บทที่ 3
การศึกษาสภาพทั่วไปและการดำเนินงานของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย

ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติเป็นหน่วยงานหนึ่งของสภากาชาดไทย จัดตั้งขึ้นเพื่อให้บริการโลหิตซึ่งเป็นงานระดับชาติ โดยยึดถือหลักปฏิบัติว่าจะจัดหาโลหิตจากผู้มีจิตศรัทธาซึ่งบริจาคให้โดยไม่หวังสิ่งตอบแทนให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ เพื่อจ่ายใช้รักษาคนไข้ทั่วประเทศโดยไม่คิดมูลค่า ปัจจุบันศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติมีสาขาทั้งหมด 142 แห่ง เป็นสาขาในกรุงเทพมหานคร 6 แห่ง นอกนั้นเป็นสาขาในต่างจังหวัด

3.1 บทบาทและหน้าที่ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ

3.1.1 จัดหาโลหิตและส่วนประกอบของโลหิต เพื่อบริการให้แก่โรงพยาบาลต่าง ๆ ทั้งในกรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียง

3.1.2 จัดทำอุปกรณ์การเจาะเก็บโลหิต เช่น ขวดน้ำยา เอ.ซี.ดี และ ซี.พี.ดี. ใช้ในกิจการของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ และจ่ายให้แก่สาขาบริการโลหิตทั่วประเทศ

3.1.3 ผลิตน้ำยาตรวจหมู่โลหิต เพื่อใช้ในหน่วยงานต่าง ๆ ทั่วประเทศ

3.1.4 ผลิตผลิตภัณฑ์จากพลาสมา ได้แก่ อัลมูบิน อิมมูโนโกลบูลิน

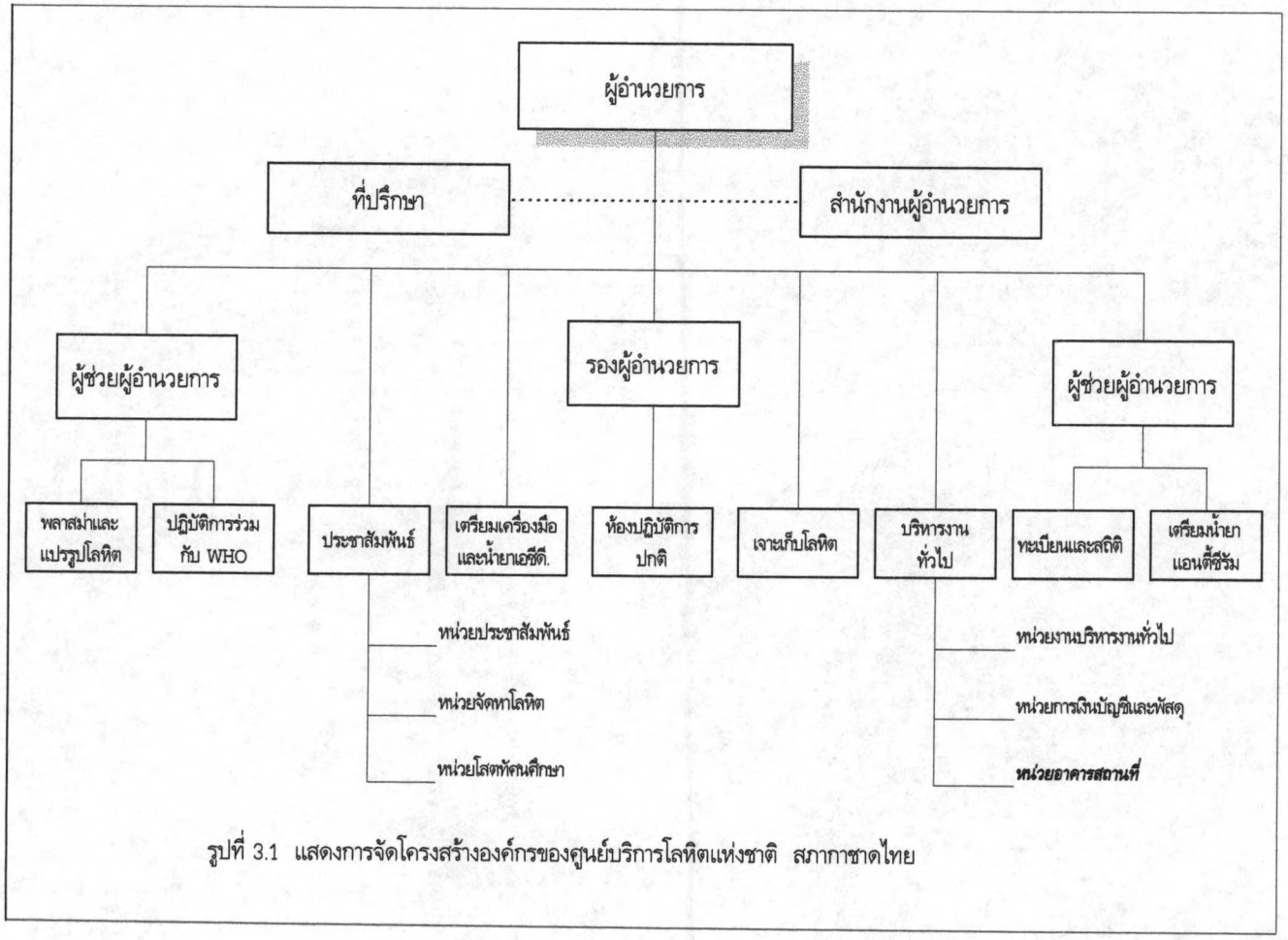
3.1.5 จัดแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการปฏิบัติงานของสาขาบริการโลหิตทั่วประเทศ

