

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỘP BẢO QUẢN VẮC-XIN CÓ DÀI NHIỆT ĐỘ TỪ 2-8°C

Nguyễn Tiến Nghĩa^{1*}

TÓM TẮT

Mục tiêu: Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hộp bảo quản vắc-xin có dải nhiệt độ từ 2-8°C.

Đối tượng và phương pháp: Nghiên cứu thiết kế, thử nghiệm sản phẩm. Kỹ thuật nhiệt ứng dụng trong thiết bị bảo quản, vận chuyển vắc-xin; thiết bị tạo nhiệt độ và kiểm soát nhiệt độ. Nghiên cứu tiến hành từ tháng 7-12/2023, tại Kho 708, Cục Quân y.

Kết quả: Nghiên cứu đã xây dựng thành công hộp bảo quản vắc-xin. Sản phẩm hoạt động tốt, ổn định, nhiệt độ bảo đảm theo đúng chức năng và đạt được mục tiêu, yêu cầu đề ra, đủ điều kiện bảo quản vắc-xin trong khoảng nhiệt độ từ 2-8°C.

Từ khóa: Bảo quản vắc-xin, hộp bảo quản.

ABSTRACT

Objectives: Study on the design and manufacturing of a vaccine storage box maintaining a temperature range of 2-8°C.

Subjects and methods: The study focused on the design and testing of the product. Thermal engineering techniques were applied in vaccine storage and transportation equipment, temperature generation, and control mechanisms. The research was conducted from July to December 2023 at Warehouse 708, Department of Military Medicine.

Results: The study successfully developed a vaccine storage box. The product operated effectively and stably, ensuring the required temperature range and meeting the set objectives and criteria. It satisfied the conditions necessary for vaccine storage within the 2-8°C range.

Keywords: Vaccine storage, storage box.

Chịu trách nhiệm nội dung: Nguyễn Tiến Nghĩa, Email: tiennghia2010@gmail.com

Ngày nhận bài: 24/4/2024; mời phản biện khoa học: 5/2024; chấp nhận đăng: 09/12/2024.

¹Kho 708, Cục Quân y.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vắc-xin là chế phẩm sinh học có chứa các kháng nguyên đặc hiệu giúp kích thích cơ thể sản sinh miễn dịch, chủ động phòng chống các tác nhân gây bệnh. Bảo quản vắc-xin đúng cách rất quan trọng, nhằm bảo đảm tính hiệu quả, tính an toàn của vắc-xin. Vắc-xin không được bảo quản đúng cách sẽ dẫn đến tình trạng giảm chất lượng, giảm hiệu quả và không an toàn. Điều này có thể dẫn đến việc vắc-xin không đủ hiệu quả bảo vệ người được tiêm chủng phòng ngừa bệnh tật, thậm chí gây ra các phản ứng nghiêm trọng. Vì vậy, việc bảo quản vắc-xin vô cùng quan trọng. Hiện nay, trên thế giới có rất nhiều hãng sản xuất tủ bảo quản vắc-xin với nhiều loại, kích thước và công dụng khác nhau. Trong đó, dạng thông dụng là các thùng, tủ đựng vắc-xin vừa và nhỏ, được hầu hết các cơ sở y tế sử dụng.

Để bảo quản vắc-xin và một số hóa chất tốt nhất, các đơn vị, cơ sở y tế ở nước ta đều được trang bị một số tủ lưu trữ sinh phẩm hay tủ bảo quản. Thông

thường, các tủ này được nhập khẩu từ nước ngoài nên có giá thành rất cao, khó khai thác trong các tình huống quân sự hoặc đại dịch, trở ngại trong việc sửa chữa khi xảy ra sự cố và kinh phí sửa chữa lớn.

Xuất phát từ những thực tiễn trên, chúng tôi thực hiện đề tài này nhằm nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thử nghiệm thùng bảo quản vắc-xin có dải nhiệt độ từ 2-8°C.

2. ĐỐI TƯỢNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Kỹ thuật nhiệt được ứng dụng trong thiết bị bảo quản, vận chuyển vắc-xin; thiết bị tạo nhiệt độ và kiểm soát nhiệt độ ở dải nhiệt từ 2-8°C.

