

การออกแบบบรรจุภัณฑ์รักษาอุณหภูมิสำหรับการจัดการโลจิสติกส์ โซ่ความเย็นผลิตภัณฑ์โลหิต

Design of Temperature Maintaining Package for Cold Chain Logistics Management of Blood Products

จิราวรรณ เนียมสกุล¹ ยิงยศ เอื้ออุฬาร² และ เสริมพงษ์ เนียมสกุล^{3*}

สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

คณะโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี

²สาขาวิชาวิศวกรรมการวัสดุและกระบวนการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและกระบวนการ

บัณฑิตวิทยาลัย วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรม ไทย-เยอรมัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

^{3*}สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

คณะโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี

E-mail: jirawannie@gmail.com¹, yingyot.a@tggs.kmutnb.ac.th², sermpong.nie@gmail.com^{3*}

บทคัดย่อ

การจัดการโลจิสติกส์ในโซ่ความเย็นโลหิตให้มีประสิทธิภาพตลอดโซ่อุปทาน มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของโลหิตและส่วนประกอบโลหิตที่จะนำไปใช้รักษาผู้ป่วย ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการขนส่งและจัดเก็บรักษาโลหิตที่จำเป็นต้องควบคุมและรักษาอุณหภูมิให้เหมาะสมทุกขั้นตอน โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนานวัตกรรมต้นแบบระบบรักษาอุณหภูมิของกล่องบรรจุภัณฑ์ในกระบวนการขนส่ง โดยการออกแบบและพัฒนาระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมและรักษาอุณหภูมิภายในกล่องให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดภายใต้สภาพแวดล้อมในการขนส่งปัจจุบัน สามารถรักษาอุณหภูมิได้นานเพียงพอกับช่วงเวลาการขนส่งและไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุให้ความเย็นทำการทดลองและทดสอบภายใต้ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

ผลการวิจัย คือ ได้ต้นแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมและรักษาอุณหภูมิภายในกล่องบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการขนส่ง โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยภายในกล่องได้ 9-11 องศา

* Corresponding author, e-mail: sermpong.nie@gmail.com

เซลเซียส ภายใต้อุณหภูมิภายนอก 25-28 องศาเซลเซียส โดยสามารถรักษาและควบคุมอุณหภูมิได้ต่อเนื่องด้วยพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ระยะเวลาการทดสอบที่ 120 ชั่วโมง โดยไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุช่วยให้ความเย็น

คำสำคัญ : ระบบควบคุมอุณหภูมิ, กล้องความเย็น, โซ่ความเย็นโลหิต

Abstract

Logistics management in the blood cold chain is extremely important to the quality of blood products and blood components that will be used to treat patients. The transportation and storage processes must be concerned throughout the blood cold chain. This research objective was to design and develop an innovative prototype system for maintaining the temperature of packaging boxes in the transportation process. The electronic system was developed to control and maintain the temperature inside the box within the specified temperature range under the current situation environment, long enough for transport periods, and without cooling materials. The heat transfer theory was performed and test in experiment process.

The result was an innovative prototype electronic system that controls and maintains the temperature inside the packaging box in the transportation process. The average temperature inside the box can be controlled at 9-11 degrees Celsius under an outside temperature of 25-28 degrees Celsius. The temperature can be maintained and controlled continuously with direct current electricity at 12V with duration testing of 120 hours without cooling materials.

Keywords: Temperature Control System, Cold box, Blood cold chain

1. ที่มาและความสำคัญ

โซ่ความเย็น คือ โซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ สภาพแวดล้อม วิธีการบรรจุและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ตลอดทั้งโซ่อุปทาน ตั้งแต่การผลิต เก็บรักษา แปรรูปหรือบรรจุ ขนส่งและกระจาย รวมถึงการจัดการให้เวลาในกระบวนการสั้นที่สุด เพื่อลดต้นทุนและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการจัดการโซ่ความเย็น คือ วิธีการจัดส่งที่ดี (Good Distribution Practices: GDP) และวิธีการจัดเก็บที่ดี (Good Storage Practice: GSP) ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยประสบกับปัญหาโครงสร้างพื้นฐานของระบบโซ่ความเย็น คุณภาพและปริมาณของอุปกรณ์ให้ความเย็น/รักษาความเย็นมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ

โซ่อุปทานสุขภาพของประเทศไทย การจัดการโลจิสติกส์โซ่ความเย็นมีประเด็นปัญหาสำคัญที่ต้องศึกษาและพัฒนา คือการควบคุมอุณหภูมิและคุณภาพในกระบวนการจัดเก็บระหว่างการขนส่ง (Temperature control)

ตารางที่ 1 ปัญหาโลจิสติกส์ใช้ความเย็นโลหิตและผลกระทบในโซ่อุปทานสุขภาพ

ประเด็นปัญหา	ผลกระทบ
การควบคุมอุณหภูมิและคุณภาพในกระบวนการจัดเก็บระหว่างการขนส่ง	ส่งผลต่อความคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน ทำให้เกิดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยกับผู้ป่วย/ผู้ใช้บริการ ซึ่งการไม่สามารถติดตามและควบคุมคุณภาพ จะทำให้มีความผิดพลาดในการรักษาเกิดขึ้นได้

จากตารางที่ 1 ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น คณะวิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการศึกษาและพัฒนาระบบโซ่ความเย็นผลิตภัณฑ์โลหิต เพื่อยกระดับสาธารณสุขไทยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพื่อความปลอดภัยในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย (Patient Safety) จึงมีแนวคิดในการพัฒนานวัตกรรมอุปกรณ์การจัดเก็บเพื่อการรักษาอุณหภูมิ เพื่อให้เกิดระบบติดตามตรวจสอบการกระจายและสอย้อนกลับที่มีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์โครงการ

ออกแบบและพัฒนานวัตกรรมต้นแบบระบบรักษาอุณหภูมิภายในกล่องบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์โลหิตในกระบวนการขนส่ง

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุณหภูมิสำหรับการจัดการโลจิสติกส์ใช้ความเย็นผลิตภัณฑ์โลหิตอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 1-10 องศาเซลเซียส สำหรับการขนส่งเม็ดโลหิตแดงและช่วงอุณหภูมิ 20-24 องศาเซลเซียสสำหรับการขนส่งโลหิตและเกล็ดโลหิตบรรจุภัณฑ์สำหรับการรักษาอุณหภูมิมีส่วนประกอบภายในที่สำคัญ 2 ส่วนคือส่วนให้ความเย็นและส่วนฉนวนรักษาความเย็น ปัจจุบันการขนส่งระยะทางไกลและใช้เวลาไม่เกิน 14 ชั่วโมง ภายในกล่องนิยมบรรจุ Gel Ice, Ice Pack หรือก้อนน้ำแข็ง และการเก็บข้อมูลระหว่างขนส่งจะใส่ Data Logger [1] เพื่อบันทึกข้อมูล

การออกแบบกล่องรักษาความเย็นด้วยเทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric) มีงานวิจัยหลายฉบับได้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์และประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีนี้ในหลาย ๆ ด้าน เช่น การศึกษาของ Yifeng Hu [2] แสดงให้เห็นว่าระบบแช่แข็งเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถลดอุณหภูมิได้ถึง -16.0 °C ทำความเย็นสูงสุดถึง 74.7 W โดยมีการใช้พลังงานต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้เทคโนโลยีนี้ในกล่องรักษาความเย็นเพื่อการใช้งานในครัวเรือนและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิอย่างแม่นยำ นอกจากนี้การศึกษาโดย Boxuan Hu [3] ยังได้กล่าวถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกในด้านการแพทย์ ซึ่งเน้นถึงคุณสมบัติที่สามารถปรับขนาดได้ ทำงานไร้เสียง ระบบมีความเสถียรและพกพาได้ง่าย เป็นพื้นฐานสำคัญในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในการออกแบบกล่องรักษาความเย็นที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิอย่างแม่นยำ และอาจนำมาใช้เก็บรักษาวัคซีนหรืออุปกรณ์ทางการแพทย์ได้อีกด้วย

การพัฒนาวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกใหม่ ๆ เช่น เซรามิก นาโนพาร์ติเคิล และโพลิเมอร์ ได้มีการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานความร้อนเป็นไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการออกแบบกล่องรักษาความเย็น

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงาน [4] นอกจากนี้การใช้วัสดุฉนวนที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น แผงฉนวนสุญญากาศ (VIPs) ยังสามารถช่วยลดการสูญเสียความร้อนและเพิ่มประสิทธิภาพของกล่องรักษาความเย็น [5] ในการใช้งานอื่นๆ เช่นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ยังมีในอุตสาหกรรมยานยนต์และการบิน และการใช้ในระบบการจัดการความร้อนก็มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน [4]

เทคโนโลยีการระบายความร้อนด้วยท่อความร้อนและการทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกยังมีการนำมาใช้ในการเก็บรักษาอาหารและเครื่องดื่มให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในระหว่างการขนส่ง โดยการส่งผ่านความร้อนด้วยท่อสามารถรักษาอุณหภูมิของอาหารได้ในเวลาที่กำหนด [6] มีการศึกษาโดย Jianghe Feng [7] พบว่าการใช้เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกในระบบทำความเย็นสำหรับชิปการสื่อสารด้วยแสงสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การใช้เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกในการจัดการพลังงานและถ่ายเทความร้อนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวงานวิจัยที่ได้ศึกษามานี้ แสดงถึงความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีนี้มาปรับใช้ในกล่องรักษาความเย็น

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลด้านอุปกรณ์สำหรับการรักษาอุณหภูมิโลหิตที่ใช้ในการขนส่งในปัจจุบัน

4.1.1 อุปกรณ์รักษาอุณหภูมิสำหรับโลหิตช่วง 20-24 องศาเซลเซียส ใช้เป็นกล่องโฟมด้านในห่อด้วยพลาสติกและมีพลาสติกหุ้มด้านนอก ซึ่งแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์หุ้มด้านนอกและมีฉนวนโฟมแผ่นซ้อนอยู่ด้วยเพื่อเก็บรักษาอุณหภูมิให้ไม่เปลี่ยนแปลงมาก และสามารถรักษาคุณภาพโลหิตครบส่วน Whole Blood (แสดงในรูปที่ 1ก)

4.1.2 อุปกรณ์รักษาอุณหภูมิสำหรับโลหิตช่วง 1-10 องศาเซลเซียส ใช้เป็นกล่องโฟมขนาด 14.5 (กว้าง) x 12.5 (ยาว) x 10 (สูง) นิ้ว พร้อมไอซ์แพค (Ice Pack) (แสดงในรูปที่ 1ข)



(ก)



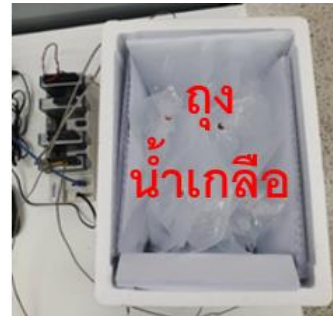
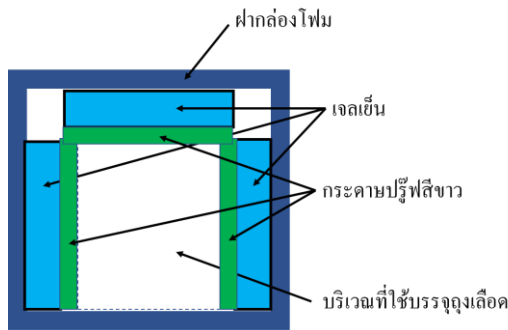
(ข)

รูปที่ 1 (ก) กล่องสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์โลหิตในการขนส่งช่วง 20-24, (ข) 1-10 องศาเซลเซียส

