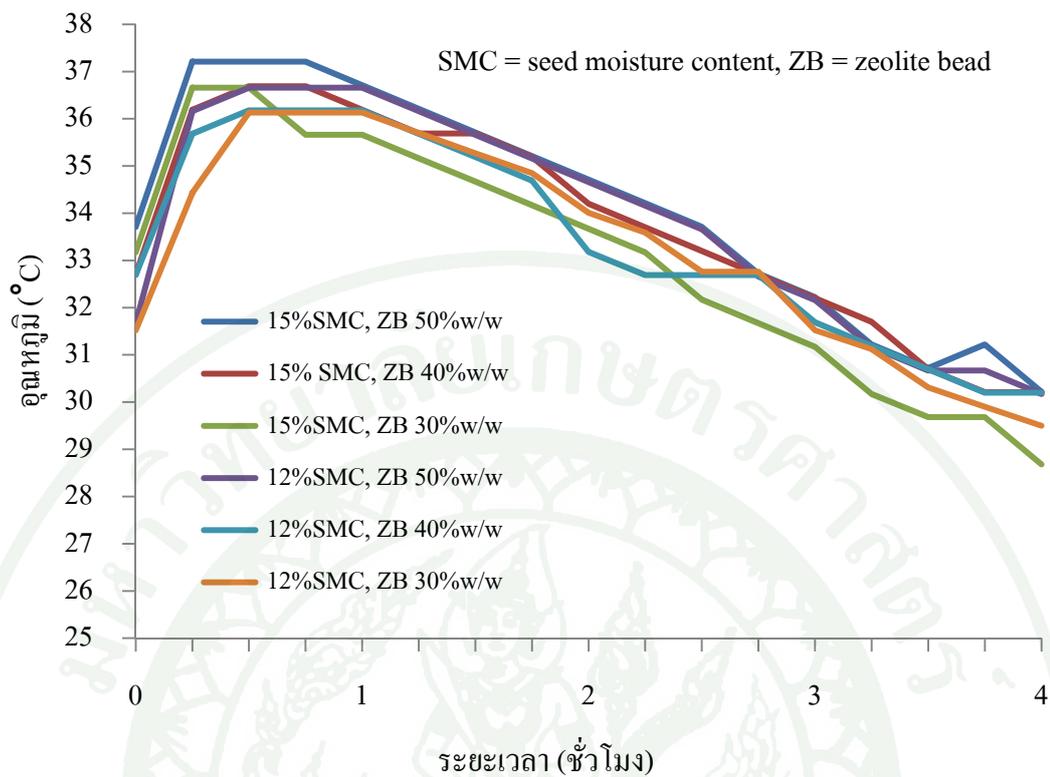
เมล็ดซีโอไลท์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีประสิทธิภาพการดูดความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น ดังนั้นปริมาณความชื้นที่ต้องการกำจัดในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์จึงไม่ควรสูงเกินความสามารถในการดูดความชื้นของเมล็ดซีโอไลท์ และการใช้เมล็ดซีโอไลท์ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์อาจจะใช้ได้ดีในช่วงท้ายของการลดความชื้นเพราะยากที่จะลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงในช่วงแรก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดที่ไม่แห้งในผลหรือฝัก หรือในช่วงท้ายของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์โดยทั่วไปจะเป็นช่วงเวลาเย็นที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นหรือมีฝนตก ดังนั้นการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเมล็ดซีโอไลท์ในครั้งนี้จึงลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้จากช่วงท้ายของการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสง (การทดลองที่ 1) ด้วยสัดส่วนของเมล็ดซีโอไลท์ 3 ระดับ คือ 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวม

2.2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระบบระหว่างการลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเมล็ดซีโอไลท์โดยบรรจุรวมกันในขวดพลาสติกทนความร้อนนาน 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นของแต่ละทรีตเมนต์มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง โดยในชั่วโมงแรกอุณหภูมิจึงต่ำของทุกทรีตเมนต์ระหว่างการลดความชื้นมีค่าสูงขึ้นประมาณ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการลดความชื้น และทุกทรีตเมนต์มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 36 – 37 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิสูงสุดระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส และการใช้เมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อุณหภูมิสูงสุดเพิ่มขึ้น 0.5 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เมล็ดซีโอไลท์สัดส่วนอื่น จากนั้นเมื่อระยะเวลาในการลดความชื้นยาวนานขึ้นอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยอุณหภูมิต่ำสุดของทุกทรีตเมนต์มีค่าประมาณ 30 องศาเซลเซียส ในชั่วโมงสุดท้ายของการลดความชื้น (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 3)

การที่อุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเมล็ดซีโอไลท์มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมล็ดซีโอไลท์มีคุณสมบัติคายความร้อนภายหลังการดูดความชื้น (Gopal *et al.*,

1982) และคาดการณ์ว่าหากนำเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงขึ้นมาลดความชื้นจะยิ่งทำให้ อุณหภูมิในระบบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายในชั่วโมงแรก เพราะการคายความร้อนจะแปรผันตาม ความชื้นที่ดูดซับเข้าไป เช่นเดียวกับ การศึกษาของ Asbrouck and Taridno (2009) ซึ่งพบว่า อุณหภูมิ สูงสุดระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แดงกวางด้วยเม็ดซีโอไลต์มีค่า 41 องศาเซลเซียส ซึ่งเพิ่มขึ้น 2 – 6 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเริ่มต้น ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดพันธุ์ได้รับ อันตรายเนื่องจากอุณหภูมิสูง (heat damage) ระหว่างการลดความชื้น จึงต้องคำนึงถึงความชื้น เริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนนำมาลดความชื้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แห้งในผลหรือฝัก เช่น มะเขือเทศ พริก และแตงกวา เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ลดความชื้นด้วยเม็ด ซีโอไลต์ในการทดลองนี้อาจไม่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเพราะความชื้นเริ่มต้นของ เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศนั้นอยู่ในระดับต่ำซึ่งเป็นระดับความชื้นที่ปลอดภัยหากนำมาลดความชื้นด้วย อุณหภูมิสูงประมาณ 43 องศาเซลเซียส (Javaregowda *et al.*, 1990) นอกจากนี้การลดความชื้น เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงอาจส่งผลกระทบต่อเม็ดซีโอไลต์เพราะความชื้นที่ระเหยออกมา จากเมล็ดพันธุ์นั้นมีมากกว่าปริมาณความชื้นที่เม็ดซีโอไลต์สามารถดูดซับไว้ได้ เม็ดซีโอไลต์อาจ สูญเสียสภาพไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกครั้งหรืออาจส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงกว่าระดับ ที่ต้องการภายหลังการลดความชื้น



ภาพที่ 4 อุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเม็ดซีโอไลท์

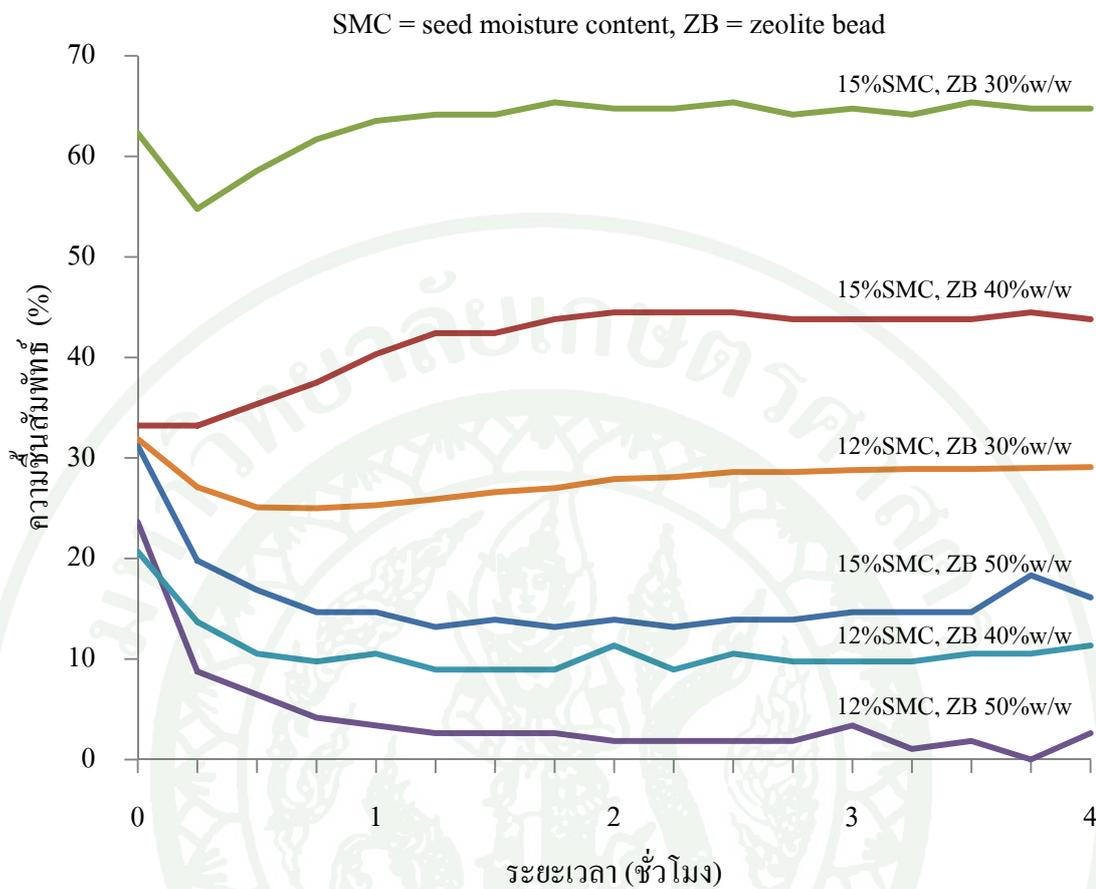
2.2.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ในระบบระหว่างการลดความชื้นด้วย เม็ดซีโอไลท์

