

การศึกษาและพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์ในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มจากปฏิกิริยาเคมี เพื่อใช้ในการฝึกภาคสนาม

The Study and Development of Methods and A Chemical Reaction-Based Drinking Water Cooling Device for Military Field Training

ภัทรียา ตันติกุล

Pathareeya Tunthikul

กองวิชาเคมี ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า 26001 ประเทศไทย

Department of Chemistry, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy
26001, Thailand

*Corresponding Author. E-mail: pathareeya_t@yahoo.com

(Received: March 19, 2025, Revised: July 8, 2025, Accepted: July 22, 2025)

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิ น้ำดื่มแบบบรรจุขวด ขนาด 330 มิลลิลิตร ให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่สั้นกว่าการใช้น้ำแข็ง ออกแบบ และพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มจากปฏิกิริยาเคมีเพื่อใช้ในการฝึกภาคสนาม จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่น้ำแข็งลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส เท่ากับ 37.00 ± 1.00 นาที ศึกษาปริมาณ สารเคมีที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส พบว่า ปฏิกิริยาระหว่างแบเรียมไฮดรอกไซด์ ออกตะไฮเดรต ปริมาณ 157.74 กรัม กับแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต ปริมาณ 76.12 กรัม มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ลด อุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส เท่ากับ 30.33 ± 0.58 นาที การออกแบบและพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์ลด อุณหภูมิน้ำดื่ม ผลการพิจารณาทางเลือกในการปล่อยแก๊สแอมโมเนียออกจากถุงซีล็คพบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ วิธีที่ 3 และทางเลือกในการเพิ่มการแนบสนิทของถุงซีล็คพบว่าวิธีที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ วิธีที่ 3 เมื่อทดสอบ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์พบว่ามีความเฉลี่ยระยะเวลาที่ลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส เท่ากับ 14.00 ± 1.00 นาที ซึ่งสั้นกว่าระยะเวลาเฉลี่ยที่น้ำแข็งและสารเคมีลดอุณหภูมิน้ำดื่ม

คำสำคัญ : อุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่ม ปฏิกิริยาเคมี การฝึกภาคสนาม

Abstract : This research is an experimental study. The objective of this study was to determine the amount of chemicals that reduced the temperature of bottled drinking water 330 mL to 15°C in a shorter period of time than using ice, and to design and develop a chemical reaction-based drinking water cooling device for military field training. From the study, it was found that the average time taken by ice to reduce the temperature of drinking water to 15°C was 37.00 ± 1.00 minutes. According to the study of the amount of chemicals to reduce the temperature of drinking water to 15°C, it was found that chemical reaction between 157.74 grams of barium hydroxide octahydrate and 76.12 grams of ammonium thiocyanate could reduce the temperature of drinking water to 15°C in

30.33±0.58 minutes. For the design and development of a chemical reaction-based drinking water cooling device, the investigation into methods for releasing ammonia gas from the aluminum ziplock bag indicated that Method 3 was the most suitable approach. Similarly, in exploring ways to enhance the sealing efficiency of the aluminum ziplock bag, Method 3 also proved to be the most effective. When testing the efficiency of the drinking water cooling device that was developed, it was found that the device could reduce the temperature to 15°C with an average time of 14.00±1.00 minutes. This was less than the average time taken by using ice and chemical reaction.

Keywords : Drinking Water Cooling Device, Chemical Reaction, Military Field Training

1. บทนำ

การฝึกหรือปฏิบัติการภาคสนามของกำลังพลทหาร ส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมและภารกิจที่ต้องใช้พลกำลัง ประกอบกับความร้อนในอากาศของประเทศไทย ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากร่างกาย เกิดความเหนื่อยล้า และรู้สึกกระหายน้ำ ดังนั้นในขณะที่กำลังฝึกหรือปฏิบัติการ และภายหลังการฝึกหรือปฏิบัติการภาคสนามจึงจำเป็นต้องดื่มน้ำให้เพียงพอเพื่อชดเชยน้ำที่สูญเสียไป น้ำที่นิยมดื่มเป็นน้ำเย็นเพื่อคืนน้ำให้กับร่างกาย การดื่มน้ำเย็นนอกจากคืนน้ำให้กับร่างกายแล้ว ยังทำให้รู้สึกสดชื่น กระปรี้กระเปร่า และคลายความรู้สึกกระหายน้ำได้ดี

ปัจจุบันการลดอุณหภูมิน้ำดื่มบรรจุขวดให้เป็นน้ำเย็นโดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้านิยมใช้น้ำแข็งเป็นหลัก โดยมีวิธีการลดอุณหภูมิ 2 วิธี คือ แช่ขวดน้ำดื่มลงในถังน้ำแข็ง และการเติมน้ำแข็งลงในน้ำดื่มโดยตรง อย่างไรก็ตาม แต่ละวิธีมีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน การแช่ขวดน้ำดื่มลงในถังน้ำแข็งจำเป็นต้องใช้ถังขนาดใหญ่ ซึ่งอาจไม่สะดวกต่อการพกพาและการใช้งานภาคสนาม และเมื่อน้ำแข็งละลายทำให้บริเวณโดยรอบเปียกชื้นและไม่สะอาด ในขณะที่การเติมน้ำแข็งลงในน้ำดื่มโดยตรงจะต้องเทน้ำดื่มออกจากขวดลงภาชนะหรือแก้วที่มีปากกว้างแล้วจึงเติมน้ำแข็ง เนื่องจากก้อนน้ำแข็งไม่สามารถผ่านปากขวดน้ำดื่มที่แคบได้ วิธีนี้อาจเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อโรคหรือสิ่งสกปรกจากน้ำแข็งที่ไม่สะอาด และน้ำแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำอาจทำให้ดื่มน้ำไม่สะดวก นอกจากนี้การพกพา จัดหา หรือเก็บรักษาน้ำแข็งสำหรับการใช้งานภาคสนามยังเป็นเรื่องที่ทำนาย

เพราะน้ำแข็งละลายง่าย และต้องใช้พื้นที่จัดเก็บที่เหมาะสม ดังนั้นการพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถลดอุณหภูมิน้ำดื่มโดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาแหล่งความเย็นภายนอก เช่น น้ำแข็งหรือตู้เย็น จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจสำหรับการใช้งานในภาคสนาม

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่สั้นกว่าการใช้น้ำแข็ง

2.2 ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มจากปฏิกิริยาเคมีเพื่อใช้ในการฝึกภาคสนาม

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ประโยชน์ของการดื่มน้ำเย็นกับการออกกำลังกาย
ข้อมูลจากสถาบันวิทยาศาสตร์การกีฬาของสหรัฐอเมริกา ระบุว่าน้ำเย็นมีประสิทธิภาพในการเติมน้ำให้ร่างกายได้ดีกว่าน้ำอุ่น เพราะน้ำเย็นดูดซึมได้เร็วกว่า สำหรับผู้ที่ต้องการความสดชื่นและเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย ควรดื่มน้ำที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 15 - 22 องศาเซลเซียส หรือดื่มน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกาย [1] และ Abdollah Hosseinlou (2556) ได้ทำการวิจัยเรื่อง The effect of water of temperature and voluntary drinking on the post rehydration sweating ซึ่งได้นำกลุ่มตัวอย่างมาออกกำลังกายในห้องควบคุมที่ร้อนและชื้น เพื่อให้เสียเหงื่อมาก หลังจากนั้นจึงให้ดื่มน้ำในอุณหภูมิที่

แตกต่างกัน ได้แก่ 5, 16, 26 และ 58 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน พบว่าน้ำที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนักกีฬาที่สูญเสียเกลือแร่ [2]

การดื่มน้ำเย็นระหว่างการออกกำลังกายช่วยให้ร่างกายรู้สึกสดชื่นและเหมือนได้เติมพลังกลับมาอีกครั้ง นอกจากนี้การดื่มน้ำเย็นยังมีประโยชน์เพิ่มเติม [3] ดังนี้

3.1.1 ลดอุณหภูมิในร่างกาย การดื่มน้ำเย็นช่วยลดอุณหภูมิแกนกลางลำตัวได้ดี ลดการเสียเหงื่อ รักษาระดับน้ำในร่างกายได้ดีกว่า ซึ่งส่งผลให้ออกกำลังกายได้นานขึ้นอีกด้วย

3.1.2 ลดการสูญเสียน้ำจากการออกกำลังกาย มีงานวิจัยพบว่าผู้คนประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เลือกดื่มน้ำเย็นระหว่างการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา เนื่องจากรู้สึกสดชื่นมากกว่า และช่วยลดการเสียเหงื่อได้มากกว่า ผลการวิจัยชิ้นหนึ่งชี้ให้เห็นว่าการดื่มน้ำเย็นช่วยลดการเสียน้ำในร่างกายจากการออกกำลังกายได้ถึง 1.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ในขณะที่การเสียเหงื่อเพียง 2 เปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักตัวสามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาได้อย่างมีนัยสำคัญ

