

เครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็นราคาประหยัด

A Cost-effective Cryotherapy Machine Using Cold Air Spraying

ภาณุศักดิ์ มูลศรี นพรัตน์ อมัตริรัตน์* อภิเดช บุญเจือ ธวัชชัย จารวงศ์วิทยา สัญชัย จำเอยพัต

สาขาวิศวกรรมพลังงานและการปรับอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

Panusak Moonsri Nopparat Amattirat* Apidach Boonjue Tawatchai Jaruwongwittaya

Sanchai Ramphueiphad

Department of Energy and Air Conditioning Engineering, Faculty of Engineering and Technology,

Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima, 30000

*Corresponding author Email: panusak_13@hotmail.com

(Received: November 20, 2024; Revised: June 25, 2025 ; Accepted: February 18, 2026)

บทคัดย่อ

การบำบัดรักษาด้วยความเย็นสามารถลดการเจ็บปวดให้กับผู้บาดเจ็บได้ การพ่นลมเย็นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการบำบัดรักษา เพราะสามารถรักษาได้ตรงจุดที่เกิดการบาดเจ็บ แต่ปัจจุบันเครื่องพ่นลมเย็นที่ใช้อยู่ทั่วไปมีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็นราคาประหยัด โดยใช้สารทำความเย็น R-404a เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิและความเร็วลมกับเครื่องพ่นลมเย็นทั่วไป โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 แบบ คือ การทดลองในห้องควบคุมอุณหภูมิ 20°C 25°C และ 30°C ที่ความเร็วลม 5 10 15 และ 20 m/s ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า งานวิจัยนี้สามารถทำอุณหภูมิได้ -7.5°C ถึง -10.7°C ขณะที่เครื่องพ่นลมเย็นทั่วไปสามารถทำอุณหภูมิได้ -10.3°C ถึง -24.4°C จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่า งานวิจัยนี้ยังทำอุณหภูมิให้ต่ำได้ไม่เท่ากับเครื่องพ่นลมเย็นทั่วไป จึงควรมีการศึกษาและพัฒนาต่อไป

คำสำคัญ: การบำบัดรักษาด้วยความเย็น เครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็น สารทำความเย็น R-404a

ABSTRACT

Cryotherapy can reduce pain in injured people. Cold air blasting is another alternative treatment because it can treat the injured area directly. However, currently, cold air blasters are expensive and must be imported from abroad. This research aims to design and create the cryotherapy machine by spraying cold air with cost-effective, using refrigerant R-404a, to compare the temperature and wind speed with the normal cryotherapy machine. The experiments are divided into 3 types: experiments in a temperature-controlled room at 20°C, 25°C, and 30°C with wind speeds of 5, 10, 15, and 20 m/s, respectively. The results of the experiments show that this research can produce temperatures of -7.5°C to -10.7°C, while general cold air blasters can produce temperatures of -10.3°C to -24.4°C. This information shows that this research cannot produce temperatures as low as general cold air blasters. Therefore, further study and development should be conducted.

Keyword: Cryotherapy, cryotherapy machine by spraying cold air, refrigerant R-404a.

1. บทนำ

สาเหตุของการเกิดเส้นเอ็นและกล้ามเนื้ออักเสบส่วนหนึ่งเกิดจากการเคลื่อนไหวของร่างกาย เพราะเส้นเอ็นเป็นส่วนหนึ่งของร่างกายช่วยให้ร่างกายเคลื่อนไหวสามารถเกิดแรงกระทบได้ทั้งภายนอกและภายในอาทิเช่น อายุที่เพิ่มมากขึ้น น้ำหนักที่มากขึ้น การนั่งท่าเดิมเป็นเวลานาน การออกกำลังกายอย่างไม่สม่ำเสมอ การเล่นกีฬาบางชนิด เป็นต้น [1] จากสาเหตุต่างๆ เหล่านี้ทำให้เกิดการเจ็บปวด