3.1.6 ช่วยเหลือธนาคารเลือดของโรงพยาบาลต่าง ๆ ในด้านการตรวจสอบหมู่โลหิตที่มีปัญหาและ การจัดหาหมู่โลหิตพิเศษ

3.1.7 จัดการฝึกอบรมระยะสั้นให้แก่บุคลากรที่ปฏิบัติงานทางธนาคารเลือด

3.2 การบริหารงานของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ

ในด้านการบริหารงาน ปัจจุบันศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติประกอบด้วย สำนักผู้อำนวยการ แผนกงานบริหารงานทั่วไป แผนกประชาสัมพันธ์และจัดหาผู้บริจาคโลหิต แผนกเตรียมเครื่องมือและน้ำยาเอ.ซี.ดี แผนกเจาะเก็บโลหิต แผนกห้องปฏิบัติการปกติ แผนกห้องพลาสมาและแปรรูปโลหิต แผนกห้องปฏิบัติงานร่วมกับองค์การอนามัยโลก แผนกเตรียมน้ำยาแอนติซีรัม แผนกทะเบียนและสถิติ โดยมีแผนผังการแบ่งส่วนงานในรูปที่ 3.1 ดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงการจัดโครงสร้างองค์กรของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย

3.2.1 สำนักผู้อำนวยการ เป็นหน่วยงานที่ตั้งขึ้นเป็นการภายใน ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์ประเมินผลงานเพื่อการวางแผนพัฒนา ตลอดจนการประสานงานระหว่างผู้บริหารและหน่วยปฏิบัติการต่างๆ รวมทั้งติดต่อกับหน่วยงานต่างประเทศ และการส่งเสริมวิชาการโดยมีขอบเขตและหน้าที่ดังนี้

1 งานเลขานุการผู้อำนวยการ ทำหน้าที่นัดหมาย ติดต่อ ประสานงานระหว่างผู้อำนวยการกับแผนกต่าง ๆ ภายในศูนย์บริการโลหิตฯ และระหว่างผู้อำนวยการกับบุคคลภายนอก อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานของผู้อำนวยการ ร่างหรือพิมพ์จดหมาย ซึ่งเป็นงานเฉพาะกิจหรือรีบด่วนตามคำสั่งของผู้อำนวยการ

2 งานวิเทศสัมพันธ์ ทำหน้าที่ประสานงานโครงการที่เกี่ยวข้องกับต่างประเทศ ร่างจดหมายโต้ตอบภาษาต่างประเทศ อำนวยความสะดวกแก่เจ้าหน้าที่ของศูนย์บริการโลหิตฯ ในการเดินทางไปประชุมฝึกอบรมต่างประเทศ ซึ่งไม่ใช่การดำเนินการทางพิธีศุลกากร หรือการเงิน ซึ่งเป็นหน้าที่ของแผนกบริหารงานทั่วไป

