

โครงการวิเคราะห์เวลาวิกฤตที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตู้เย็น เก็บน้ำยาขณะเปิดใช้งาน

เฉลิมพล สนอุดม^{1*}, เอกลักษณ์ มณีเสาวภาคย์²

รับบทความ: 2 สิงหาคม 2565; แก้ไขครั้งที่ 1: 26 มกราคม 2566; แก้ไขครั้งที่ 2: 16 มีนาคม 2566; ตอรับ: 22 มีนาคม 2566

บทคัดย่อ

บทนำ : จากการพัฒนานวัตกรรม งานเครื่องมือแพทย์ โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เรื่อง “อุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว” เพื่อติดตามและบันทึกอุณหภูมิของตู้เย็นเก็บน้ำยาของหน่วยงานการพยาบาลและดูแลส่งตรวจของหน่วยงานห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ ของโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ ผู้ใช้งานและผู้ดูแลนวัตกรรมดังกล่าว พบว่า อุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว มีการแจ้งเตือนที่ถี่เกินไปเนื่องจากมีการแจ้งเตือนทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากการเปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยาของผู้ใช้งาน ทำให้เกิดความรำคาญต่อผู้ใช้งานและผู้ดูแล ทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บข้อมูลและพลังงานที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิ

วัตถุประสงค์: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาวิกฤตที่ทำให้ตู้เย็นเก็บน้ำยามีอุณหภูมิสูงจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดและนำเวลาวิกฤตที่ได้มาปรับปรุงระยะเวลาในการแจ้งเตือนและการแสดงข้อมูล รวมถึงการเก็บข้อมูลที่เหมาะสมและหาระยะเวลาในการเปิด-ปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยา

วิธีดำเนินการวิจัย: การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาระยะเวลาในการเปิด-ปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยาโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว มาใช้ในการติดตามและบันทึกผลของอุณหภูมิ ระยะเวลาก่อนที่ตู้เย็นจะนำมากำหนดค่าการวิจัยโดยการทดลองซ้ำอย่างละ 20 รอบ เพื่อนำผลการทดลองที่ได้มาหาค่าระยะเวลาวิกฤต ด้วยวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากผลการทดลองซ้ำ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว 2) ตู้เย็นเก็บน้ำยา 3) น้ำยา 4) หลอดทดลอง 5) แท่นวางหลอดทดลอง และ 6) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลวิเคราะห์ข้อมูลโดยนาระยะเวลาที่บันทึกได้จาก “ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว” มาทำการหาค่าระยะเวลาวิกฤตมาปรับปรุงระยะเวลาการแจ้งเตือนและหาระยะเวลาที่ปลอดภัยในการเปิดตู้เย็นเก็บน้ำยาแล้วไม่ทำให้อุณหภูมิตู้เย็นสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานในการเก็บรักษาตู้เย็นในตู้เย็น

ผลการศึกษา: ระยะเวลาวิกฤตที่ทำให้ตู้เย็นเก็บน้ำยามีอุณหภูมิสูงจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด คือ 6 นาที นอกจากนี้ระยะเวลาการแจ้งเตือนและการบันทึกของชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว คือ ทุก ๆ 2 นาที (1/3 ของระยะเวลาวิกฤต) และระยะเวลาในการเปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยาสูงสุดต้องไม่เกิน 3 นาที

สรุป : ระยะเวลาที่ทำให้ตู้เย็นเก็บน้ำยามีอุณหภูมิสูงจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด (8 องศาเซลเซียส) ขณะทำการเปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยา คือ 6 นาที ระยะที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลและแจ้งเตือน คือ ทุก ๆ 2 นาที และระยะเวลาในการเปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยาสูงสุด คือ 3 นาที

คำสำคัญ: อุณหภูมิ, ไมโครโปรเซสเซอร์, เวลาวิกฤต, ดิจิตอล

¹ *วิศวกร งานเครื่องมือแพทย์ โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ ปทุมธานี 12120 corresponding author: ppsnoudom@gmail.com

² นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ งานเครื่องมือแพทย์ โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ ปทุมธานี 12120 (Dimage.mmm@gmail.com)

Analyzing the effect of critical time on temperature changes in medicine storage refrigerators by opening the cabinet

Chalermpol Sonudom^{1*}, Eakluk Maneesawapark²

Received: August 2, 2022; Received in first revision: January 26, 2023; second revision: March 16, 2023;

Accepted: March 22, 2023

Abstract

Background: developed a monitoring equipment for Thammasat University Hospital Medical Equipment Division monitoring temperature by embedded microprocessors to survey, record, and report temperatures of refrigerators storing solutions for the Medical technology laboratory. Solution testing was done by the Thammasat University Hospital Medical Technology Laboratory. Users and administrators of this innovation noted that the embedded microprocessors device, occupationally reported data more frequently than necessary, It caused wasting of storage space and energy used to measure temperatures.

Objective: To find the critical time causing refrigerated solutions to rise to specified temperatures and use that information to adjust notification time for displaying information to store data correctly and identify an appropriate time for opening and closing the refrigerator containing solutions.

Methodology: Developmental research was done to ascertain time and duration of opening and closing of refrigerators containing solutions by embedded microprocessors to monitor, record, and report refrigerator temperatures. In addition, the time used to examine solutions was measured by doing 20 retests each, with results employed to ascertain average critical time by average value calculation methods. Equipment used included: 1) temperature notifying equipment using embedded microprocessors; 2) refrigerator storing solutions; 3) solutions; 4) test tubes; 5) test tube stand; and 6) digital thermometer. Data was analyzed by the time recorded from temperature-notifying equipment by embedded microprocessors to calculate critical time for improving notification timing and find safe timing for opening the refrigerator without raising solution temperatures above standard storage levels.

Results: Six minutes was the critical time for causing refrigerated solution temperature to rise, hitting the standard temperature line. Every two minutes was the notification and recording time for temperature recording equipment by embedded micro-processors. (1/3 of critical time) and three minutes is the maximum time that the refrigerator may be left open.