ปัจจุบันมีการจัดการกับความปวดโดยวิธีใช้ยาบรรเทาปวดและวิธีที่ไม่ใช้ยา ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงผลข้างเคียงของยาและอันตรายจากการแพ้ยาได้ เช่น การจัดท่านอนเพื่อให้เกิดความสบาย พวดลอบใจและเบี่ยงเบนความสนใจของผู้ป่วย และการประคบเย็น หากมีอาการปวดหรือได้รับบาดเจ็บควรประคบด้วยน้ำแข็ง หรือน้ำเย็นทันที (ภายใน 24-48 hr) ประคบนาน 20-30 min วันละ 2-3 ครั้ง [2] อาการที่ควรประคบเย็น เช่น ปวดศีรษะ มีไข้สูง ปวดฟัน ปวดบวมข้อเท้า ข้อเคล็ด เลือดกำเดาไหล หรือ ปวดบวมบริเวณอื่นๆ ที่เกิดจากการได้รับบาดเจ็บหรือเพิ่งมีอาการใหม่ๆ อาจใช้เจลสำหรับประคบร้อนเย็นแบบสำเร็จรูปหรือทำถุงน้ำแข็งขึ้นใช้เอง โดยการใช้ถุงพลาสติกขนาดพอเหมาะแล้วเติมน้ำเปล่าผสมน้ำแข็งอย่างละครึ่งลงในถุง อาจใช้การแช่ในภาชนะที่บรรจุน้ำเย็นแทน โดยแช่ประมาณ 15-20 min [3] นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยหลายท่านที่ศึกษาการใช้ความเย็นในการบำบัดรักษา

มุกพัฒนาะ แสนสุข [4] ได้ศึกษาการจัดการความเจ็บปวดโดยการประคบเย็นในผู้ป่วยที่มีความปวดจากภาวะที่ผิดปกติของกล้ามเนื้อ กระดูก และข้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยในจำนวน 15 ราย โดยจะใช้เจลประคบเย็น (Cold Pack) ที่มีขนาด 100x228x13 mm อุณหภูมิ 12-19°C โดยผู้ป่วยจะได้รับการประคบเย็นในระยะ 48 hr จำนวน 6 ครั้ง โดยระยะ 24 hr ผลของการประคบเย็นสามารถลดความเจ็บปวด รู้สึกผ่อนคลายทำให้ผู้ป่วยสามารถนอนหลับได้ Eun-jung kim และคณะ [5] ได้ทำ

การวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการรักษาด้วยการใช้ความร้อนและความเย็นกับผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างเรื้อรัง การรักษาด้วยความเย็นและความร้อน โดยอุณหภูมิความร้อนเท่ากับ 45°C และอุณหภูมิความเย็นเท่ากับ 15°C ผลการทดลองปรากฏว่าการกระตุ้นด้วยความร้อนหรือความเย็นสามารถรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อและกระดูกสำหรับผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างเรื้อรังได้ดี นภาพรณ ปิยจรโรจน์ และบังอร ชาตริยานุโยค [6] ได้ทำการศึกษาการบำบัดด้วยความเย็น (Cryotherapy) โดยการทำ Basic Cooling Cuff อุปกรณ์ประกอบด้วยกระติกน้ำ (Cooler) ปั๊มน้ำตู้ปลา (Electric Pump) คัพ (Cuff) และ Urine Bag โดยนำ Urine Bag ต่อเข้ากับตัวกระติกน้ำและใช้ปั๊มตู้ปลาเป็นตัวช่วยในการดูดน้ำจากกระติกไปยัง Urine bag ผลการทดลองพบว่าผู้ป่วยมีอาการปวดน้อยลง นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอการรักษาด้วยความเย็น [7]-[14] ซึ่งพบว่าการใช้ความเย็นรักษาสามารถลดความเจ็บปวดให้กับผู้ป่วยได้ จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการใช้ความเย็นรักษาสามารถบรรเทาอาการบาดเจ็บได้ โดยยังมีอีกหนึ่งวิธีรักษาด้วยความเย็นคือการพ่นลมเย็น ซึ่งง่ายและสะดวก สามารถพ่นลมเย็นรักษาเฉพาะจุดได้ แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นยังมีข้อมูลการพ่นลมเย็นค่อนข้างน้อย เครื่องพ่นลมเย็นทั่วไปที่ใช้อยู่ตามโรงพยาบาลยังมีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็น และเพื่อศึกษาอุณหภูมิและความเร็วลม โดยเปรียบเทียบกับเครื่องพ่นลมเย็นทั่วไป

