

ตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

A Cabinet to Keep Reproducing Soyer Seed

ปฎิภาณ ถิ่นพระบาท และ วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

1381 ถ.พิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทร-โทรสาร: 0-2913-2424 ต่อ 138 E-mail: padipan@yahoo.com, wirote_me@yahoo.com

Padipan Tinprabath and Wirote Ritthong

Mechanical Engineering Department, Rajamangala University of Technology Pranakorn North Bangkok Campus

1381 Piboolsongkram Rd. Bangsue, Bangkok 10800, Thailand

Tel - Fax: 0-2913-2424 Ext. 138 E-mail: padipan@yahoo.com, wirote_me@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้น เพื่อศึกษาและสร้างตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้สามารถนำไปใช้งานในระดับครัวเรือน โดยนำระบบทำความเย็นมาใช้ควบคุมอุณหภูมิภายในตู้และประยุกต์ใช้กับเครื่องลดความชื้นเพื่อรักษาภาวะอากาศภายในตู้ ให้เหมาะสมกับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

การทดสอบได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 4 แบบ ได้แก่ 1.การทดสอบหาระยะเวลาที่ใช้ควบคุมสภาวะอากาศ และค่ากำลังไฟฟ้า ที่สภาวะเริ่มเดินเครื่องจนถึงสภาวะการจกเก็บ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์ 2.การทดสอบหาคุณสมบัติของอากาศ และ กำลังงาน ที่สภาวะการจกเก็บ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวล 48 ชั่วโมง 3.การทดสอบหาคุณสมบัติของอากาศและกำลังงาน ที่สภาวะการจกเก็บ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวล 48 ชั่วโมง 4.การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) ของระบบการทำความเย็น

ผลจากการทดสอบพบว่า ตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสามารถควบคุมสภาวะอากาศ และปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการจกเก็บบรรลุตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ จากสภาวะเริ่มการทดสอบจนถึงสภาวะการจกเก็บที่ต้องการ ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 230 นาที ใช้กำลังงานไฟฟ้า 1.25 กิโลวัตต์ ต่อ ชั่วโมง โดยที่สภาวะการจกเก็บที่เหมาะสมคือ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์ ใช้กำลังงานไฟฟ้า 6.55 กิโลวัตต์ ต่อ ชั่วโมง อุณหภูมิภายในตู้เฉลี่ย 15.11 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เฉลี่ย 35.72 เปอร์เซ็นต์ เป็นสภาวะที่เหมาะสม สำหรับการจกเก็บเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองและมีการใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำสุด และจากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ เท่ากับ 3.2

Abstract

The aim of this project is to make a Cabinet to keep reproducing soyer seeds . The cooling system is made to control the temperature and it is also used to decrease the humidity.

The tests are divided into four. First the test of length of times control air circumstances and the energy value at the start to 10°C , the adherent humidity must not be over 65 % . Then the test of air property and energy at a working condition of 10 °C and adherent humidity must not be over 65 % at 48 hours long. Next the test of air property and energy at the working condition of 15°C, the adherent humidity must not be over 65 % at 48 hours long. Finally the test to find out the COP coefficient of performance .

The out come of the test shows that the making of the cabinet to keep reproducing soyer seed can control air circumstances and the amount of product. It spend 230 minutes from the start to the desired keeping system. The proper condition for keeping reproducing soyer seed at low watt need 1.25 kW / h at 15 °C, the adherent humidity must not be over 65 % . It needs 6.55 kW / h. And at the average temperature of 15.11°C, the average adherent humidity in the cabinet must not be over 35.72 % . And as the COP coefficient equals 3.2 , this cooling machine can draw 3.2 .