3 งานวิเคราะห์ ประเมินผลและวิจัยสถาบัน ทำหน้าที่รวบรวมรายงาน และวิเคราะห์รายงานที่ได้รับจากแผนกปฏิบัติการต่าง ๆ เพื่อการวางแผนของศูนย์บริการโลหิตฯ ซึ่งได้แก่ การวางแผนและวิเคราะห์อัตรากำลัง การวางแผนและวิเคราะห์งบประมาณ การประเมินประสิทธิภาพของบุคลากร การคำนวณค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในการผลิตหรือต่อหน่วยบริการ ติดตามการดำเนินงานของหน่วยงานต่าง ๆ และวิจัยสถาบัน

4 งานส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ ทำหน้าที่จัดประชุม อบรม และสัมมนาต่าง ๆ จัดทำวารสารทางวิชาการ ตลอดจนจัดหา - เก็บรักษา ให้บริการสิ่งพิมพ์ของห้องสมุดและการให้บริการค้นคว้าเอกสารอ้างอิงจากห้องสมุดแพทย์อื่น

5 งานเฉพาะกิจอื่น ๆ ซึ่งผู้อำนวยการมอบหมาย

3.2.2 แผนกบริหารงานทั่วไป เดิมชื่อแผนกธุรการ ได้เปลี่ยนชื่อเป็นแผนกบริหารงานทั่วไป ตามข้อบังคับสภากาชาดไทย แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 49) พุทธศักราช 2536 ลงวันที่ 17 มีนาคม 2536 โดยมีหน้าที่ดูแลเกี่ยวกับกิจการทั่วไปของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ แบ่งงานออกเป็น 3 หน่วยงานดังนี้

1 หน่วยบริหารงานทั่วไป มีหน้าที่รับผิดชอบงานสารบรรณ การเจ้าหน้าที่ ยานพาหนะ

2 หน่วยการเงิน บัญชีและพัสดุ มีหน้าที่รับผิดชอบการเงิน งบประมาณ การจัดซื้อและพัสดุ การจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของโลหิต ตลอดจนงานสาขาบริการโลหิตแห่งชาติ

3 หน่วยอาคารสถานที่ มีหน้าที่รับผิดชอบในงานช่างทุกประเภท งานซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ เครื่องจักรและอาคารสำนักงาน ตลอดจนงานสวนและรักษาความปลอดภัย

3.2.3 แผนกประชาสัมพันธ์และจัดหาผู้บริจาคโลหิต มีหน้าที่ในการวางแผนและดำเนินงานติดต่อสื่อสารไปยังประชาชนกลุ่มเป้าหมาย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจที่ดีในอันที่จะชักจูงให้กลุ่มเป้าหมายปฏิบัติตาม คือบริจาคโลหิตและมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของโลหิตอย่างต่อเนื่อง ผู้นำ

เสนอกิจกรรมและความก้าวหน้าต่าง ๆ รายงานให้สื่อมวลชนรับทราบทั้งด้านสื่อสิ่งพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์ รวมไปถึงการจัดทำสื่อสิ่งพิมพ์ สื่ออิเลคทรอนิกส์ต่าง ๆ ซึ่งใช้ทั้งในการเผยแพร่ความรู้ และใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน นอกจากนี้ยังต้องทำหน้าที่ติดต่อผู้บริจาคโลหิตหมู่พิเศษ จัดอบรมสัมมนาให้กับผู้ที่เป็นกำลังสำคัญในการจัดหาโลหิต จัดโครงการรณรงค์เฉพาะกลุ่มเพื่อกระตุ้นให้กลุ่มเป้าหมายต่าง ๆ เพิ่ม ความสำคัญและให้ความร่วมมือในการบริจาคโลหิตเพิ่มขึ้น แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 หน่วยงาน คือ