2. การคำนวณ

งานวิจัยนี้ใช้สารทำความเย็น R-404a โดยทำการออกแบบขนาดของคอมเพลสเซอร์เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับขนาดจากบริษัทผู้ผลิตต่อไป มีตัวแปรการออกแบบ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศภายในห้อง 25°C DB ความชื้นภายในห้อง 58% RH อุณหภูมิที่ต้องการ -30°C และ

อัตราการระบายอากาศ 0.44 CMM และมีสมการการ
ออกแบบดังสมการที่ 1 - 5

การคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อน
สัมผัส [15] และการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลง
ความร้อนแฝง แสดงในสมการที่ 1-2

$$Q_s = 0.0201\text{CMM} \times \text{TD} \quad (1)$$

$$Q_l = 49.07\text{CMM} \times (\text{HR}_H - \text{HR}_L) \quad (2)$$

นำสมการที่ (1) และ (2) มาคำนวณหาขนาดของ
เครื่องอัดไอ ดังสมการที่ 3

$$Q_{\text{Comp}} = Q_s + Q_l \quad (3)$$

จากนั้นนำขนาดของเครื่องอัดไอมาคำนวณหาขนาด
ของเครื่องควบแน่นและคำนวณหาค่า COP ดังสมการที่
4-5

$$Q_{\text{Cond}} = Q_{\text{Comp}} \times \text{factor of condenser} \quad (4)$$

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{evap}}}{Q_{\text{Comp}}} \quad (5)$$

3. ส่วนประกอบของเครื่อง จุกวัดอุณหภูมิ

หลักการทํางาน วิธีการทดลอง และเครื่องมือวัด

3.1 ส่วนประกอบของเครื่องบำบัดรักษาด้วยความ เย็นและความร้อน

เครื่องบำบัดรักษาด้วยความเย็นและความร้อนมีขนาด
กว้าง x ยาว x สูง = 60 x 80 x 100 cm และมีกล่องสำหรับ
กักเก็บลมเย็นขนาด 25 x 35 x 80 cm ดังรูปที่ 1 ขนาด
ห้องที่ใช้ทดสอบ กว้าง x ยาว x สูง = 6 x 8 x 3 m ควบคุม
อุณหภูมิโดยเครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 Btu จำนวน 2
เครื่อง

1) เครื่องอัดไอ (Compressor)

เครื่องอัดไอเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่หมุนเวียนสารทำ
ความเย็นในระบบ งานวิจัยนี้ใช้เครื่องอัดไอ KULTHORN

WJ2440ZK ขนาด 3,300 Btu โดยใช้สารทำความเย็น R-
404a

2) เครื่องควบแน่น (Condenser)

เครื่องควบแน่นเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ระบายความ
ร้อนออกจากสารทำความเย็นเพื่อควบแน่นเป็นของเหลว
งานวิจัยนี้ใช้เครื่องควบแน่นขนาด 5,300 Btu

3) ท่อรูเข็ม (Capillary Tube)

ท่อรูเข็มเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ลดสารทำความเย็นที่มี
สถานะเป็นของเหลวเข้าไปในเครื่องระเหย

4) เครื่องระเหย (Evaporator)

เครื่องระเหยเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดูดความร้อนออก
จากบริเวณรอบ ๆ เพื่อให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะ
จากของเหลวกลายเป็นไอและทำให้บริเวณใกล้เคียงเกิด
ความเย็น [16] โดยขนาดของเครื่องระเหยใช้ขนาดใกล้เคียง
กับขนาดของเครื่องอัดไอ เป็นเครื่องระเหยชนิดที่ใช้กับห้อง
แช่เย็น

3.2 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความดัน
ภายในเครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็น