3.1.3 เฝอผลแลยแคลอรี ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของการดื่มน้ำเย็นคือการเฝอผลแลยแคลอรี เนื่องจากร่างกายจำเป็นต้องใช้พลังงานในการปรับอุณหภูมิของน้ำเย็นให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของร่างกาย ซึ่งในปี 2013 มีการวิจัยด้วยการให้อาสาสมัครสุขภาพสตรี 50 คน อายุระหว่าง 18 - 23 ปี ดื่มน้ำ 1.5 ลิตร ก่อนทานอาหารแต่ละมื้อครึ่งชั่วโมง พบว่าการดื่มน้ำช่วยให้น้ำหนักตัวลดลงเล็กน้อย

3.2 การเปลี่ยนแปลงพลังงานประเภทดูดความร้อนจากการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมีจำนวนมากเกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อน ซึ่งสังเกตได้จากการถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบ (System) กับสิ่งที่อยู่โดยรอบ (Surrounding) ในระหว่างการเกิดปฏิกิริยา ปฏิกิริยาเหล่านี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic reaction) และ ปฏิกิริยาดูดกลืนความร้อน (Endothermic reaction) [4]

ปฏิกิริยาดูดความร้อน หมายถึง ปฏิกิริยาที่

เกิดขึ้นแล้วจะดูดพลังงานความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ ทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิลดลง ตัวอย่างปฏิกิริยาดูดความร้อน เช่น การสลายของผงฟูให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง [5] งานวิจัยนี้้นำปฏิกิริยาดูดความร้อนระหว่างแบเรียมไฮดรอกไซด์ ออกตะไฮเดรต (Barium Hydroxide Octahydrate; $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) และแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต (Ammonium Thiocyanate; NH_4SCN) ดังสมการที่ (1) [6] มาประยุกต์ใช้เพื่อลดอุณหภูมิน้ำดื่ม



3.3 ข้อมูลเบื้องต้นของสารเคมี

3.3.1 แบเรียมไฮดรอกไซด์ออกตะไฮเดรต [7]

1) ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ เป็นของแข็งสีขาว น้ำหนักโมเลกุล เท่ากับ 315.48 กรัม/โมล ค่าความเป็นกรดต่าง 12.5 ที่ 20 องศาเซลเซียส มีจุดหลอมเหลว 78 องศาเซลเซียส ไม่วิไฟ ความหนาแน่น 2.180 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถละลายน้ำได้ มีความเสถียรทางเคมีภายใต้สภาพแวดล้อมมาตรฐาน (อุณหภูมิห้อง) และคายความร้อนเมื่อทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือกรด

2) ข้อมูลด้านพิษวิทยา

ค่า LD50 ทางปากในหนูแรท เท่ากับ 550 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และค่า LC50 เมื่อสูดดมเข้าไปเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เท่ากับ 1.5 มิลลิกรัม/ลิตร

3) ข้อมูลเกี่ยวกับอันตราย

ความเป็นพิษเฉียบพลัน (ประเภทย่อย 4) เป็นอันตรายเมื่อสูดดม (H332) และเป็นอันตรายเมื่อกลืนกิน (H302) ในกรณีของการกัดกร่อนผิวหนัง (ประเภทย่อย 1B) สารนี้จะทำให้เกิดการไหม้อย่างรุนแรงบนผิวหนังและส่งผลให้ดวงตาถูกทำลาย (H314)

4) การปฐมพยาบาล

หากมีการสูดดมสารให้ผู้ประสบเหตุรับอากาศบริสุทธิ์ทันที และนำส่งแพทย์โดยด่วน กรณีที่มีการสัมผัสกับผิวหนัง ให้ถอดเสื้อผ้าที่ปนเปื้อนทั้งหมดออกทันที ล้างผิวหนังบริเวณที่สัมผัสด้วยน้ำไหลรินหรือฝักบัว กรณีมีสารเข้าตา ให้ล้างตาด้วยน้ำปริมาณมาก

ทันที หากมีการกลืนกิน ให้ดื่มน้ำตามอย่างน้อย 2 แก้ว และหลีกเลี่ยงการทำให้อาเจียนเพราะอาจทำให้เกิดการกัดกร่อน ห้ามทำให้เป็นกลาง

3.3.2 แอมโมเนียมไทโอไซยาเนต [8]

1) ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี

NH_4SCN เป็นของแข็งไม่มีสี ไม่มีกลิ่น น้ำหนักโมเลกุล เท่ากับ 76.12 กรัม/โมล ค่าความเป็นกรดต่าง 4.0 - 5.5 ที่ 25 องศาเซลเซียส มีจุดหลอมเหลว 152 - 154 องศาเซลเซียส ไม่วัไฟ ความหนาแน่น 1.300 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความสามารถในการละลายน้ำ โดยประมาณ 76.1 กรัม/ลิตร ที่ 20 องศาเซลเซียส มีความเสถียรทางเคมีภายใต้สภาพแวดล้อมมาตรฐาน (อุณหภูมิห้อง) สามารถสร้างแก๊สหรือไอที่อันตรายเมื่อสัมผัสกับกรด มีความเสี่ยงต่อการระเบิดหรือเกิดแก๊สพิษเมื่อทำปฏิกิริยากับสารออกซิไดซ์หรือไนเตรต มีความว่องไวต่อการกระแทกหรือเสียดสีเมื่อทำปฏิกิริยากับคลอเรต

2) ข้อมูลด้านพิษวิทยา

ค่า LD50 ทางปากในหนูแรท เท่ากับ 750 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาจทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน และท้องเสีย การประมาณความเป็นพิษเฉียบพลัน ถ้าสูดดมเข้าไป เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เท่ากับ 1.6 มิลลิกรัม/ลิตร และถ้าสัมผัสผิวหนัง เท่ากับ 1,100.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

3) ข้อมูลเกี่ยวกับอันตราย

ความเป็นพิษเฉียบพลัน (ประเภทย่อย)
4) เป็นอันตรายเมื่อสูดดม (H332) เป็นอันตรายเมื่อกลืนกิน (H302) และเป็นอันตรายเมื่อสัมผัสผิวหนัง (H312) นอกจากนี้สารยังทำให้เกิดการทำลายดวงตาอย่างรุนแรง (H318) เป็นอันตรายระยะยาวต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำ รวมถึงมีผลกระทบระยะยาว (H412)

4) การปฐมพยาบาล

หากมีการสูดดมสารให้ผู้ประสบเหตุรับอากาศบริสุทธิ์ทันที และพักในที่ที่หายใจสะดวก จากนั้นรีบนำส่งแพทย์ กรณีที่มีการสัมผัสกับผิวหนังให้ล้างบริเวณที่สัมผัสด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ ส่วนกรณี

สารเข้าสู่ดวงตาให้ล้างตาออกด้วยน้ำเป็นเวลาหลาย ๆ นาที

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนพล อามาตร และคณะ (2556) [9] ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาแพคให้ความเย็นแบบพกพาจากปฏิกิริยาเคมีเพื่อใช้ในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น พบว่าสารที่ทำปฏิกิริยาแล้วให้อุณหภูมิต่ำที่สุดและสะดวกสำหรับการพกพา คือ $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ กับ NH_4SCN โดยอัตราส่วนโดยโมลที่ให้อุณหภูมิเริ่มต้นต่ำที่สุดและระยะเวลาที่นานที่สุด เท่ากับ 1 : 2 และปริมาณที่เหมาะสมคือ 0.10 : 0.20 โมล เนื่องจากเป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุด แต่ให้อุณหภูมิเริ่มต้นต่ำและระยะเวลาที่นานใกล้เคียงกับปริมาณอื่น สำหรับแพคให้ความเย็นจะใช้ถุงอะลูมิเนียมซีลล๊อค ขนาด 4.5 x 7 นิ้ว เป็นอุปกรณ์ที่ใช้บรรจุสารเคมี โดยบรรจุ $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ลงในถุง แล้วใช้คลิปพลาสติกกรุปิดไว้ตรงกลางถุงก่อนใส่ NH_4SCN ลงในถุงเหนือคลิปพลาสติก ปิดถุงอะลูมิเนียมซีลล๊อคให้สนิท เมื่อต้องการใช้งาน ให้ดึงคลิปพลาสติกตรงกลางออก แล้วเขย่าให้สารเคมีผสมกันจนเกิดความเย็น ซึ่งเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมในการเป็นแพคให้ความเย็นแบบพกพามากที่สุด