ถึงแม้ว่าอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์ในระบบของทุกทริตเมนต์มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการลดความชื้น แต่สำหรับความชื้นสัมพัทธ์นั้นพบว่าความชื้นภายในระบบเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วภายในชั่วโมงแรกและเริ่มคงที่ภายหลังจากชั่วโมงที่ 1 จนถึงสุดการทดลอง โดยเม็ดคัพพัทธ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากันการเพิ่มสัดส่วนเม็ดซีโอไลท์ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในระบบมีค่าลดลง โดยเม็ดคัพพัทธ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (ชั่วโมงที่ 1 – 4) 27.78 10. 74 และ 2.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับเม็ดคัพพัทธ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นสัมพัทธ์ในระบบเฉลี่ย 64.45 43.10 และ 14.84 เปอร์เซ็นต์ หลังลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ 4) เนื่องจากเม็ดซีโอไลท์เป็นวัสดุดูดความชื้นชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการดูดความชื้นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น (การทดลองที่ 2.1) การดูดความชื้นของเม็ดซีโอไลท์มีคุณลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากวัสดุดูดความชื้นชนิดอื่นคือ การดูดความชื้นของเม็ดซีโอไลท์จะเป็นอิสระจากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศขณะนั้น แต่เม็ดซีโอไลท์จะดูดไอน้ำจากอากาศจนกระทั่งช่องว่างขนาดเล็ก (microscopic pore) ภายในเม็ดซีโอไลท์นั้นเต็มไปด้วยโมเลกุลของน้ำทำให้ความชื้นสัมพัทธ์อากาศลดต่ำลง (Anonymous, 2006) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Asbrouck and Taridno (2009) พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นเม็ดคัพพัทธ์แดงกว่าด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 1: 1 (โดยน้ำหนัก) มีค่าประมาณ 0 – 1 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลาเพียง 1 – 2 ชั่วโมงเท่านั้น ดังนั้นการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์จึงทำให้ความชื้นภายในระบบเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ชั่วโมงแรก และการเพิ่มสัดส่วนเม็ดซีโอไลท์ในการลดความชื้นเม็ดคัพพัทธ์มะเขือเทศครั้งนี้เป็นการเพิ่มปริมาณการดูดซับไอน้ำภายในระบบดังเห็นได้จากน้ำหนักของเม็ดซีโอไลท์ที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากการลดความชื้นแต่ละชั่วโมง (ตารางผนวกที่ 5)

การลดความชื้นด้วยสัดส่วนของเม็ดซีโอไลท์ที่เท่ากันเม็ดคัพพัทธ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นสัมพัทธ์ในระบบต่ำกว่าเม็ดคัพพัทธ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ เช่น การลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เม็ดคัพพัทธ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นสัมพัทธ์ในระบบเฉลี่ย 27.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเม็ดคัพพัทธ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 64.45 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น

ความชื้นสัมพัทธ์ในระบบระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ จึงมีค่าต่ำที่สุด (2.81 เปอร์เซ็นต์) แต่การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์ในระบบสูงสุด (64.45 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ 4) เนื่องจากความชื้นหรือไอน้ำที่เมล็ดซีโอไลท์ดูดซับเข้าไปนั้นมาจากอากาศภายในระบบก่อนการลดความชื้นและความชื้นของวัตถุที่นำมาลดความชื้น ดังนั้นการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงจึงทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า โดยความชื้นจากเมล็ดที่ระเหยออกสู่ระบบนั้นส่วนใหญ่คือ น้ำภายในเมล็ดที่ประกอบด้วย น้ำอิสระ (free water) ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ และน้ำที่มีแรงดึงอ่อนแอ (weakly bound water) ซึ่งน้ำทั้ง 2 ชนิด จะเคลื่อนย้ายออกสู่ผิวเมล็ดด้วยแรงดึงตามรูเล็ก (capillary) หรือ การแพร่ (diffusion) และระเหยออกสู่ภายนอกภายใต้การควบคุมของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้น (Boyd *et al.*, 1975; Philpot, 1976) ดังนั้นหลังการลดความชื้นน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจึงมีค่าลดลง (ตารางผนวกที่ 6) แต่เมื่อความชื้นภายในเมล็ดไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก จึงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบเริ่มคงที่ภายหลังจากการลดความชื้นภายในชั่วโมงแรก

อย่างไรก็ตามในชั่วโมงแรกความชื้นสัมพัทธ์ในระบบของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าลดลงและกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้ง (ภาพที่ 5) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสัดส่วนเมล็ดซีโอไลท์ที่ใช้ไม่มีเพียงพอที่จะดูดความชื้นภายในระบบให้ลดลงได้ ดังนั้นเมื่อเมล็ดระเหยความชื้นออกมาจึงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอีกครั้ง เช่นเดียวกับความชื้นสัมพัทธ์ของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 40 เปอร์เซ็นต์ ที่ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มขึ้นภายหลังจากการลดความชื้นในชั่วโมงแรก



ภาพที่ 5 ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเม็ดซีโอโลท

2.2.3 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเมล็ดซีโอไลท์

หลังลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเมล็ดซีโอไลท์พบว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีความชื้นแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นลดลงเร็วกว่าเมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ โดยความชื้นลดลงเหลือ 6.42 เปอร์เซ็นต์ ภายในชั่วโมงแรก และเหลือ 5.61 5.76 และ 5.46 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้น 7.79 7.38 7.57 และ 7.32 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ดังนั้นการลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์สามารถลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์ ให้มีความชื้น 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลาเพียง 1 ชั่วโมง และในชั่วโมงที่ 2 สามารถลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ได้อีก 1 เปอร์เซ็นต์

และเมื่อเปรียบเทียบการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเมล็ดซีโอไลท์ในสัดส่วนที่แตกต่างกันคือ 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใช้เมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีความชื้นต่ำที่สุดตลอดการลดความชื้นคือ 6.44 5.48 5.44 และ 5.18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อลดความชื้นนาน 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมล็ดพันธุ์มีความชื้น 6.54 6.17 6.42 และ 6.14 เปอร์เซ็นต์ หลังลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 40 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ แต่การลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้น 8.34 7.83 8.14 และ 7.85 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ดังนั้นการลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 40 หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้นระหว่าง 12 – 15 เปอร์เซ็นต์ ให้มีค่าประมาณ 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลาเพียง 1 ชั่วโมง เนื่องจากความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ระเหยออกสู่ภายนอกได้เมื่อความดันไอน้ำภายในเมล็ดสูงกว่าความดันไอน้ำของอากาศโดยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมระดับความดันไอน้ำของอากาศโดยตรง (Boyd *et al.*, 1975; Philpot, 1976) แต่การทดลองนี้พบว่า อุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นแต่ละทรีตเมนต์มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการลดความชื้น (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 3) ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบ (ภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ 4) จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศให้ลดลง

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบระหว่างการลดความชื้น ถูกควบคุมด้วยปัจจัยสำคัญ 2 ประการ ได้แก่ ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ และสัดส่วนเมล็ดซีโอไลท์ แต่การลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์ไม่สามารถลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ ให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ (5 – 6 เปอร์เซ็นต์) หรือการลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศให้มีความชื้น 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ได้เช่นกันนั้น อาจเป็นผลมาจากสัดส่วนเมล็ดซีโอไลท์ที่ใช้นั้นมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะดูดซับความชื้นหรือน้ำภายในเมล็ดไม่สามารถระเหยออกมาได้อีกเพราะความดันไอน้ำภายในเมล็ดมีค่าใกล้เคียงกับความดันไอน้ำของอากาศที่อยู่ภายใต้การควบคุมของความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบ

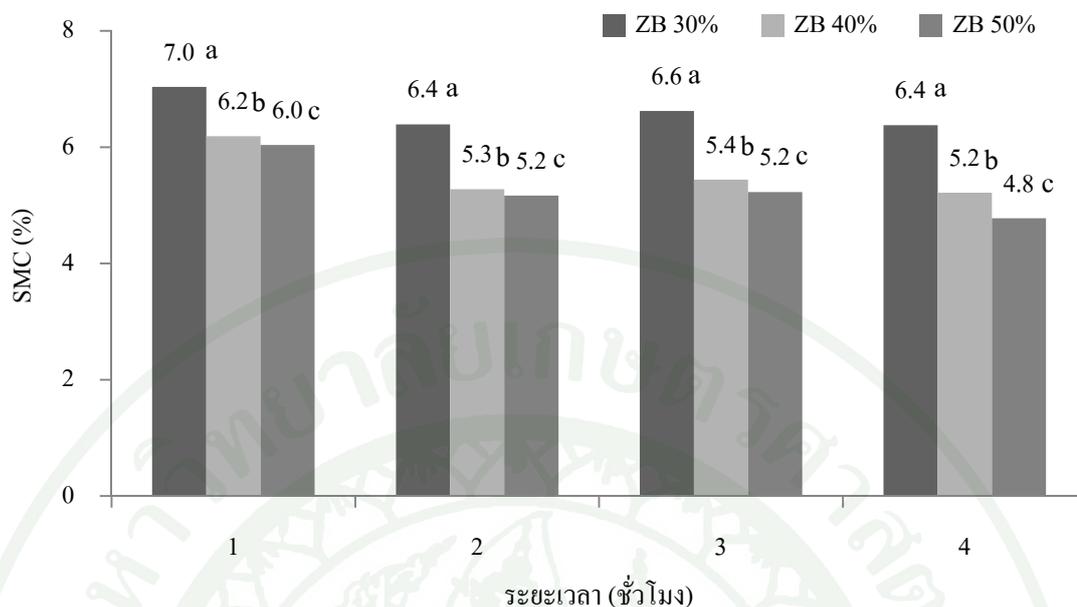
ทั้งนี้พบว่า ปัจจัยทั้ง 2 คือ ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและสัดส่วนเมล็ดซีโอไลท์ยังมีอิทธิพลร่วมกันต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศตลอดการลดความชื้น ดังนั้นการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วนสูงหรือปริมาณมากจะสามารถลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้เร็ว (ตารางที่ 2) โดยเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้น 6.04 5.17 5.23 และ 4.78 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เมล็ดซีโอไลท์สัดส่วนอื่น เมื่อลดความชื้นในระยะเวลาเท่ากัน (ภาพที่ 6 และภาพผนวกที่ 3, 4) ในขณะที่เดียวกันการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีความชื้น 6.84 5.80 5.65 และ 5.57 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เมล็ดซีโอไลท์สัดส่วนอื่น เมื่อลดความชื้นในระยะเวลาเท่ากัน (ภาพที่ 7 และภาพผนวกที่ 3, 4)

