

นิพนธ์ต้นฉบับ

การบรรจุหีบห่อเพื่อการขนส่งโลหิตและส่วนประกอบโลหิตด้วยกล่อง Expandable Polypropylene (EPP Box), Gel ทำความเย็น Butanediol Gel (BD gel) และ Gel Ice

พรทิพย์ รัตจักร¹ วิชาติ บุรพชนก¹ และ ทศนีย์ สกุลดำรงคพานิช²

¹ภาคบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดภูเก็ต สภากาชาดไทย ²ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย

บทคัดย่อ สภากาชาดฟินแลนด์และภาคบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดภูเก็ตได้ออกแบบกล่องผลิตจาก Expandable Polypropylene (EPP Box) ขนาด 430 x 330 x 460 mm gel ทำความเย็น Butanediol Gel (BD gel) และ Gel Ice สำหรับขนส่งโลหิตและส่วนประกอบโลหิต จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความถูกต้องของกระบวนการขนส่ง ความเหมาะสมของรูปแบบและวิธีการบรรจุพร้อมทั้งติดตามอุณหภูมิระหว่างการขนส่งโดยใช้ Data logger **วัสดุและวิธีการ** กล่องขนส่งโลหิต EPP Box และวัสดุทำความเย็น Butanediol Gel (BD gel) และ Gel Ice ซึ่งการขนส่ง whole blood (WB) และ Leukocyte Poor Platelet Concentrate (LPPC) ใช้ BD gel การขนส่ง Leukocyte Poor Packed Red Cells (LPRC) ใช้ Gel Ice ทำการทดสอบในอุณหภูมิภายนอกที่ 35°C ใช้ Data logger ในการบันทึกอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง โดยการทดสอบ ใช้ WB 1 ยูนิต และ 12 ยูนิต ใช้ LPRC 1 ยูนิต และ 20 ยูนิต และทดสอบใช้ LPPC 1 ยูนิต และ 14 ยูนิต ทำการจัดวางกล่องในอุณหภูมิ 35°C 24 ชั่วโมง โดยแต่ละการทดสอบทำซ้ำติดต่อกัน 3 ครั้ง และได้รูปแบบการบรรจุมาทดสอบขนส่งโลหิตจากการออกหน่วยเคลื่อนที่ที่เจาะเก็บโลหิตในจังหวัดภูเก็ต กระบี่และพังงา และใช้ขนส่งส่วนประกอบโลหิตประเภท LPRC และ LPPC ให้กับโรงพยาบาลในจังหวัดกระบี่และพังงา ซึ่งใช้ระยะเวลา 3-5 ชั่วโมง ขนส่งส่วนประกอบโลหิตไปภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 11 จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง และขนส่งไปยังภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10 จังหวัดเชียงใหม่ซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมง **ผลการศึกษา** EPP Box และ BD gel สามารถควบคุมอุณหภูมิ WB ไว้ที่ 20-24°C ได้ 12 ชั่วโมง และควบคุมอุณหภูมิ LPPC ที่ 20-24°C ได้ 10 ชั่วโมง และ Gel Ice ควบคุมอุณหภูมิ LPRC ไว้ที่ 1-10°C ได้ 14 ชั่วโมง และได้นำกล่องมาทดสอบขนส่งโลหิตจากการออกหน่วยเคลื่อนที่ที่เจาะเก็บโลหิตในจังหวัดภูเก็ต กระบี่ และพังงา พบว่ากล่อง EPP Box สามารถเก็บ WB ให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20-24°C ได้ตลอดการขนส่ง 5-8 ชั่วโมง และใช้ขนส่งส่วนประกอบโลหิตประเภท LPRC และ LPPC ให้กับโรงพยาบาลในจังหวัดกระบี่และพังงา ซึ่งใช้ระยะเวลา 3-5 ชั่วโมง และขนส่งไปภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 11 จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง และขนส่งไปยังภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10 จังหวัดเชียงใหม่ซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมง สามารถควบคุมอุณหภูมิ LPRC ให้อยู่ในช่วง 1-10°C และสามารถควบคุมอุณหภูมิ LPPC ให้อยู่ในช่วง 20-24°C ได้ตลอดการขนส่ง **สรุป** กล่องขนส่งโลหิต โดยใช้ EPP Box และ BD gel สามารถควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมในการขนส่งโลหิตและเกล็ดโลหิตให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20-24°C และ Gel Ice สามารถควบคุมอุณหภูมิเม็ดโลหิตแดงให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 1-10°C ได้ตลอดการขนส่ง 12 ชั่วโมง 10 ชั่วโมง และ 14 ชั่วโมงตามลำดับ เพื่อรักษาคุณภาพโลหิตและส่วนประกอบโลหิตให้ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งในปัจจุบันใช้งานจริงที่ภาคบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดภูเก็ต การขนส่งโลหิตจากหน่วยเคลื่อนที่ที่จะติดตามอุณหภูมิในกล่องด้วย Data logger ทุกกล่อง สำหรับการขนส่งส่วนประกอบโลหิต จะมีการติดตามอุณหภูมิโดยเอกสารการตอบกลับจากโรงพยาบาล และภาคบริการโลหิตแห่งชาติ ในแต่ละเดือนจะมีการสุ่มติดตามอุณหภูมิโดยใช้ Data logger ในกล่องบรรจุโลหิตที่จัดส่ง พบว่าอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

Key Words : ● Blood component ● Transportation ● Expandable polypropylene ● Butanediol gel

วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต 2556;23:255-67.

ได้รับต้นฉบับ 20 มีนาคม 2556 รับลงตีพิมพ์ 16 พฤษภาคม 2556

ต้องการสำเนาต้นฉบับ ติดต่อ พรทิพย์ รัตจักร ภาคบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดภูเก็ต สภากาชาดไทย e-mail: ratthajuk@hotmail.com

บทนำ

ห่วงโซ่ความเย็น (Blood Cold Chain) มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของโลหิตและส่วนประกอบโลหิตที่จะนำไปใช้รักษาผู้ป่วย เป็นกระบวนการขนส่งและจัดเก็บโลหิต ส่วนประกอบโลหิตให้อยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสมทุกขั้นตอน จากโลหิตผู้บริจาคจนนำส่วนประกอบโลหิตให้ผู้ป่วย เพื่อรักษาคุณภาพโลหิตที่ดีที่สุด โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการทำให้โลหิตภายหลังการเจาะเก็บมีอุณหภูมิลดลงถึง 20-24°C อย่างเร็ว (cool down) การขนส่งโลหิตมาเตรียมเป็นส่วนประกอบโลหิต การจัดเก็บส่วนประกอบโลหิต การขนส่งไปยังโรงพยาบาล รวมถึงการนำส่วนประกอบโลหิตไปให้ผู้ป่วย ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาและการขนส่งโลหิต ส่วนประกอบโลหิตแต่ละชนิดในแต่ละขั้นตอนจะแตกต่างกัน¹⁻³

องค์การอนามัยโลกได้กำหนดมาตรฐานอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับขนส่งและเก็บรักษาโลหิต (Whole Blood) เพื่อนำมาเตรียมส่วนประกอบโลหิต คือ 20-24°C ภายใน 6 ชั่วโมง⁴⁻⁷ เมื่อเตรียมเป็นส่วนประกอบโลหิตแล้ว ต้องเก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสม ส่วนประกอบโลหิตประเภทเม็ดโลหิตแดง เช่น Packed Red Cells (PRC), Leukocyte Poor Red Cells (LPRC) ต้องเก็บที่อุณหภูมิ 2-6°C ประเภทเกล็ดโลหิต เช่น Platelet Concentrate (PC), Leukocyte Poor Platelet Concentrate (LPPC) ต้องเก็บที่อุณหภูมิ 20-24°C และประเภทพลาสมาแช่แข็ง เช่น Fresh Frozen Plasma (FFP) ต้องเก็บอุณหภูมิต่ำกว่า -18°C ทั้งนี้ การรักษาอุณหภูมิในการขนส่งส่วนประกอบโลหิตแต่ละประเภทไปยังโรงพยาบาลก็แตกต่างกัน การขนส่งเม็ดโลหิตแดงต้องรักษาอุณหภูมิอยู่ในช่วง 1-10°C เกล็ดโลหิตอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-24°C และการขนส่งพลาสมาแช่แข็งต้องรักษาอุณหภูมิต่ำกว่า -18°C⁴⁻⁷ การควบคุมอุณหภูมิของโลหิตและส่วนประกอบโลหิตให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามมาตรฐานมีความสำคัญเพราะอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้คุณภาพของส่วนประกอบโลหิตเสียไป และอาจมีผลกระทบไปยังผู้ป่วยที่ใช้ส่วนประกอบโลหิตที่ไม่ได้มาตรฐาน เพื่อให้การควบคุมอุณหภูมิดังกล่าวมีประสิทธิภาพและได้ส่วนประกอบโลหิตที่มีคุณภาพ เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาและขนส่งโลหิต ส่วนประกอบโลหิต เช่น ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง กล่องขนส่งโลหิต และวัสดุให้ความเย็นต่างๆ ต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานและมีประสิทธิภาพที่ดี^{2,4-7}