โดยกำหนดตำแหน่งการวัด ดังรูปที่ 1, 2, 3 จุดวัด
อุณหภูมิและความดัน ดังต่อไปนี้

T1, P1 = การวัดอุณหภูมิและความดันที่เข้าเครื่อง
อัดไอ

T2, P2 = การวัดอุณหภูมิและความดันที่ออกจาก
เครื่องอัดไอ

T3, P3 = การวัดอุณหภูมิและความดันที่เข้าเครื่อง
ควบแน่น

T4, P4 = การวัดอุณหภูมิและความดันที่ออกจาก
เครื่องควบแน่น

T5, P5 = การวัดอุณหภูมิและความดันที่เข้าเครื่อง
ระเหย

T6, P6 = การวัดอุณหภูมิและความดันที่ออกจาก
เครื่องระเหย

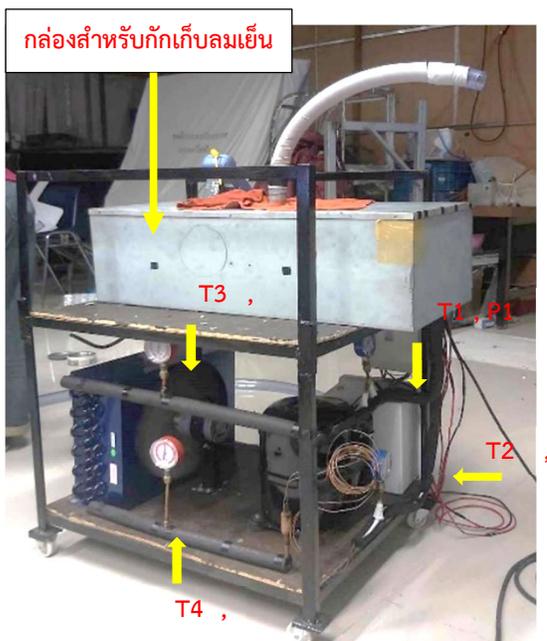
T7 = การวัดอุณหภูมิความเย็นที่ท่อพ่นลมเย็น

T8 = การวัดอุณหภูมิภายในกล่องเก็บความเย็น

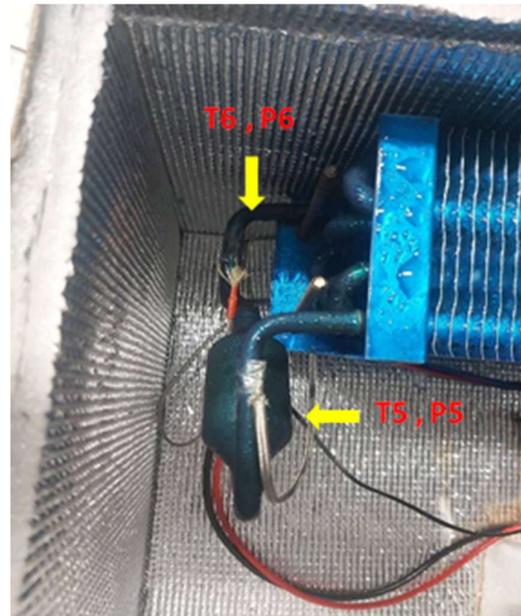
T9 = การวัดอุณหภูมิภายนอก



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของระบบและจุดวัดอุณหภูมิและความดัน



รูปที่ 2 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความดันภายนอก



รูปที่ 3 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความดันภายใน

3.3 หลักการทำงานของเครื่องบำบัดรักษาด้วยฟลุ่มเย็น

1) เมื่อเปิดสวิตช์การทำงาน จะเริ่มต้นจากเครื่องอัดไอจะดูดสารทำความเย็นสถานะเป็นไอ เข้าทางด้านดูดของเครื่องอัดไอและอัดให้มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงผ่านทางด้านส่ง

2) จะส่งสารทำความเย็นผ่านทางท่อไปยังเครื่องควบแน่น เพื่อระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น เมื่อถึงจุดควบแน่นสารทำความเย็นจะเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว

3) เครื่องควบแน่นจะส่งสารทำความเย็นไปยังท่อรูเข็ม เพื่อลดความดันของสารทำความเย็นและส่งไปยังเครื่องระเหย

4) เครื่องระเหยจะดูดความร้อนออกจากบริเวณรอบๆ ไปใช้เป็นความร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นจากของเหลวเป็นไอ

5) เมื่อได้อุณหภูมิที่ต้องการ จากนั้นเปิดสวิตช์ควบคุมการทำงานของโบลเวอร์ โบลเวอร์จะดูดความเย็นส่งผ่านทางฟลุ่มเย็น ไปยังจุดที่ต้องการ

6) สารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องระเหยจะถูกส่งไปยังเครื่องอัดไออีกครั้ง