Conclusion: Six minutes is the time causing solutions to rise in temperature until the set temperature (8 degrees Celsius) when opening the refrigerator. Two minutes is the time used for recording and notification, while three minutes is the maximum time for left the refrigerator open.

Key words: Temperatures, Microprocessors, Critical time, Digital

¹ Engineering, Medical Equipment Division, Thammasat University Hospital, Pathum Thani 12120
corresponding author: pponudom@gmail.com

² Scientists, Medical Equipment Division, Thammasat University Hospital, Pathum Thani 12120
(Dimage.mmm@gmail.com)

บทนำ

ยารักษาโรคและสิ่งส่งตรวจเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยและการวินิจฉัยโรค ในการเก็บรักษายาและสิ่งส่งตรวจให้มีคุณภาพและความคงตัว จึงมีความสำคัญทั้งในด้านผลการรักษาและการวินิจฉัยโรคจากสิ่งส่งตรวจ ในการเก็บรักษายา โดยทั่วไปแนะนำให้เก็บยาที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 18-25 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$)^[1] แต่ยาและสิ่งส่งตรวจบางชนิดต้องเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$)^[1] ดังนั้น อุณหภูมิจึงมีความสำคัญมากในการรักษาคุณสมบัติของยาและสิ่งส่งตรวจ การเก็บรักษายาและสิ่งส่งตรวจในตู้เย็นที่อุณหภูมิไม่ได้มาตรฐานหรือการเก็บรักษาอาจทำให้ยาเสื่อมคุณภาพและสิ่งส่งตรวจเกิดความเสียหายไม่สามารถนำไปตรวจและวินิจฉัยโรคได้^[2]

ในปีงบประมาณ 2561 นายเอกลักษณ์ มณีเสาวภาคย์ งานเครื่องมือแพทย์ โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ ได้พัฒนานวัตกรรมเตือนอุณหภูมิขึ้น เรียกว่า “อุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว” เพื่อติดตามและบันทึกอุณหภูมิของตู้เย็นเก็บน้ำยาของหน่วยงานการพยาบาลและตู้แช่สิ่งส่งตรวจของหน่วยงานห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ของโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติจากการใช้งานนวัตกรรมนี้ ผู้ใช้งานและผู้ดูแลนวัตกรรม พบว่า อุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว มีการแจ้งเตือนที่ถี่เกินไป เนื่องจากในการใช้งานแบบเดิมจะมีการแจ้งเตือนทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากการเปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยาของผู้ใช้งานทำให้เกิดความ

รำคาญต่อผู้ใช้งานและผู้ดูแล ทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บข้อมูลและพลังงานที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิแต่ละรอบ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาค่าเวลาวิกฤติที่มีความเหมาะสม เพื่อให้อุณหภูมิยาและสิ่งส่งตรวจภายในตู้เย็นของหน่วยงานห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์และตู้เย็นเก็บน้ำยาอื่น ๆ เป็นไปอย่างปลอดภัยและทำให้การเก็บรักษาน้ำยาและสิ่งส่งตรวจในตู้เย็นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและคุณภาพที่ดีที่สุด

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาเวลาวิกฤติที่ทำให้น้ำยาในตู้เย็นเก็บน้ำยามีอุณหภูมิสูงจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดโดยจำลองกรณีที่จะเกิดขึ้นได้แบบวิกฤติที่สุด
2. เพื่อนำระยะเวลาวิกฤติที่ได้มาปรับปรุงระยะเวลาการในการแจ้งเตือนและการแสดงข้อมูลรวมถึงการเก็บข้อมูลที่เหมาะสมของ นวัตกรรม อุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว
3. เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปิด-ปิดตู้เย็นเก็บน้ำยาภายใต้อุณหภูมิตามมาตรฐาน

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา ระยะเวลาการแจ้งเตือน การแสดงข้อมูล รวมถึงการเก็บข้อมูลที่เหมาะสม โดยรายละเอียดวิธีดำเนินการดังนี้

ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

1. ทำการจำลองตู้เย็นสำหรับแช่น้ำยาให้ได้อุณหภูมิตามมาตรฐานของการเก็บรักษาน้ำยา คือ 2-8 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) โดยให้ควบคุมอุณหภูมิสถานะโดยรอบตู้เย็นเก็บน้ำยาหรือภายในห้องทดลองให้อยู่ในระหว่าง 25-27

องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัลในการวัดอุณหภูมิขณะทำการทดลองซึ่งเป็นสภาวะเสมือนจริงในสภาวะวิกฤต(อุณหภูมิห้อง) โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัลในการวัดและใช้ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว บันทึกและเก็บข้อมูลจริงปัจจุบันในการบันทึกและวิเคราะห์ผลใช้ตัววัดอุณหภูมิ Temperature Sensor DS18B20 จำนวนทั้งหมด 8 ตัว โดยกำหนดเลขประจำตัวไว้ตั้งแต่ 0-7 ติดตั้งไว้ในหลอดทดลอง ตามภาพที่ 1 ดังนี้

1. Temperature Sensor ตัวที่ 0 คือ T0
2. Temperature Sensor ตัวที่ 1 คือ T1
3. Temperature Sensor ตัวที่ 2 คือ T2
4. Temperature Sensor ตัวที่ 3 คือ T3
5. Temperature Sensor ตัวที่ 4 คือ T4
6. Temperature Sensor ตัวที่ 5 คือ T5
7. Temperature Sensor ตัวที่ 6 คือ T6
8. Temperature Sensor ตัวที่ 7 คือ

T7(last)