ตารางที่ 2 ผลของความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและสัดส่วนของเมล็ดซีโอไลท์ต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

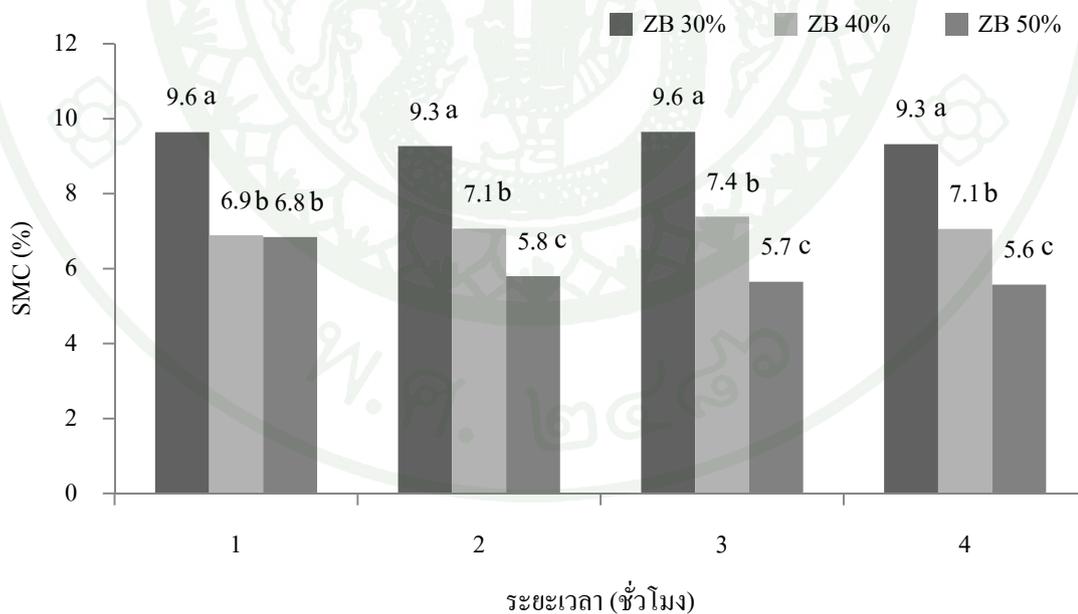
ปัจจัย	ระยะเวลา (ชั่วโมง)			
	1	2	3	4
ความชื้นเริ่มต้น (A)				
12%	6.42 b ^{1/}	5.61 b	5.76 b	5.46 b
15%	7.79 a	7.38 a	7.57 a	7.32 a
F – test	**	**	**	**
สัดส่วนของเมล็ดซีโอไลท์ (B)				
30%	8.34 a	7.83 a	8.14 a	7.85 a
40%	6.54 b	6.17 b	6.42 b	6.14 b
50%	6.44 c	5.48 c	5.44 c	5.18 c
F – test	**	**	**	**
A x B	**	**	**	**
CV. (%)	0.52	0.98	0.78	0.50

หมายเหตุ ^{1/}ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$ และ 0.01)

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์ หลังลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

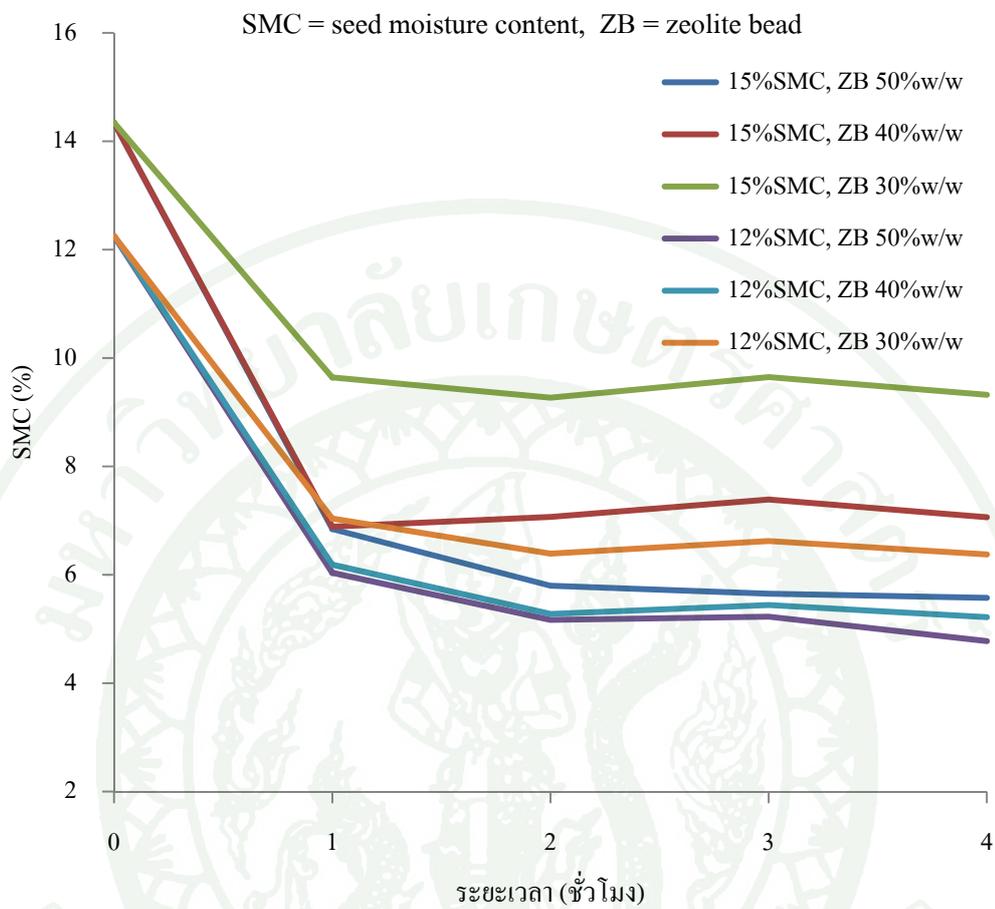


ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ หลังลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลดลงอย่างรวดเร็วภายในชั่วโมงแรกหลังการลดความชื้น จากนั้นในชั่วโมงที่ 2 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองในชั่วโมงที่ 4 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเริ่มคงที่และมีค่าแตกต่างกัน (ภาพที่ 8) เนื่องจากเมล็ดพันธุ์เป็นวัตถุที่มีคุณสมบัติเป็น hygroscopic (Copeland and McDonald, 1995) ดังนั้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นลดลง เมล็ดพันธุ์จึงคายความชื้นออกสู่ระบบและทำให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดลงและเริ่มคงที่เพื่อเข้าสู่สภาวะสมดุลกับสภาพแวดล้อมโดยเรียกคุณสมบัติเช่นนี้ว่า ความชื้นสมดุลของเมล็ด (Seed equilibrium moisture content) หรือความชื้นของเมล็ดที่เข้าสู่สมดุลกับสภาพอากาศรอบ ๆ (Delouche *et al.*, 1973; Copeland and McDonald, 1995; Probert and Hay, 2000) การลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและเริ่มคงที่ภายในชั่วโมงแรกหลังการลดความชื้น ดังนั้นความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจึงลดลงภายหลังการลดความชื้นในชั่วโมงแรกและเริ่มคงที่เพื่อเข้าสู่สมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบภายในระยะเวลา 2 – 4 ชั่วโมง (ภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ 4)

หลังการลดความชื้นในชั่วโมงที่ 1 เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นอยู่ในระดับที่ต้องการคือ 6.19 และ 6.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) โดยความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (ชั่วโมงที่ 1 – 4) มีค่า 10.74 และ 2.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 4) ในขณะที่ต้องลดความชื้นนาน 2 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ หลังลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้น 5.80 เปอร์เซ็นต์ (ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 14.84 เปอร์เซ็นต์) (ตารางผนวกที่ 4) ดังนั้นการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 40 เปอร์เซ็นต์ ให้แก่เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 เปอร์เซ็นต์ จึงมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นระหว่าง 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศให้อยู่ในช่วง 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) โดยมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 64.45 และ 43.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 4) เนื่องจากเม็ดซีโอไลท์ไม่สามารถดูดความชื้นได้เต็มประสิทธิภาพหรือเม็ดซีโอไลท์ไม่สามารถดูดความชื้นได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น แต่เม็ดซีโอไลท์ดูดความชื้นได้เพียง 40 – 60 เปอร์เซ็นต์ของประสิทธิภาพการดูดความชื้นได้จริงเท่านั้น (ตารางผนวกที่ 7) ซึ่งอาจเป็นเพราะการทดลองที่ 2.1 นั้นทำการศึกษาในสภาพเปิด (open air) ซึ่งแตกต่างจากสภาพการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ (การทดลองที่ 2.2) ที่ทำการทดลองในระบบปิด