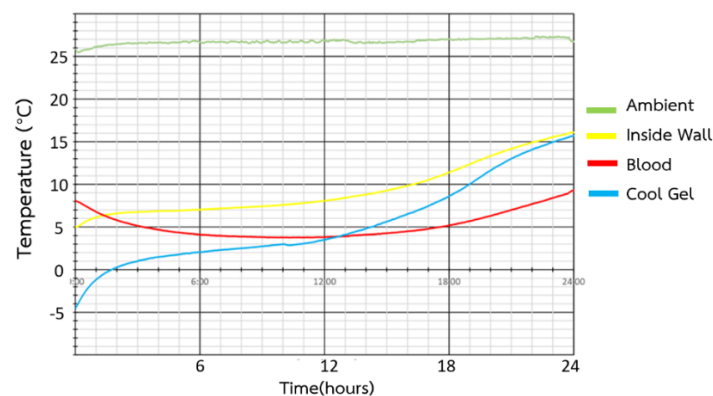
4.2 การประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคและกล่องที่ใช้ส่งผลิตภัณฑ์โลหิตในปัจจุบัน

เก็บข้อมูลและประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคและกล่องที่ใช้ส่งผลิตภัณฑ์โลหิตในปัจจุบัน การจำลองและทดสอบประเมินประสิทธิภาพทางด้านอุณหภูมิของวิธีการบรรจุผลิตภัณฑ์โลหิตและการแพคเกจในปัจุบัน โดยวิธีการจะอ้างอิงจากเทคนิคที่ใช้ในโรงพยาบาลชลบุรี โดยมีอุปกรณ์ เช่น เจลเย็น น้ำเกลือ กล่องโฟม Thermal Couple แบบ K-type และ Data Logger (ดังรูปที่ 2) การทดสอบนี้จะถูกทำซ้ำ 3 ครั้ง ที่อุณหภูมิห้องทดลอง 25-28 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้ คือระยะเวลาที่กล่องบรรจุผลิตภัณฑ์โลหิต สามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำเกลือที่ใช้ทดสอบแทนผลิตภัณฑ์โลหิต ให้อยู่ในช่วง 1-10 องศาเซลเซียส คืออยู่ที่ประมาณ 19-20 ชั่วโมง

โดยอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิในช่วงแรก (ประมาณ 12 ชั่วโมงแรก) ไม่สูงมาก แต่หลังจาก 12 ชั่วโมงอัตราการเพิ่มของอุณหภูมินั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจึงส่งผลให้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์โลหิตสูงตาม (แสดงผลในรูปที่ 3)



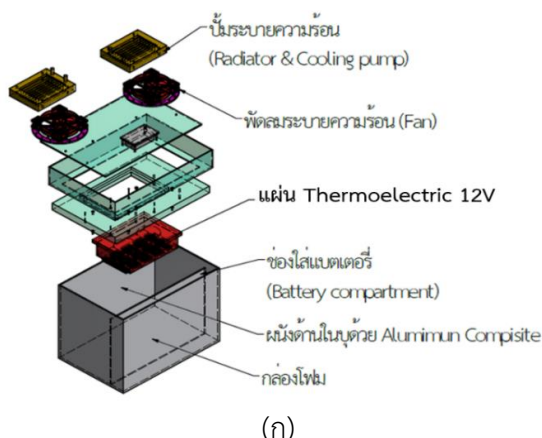
รูปที่ 2 การจำลองและทดสอบประเมินประสิทธิภาพของกล่องที่ใช้ในปัจจุบัน



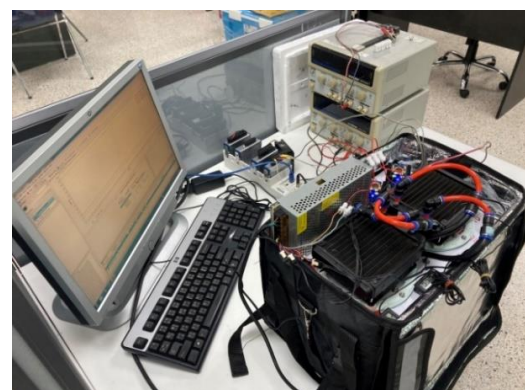
รูปที่ 3 ผลการทดสอบวัดอุณหภูมิเฉลี่ย 5 ครั้ง