ภาพที่ 1 การกำหนดเลขประจำ

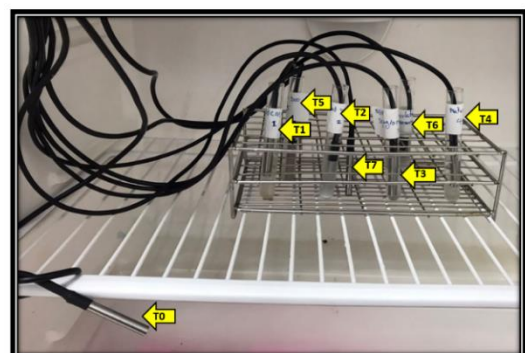


Temperature Sensor DS18B20

2. นำ น้ำ ยา และ Temperature Sensor DS18B20 ใส่หลอดทดลอง และนำเข้าแช่ในตู้เย็นแช่น้ำยาและตรวจสอบอุณหภูมิจนอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำยาคงที่โดยใช้ ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัวบันทึกและเก็บข้อมูลจริงปัจจุบันในการบันทึกและวิเคราะห์ผลวัดควบคุมไปกับ

อุณหภูมิของตู้เย็นแช่น้ำยาโดยทำการเผาระวังและควบคุมให้เกิดความสม่ำเสมอโดยการใช้ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว เป็นตัวเก็บบันทึกข้อมูลและเผาระวังเพื่อให้เกิดการควบคุมอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ โดยน้ำยาจะแบ่งเก็บข้อมูลเป็นน้ำกลั่น, ตัวน้ำยาที่เป็นอิมัลชัน, ตัวน้ำและตัวน้ำยาที่มีส่วนผสมของไฮดรอกซิล โดย กำหนด ตำแหน่ง ประจำ ของ Temperature Sensor DS18B20 ตามภาพที่ 2 ดังนี้

- 1.T0 ตำแหน่ง ใกล้ประตูตู้เย็น(เปิด-ปิด)
- 2.T1 ตำแหน่ง ภายในหลอดน้ำยาที่ 1 (Lidocaine)
- 3.T2 ตำแหน่ง ภายในหลอดน้ำยาที่ 2 (Mixtrad30)
- 4.T3 ตำแหน่ง ภายในหลอดน้ำยาที่ 3 (NESP30Mg/0.5ml)
- 5.T4 ตำแหน่ง ภายในหลอดน้ำยาที่ 4 (Water)
- 6.T5 ตำแหน่ง ภายในหลอดน้ำยาที่ 5 (Leuco Plus 300)
- 7.T6 ตำแหน่ง ภายในหลอดน้ำยาที่ 6 (Insulatrad)
- 8.T7(last) ตำแหน่ง ข้างหลอดน้ำยา



ภาพที่ 2 ตำแหน่ง T0-T7(last) ภายในตู้เย็นเก็บน้ำยา

3. ทำการจำลองการเปิดประตูตู้เย็น เก็บน้ำยาค้างไว้ ในขณะที่อุณหภูมิที่วัดได้ของ T0-T7(last) อยู่ในช่วงใกล้เคียง 2-3 องศาเซลเซียส(°C) ซึ่งถือเป็นช่วงที่อุณหภูมิต่ำสุดของมาตรฐานในการเก็บรักษายา แล้วสังเกตอุณหภูมิเฉพาะในหลอดทดลองที่บรรจุน้ำยา T1-T6 จนกว่าจะมีอุณหภูมิที่สูงเกินกว่า 8 องศาเซลเซียส(°C) ซึ่งเป็นการหาเวลาวิกฤตที่ทำให้น้ำยาในตู้เย็นเก็บน้ำยาเกินค่ามาตรฐานกำหนดแล้วจึงทำการปิดประตูตู้เย็นเก็บยาโดยการสังเกตจากกราฟที่สามารถบันทึกได้จากโปรแกรมนวัตกรรม ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัวแล้วทำการบันทึกค่า และทำซ้ำเพื่อหาค่าเวลาวิกฤติจำนวน 20 ครั้ง แล้วทำการคำนวณหาค่า **ระยะเวลาวิกฤต** สามารถคำนวณได้จากสูตรการหาค่า **ระยะเวลาวิกฤตเฉลี่ย** และนำค่า 1 ใน 3 ของระยะเวลาวิกฤตมาตั้งเป็นระยะเวลาในการแจ้งเตือนและการบันทึกข้อมูล ดังนี้

สูตรการคำนวณ

ระยะเวลาวิกฤต = ระยะเวลาวิกฤตเฉลี่ย

ระยะเวลาวิกฤต

= ผลรวมของช่วงระยะเวลาครั้งที่ 1-20 ที่ทำให้อุณหภูมิขึ้นถึง 8 องศา จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

4. ทำการจำลองการเปิด-ปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยา ตามช่วงค่าเวลา 1-3 นาที และหาค่าที่มีระยะในการเปิดประตูค้างไว้มากที่สุดที่ทำให้อุณหภูมิสูงสุดมีค่าไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส(°C) หลังจากปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยา ซึ่งเกินอุณหภูมิตามมาตรฐานในการเก็บรักษาน้ำยา แล้วทำซ้ำเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่ได้เป็นจำนวน 20 ครั้ง โดยใช้ ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัวในการบันทึกค่า

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

1. ตู้เย็นเก็บน้ำยา ตู้เย็นเก็บน้ำยาดังภาพที่ 3 ที่ใช้ในหน่วยงานภายในโรงพยาบาล ตู้เย็นเก็บน้ำยา เป็นตู้แช่เวชภัณฑ์สามารถควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 2-8 องศาเซลเซียส(°C) โดยที่สามารถตั้งค่าการควบคุมความเย็นได้ เพื่อเป็นตู้เย็นเก็บน้ำยา ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในเก็บรักษาเวชภัณฑ์ยา วัคซีนต่าง ๆ ที่ควบคุมความเย็นให้คงที่ ตู้เย็นเก็บน้ำยาตามภาพที่ 3 ที่ใช้ในหน่วยงานภายในโรงพยาบาล