1 หน่วยประชาสัมพันธ์

2 หน่วยจัดหาโลหิต

3 หน่วยโสตทัศนศึกษา

3.2.4 แผนกเตรียมเครื่องมือและน้ำยาเอ.ซี.ดี มีหน้าที่จัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องใช้ น้ำยาเก็บ โลหิตและน้ำยาอื่น ๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ โดยแบ่งงานต่าง ๆ ดังนี้

1 ผลิต-จ่าย น้ำยาป้องกันการแข็งตัวของโลหิต สำหรับเก็บโลหิตเพื่อใช้ในกิจการของศูนย์บริการโลหิตฯ และสาขาบริการโลหิตฯ ทั้งในกรุงเทพฯ และสาขาบริการโลหิตฯ ต่างจังหวัด

2 ผลิต-จ่าย น้ำกลั่น สำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และใช้ในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ของศูนย์บริการโลหิตฯ

3 ผลิตน้ำยาต่าง ๆ สำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ห้องปฏิบัติการต่าง ๆ และจ่ายให้สาขาบริการโลหิตฯ

4 ผลิต-จ่าย ชุดเจาะโลหิต สำหรับใช้ในกิจการของศูนย์บริการโลหิตฯ และสาขาบริการโลหิตฯ

5 เตรียมอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ สำหรับใช้ในการเจาะเก็บโลหิต และแผนกต่าง ๆ

6 ทำการฆ่าเชื้อเครื่องมือที่ใช้เฉพาะในแผนกต่าง ๆ

7 ควบคุมมาตรฐานผลผลิตในแผนกและแผนกอื่น ๆ ทั้ง Inprocess และ Finished product

8 จัดเตรียมเครื่องมือ เครื่องใช้ สำหรับออกหน่วยเคลื่อนที่ในการออกรับบริจาคโลหิตนอกสถานที่

9 งานอื่น ๆ เช่น อบรมนักศึกษาวิทยาศาสตร์การแพทย์ และเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์การแพทย์ จ่ายยาให้เจ้าหน้าที่ศูนย์บริการโลหิตฯ รับขวดคืนจากโรงพยาบาลที่มาเบิกโลหิตโดยนำมาล้างและฆ่าเชื้อโรคเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และอื่น ๆ

3.2.5 แผนกเจาะเก็บโลหิต มีหน้าที่เจาะเก็บโลหิตทั้งภายในและภายนอกสถานที่ ดังนี้

1 การเจาะเก็บโลหิตภายในสถานที่ เจาะเก็บโลหิตจากประชาชนทั่ว ๆ ไปทุกสาขาอาชีพที่มีจิตศรัทธาเดินทางมาบริจาค ณ ศูนย์บริการโลหิตฯ โดยปฏิบัติงานทุกวันไม่เว้นวันหยุดราชการ ในรอบ

ปีจะหยุดเฉพาะวันที่ 1 มกราคม ได้รับโลหิตเฉลี่ยประมาณวันละ 350 ยูนิต

วันจันทร์-วันศุกร์	เวลา 8.00 - 16.30 น.
วันเสาร์และวันหยุดราชการอื่น ๆ	เวลา 8.00 - 12.00 น.
วันอาทิตย์	เวลา 12.00 - 16.00 น.

2 การเจาะเก็บโลหิตภายนอกสถานที่ จัดหน่วยเคลื่อนที่ออกรับโลหิตภายนอกสถานที่ทั้งในกรุงเทพฯ และต่างจังหวัดทุกวันรวมทั้งวันหยุดราชการ โดยมีผู้ประสานงานติดต่อนัดหมายเช่นหน่วยราชการต่าง ๆ ทหาร ตำรวจ สถาบันการศึกษา วัด รัฐวิสาหกิจ โรงงานอุตสาหกรรม ห้างสรรพสินค้า และหน่วยที่ไม่มีผู้ประสานงานติดต่อ เช่นสนามหลวง ตลาดนัดจตุจักร มหาวิทยาลัยรามคำแหง โดยมีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานภายนอกสถานที่แบ่งเป็น 7 ทีม มีรถยนต์ใช้ในการออกหน่วยเคลื่อนที่จำนวน 20 คัน