(closed system) ดังนั้นการลดความชื้นของเม็ดซีโอไลท์จึงถูกกำหนดด้วยความชื้นภายในระบบที่มาจากความชื้นภายในเม็ดคัพชั่นเป็นส่วนใหญ่ หรืออาจเกิดจากก่อนนำไปใช้ลดความชื้นเม็ดคัพชั่นเม็ดซีโอไลท์ได้ลดความชื้นไปบ้างแล้ว โดยอาจเกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนย้ายเม็ดซีโอไลท์เพื่อนำไปใช้งาน การชั่งน้ำหนักเม็ดซีโอไลท์ก่อนนำไปลดความชื้นภายในสภาพห้องปฏิบัติการที่ไม่สามารถควบคุมการลดความชื้นของเม็ดซีโอไลท์ได้ และพบว่า การลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์สัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งเม็ดคัพชั่นมะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นของเม็ดคัพชั่นมะเขือเทศมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 4 ของการลดความชื้น (ตารางที่ 3) โดยเป็นผลมาจากความชื้นของเม็ดคัพชั่นมะเขือเทศยังไม่เข้าสู่สมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Asbrouck and Taridno (2009) ที่รายงานว่าการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์สามารถลดความชื้นเม็ดคัพชั่นแดงกว่าจากความชื้นเริ่มต้น 12.8 เปอร์เซ็นต์ ให้เหลือ 5.3 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลาเพียง 1 ชั่วโมง โดยความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นมีค่าประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 8 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการลดความชื้นด้วยทริตเมนต์และระยะเวลาที่ต่างกัน

ตารางที่ 3 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

พรีตเมนต์	ระยะเวลา (ชั่วโมง)				F – test	CV. (%)
	1	2	3	4		
12%SMC, ZB 30%w/w	7.04 Ab ^{1/}	6.39 Cc	6.62 Bc	6.38 Cc	**	0.36
12%SMC, ZB 40%w/w	6.19 Ad	5.28 Ce	5.44 Be	5.22 Ce	**	0.87
12%SMC, ZB 50%w/w	6.04 Ae	5.17 Be	5.23 Bf	4.78 Cf	**	1.12
15%SMC, ZB 30%w/w	9.64 Aa	9.27 Ba	9.65 Aa	9.33 Ba	*	0.74
15%SMC, ZB 40%w/w	6.89 Cc	7.07 Bb	7.39 Ab	7.06 Bb	**	0.22
15%SMC, ZB 50%w/w	6.85 Ac	5.80 Bd	5.66 BCd	5.58 Cd	**	1.15
F – test	**	**	**	**		
CV. (%)	0.52	0.98	0.78	0.50		

หมายเหตุ ^{1/} ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวนอนตัวพิมพ์ใหญ่และแนวตั้งตัวพิมพ์เล็ก แสดงว่าไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$ และ 0.01)

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DMRT

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ด้วยวิธี DMRT

การทดลองที่ 3 ผลของการลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

เมื่อนำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ (ความชื้นเริ่มต้น 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์) ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์นาน 1 และ 2 ชั่วโมง และเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ผ่านการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสงซึ่งเป็นวิธีที่ใช้โดยทั่วไปสำหรับการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมาทดสอบคุณภาพที่อายุเก็บรักษา 0 2 6 และ 12 เดือน โดยเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกันมีความชื้นก่อนการเก็บรักษา 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา จากนั้นประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยพิจารณาจากความงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก และดัชนีความงอกพบว่า

3.1 ความงอก (Standard germination)

เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ผ่านการลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกันมีความงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า มีค่าประมาณ 95 – 100 เปอร์เซ็นต์ ตลอดอายุการเก็บรักษา 12 เดือน (ตารางที่ 4 และภาพที่ 9) และต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย พบเป็นจำนวนน้อยมาก (ตารางผนวกที่ 8) โดยลักษณะของต้นกล้าผิดปกติที่พบ เช่น ส่วนยอดติดอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ด (trapped in the seed coat) ไม่มีลำต้นอ่อน (no hypocotyl) และใบเลี้ยงถูกทำลายมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (cotyledons tissue less than 50%) เป็นต้น (ภาพผนวกที่ 3) แสดงว่า การลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์และวิธีพรางแสงไม่ส่งผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่เก็บรักษานาน 12 เดือน อย่างไรก็ตาม เพื่อประหยัดระยะเวลาในการลดความชื้นและปริมาณเมล็ดซีโอไลท์จึงควรเลือกลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 40 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 ชั่วโมง หรือ เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ หน้า 20 กรัม ลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์ 15 กรัม นาน 1 ชั่วโมง

อุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถบ่งชี้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ภายหลังจากการลดความชื้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูง (Philpot, 1976; Almekinders and Luowaars, 1999) Javaregowda *et al.* (1990) เสนอว่า อุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นสูงไม่ควรสูงกว่า 37.8 องศาเซลเซียส แต่สามารถใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 43.3 องศาเซลเซียส ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้น

ต่ำได้ รวมถึงการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยอุณหภูมิสูงที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ด้วยเช่นกัน Krishnamurthy (1995) รายงานว่า เมล็ดพันธุ์พริกมีความงอกสูงสุดหากลดความชื้นด้วยอุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับ Demir *et al.* (2008) ที่รายงานว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พริก ด้วยอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก 90 เปอร์เซ็นต์ แต่การลดความชื้นด้วยอุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกเพิ่มขึ้น คือ 99 และ 94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการทดลองนี้พบว่า การลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกันไม่ส่งผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศซึ่งอาจเป็นผลมาจากอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นนั้นมีความปลอดภัยต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ โดยอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสงในช่วงเวลาที่ 0 – 4 มีค่า 30 – 34 องศาเซลเซียส และในช่วงเวลาที่ 5 เพิ่มขึ้นเป็น 41 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1 และตารางผนวกที่ 1) ในขณะที่อุณหภูมิสูงสุดซึ่งบันทึกได้ภายในชั่วโมงแรกของการลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลต์มีค่า 36 – 37 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 3) การทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Asbrouck and Taridno (2009) ที่รายงานว่าความงอกของเมล็ดพันธุ์แดงกว่าที่ลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลต์มีค่าสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการลดความชื้นด้วยวิธีฝังแดดโดยตรงและ fluidized bed ที่มีความงอก 91 และ 88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอุณหภูมิสูงสุดระหว่างการลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลต์มีค่าประมาณ 41 องศาเซลเซียส

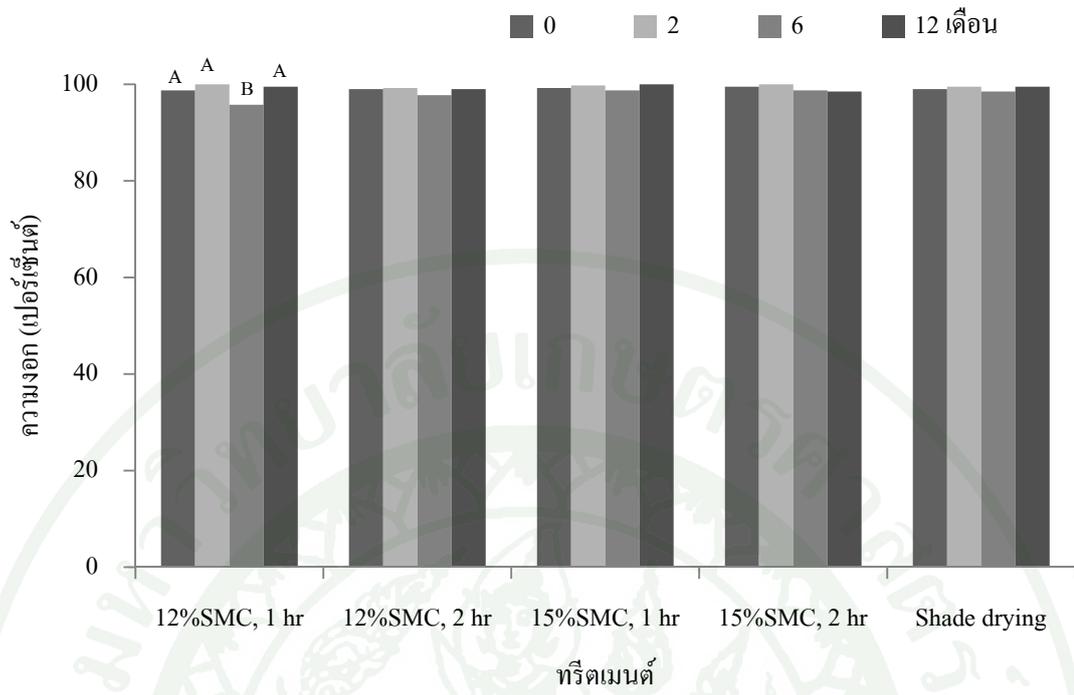
ตารางที่ 4 ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)				F – test	CV. (%)
	0	2	6	12		
12%SMC, 1 hr	98.75 A ^{1/}	100.00 A	95.75 B	99.50 A	*	1.45
12%SMC, 2 hr	99.00	99.25	97.75	99.00	ns	1.51
15%SMC, 1 hr	99.25	99.75	98.75	100.00	ns	0.73
15%SMC, 2 hr	99.50	100.00	98.75	98.50	ns	1.19
Shade drying	99.00	99.50	98.50	99.50	ns	1.05
F – test	ns	ns	ns	ns		
CV. (%)	0.70	0.43	2.53	1.19		

หมายเหตุ ^{1/} ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวนอนตัวพิมพ์ใหญ่ แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DMRT

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 9 ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

3.2 เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time; MGT)

เวลาเฉลี่ยในการงอกแสดงให้เห็นถึงความเร็วในการงอก หากเวลาเฉลี่ยในการงอกมีค่าน้อยแสดงว่าเมล็ดพันธุ์เหล่านั้นสามารถงอกได้เร็วและมีความแข็งแรงสูง ซึ่งจากการทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์และวิธีพรางแสง ตลอดอายุการเก็บรักษา 12 เดือน พบว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีเวลาเฉลี่ยในการงอกประมาณ 5 – 6 วัน (ตารางที่ 5 และภาพที่ 10)