ภาพที่ 3 ตู้เย็นเก็บน้ำยา

2. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล สำหรับใช้วัดอุณหภูมิภายในห้องที่ทำการทดลอง(วัดอุณหภูมิห้อง)และวัดอุณหภูมิภายในตู้เย็นเก็บน้ำยา



ภาพที่ 4 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล

3. น้ำยาสำหรับใช้ในการทำวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้ตัวอย่างของน้ำยาที่มีการใช้งานจริงภายในโรงพยาบาล ซึ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้ เพื่อให้การทำวิจัยเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์และเพื่อจะได้ผลของการวิจัยเป็นไปได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ ตัวอย่างน้ำยาที่ใช้สำหรับสาธิตให้มีความรู้กับผู้ป่วย ดังนี้ LIDOCAINE , Mixtrad30 ,NESP30 μ g/0.5ml, Leuco-Plus 300 (ลิวโค-พลัส 300), Insutard HM , Water (น้ำบริสุทธิ์) จากงานเภสัชกรรมโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ^[3-6]



ภาพที่ 5 ตัวอย่างน้ำยาที่ใช้ในการทำวิจัย

4. หลอดทดลองและแท่นวางหลอดทดลองและแท่นวางหลอดทดลอง ตามภาพที่ 6 สำหรับใส่ตัวอย่างน้ำยาและแช่ Prob วัดอุณหภูมิให้อยู่ภายในตัวอย่างน้ำยา



ภาพที่ 6 หลอดทดลองและแท่นวางหลอดทดลอง

5. ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัวในการบันทึกข้อมูล ประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

5.1 Temperature Sensor DS18B20

DS18B20 เป็น IC วัดอุณหภูมิแบบดิจิทัล ของ Dallas Semiconductor สามารถวัดอุณหภูมิเป็นหน่วยองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ในช่วง -55 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ถึง 125 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ที่ความละเอียด 9-12 บิต และมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ ± 0.5 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ในช่วง -10 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ถึง 85 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ตัวอุปกรณ์ทำจากสแตนเลสกันน้ำ ความยาวสายไฟ 100 มม. ระยะเวลาในการตอบสนองน้อยกว่า 750ms



ภาพที่ 7 Temperature Sensor DS18B20^[7]

5.2 Raspberry Pi Zero w v1.1

Raspberry Pi เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กพัฒนาขึ้นโดยมูลนิธิ Raspberry Pi ซึ่งเป็นองค์กรการกุศลของสหราชอาณาจักร Raspberry Pi Zero W เป็นเวอร์ชันต่อเนื่องจาก Raspberry Pi Zero โดยมีการเพิ่มความสามารถในการเชื่อมต่อ Wireless LAN ชนิด 802.11n และ Bluetooth 4.0 ขึ้นมาโดยใช้ชิป Cypress CYW43438 ซึ่งเป็นรุ่นเดียวกับที่อยู่ใน Raspberry Pi 3 Model B โดยก่อนหน้านี้ผู้ที่ใช้งาน Raspberry Pi Zero มักจะประสบปัญหาในการเชื่อมต่อคีย์บอร์ด, เมาส์ และ Network Adapter ที่จำเป็นต้องทำผ่าน USB hub เท่านั้น ซึ่ง Raspberry Pi Zero W สามารถช่วยแก้ปัญหา

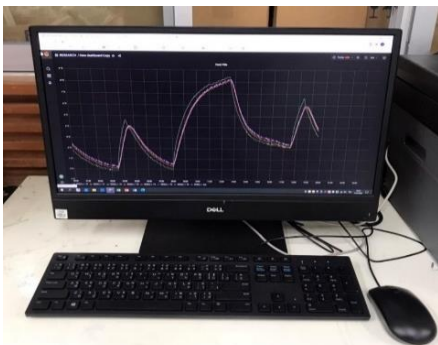
ในส่วนนี้ได้คุณสมบัติของ Raspberry Pi Zero W มีดังนี้

- 1GHz, single-core CPU
- 512MB RAM
- Mini-HDMI port
- Micro-USB On-The-Go port
- Micro-USB power
- HAT-compatible 40-pin header
- Composite video and reset headers
- CSI camera connector
- 802.11n wireless LAN

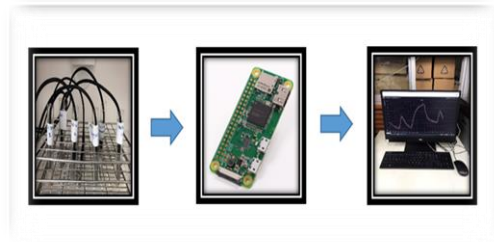


ภาพที่ 8 Raspberry Pi Zero W^[8]

6. เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผลและบันทึกข้อมูลเป็นระบบ Data Locker Thermometer และระบบ Grafana Real Time Dashboard



ภาพที่ 9 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกข้อมูล



ภาพที่ 10 วงจรชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว

สถานที่ทำการทดลองและตั้งอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลผลการทดลอง

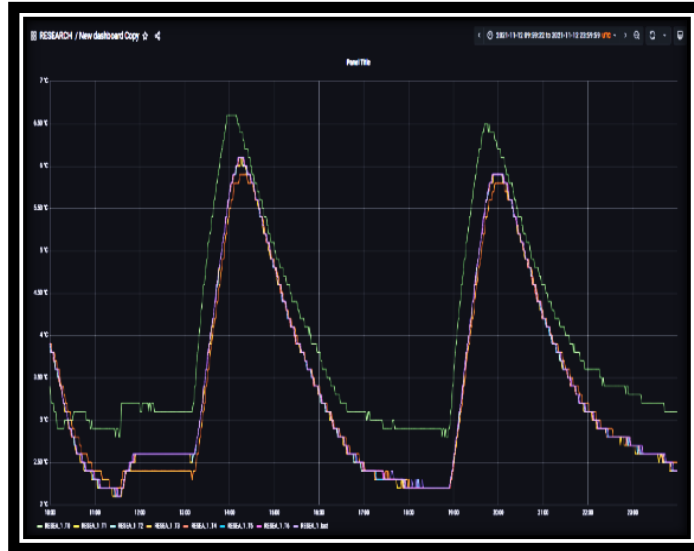
ผู้วิจัยใช้สถานที่ในการทดลองตั้งตู้แช่ยาและชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัวในการบันทึกและเก็บข้อมูลของการวิจัยที่งานเครื่องมือแพทย์ ซึ่งสถานที่ทดลองนี้มีอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกับหน่วยงานที่ใช้นวัตกรรมนี้ภายในโรงพยาบาล