รถเคลื่อนที่ขนาดใหญ่รับบริจาคโลหิตภายในรถ	จำนวน 6 คัน
รถเคลื่อนที่ขนาดกลาง	จำนวน 5 คัน
รถเคลื่อนที่ขนาดเล็ก	จำนวน 6 คัน
รถตู้เย็นเก็บโลหิต	จำนวน 3 คัน

นอกจากงานเจาะเก็บโลหิตแล้ว แผนกฯ ได้รับมอบหมายให้ร่วมรับผิดชอบในโครงการผลิตเซรุ่มป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า (HRIG) โดยทำหน้าที่ฉีด Rabies vaccine ให้ผู้บริจาคโลหิตที่อาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ

3.2.6 แผนกห้องปฏิบัติการปกติ ทำหน้าที่ตรวจโลหิตทุกขวด เพื่อให้ได้โลหิตที่ปลอดภัยที่สุดก่อนจะนำไปจ่ายรักษาผู้ป่วย

3.2.7 แผนกห้องพลาสมาและแปรรูปโลหิต มีหน้าที่ดังนี้

1 เตรียม-จ่าย ส่วนประกอบของโลหิตให้กับโรงพยาบาลรัฐบาล และเอกชน

2 ผลิต-จ่าย ผลิตภัณฑ์ของโลหิต (Albumin , HBIG , HRIG) ให้กับโรงพยาบาลรัฐบาล และเอกชน

3 ควบคุมมาตรฐาน Inprocess ของผลิตภัณฑ์ของโลหิต

4 อบรมนักศึกษาวิทยาศาสตร์การแพทย์ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์การแพทย์ และเจ้าหน้าที่ธนาคารเลือดของโรงพยาบาลทั่วประเทศ

3.2.8 แผนกห้องปฏิบัติการร่วมกับองค์การอนามัยโลก มีหน้าที่ตรวจโลหิตเพื่อยืนยันผลการ ตรวจเดิมหรือตรวจเพิ่มเติมแก่แผนกห้องปฏิบัติการปกติ ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ และธนาคารเลือดของ โรงพยาบาลทั่วประเทศ รับบริจาคพลาสมา และเกร็ดเลือดจากผู้บริจาครายเดียว การตรวจ

กรองแอนติบอ ดีย์ต่อ HLA และเกล็ดเลือดการตรวจเลือด และดูแลสุขภาพผู้บริจาคโลหิตที่เป็นพาหะไวรัสตับอักเสบบีและซี

3.2.9 แผนกเตรียมน้ำยาแอนติซีรัม ทำหน้าที่เตรียมน้ำยาตรวจหมู่โลหิต เพื่อใช้ในกิจการของ ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติและจำหน่ายให้โรงพยาบาลรัฐบาลและเอกชน รวมทั้งหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อใช้ สำหรับการศึกษาในราคาทุน ซึ่งมีทั้งหมด 8 ชนิด คือ

1 Anti - A (Polyclonal และ Monoclonal)

2 Anti - B (Polyclonal และ Monoclonal)

3 Anti - AB (Polyclonal และ Monoclonal)

4 Anti - A_1 (Lectin)

5 Anti - H (Lectin)

6 Anti human globulin serum , Coombs , A.H.S. (Rabbit)

7 Anti - M (Rabbit)

8 Anti - N (Rabbit)

นอกจากนี้ได้รับมอบหมายให้เตรียม Standard A cell และ B cell , Screening O cell (O_1 และ O_2) และ Panel cells เพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการในศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ และโรงพยาบาลต่าง ๆ ที่ต้องการ

3.2.10 แผนกทะเบียนและสถิติ มีหน้าที่ทำทะเบียนผู้บริจาคโลหิตที่บริจาคโลหิตให้กับศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ ทั้งภายในและนอกสถานที่ รวบรวมสถิติเกี่ยวกับการรับบริจาคโลหิต และการจ่ายโลหิตของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ และของสาขาบริการโลหิตแห่งชาติ รวมทั้งสถิติต่าง ๆ ที่หน่วยงานอื่น ๆ ขอมา ดูแลและพัฒนาระบบงานคอมพิวเตอร์ของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ

3.3 กระบวนการแปรรูปโลหิต

3.3.1 ขั้นตอนการตรวจโลหิตและจัดสรรโลหิตที่ได้รับการบริจาค

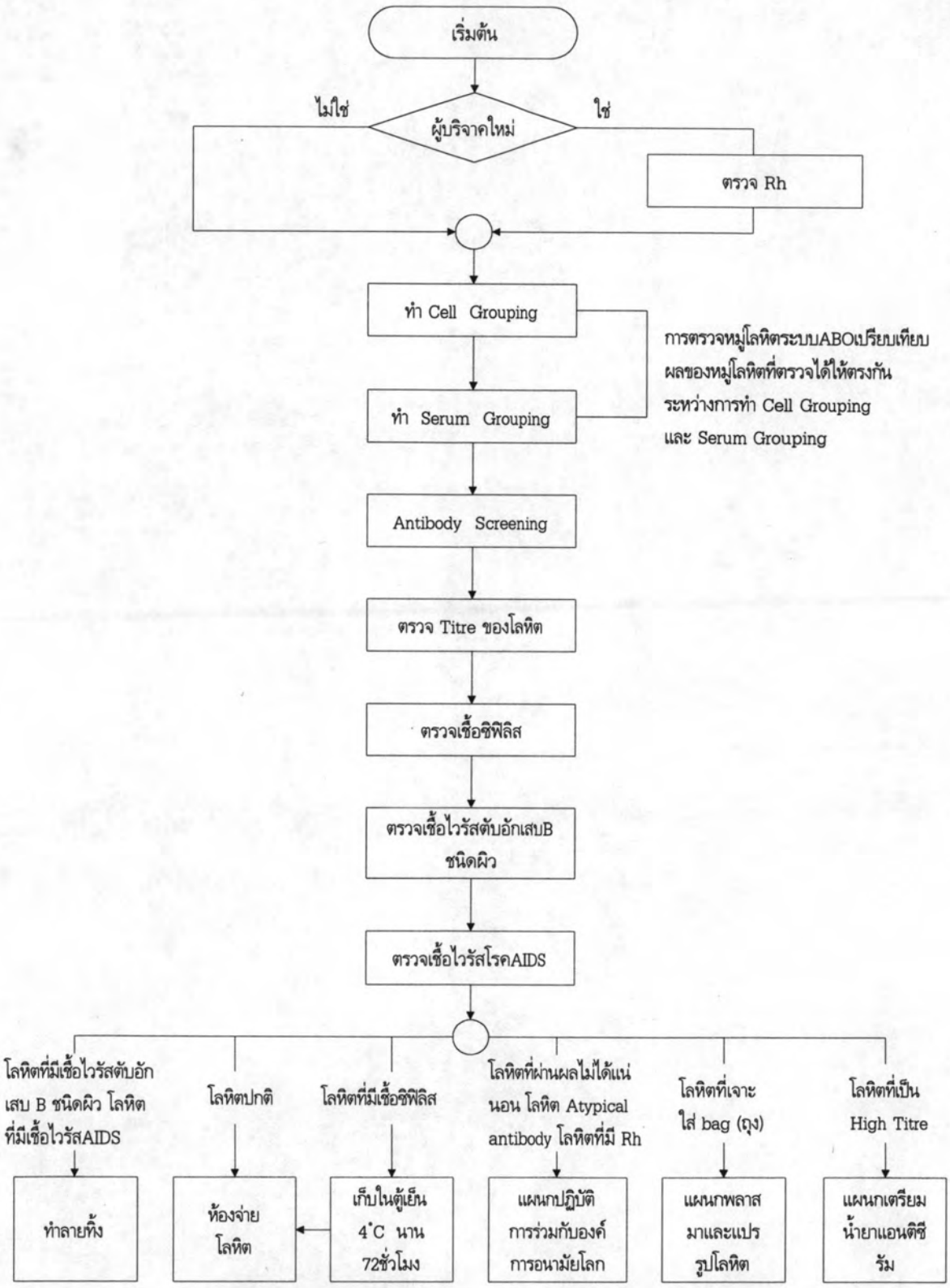
ขั้นตอนการตรวจและจัดสรรโลหิตหลังจากที่ได้รับบริจาคจากมาแสดงได้ดังรูปที่ 3.2