สภากาชาดฟินแลนด์ และภาคบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดภูเก็ตได้ออกแบบกล่องขนส่งโลหิต ที่ผลิตจาก Expandable Polypropylene (EPP Box) ขนาด 430x330x460 mm และวัสดุทำความเย็นคือ Butanediol Gel (BD gel) และ Gel Ice เพื่อใช้ขนส่งโลหิตและส่วนประกอบโลหิต ได้ดำเนินการทดสอบ

คุณภาพและประสิทธิภาพในการเก็บรักษาอุณหภูมิของกล่องขนส่งโลหิตนี้ โดยศึกษารูปแบบวิธีการบรรจุที่สามารถรักษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับส่วนประกอบโลหิตแต่ละประเภท อีกทั้งการนำไปใช้ในการขนส่งโลหิตจากหน่วยเคลื่อนที่มายังภาคบริการโลหิตแห่งชาติ เพื่อแยกส่วนประกอบโลหิตรวมทั้งการขนส่งส่วนประกอบโลหิตชนิดต่างๆ ไปยังโรงพยาบาลและภาคบริการโลหิตแห่งชาติ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบความสามารถในการรักษาอุณหภูมิของกล่องขนส่งโลหิต (EPP Box) ร่วมกับ Butanediol Gel (BD gel) และ Gel Ice ในตู้ incubator 35°C แทนอุณหภูมิห้องในการขนส่ง
2. ศึกษาแบบการบรรจุโลหิตและส่วนประกอบโลหิตเพื่อการขนส่งโลหิตชนิด Whole Blood (WB), Leukocyte Poor Packed Red Cells (LPRC) และ Leukocyte Poor Platelet Concentrate (LPPC) ด้วยกล่อง EPP Box ร่วมกับ BD gel และ Gel Ice

วัสดุและวิธีการ

วัสดุ

1. กล่องขนส่งโลหิตทำด้วย Expandable Polypropylene (EPP Box) ประกอบด้วย 3 ชั้น คือตัวกล่องขนาด 430x330x300 mm ฝากล่องขนาด 430x330x50 mm และกล่อง rack ใส่ gel ทำความเย็นขนาด 430x330x100 mm ซึ่งสามารถถอดออกจากตัวกล่องได้
2. Butanediol Gel (BD gel) เป็น "warm ice" มี freezing point ที่ 17°C ขนาดบรรจุ 1 กก.
3. Gel Ice (Sodium Polyacrylate) แช่แข็ง ที่ -25°C ขนาดบรรจุ 1.6 กก.
4. ผลิตภัณฑ์ Whole Blood (WB) Leukocyte Poor Packed Red Cells (LPRC) และ Leukocyte Poor Pooled Platelet (LPPC) ที่หมดอายุแล้ว
5. Data logger Tomkey 16 bit USB data logger (Affinitech Co.,LTD) ที่ผ่านการ calibrate ใช้เก็บข้อมูลอุณหภูมิพร้อม software อ่านผลลงในคอมพิวเตอร์ เก็บข้อมูลได้ละเอียดสองจุดต่อนาที ทุกๆ 1 นาที วัดอุณหภูมิในช่วง 1-10°C สำหรับ LPRC และ 20-24°C สำหรับ WB และ LPPC และบันทึกข้อมูลทุก 5 นาที
6. ตู้ Micro Processor Control Incubator 250 Series (Entech Associated Co.,LTD) ที่ผ่านการ calibrate ปรับให้มีอุณหภูมิในตู้ 35°C

7. เครื่อง Infrared thermometer Testo 830 T2 ที่ผ่านการ calibrate ใช้วัดอุณหภูมิของ BD gel

วิธีการ

1. ทดสอบการบรรจุหีบห่อเพื่อการขนส่งโลหิต และส่วนประกอบโลหิต ให้รักษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม ด้วยกล่องขนส่ง EPP Box ร่วมกับ BD gel หรือ Gel Ice โดยทดลองในตู้ incubator 35°C

1.1 ทดสอบการบรรจุหีบห่อ WB เพื่อเตรียมส่วนประกอบโลหิต ด้วย EPP Box และ BD gel ให้รักษาอุณหภูมิระหว่าง 20-24°C ทำการทดสอบ 3 ครั้ง

1.1.1 นำ WB ออกจากตู้เก็บโลหิต อุณหภูมิ 4°C และนำ BD gel ที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ 4°C ออกมาวางที่อุณหภูมิห้องให้ละลาย จนวัดอุณหภูมิได้ 20°C ใช้ระยะเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง

1.1.2 นำ Data logger มาตั้งค่าให้สามารถบันทึกอุณหภูมิช่วง 20-24°C ต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง

1.1.3 ทดลองบรรจุ WB 1 ยูนิต ใช้ BD gel วางกันกล่อง 1 อัน ตามด้วย WB 1 ยูนิต วาง Data logger 2 อัน วาง BD gel อีก 1 อัน ปิดฝากล่องให้สนิท (Figure 1A) และทดลองบรรจุ WB 12 ยูนิต วาง BD gel กันกล่อง 1 อัน ตามด้วย WB 4 ยูนิต วางเรียงตามแนวนอน วาง Data logger 1 อัน วาง BD gel ซ้อนทับ บรรจุรูปแบบเดียวกันอีก 2 ชั้น ตามด้วย BD gel อีก 1 อัน ปิดฝากล่องให้สนิท (Figure 1B)

1.1.4 นำกล่องขนส่งใส่ในตู้ incubator 35°C วาง Data logger สำหรับติดตามอุณหภูมิภายในตู้ 1 อัน ตลอด 24 ชั่วโมง

1.1.5 นำกล่องขนส่ง EPP Box ออกจากตู้ incubator เปิดฝาและนำ Data logger ไปอ่านอุณหภูมิ

1.2 ทดสอบการบรรจุหีบห่อส่วนประกอบโลหิตเม็ดโลหิตแดง ชนิด LPRC ด้วย EPP Box และ Gel Ice ให้รักษาอุณหภูมิระหว่าง 1-10°C โดยทดสอบ 3 ครั้ง

1.2.1 นำ Gel Ice ที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -30°C ออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง จนวัดอุณหภูมิได้ 1°C ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

1.2.2 นำ Data logger มาตั้งค่าให้สามารถบันทึกอุณหภูมิช่วง 1-10°C ต่อเนื่องตลอด 24 ชม.

1.2.3 ทดลองบรรจุ LPRC 1 ยูนิต วาง LPRC 1 ยูนิต และวาง Data logger 2 อัน หัวท้าย วางกล่อง rack และวาง Gel Ice 2 อันลงในกล่อง rack ปิดฝากล่องให้สนิท (Figure 1C) และทดลองบรรจุ LPRC 24 ยูนิต โดยจัดวาง LPRC 12 ยูนิต ในแนวตั้ง และวาง Data logger 1 อัน จัดวาง LPRC อีก

12 ยูนิต ในรูปแบบเดียวกันอีก 1 ชั้น ตามด้วย Data logger อีก 2 อันสลับตำแหน่งกัน วางกล่อง rack และวาง Gel Ice 2 อันลงในกล่อง rack ปิดฝากล่องให้สนิท (Figure 1D)

1.2.4 นำกล่องขนส่งใส่ในตู้ incubator 35°C วาง Data logger สำหรับติดตามอุณหภูมิภายในตู้ 1 อัน ตลอด 24 ชั่วโมง

1.2.5 นำกล่องขนส่ง EPP Box ออกจากตู้ incubator เปิดฝาและนำ Data logger ไปบันทึกอุณหภูมิ

1.3 ทดสอบการบรรจุหีบห่อ LPPC ด้วย EPP Box และ BD gel ให้รักษาอุณหภูมิระหว่าง 20-24°C โดยทดสอบ 3 ครั้ง

1.3.1 นำ BD gel ที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ 4°C ประมาณ 24 ชั่วโมงออกมาจากห้องเย็น และนำ LPPC ออกจากตู้เก็บเมล็ดโลหิต