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์เวลาวิกฤตที่ทำให้น้ำยาในตู้เย็นเก็บน้ำยามีอุณหภูมิสูงจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด โดยจำลองกรณีที่จะเกิดขึ้นได้แบบวิกฤตที่สุด ดังนี้

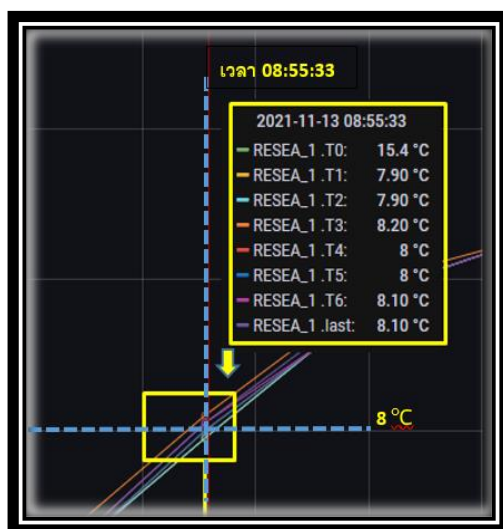
1.1 ทำการจำลองตู้เย็นเก็บน้ำยาให้ได้อุณหภูมิตามมาตรฐานของการเก็บรักษา น้ำยา คือ 2-8 องศาเซลเซียส โดยให้สถานะโดยรอบเป็นสถานะเสมือนจริงในสถานะวิกฤต (อุณหภูมิห้อง) โดยใช้ตัววัดอุณหภูมิแบบเก็บข้อมูลจริงปัจจุบันในการบันทึกและวิเคราะห์ผล พบว่า อุณหภูมิของตัววัดอุณหภูมิทั้ง 8 ตัว T0-T7(last) อุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 2-8 องศาเซลเซียส(°C) ในการทำงานของตู้เย็นเก็บน้ำยาที่มีอุณหภูมิสูงต่ำไม่คงที่เป็นผลอันเกิดจากการตัดต่อของเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับทำความเย็นของตู้เย็นทำให้มีการเปลี่ยนแปลง

ของอุณหภูมิขึ้นลงจากการตั้งอุณหภูมิตู้เย็นเก็บน้ำยา แต่อุณหภูมิภายในตู้เย็นเก็บน้ำยาจะอยู่ในช่วง 2-8 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) ซึ่งไม่เกินตามข้อกำหนด(อุณหภูมิต้องอยู่ในช่วง 2-8 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) ดังภาพที่ 11

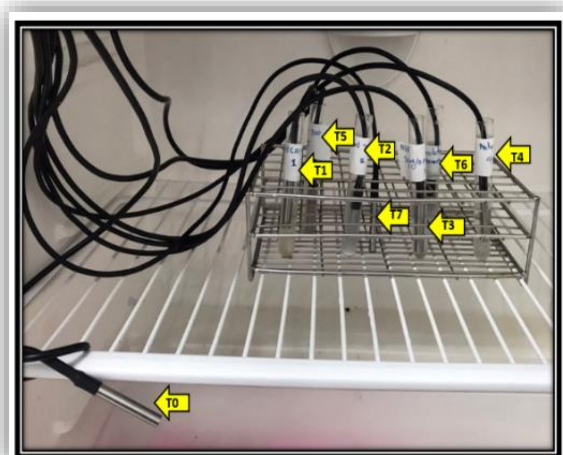


ภาพที่ 11 ภาพอุณหภูมิภายในตู้เย็นเก็บน้ำยา

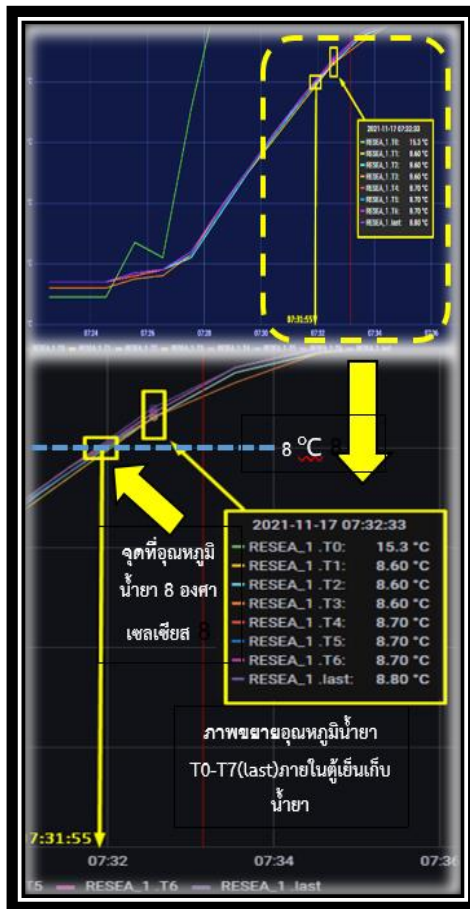
1.2 นำน้ำยาและ Temperature Sensor DS18B20 ใส่หลอดทดลองและนำเข้าแช่ในตู้เย็นเก็บน้ำยาและตรวจสอบอุณหภูมิรจนอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำยาคงที่ พบว่า Temperature Sensor T0-T7(last) อุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 2-8 องศาเซลเซียส ในการทำงานของตู้เย็นเก็บน้ำยาที่มีอุณหภูมิสูงต่ำไม่คงที่เป็นผลอันเกิดจากการตัดต่อของเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับทำความเย็นของตู้เย็นทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขึ้นลงจากการตั้งอุณหภูมิตู้เย็นเก็บน้ำยา แต่อุณหภูมิภายในตู้เย็นเก็บน้ำยาจะอยู่ในช่วง 2-8 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) ซึ่งไม่เกินตามข้อกำหนด (อุณหภูมิต้องอยู่ในช่วง 2-8 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) ดังภาพที่ 12-14