4.3 แนวคิดการออกแบบกล่องต้นแบบ (Conceptual Design)

จากผลการทดสอบกล่องขนส่งโลหิตในปัจจุบันที่ทดสอบมานั้นมีปัญหาหลัก คือ การควบคุมอุณหภูมิของเจลเย็นให้คงความเย็นได้นานขึ้น ซึ่งกล่องขนส่งผลิตภัณฑ์โลหิตจะต้องมีคุณสมบัติสามารถควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมในขนส่งผลิตภัณฑ์โลหิตซึ่งจะอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 1-10 องศาเซลเซียส ส่วนประกอบกล่องต้นแบบแสดงดังรูปที่ 4 (ก)



(ก)



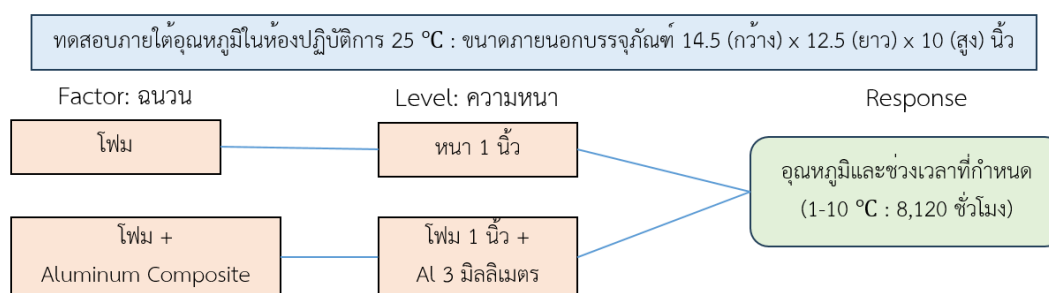
(ข)

รูปที่ 4 (ก) ส่วนประกอบกล่องต้นแบบ , (ข) กล่องต้นแบบและอุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพ

จากรูปที่ 4 (ข) การสร้างกล่องต้นแบบจะใช้กล่องโฟมขนาดเดิมในการทดสอบ ชุดแผงควบคุมอุณหภูมิจะถูกติดตั้งไว้ที่ฝาด้านบนของกล่อง ชั้นในสุดจะเป็นแผ่น Thermoelectric ยึดติดกับแผ่นเพลทช่วยกระจายความร้อน ด้านบนจะติดตั้งปั๊มที่ด้านบนสุดของฝากล่องเพื่อช่วยระบายความร้อน และวัสดุฉนวนกันความร้อนที่ใช้บุผนังกล่องคือ Aluminum composite ที่ประสิทธิภาพดีกว่าอลูมิเนียมฟอยล์ เพิ่มความแข็งแรงของผนังกล่องและน้ำหนักเบา

4.4 การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพ (Efficiency)

ในการกำหนดปัจจัยเพื่อทดสอบประสิทธิภาพประกอบด้วยปัจจัย(Factor)และระดับปัจจัย(Level) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ปัจจัย ระดับปัจจัย และผลลัพธ์

ตารางที่ 2 ข้อมูลรูปแบบการทดสอบ

วัสดุกล่อง	ความหนาฉนวน	รูปแบบการทดสอบ	อุณหภูมิห้องทดสอบ (°C)	เวลา (ชั่วโมง)
กล่องโฟม ไม่บุฉนวนเพิ่ม	1 นิ้ว	การทดสอบที่ 1 ความสามารถในการลดอุณหภูมิของกล่อง	25-28 °C	8
		การทดสอบที่ 2 ความเสถียรของระบบทำความเย็น		120
กล่องโฟม + ฉนวน (Aluminum Composite)	3 มิลลิเมตร	การทดสอบที่ 1 ความสามารถในการลดอุณหภูมิของกล่อง	25-28 °C	8
		การทดสอบที่ 2 ความเสถียรของระบบทำความเย็น		120

