การลดอุณหภูมิด้วยน้ำและโดยการบังคับอากาศเย็นของกะหล่ำปลีและส้ม

Hydrocooling and Forced-air Cooling of Orange and Cabbage

สุกัญญา ทองโยธี[1]

Sukanya Thongyothee[1]

Abstract

This study aims to 1) design and develop the temperature reducing of vegetables and fruits machine by Hydrocooling (HC) and Forced-air cooling (FC) methods, 2) evaluate the temperature reducing of vegetables and fruits machine by HC and FC methods and, 3) investigate the cooling process and the physical characteristic of vegetable and fruit after cooling. The research is carried out by cooling down the vegetable and fruits for 12 hrs. Experiment also conducted by exploring the change of color and solidity of vegetable and fruits after being cooled and kept in the cooler for 240 hrs., cabbage and orange were selected to cooling in research. The assessment of the cooler's performance in 255 min, it shows that the temperatures of vegetable and fruits drop for 5.0 °C. The temperature of water in the tank reduced to 1 °C. The rate of cool air 3.5 m/s and 0.105 m^3/s, with temperature of 2.5 °C. The water dispersion at 1 meter height resulted as 2 x 2.4 m. The electricity used 0.4 kWh. The cooler coefficient of performance (COPR) 2.01 removes heat from tank at rate of 180.06 kJ/min. According to the HC performance, the cabbage temperature drops to 8.21 °C. and to 8.16 °C for the orange. The FC, the cabbage temperature drops to 11.06 °C and the orange drops to 9.95 °C. The assessment of solidity, the cabbage and the orange cooled by HC method 0.99 kgf and 0.86 kgf, respectively while FC method reveals as 0.95 kgf and 0.85 kgf, respectively. The color of the cabbage cooled by HC method was changed from initially green to dark green (L= 64.4, a= -10.8, b= 35.7) while the orange was changed from initially dark yellow to light yellow (L= 47.8, a= -2.3, b= 43.2). The color of the cabbage cooled by forced air-cooling was changed from initially green to dark green (L= 64.8, a= -24.6, b= 36.0), and the orange was changed from initially dark yellow to light yellow (L= 50.1, a= -2.3, b= 47.0).

Keywords: Temperature reducing methods, Vegetables and fruits Color, Firmness

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาวิธีลดอุณหภูมิผักและผลไม้โดยวิธี hydrocooling (HC) และ forced-air cooling (FC) 2) ประเมินเครื่องลดอุณหภูมิผักและผลไม้โดยวิธี HC และ FC 3) ศึกษาการลดอุณหภูมิและคุณสมบัติทางกายภาพของผักและผลไม้หลังลดอุณหภูมิด้วยวิธีการลดอุณหภูมิผักและผลไม้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพสี ความแน่นเนื้อ โดยดูการเปลี่ยนแปลงของผักและผลไม้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิขณะเก็บรักษาในห้องเย็น 240 ชั่วโมง วัสดุเกษตรที่ใช้คือกะหล่ำปลีและส้ม ผลการประเมินเปิดเครื่องเป็นเวลา 255 นาที ลดอุณหภูมิได้ 5.0 °C อุณหภูมิน้ำภายในถังทำน้ำเย็นลดลงเหลือ 1 °C อัตราการไหลของน้ำเย็น 25.2 ลิตร/นาที และมีอุณหภูมิที่ 1 °C ความเร็วลมเย็น 3.5 m/s อุณหภูมิที่ 2.5° C และปริมาณลมที่ถูกดูด 0.105 m^3/s การกระจายตัวของน้ำที่ระดับความสูง 1 m เท่ากับกว้าง 2x2.4 เมตร ไฟฟ้าที่ใช้ 0.4 kWh สมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (COP_{Ref}) 2.01 ความร้อนที่ถูกปล่อยทิ้งไปยังภายนอกห้อง 180.06 kJ/min ผลการลดอุณหภูมิโดยวิธี HC พบว่ากะหล่ำปลีลดลงเหลือ 8.21 °C มีความแน่นเนื้อ 0.99 kgf และส้มลดลงเหลือ 8.16 °C มีความแน่นเนื้อ 0.86 kgf กะหล่ำปลีที่ลดอุณหภูมิโดยวิธี FC ลดลงเหลือ 11.06 °C มีความแน่นเนื้อ 0.95 kgf และส้มลดลงเหลือ 9.95 °C มีความแน่นเนื้อ 0.85 kgf สีของกะหล่ำปลีที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยวิธี HC เริ่มต้นจากสีเขียวอ่อนเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม (L= 64.4, a= -10.8, b= 35.7) และส้มเริ่มต้นจากสีเหลืองเข้มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน (L= 47.8, a= -2.3, b= 43.2) สีของกะหล่ำปลีที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยวิธี FC เริ่มต้นจากสีเขียวอ่อนเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม (L= 64.8, a= -24.6, b= 36.0) และส้มเริ่มต้นจากสีเหลืองเข้มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน (L= 50.1, a= -2.3, b= 47.0)