3.3 ดัชนีความงอก (Germination index; GI) หรือ speed of germination

ดัชนีความงอกหรือความเร็วในการงอกแสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงของเมล็ดที่สามารถงอกได้เร็วและสม่ำเสมอ ยิ่งค่าดัชนีความงอกมีค่าสูงเท่าใดย่อมแสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์นั้นมีความแข็งแรงสูง โดยหลังการทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์และวิธีพรางแสง ที่อายุเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ดัชนีความงอกมีค่าระหว่าง 8 – 9 (ตารางที่ 6)

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกันคือ การลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์และวิธีพรางแสงไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่เก็บรักษานาน 12 เดือน และหากต้องการลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์ ควรเลือกลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 ชั่วโมง โดยใช้เมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 40 เปอร์เซ็นต์ หรือ เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 15 เปอร์เซ็นต์หนัก 20 กรัม ลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์ 15 กรัม นาน 1 ชั่วโมง เพื่อประหยัดระยะเวลาและปริมาณเมล็ดซีโอไลท์ในการลดความชื้น

Siddique and Wright (2003) รายงานว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยอุณหภูมิสูงอาจทำให้ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงโดยเปลือกหุ้มเมล็ดและเอมบริโอเกิดรอยแตก แต่การใช้อุณหภูมิต่ำเกินไปลดความชื้นอาจทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ได้ง่ายขึ้น (Hunje *et al.*, 2007) จากการทดลองนี้พบว่า การลดความชื้นด้วยเมล็ดซีโอไลท์และวิธีพรางแสงไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศตลอดอายุเก็บรักษา 12 เดือน ดังนั้นอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเมล็ดซีโอไลท์

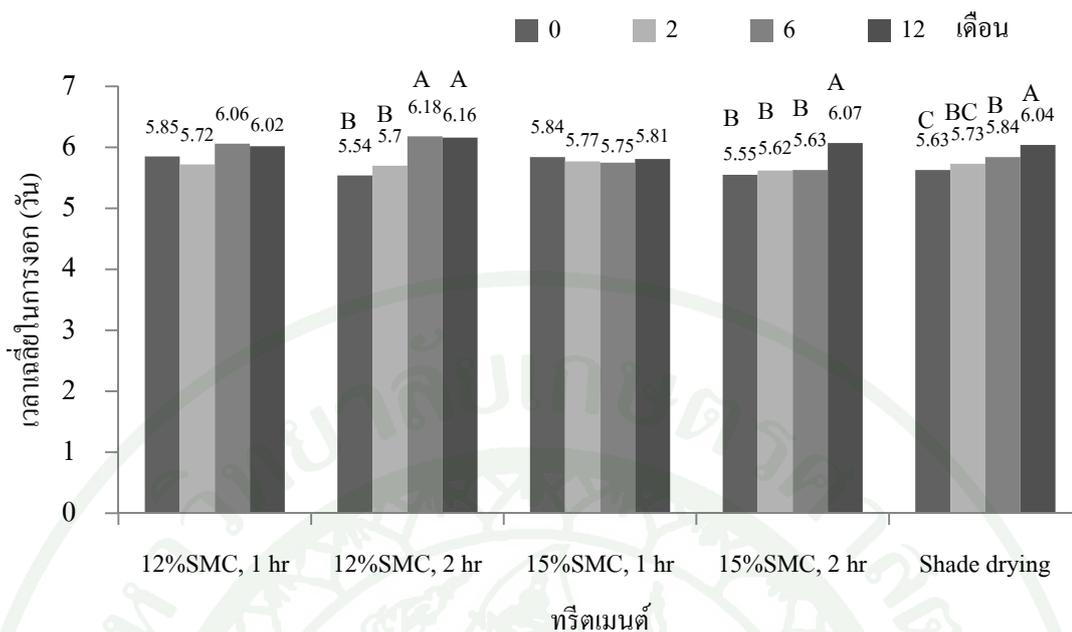
และวิธีพรางแสงจึงปลอดภัยต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเช่นเดียวกับ Asbrouck and Taridno (2009) รายงานว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แดงกวางด้วยเม็ดยูโอไลท์ทำให้เมล็ดพันธุ์แดงกวางมีเวลาเฉลี่ยในการงอกประมาณ 6 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์แดงกวางที่ผ่านการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสงและ fluidized bed

ตารางที่ 5 เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

พรีตเมนต์	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)				F – test	CV. (%)
	0	2	6	12		
12%SMC, 1 hr	5.85	5.72 ab ^{1/}	6.06 ab	6.02 ab	ns	3.36
12%SMC, 2 hr	5.54 B	5.70 Bab	6.18 Aa	6.16 Aa	*	2.88
15%SMC, 1 hr	5.84	5.77 a	5.75 c	5.81 b	ns	2.87
15%SMC, 2 hr	5.55 B	5.62 Bb	5.63 Bc	6.07 Aa	*	3.68
Shade drying	5.63 C	5.73 Ba	5.84 Bbc	6.04 Aab	*	2.11
F – test	ns	*	*	*		
CV. (%)	4.56	1.14	2.99	2.45		

หมายเหตุ ^{1/}ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวนอนตัวพิมพ์ใหญ่และแนวตั้งตัวพิมพ์เล็ก แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$ และ 0.01)

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DMRT
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 10 เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 6 คำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังลดความชื้นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

ที่รีดเมล็ด	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)				F – test	CV. (%)
	0	2	6	12		
12%SMC, 1 hr	8.90 A ^{1/}	8.89 A	8.35 Bb	8.51 Bab	*	2.61
12%SMC, 2 hr	9.06 A	8.89 A	8.45 Bb	8.32 Bb	*	2.87
15%SMC, 1 hr	8.93	8.54	9.03 a	8.80 a	ns	3.12
15%SMC, 2 hr	9.29 A	9.01 A	9.11 Aa	8.33 Bb	*	2.87
Shade drying	9.03 A	8.79 AB	8.92 Aa	8.53 Bab	*	2.09
F – test	ns	ns	**	*		
CV. (%)	3.53	2.70	1.94	2.45		

หมายเหตุ ^{1/}ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวนอนตัวพิมพ์ใหญ่และแนวตั้งตัวพิมพ์เล็ก แสดงว่าไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$ และ 0.01)

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DMRT

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ด้วยวิธี

DMRT

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสงตั้งแต่เวลา 09.30 – 14.30 น. มีผลให้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 60.13 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 6.23 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 5 ชั่วโมง
2. เม็ดซีโอไลท์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีประสิทธิภาพการดูดความชื้นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น และอุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์มีค่าระหว่าง 30 – 37 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงอย่างรวดเร็วภายในชั่วโมงแรกซึ่งมีค่าระหว่าง 2 – 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลดลงเหลือ 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 1 – 2 ชั่วโมง
3. การลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์และวิธีพรางแสงไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่เก็บรักษานาน 12 เดือน โดยมีความงอก 95 – 100 เปอร์เซ็นต์ เวลาเฉลี่ยในการงอก 5 – 6 วัน และมีค่าดัชนีความงอก 8 – 9

ข้อเสนอแนะ

1. เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศแต่ละซ้าที่นำมาใช้ในการทดลองนี้มีน้ำหนักเพียง 20 กรัม ดังนั้นในอนาคตจึงควรเพิ่มปริมาณตัวอย่างเมล็ดพันธุ์เริ่มต้นให้สูงขึ้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเม็ดซีโอไลท์ในเชิงพาณิชย์ การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยเม็ดซีโอไลท์สามารถลดข้อจำกัดด้านสภาพแวดล้อมระหว่างการลดความชื้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่ที่มีสภาพอากาศร้อนชื้น
2. ควรพัฒนากระบวนการการแยกเมล็ดพันธุ์ออกจากเม็ดซีโอไลท์โดยเฉพาะการผลิตเมล็ดพันธุ์ในปริมาณมาก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรุง สีตะธนี, วิทยา เสรฐวิทยา และ ประเสริฐ คำวงษ์. 2540. มะเขือเทศเชอร์รี่, น. 255 – 270. ใน รายงานการประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 15. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

จามจุยชัย ขนบดี. 2541. การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

บุญมี ศิริ, พจนา สีขาว และ รังสรรค์ ถุงพุกษา. 2551. วิธีการลดความชื้นและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ มะเขือเทศลูกผสมเพื่อการส่งออก. ว. วิทย. กษ. 39: 3 (พิเศษ): 441 – 444.

ประนอม ศรีสวัสดิ์. 2549. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. สมาคมเมล็ดพันธุ์แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สุเทวี สุขปรากฏ. 2551. บทปฏิบัติการการทดสอบเมล็ดพันธุ์พืชสวน. ปรับปรุงครั้งที่ 9. ภาควิชา พืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2554. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุม ประจำปี 2553. แหล่งที่มา: http://m.doa.go.th/ard/stat/stat_276.pdf, 23 เมษายน 2554.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552. กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อารมย์ ศรีพิจิตร. 2533. ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยซิลิกาเจลที่มีต่อการติดสี ของ TTC ความงอก ความแข็งแรง และการแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ด. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 24: 167 – 175.