การทดสอบประสิทธิภาพของกล่อง จะไม่บรรจุฉนวนน้ำเกลือในกล่อง แต่จะวัดอุณหภูมิภายในโดยแขนหัววัดอุณหภูมิ Thermocouple ให้ลอยจากพื้นกล่องให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง จะใช้กล่องทดสอบ 2 แบบคือกล่องโฟมที่ความหนา 1 นิ้ว และกล่องโฟมบุผนังข้างในทุกด้านด้วยแผ่น Aluminum Composite ยกเว้นฝาด้านบน และแบ่งรูปแบบการทดสอบเป็น 2 ส่วนคือ 1) การทดสอบความสามารถในการลดอุณหภูมิของกล่อง การทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการลดอุณหภูมิภายในกล่อง จากอุณหภูมิห้องทดสอบ 25 องศาเซลเซียสไปถึง 10 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการทดสอบจะใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง, 2) การทดสอบความเสถียรของระบบทำความเย็นโดยระบบจะถูกเปิดทิ้งไว้ 120 ชั่วโมง ซึ่งการทดสอบทั้ง 2 รูปแบบได้มีการทำซ้ำ 5 ครั้ง และภายในกล่องไม่ได้ใส่สารทำความเย็นใด ๆ เช่น Cooling gel หรือ Ice Pack เพื่อช่วยระบบในการลดอุณหภูมิแต่อย่างใด และการทดสอบ

ประสิทธิภาพจะทำในห้องแล็บที่มีอุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แรงดัน 12 โวลต์ จากภายนอก ซึ่งชุดกล่องต้นแบบที่ประกอบเสร็จจะแสดงดังรูปที่ 4(ข)

5. ผลและวิจารณ์

5.1 การทดสอบประสิทธิภาพของกล่องต้นแบบ

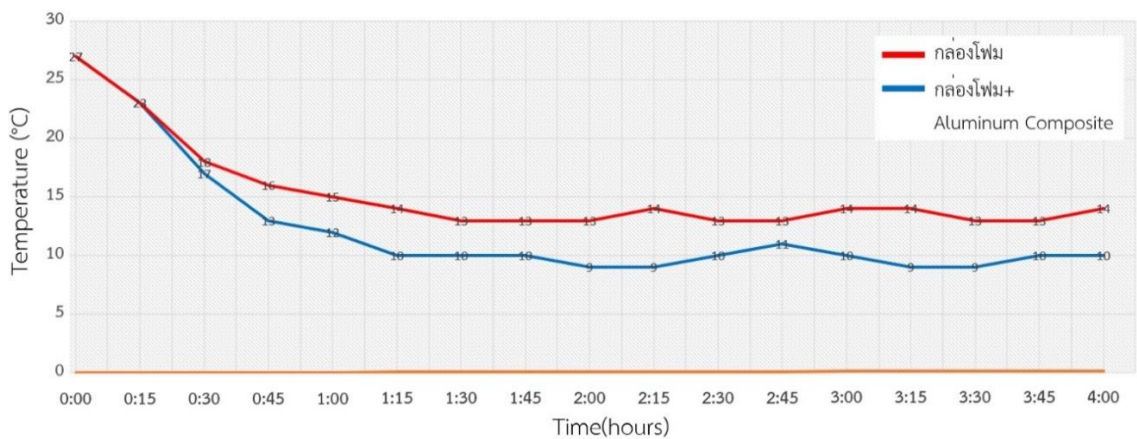
5.1.1 การทดสอบที่ 1 ความสามารถในการลดอุณหภูมิของกล่อง ทดสอบจำนวน 5 ครั้ง อุณหภูมิเริ่มต้นภายในกล่องจะอยู่ที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายนอกกล่องอยู่ที่ประมาณ 25-28 องศาเซลเซียส หลังจากการเปิดระบบทำความเย็นแล้ว กล่องโฟมเปล่าลดอุณหภูมิได้ต่ำสุด 13 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเฉลี่ย 89 นาที หรือประมาณ 1 ชั่วโมง 29 นาที และกล่องโฟมบุภายในด้วย Aluminum composite ลดอุณหภูมิได้ถึง 10 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเฉลี่ย 68 นาที หรือประมาณ 1 ชั่วโมง 8 นาที ในการทำความเย็นไปที่ช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ดังที่แสดงในรูปที่ 6