ภาพที่ 12 ภาพน้ำยาในหลอดทดลองภายในตู้เย็นเก็บน้ำยา



ภาพที่ 13 ภาพกราฟอุณหภูมิน้ำยา T0-T7(last) ภายในตู้เย็นเก็บน้ำยา



ภาพที่ 14 ภาพกราฟช่วงเวลาขณะที่อุณหภูมิ น้ำยา T0-T7(last) สูงถึง 8 องศาเซลเซียส

2. ผลการพัฒนาระยะเวลาการแจ้งเตือน, การแสดงข้อมูลและการเก็บข้อมูลที่เหมาะสม

2.1 การจำลองการเปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยาในขณะที่อุณหภูมิที่วัดได้ของ T0-T7(last) อยู่ในช่วงใกล้เคียง 2-3 องศาเซลเซียส ซึ่งถือเป็นช่วงที่อุณหภูมิต่ำสุดของมาตรฐานในการเก็บรักษาน้ำยา แล้วสังเกตอุณหภูมิเฉพาะในหลอดทดลองที่บรรจุน้ำยา T1-T6 เท่านั้น (โดยค่าของ T0 และ T7(last) คือ ค่าของอุณหภูมิภายนอกรอบ ๆ หลอดน้ำยาจะไม่ได้นำมาใช้ในการคำนวณจนกว่าอุณหภูมิที่ตัววัดทั้งหมดเกิน 8 องศาเซลเซียส (°C) จึงทำการปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยา และทำการทดลองซ้ำจนครบจำนวน 20 ครั้ง โดยใช้ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้

ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว เก็บบันทึกข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 บันทึกข้อมูลการวิจัยครั้งที่ 1-20 (การหาระยะเวลาวิกฤติ นาที)

ครั้งที่	1	2	3	4	5
ระยะเวลาวิกฤต	5	7.43	6.23	7	6.33
ครั้งที่	6	7	8	9	10
ระยะเวลาวิกฤต	5.48	7.23	5.30	5.30	4.28
ครั้งที่	11	12	13	14	15
ระยะเวลาวิกฤต	5.26	6.02	6.30	5.53	6.12
ครั้งที่	16	17	18	19	20
ระยะเวลาวิกฤต	4.38	4.28	4.56	6	9

การเปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยาในช่วงอุณหภูมิของน้ำยา T1-T6 ที่อยู่ในช่วงใกล้เคียง 2-3 องศาและรองจนกว่าอุณหภูมิของน้ำยาในหลอดทดลอง T1-T6 ขึ้นสูงถึง 8 องศาแล้วจึงทำการปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยา แล้วทำการบันทึกค่าของ วันเวลาขณะที่เปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยา และอุณหภูมิของน้ำยา T1-T6 ขณะเปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยา และวันเวลาขณะปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยา และอุณหภูมิของน้ำยา T1-T6 ซึ่งทำการบันทึกตั้งแต่วันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 ถึง 25 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 จำนวนทั้งหมด 20 ครั้ง โดยนำระยะเวลาที่บันทึกได้สามารถนำคำนวณหาระยะเวลาวิกฤต ได้ดังนี้ สูตรการคำนวณ

ระยะเวลาวิกฤต = ระยะเวลาวิกฤตเฉลี่ย

ระยะเวลาวิกฤต =

ผลรวมของช่วงระยะเวลาครั้งที่ 1-20 ที่ทำให้อุณหภูมิขึ้นถึง 8 องศา

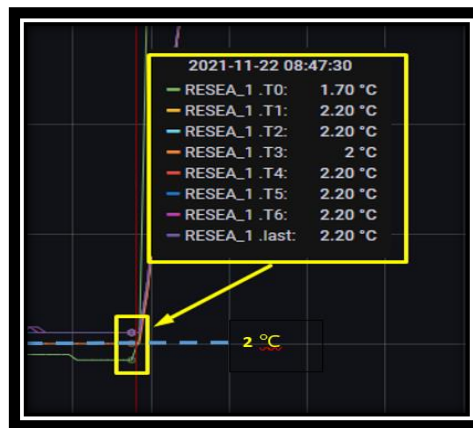
จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

= 117.03 นาที

20

= 5.85 นาที

ระยะเวลาวิกฤตเฉลี่ยที่ได้ คือ 5.85 หรือประมาณ 6 นาที



ภาพที่ 15 ภาพการบันทึกผลตามวันเวลาที่เปิดประตูและอุณหภูมิ T0 – T7(last)

3. ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปิดประตูเย็นเก็บน้ำยาภายใต้อุณหภูมิตามมาตรฐาน