Nghiên cứu tiến hành từ tháng 7-12/2023, tại Kho 708, Cục Quân y.

2. Phương pháp nghiên cứu

- Thiết kế nghiên cứu: thiết kế chế tạo sản phẩm mẫu và thử nghiệm.

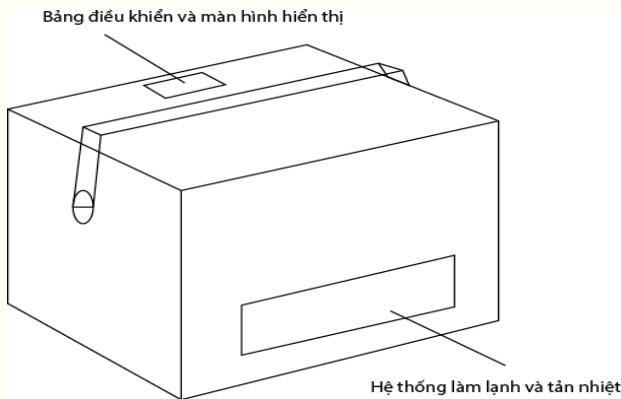
- Phương pháp tiến hành nghiên cứu:

- + Tìm hiểu, phân tích cơ sở lí thuyết, kết hợp chặt chẽ với điều kiện thực tế.
- + Khảo sát thực tế các thiết bị nào có sẵn trên thị trường và ứng dụng trong thiết kế, chế tạo.
- + Tham khảo các giải pháp tiên tiến hiện nay, vận dụng vào điều kiện cụ thể: tính toán lí thuyết, thiết kế tổng thể đến thiết kế chi tiết.
- + Thử nghiệm sản phẩm theo các mục tiêu đề ra, thông qua các thiết bị đo, đồng hồ đo.
- Kỹ thuật sử dụng trong nghiên cứu: kỹ thuật nhiệt lạnh; kỹ thuật điện tử, xử lí tín hiệu; kỹ thuật vi xử lí.
- Yêu cầu sản phẩm thiết kế:
 - + Tủ/hộp bảo quản vắc-xin gọn, tiện cơ động, có khả năng duy trì dải nhiệt độ từ 2-8°C trong suốt quá trình lưu trữ.
 - + Bảo đảm chất lượng vắc-xin trong quá trình vận chuyển, như tránh bị va đập, rung lắc quá mức, đảm bảo các yêu cầu về nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng...
 - + Xây dựng hướng dẫn sử dụng tủ bảo quản vắc xin được thiết kế.

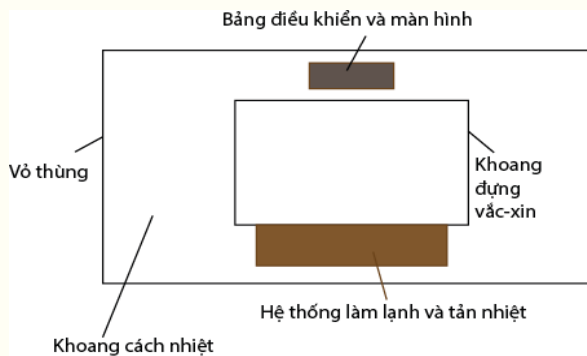
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

3.1. Thiết kế sản phẩm

- Thiết kế hộp bảo quản vắc-xin:



Hình 1. Cấu tạo bên ngoài hộp đựng vắc-xin.



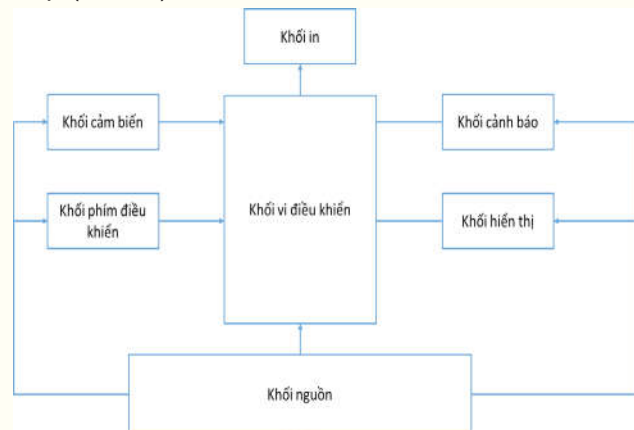
Hình 2. Sơ đồ thiết kế cách bố trí của thiết bị.