คำสำคัญ: วิธีลดอุณหภูมิ ผักและผลไม้ ค่าสีและความแน่นเนื้อ

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ขอนแก่น 40000 Program of Agricultural

[1] Machinery Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology ISAN Khon Kaen Campus, Khon Kaen 40000

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ผักและผลไม้สดนับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญนำเงินตราเข้าประเทศปีละหลายพันล้านบาท ในรูปของผักและผลไม้สดแช่เย็น แช่แข็ง และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกและผู้ส่งออกของไทย ปัจจุบันความต้องการบริโภคผักและผลไม้ภายในประเทศกำลังเพิ่มขึ้น และมีพื้นที่ปลูกผักทั้งประเทศอยู่ระหว่าง 2-3 ล้านไร่ ผลผลิตอยู่ระหว่าง 1.5–3.5 ล้านตัน จึงมีผลผลิตออกสู่ตลาดทั้งปี โดยเฉพาะผักกะหล่ำปลี มีพื้นที่ปลูกทั้งประเทศโดยประมาณ 59,000 ไร่ ผลผลิตประมาณ 184,000 ตัน (สำนักงานเศรษกิจการเกษตรที่ 2, 2558) การส่งออกผักผลไม้สดแช่เย็น แช่แข็งและแห้ง เดือนมกราคม 2561 มีปริมาณทั้งหมด 188,025 ตัน คิดเป็นมูลค่า 183.34 ล้าน เหรียญสหรัฐฯ เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.26 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปีที่ผ่านมา (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2561) อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงและเสื่อมสภาพไปอย่างรวดเร็ว การลดอุณหภูมิและการเก็บรักษาผลิตผลในสภาวะอุณหภูมิต่ำเพื่อชะลอขบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น โดยเฉพาะผลิตผลที่ค่อนข้างจะบอบบางและเน่าเสียได้ง่าย สาเหตุการสูญเสียของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยว ส่วนหนึ่งมาจากความร้อนสะสมในผลิตผลที่อยู่ในแปลงปลูกก่อนการเก็บเกี่ยวจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับบรรยากาศรอบๆ ขณะเก็บเกี่ยวหากไม่ทำการลดอุณหภูมิของผลิตผลลงอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว (precooling) การลดอุณหภูมิสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการใช้น้ำแข็ง (contact icing) การใช้สุญญากาศ (vacuum cooling) การใช้น้ำเย็น (hydrocooling) การใช้อากาศเย็น (air cooling) โดยแบ่งเป็นการใช้ห้องเย็นเป็นห้องลดอุณหภูมิผลิตผลโดยตรง (room cooling) และการทำให้อากาศเย็นไหลผ่านไปยังผลิตผล (forced-air cooling) ทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจสูงเป็นระยะเวลานาน และมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยามากตามไปด้วย จากการศึกษาวิธีการลดอุณหภูมิของผักและผลไม้โดยวิธี hydrocooling และ forced-air cooling ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดของการลดอุณหภูมิผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว จะพบปัญหาการควบคุมอุณหภูมิ ณ อุณหภูมิห้องที่ 20.3° C ซึ่งไม่สามารถควบคุมให้คงที่ได้จึงเป็นผลเสียต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและอายุในการเก็บรักษาของผักและผลไม้ (นิรันดร์ และคณะ, 2545) จากปัญหาดังกล่าวจึงทำการศึกษาการลดอุณหภูมิผักและผลไม้ใช้หลักการ hydrocooling และ forced-air cooling ทั้งนี้เครื่องลดอุณหภูมิแบบดังกล่าวสามารถลดอุณหภูมิของผักและผลไม้มีอุณหภูมิต่ำลง อันจะเป็นประโยชน์ให้กับเกษตรกรได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาวิธีลดอุณหภูมิผักและผลไม้โดยวิธี Hydrocooling (HC) **และ** Forced-air cooling (FC)