1.3.2 Data logger นำมาตั้งค่าให้สามารถบันทึกอุณหภูมิช่วง 20-24°C ต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง

1.3.3 ทดลองบรรจุ LPPC 1 ยูนิต โดยวาง LPPC 1 ยูนิตที่กันกล่อง วาง Data logger 2 อัน หัวท้าย วางกล่อง rack ด้านบนกล่องขนส่ง นำ BD gel 1 อันใส่ใน rack ปิดฝากล่องให้สนิท (Figure 1E) และทดลองบรรจุ LPPC 14 ยูนิต โดยวาง LPPC 5 ยูนิต วาง Data logger 1 อัน วาง LPPC อีก 5 ยูนิต วาง Data logger 1 อัน วาง LPPC 4 ยูนิต วาง Data logger 1 อัน วางกล่อง rack ด้านบนกล่องบรรจุ นำ BD gel 1 อันใส่ใน rack ปิดฝากล่องให้สนิท (Figure 1F) นำกล่องขนส่งใส่ในตู้ incubator 35°C วาง Data logger สำหรับติดตามอุณหภูมิภายในตู้ 1 อัน ตลอด 24 ชั่วโมง

1.3.4 นำกล่องขนส่ง EPP Box ออกจากตู้ incubator เปิดฝาและนำ Data logger ไปบันทึกอุณหภูมิ

2. ทดสอบการบรรจุและขนส่ง WB จากหน่วยเคลื่อนที่มาภาคบริการโลหิตแห่งชาติเพื่อเตรียมส่วนประกอบโลหิต

2.1 นำ BD gel ที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ 4°C ประมาณ 24 ชั่วโมงก่อนออกหน่วยเคลื่อนที่และให้ BD gel ละลายในระหว่างการเดินทาง ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 2-4 ชั่วโมง ในระหว่างการเดินทางวัดอุณหภูมิด้วย Infrared thermometer ให้ได้อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 17-20°C

2.2 Data logger ตั้งค่าให้บันทึกอุณหภูมิช่วง 20-24°C ต่อเนื่องตลอดการเดินทาง

2.3 หลังเจาเก็บโลหิต ทำการลดอุณหภูมิโลหิต โดยวาง BD gel อุณหภูมิ 17-20°C ที่กันกล่อง EPP และวางถุงโลหิตที่เจาเก็บและผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้วบน BD gel ซึ่ง BD gel 1 ก้อนจะวางโลหิตได้ประมาณ 4 ยูนิต (Figure 2)

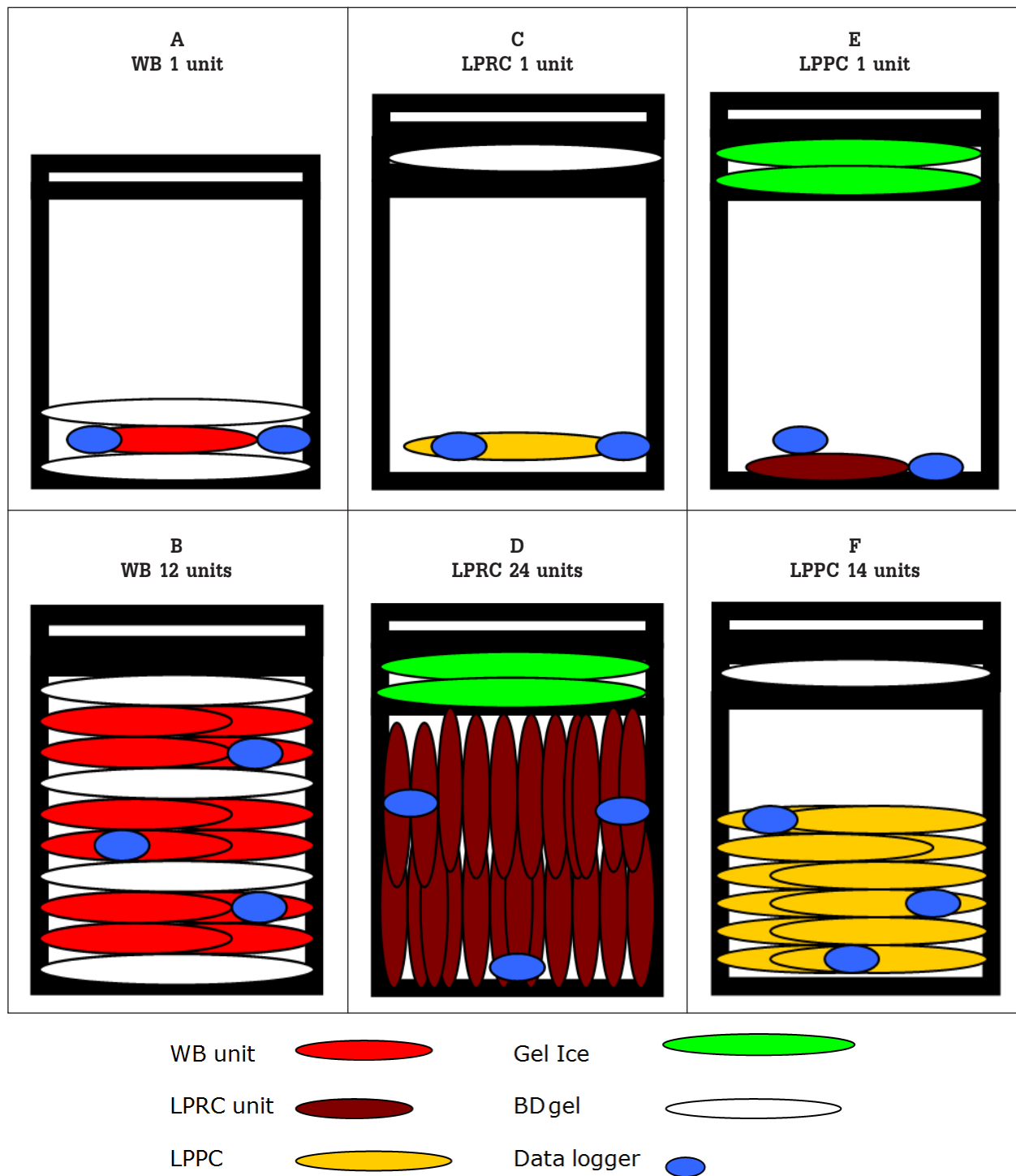


Figure 1 Packaging diagram of WB, LPRC and LPPC in EPP Box with BD gel and Gel Ice

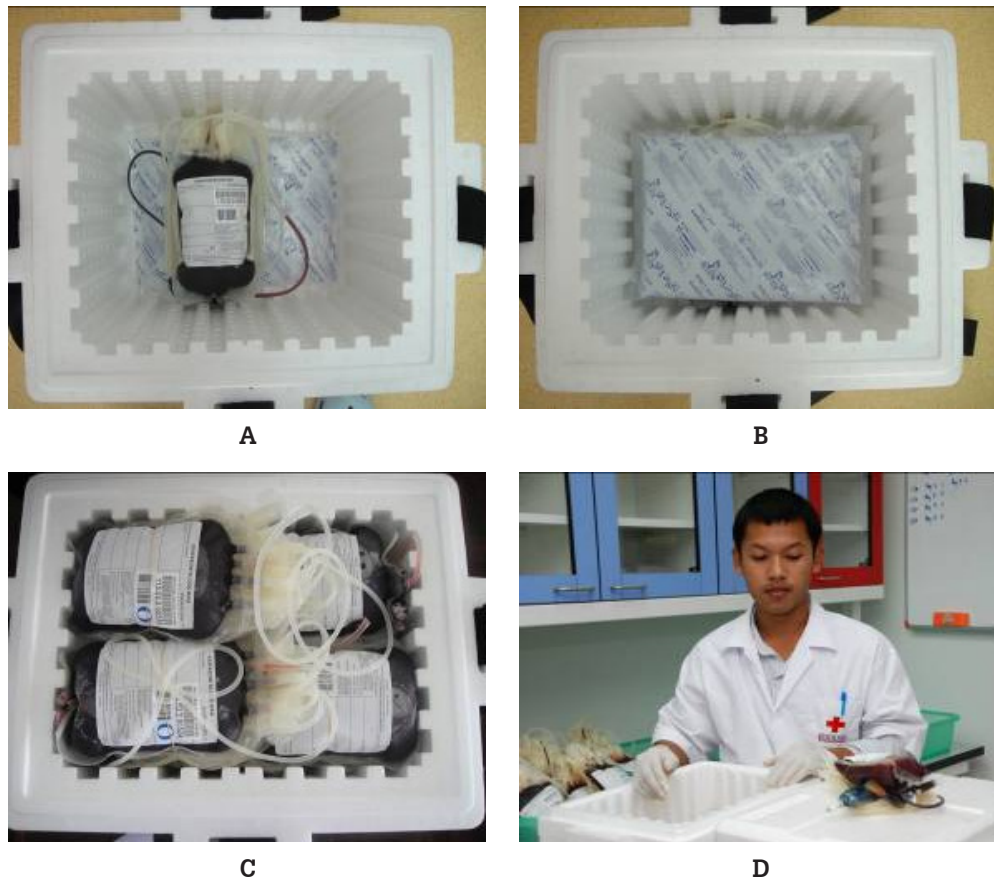


Figure 2 Packaging of 12 units WB in EPP Box with BD gel from mobile unit



Figure 3 Packaging of 24 units of LPRC in EPP Box with Gel Ice for transportation to the hospital blood bank