- + Vỏ hộp: thiết kế và gia công bằng nhựa cứng chống nhiệt PP, kích thước 45 x 31 x 35 cm, có khả năng chịu nhiệt từ âm 4°C tới 120°C, chịu lực va đập, dễ dàng lau chùi, rửa sạch khi cần thiết. Phần vỏ có quai xách và gắn bảng điều khiển, màn hình hiển thị các thông số kĩ thuật; hệ thống làm lạnh và tản nhiệt.

- + Khoảng cách nhiệt: nằm giữa vỏ thùng và khoang chứa vắc-xin, được chế tạo từ xốp cách nhiệt PU (polyurethane) và lớp nhựa ABS dày 3 mm. Hệ thống làm lạnh và cảm biến nhiệt độ áp sát với lớp bên trong.

- + Khoang chứa vắc-xin: thiết kế và chế tạo từ inox 304 dùng trong y tế, dày 2 mm, kích thước 26 x 18 x 26 cm. Inox 304 có nhiều ưu điểm, như tốc độ hóa bền rên cao; độ dẻo cao; độ cứng, độ bền cao, độ bền nóng cao; khả năng chịu ăn mòn cao và dẻo dai ở nhiệt độ thấp.

- Xây dựng thiết kế mạch: mạch điều khiển nhiệt độ của thùng vắc-xin có khả năng nhận tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ gửi về và tính toán giá trị, so sánh với giá trị nhiệt độ được cài đặt, sau đó điều khiển đóng/mở hệ thống làm lạnh. Giá trị nhiệt độ được hiển thị trên màn hình LED 7 thanh, cài đặt nhiệt độ thông qua các nút bấm được tích hợp (hình 3).



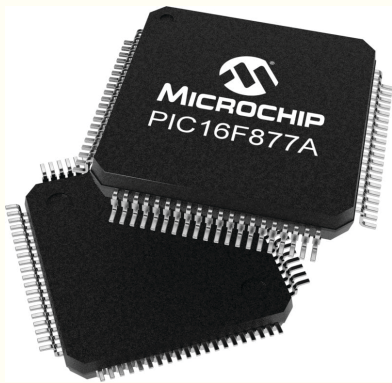
Hình 3. Sơ đồ khối tổng quan mạch điều khiển nhiệt độ thùng vắc-xin.

- + Khối vi điều khiển: có chức năng tính toán, xử lí dữ liệu theo yêu cầu đặt ra; giao tiếp với máy in khi có lệnh điều khiển; truyền dữ liệu lên màn hình hiển thị; tiếp nhận lệnh điều khiển từ người dùng thông qua các phím vật lí.

- + Khối in: có chức năng kết nối với máy in.
- + Màn hình hiển thị: hiển thị các thông số nhiệt độ (°C).
- + Khối nguồn: cung cấp nguồn 12V DC, dòng tối đa là 15 ampe.
- + Khối cảnh báo: thông báo tới người sử dụng thông qua âm thanh, ánh sáng từ.

+ Khối cảm biến nhiệt: lựa chọn cảm biến nhiệt độ DS18B20 sử dụng trong thùng vắc xin. DS18B20 là phiên bản chống nước, chống ẩm của cảm biến nhiệt độ (hãng MAXIM, với độ phân giải cao 12bit). IC sử dụng giao tiếp 1 dây rất gọn gàng, dễ lập trình, có chức năng cảnh báo nhiệt độ khi vượt ngưỡng và đặc biệt hơn là có thể cấp nguồn từ chân dữ liệu.