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาที่ประสบปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ อาชีพส่วนใหญ่ของประชากรคือการเกษตรกรรม รายได้ของประเทศส่วนใหญ่ มาจากการส่งออกผลผลิตทางการเกษตรในรูปวัตถุดิบ แต่มีการนำเข้าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ทำให้ประเทศเสียดุลการค้า การนำเข้าวัตถุดิบ มาแปรรูป ใช้ในประเทศ จึงเป็นการแก้ปัญหาที่ดีอีกวิธีหนึ่งแต่อย่างไรก็ตามต้นทุนในการผลิตวัตถุดิบก็ยังเป็นปัญหาหนึ่งของเกษตรกรโดยเฉพาะต้นทุนของเมล็ดพันธุ์พืชที่ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ หรือ ซื้อจากบริษัทเอกชนที่มีราคาสูง เนื่องจากเกษตรกร ขาดเทคโนโลยีในการจัดเก็บเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม

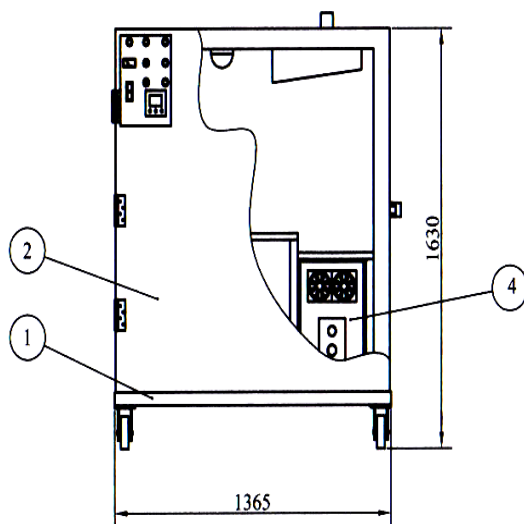
ในปัจจุบันถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมาชนิดหนึ่งซึ่งมีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออก ทางแถบตะวันออกของประเทศจีน นอกจากจะเป็นพืชเศรษฐกิจปลูกกันมาเนิ่นนานแล้วยังนิยมปลูกกันอย่างกว้างขวาง ถั่วเหลืองยังเป็นพืชที่ให้โปรตีนและน้ำมันสูง ซึ่งในเมล็ดประกอบด้วยน้ำมัน ประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดีและอุดมด้วยคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์และสัตว์ สำหรับในประเทศไทยได้มีการเพาะปลูกถั่วเหลืองกันอย่างแพร่หลาย โดยนิยมปลูกกันในฤดูแล้ง หรือในนาหลังการเก็บเกี่ยวข้าว จากการศึกษาทราบว่าเมล็ดพันธุ์พืชที่มีปริมาณน้ำมันสูง เช่น ถั่วชนิดต่างๆ งา และเมล็ดทานตะวัน จะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าพืชชนิดอื่น ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องปกติจะเสื่อมความงอก และความแข็งแรง อย่างรวดเร็ว แม้ว่าจะลดความชื้น ให้อยู่ในระดับต่ำ เช่นเดียวกันกับที่ปฏิบัติต่อ พืชชนิดอื่น อายุการเก็บรักษา ของถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน การดูแลรักษาเป็นปัญหาหนึ่งในการเก็บรักษา เพราะเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในฤดูแล้งประมาณเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงและฝนเริ่มตก มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้ เป็นเมล็ดที่มี อัตราความงอก และความแข็งแรงต่ำไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน แต่การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ ในปลายฤดูฝน ประมาณเดือนพฤศจิกายน เป็นระยะที่ฝนเริ่มหยุดตกมีอุณหภูมิต่ำในช่วงนี้จึงทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดี มีอัตราความงอก ความแข็งแรงสูง จึงเป็นเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม ควรแก่การเก็บรักษาเพื่อใช้ในฤดูเพาะปลูกต่อไป ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ คุณภาพเริ่มต้นของเมล็ด ก่อนเก็บรักษา ความชื้นในการเก็บรักษาเมล็ด อุณหภูมิห้องเก็บรักษา

จากปัจจัย ดังกล่าว ที่มีผล ต่ออายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พันธุ์ และคุณภาพเริ่มต้นของเมล็ดก่อนเก็บรักษาสามารถควบคุมได้โดยอาศัยความรู้ ทางด้าน การปรับปรุงพันธุ์ของนักวิชาการ ทางด้านการเกษตร ส่วนปัจจัยทางด้านอุณหภูมิและความชื้นในการเก็บรักษา สามารถนำความรู้ ทางด้าน