2.4 บรรจุโลหิตลงในกล่องโดยทดสอบ จำนวน 1 ยูนิต 8 ยูนิต และแบบเต็มกล่อง 12 ยูนิต วิธีการบรรจุปฏิบัติตามข้อ 1.1 วาง data logger กล่องละ 3 อัน โดยวางสลับตำแหน่ง เมื่อบรรจุโลหิตครบแล้วให้ปิดฝากล่องทันที (Figure 2)

2.5 ขนส่งด้วยรถตู้ จากหน่วยจังหวัดกระบี่ หรือ ฟังงา มาภาคบริการโลหิตแห่งชาติ รวมระยะเวลาตั้งแต่บรรจุลงกล่องจนกระทั่งเปิดฝากล่อง 5 ถึง 8 ชั่วโมง

2.6 เปิดกล่องบรรจุโลหิต ทำการอ่านอุณหภูมิจาก Data logger

3. ทดสอบการบรรจุและการขนส่ง LPRC และ LPPC ไปยังโรงพยาบาลและภาคบริการโลหิตแห่งชาติ

3.1 บรรจุ LPRC 1 ยูนิต และ 24 ยูนิต วิธีการบรรจุปฏิบัติตามข้อ 1.2 เมื่อบรรจุโลหิตครบแล้วให้ปิดฝากล่องทันที (Figure 3)

3.2 บรรจุ LPPC ใช้กระดาษฟาง 2 แผ่นพับครึ่ง วางก้นกล่อง บรรจุ LPPC ลงในกล่องโดยทดสอบทั้งแบบ จำนวน 1 ยูนิต 7 ยูนิต และ 14 ยูนิต วิธีการบรรจุ ปฏิบัติตามข้อ 1.3 เมื่อบรรจุโลหิตครบแล้วให้ปิดฝากล่องทันที (Figure 4)

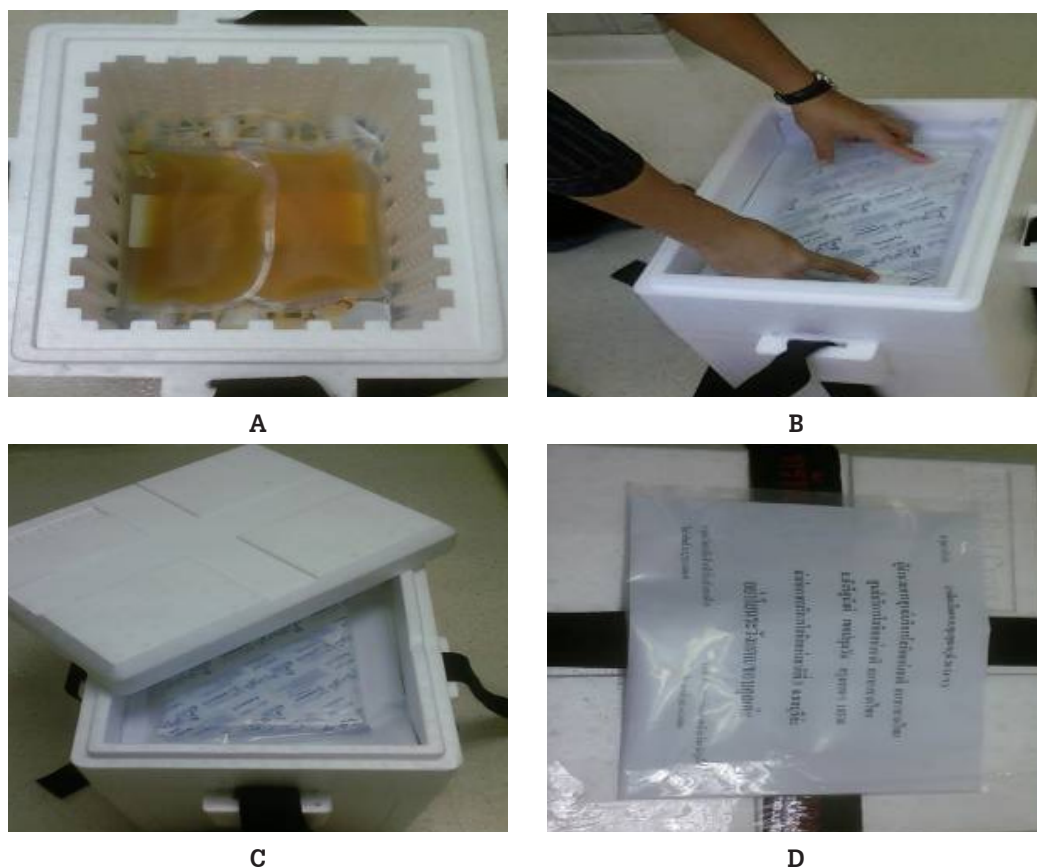


Figure 4 Packaging of 2 units of LPPC in EPP Box with BD gel for transportation to the hospital blood bank

3.3 ติดป้ายชื่อโรงพยาบาล ที่อยู่ และเบอร์โทรศัพท์ ของโรงพยาบาลที่ต้องการส่งส่วนประกอบโลหิต

3.4 ขนส่งด้วยรถตู้ หรือรถทัวร์ที่มีเครื่องปรับอากาศไปโรงพยาบาลกระบี่ใช้เวลาประมาณ 3-5 ชั่วโมง ขนส่งไปภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 11 จังหวัดนครราชสีมาใช้เวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง และขนส่งทางเครื่องบินไปภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10 จังหวัดเชียงใหม่ใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมง ทั้งนี้รวมระยะเวลาดังแต่บรรจุลงกล่องจนกระทั่งเปิดกล่อง

3.5 อ่านอุณหภูมิจาก Data logger หลังจากที่โรงพยาบาลส่งกล่องและ Data logger คืน

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาการบรรจุหีบห่อขนส่งที่ทดลองในตู้ incubator 35°C

1.1 Figure 5 ผลการทดสอบการบรรจุหีบห่อขนส่ง WB เพื่อนำมาเตรียมส่วนประกอบโลหิต ด้วย EPP Box และ BD gel พบว่าสามารถรักษาอุณหภูมิ WB 1 ยูนิต และ 12 ยูนิตไว้ที่ อุณหภูมิ 20-24°C ได้นาน 13 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ

1.2 Figure 6 ผลการทดสอบการบรรจุหีบห่อเพื่อขนส่ง LPRC ด้วย EPP Box และ Gel Ice พบว่าสามารถรักษาอุณหภูมิ LPRC

1 ยูนิต และ 24 ยูนิตไว้ที่ อุณหภูมิ 1-10°C ได้นาน 12 ชั่วโมง และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ

1.3 Figure 7 ผลการทดสอบการบรรจุหีบห่อเพื่อขนส่ง LPPC ด้วย EPP Box และ BD gel พบว่าสามารถรักษาอุณหภูมิ LPPC 1 ยูนิต และ 14 ยูนิตไว้ที่ อุณหภูมิ 20-24°C ได้นาน 14 ชั่วโมง

2. ผลการบรรจุหีบห่อเพื่อการขนส่งโลหิต (Whole Blood) จำนวน 1, 8 และ 12 ยูนิตโดยใช้ระยะเวลาการขนส่งไม่เกิน 5 ชั่วโมง และ 8 ชั่วโมง

การบรรจุโลหิตจำนวน 1, 8 และ 12 ยูนิต ใน EPP Box และ BD gel ขนส่งจากหน่วยเคลื่อนที่มายังภาคบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดภูเก็ตโดยรถตู้ ซึ่งมีเครื่องปรับอากาศโดยอุณหภูมิภายในรถประมาณ 25-30°C เป็นระยะเวลาไม่เกิน 5 ชั่วโมง และ 8 ชั่วโมง นับตั้งแต่เริ่มบรรจุจนเปิดฝากล่อง ทำการขนส่งอย่างละ 3 ครั้ง พบว่าสามารถรักษาอุณหภูมิโลหิตให้อยู่ในช่วง 20-24°C ตลอดการขนส่ง โดยที่ระยะเวลาขนส่ง 5 ชั่วโมง ผลการขนส่งครั้งที่ 1, 2 และ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยของการขนส่ง คือ 23.19°C, 22.87°C และ 22.12°C ตามลำดับ (Figure 5) สำหรับระยะเวลาขนส่ง 8 ชั่วโมง ผลการขนส่งครั้งที่ 1, 2 และ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยของการขนส่งอยู่ที่ 22.69°C, 22.57°C และ 21.82°C ตามลำดับ