+ Khối vi xử lí tín hiệu: lựa chọn vi xử lí PIC16F877A, với cảm biến số về nhiệt độ (chân tín hiệu của cảm biến có thể kết nối trực tiếp với vi xử lí). Khối vi xử lí có thể trực tiếp xử lí tín hiệu cảm biến gửi về để tính toán giá trị nhiệt độ tại thời điểm đó.



Hình 4. Hình ảnh vi xử lí PIC16F877A.

+ Kết nối giữa cảm biến nhiệt độ DS18B20 với vi xử lí được thiết kế trên phần mềm Altium.

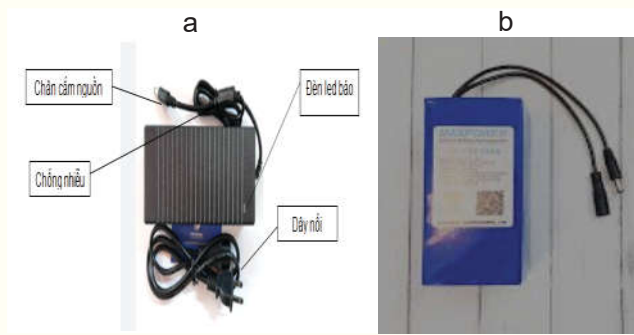
3.2. Thiết kế nguồn điện

Nguồn điện yêu cầu có khả năng cung cấp điện áp tương ứng cho các bộ phận quan trọng trong phần cứng của toàn mạch và mạch điện tử thùng vắc-xin, như mạch điều khiển, khối cảm biến nhiệt, khối vi xử lí tín hiệu... Do đó, nhóm nghiên cứu xác định yêu cầu kĩ thuật của khối nguồn sản phẩm sử dụng là nguồn điện 12V-2A, với công suất tiêu thụ 80W, gồm adapter nguồn 220AC/50Hz-12V/2A hoặc sử dụng nguồn pin Li-Ion 12V-2A được tích hợp trong thiết bị (pin sạc sẵn có trên thị trường trong nước, đang được sử dụng phổ biến hiện nay, với thời gian sử dụng 12 giờ, thời gian sạc đầy là 8 giờ).

- Nguồn nuôi được sử dụng điện 220/50Hz được nối với thiết bị qua adapter 12V-2A.

- Tiêu chuẩn kĩ thuật của adapter: điện áp đầu vào 100-240V, 50-60 Hz, 1.5A; điện áp đầu ra: 12V-10A; công suất: 120W; kích thước chân cắm 5,5 x 2,1 mm, độ dài dây nối: 1,5m; có đèn led báo, cực nguồn chống nhiễu.

Để tiết kiệm chi phí và tiện dụng trong thiết kế, chế tạo bộ sản phẩm mẫu, chúng tôi sử dụng tẩu nguồn 12V-2A khai thác từ khe cắm nguồn của ô tô (sẵn có trên thị trường trong nước).



Hình 5. a: Nguồn điện 220v/50Hz chuyển đổi qua adapter; b: Pin được tích hợp trong sản phẩm.

- Thiết kế thiết bị hiển thị và làm lạnh:

+ Thiết bị hiển thị: hiển thị nhiệt độ bằng đèn led, tích hợp với khối điều khiển và cảm biến nhiệt độ với các thông số: nguồn điện (DC 12V), cảm biến (NTC dài 3 mét), kiểu điều khiển (relay ON/OFF). Chức năng điều khiển nhiệt độ (làm nóng hoặc làm lạnh): cho phép giới hạn mức nhiệt cao nhất, thấp nhất; chức năng khóa phím và có thể cảnh báo.