วรพล มณีดุลย์ และคณะ (2557) [10] ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาสารเคมีเพื่อใช้ในแพคความเย็นสำหรับภารกิจภาคสนามทางทหาร สารที่ทำปฏิกิริยาแล้วให้อุณหภูมิต่ำที่สุดและสะดวกสำหรับการพกพา คือ $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ กับ NH_4NO_3 อัตราส่วนโดยโมลที่ให้อุณหภูมิเริ่มต้นต่ำที่สุดและระยะเวลาที่นานที่สุด เท่ากับ 1 : 2 ปริมาณที่เหมาะสมคือ 0.10 : 0.20 โมล เนื่องจากใช้ปริมาณสารเคมีน้อยที่สุดแต่ให้อุณหภูมิเริ่มต้นต่ำ และระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับปริมาณอื่น นอกจากนี้การเติม NaCl ปริมาณ 4 กรัม มีส่วนช่วยให้อุณหภูมิของแพคความเย็นต่ำลง การพัฒนาแพคความเย็นโดยใช้ถุงอะลูมิเนียมซีลล๊อค ขนาด 6 X 10 นิ้ว เป็นอุปกรณ์ที่ใช้บรรจุสารเคมี โดยการบรรจุ $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ และ NaCl ลงในถุง แล้วใช้คลิปพลาสติกกรุปิดไว้ตรงกลางถุงก่อนใส่ NH_4NO_3 ลงในถุงเหนือคลิปพลาสติก ปิดถุงอะลูมิเนียมซีลล๊อคให้สนิท ซิลด้วยความร้อน พับครึ่งตามรอยคลิป

พลาสติกเพื่อแบ่งสารเคมีเป็นสองส่วน ดึงคลิปพลาสติกออก พับถุงอะลูมิเนียมตรงรอยพับครึ่งลงอีกเล็กน้อยแล้วติดเทปกาวยาวตรงรอยพับ ทำการบรรจุลงช่องบรรจุภัณฑ์พลาสติกซิปล็อก เมื่อต้องการใช้งานให้นำแพคเกจความเย็นออกจากช่องพลาสติก ดึงปลายสองด้านของแพคเกจความเย็นออกจากกันจนเทปกาวยหลุด เชี่ยวแพคเกจความเย็นให้สารเคมีในแพคเกจความเย็นทั้งสองส่วนผสมเข้าด้วยกัน นำแพคเกจความเย็นไปใช้ตามต้องการ

Park, D., et al. (2023) [11] ทำการวิจัยเรื่อง Experimental Work on Salt-Based Cooling Systems พบว่าระบบทำความเย็นที่ใช้เกลือเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถชาร์จพลังงานได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบนี้อาศัยคุณสมบัติของเกลือดูดความร้อน (Endothermic Salts) ซึ่งให้ผลทำความเย็นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อถูกละลายในน้ำ ในงานวิจัยนี้ได้มีการทดสอบคัดเลือกเกลือดูดความร้อนหลายชนิดเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำความเย็น และมีการพัฒนาระบบต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อสาธิตกระบวนการกักเก็บพลังงานความร้อนและการสร้างความเย็นจากเกลือดูดความร้อน ผลการทดลองพบว่าระบบที่ใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium Chloride; KCl) สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดถึง 12.3 °C และยังสามารถรักษาการลดลงของอุณหภูมิได้แม้ผ่านกระบวนการชาร์จและคายประจุ อย่างไรก็ตามระยะเวลาการทำความเย็นลดลงหลังจากรอบการทำงานแต่ละครั้ง

ศิริลักษณ์ ถาวรวิวัฒนะ และคณะ (2548) [12] ทำการศึกษาการพัฒนาแบบก้อนทำความเย็น (น้ำแข็งแห้ง) กับการรักษาความเย็นในภาชนะสำหรับเก็บนํ้านมเพื่อรักษาคุณภาพนํ้านมแม่ โดยเปรียบเทียบก้อนทำความเย็นชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ถุงพลาสติกใส่นํ้า (น้ำแข็งแห้ง) ฟองนํ้าใส่นํ้า Icebrick และ Coldhot pack กับภาชนะที่ใช้บรรจุ นํ้านมแม่ ผลการวิจัยพบว่าในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28 - 32 องศาเซลเซียส สามารถรักษาอุณหภูมิในกระติกน้ำแข็งหรือกระเป๋าสติกให้น้อยกว่า หรือเท่ากับ 15 องศาเซลเซียสได้ โดยใช้ถุงพลาสติกใส่นํ้า 100 ml จำนวน 4, 6 และ 8 ก้อน ในกระติกน้ำแข็ง และกระเป๋าสติก ซึ่งสามารถรักษาความเย็นได้ที่ 12, 15 และ

17 ชั่วโมง และ 8, 10 และ 11 ชั่วโมง ตามลำดับ นอกจากนี้ฟองนํ้าใส่นํ้า 100 ml 4, 6 และ 8 ก้อนในกระติกน้ำแข็ง และกระเป๋าสติก สามารถรักษาความเย็นได้ที่ 11, 14 และ 16 ชั่วโมง และ 8, 10 และ 11 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วน Icebrick จำนวน 1 และ 2 ก้อน ในกระติกน้ำแข็ง สามารถรักษาความเย็นได้ที่ 4 และ 17 ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับ Coldhot pack จำนวน 1 และ 2 ก้อน ในกระติกน้ำแข็ง และกระเป๋าสติก สามารถรักษาความเย็นได้ที่ 2 ชั่วโมง

4. วิธีดำเนินการศึกษา

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ที่พัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยของธนพล อามาตร และคณะ [9] ใช้ปฏิกิริยาเคมีระหว่าง $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ กับ NH_4SCN อัตราส่วนโดยโมล เท่ากับ 1 : 2 แต่ปรับขนาดถุงอะลูมิเนียมซิปล็อคจากขนาด 4.5×7 นิ้ว เป็นขนาด 8×12 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถพันรอบขวดนํ้าดื่มขนาด 330 มิลลิตรได้พอดี มีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

4.1 การศึกษาระยะเวลาที่น้ำแข็งลดอุณหภูมิ นํ้าดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส

ทำการทดลองโดยวัดอุณหภูมิของนํ้าดื่มที่บรรจุขวดพลาสติกขนาด 330 มิลลิตร บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 25 องศาเซลเซียส นำขวดนํ้าดื่มแช่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิตร ที่มีน้ำแข็งบรรจุสูงเท่ากับความสูงของนํ้าดื่มในขวด ดังภาพที่ 1 เสมือนเป็นการจำลองการลดอุณหภูมิ นํ้าดื่มบรรจุขวดโดยวิธีแช่ขวดนํ้าดื่มลงในนํ้าแข็ง บันทึกอุณหภูมิของนํ้าดื่มในขวดทุก 1 นาที จนนํ้าดื่มมีอุณหภูมิเหลือ 15 องศาเซลเซียส บันทึกระยะเวลาที่นํ้าแข็งลดอุณหภูมิ นํ้าดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่นํ้าแข็งลดอุณหภูมิ นํ้าดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส

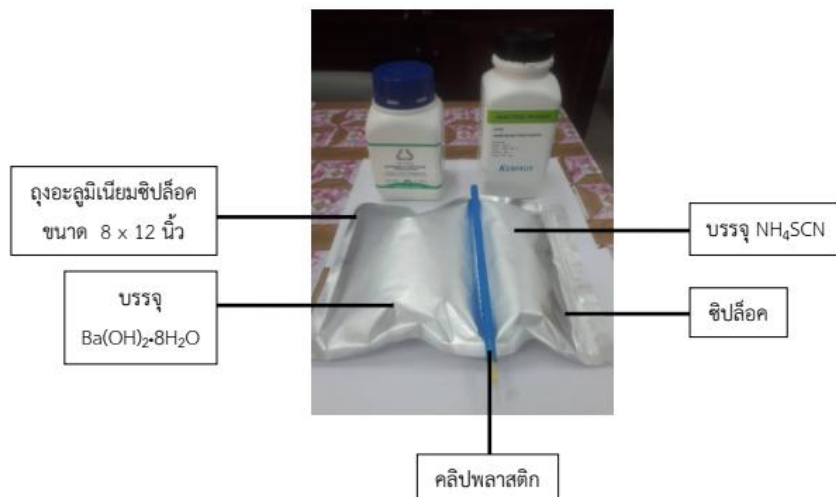


ภาพที่ 1 การศึกษาระยะเวลาที่น้ำแข็งลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส

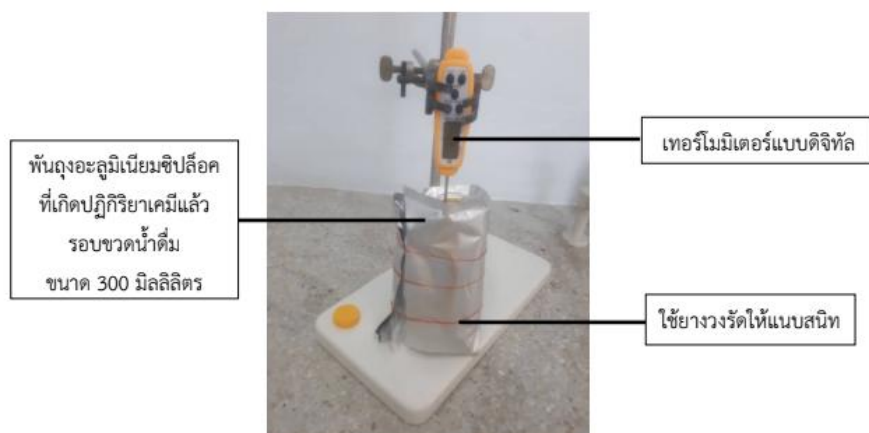
4.2 การศึกษาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่สั้นกว่าการใช้น้ำแข็ง

ศึกษาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิ น้ำดื่ม จะใช้ปฏิกิริยาเคมีระหว่าง $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ และ NH_4SCN ในอัตราส่วนโดยโมลเท่ากับ 1 : 2

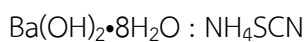
ทำการทดลองโดยเตรียม $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ บรรจุลงในถุงอะลูมิเนียมซีปล็อก ปิดคลิปพลาสติกที่กลางถุงเติม NH_4SCN ลงในถุงเหนือคลิปพลาสติก ปิดซีปล็อกให้สนิท ดังภาพที่ 2 เมื่อต้องการใช้งานดึงคลิปพลาสติกออก เขย่าถุงให้สารเคมีผสมกัน นำถุงอะลูมิเนียมซีปล็อกพันรอบขวดน้ำดื่มขนาด 330 มิลลิลิตร ใช้ยางรัดให้แน่นสนิทโดย ดังภาพที่ 3 บันทึกอุณหภูมิของน้ำดื่มในขวดเริ่มต้นที่ 25 องศาเซลเซียส และบันทึกอุณหภูมิทุก 1 นาที จนน้ำดื่มมีอุณหภูมิเหลือ 15 องศาเซลเซียส บันทึกระยะเวลาที่สารเคมีลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่สารเคมีลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เท่ากับ 15 องศาเซลเซียส โดยแบ่งเป็น 3 การทดลองตามจำนวนโมลและปริมาณสารเคมี ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 2 การเตรียมบรรจุสารเคมีลงในถุงอะลูมิเนียมซีปล็อก



ภาพที่ 3 การศึกษาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 จำนวนโมลและปริมาณของ

ที่ใช้ในการทดลอง

การทดลอง ที่	$\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$		NH_4SCN	
	โมล	ปริมาณ(กรัม)	โมล	ปริมาณ(กรัม)
1	0.25	78.87	0.50	38.06
2	0.50	157.74	1.00	76.12
3	0.75	236.61	1.50	114.18

4.3 การออกแบบและพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มจากปฏิกิริยาเคมีเพื่อใช้ในการฝึกภาคสนาม

การออกแบบและพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มพัฒนาจากงานวิจัยของธนพล อามาตร และคณะ [9] โดย บรรจุ $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ลงในถุงอะลูมิเนียมซีปล็อก ขนาด 8×12 นิ้ว ปิดคลิปพลาสติกที่กลางถุงอะลูมิเนียมซีปล็อก เติม NH_4SCN ลงในถุงอะลูมิเนียมซีปล็อกเหนือคลิปพลาสติก ปิดซีปล็อกให้สนิท เมื่อทำให้สารเคมีเกิดปฏิกิริยากันในถุงแล้ว นำถุงมาพันรอบขวดน้ำดื่มขนาด 330 มิลลิลิตร โดยใช้ยางรัดครอบขวด เพื่อลดอุณหภูมิน้ำดื่มที่อยู่ในขวด แต่ยังพบปัญหา 2 ประการ คือ แก๊สแอมโมเนียที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีซึ่งยังคงตกค้างอยู่ในถุงซีปล็อก และการแนบสนิทของถุงซีปล็อกกับขวดน้ำดื่ม การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จะเป็นการแก้ไขปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะพิจารณาข้อดีและข้อเสียในการใช้งานของทางเลือกแต่ละวิธี แล้วเลือกวิธีที่ดีที่สุด ดังนี้

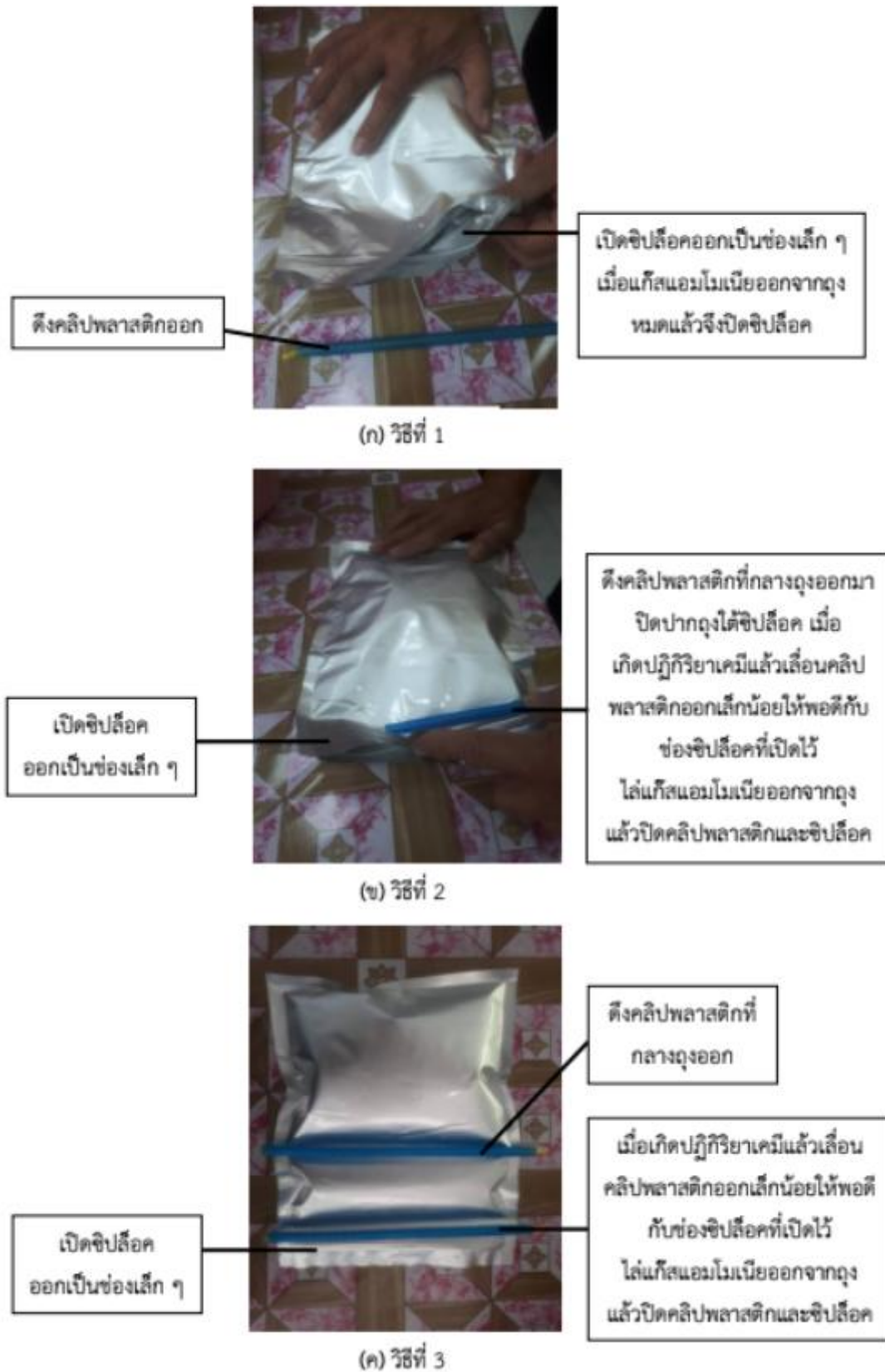
4.3.1 แก๊สแอมโมเนีย (Ammonia; NH_3) ที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่าง $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ และ NH_4SCN ดังสมการที่ (1) ซึ่งยังคงตกค้างอยู่ในถุงอะลูมิเนียมซีปล็อก ทำให้ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มลดลง งานวิจัยนี้ได้นำเสนอทางเลือกในการปล่อยแก๊สแอมโมเนียออกจากถุง ซีปล็อก 3 วิธี ดังนี้