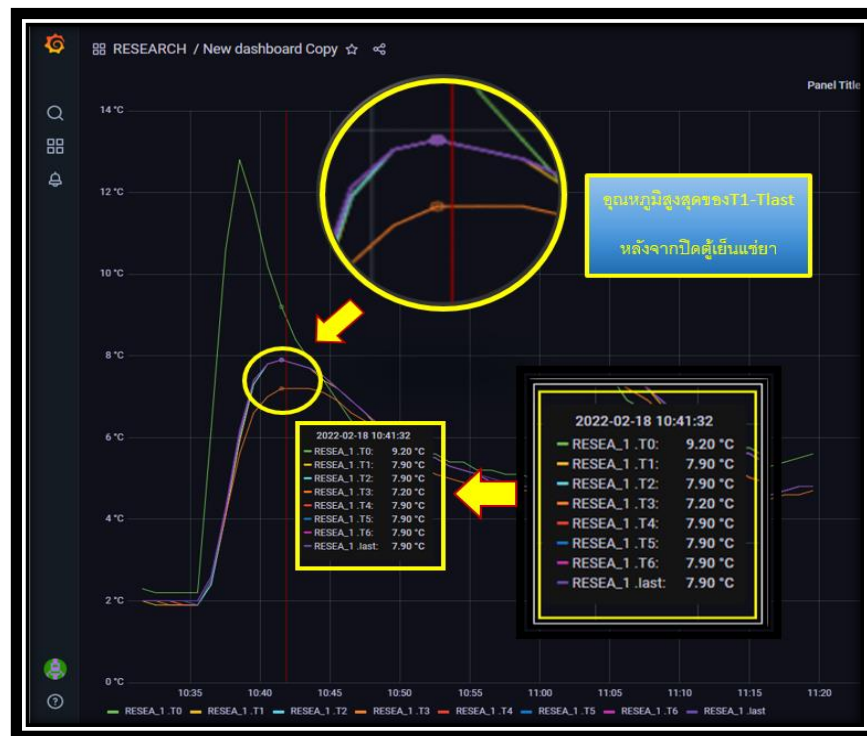
3.1 การจำลองการเปิดประตูเย็นเก็บน้ำยาค้างไว้ที่ 1 นาที 2 นาทีและ 3 นาที และหาค่าที่มีระยะเวลาในการเปิดประตูค้างไว้มากที่สุด ที่ทำให้อุณหภูมิสูงสุดมีค่าไม่เกิน 8

องศาเซลเซียส(°C) หลังจากนั้นทำการปิดประตูเย็นเก็บน้ำยาซึ่งไม่เกินอุณหภูมิตามมาตรฐานในการเก็บรักษาน้ำยา แล้วทำซ้ำเพื่อหาอุณหภูมิที่ได้เป็นจำนวน 20 ครั้ง โดยใช้ “ชุดอุปกรณ์แฉ่งเต็อนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว” ในการบันทึกค่าดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 บันทึกข้อมูลการวิจัยครั้งที่ 1-20 (การหาอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย)

ครั้งที่	1	2	3	4	5
อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย	7.76	7.15	7.35	6.71	7.93
ครั้งที่	6	7	8	9	10
อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย	7.45	8.76	7.90	7	7.20
ครั้งที่	11	12	13	14	15
อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย	8.70	7.60	7.76	7.36	8.05
ครั้งที่	16	17	18	19	20
อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย	7.78	9.28	7.60	7.78	7.91

การทดลองเปิดประตูเย็นเก็บน้ำยาทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 3 นาทีและทำการปิดประตูและทำการบันทึกวันที่เวลาและคำนวณหาอุณหภูมิเฉลี่ยของ T1-T6 ที่ได้จากการบันทึกของชุดอุปกรณ์แฉ่งเต็อนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว และทำการบันทึกอุณหภูมิสูงสุดของ T1-T6 ตั้งแต่วันที่ 20 มกราคม 2565 ถึง 18 กุมภาพันธ์ 2565 จำนวนทั้งหมด 20 ครั้ง พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของ T1-T6 หลังจากปิดประตูครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 20 อุณหภูมิสูงสุดที่ได้มีค่าระหว่าง 6.71-7.93 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียสจำนวน 16 ครั้ง และมีอุณหภูมิเกิน 8 องศาเซลเซียสจำนวน 4 ครั้ง (ครั้งที่ 7, 11, 15, 17 ตามตารางที่ 2) คิดเป็นร้อยละ 80 ของอุณหภูมิที่ไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส หลังทำการปิดประตูตามตารางที่ 2 โดยการบันทึกโดยใช้ชุดอุปกรณ์แฉ่งเต็อนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัวในการบันทึกค่า ดังแสดงตัวอย่างตามภาพที่ 16



ภาพที่ 16 การบันทึกผลของอุณหภูมิสูงสุดของ T1 – T7(last) หลังจากปิดตู้เย็นเก็บน้ำยา

สรุปผล

จากการจำลองการเก็บน้ำยาในตู้เย็นเก็บน้ำยาและบันทึกโดยใช้ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว ได้ว่า ระยะเวลาวิกฤตที่ทำให้อุณหภูมิเกินค่ามาตรฐาน คือ 6 นาที เมื่อทราบระยะเวลาวิกฤตที่อาจส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิในการเก็บน้ำยาในตู้เย็นเก็บน้ำยาและพัฒนาระยะเวลาการแจ้งเตือน พบว่า ระยะเวลาที่มีความเหมาะสมในการแจ้งเตือนคือ ทุก ๆ 2 นาที

ดังนั้น ระยะเวลาในการเปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยาภายใต้อุณหภูมิตามมาตรฐานจะต้องไม่เกิน 3 นาที

อภิปรายผลการวิจัย

การหาเวลาวิกฤตที่ทำให้น้ำยาในตู้เย็นเก็บน้ำยามีอุณหภูมิสูงจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดโดยจำลองกรณีที่จะเกิดขึ้นได้แบบวิกฤตที่สุดและนำ 1 ใน 3 ของเวลาวิกฤตที่ได้มากำหนดเป็นระยะเวลาการแจ้งเตือนและแสดงข้อมูลและการบันทึกข้อมูลของชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว

เพื่อนำเวลาที่ได้มากำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปิด-ปิดตู้เย็นเก็บน้ำยา ได้ว่าระยะเวลาวิกฤตเฉลี่ยที่ทำให้น้ำยาในตู้เย็นเก็บน้ำยามีอุณหภูมิสูงจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดคือ 5.85 นาที หรือประมาณ 6 นาที และนำ 1 ใน 3 ของระยะเวลานำไปใช้กำหนดเป็นระยะเวลาการแจ้งเตือนและแสดงข้อมูลและการบันทึกข้อมูลของชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว คือ 2 นาที ตามสรุปผลการวิจัยอุณหภูมิของน้ำยายังอยู่ในช่วงไม่เกินค่ามาตรฐานในการเก็บรักษาน้ำยาคือไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการวิเคราะห์ระยะเวลาดังกล่าวเป็นไปตามมาตรฐานในการเก็บรักษาน้ำยาซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพราะเป็นช่วงของอุณหภูมิและระยะเวลาที่มีความเหมาะสมในการเปิด-ปิดตู้เย็นเก็บน้ำยา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุจิตรา เนียมทรัพย์^[9] ได้พัฒนาระบบการบันทึกอุณหภูมิพร้อมระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เย็นผ่านเว็บแอปพลิเคชันและแอปพลิเคชัน Line Notify ในเรื่องของการแจ้ง

เดือนเมื่ออุณหภูมิของตู้เย็นเก็บน้ำยาสูงหรือต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานในการเก็บรักษาน้ำยาในตู้เย็นแช่น้ำยาของโรงพยาบาล

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษาวิจัย

ผลจากการศึกษาวิจัยเรื่อง โครงการวิเคราะห์เวลาวิกฤตที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตู้เย็นเก็บน้ำยาขณะเปิดใช้งาน ทำให้ทราบถึง ระยะเวลาวิกฤตที่สามารถนำมากำหนดเป็นระยะเวลาในการแจ้งเตือนและบันทึกข้อมูลของชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝัง และระยะเวลาในการเปิด-ปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยา โดยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. อุณหภูมิภายในของตู้เย็นเก็บน้ำยาในขณะที่เปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยาควรอยู่ที่ 2-3 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิภายในของตู้เย็นเก็บน้ำยาในขณะที่เปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยามีค่าเกิน 3 องศาเซลเซียสจะทำให้อุณหภูมิสูงสุดหลังจากเปิดประตูตู้เย็นเก็บน้ำยาค้างไว้ 3 นาที จะมีค่าเกิน 8 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิที่เกินมาตรฐาน
2. ตู้เย็นที่ใช้ในการเก็บน้ำยาควรมีสภาพที่ใหม่และพร้อมใช้เพื่อประสิทธิภาพในการทำอุณหภูมิและการเก็บรักษาน้ำยา
3. สัญญาณ Internet ควรมีสัญญาณที่ดีเพื่อจะทำให้การทำงานของ ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว ระหว่างบันทึกข้อมูลได้ครบถ้วน
4. ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว ในการบันทึกและดูข้อมูลย้อนหลังยังไม่มีความสะดวก เช่น ช่วงระยะเวลาการบันทึก

ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

ในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาในประเด็นเรื่อง คุณภาพของตัวน้ำยาระยะเวลากับอุณหภูมิ ได้แก่

1. ควรศึกษาประสิทธิภาพของตัวน้ำยาหลังจากถ้ามีอุณหภูมิของตู้เย็นเก็บน้ำยาเกินกว่าควรศึกษาปัจจัยพื้นที่ ๆ ใช้ในการตั้งตู้เย็นเก็บน้ำยา อุณหภูมิโดยรอบ ส่งผลต่อการเก็บน้ำยา
2. ควรศึกษาปัจจัยพื้นที่ ๆ ใช้ในการการตั้งตู้เย็นเก็บน้ำยา อุณหภูมิโดยรอบ ส่งผลต่อการเก็บน้ำยา
3. ระยะเวลาที่ทำให้ตัวน้ำยาเสื่อมคุณภาพเมื่ออุณหภูมิในการเก็บตัวน้ำยาสูงเกินมาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ ปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

1. ปรียา อาริมิตร และ รัชฎาพร สุนทรภาส. การป้องกันความคลาดเคลื่อนทางยา [อินเทอร์เน็ต]. 2556 [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: http://202.28.95.4/pharmacy/index.php?f=detail_rule&id=2
2. โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์. เก็บยาอย่างไรให้ยังคงคุณภาพ [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 5 มิถุนายน 2563] เข้าถึงได้จาก: <https://www.bumrungrad.com/th/health-blog/january-2020/how-to-store-your-medication>
3. POPPAD. LIDOCAINE(ลิโดเคน) [อินเทอร์เน็ต] ม.ป.ป. [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม

- 2564] เข้าถึงได้จาก: <https://www.pobpad.com/lidocaine-ลิโดเคน>
4. กองเภสัชกรรม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร. Mixtrad 30 [อินเทอร์เน็ต]. ม.ป.ป.[เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2564] เข้าถึงได้จาก: www.pharmbma.com/drug-list%20/i/247-insulin-mixtard30pen
5. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. NESP 30µg/0.5ml. [อินเทอร์เน็ต]. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: [https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/267/เลือดจางโลหิตจางกับยาฉีดอีพีโอ\(EPO\)/](https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/267/เลือดจางโลหิตจางกับยาฉีดอีพีโอ(EPO)/)
6. กองเภสัชกรรม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร. insulin-mixtard30pen [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.pharmbma.com/drug-list/i/247-insulin-mixtard30pen>
7. Farwah Nawazi. DS18B20 Temperature Sensor Probe [internet]. 2021 [cited 2022, August 1]. Available from: <https://www.circuits-diy.com/ds18b20-temperature-sensor-probe/>
8. Raspberry Pi. Raspberry Pi Zero W [internet]. 2021 [cited 2022, August 1]. Available from: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-zero-w/>
9. สุจิตรา เนียมทรัพย์. การพัฒนาระบบการบันทึกอุณหภูมิพร้อมระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เย็น ผ่านเว็บแอปพลิเคชันและแอปพลิเคชัน Line Notify ในคลังย้อยห้องจ่ายยาผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาลสุโขทัย [อินเทอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2564] เข้าถึงได้จาก: <http://203.157.71.172/academic/web/files/2564/cqi/MA2564-002-03-0000000695-0000000682.pdf>