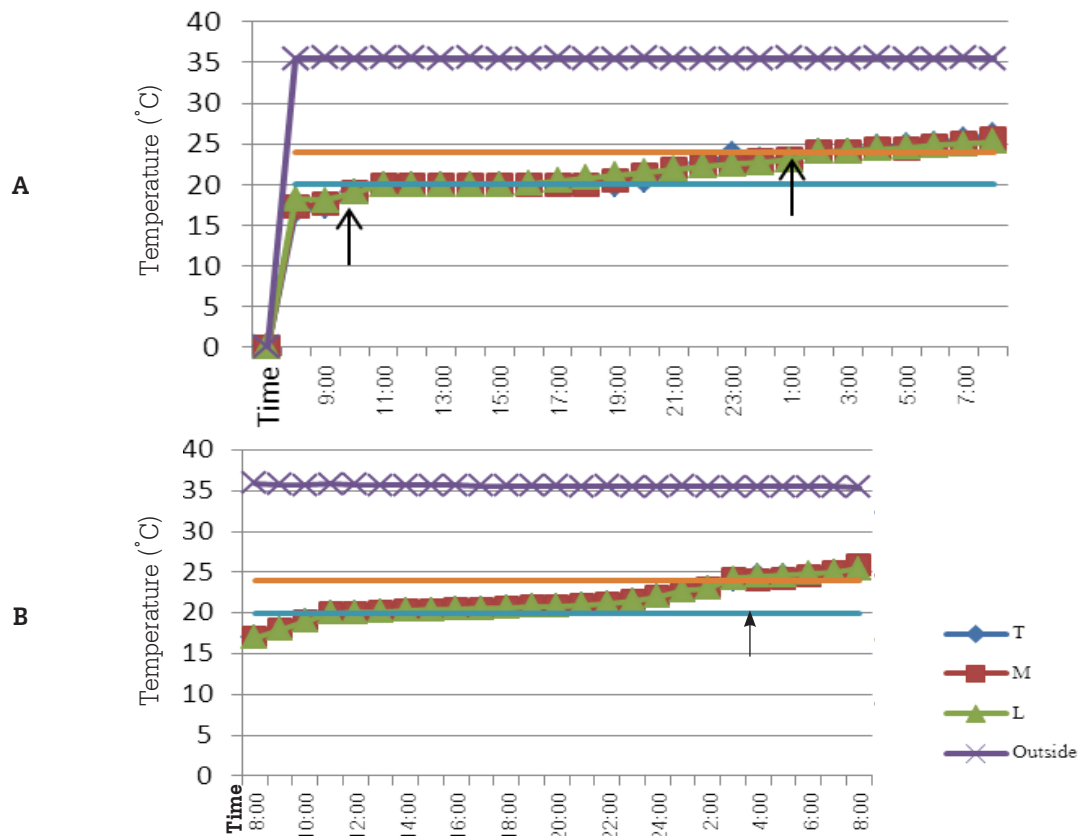


Figure 5 Temperature change in EPP Box with BD gel containing WB 1 unit (A) and 12 units (B) at the Top, Middle and Lower position

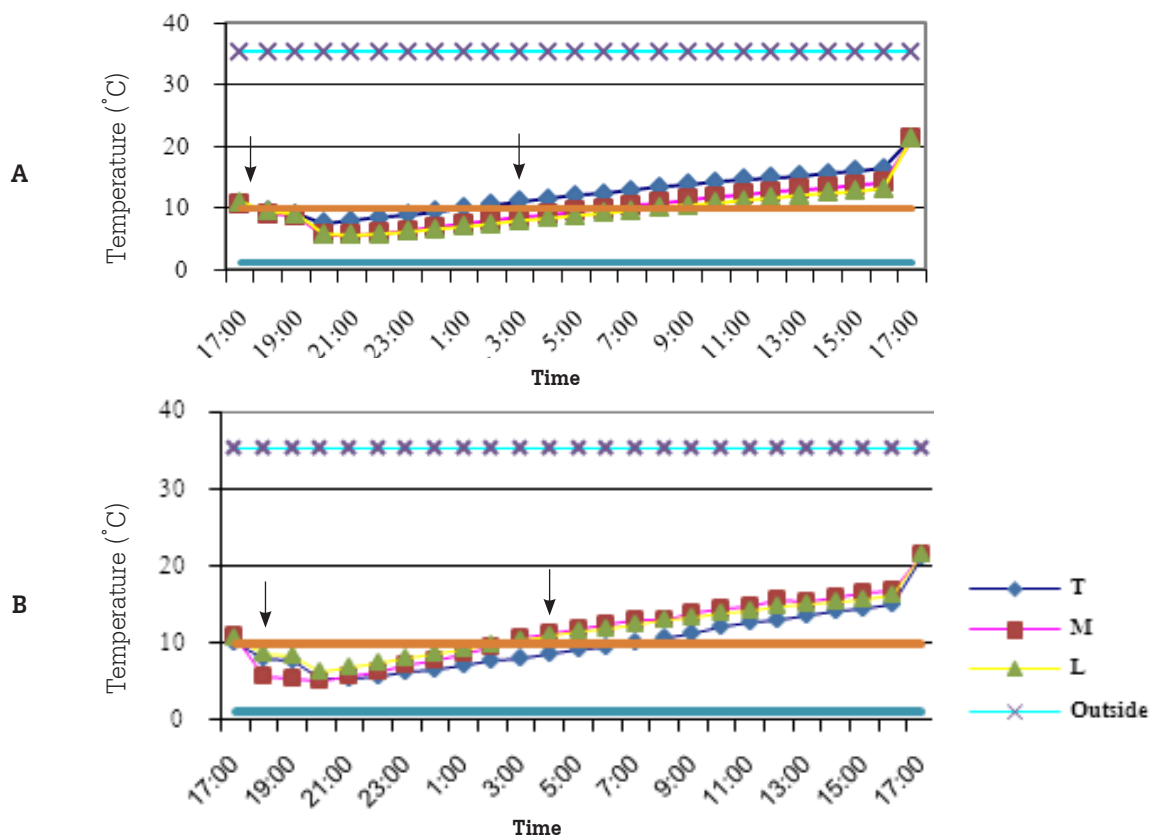


Figure 6 Temperature change in EPP Box with Gel Ice containing LPRC 1 unit (A) and 24 units (B) at the Top, Middle and Lower position

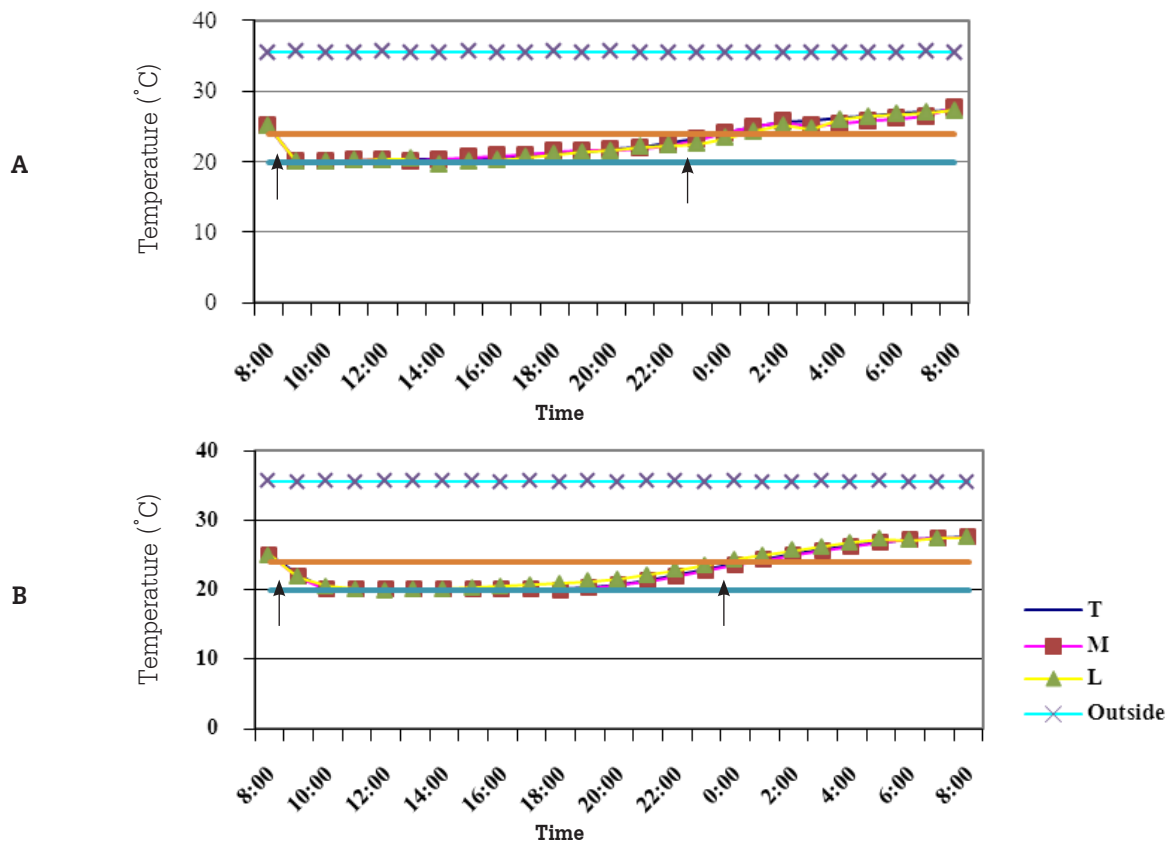


Figure 7 Temperature change in EPP Box with BD gel containing LPPC 1 unit (A) and 14 units (B) at the Top, Middle and Lower position