ศึกษาข้อมูลวิธีการลดอุณหภูมิของผักและผลไม้โดยวิธี HC และ FC โดยออกแบบห้อง HC ให้ความกว้าง 50 ซม. ยาว 100 ซม. สูง 100 ซม. และห้อง FC มีความกว้าง 50 ซม. ยาว 50 ซม. สูง 100 ซม. ผนังสังกะสีแผ่นเรียบหนา 2 มม. บุด้านในด้วยฉนวนกันความร้อนหนา 5 ซม. ทั้งสองห้อง (Figure 1) (ชัชวาล, 2544) ออกแบบถังเก็บน้ำเย็นมีความจุน้ำ 20 ลิตร อยู่ใต้ห้อง HC (Figure 2) เลือกใช้เครื่องทำความเย็นขนาด 2.638 kW ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ เลือกใช้ปั๊มเป็นแบบหอยโข่งมอเตอร์ปั๊มขนาด 0.5 แรงม้า ท่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.45 ซม.ใช้พัดลมแบบทิ้วแอ็กเซียลเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 19.6 ซม.ที่ความเร็วรอบ 1300 rpm (Figure 3) (จันทนา, 2548)

Figure 1 HC and FC room

Figure 2 Cool water tank

Figure 3 Air tube

2. ประเมินเครื่องลดอุณหภูมิผักและผลไม้โดยวิธี Hydrocooling (HC) **และ** Forced-air cooling (FC)

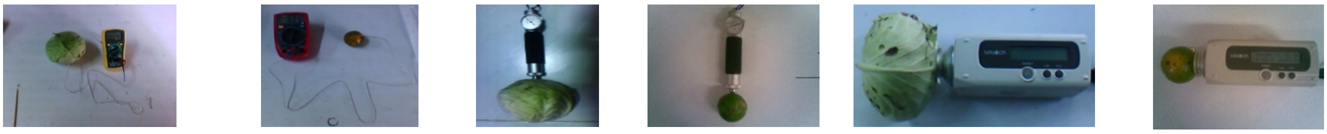
ศึกษาการหาความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่อง วิธีการดำเนินงานได้แก่ ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์และเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง HC และห้อง FC และศึกษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังทำน้ำเย็น โดยติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์เข้าไปภายในถังทำน้ำเย็น ศึกษาอัตราการไหลของน้ำเย็น อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จากหัวฉีดโดยเปิดปั๊มน้ำให้ไหลขึ้นไปฉีดเป็นฝอยภายในห้อง HC แล้ววัดปริมาณน้ำที่ฉีดออก จากนั้นศึกษาความเร็วลม อุณหภูมิของลมเย็นและปริมาณลมเย็นที่ถูกดูดเข้าไปที่ห้อง FC โดยใช้เครื่องวัดความเร็วของลม วัดความเร็วลมที่พัดลมดูดเข้าไป ปริมาณลมเย็นที่ถูกดูดสามารถหาได้ โดยนำปริมาตรของท่อลม คูณด้วยความเร็วลมที่ถูกดูด ศึกษาการกระจายตัวของน้ำ และอุณหภูมิน้ำ

เย็นที่ฉีดออก โดยนำหัวฉีดที่ออกแบบติดตั้งภายในห้อง HC มาฉีดน้ำในระดับความสูงต่างๆ ที่ใช้ ติดตั้งแอมมิเตอร์เพื่อหาจำนวนไฟฟ้าที่ใช้ไปและอ่านค่าที่เวลาระดับความเย็นต่างๆ และคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP_R) เครื่องทำความเย็นจากสมการดังนี้

$$Q = \frac{mc\Delta T}{\text{เวลาในการทำความเย็น}}$$

3. ศึกษาการลดอุณหภูมิและคุณสมบัติทางกายภาพของผักและผลไม้

ศึกษาการลดอุณหภูมิและคุณสมบัติทางกายภาพ ขณะเก็บรักษาในห้องเย็นของกะหล่ำปลีและส้ม โดยวิธี HC และ FC



(a) (b) (c) (d) (e) (f)

Figure 4 Cabbage temperature measurement (a) Orange temperature measurement (b) Cabbage firmness measurement (c)Orange firmness measurement (d) Cabbage color measurement (e) Orange color measurement (f)