+ Thiết bị làm lạnh: sử dụng sò nóng - lạnh TEC1 (hay chíp peltier) với bộ tản nhiệt bằng không khí, gồm hệ thống ống đồng, thanh tản nhiệt và quạt chíp. Thông số của thiết bị gồm: nguồn điện 12V-10A, kích thước 17,4 x 9,7 x 9,8 cm. Bộ tản nhiệt có sẵn một con sò nóng - lạnh 80W (sò nóng - lạnh hay chíp peltier là cấu kiện bán dẫn có tính chất làm lạnh một mặt, mặt còn lại được làm nóng), kích thước 40 x 40 x 3,8 mm; 2 quạt tản nhiệt hai bên sò, ở giữa là bộ tản nhiệt nhôm (bộ tản nhiệt hoàn toàn có thể làm đông lạnh Delta T Max 67°C). Một mặt của sò nóng - lạnh được áp vào miếng nhôm dùng để làm lạnh có chứa trong hộp nhựa (được gọi là mặt lạnh). Nhờ có hiệu ứng Seebeck nên khi cấp nguồn cho hệ thống, trong hộp sẽ được làm lạnh đến nhiệt độ theo yêu cầu sử dụng. Mặt còn lại của sò nóng - lạnh được áp vào một miếng nhôm khác (được gọi là mặt nóng), dùng để tản nhiệt cho sò nóng - lạnh TEC1.

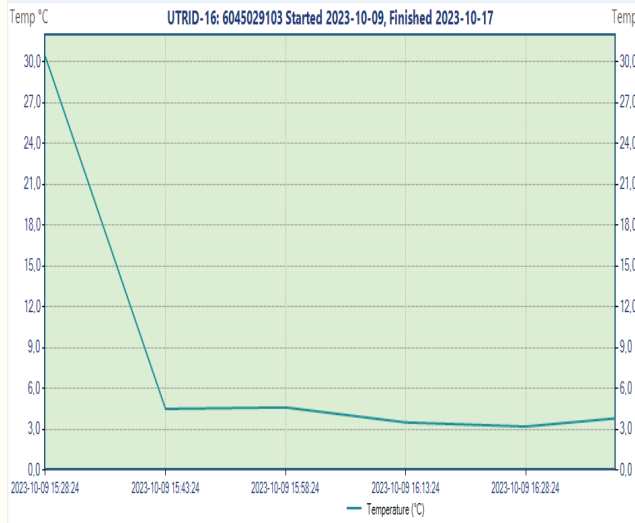
Sau khi thiết bị hiển thị và thiết bị làm lạnh được thiết kế xong và lắp đặt hoàn chỉnh, sản phẩm mẫu hộp bảo quản vắc-xin được nhóm nghiên cứu mang đi thử nghiệm, đánh giá hiệu quả sử dụng.

3.3. Kết quả thử nghiệm sản phẩm mẫu sau thiết kế, chế tạo

Phương án chạy thử nghiệm: nhóm nghiên cứu tiến hành thử nghiệm đo nhiệt độ hộp bảo quản vắc-xin bằng thiết bị đo tự ghi Taglog Untrid 16 theo 3 giai đoạn (nhiệt độ tự ghi mỗi 5 phút 1 lần): chạy không tải, chạy có tải và chạy với tải có dung tích tối đa.

- Chạy thử nghiệm với thiết bị không tải:

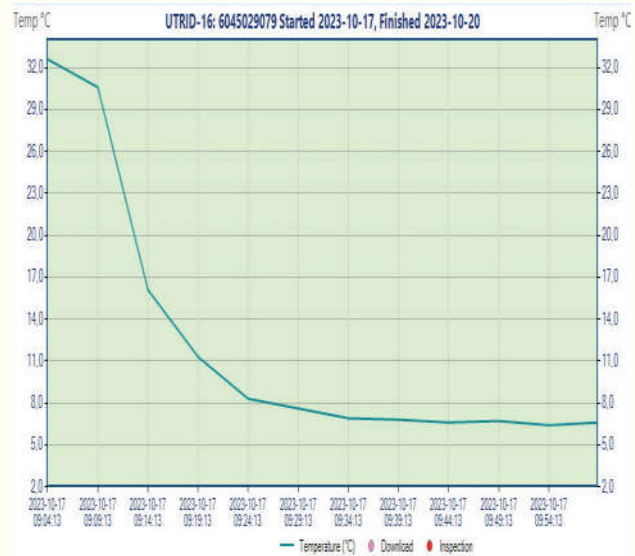
Khi chạy thử nghiệm không tải với nhiệt độ môi trường 30°C, sau 15 phút, nhiệt độ trong hộp đạt mức cài đặt (từ 2-8°C) theo yêu cầu.