- Agbo, C.U. and P.U. Nwosu. 2009. The influence of seed processing and drying techniques at varying maturity stages of *Solanum melongena* fruits on their germination and dormancy. **Afr. J. Biotechnol.** 8 (18): 4529 – 4538.
- Almekinders, C.J.M. and N.P. Louwaars. 1999. **Farmers' Seed Production.** New approaches and practices. Intermediate Technology pub., London.
- Anonymous. 2006. **Zeolite Molecular Sieve.** Available Source: http://www.gracedavison.com/eusilica/Adsorbents/product/zeolite_molecular_sieve.htm, February 20, 2011.
- Asbrouck, J.V. and P. Taridno. 2009. Fast field drying as a method to maintain quality, increase shelf life and prevent post harvest infections on *Cucumis sativum* L.. **As. J. Food Ag-Ind.**, Special Issue: S133 – S137.
- Association of Official Seed Analysis. 2002. **Seed Vigor Testing Handbook.** AOSA. Handbook. No. 32.
- Bankole, S.A., A. Osho, A.O. Joda and O.A. Enikuomihin. 2005. Effect of drying method on the quality and storability of 'egusi' melon seeds (*Colocynthis citrullus* L.). **Afr. J. Biotechnol.** 4 (8): 799 – 803.
- Bass, L.N. 1973. Controlled atmosphere and seed storage. **Seed Sci. & Technol.** 1: 463 – 492.
- Berry, T and J.D. Bewley. 1991. Seeds of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) which develop in a fully hydrated environment in the fruit switch from a developmental to a germinative mode without a requirement for desiccation. **Planta J.** 186: 27 – 34.
- Boyd, A.H., G.M. Dougherty, R.K. Matthews and K.W. Rushing. 1975. Seed drying and processing, pp. 60 – 86. In W.P. Feistritzer, ed. **Cereal and Seed Technology.** F.A.O., Rome.

Brandenburg, N.R., J.W. Simons and L.L. Smith. why and how seeds are dried, pp. 295 – 306. *In* The United States of American, ed. **Seeds the yearbook of agriculture 1961**. The United States Department of Agriculture, Washington.

Carter, J.B.H. 1973. The influence of the testa damage and seed dressing on the emergence of groundnut (*Arachis hypogaea*). **Ann. Appl. Biol.** 74: 315 – 323.

Chai, J., R. Ma, L. Li and Y. Du. 1998. Optimum moisture contents of seeds stored at ambient temperatures. **Seed Science Research** 8 (Suppl. 1): 23 – 28.

Cheema, D.S. and M.S. Dhaliwal. 2004. Hybrid tomato breeding, pp. 1 – 14. *In* P.K. Singh, S.K. Dasgupta and S.K. Tripathi, eds. **Hybrid Vegetable Development**. Food Products Press, New York.

Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1995. **Principles of Seed Science and Technology**. 2nd ed. Burgess Publishing Co., Minneapolis.

Dahal, P., J.V. Asbrouck, J. Bajracharya, K. Kunusoth and K.J. Bradford. 2011. **New technology for postharvest drying and storage of horticultural seeds**. Available Source: <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-1990.pdf>, August 20, 2011.

Delouche, J.C., A.K. Matthers, G.M. Dougherty and A.H. Boyd. 1973. Storage of seed in subtropical and tropical regions. **Seed Sci. & Technol.** 1: 671 – 700.

Demir, I. and R.H. Ellis. 1992. Development of pepper seed quality. **Ann. App. Biol.** 121: 385 – 399.

_____ and Y. Samit. 2001. Quality of tomato seeds as affected by fruit maturity at harvest and seed extraction method. **Gartenbauwissenschaft** 66 (4): 199 – 202.

- Demir, I. 2008. Seed quality, and fatty acid and sugar contents of pepper seeds (*Capsicum annuum* L.) in relation to seed development and drying temperature. **Turk. J. Agric. For.** 32: 529 – 536.
- _____, A.M. Ashirov and K. Mavi. 2008. Effect of seed production environment and time of harvest on tomato (*Lycopersicon esculentum*) seedling growth. **Res. J. Seed Sci.** 1 (1): 1 – 10.
- Doijode, S.D. 2001. **Seed Storage of Horticultural Crops.** Food Products Press, New York.
- Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1980. The influence of temperature and moisture on seed viability period in barley (*Hordeum distichum* L.). **Ann. Bot.** 45: 31-37.
- Foster, G.H. 1973. Heated – air grain drying, pp. 189 – 208. *In* R.N. Sinha and W.E. Muir, eds. **Grain Storage Part of System.** The AVI Pub. Co.Inc., Westport, Connecticut.
- Gaziano, J.M. 1994. Antioxidant vitamins and coronary artery disease risk. **Am. J. Med.** 97 (3A): 18S – 21S.
- Geisenberg, C. and K. Stewart. 1986. Field crop management, pp. 511 – 557. *In* J.G. Atherton and J. Rudich, eds. **The tomato crop. A scientific basics for improvement.** Chapman and Hall, New York.
- George, R.A.T. 1985. **Vegetable seed production.** Longman, London.
- Giovannucci, E. 2002. A review of epidemiologic studies of tomatoes, lycopene and prostate cancer. **Exp. Biol. Med. (Maywood)** 227: 852 – 859.
- Gopal, R., B.R. Hollebhone, C.H. Langford and R.A. Shigeishij. 1982. The rates of solar energy storage and retrieval in a zeolite – water system. **Solar Energy** 28 (5): 421 – 424.

- Haigh, A.M. 1988. **Why do tomato seeds prime? Physiological investigations into the control of tomato seed germination and priming.** Ph.D. thesis, Macquarie University.
- Harrington, J.F. 1972. Seed Storage and Longevity, pp. 145 – 245. *In* T.T. Kozlowski, ed. **Seed Biology** Vol. 3. Academic Press, New York.
- Hill, M. 1999. **The Drying and Storage of Grain and Herbage Seeds.** Foundation of Arable Research pub., Lincoln.
- Hunje, R., B.S. Vyakarnahal and R.C. Jagadeesh. 2007. Influence of drying methods of fruits on seed quality in chilli (*Capsicum annuum* L.). **Karnataka J. Agric. Sci.** 20 (2): 269 – 271.
- International Seed Testing Association. 2009. **International Rules for Seed Testing – Edition 2009.** International Seed Testing Association, Zurich.
- Javaregowda, S., K.C. Talukdar and H. Ramaih. 1990. Effect of drying methods on seed quality in tomato (*Lycopersicon lycopersicum*). **Seed Res.** 18 (2): 126 – 129.
- Karavina, C., J. Chihiya, T.A. Tigere and R. Musango. 2009. Assessing the effects of fermentation time on tomato (*Lycopersicon lycopersicum* Mill) seed viability. **Journal of Sustainable Development in Africa** 10 (4): 106 – 112.
- Kelly, A.F. 1988. **Seed Production of Agricultural Crops.** Longman Scientific & Technical, Harlow.
- Krishnamurthy, V. 1995. **Effect of harvesting stages, drying, seed extraction and size grading on seed yield and quality in chilli (*Capsicum annuum* L.).** M.Sc.(Agri.) Thesis, University of Agricultural Sciences.
- Larkcom, J. 1984. **The Salad Garden.** Frances Lincoln, London.

- Leopold, A.C., R. Glenister and M.A. Cohn. 1988. Relationship between water content and after – ripening in red rice. **Physiologia Plantarum** 74: 659 – 662.
- Lindhout, P. 2005. Genetics and breeding, pp. 21 – 52. *In* E. Heuvelink, ed. **Tomatoes**. CABI (Publ.), London.
- McCormack, J. H. 2004. **Tomato Seed Production**. An organic seed production manual for seed growers in the Mid-Atlantic and Southern U.S.. Available Source: http://www.savingourseed.org/pdf/TomatoSeedProductionVer_2pt6.pdf, November 15, 2009.
- McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Sci. & Technol.** 27: 177 – 237.
- McLean, K.A. 1989. **Drying and Storing Combinable Crops**. Farming Press Ltd. Publ., Ipswich.
- Mini, C., P. Meagle Joseph and P.G. Sadhan kumar. 2003. Seed extraction and drying techniques in ashgourd (*Benincasa hispida*). **Seed Research**. 31(1): 53 – 57.
- Moore, E.L. and W.O. Thomas. 1952. Some effects of shading and para – chlorophenoxy acetic acid on fruitfulness of tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science** 60: 289 – 294.
- Nepane, P.R., A.J. Ghimire and R. Khanal. 1993. Seed research on summer vegetable crops (sweet pepper and okra) at PAC. **PAC Technical paper Pakhribas Agriculture Centre**, 144: 12.
- Oda, M. and T. Saito. 2006. Tomato, pp 120 – 126. *In* the Japanese Society for Horticulture Science, ed. **Horticulture in Japan 2006**. Nakanishi Printing Co.,Ltd., Kyoto.

- Opena, R.T., J.T. Chen, T. Kalb and P. Hanson. 2001. **Seed Production of Open – Pollinated Tomato Lines**. International Cooperators' Guide. Available Source: <http://www.avrdc.org/LC/tomato/Seedop.pdf>, November 15, 2009.
- Owolade, O.F., B. S. Alabi, O.A. Enikuomihin and J. J. Atungwu. 2005. Effect of harvest stage and drying methods on germination and seed – borne fungi of maize (*Zea mays* L.) in South West Nigeria. **Afr. J. Biotechnol.** 4 (12): 1384 – 1389.
- Ozcoban, M. and I. Demir. 2002. Longevity of pepper (*Capsicum annuum*) and watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds in relation to seed moisture and storage temperature. **Indian J Agr Sci.** 72 (10): 589 – 593.
- Pandey, D.K., R. Shekelle, B.J. Selwyn, C. Tangney and J. Stamler. 1995. Dietary vitamin C and beta carotene and risk of death in middle – aged me. **Am. J. Epidemiol.** 142: 1269 – 1278.
- Peet, M.M., D.H. Willits and R. Gardner. 1997. Response of ovule development and post – pollen production processes in male – sterile tomatoes to chronic sub – acute high temperature stress. **Journal of Experiment Botany** 48: 101 – 111.
- Philpot, R. 1976. Principles and practices of drying. Miss State University Short Course. **Seeds Mess Proceedings** 16: 23 – 40.
- Probert, R.J. and F.R. Hay. 2000. Keeping seeds alive, pp 375 – 410. In S.D. Bewley, ed. **Seed Technology and Its Biological Basis**. Sheffield Academic Press, Sheffield.
- Rao, A.V. and S. Agarwal. 1999. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic disease. **A review. Nutr. Res.** 19: 305 – 323.
- Riso, P. and M. Porrini. 2001. Tomatoes and health promotion, pp. 45 – 70. In R.R. Watson, ed. **Vegetables, Fruits, and Herbs in Health Promotion**. CRC Press, Boca Raton.