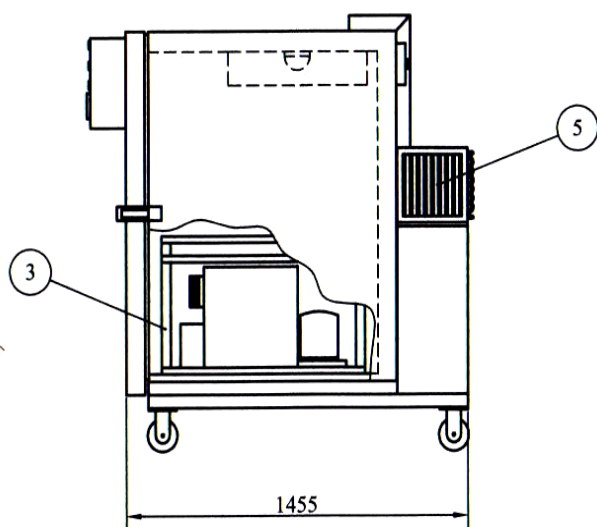
วิศวกรรมเครื่องกลมาใช้แก้ปัญหา จากการศึกษาทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลจึงทำให้คณะผู้จัดทำมองเห็นแนวทางในการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ โดยใช้ทฤษฎีของการทำความเย็น และปรับอากาศ สร้างตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เพื่อใช้ลดปัญหาดังกล่าว

2. อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

ในการออกแบบและสร้างตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ผู้จัดทำได้คำนวณค่าต่างๆ เช่น ภาระความร้อนรวมทั้งหมด ความสามารถในการทำความเย็น การถ่ายเทความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์ งานที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบ ตามหลักการทางทฤษฎี เพื่อใช้ในการเลือก และสร้างอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เป็นไปตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไว้โดยมีรูปแบบและรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1 แบบโครงสร้างตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง



รูปที่ 2 แบบโครงสร้างตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

1. โครรับน้ำหนักตู้
2. ตู้เก็บเมล็ดพันธุ์
3. ชั้นวางเมล็ดพันธุ์
4. เครื่องลดความชื้น
5. คอนเดนซิงยูนิต

ในการทดลอง ตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เพื่อหาสมรรถนะของการทำความเย็น และสภาวะอากาศที่เหมาะสมในการจัดเก็บ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสะดวก และรวดเร็ว ในการทดลองจึงต้องปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ขั้นตอน การเตรียมอุปกรณ์ และเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองก่อนเก็บรักษา

1. เตรียมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ให้มีปริมาณเหมาะสมกับการจัดเก็บ
2. ตรวจวัดความชื้นในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ก่อนจัดเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ควรตรวจสอบความชื้น ของเมล็ดพันธุ์ ให้มีความชื้นที่เหมาะสม ก่อนเข้าเก็บในตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์
3. บรรจุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง การบรรจุเมล็ดพันธุ์ในกระสอบ ควรชั่ง น้ำหนักของเมล็ดพันธุ์และบรรจุเมล็ดพันธุ์ในกระสอบให้เท่ากันทุกกระสอบ ตามจำนวนที่ต้องการจัดเก็บ
4. จัดเก็บเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ในตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยวางกระสอบที่บรรจุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ตามชั้นวางภายในตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมเมล็ดพันธุ์ ถั่วเหลืองและ จัดวางเมล็ดพันธุ์บนชั้นเก็บของตู้เก็บรักษา เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง
2. เซตค่าหน้าจอแสดงผลสภาวะอากาศ

3. เดินเครื่อง โดย ปฏิบัติตามวิธีการใช้ตู้เก็บเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

4. บันทึกค่า อุณหภูมิ ความชื้นและกำลังงาน ทุก 5 นาที ตั้งแต่เริ่มเดินเครื่องจนถึงสภาวะ การจัดเก็บ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์

5. บันทึกค่า อุณหภูมิ ความชื้น และกำลังงาน ทุก 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ที่สภาวะการจัดเก็บ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์