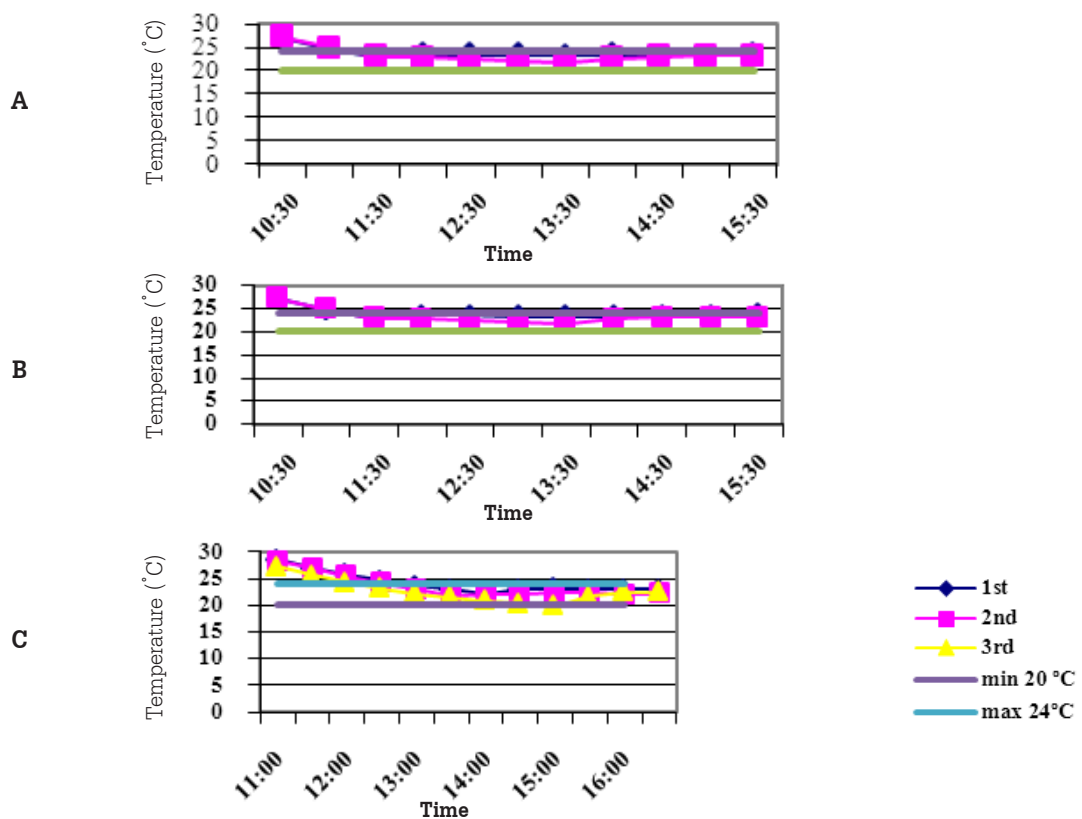


Figure 8 Temperature change during transportation of EPP Box with BD gel containing WB 1 unit (A), 8 units (B) and 12 units (C) in 5 hours for the 1st, 2nd and 3rd trial

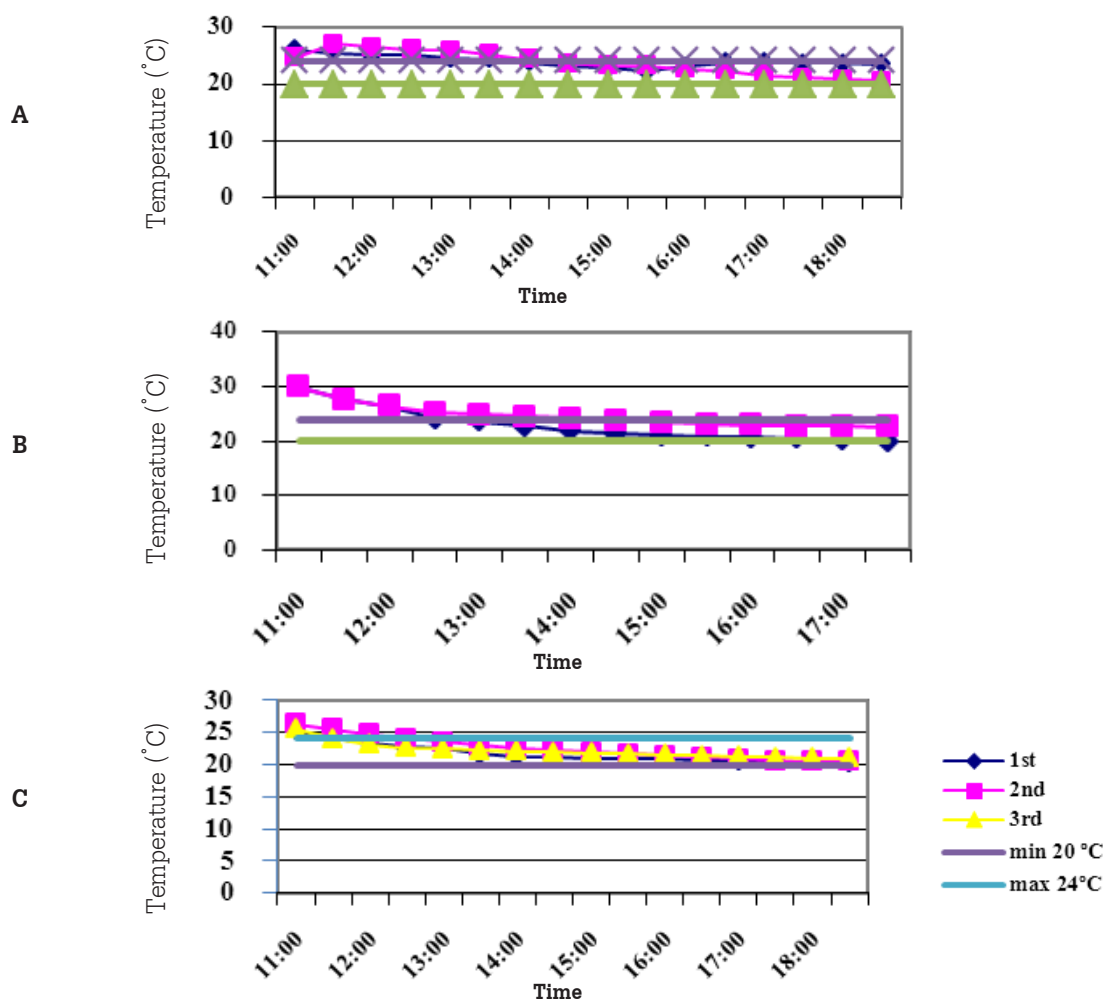


Figure 9 Temperature change during transportation of EPP Box with BD gel containing WB 1 unit (A), 8 units (B) and 12 units (C) in 8 hours for the 1st, 2nd and 3rd trial

3. ผลการทดลองขนส่ง LPRC จำนวน 1 และ 24 ยูนิต ไปยังโรงพยาบาลที่ใช้ระยะเวลาขนส่งไม่เกิน 5 ชั่วโมง 8 ชั่วโมง และ 10 ชั่วโมง

การขนส่ง LPRC จำนวน 1 และ 24 ยูนิต ใส่ในกล่องขนส่งโลหิต โดยส่งไปโรงพยาบาลกระบี่ ซึ่งใช้เวลาขนส่งไม่เกิน 5 ชั่วโมง ส่งไปภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งใช้เวลาขนส่งไม่เกิน 8 ชั่วโมง และขนส่งโดยรถตู้ หรือ รถทัวร์ที่มีเครื่องปรับอากาศ ทำการขนส่งอย่างละ 3 ครั้ง พบว่าสามารถรักษาอุณหภูมิโลหิตให้อยู่ในช่วง 1-10°C ตลอดการขนส่ง ผลการขนส่งไปจังหวัดกระบี่ ใช้เวลา 3 ถึง 5 ชั่วโมง การขนส่ง LPRC จำนวน 1 และ 24 ยูนิต มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 3.34°C และ 3.23°C ตามลำดับ การขนส่งไปภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้เวลา 6 ถึง 8 ชั่วโมง มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 2.83°C และ 2.76°C ตามลำดับ สำหรับการขนส่งไปภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10 จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งใช้เวลาขนส่งประมาณ 10 ชั่วโมง