Hình 6. Bảng kết quả theo dõi nhiệt độ thiết bị chạy không tải.

- Chạy với thiết bị có tải:

Thử nghiệm với thiết bị chạy có tải, khoang chứa vắc-xin sử dụng các hộp vỏ thuốc làm mẫu thử chiếm 2/3 dung tích khoang, cài đặt mức nhiệt độ về 6°C. Kết quả sau chạy 20 phút, nhiệt độ khoang chứa vắc-xin đạt mức 8°C và sau 30 phút, nhiệt độ khoang chứa vắc-xin giảm xuống mức cài đặt theo yêu cầu (6°C), thiết bị chạy ổn định, đảm bảo nhiệt độ trong giới hạn.

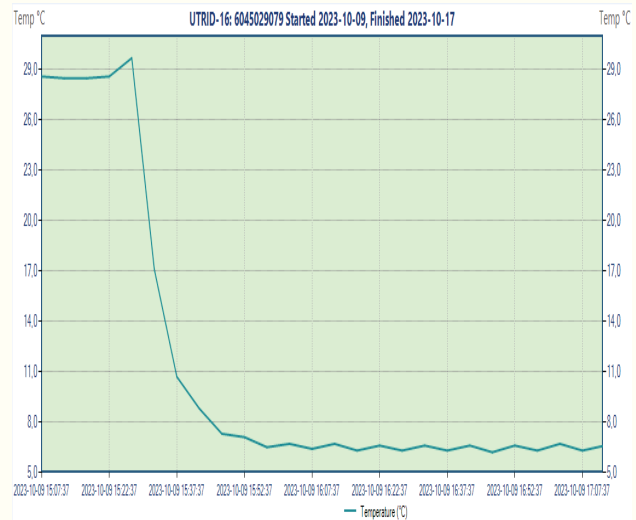


Hình 7. Bảng kết quả theo dõi nhiệt độ thiết bị chạy có tải.

- Chạy với dung tích vắc-xin chứa tối đa:

Thử nghiệm với thiết bị chạy có tải, khoang chứa vắc-xin sử dụng các hộp vỏ thuốc làm mẫu thử với

dung tích tối đa và đặt thiết bị tự ghi taglog Untrid 16. Kết quả: sau thời gian chạy 30 phút, nhiệt độ trong hộp đạt 8°C và sau 45 phút, nhiệt độ trong hộp giảm xuống đến mức cài đặt (6°C) theo yêu cầu; thiết bị chạy ổn định, giữ bảo đảm nhiệt độ trong dải giới hạn yêu cầu.

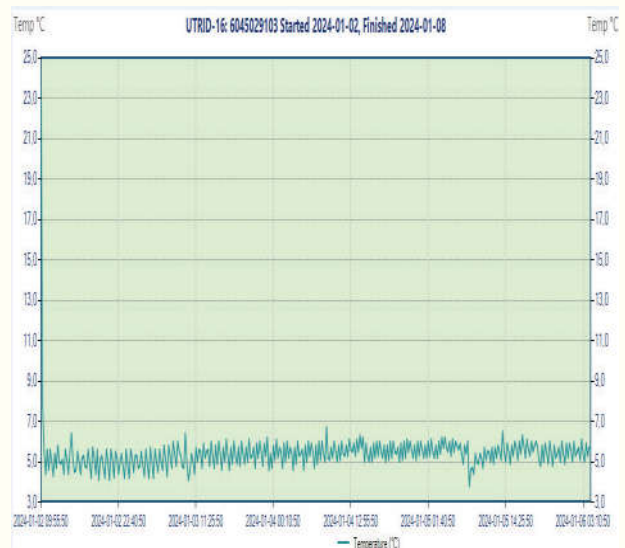


Hình 8. Bảng kết quả theo dõi nhiệt độ thiết bị chạy có tải tối đa.

- Chạy thử nghiệm trong một thời gian dài:

Để đảm bảo sự ổn định khi hoạt động, thiết bị được đo và chạy liên tục trong thời gian dài với 3 nguồn nuôi thiết bị khác nhau: nguồn thiết bị 220v/50Hz, mạch nguồn được tích hợp với adapter; nguồn pin theo thiết kế của thiết bị: 12v-100000 mAh; chạy với thiết bị nguồn trích từ tủ nguồn xe ô tô: 12v-5A.