6. บันทึกค่า อุณหภูมิ ความชื้น และกำลังงาน ทุก 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ที่สภาวะการจัดเก็บ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์

2.3 ขั้นตอนการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

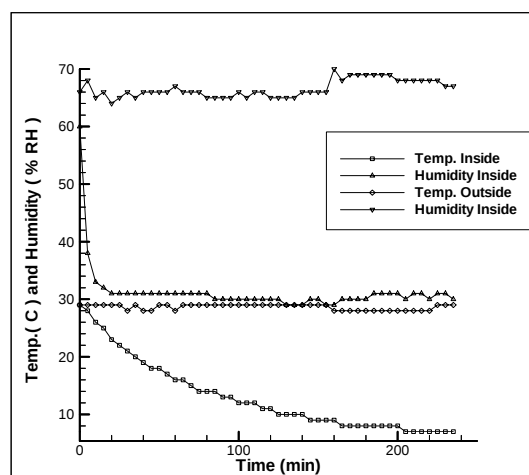
1. หาค่าอุณหภูมิ ไอรอนยวดยิ่ง ที่เครื่องระเหย
2. หาค่าอุณหภูมิ ของเหลวเย็นยิ่งยวดที่คอนเดนเซอร์

3. ผลการทดลอง

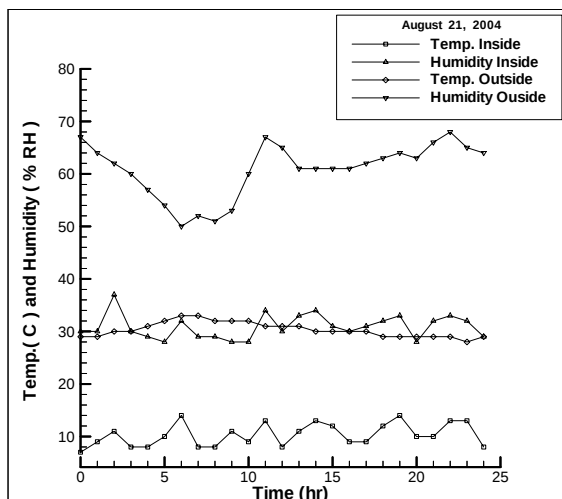
จากการทดลอง นำมาแสดงผลโดยกราฟ พบข้อมูลดังนี้

1. จากรูปที่ 6 และ 7 อุณหภูมิ และความชื้น ที่ได้จากการทดลอง ที่สภาวะการจัดเก็บ (15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์) มีความคงที่สูงกว่า สภาวะการจัดเก็บ (10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์) รูปที่ 4 และ 5 เนื่องจาก ในช่วงดังกล่าวมีการดึงความร้อนออกจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเกือบหมดแล้ว

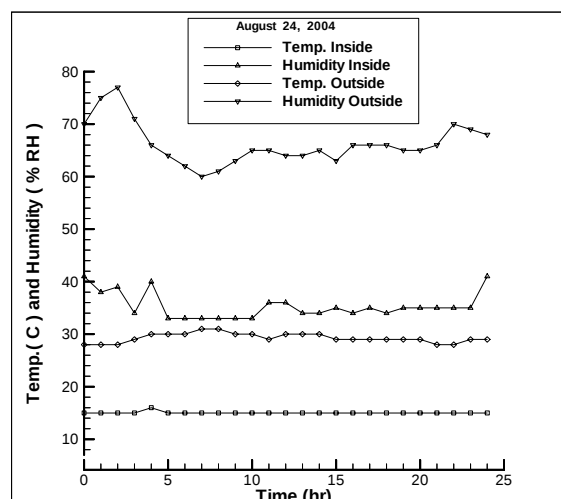
2. จากรูปที่ 8 ค่าพลังงาน ที่สภาวะการจัดเก็บ (15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำกว่า สภาวะการจัดเก็บ (10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจาก พลังงานความร้อน ที่ต้องการถ่ายเทออกจากตู้มีค่าต่ำกว่า