Ritchi, D.B. 1971. Tomato seed extraction. **Hort. Res.** 11: 127 – 135.

Roberts, E.H. 1981. Physiology of ageing and its application to drying and storage. **Seed Sci. & Technol.** 9: 359 – 372.

Roopa, V. 2006. **Influence of Post Harvest Handling Techniques on Seed Quality and Storability of Muskmelon (*Cucumis melo* L.)**. M.Sc.(Agri.) Thesis, University of Agricultural Sciences.

Shinohara, S. 1989. **Vegetable Seed Production Technology for Japan**. Volume 2. TBIC, Tsukuba.

Siddique, A.B. and D. Wright. 2003. Effect of different drying time and temperature on moisture percentage and seed quality (viability and vigour) of pea seed (*Pisum sativum* L.). **Asian Journal of Plant Sciences** 2 (13): 978 – 982.

Silva, R.F., R.B. Koch and E.L. Moore. 1982. Effect of extraction procedures on tomato seed germination and vigour. **Seed Sci. & Tech.** 10: 187 – 191.

Villareal, R.L. 1980. **Tomatoes in the Tropics**. Westview Press, Boulder, Colorado.

Ward, H.S. and J.L. Butt. 1955. Hygroscopic equilibrium and viability of naturally and artificially dried seed of Crimson clover. **Agron. J.** 47: 576 – 579.



ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 เม็ดซีโอไลท์ (zeolite bead)



ภาพผนวกที่ 2 เครื่องหมุนเหวี่ยงที่ใช้ในการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์

ตารางผนวกที่ 1 อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นด้วยวิธีพรางแสง

ชั่วโมงที่	เวลา	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
0	09.30	31.20	55.0
1	10.30	30.30	56.0
2	11.30	32.60	59.0
3	12.30	34.40	43.0
4	13.30	33.90	40.0
5	14.30	41.20	50.0
ค่าเฉลี่ย	-	33.93	50.5

ตารางผนวกที่ 2 น้ำหนักเริ่มต้นของเม็ดซีโอไลท์ ความชื้นของเม็ดซีโอไลท์ อัตราการดูดความชื้น และอุณหภูมิห้องปฏิบัติการที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ชั่วโมงที่	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)		ความชื้นของเม็ดซีโอไลท์ (%)			อัตราการดูดความชื้น (%/ชม.)	อุณหภูมิ (°C)
	ซ้้าที่ 1	ซ้้าที่ 2	ซ้้าที่ 1	ซ้้าที่ 2	ค่าเฉลี่ย		
0	5.095	5.140	-	-	-	0.00	30.5
1	5.479	5.549	7.54	7.96	7.75	7.75	30.9
2	5.793	5.856	13.70	13.93	13.81	6.06	31.4
3	6.002	6.054	17.80	17.78	17.79	3.98	32.1
4	6.107	6.145	19.86	19.55	19.71	1.92	32.5
5	6.130	6.165	20.31	19.94	20.13	0.42	32.7
6	6.136	6.169	20.43	20.02	20.23	0.10	32.7

ตารางผนวกที่ 3 อุณหภูมิระหว่างการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์

พรีตเมนต์	ระยะเวลา (ชั่วโมง)					อุณหภูมิ (°C)	
	0	1	2	3	4	สูงสุด	ต่ำสุด
12%SMC, ZB 30%w/w	31.52	36.13	34.01	31.52	29.50	36.13	29.50
12%SMC, ZB 40%w/w	32.69	36.18	33.18	31.69	30.20	36.18	30.20
12%SMC, ZB 50%w/w	31.67	36.66	34.66	32.16	30.17	36.66	30.17
15%SMC, ZB 30%w/w	33.17	35.66	33.67	31.17	28.80	36.66	28.80
15%SMC, ZB 40%w/w	32.70	36.69	34.20	32.20	30.21	36.69	30.21
15%SMC, ZB 50%w/w	33.71	37.21	34.71	32.22	30.22	37.21	30.22
ค่าเฉลี่ย	32.58	36.42	34.07	31.83	29.85	36.42	29.85

ตารางผนวกที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์

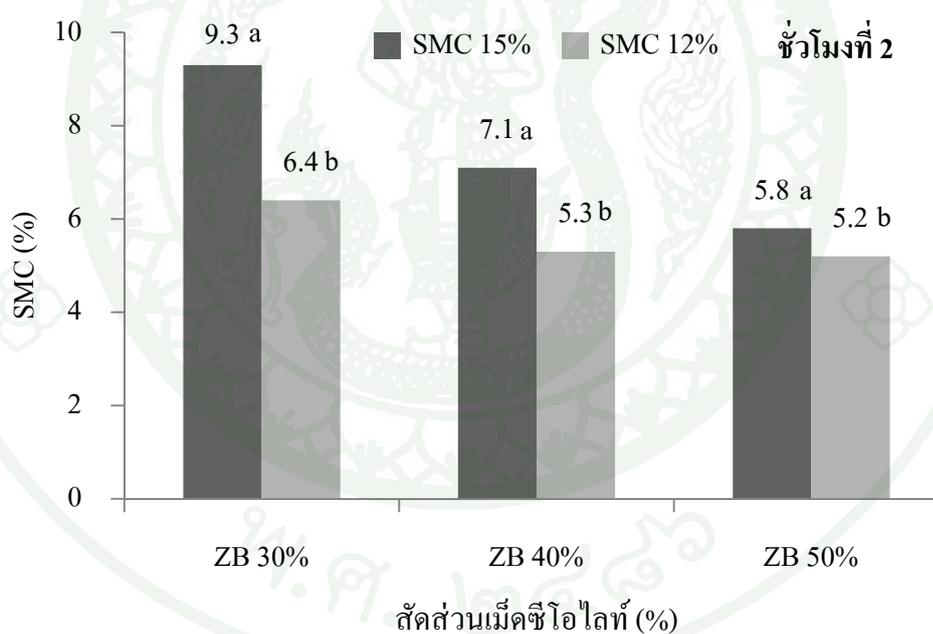
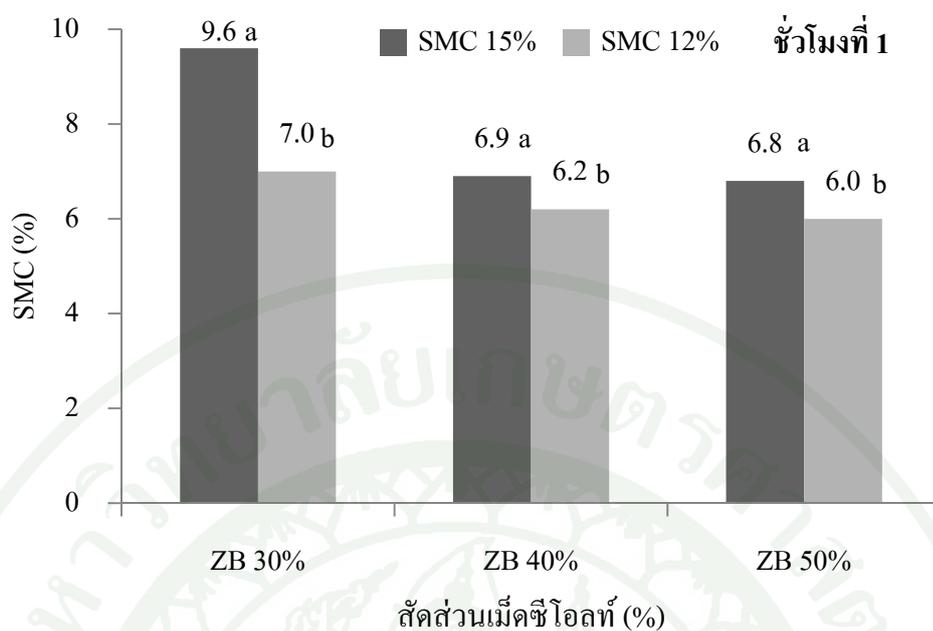
พรีตเมนต์	ระยะเวลา (ชั่วโมง)					ค่าเฉลี่ย ชั่วโมงที่ 1 - 4
	0	1	2	3	4	
12%SMC, ZB 30%w/w	31.90	25.30	27.90	28.80	29.10	27.78
12%SMC, ZB 40%w/w	20.68	10.54	11.34	9.75	11.34	10.74
12%SMC, ZB 50%w/w	23.62	3.39	1.84	3.39	2.62	2.81
15%SMC, ZB 30%w/w	62.30	63.53	64.76	64.76	64.76	64.45
15%SMC, ZB 40%w/w	33.21	40.32	44.48	43.79	43.79	43.10
15%SMC, ZB 50%w/w	31.23	14.66	13.92	14.66	16.13	14.84

ตารางผนวกที่ 5 น้ำหนักของเม็ดซีโอไลท์หลังการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