โดยขนส่งทางเครื่องบิน จากสนามบินจังหวัดภูเก็ต ไปลงที่สนามบินสุวรรณภูมิและเปลี่ยนเที่ยวบินจากสนามบินสุวรรณภูมิไปลงที่สนามบินเชียงใหม่ พบว่าสามารถรักษาอุณหภูมิโลหิตให้อยู่ในช่วง 1-10°C ตลอดการขนส่งโดยอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 6.83°C และ 6.90°C ตามลำดับ (Figure 10)

4. ผลการขนส่ง LPPC จำนวน 1, 7 และ 14 ยูนิต ไปยังโรงพยาบาลที่ใช้ ระยะเวลาขนส่งไม่เกิน 5 ชั่วโมง 8 ชั่วโมง และ 10 ชั่วโมง

การขนส่ง LPPC จำนวน 1, 7 และ 14 ยูนิต ใส่ในกล่องขนส่งโลหิตที่ควบคุมอุณหภูมิโลหิตให้อยู่ในช่วง 20-24°C โดยส่งไปโรงพยาบาลกระบี่ ซึ่งใช้เวลาขนส่งไม่เกิน 5 ชั่วโมง ส่งไปภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งใช้เวลาขนส่ง 6-8 ชั่วโมง ขนส่งโดยรถตู้ หรือ รถทัวร์ และการขนส่งไปภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10 จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งใช้เวลาขนส่งประมาณ

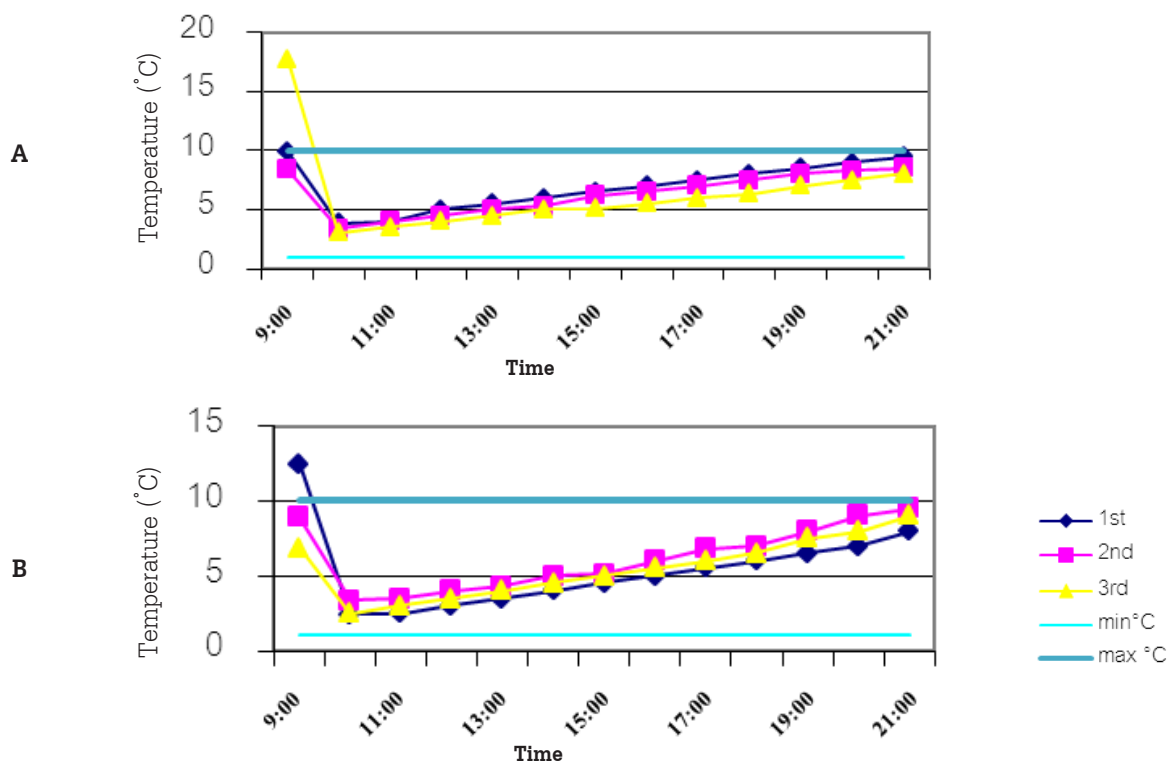


Figure 10 Temperature change during transportation of EPP Box with Gel Ice containing LPRC 1 unit (A) and 24 units (B) to Chiangmai Regional Blood Centre for the 1st, 2nd and 3rd trial

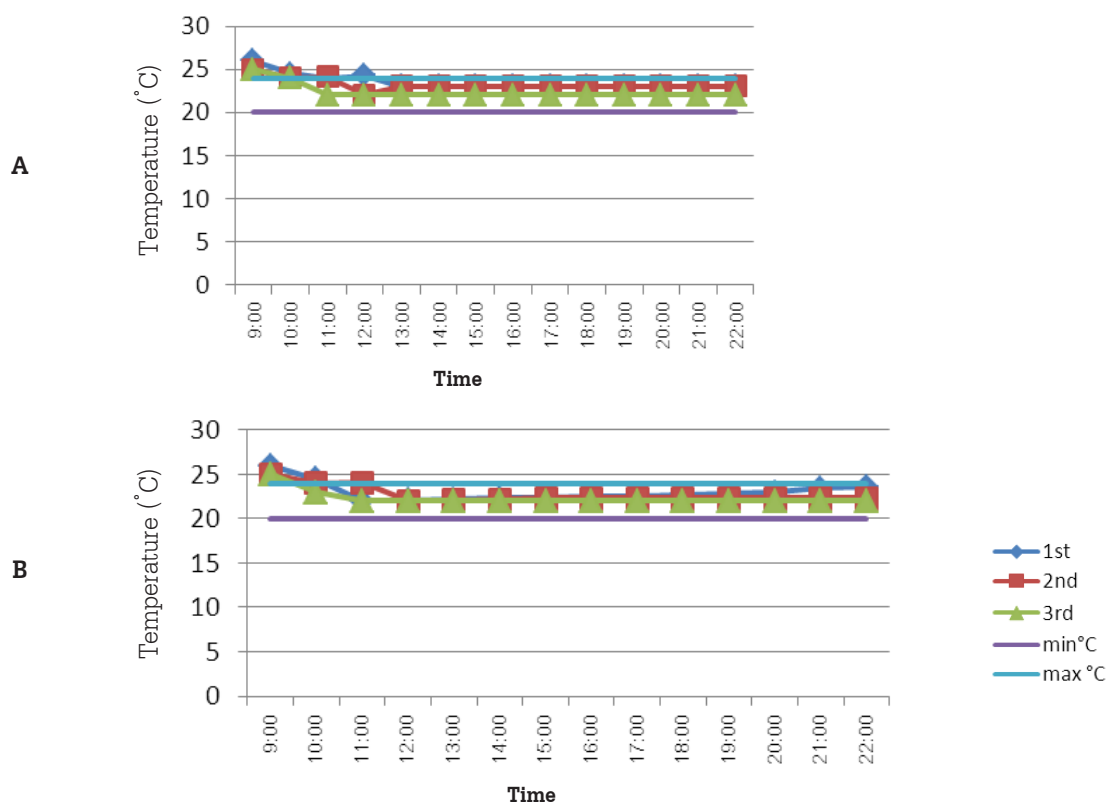


Figure 11 Temperature change during transportation of EPP Box with BD Gel containing LPPC 1 unit (A) and 14 units (B) to Chiangmai Regional Blood Centre for the 1st, 2nd and 3rd trial

10 ชั่วโมงโดยขนส่งทางเครื่องบิน ทำการขนส่งอย่างละ 3 ครั้ง พบว่าสามารถรักษาอุณหภูมิโลหิตให้อยู่ในช่วง 20-24°C ตลอดการขนส่ง ผลการขนส่งไปจังหวัดกระบี่ อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 22.12°C, 22.54°C และ 22.32°C ตามลำดับ การขนส่งไปภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 11 จังหวัดนครราชสีมา มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 22.74°C, 22.87°C และ 22.62°C ตามลำดับ สำหรับการขนส่งส่งไปภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10 จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งใช้เวลาขนส่งประมาณ 10 ชั่วโมง มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 23.01°C, 22.15°C และ 22.12°C ตามลำดับ (Figure 11)