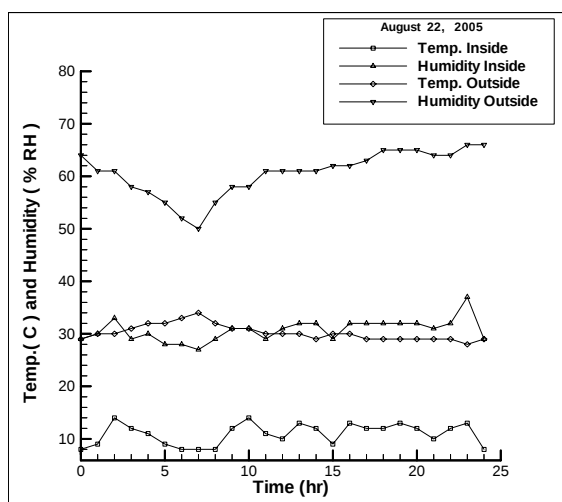
รูปที่ 3 กราฟแสดงผลของสภาวะอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ขณะเริ่มเดินเครื่องจนถึง สภาวะ การจัดเก็บ



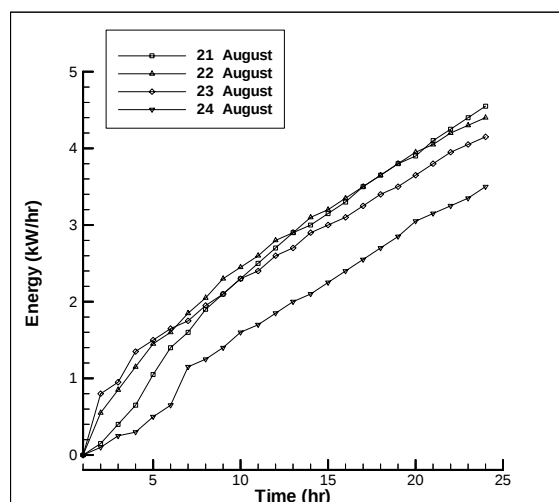
รูปที่ 4 ผลของอากาศที่สภาวะการจัดเก็บ (10 °C ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 %) 21 สิงหาคม 2547



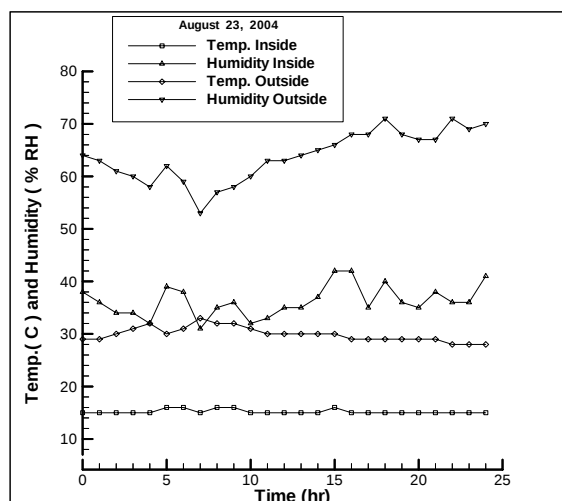
รูปที่ 7 ผลของอากาศที่สภาวะการจัดเก็บ (15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 %) 24 สิงหาคม 2547



รูปที่ 5 ผลของอากาศที่สภาวะการจัดเก็บ (10 °C ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 %) 22 สิงหาคม 2547



รูปที่ 8 แสดงค่ากำลังงาน



รูปที่ 6 ผลของอากาศที่สภาวะการจัดเก็บ (15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 %) 23 สิงหาคม 2547

3. จากรูปที่ 8 ค่าพลังงานไฟฟ้า ที่ใช้ตั้งแต่เริ่มจัดเก็บ จนถึงสิ้นสุด การบันทึกผลการทดลองมีแนวโน้มที่จะลด เนื่องจากการทำความเย็นภายในตู้ คือ ค่าความร้อนจากผลิตภัณฑ์ ได้ลดลงจากสภาวะเริ่มต้นจัดเก็บ

4. ผลการทดสอบ

จากการวิเคราะห์ สภาวะการจัดเก็บ และ ประสิทธิภาพ การทำความเย็น ของ ตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยมีค่าต่างๆ ดังนี้

