ชื่อวิทยานิพนธ์ การออกแบบระบบทำความเย็นด้วยสูญญากาศโดยใช้หัวฉีดไอน้ำ

ชื่อผู้เขียน นายเด่น คอกพิมาย

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ :

รศ.ดร.ชัชวาล ตัณฑกิตติ	ประธานกรรมการ
ศ.ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	กรรมการ
ผศ.ประพันธ์ ศิริพลับพลา	กรรมการ
รศ.ประเสริฐ ฤกษ์เกรียงไกร	กรรมการ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาถึงการออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบทำความเย็นด้วยสูญญากาศโดยใช้หัวฉีดไอน้ำ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการลดอุณหภูมิของผลิตผลจำพวกผักใบที่มีกลีบใบหรือกาบซ้อนกันเป็นชั้นหนา เช่น ผักกาดหอม ผักกระหล่ำปลี และผักกาดขาวปลี ให้มีอุณหภูมิสุดท้ายที่ 2°C โดยใช้ไอน้ำแห้งอิ่มตัวที่ความดันเกจ 10 bar สามารถลดอุณหภูมิผลิตผลครั้งละ 30 kg ในเวลา 30 นาที โดยที่ความดันไออิ่มตัวอุณหภูมิ 2°C คือ 5 torr ผลการวิจัยพบว่า อัตราการไหลของอากาศแห้งทางด้านดูดเท่ากับ 5 kg/h ใช้หัวฉีดไอน้ำจำนวน 3 สเตจต่ออนุกรมกัน ปริมาณไอน้ำที่ใช้ 106 kg/h การทดสอบได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบการลดความดันของหัวฉีดไอน้ำ ซึ่งจะต้องทดสอบหาตำแหน่งที่ดีที่สุดของการสร้างสูญญากาศของหัวฉีดไอน้ำในแต่ละสเตจ โดยพบว่าหัวฉีดไอน้ำสเตจที่ 1 และ 2 จะมีระยะห่างของปลายหัวฉีดกับปากกรวยเวนจูรี่เท่ากับ 1.5 mm. และสเตจที่ 3 เท่ากับ 3 mm. ซึ่งสามารถลดความดันทางด้านดูดที่จุดออกแบบได้ต่ำกว่าค่าที่ใช้ในการออกแบบทางทฤษฎีเท่ากับ 0% , 80% และ 14.5% และมีประสิทธิภาพของการอัดที่เกิดขึ้นจริงเท่ากับ 7.23%, 14.52% และ 14.05% ตามลำดับ และการทดสอบการลดอุณหภูมิของผลิตผลจะใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ของระบบที่จุดออกแบบ โดยทำการทดสอบการลดอุณหภูมิผลิตผลครั้งละ 1 kg ที่เวลาของการออกแบบ 30 นาที พบว่าสามารถดูดไอน้ำออกจากผลิตผลได้มากกว่าค่าของการออกแบบในทางทฤษฎีเท่ากับ 18.36% และสามารถลดอุณหภูมิของผักกาดหอม ผักกระหล่ำปลี และผักกาดขาวปลี ลงได้ 2°C , 6.5 °C และ 2.9 °C อุณหภูมิของผลิตผลลดลงเท่ากับ 5.09 °C , 5.29 °C และ 5.44 °C ตามลำดับ สำหรับแต่ละ 1 % ของน้ำหนักที่หายไป ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของการลดอุณหภูมิจะอยู่ในรูปสมการดังนี้ คือ ผักกาดหอม, $Temp = 21.9 \times 0.919^{t}$ ผักกระหล่ำปลี, $Temp = 27.4 \times 0.953^{t}$ และผักกาดขาวปลี, $Temp = 23.5 \times 0.935^{t}$ การวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ กับระบบทำความเย็นโดยใช้ห้องลดอุณหภูมิ ซึ่งกำหนดให้สภาพการ

ทำงานเหมือนกัน พบว่าค่าใช้จ่ายรวมรายปีจะสูงกว่า 2.324 เท่า และมีค่าพลังงานต่อกิโลกรัมของผลิตผลเท่ากับ 0.833 บาท/กิโลกรัม ในการส่งผลิตผลไปขายที่ต่างประเทศโดยผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิด้วยสูญญากาศ ที่มูลค่าของผลิตผลเพิ่มขึ้น 6 บาท/กิโลกรัม จะทำให้มีกำไรเพิ่มขึ้นเนื่องจากราคาขายต่อปีเท่ากับ 1,653,997 บาท และมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 5.15 เดือน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

Thesis Title	A Design of Vacuum Cooling System Using Steam Jet Ejector
Author	Mr. Den Kogphimai
M.Eng.	Mechanical Engineering

Examining Committee :	Assoc. Prof. Dr.Chutchawan Tantakitti	Chairman
	Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat	Member
	Asst. Prof. Prapan Siriplabpla	Member
	Assoc. Prof. Prasert Rerkkriangkrai	Member

ABSTRACT

This research presents a study aiming to design, construct and test a vacuum cooling system using steam jet ejectors. It is applied with the final temperature of 2°C and the pressure gage of dry and saturated steam at 10 bar for precooling leafy vegetable products such as lettuce, cabbage and white green. This results in precooling 30 kg of the products a batch within 30 minutes, at which the temperature of 2°C the saturated vapor pressure is 5 torr. From experiment, it's shown that the suction mass flow rate of dry air is 5 kg/h by using the three steam jet ejectors in series and using steam of 106 kg/h.

The testing is divided into 2 parts, the pressure reducing of steam jet ejectors and precooling the products. In the first part, the span between the nozzle tip and the venturi cone have been tested to predict the best location for creating vacuum of each stage. It is found that the most appropriate distances are 1.5 mm for the first and the second stage nozzles , and 3 mm for the third stage nozzle. At these locations the suction pressure at the design point are 0%, 80% and 14.5% lower than theoretical design. The efficiencies of the actual compression are 7.23%, 14.52% and 14.05% respectively. In the latter part, the system simulation of 1 kg instead of 30 kg precooling products for 30 minutes run is carried out. It is found that this vacuum cooling system is able to detract 18.36% more water vapor from the products than the system theoretically designed and able to precool lettuce, cabbage and white green to the temperatures of 2°C, 6.5°C and 2.9°C, while the temperature reductions are 5.09°C, 5.29°C and 5.44°C for each 1% of weight loss respectively. Equations those represented the relations between the temperature and cooling time are as follows:

For lettuce Temp = 21.9×0.919^{t}

For cabbage Temp = 27.4×0.953^{t}

For white green Temp = 23.5×0.935^{t}

From economic analysis, although the total annual cost of the vacuum cooling system is 2.324 higher than the refrigeration system using precooling room with the same condition, the energy use per kilogram of products are 0.833 Baht/kilogram. The cost of each kilogram of the finished products for export with the vacuum cooling system will increase up to 6 Baht/kilogram. This will benefit 1,653,997 Baht per year and with a pay back period at 5.15 months.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University