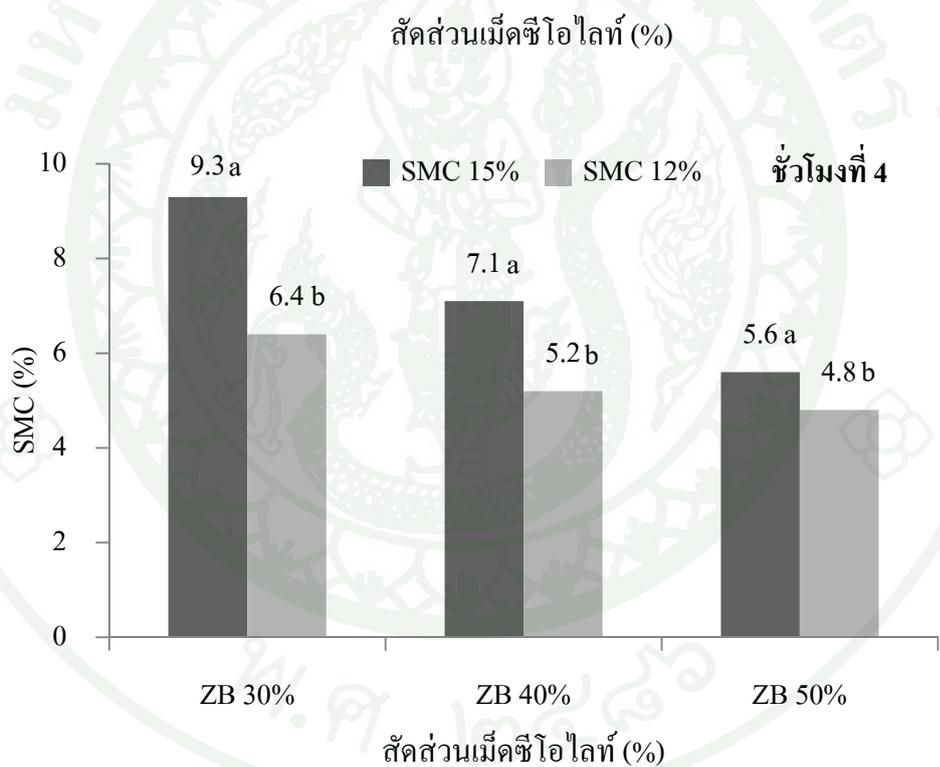
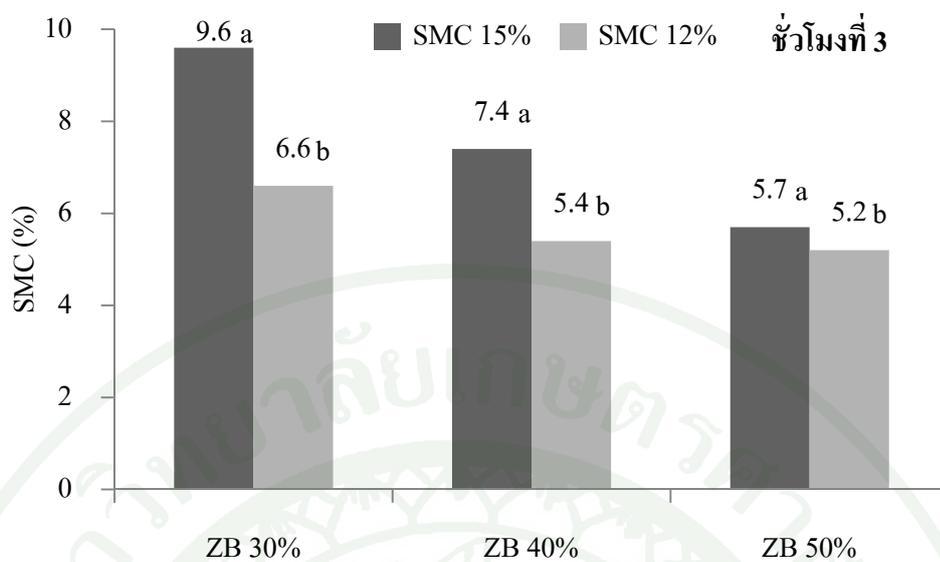
ทรีตเมนต์	ระยะเวลา (ชั่วโมง)							
	1		2		3		4	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
12%SMC, ZB 30%w/w	10.00	11.15	10.00	11.23	10.00	11.20	10.00	11.22
12%SMC, ZB 40%w/w	15.00	16.49	15.06	16.62	15.00	16.61	15.00	16.65
12%SMC, ZB 50%w/w	20.00	21.58	20.00	21.65	20.00	21.77	20.00	21.79
15%SMC, ZB 30%w/w	10.04	11.30	9.99	11.32	10.00	11.32	10.00	11.32
15%SMC, ZB 40%w/w	15.00	16.76	15.00	16.83	15.00	16.84	15.00	16.84
15%SMC, ZB 50%w/w	20.00	22.16	20.00	22.16	20.00	22.24	20.00	22.30

ตารางผนวกที่ 6 น้ำหนักของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการลดความชื้นด้วยเม็ดซีโอไลท์

ทรีตเมนต์	ระยะเวลา (ชั่วโมง)							
	1		2		3		4	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
12%SMC, ZB 30%w/w	20.00	18.85	20.00	18.82	20.00	18.85	20.00	18.80
12%SMC, ZB 40%w/w	20.00	18.65	20.00	18.55	20.00	18.55	20.00	18.56
12%SMC, ZB 50%w/w	20.00	18.67	20.00	18.60	20.00	18.55	20.00	18.46
15%SMC, ZB 30%w/w	20.00	18.65	20.00	18.62	20.00	18.34	20.00	18.67
15%SMC, ZB 40%w/w	20.00	18.31	20.00	18.18	20.00	18.21	20.00	18.21
15%SMC, ZB 50%w/w	20.00	18.03	20.00	18.01	20.00	17.90	20.00	17.87



ภาพผนวกที่ 3 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในชั่วโมงที่ 1 และ 2 หลังลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



ภาพผนวกที่ 4 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในชั่วโมงที่ 3 และ 4 หลังลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเมล็ดซีโอไลท์สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตารางผนวกที่ 7 น้ำหนักของเม็ดซีโอไลท์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น และ
เปอร์เซ็นต์การดูดความชื้นของเม็ดซีโอไลท์เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพจริง

ทริตเมนต์	ระยะเวลา (ชั่วโมง)							
	1		2		3		4	
	น้ำหนัก	%	น้ำหนัก	%	น้ำหนัก	%	น้ำหนัก	%
12%SMC, ZB 30%w/w	1.15 ^{1/}	57.50 ^{2/}	1.23	61.50	1.20	60.00	1.22	61.00
12%SMC, ZB 40%w/w	1.49	49.67	1.56	52.00	1.61	53.67	1.65	55.00
12%SMC, ZB 50%w/w	1.58	39.50	1.65	41.25	1.77	44.25	1.79	44.75
15%SMC, ZB 30%w/w	1.26	63.00	1.33	66.50	1.32	66.00	1.32	66.00
15%SMC, ZB 40%w/w	1.76	58.67	1.83	61.00	1.84	61.33	1.84	61.33
15%SMC, ZB 50%w/w	2.16	54.00	2.16	54.00	2.24	56.00	2.30	57.50

หมายเหตุ ^{1/} น้ำหนัก (g) ของเม็ดซีโอไลท์ที่เพิ่มขึ้นหลังการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ
เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นที่ระยะเวลาที่แตกต่างกัน

^{2/} เปอร์เซ็นต์การดูดความชื้นของเม็ดซีโอไลท์ โดยเม็ดซีโอไลท์สามารถดูดความชื้นได้
เต็มประสิทธิภาพจริงหรือดูดความชื้นได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเม็ดซีโอไลท์มีน้ำหนัก
เพิ่มขึ้น 2 3 และ 4 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น หลังลดความชื้นด้วยเม็ด
ซีโอไลท์สัดส่วน 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางผนวกที่ 8 ต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตายของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ
ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยวิธีต่าง ๆ

พรีตเมนต์	ต้นกล้าปกติ (เปอร์เซ็นต์)	ต้นกล้าผิดปกติ (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดสดไม่งอก (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดตาย (เปอร์เซ็นต์)
ระยะเวลาเก็บรักษา 0 เดือน				
12%SMC, 1 hr	98.75	1.25	0.00	0.00
12%SMC, 2 hr	99.00	1.00	0.00	0.00
15%SMC, 1 hr	99.25	0.75	0.00	0.00
15%SMC, 2 hr	99.50	0.50	0.00	0.00
Shade drying	99.00	1.00	0.00	0.00
ระยะเวลาเก็บรักษา 2 เดือน				
12%SMC, 1 hr	100.00	0.00	0.00	0.00
12%SMC, 2 hr	99.25	0.75	0.00	0.00
15%SMC, 1 hr	99.75	0.25	0.00	0.00
15%SMC, 2 hr	100.00	0.00	0.00	0.00
Shade drying	99.50	0.50	0.00	0.00
ระยะเวลาเก็บรักษา 6 เดือน				
12%SMC, 1 hr	95.75	4.00	0.00	0.25
12%SMC, 2 hr	97.75	2.25	0.00	0.00
15%SMC, 1 hr	98.75	0.75	0.50	0.00
15%SMC, 2 hr	98.75	1.25	0.00	0.00
Shade drying	98.50	1.50	0.00	0.00
ระยะเวลาเก็บรักษา 12 เดือน				
12%SMC, 1 hr	99.50	0.50	0.00	0.00
12%SMC, 2 hr	99.00	1.00	0.00	0.00
15%SMC, 1 hr	100.00	0.00	0.00	0.00
15%SMC, 2 hr	98.50	1.00	0.00	0.50
Shade drying	99.50	0.00	0.00	0.50



ภาพผนวกที่ 5 ต้นกล้าปกติ (A) ต้นกล้าผิดปกติ (B – C) ส่วนยอดติดอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ด (B) และใบเลี้ยงถูกทำลายมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (C)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวธีระรัตน์ ชินแสน
เกิดวันที่	20 สิงหาคม 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดมหาสารคาม
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีการเกษตร) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	- รางวัลดี ในการเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ สาขาเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ - รางวัลดีเด่น ในการเสนอผลงานภาคบรรยาย สาขาเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์และหลังการเก็บเกี่ยว
ทุนการศึกษาที่รับ	- ทุนนิสิตช่วยสอน วิชา 007422 การจัดการการผลิตผัก ภาคต้น ปีการศึกษา 2551 - ทุน Japan Student Services Organization (JASSO) ประเทศญี่ปุ่น ภาคปลาย ปีการศึกษา 2552 ถึง ภาคต้น ปีการศึกษา 2553