1. ทดสอบที่สภาวะเริ่มเดินเครื่องจนถึงสภาวะการจัดเก็บ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์ ตู้เก็บรักษา เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่บรรจุเมล็ดพันธุ์ 200 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลา ในการถ่ายเทความร้อน ออกจากตู้ 230 นาที ใช้กำลังงานไฟฟ้า 1.25 กิโลวัตต์ ต่อ ชั่วโมง

2. ทดสอบที่สภาวะการจัดเก็บ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลารวมทั้ง 48 ชั่วโมง ใช้กำลังงานไฟฟ้า 8.3 กิโลวัตต์ ต่อ ชั่วโมง อุณหภูมิ ภายในตู้เฉลี่ย 11.06 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ภายในตู้เฉลี่ย 31.93 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิภายนอกตู้ เฉลี่ย 32.08 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้เฉลี่ย 63.83 เปอร์เซ็นต์

3. ทดสอบที่สภาวะการจัดเก็บ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลารวมทั้ง 48 ชั่วโมง ใช้กำลังงานไฟฟ้า 6.55 กิโลวัตต์ ต่อ ชั่วโมง อุณหภูมิ ภายในตู้เฉลี่ย 15.11 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ เฉลี่ย 35.72 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิภายนอกตู้เฉลี่ย 29.67 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้เฉลี่ย 64.63 เปอร์เซ็นต์

4. ทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ ของสมรรถนะ (COP) จากการวัดอุณหภูมิ และความดันที่เกิดขึ้นจริง ในวัฏจักรสารทำความเย็น แล้วทำการกำหนดค่าลงใน P-h diagram ของสารทำความเย็น R-12 และ อ่านค่าคุณสมบัติต่างๆในวัฏจักร ทำการคำนวณ ได้ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) เท่ากับ 3.2

5.สรุป

จากผลการทดลอง ทำให้ทราบว่า การดำเนินการ สร้าง ตู้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง สามารถควบคุม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณของผลิตภัณฑ์ ที่จะทำการจัดเก็บ บรรลุตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ การเริ่มเดินเครื่อง จนถึงสภาวะการจัดเก็บ ที่ต้องการ ใช้ระยะเวลา ทั้งหมด 230 นาที ใช้กำลังงานไฟฟ้า 1.25 กิโลวัตต์ ต่อ ชั่วโมง โดยที่สภาวะการจัดเก็บที่เหมาะสม คือ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์ ใช้กำลังงานไฟฟ้า 6.55 กิโลวัตต์ ต่อ ชั่วโมง อุณหภูมิภายในตู้ เฉลี่ย 15.11 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ เฉลี่ย 35.72 เปอร์เซ็นต์ เป็นสภาวะที่เหมาะสม สำหรับการจัดเก็บเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง และ มีการใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำสุด จากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเท่ากับ 3.2 เครื่องทำความเย็นนี้ สามารถดึงปริมาณความร้อนได้ 3.2

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ที่ให้ทุนโครงการวิจัย ประจำปี 2546 มา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. ชูชัย ต.ศิริวัฒนา, การทำความเย็นและปรับอากาศ, กรุงเทพฯ, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2546.

2. ชัชวาล ดันตพิทิต, คู่มือระบบทำความเย็น, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ม.ป.ท.
3. ชูพหเทพ พงศ์สร้อยเพชร, เมล็ดพันธุ์ผักสำหรับเขตร้อน, กระทรวงศึกษาธิการ สาขาเกษตรศาสตร์, ม.ป.ท.
4. นันทิยา สมานนนท์, การขยายพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ, ม.ป.ท.
5. พันธุ์รงค์ จันทร์แสงศรี, พืชวัตถุปลูกสำหรับอุตสาหกรรมเกษตร, สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, ม.ป.ท.
6. Yunus A. Cengel, Thermodynamics. New York : McGraw-Hill, 1998
7. Yidiz Bayazittoglu and M.Necati Ozisik, Elements of Heat Transfer, New York : McGraw-Hill, 1998