- Về nguồn điện, thiết bị hoạt động tốt, đạt yêu cầu với thời gian chạy liên tục được taglog theo dõi ổn định trong nhiều ngày.



Hình 9. Thiết bị vận hành liên tục từ 02/01/2024 đến 06/01/2024.

3.4. Thông số sản phẩm sau hoàn chỉnh

Bảng thông số kĩ thuật hộp bảo quản vắc-xin

Các yêu cầu kĩ thuật sản phẩm	Kết quả đã đáp ứng của sản phẩm mẫu
Ứng dụng	Sử dụng vận chuyển vắc-xin, các mẫu sinh phẩm...
Dạng làm mát	Làm lạnh chủ động, di động
Kích thước trong (dài x rộng x cao)	260 x 180 x 260 mm
Kích thước ngoài (dài x rộng x cao)	450 x 310 x 350 mm
Dung tích sử dụng	6,5 lít
Khối lượng rỗng	2,5 kg
Điều khiển	vi xử lí
Nhiệt độ lưu trữ	2-8°C
Thời gian giữ nhiệt (8°C, không tải)	01 giờ
Thời gian giữ nhiệt (8°C, full tải)	0,5 giờ
Vật liệu bên ngoài/nắp	PP, xốp EPS tỉ trọng cao
Vật liệu bên trong	Inox 304
Lưu trữ lạnh	Có thể trữ đá bảo quản lạnh
Dạng làm lạnh	Làm lạnh bán dẫn tối ưu
Quạt làm mát	ADDA
Điều khiển và hiển thị nhiệt độ	Điều khiển vi xử lí, cảm biến kép để điều khiển và hiển thị, độ chính xác hiển thị 0,1°C

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu xây dựng thành công hộp bảo quản vắc-xin, đạt yêu cầu các thông số kĩ thuật đặt ra ban đầu. Kết quả thử nghiệm hộp bảo quản vắc-xin theo 3 giai đoạn, thấy sản phẩm hoạt động tốt, ổn định, nhiệt độ bảo đảm theo đúng chức năng và đạt được mục tiêu, yêu cầu đề ra, đủ điều kiện bảo quản vắc-xin trong khoảng nhiệt độ từ 2-8°C.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Văn Tuấn, Hán Trọng Thanh, Đỗ Quang Ngọc, Phạm Văn Biên (2008), *Kĩ thuật đo lường tự động điều khiển*, Nhà xuất bản Bách Khoa, Hà Nội.
2. EPCOS (2009), *NTC Thermistor Application Notes*.

3. Texas Instruments (2000), *LM134/LM234/LM334 3 - Terminal Adjustable Current Source*.
4. Microchip Technology Inc (2003), *PIC 16F 87XA Datasheet - 28/40/44 Pin Enhanced Microcontroller*.
5. Unisonic Technologies Co., Ltd, S8550 (2013), *Low voltage high current small signal PNP Transistor*.
6. CCS Inc (2014), *CCS C Compiler Manual PCB/PCM/PCH*.
7. Georgia Institute of Technology (2014), *Analog to Digital Converter, Denis Bissieres, Ian Campbell, Johan Lesperat*.
8. Trần Quang Vinh (2013), *Sử dụng máu và các chế phẩm máu phù hợp*, Khoa Huyết học, Bệnh viện Bạch Mai.
9. Ngô Diên Tập (2000), *Vi xử lí trong đo lường và điều khiển*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật
10. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy (2009), *Kĩ thuật lạnh cơ sở*, Nhà xuất bản Giáo dục.
11. <https://vnvc.vn/quy-trinh-bao-quan-vacxin/>
12. <https://vnras.com/huong-dan-bao-quan-vac-xin/>
13. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view-164396/ETC/TEC1-12730.html>. □

HÌNH ẢNH SẢN PHẨM MẪU ĐÃ HOÀN THIỆT