1) วิธีที่ 1 เมื่อเวลาใช้งาน ดึงคลิปพลาสติกที่กลางถุงออก เขย่าถุงให้สารเคมีผสมกัน แล้วเปิดซีปล็อกเป็นช่องเล็ก ๆ ที่ปลายด้านใดด้านหนึ่งเพื่อให้แก๊สแอมโมเนียออกจากถุง โดยระมัดระวังไม่ให้สารเคมีอื่นรั่วไหลออกมาด้วย เมื่อแก๊สแอมโมเนียออกจากถุง

หมดแล้วจึงปิดซีปล็อก ดังภาพที่ 4 (ก)

2) วิธีที่ 2 เมื่อเวลาใช้งาน เปิดซีปล็อกออกเป็นช่องเล็ก ๆ ที่ปลายด้านใดด้านหนึ่ง โดยระมัดระวังไม่ให้ NH_4SCN ซึ่งบรรจุอยู่รั่วไหลออกมา แล้วดึงคลิปพลาสติกที่กลางถุงออก จากนั้นนำคลิปพลาสติกมาปิดปากถุงใต้ซีปล็อก เขย่าถุงให้สารเคมีผสมกัน เลื่อนคลิปพลาสติกออกเล็กน้อยให้พอดีกับช่องซีปล็อกที่เปิดไว้ ใส่แก๊สแอมโมเนียออกจากถุง โดยระมัดระวังไม่ให้สารเคมีอื่นรั่วไหลออกมาด้วย เมื่อแก๊สแอมโมเนียออกจากถุงหมดแล้ว จึงปิดคลิปพลาสติกและซีปล็อก ดังภาพที่ 4 (ข)

3) วิธีที่ 3 ในการเตรียมอุปกรณ์จะใส่คลิปพลาสติก 2 อัน บริเวณกลางถุงระหว่างสารเคมี 1 อัน เหมือนเช่นเดิม และบริเวณปากถุงใต้ซีปล็อกอีก 1 อัน เมื่อเวลาใช้งานเปิดซีปล็อกออกเป็นช่องเล็ก ๆ แล้วดึงคลิปพลาสติกที่กลางถุงออก เขย่าถุงให้สารเคมีผสมกัน เลื่อนคลิปพลาสติกที่ปากถุงออกเล็กน้อยให้พอดีกับช่องซีปล็อกที่เปิดไว้ ใส่แก๊สแอมโมเนียออกจากถุง โดยระมัดระวังไม่ให้สารเคมีอื่นรั่วไหลออกมาด้วย เมื่อแก๊สแอมโมเนียออกจากถุงหมดแล้ว จึงปิดคลิปพลาสติกและซีปล็อก ดังภาพที่ 4 (ค)



ภาพที่ 4 ทางเลือกในการปล่อยแก๊สแอมโมเนียออกจากถุงซิปล็อค 3 วิธี

4.3.2 การเพิ่มการแนบสนิทของถุงซิปล็อคที่เกิดปฏิกิริยาแล้วและพร้อมใช้งานกับขวดน้ำดื่มทดแทนการใช้ยางวงที่รัดรอบขวด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิน้ำดื่ม งานวิจัยนี้ได้นำเสนอทางเลือกในการเพิ่มการแนบสนิทของถุงซิปล็อค 3 วิธี ดังนี้

1) วิธีที่ 1 ใช้รัดท้อป (ยางยืดรัดขาทางเกษตรกรรม ลักษณะเป็นแผ่นผ้ายืดหยุ่นขนาด 2×11 นิ้ว มีตีนตุ๊กแกที่ปลายทั้ง 2 ข้าง) จำนวน 1 ชิ้น พันทับถุงอะลูมิเนียมซิปล็อคที่พันรอบขวดน้ำดื่ม ดัดตีนตุ๊กแกให้แน่น ดังภาพที่ 5 (ก)

2) วิธีที่ 2 ใช้รัดท้อป จำนวน 2 ชิ้น พันทับถุงอะลูมิเนียมซิปล็อคที่พันรอบขวดน้ำดื่ม ดัดตีนตุ๊กแกให้แน่น ดังภาพที่ 5 (ข)

3) วิธีที่ 3 ใช้แผ่นรัดขวดน้ำดื่ม (ทำจากรัดท้อป 3 ชิ้น เย็บติดกันเป็นแผ่น) โดยวางถุงอะลูมิเนียมซิปล็อคที่สารเคมีเกิดปฏิกิริยาในถุงแล้วลงบนแผ่นรัดขวดน้ำดื่ม วางขวดน้ำดื่มบนถุงแล้วพันรอบขวดน้ำดื่ม ดัดตีนตุ๊กแกให้แน่น ดังภาพที่ 5 (ค)



ภาพที่ 5 ทางเลือกในการเพิ่มการแนบสนิทของถุงซิปล็อค 3 วิธี

4.3.3 ทดสอบอุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มโดยใช้ผลการพิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 4.3.1 และ 4.3.2 โดยดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 4.2 โดยใช้ปริมาณสารเคมีที่สามารถลดอุณหภูมิน้ำดื่มได้ดีที่สุด จากนั้นบันทึกระยะเวลาที่อุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มสามารถลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่อุปกรณ์สามารถลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส

วิธีการในการทดลองลดอุณหภูมิน้ำดื่มมีทั้งสิ้น 3 วิธีการดังตารางที่ 2

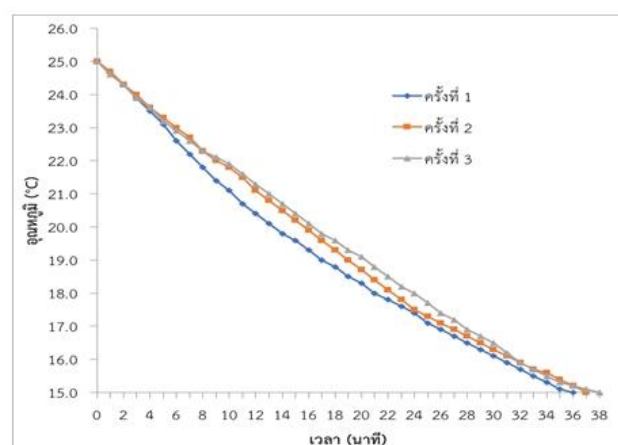
ตารางที่ 2 วิธีการในการทดลองลดอุณหภูมิน้ำดื่ม

วิธีที่	การทดลองลดอุณหภูมิน้ำดื่ม	
1	น้ำแข็ง	
2	Ba(OH) ₂ ·8H ₂ O : NH ₄ SCN (กรัม)	78.87 : 38.06
		157.74 : 76.12
		236.61 : 114.18
3	อุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มจากปฏิกิริยาเคมี	

5. ผลการศึกษา

5.1 ผลการศึกษาระยะเวลาที่น้ำแข็งลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส

ผลการดำเนินการวิจัยพบว่า น้ำดื่มในขวดที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 25 องศาเซลเซียส เมื่อนำขวดน้ำดื่มแช่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำแข็งบรรจุอยู่และบันทึกอุณหภูมิของน้ำดื่มในขวดทุก 1 นาที จนน้ำดื่มมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 15 องศาเซลเซียส ผลการทดลองครั้งที่ 1, 2 และ 3 ใช้ระยะเวลาเท่ากับ 36, 37 และ 38 นาที ตามลำดับ ดังภาพที่ 6 เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่น้ำแข็งใช้ในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.00 ± 1.00 นาที ดังแสดงในตารางที่ 5



ภาพที่ 6 อุณหภูมิน้ำดื่มและระยะเวลาที่น้ำแข็งลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส

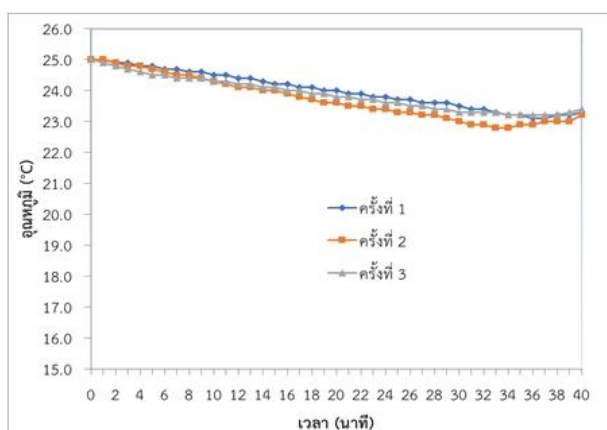
5.2 ผลการศึกษาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส ใน