5.1.2 การทดสอบที่ 2 ความเสถียรของระบบทำความเย็น ระบบทำความเย็นโดยระบบจะถูกเปิดทิ้งไว้ 120 ชั่วโมง ภายใต้สภาพอากาศภายนอกที่เปลี่ยนแปลงโดยอุณหภูมิภายนอกเปลี่ยนแปลงในช่วง 25-28 องศาเซลเซียส โดยจากผลการทดสอบการทำงานต่อเนื่องเป็นเวลา 120 ชั่วโมง กล่องโฟมเปล่าอุณหภูมิภายในกล่องมีค่าอยู่ในช่วง 13-15 องศาเซลเซียส และกล่องโฟมบุภายในด้วย Aluminum composite มีค่าอยู่ 9-11 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งชี้ว่ากล่องที่บุฉนวนด้วย มีประสิทธิภาพในการควบคุมความเย็นที่ค่อนข้างคงที่ๆประมาณ 10 องศาเซลเซียส ดังที่แสดงในรูปที่ 7

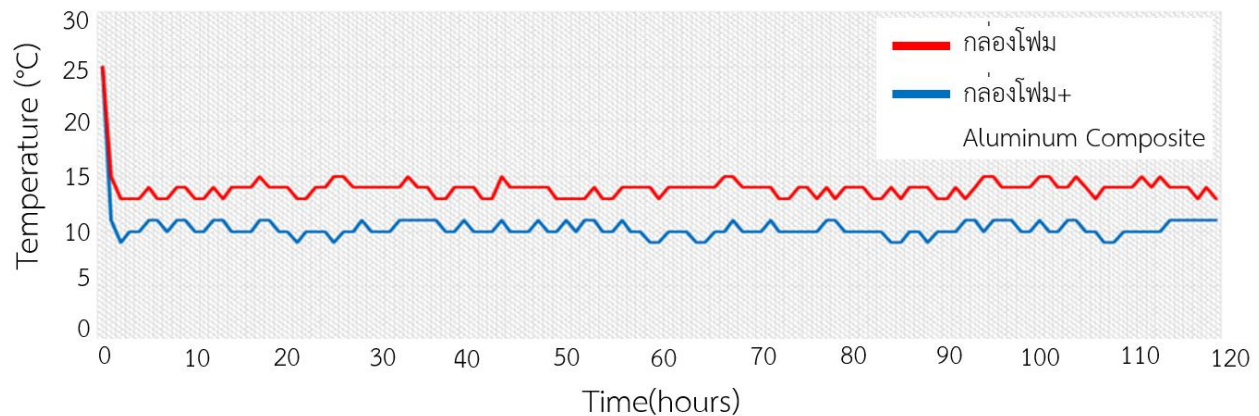
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ

วัสดุกล่อง	รูปแบบการทดสอบ	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ 5 ครั้ง
(กล่องโฟม ไม่บุฉนวนเพิ่ม)	การทดสอบที่ 1 ความสามารถในการลดอุณหภูมิ	1 ชั่วโมง 29 นาที **
	การทดสอบที่ 2 ความเสถียรของระบบทำความเย็น	13-15 องศาเซลเซียส
กล่องโฟม + ฉนวน (Aluminum Composite)	การทดสอบที่ 1 ความสามารถในการลดอุณหภูมิ	1 ชั่วโมง 8 นาที
	การทดสอบที่ 2 ความเสถียรของระบบทำความเย็น	9-11 องศาเซลเซียส