วิจารณ์

กล่อง EPP Box เป็นกล่องที่ทำจากเม็ดโฟมขนาดเล็กอัดแน่นทำเป็นรูปกล่อง เม็ดโฟมอัดกันแน่นมากจึงทำให้อุณหภูมิภายนอกมีผลต่ออุณหภูมิภายในกล่องน้อยกว่าโฟมทั่วไป ส่วน BD gel เป็น warm ice gel ซึ่งมีคุณสมบัติจะค่อยๆ คายความร้อนออกเมื่อละลาย เป็น gel ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการขนส่งเกล็ดโลหิต ส่วน Gel Ice เป็นสารเคมี Sodium Polyacrylate ซึ่งมีขายทั่วไป ปัจจุบันภาคบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดภูเก็ต ใช้ในการบรรจุสำหรับการขนส่งโลหิตและส่วนประกอบโลหิต และได้ทำการทดสอบการขนส่งโลหิต (WB) จากหน่วยเคลื่อนที่ในจังหวัดภูเก็ต กระบี่ และพังงา กลับมายังภาคบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดภูเก็ต โดยใช้ Data logger ติดตามอุณหภูมิของโลหิต พบว่าสามารถควบคุมอุณหภูมิของโลหิตให้อยู่ในช่วง 20-24°C ตลอดการขนส่งทุกครั้ง นอกจากนี้การบรรจุโลหิตหลังการเจาะเก็บลงในกล่องที่มี BD gel เป็นการลดอุณหภูมิโลหิตทันที (cool down) มีผลทำให้เกล็ดโลหิตมีคุณภาพดี ส่วนการบรรจุและขนส่งเกล็ดโลหิต (LPPC) และเม็ดโลหิตแดง (LPRC หรือ PRC) ซึ่งภาคบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดภูเก็ตได้จัดส่งไปยังโรงพยาบาลต่างๆ ในจังหวัดพังงา กระบี่ ตรัง สตูล หนองชุมพร และสุราษฎร์ธานี รวมทั้งจัดส่งไปยังศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ ภาคบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดสงขลา นครราชสีมา และเชียงใหม่ ได้ทำการติดตามโดยให้ตอบกลับในเอกสารการเบิกโลหิต พบว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่กำหนด ทั้งนี้ในแต่ละเดือนยังมีการสุ่มติดตามอุณหภูมิโดยใส่ Data logger ไปในกล่องที่จัดส่ง

พบว่าอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการขนส่งโลหิตและส่วนประกอบโลหิตด้วยกล่อง EPP Box การใช้ BD gel และ Gel Ice นั้น สามารถควบคุมอุณหภูมิของส่วนประกอบโลหิตแต่ละชนิดให้อยู่ในช่วงที่กำหนด ทำให้ส่วนประกอบโลหิตแต่ละชนิดมีคุณภาพตามมาตรฐาน อีกทั้งยังเป็นการประหยัดเพราะ BD gel และ Gel Ice สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ในขั้นตอนการบรรจุไม่ต้องใช้กระดาษฟางคั่นระหว่าง gel กับส่วนประกอบโลหิตจึงไม่ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการซื้อกระดาษฟาง อีกทั้งตัวกล่องมีความแข็งแรงและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และมีราคาถูกเมื่อเทียบกับกล่องขนส่งโลหิตที่นำเข้าจากต่างประเทศ

สรุป

กล่องขนส่งโลหิต โดยใช้ EPP Box และ BD gel สามารถควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมในการขนส่งโลหิตและเกล็ดโลหิตให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20-24°C และ Gel Ice สามารถควบคุมอุณหภูมิเม็ดโลหิตแดงให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 1-10°C ได้ตลอดการขนส่ง 12, 10 และ 14 ชั่วโมงตามลำดับ จึงสามารถรักษาคุณภาพโลหิตและส่วนประกอบโลหิตให้ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งในปัจจุบันนำมาใช้งานจริงที่ภาคบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดภูเก็ต การขนส่งโลหิตจากหน่วยเคลื่อนที่ที่จะติดตามอุณหภูมิในกล่องด้วย Data logger ทุกกล่อง สำหรับการขนส่งส่วนประกอบโลหิต จะมีการติดตามอุณหภูมิโดยเอกสารการตอบกลับจากโรงพยาบาลและภาคบริการโลหิตแห่งชาติ นอกจากนี้ในแต่ละเดือนจะมีการสุ่มติดตามอุณหภูมิโดยใส่ Data logger ในกล่องบรรจุโลหิตที่จัดส่ง พบว่าอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สภากาชาดฟินแลนด์ ที่ให้งบประมาณในการผลิตกล่อง EPP Box, gel ทำความเย็น Butanediol Gel (BD gel) และ Gel Ice และขอขอบคุณ Mr. Jarno Alen และ Mr. Marko Lahikainen เจ้าหน้าที่จากสภากาชาดฟินแลนด์ที่ออกแบบรูปทรงของกล่องและ Gel ทำความเย็นซึ่งเป็นรูปแบบเดียวกับที่ใช้ในงานประจำของสภากาชาดฟินแลนด์

เอกสารอ้างอิง

1. Pikulsod S. Blood Cold Chain. *Thai J Hematol Transf Med* 2008; 18:181-2.
2. Pakpoompong A. WHO Blood Cold Chain Program. *Thai J Hematol Transf Med* 2007;17:3-5.
3. Withayawiwat T. Packing Frozen Plasma Component for Transportation Using Frozen Sodium Chloride. *Thai J Hematol Transf Med* 2008;3:183-96.
4. Mvere D, Vinelli E. Manual on the Management, Maintenance and Use of Blood Cold Chain Equipment. Geneva: Department of Essential Health Technologies. World Health Organization, 2005.
5. Council of Europe: Guide to the the preparation, Use and Quality Assurance of Blood Components 13th ed. Strasbourg, France, Council of Europe Publishing, 2007:95-105.
6. Lockwood WB, Leonard J, Liles SL. Storage, Monitoring Pretransfusion Processing, and Distribution of Blood Component. In: Roback JD, Combs MR, Grossman BJ, Hillyer CD, eds. *Tenhnical Manual*, 16th ed. Bethesda, MD: American Association of Blood Banks, 2008:283-98.
7. Tanthien P, Leelarungsun T, Yookamnerd N. Study of Blood Components Packing and Transportation. *Thai J Hematol Transf Med* 2007;1:11-27.

Packaging for Transportation of Blood and Blood Components with Expandable Polypropylene (EPP Box), Butanediol Gel (BD gel) and Gel Ice

Pornthip Rattajak¹, Vichote Burapachanok¹ and Tassanee Sakuldamrongpanich²

¹Phuket Regional Blood Centre, Thai Red Cross Society; ²National Blood Centre, Thai Red Cross Society

Abstract: Blood Cold Chain is a system to maintain the proper temperature for blood transportation and storage so it is an important part of quality of blood service system. The World Health Organization has set standard temperature of transportation for each blood component. The standard temperature criteria for the transportation of blood is 20-24°C and blood components are as follows: 1-10°C for Packed Red Cells (PRC), 20-24°C for Platelets and -18°C or lower for Fresh Frozen Plasma (FFP). The blood component transportation process by different equipment and management was studied and validated by the National Blood Centre, Thai Red Cross Society. A transportation box made from Expandable Polypropylene (EPP) with dimension 430x330x460 mm for using along with, Butanediol Gel (BD gel) and Gel Ice for transportation and storage of blood and blood components was designed by the Finnish Red Cross and Phuket Regional Blood Centre. The study for the appropriateness of packaging method was conducted including monitoring temperature during transportation by data logger. From the study, it was found that EPP Box and Butanediol Gel (BD gel) could maintain the temperature during transportation of Whole Blood (WB) at 20-24°C for 12 hours, Leukocyte Poor Platelet Concentrate (LPPC) at 20-24°C for 10 hours while Gel Ice could maintain temperature of Leukocyte Poor Red Cells (LPRC) at 1-10°C for 14 hours. When using the EPP Box for use in transportation of whole blood collected from mobile unit in Phuket, Krabi and Phangnga, it was found that EPP Box could maintain temperature of whole blood between 20-24°C during the transportation period. As for blood components, EPP Box could maintain temperature of LPRC between 1-10°C and LPPC between 20-24°C during 3-5 hours for transportation to hospitals in Krabi and Phangnga, 8 hours to Nakorn Srithammarat Regional Blood Centre and 10 hours to Chiang Mai Regional Blood Centre. In conclusion, the EPP Box with BD gel and EPP Box with Gel Ice are useful in maintain the appropriate temperature during transportation of blood and blood component.

Key Words : ● Blood component ● Transportation ● Expandable polypropylene ● Butanediol gel

J Hematol Transfus Med 2013;23:255-67