3.4 วิธีการทดลอง

1) ทำการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิเข้ากับกล่องเก็บความเย็นโดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิล type k ทำการทดลองด้วยความเย็นที่อุณหภูมิ -20°C

- 2) เปิดเครื่องบำบัดรักษาด้วยการฟลุ่มเย็น
- 3) รอจนกระทั่งอุณหภูมิได้ตามที่กำหนดไว้
- 4) บันทึกค่าอุณหภูมิที่ความเร็วลม 5-20 m/s
- 5) นำการทดลองที่ได้มาใช้ในการคำนวณ
- 6) สรุปผลการทดลองและทำการวิเคราะห์ผล

3.5 เครื่องมือวัด

1) เครื่องมือบันทึกข้อมูล (Data Logger) ยี่ห้อ HIOKI LRB8431-20 รับสัญญาณได้ 10 ช่อง บันทึกข้อมูลในเมมโมรี่การ์ดขนาด 2 GB ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เครื่องมือบันทึกข้อมูล

2) เครื่องวัดความเร็วลมแบบใช้ลวดนำความร้อน (Hot-Wire Air Velocity Meter) Tenmars TM-4002 ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เครื่องวัดความเร็วลม

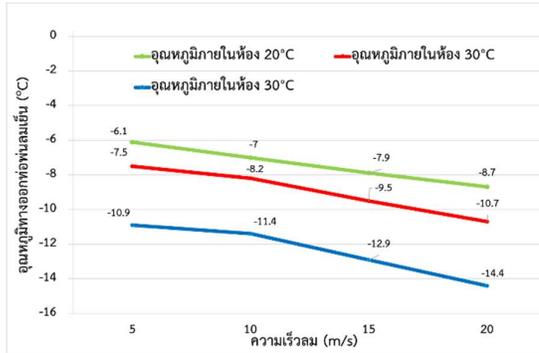
3) สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ ประกอบด้วย ลวดโลหะตัวนำ 2 ชนิด ที่แตกต่างกันมาเชื่อมปลายข้างหนึ่งด้วยกัน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K

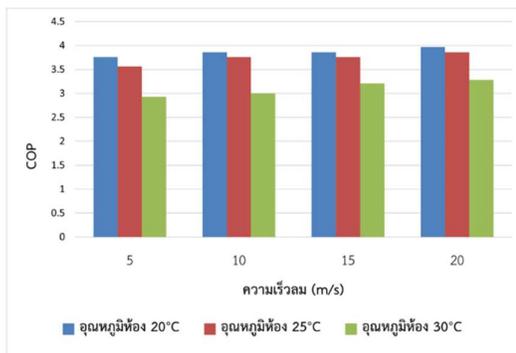
4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองเปรียบเทียบของเครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็นอุณหภูมิภายในห้อง 20°C, 25°C และ 30°C เนื่องจากเป็นอุณหภูมิห้องที่ใช้งานจริง แสดงในรูปที่ 7 - 8



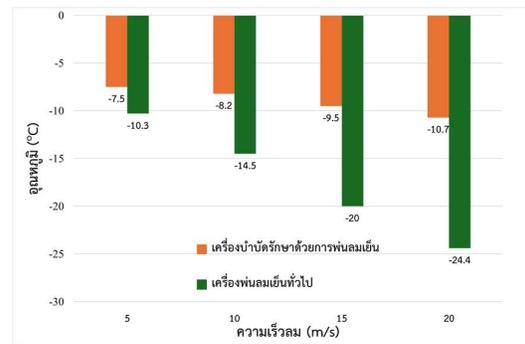
รูปที่ 7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิทางออกที่พัดลมเย็นและความเร็วลมของเครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็นอุณหภูมิในห้อง 20°C, 25°C และ 30°C

จากรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิที่ได้อุณหภูมิต่ำลง เนื่องจากสามารถพาความเย็นได้ดีขึ้น และอุณหภูมิภายในห้องเท่ากับ 20°C สามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำที่สุด เนื่องจากระบบมีการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่นได้ดี



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบค่า COP อุณหภูมิภายในห้อง 20°C, 25°C และ 30°C

จากรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิห้องส่งผลต่อค่า COP มากกว่าความเร็วลม โดยค่า COP แต่ละความเร็วลมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และค่า COP สูงที่สุดที่อุณหภูมิห้อง 20°C และที่ความเร็วลม 20 m/s มีค่า COP สูงสุดที่ 3.98 จึงอาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิห้องมีผลต่ออุณหภูมิลมเย็นและค่า COP ของเครื่อง



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความเร็วลมของเครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็นราคาประหยัดกับเครื่องพัดลมเย็นทั่วไป ที่อุณหภูมิภายในห้อง 25°C

จากรูปที่ 9 แสดงค่าอุณหภูมิและความเร็วลมที่ 5-20 m/s เครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็นราคาประหยัดสามารถทำอุณหภูมิได้ -7.5°C ถึง -10.7°C ส่วนเครื่องพัดลมเย็นทั่วไปสามารถทำอุณหภูมิได้ -10.3°C ถึง -24.4°C

จากการเปรียบเทียบงานวิจัยนี้กับเครื่องพัดลมเย็นทั่วไป พบว่าอุณหภูมิที่ไต่ยังสูงกว่าที่ความเร็วลมเดียวกัน เหตุผลเนื่องจาก 1. งานวิจัยนี้ใช้การดูดความเย็นภายในห้องเย็น ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งอาจทำให้การพาความเย็นจากแผงเครื่องระเหยไม่เต็มที่เท่าที่ควร ควรเปลี่ยนเป็นเป่าลมผ่านเครื่องระเหยแทน 2. ลักษณะของเครื่องระเหยเป็นแบบทรงสี่เหลี่ยมยาว พื้นที่สัมผัสระหว่างลมและเครื่องระเหยมีน้อย ทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากเป็นเครื่องระเหยที่หาซื้อตามท้องตลาด จึงควรออกแบบเครื่องระเหยโดยเฉพาะ 3. กล่องสำหรับกักเก็บลมเย็นมีขนาดใหญ่เกินไป เนื่องจากต้องครอบคลุมเครื่องระเหย ส่งผลให้มีภาระการทำ ความ

เย็นมาก จึงควรออกแบบให้มีขนาดเล็กที่สุด 4. ควรใช้ฉนวนที่มีความหนาเพิ่มขึ้นเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน 5. ท่อส่งลมเย็นควรมีการหุ้มฉนวนหรือเป็นชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความร้อน 6. โครงสร้างเครื่องมีขนาดใหญ่เกินไป จึงควรพัฒนาให้มีขนาดกระทัดรัดเคลื่อนย้ายง่าย เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนของเครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็นราคาประหยัดอยู่ที่ประมาณ 20,000 บาท ส่วนเครื่องพ่นลมเย็นทั่วไปราคาอยู่ที่ประมาณ 150,000 บาท ซึ่งมีราคาต่ำกว่ามาก

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองเครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็นราคาประหยัด โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 แบบ คือ การทดลองในห้องควบคุมอุณหภูมิ 20°C 25°C และ 30°C ที่ความเร็วลม 5 10 15 และ 20 m/s ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิห้อง 20°C ความเร็วลม 20 m/s เครื่องมี COP สูงที่สุด 3.83 เนื่องจากอุณหภูมิห้องต่ำจึงทำให้ระบบมีค่า COP สูงที่สุด นอกจากนี้ยังได้มีการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องบำบัดรักษาด้วยการพ่นลมเย็นราคาประหยัดและเครื่องพ่นลมเย็นทั่วไป ผลการทดลองพบว่า งานวิจัยนี้สามารถทำอุณหภูมิได้ -7.5°C ถึง -10.7°C ขณะที่เครื่องพ่นลมเย็นทั่วไปสามารถทำอุณหภูมิได้ -10.3°C ถึง -24.4°C จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่างานวิจัยนี้ยังทำอุณหภูมิให้ต่ำได้ไม่เท่ากับเครื่องพ่นลมเย็นทั่วไป จึงควรมีการศึกษาและพัฒนาต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตามสัญญาเลขที่ NKR2566INC053 และขอบคุณสาขาวิศวกรรมพลังงานและการปรับอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การทดลองในการทำวิจัยในครั้งนี้

7. รายการสัญลักษณ์

Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน [kW]
T	จุดวัดอุณหภูมิ [°C]