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาการลดอุณหภูมิ เปิดเครื่องเป็นเวลา 255 นาที ลดอุณหภูมิภายในห้อง HC และห้อง FC ลงเหลือเท่ากับ 5.0° C และมีความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อม 51% ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง HC เท่ากับ 88% และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง FC เท่ากับ 34% และน้ำเย็นอุณหภูมิลดลงเหลือ 1 °C จากนั้นเปิดปั๊มน้ำให้ไหลขึ้นไปฉีดฝอยภายในห้อง HC เป็นเวลา 1 นาที น้ำเย็นที่ไหลออกมา มีอัตราการไหลเท่ากับ 25.2 ลิตรต่อนาที ความเร็วลมอุณหภูมิและปริมาณลมเย็นที่ถูกดูดเข้าไปที่ห้อง FC มีความเร็วลมเท่ากับ 3.5 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิของลมเย็นเท่ากับ 2.5° C และปริมาณลมถูกดูดเข้าไป 0.105 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที การกระจายตัวของน้ำ และอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ฉีดออก เมื่อนำหัวฉีดติดตั้งภายในห้อง HC ให้น้ำฉีดออกมาเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ความสูง 1 เมตร การกระจายตัวของน้ำเท่ากับกว้าง 2 เมตร ยาว 2.4 เมตร ค่าไฟฟ้าที่ใช้ โดยเปิดเครื่องทำการลดอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการค่าไฟฟ้าที่ใช้ 0.4 kWh สมรรถนะเครื่องทำความเย็น (COP_{Ref}) ปริมาณความร้อน 2.01 ที่ถูกกำจัดออกจากห้องเย็น เมื่อมีการป้อนงานเข้าเครื่องทำความเย็นทุก 1 KJ ความร้อนที่ถูกปล่อยทิ้งไปยังภายนอกของห้อง 180.06 KJ/min ผลการลดอุณหภูมิโดยวิธี HC พบว่ากะหล่ำปลีลดลงเหลือ 8.21° C มีความแน่นเนื้อ 0.99 kgf ส้มลดลงเหลือ 8.16° C มีความแน่นเนื้อ 0.86 kgf กะหล่ำปลีที่ลดอุณหภูมิโดยวิธี FC ลดลงเหลือ 11.06° C มีความแน่นเนื้อ 0.95 kgf ส้มลดลงเหลือ9.95° C มีความแน่นเนื้อ 0.85 kgf การลดอุณหภูมิโดยวิธี HC กะหล่ำปลีจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ((L*= 64.4, a*= -10.8, b*= +35.7) และส้มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน (L*= 47.8, a*= -2.3, b*= +43.2) ส่วนการลดอุณหภูมิโดยวิธี FC กะหล่ำปลีจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม (L*= 64.8, a*= -24.6, b*= +36.0) และส้มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน (L*= 50.1, a*= -2.3, b*= +47.0)

(a) (b) (c)

Figure 5 Reduction of cabbage and orange temperatures use HC (a) Reduction of cabbage and orange temperatures use FC (b) Temperature reducer machine (c)

สรุป

การลดอุณหภูมิผักและผลไม้ด้วยวิธี HC และ FC เป็นวิธีที่ดีที่สุดหลังการเก็บเกี่ยว โดยสามารถลดอุณหภูมิกระหล่ำปลีและส้มให้มีอุณหภูมิต่ำลง และรักษาสภาพให้สดใหม่ ซึ่งมีความสามารถในการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิภายในห้องด้วยวิธี HC และ FC ลงเหลือเท่ากับ 5.0 ^{o}C ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องด้วยวิธี HC 88% และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องด้วยวิธี FC 34% น้ำเย็นอุณหภูมิลดลงเหลือ 1 ^{o}C มีอัตราการไหลของน้ำเย็น 25.2 ลิตร/นาที และมีอุณหภูมิที่ 1 ^{o}C ความเร็วลมเย็น 3.5 m/s อุณหภูมิที่ 2.5 ^{o}C และปริมาณลมที่ถูกดูด 0.105 m^3/s การกระจายตัวของน้ำที่ระดับความสูง 1 m เท่ากับกว้าง 2 x 2.4 เมตร ค่าไฟฟ้าที่ใช้ 0.4 kWh สมรรถนะเครื่องทำความเย็น (COP_{Ref}) ปริมาณความร้อน 2.01 ที่ถูกกำจัดออกจากห้องเย็น เมื่อมีการป้อนงานเข้าเครื่องทำความเย็นทุก 1 KJ ความร้อนที่ถูกปล่อยทิ้งไปยังภายนอกของห้อง 180.06 KJ/min

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุน ช่วยเหลือให้ผลงานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2561. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้โดย: http://www.ditp.go.th/. (7 ก.ค. 2562).

จันทนา สันทัดพร้อม. 2548. ระบบทำความเย็นและการใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนลีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา.

ชัชวาล ตัณฑกิตติ. 2544. คู่มือระบบทำความเย็น. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิรันดร์ พินิจลึก, เสกสรร ปัญญาดี และอดิศักดิ์ ปรูรชาญ. 2545. การศึกษาการลดอุณหภูมิของผักและผลไม้โดยวิธี hydrocooling และ forced-air cooling. คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น.154 น.

สำนักงานเศรษกิจการเกษตรที่ 2. 2558. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้โดย: http://www.oae.go.th/. (7 ก.ค. 2562).