ระยะเวลาที่สั้นกว่าการใช้น้ำแข็ง

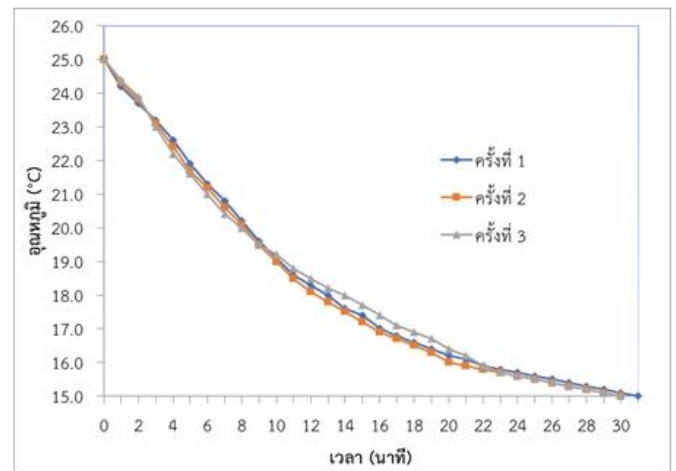
ในการทดลองที่ 1 ใช้สารเคมีคือ $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ปริมาณ 78.87 กรัม ร่วมกับ NH_4SCN ปริมาณ 38.06 กรัม ผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไป 40 นาที ทำการวัดอุณหภูมิของน้ำดื่ม ครั้งที่ 1, 2 และ 3 ลดลงเหลือ 23.3, 23.2 และ 23.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังภาพที่ 7 ซึ่งค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่สารเคมีลดอุณหภูมิน้ำดื่มมากกว่า 37 นาทีแล้ว แต่ยังไม่สามารถลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียสได้ จึงยุติการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5

ในการทดลองที่ 2 ใช้สารเคมีคือ $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ปริมาณ 157.74 กรัม ร่วมกับ NH_4SCN ปริมาณ 76.12 กรัม ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาที่สารเคมีใช้ลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 31, 30 และ 30 นาที ตามลำดับ ดังภาพที่ 8 เมื่อนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.33 ± 0.58 นาที ดังแสดงในตารางที่ 5

ในการทดลองที่ 3 ใช้สารเคมีคือ $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ปริมาณ 236.61 กรัม ร่วมกับ NH_4SCN ปริมาณ 114.18 กรัม ผลการทดลองพบว่า ปริมาณสารเคมีมีมากเกินไปที่จะบรรจุลงในถุงอะลูมิเนียมซีปล็อก ขนาด 8×12 นิ้ว ได้หมด จึงยุติการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5



ภาพที่ 7 อุณหภูมิน้ำดื่มและระยะเวลาที่สารเคมีใช้ในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส จากการทดลองที่ 1



ภาพที่ 8 อุณหภูมิน้ำดื่มและระยะเวลาที่สารเคมีใช้ในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส จากการทดลองที่ 2

5.3 การออกแบบและพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มจากปฏิกิริยาเคมีเพื่อใช้ในการฝึกภาคสนาม

5.3.1 ทางเลือกในการปล่อยแก๊สแอมโมเนียออกจากถุงซีปล็อก

ทางเลือกในการกำจัดแก๊สแอมโมเนียที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีซึ่งยังคงตกค้างอยู่ในถุงอะลูมิเนียมซีปล็อกที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้สามารถจำแนกเป็น 3 วิธี แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการกำจัดแก๊สแอมโมเนียโดยการปล่อยแก๊สแอมโมเนียออกจากถุงซิปล็อค 3 วิธี

วิธีการกำจัดแก๊สแอมโมเนีย	ข้อดี	ข้อเสีย
วิธีที่ 1: เมื่อเวลาใช้งาน ดึงคลิปพลาสติกที่กลางถุงออก เขย่าถุงให้สารเคมีผสมกัน แล้วเปิดซิปล็อคเป็นช่องเล็ก ๆ ที่ปลายด้านใดด้านหนึ่ง ไล่แก๊สออกจากถุงแล้วปิด ซิปล็อค	- ใช้งานอุปกรณ์ได้อย่างรวดเร็ว ไม่เสียเวลาในการใส่คลิปพลาสติกอีกครั้ง - ใช้ค่าใช้จ่ายคลิปพลาสติก 1 ชิ้น	- เสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีออกมานอกถุงขณะดึงเปิดซิปล็อค
วิธีที่ 2: เมื่อเวลาใช้งาน เปิดซิปล็อคออกเป็นช่องเล็ก ๆ ที่ปลายด้านใดด้านหนึ่ง ดึงคลิปพลาสติกที่กลางถุงออก จากนั้นนำคลิปพลาสติกมาปิดปากถุงได้ซิปล็อค เขย่าถุงให้สารเคมีผสมกัน เลื่อนคลิปพลาสติกออกเล็กน้อยให้พอดีกับช่องซิปล็อคที่เปิดไว้ ไล่แก๊สแอมโมเนียออกจากถุง แล้วปิดคลิปพลาสติกและซิปล็อค	- ใช้ค่าใช้จ่ายคลิปพลาสติก 1 ชิ้น - เสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีน้อย การมีคลิปพลาสติกปิดได้ซิปล็อคและเปิดช่องซิปล็อคไว้ ทำให้ไม่ต้องมีการดึงเปิดซิปล็อค	- เสียเวลาในการใส่คลิปพลาสติกใหม่
วิธีที่ 3: ในการเตรียมอุปกรณ์จะใส่คลิปพลาสติก 2 อัน บริเวณกลางถุงระหว่างสารเคมี 1 อัน และบริเวณปากถุงได้ซิปล็อคอีก 1 อัน เมื่อเวลาใช้งานเปิดซิปล็อคออกเป็นช่องเล็ก ๆ แล้วดึงคลิปพลาสติกที่กลางถุงออก เขย่าถุงให้สารเคมีผสมกัน ดึงคลิปพลาสติกที่ปากถุงออกเล็กน้อยให้พอดีกับช่องซิปล็อคที่เปิดไว้ ไล่แก๊สแอมโมเนียออกจากถุงแล้วปิดคลิปพลาสติกและซิปล็อค	- ใช้งานอุปกรณ์ได้อย่างรวดเร็ว ไม่เสียเวลาในการใส่คลิปพลาสติกอีกครั้ง - ไม่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีออกมานอกถุงเนื่องจากไม่ต้องดึงเปิดซิปล็อค	- ใช้ค่าใช้จ่ายคลิปพลาสติก 2 ชิ้น

จากการพิจารณาทางเลือกในการปล่อยแก๊สแอมโมเนียออกจากถุงซิปล็อคพบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดได้แก่ วิธีที่ 3 ในการเตรียมอุปกรณ์จะใส่คลิปพลาสติก 2 อัน บริเวณกลางถุงระหว่างสารเคมี 1 อัน และบริเวณปากถุงได้ซิปล็อคอีก 1 อัน เมื่อเวลาใช้งานเปิดซิปล็อคออกเป็นช่องเล็ก ๆ แล้วดึงคลิปพลาสติกที่กลางถุงออก เขย่าถุงให้สารเคมีผสมกัน ดึงคลิปพลาสติกที่ปากถุงออกเล็กน้อยให้พอดีกับช่องซิปล็อคที่เปิดไว้ ไล่แก๊สแอมโมเนียออกจากถุง เมื่อแก๊สแอมโมเนียออกจากถุงหมดแล้ว จึงทำการปิดคลิปพลาสติกและซิปล็อค เนื่องจากถึงแม้จะมีค่าใช้จ่ายคลิปพลาสติกเพิ่มขึ้นเป็น 2 อัน แต่ในการใช้งานสามารถใช้ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว ที่สำคัญคือมีความปลอดภัยไม่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีออกมานอกถุง

5.3.2 ทางเลือกในการเพิ่มการแนบสนิของถุงซิปล็อค ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้สามารถจำแนกออกเป็น 3

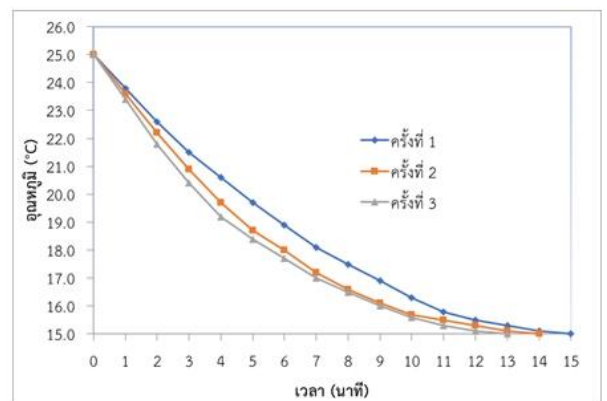
วิธี แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการเพิ่มการแนบสนิของถุงซิปล็อค