คำย่อ

CMM	ลูกบาศก์เมตรต่อนาที [m ³ min ⁻¹]
TD	อุณหภูมิแตกต่าง [°C]
HR	อัตราส่วนความชื้น [kg kg _{dry air}]
COP	สัมประสิทธิ์สมรรถนะ

ตัวกำกับล่าง

comp	เครื่องอัดไอ
cond	เครื่องควบแน่น
evap	เครื่องระเหย
H	ด้านอุณหภูมิสูง
l	ความร้อนแฝง
L	ด้านอุณหภูมิต่ำ
s	ความร้อนสัมผัส

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Wiwattanawongwana. (2024, Sep. 10). “What causes tendonitis,” Dr. Sutt Clinic [Online]. Available: <https://drsuttclinic.com>
- [2] Pawinee. (2024, Oct. 6). How do you know whether to use a hot or cold compress, Health Systems Research Institute [Online]. Available: <https://wwwold.hsri.or.th>
- [3] Food and Drug Administration. (2024, Nov. 13) “What symptoms require hot or cold compresses,” Ministry of Public Health [Online]. Available: <https://dis.fda.moph.go.th>
- [4] M. Saensuk, “Cold compression for musculoskeletal pain management at inpatient department of Nongsung Hospital,

- Mukdahan Province,” M.N.S. thesis, Faculty of Nursing, Khon Kaen Univ., Khon Kaen, Thailand, 2009.
- [5] E. J. Kim, Y. D. Choi, C. Y. Lim, K. H. Kim and S. Deok, “Effect of heating and cooling combination therapy on patients with chronic low back pain: Study protocol for a randomized controlled trial,” *College of Korean Medicine*, pp. 1–26, Jun. 26, 2015.
- [6] N. Piyakhachoen and B. Chatriyanuyoke, “Basic cooling cuff,” Dept. of Orthopedics, Faculty of Medicine, Ramathibodi Hospital, Mahidol Univ., Bangkok, Thailand, 2012.
- [7] A. Sritep, “The effect of providing information combined with cryotherapy on pain of clavicle fracture patients,” M.N.S. thesis, Faculty of Nursing, Chulalongkorn Univ., Bangkok, Thailand, 2007.
- [8] L. P. Ling, “Evidence-based guidelines of using cryotherapy in reducing pain, knee swelling, and improving range of motion for patients after total knee replacement,” M.N. thesis, Univ. of Hong Kong, Hong Kong, 2012.
- [9] A. Theppabuttra and K. Subbalekha, “Satisfaction of oral surgical patients with cold compression using temperature-maintaining gel,” *Thai Red Cross Nursing Journal*, vol. 2, pp. 119–131, Jul.–Dec. 2016.
- [10] S. Eamchunprathip and T. Tepapal, “Effects of cold compression with self-efficacy on pain and recovery among patients receiving open reduction and internal fixation of femur,” *Nursing Journal CMU*, vol. 44, no. 1, pp. 39–49, 2017.
- [11] C. Bleakley, S. McDonough, E. Gardner, G. D. Baxter, J. T. Hopkins and G. W. Davison, “Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise,” *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 2, Art. no. CD008262, 2012.
- [12] Y. Pimban, O. Suttiart, and K. Wangkunprom, “Effects of pain management with cold compress in patients after leg bone fixation surgery in orthopedic wards,” *Academic Journal of Mahasarakham Provincial Public Health Office*, vol. 5, no. 10, pp. 1–10, Apr.–Sep. 2021.
- [13] J. Charoenbhakdi and W. Homla, “An innovative wonder cold pad for pain relief in patients with orthopedic surgery,” *Thai Journal of Nursing*, vol. 70, no. 3, pp. 20–28, Dec. 2021.
- [14] A. Doungkuls, “Effectiveness of air pulsed cryotherapy on delayed onset muscle soreness,” M.S. thesis, Graduate School, Chiang Mai Univ., Chiang Mai, Thailand, 2017.
- [15] N. Kedkaw, *Air Conditioning*. Bangkok, Thailand: Amarin Corporations Public Co., Ltd., 2023.
- [16] C. T. Siri wattana, *Refrigeration and Air Conditioning*. Bangkok, Thailand: TPA Publishing, 2017.