**กล่องโฟมเปล่าไม่บุฉนวนลดอุณหภูมิได้ต่ำสุด 13 °c



รูปที่ 6 ผลการทดสอบความสามารถในการลดอุณหภูมิ



รูปที่ 7 ผลการทดสอบความเสถียรของระบบทำความเย็น

6. สรุปผล

ต้นแบบของกล่องควบคุมอุณหภูมิสำหรับการขนส่งภายนอกโรงพยาบาลและขนส่งภายในโรงพยาบาลที่เป็นนวัตกรรมสำหรับเป็นบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์โลหิตในการขนส่ง โดยการให้ความเย็นของแผ่น Thermoelectric และการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถรักษาและควบคุมอุณหภูมิที่เสถียร โดยกล่องที่บุด้วย Aluminum Composite สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในกล่องที่ยังไม่ได้บรรจุถุงนำเกลือหรือถุงโลหิตได้ 9-11 องศาเซลเซียส ภายใต้อุณหภูมิภายนอก 25-30 องศาเซลเซียส ระบบควบคุมอุณหภูมิได้ต่อเนื่องด้วยพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ระยะเวลาการทดสอบที่ 120 ชั่วโมง โดยไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุช่วยให้ความเย็น (Ice Pack) ประสิทธิภาพของกล่องต้นแบบนี้สามารถพัฒนาให้ควบคุมอุณหภูมิได้ต่ำลงไปกว่านี้อีกได้ ซึ่งในการวิจัยขั้นต่อไปจะเป็นการพัฒนาในด้านการออกแบบวัสดุฉนวนความร้อนภายนอกของบรรจุภัณฑ์ให้ป้องกันความร้อนจากภายนอกให้ดีขึ้น เช่น เปลี่ยนกล่องโฟมเป็นวัสดุชนิดอื่นที่ป้องกันความร้อนได้ดีขึ้น และออกแบบการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่และแหล่งจ่ายภายนอกเพื่อใช้ในการขนส่งระยะไกลที่ใช้เวลานาน เช่น แหล่งจ่ายไฟฟ้าของรถยนต์ เป็นต้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สัญญาเลขที่ วช.อว.(อ) (บงก)/592/2563

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] พรทิพย์ รัตจักร, วิโชติ บุรพชนก และทัศนีย์ สกุดดำรงค์พานิช. (2556). การบรรจุหีบห่อเพื่อการขนส่งโลหิต และส่วนประกอบโลหิตด้วยกล่อง Expandable Polypropylene (EPPBox), Gel ทำความเย็น Butanediol Gel (BDgel) และ GelIce. วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต, 23(4), หน้า 255-266.
- [2] Yifeng Hu and Bo Shen. (2024). Experimental insights into thermoelectric freezer systems: Feasibility and efficiency. Energy Conversion and Management: X, Volume 23, July 2024, 100676.
- [3] Boxuan Hu, et al. (2022). Thermoelectric for medical applications: Progress, challenges, and perspectives. Chemical Engineering Journal. Volume 437, Part 2, June 2022, 135268.

- [4] Baskaran, P and Rajasekar, M. (2024). Recent trends and future perspectives of thermoelectric materials and their applications. RSC Advances. Volume 14, Issue 30, July 2024, 21706-21744.
- [5] Verma, S and Singh, H. (2020). Vacuum insulation panels for refrigerators Panneaux d'isolation sous vide pour refrigerators. International Journal of Refrigeration. Volume 112, April, 215-228.
- [6] Mostafavi, S, A, et al. (2024). Design and fabrication of a heat pipe and thermoelectric cooler-based food delivery box for vehicles. Applied Thermal Engineering. Volume 249, July 2024, 123401.
- [7] Feng, J, et al. (2024). Low-temperature thermoelectric materials and applications. Nano Energy. Volume 126, July 2024, 109651.
- [8] A. Fangareggi, and L. Bertucelli. (2012). 9 - Thermoset insulation materials in appliances, buildings and other applications. Thermosets Structure, Properties and Applications 2012, Pages 254-288.