วิธีเพิ่มการแนบสนิของถุงซิปล็อค	ข้อดี	ข้อเสีย
วิธีที่ 1: ใช้รัดท้อป 1 ชั้น พันทับถุงอะลูมิเนียมซิปล็อคที่พันรอบขวดน้ำดื่ม ดัดตีสันตุ๊กแกให้แน่น	- ใช้ค่าใช้จ่ายรัดท้อป 1 ชั้น - พันทับถุงซิปล็อคได้ง่าย	- ทำให้ถุงแนบสนิทกับขวดน้ำดื่มน้อย
วิธีที่ 2: ใช้รัดท้อป จำนวน 2 ชั้น พันทับถุงอะลูมิเนียมซิปล็อคที่พันรอบขวดน้ำดื่ม ดัดตีสันตุ๊กแกให้แน่น	- พันทับถุงซิปล็อคได้ง่าย - ทำให้ถุงแนบสนิทกับขวดน้ำดื่มมากขึ้น	- ใช้ค่าใช้จ่ายรัดท้อป 2 ชั้น
วิธีที่ 3: ใช้แผ่นรัดขวดน้ำดื่ม (ทำจากรัดท้อป 3 ชั้น เย็บติดกันเป็นแผ่น) โดยวางถุงอะลูมิเนียมซิปล็อคที่สารเคมีเกิดปฏิกิริยาในถุงแล้วลงบนแผ่นรัดขวดน้ำดื่ม วางขวดน้ำดื่มบนถุงแล้วพันรอบขวดน้ำดื่ม ดัดตีสันตุ๊กแกให้แน่น	- พันทับถุงซิปล็อคได้ง่าย - ทำให้ถุงแนบสนิทกับขวดน้ำดื่มดีมาก	- ใช้ค่าใช้จ่ายรัดท้อป 3 ชั้น และค่าจ้างเย็บ

จากการพิจารณาทางเลือกในการเพิ่มการแนบสนิของถุงซิปล็อคพบว่าวิธีที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ วิธีที่ 3 คือ ใช้แผ่นรัดขวดน้ำดื่ม โดยวางถุงอะลูมิเนียมซิปล็อคที่สารเคมีเกิดปฏิกิริยาในถุงแล้วลงบนแผ่นรัดขวดน้ำดื่ม วางขวดน้ำดื่มบนถุงแล้วพันรอบขวดน้ำดื่ม ดัดตีสันตุ๊กแกให้แน่น เนื่องจากถึงแม้จะมีค่าใช้จ่ายรัดท้อปเพิ่มเป็น 3 ชั้น และมีค่าจ้างเย็บให้ติดกันเป็นแผ่น แต่ในการใช้งานยังคงพันทับถุงซิปล็อคได้ง่าย ที่สำคัญคือสามารถทำให้ถุงแนบสนิทกับขวดน้ำดื่มได้ดีมากตลอดทั้งความสูงของขวดน้ำดื่ม

5.3.3 จากผลการพิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในข้อ 5.3.1 วิธีที่ 3 และข้อ 5.3.2 วิธีที่ 3 พัฒนาเป็นอุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มจากปฏิกิริยาเคมี นำมาทำการทดลองการลดอุณหภูมิน้ำดื่มโดยเตรียมสารเคมีตามผลการทดลองในข้อ 5.2 การทดลองที่ 2 คือ $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 0.50 โมล ปริมาณ 157.74 กรัม กับ NH_4SCN จำนวน 1.00 โมล ปริมาณ 76.12 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุด ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาที่อุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 15, 14 และ 13 นาที ตามลำดับ ดังภาพที่ 9 เมื่อนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.00 ± 1.00 นาที ดังแสดงในตารางที่ 5



ภาพที่ 9 อุณหภูมิน้ำดื่มและระยะเวลาที่อุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มจากปฏิกิริยาเคมีที่พัฒนาขึ้น ใช้ในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียสของแต่ละวิธีการในการทดลอง

วิธีการในการทดลอง			ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส (นาที)
1	น้ำแข็ง		37.00±1.00
2	Ba(OH) ₂ ·8H ₂ O : NH ₄ SCN (กรัม)	78.87 : 38.06	>37*
		157.74 : 76.12	30.33±0.58
		236.61 : 114.18	n/a**
3	อุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มจากปฏิกิริยาเคมี		14.00±1.00

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่สารเคมีลดอุณหภูมิน้ำดื่มมากกว่า 37 นาทีแล้ว แต่ยังไม่สามารถลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียสได้ จึงยุติการทดลอง

**ปริมาณสารเคมีมีมากเกินไปที่จะบรรจุลงในถุงอะลูมิเนียมซีลล็อก ขนาด 8 x 12 นิ้ว ได้หมดจึงยุติการทดลอง

6. สรุปและอภิปรายผล

6.1 ศึกษาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่สั้นกว่าการใช้น้ำแข็ง

ผลการศึกษาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เท่ากับ 15 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่สั้นกว่าการใช้น้ำแข็ง สรุปว่า การทดลองที่ 2 คือ Ba(OH)₂·8H₂O จำนวน 0.50 โมล ปริมาณ 157.74 กรัม ทำปฏิกิริยากับ NH₄SCN จำนวน 1.00 โมล ปริมาณ 76.12 กรัม มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียส เท่ากับ 30.33±0.58 นาที น้อยกว่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่น้ำแข็งลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เท่ากับ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 37.00±1.00 นาที แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้ปฏิกิริยาเคมีระหว่าง Ba(OH)₂·8H₂O กับ NH₄SCN ในอัตราส่วนโดยโมล เท่ากับ 1 : 2 สอดคล้องกับงานวิจัยของธนพล อามาตร และคณะ [9] สามารถดูดพลังงานความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบและนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดอุณหภูมิน้ำดื่มโดยใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าการใช้น้ำแข็งได้ แต่จะต้องเพิ่มปริมาณสารเคมีให้เหมาะสมกับขนาดของถุงอะลูมิเนียมซีลล็อก ขนาด 8 x 12 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถพันรอบขวดน้ำดื่มขนาด 330 มิลลิลิตร ได้พอดี ซึ่งควรจะต้องมีการปรับทั้งขนาดของถุงและปริมาณสารเคมีเมื่อจะใช้ลดอุณหภูมิน้ำดื่มขนาดอื่น ๆ จึงจะมีประสิทธิภาพดี นอกจากปฏิกิริยาระหว่าง Ba(OH)₂·8H₂O กับ NH₄SCN ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนแล้ว

ปฏิกิริยาดูดความร้อนที่เกิดขึ้นจากสารเคมีอื่นยังมีความน่าสนใจที่จะนำมาประยุกต์ใช้ได้เช่นเดียวกัน จากงานวิจัยของวรพล มณีดุลย์ และคณะ [10] ประยุกต์ใช้ปฏิกิริยาระหว่าง Ba(OH)₂·8H₂O กับ NH₄NO₃ ซึ่งทำการวิจัยเรื่องการศึกษาสารเคมีเพื่อใช้ในแพคเกจเยนสำหรับภารกิจภาคสนามทางทหาร โดยพบว่า อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง Ba(OH)₂·8H₂O : NH₄NO₃ เท่ากับ 1 : 2 ปริมาณที่เหมาะสมคือ 0.10 : 0.20 โมล และเติม NaCl ปริมาณ 4 กรัม ให้อุณหภูมิเริ่มต้นต่ำที่สุดและระยะเวลานานที่สุด แต่ NH₄NO₃ ถูกกำหนดเป็นยุทธภัณฑ์ที่ต้องขออนุญาตตามประกาศกระทรวงกลาโหม ดังนั้นการจัดหามาใช้เพื่องานวิจัยอาจมีความยุ่งยากกว่าสารเคมีอื่น นอกจากนี้การใช้เกลือที่มีคุณสมบัติในการดูดความร้อนมาเพิ่มประสิทธิภาพของปฏิกิริยาเคมี ดังเช่นงานวิจัยของวรพล มณีดุลย์ และคณะ ใช้เกลือ NaCl [10] หรือ Park, D., et al. ใช้เกลือ KCl [11] หรือเกลืออื่นเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิ เป็นสิ่งที่น่าสนใจในการทำวิจัยต่อไป แต่จะต้องคำนึงถึงการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่พึงประสงค์กับสารเคมีที่ใช้หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีด้วย

6.2 การออกแบบและพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มจากปฏิกิริยาเคมีเพื่อใช้ในการฝึกภาคสนาม

ผลการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มจากปฏิกิริยาเคมีเพื่อใช้ในการฝึกภาคสนาม

สรุปว่า วิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา 2 ประการ คือ การแก้ปัญหาแก๊สแอมโมเนียที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีซึ่งยังคงตกค้างอยู่ในถุงซิปล็อควิธีที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีที่ 3 และ การแก้ปัญหาคาร์บอนไดออกไซด์ของถุงซิปล็อคกับขวดน้ำดื่มวิธีที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีที่ 3 เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์โดยใช้สารเคมีปริมาณที่เหมาะสมพบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มให้เหลือ 15 องศาเซลเซียสเท่ากับ 14.00 ± 1.00 นาที ซึ่งน้อยกว่าน้ำแข็งและสารเคมีที่มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาเท่ากับ 37.00 ± 1.00 และ 30.33 ± 0.58 นาที ตามลำดับ งานวิจัยนี้เลือกใช้รูปแบบแพคเกจความเย็นจากงานวิจัยของธนพล อามาตร และคณะ [9] และของ วรพล มณีดุลย์ และคณะ [10] นำมาต่อยอดออกแบบและพัฒนาแบบให้มีความเหมาะสมกับการลดอุณหภูมิน้ำดื่ม สามารถสรุปรูปแบบการเตรียมและใช้งานอุปกรณ์ได้ดังนี้ การเตรียมอุปกรณ์โดยใส่แบเรียมไฮดรอกไซด์ ออกตะไฮเดรต ปริมาณ 157.74 กรัม ลงในถุงอะลูมิเนียมซิปล็อค ขนาด 8×12 นิ้ว ใส่คลิปลาสติก 1 อัน ไว้ที่กลางถุง อะลูมิเนียมซิปล็อคเหนือสารเคมี เติมแอมโมเนียมาไทโอไซยาเนต ปริมาณ 76.12 กรัม ลงในถุงอะลูมิเนียมซิปล็อคเหนือคลิปลาสติก ใส่คลิปลาสติกอีก 1 อัน ตรงปากถุงใต้ซิปล็อค ปิดซิปล็อคโดยเปิดซิปล็อคเว้นไว้เป็นช่องเล็ก ๆ เมื่อต้องการใช้งานอุปกรณ์ให้ดึงคลิปลาสติกที่กลางถุงออก เขย่าถุงจนสารเคมีผสมกัน ดึงคลิปลาสติกที่ปากถุงออกเล็กน้อยให้พอดีกับช่องซิปล็อคที่เปิดไว้ ใส่แก๊สแอมโมเนียออกจากถุงแล้วปิดคลิปลาสติกและซิปล็อค วางถุงลงบนแผ่นรัดขวดน้ำดื่ม วางขวดน้ำดื่มบนถุงแล้วพันรอบขวดน้ำดื่ม ดัดติดกันแน่น ซึ่งในการใช้งานจริงในภาคสนามจะทำคำอธิบายพร้อมภาพประกอบเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น

สำหรับการออกแบบและพัฒนาในงานวิจัยนี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์โดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์และวิธีการที่ทำได้โดยทั่วไปและไม่ซับซ้อน ซึ่งยังมีอุปกรณ์และวิธีการอื่นที่น่าสนใจในการทำวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ต่อไป เช่น การใช้ one way valve หรือการออกแบบบรรจุภัณฑ์รูปแบบอื่น เพื่อให้เกิดความ

สะดวกในการใช้งานเพิ่มมากขึ้น และที่สำคัญคือความปลอดภัยจากการรั่วไหลของสารเคมี

ถึงแม้ว่าการนำสารเคมีมาประยุกต์ใช้ต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างสูงทั้งในส่วนของการเตรียมสารเคมีและอุปกรณ์ ในส่วนการใช้งาน ในส่วนการเก็บรักษาและการกำจัดอย่างถูกต้องเพื่อให้เกิดความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ ดังนั้นต้องมีการทำเอกสารประกอบอุปกรณ์เป็นข้อเสนอแนะแนวทางปฏิบัติในการใช้งานจริงในภาคสนามเกี่ยวกับการใช้สารเคมีเพื่อลดความเสี่ยงและให้เกิดความปลอดภัย แต่ผลการวิจัยในครั้งนี้เป็นการจุดประกายให้เห็นว่าปฏิกิริยาเคมีสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบและพัฒนาเป็นอุปกรณ์ลดอุณหภูมิน้ำดื่มโดยใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าการใช้น้ำแข็งได้ ซึ่งนอกจากจะพัฒนาเพื่อใช้ในการฝึกภาคสนามแล้ว ยังสามารถนำอุปกรณ์ไปใช้ลดอุณหภูมิน้ำดื่มสำหรับกิจกรรมที่ใช้พลกำลังอื่น ๆ นอกเหนือจากงานภาคสนาม เช่น การออกกำลังกาย เดินป่า ซ้อมหรือแข่งขันกีฬา หรือเพื่อประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางอื่น ๆ เช่น การประคบเย็นเพื่อลดอาการเจ็บปวด การเก็บรักษาหรือยืดอายุอาหาร ยา หรือนมผงเช่นงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ ถาวรวิวัฒน์ และคณะ [12] เป็นต้น ดังนั้นควรมีการศึกษาปฏิกิริยาเคมีหรือสารเคมีอื่น ๆ ที่นอกจากจะนำมาประยุกต์ใช้ในการลดอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นแล้ว ยังมีความเป็นพิษต่ำ ราคาถูก และสามารถหาซื้อได้โดยทั่วไป ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนพัฒนาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย ขอขอบคุณคณาจารย์และกำลังพลกองวิชาเคมี ส่วนการศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ ขอขอบคุณคณะกรรมการประเมินโครงการวิจัยทุกท่านที่พิจารณาถ้อยแถลงและให้คำแนะนำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

8. บรรณานุกรม

- [1] Jiraporn, P. (n.d.). ต้มน้ำเย็น เป็นอันตราย จริงหรือไม่. คลังความรู้ SciMath. Retrieved February 20, 2022, from <https://www.scimath.org/article-science/item/4754-2015-08-16-14-08-13>
- [2] Hosseinlou, A. (2013). The effect of water temperature and voluntary drinking on the post-rehydration sweating. ASTV ผู้จัดการสุดสัปดาห์, 14-20 พฤศจิกายน 2015.
- [3] ณัฐกร ทองนพเก้า. (n.d.). น้ำเย็น ประโยชน์ที่มากกว่าแค่ความสดชื่น. STADIUM. Retrieved February 20, 2022, from <https://stadiumth.com/columns/detail?id=706&tab=thai>
- [4] มานพ พราหมณ์โชติ, และอานวย อรุณรุ่งอารีย์. (2543). เคมีทั่วไป 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- [5] พเยาว์ ยินดีสุข. (n.d.). ปฏิกริยาเคมี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. Retrieved April 5, 2021, from <https://curadio.chula.ac.th/Images/Class-Onair/sc/2009/sc-2009-08-02.pdf>
- [6] Purdue University. (n.d.). Endothermic reactions. Retrieved April 5, 2021, from https://chemed.chem.purdue.edu/demos/main_pages/5.1.html
- [7] Merck. (n.d.). เอกสารข้อมูลความปลอดภัย ฉบับที่ 8.6. Retrieved January 14, 2025, from <https://www.sigmaaldrich.com/TH/en/search/12230-71-6>
- [8] Merck. (n.d.). เอกสารข้อมูลความปลอดภัย ฉบับที่ 8.9. Retrieved January 14, 2025, from <https://www.sigmaaldrich.com/TH/en/search/12230-71-6>
- [9] ธนพล อามาตร และคณะ. (2556). การพัฒนาแพคเกจให้ความเย็นแบบพกพาจากปฏิกริยาเคมีเพื่อใช้ในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น. รายงานการวิจัยโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.
- [10] วรพล มณีดุลย์ และคณะ. (2557). การศึกษาสารเคมีเพื่อใช้ในการแพคเกจความเย็นสำหรับภารกิจภาคสนามทางทหาร. รายงานการวิจัยโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.
- [11] Park, D., Hayatina, I., Farid, M., & Auckaili, A. (2023). Experimental work on salt-based cooling systems. Thermo, 3(1), 200–215. from <https://doi.org/10.3390/thermo3010012>
- [12] ศิริลักษณ์ ถาวรวงษ์ และคณะ. (2548). การพัฒนารูปแบบก้อนทำความเย็น (น้ำแข็งแห้ง) กับการรักษาความเย็นในภาชนะสำหรับเก็บนํ้านมเพื่อรักษาคุณภาพนํ้านมแม่. รายงานวิจัยนมแม่, ศูนย์นมแม่แห่งประเทศไทย, 1-16.