1 ขั้นตอนการตรวจโลหิตของแผนกห้องปฏิบัติการปกติ

1) การตรวจหมู่โลหิตระบบ ABO (ABO blood grouping)

2) การตรวจหา Atypical antibodies (หมู่โลหิตระบบอื่นนอกจากระบบ ABO) ในซีรัม (antibody screening)

3) การตรวจหา Titre (ความแรงของแอนตี้ A แอนตี้ B ในซีรัม) โดยใช้วิธี plate



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการตรวจโลหิตและจัดสรรโลหิตที่ได้รับการบริจาค

4) การตรวจหาเชื้อซิฟิลิส โดยวิธี VDRL (Venereal Disease Research Laboratory)

5) การตรวจหาเชื้อไวรัสตับอักเสบ B ชนิดผิว (Hepatitis B surface antigen) ตรวจโดยวิธี RPHA (Reverse passive hemagglutination)

6) การตรวจหาแอนติ้บอดี้ต่อเชื้อไวรัสเอดส์ (Human immuno deficiency virus serologic test)

7) การตรวจ D antigen บนเม็ดโลหิตแดง (Rh typing)

2 การแยกประเภทโลหิตหลังการตรวจโดยแผนกห้องปฏิบัติการปกติ

1) โลหิตที่มีเชื้อไวรัสตับอักเสบ B เชื้อไวรัสเอดส์จะทำลาย และทำจดหมายแจ้งให้ผู้บริจาคทราบ เชิญมาตรวจซ้ำเพื่อให้แน่ใจว่าผู้บริจาคคนนั้นมีเชื้อไวรัสจริง จะได้ให้คำแนะนำเพื่อทำการรักษาต่อไป

2) โลหิตปกติ แผนกห้องปฏิบัติการปกติจะแจ้งผลให้ห้องจ่ายโลหิตทราบเพื่อรอการเบิกจ่ายต่อไป

3) โลหิตที่มีเชื้อซิฟิลิส แผนกห้องปฏิบัติการปกติจะแจ้งผลให้ห้องจ่ายโลหิตทราบ เพื่อแยกเก็บไว้ในตู้เย็น 4° C นาน 72 ชั่วโมง เชื้อซิฟิลิสจะอ่อนกำลังลงไม่เป็นอันตรายต่อผู้รับโลหิต

4) โลหิตที่อ่านผลหมู่โลหิตไม่ได้แน่นอน โลหิต Atypical antibody โลหิตที่มี Rh- จะส่งโลหิตให้แผนกปฏิบัติการร่วมกับองค์การอนามัยโลก

5) โลหิตที่เจาะใส่ถุง และผลการตรวจเป็นโลหิตปกติ จะส่งให้แผนกพลาสมาและแปรรูปโลหิต เพื่อนำไปแยกเป็นส่วนประกอบของโลหิต

6) โลหิตที่เป็น High titre จะส่งผลให้แผนกเตรียมน้ำยาแอนตี้ซีรัม เพื่อใช้ในการผลิตน้ำยาแอนตี้ซีรัมต่อไป

3.3.2 ขั้นตอนการผลิตส่วนประกอบของโลหิต โดยแผนกพลาสมาและแปรรูปโลหิต

โลหิตที่เจาะเก็บใส่ถุง (bag) เมื่อผ่านการตรวจโดยแผนกห้องปฏิบัติการปกติเรียบร้อยแล้ว จะส่งผลให้แผนกพลาสมาและแปรรูปโลหิต เพื่อนำมาผลิตเป็นส่วนประกอบของโลหิตได้ต่างๆ กันหลายชนิด ส่วนประกอบของโลหิตทุกชนิดที่ผลิตได้ ใช้วัตถุดิบในการผลิตเหมือนกัน คือโลหิตที่เจาะเก็บใส่ถุง วิธีการปั่นแยกอุณหภูมิ และความเร็วในการปั่น ตลอดจนระยะเวลาในการปั่น จะทำให้ได้ส่วนประกอบของโลหิตต่าง ๆ กัน

1. โลหิตแต่ละถุงจะประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1) ส่วนบน เป็นน้ำเหลืองหรือพลาสมา (Plasma) มีประมาณ 55 % โดยปริมาตร ประกอบด้วยน้ำ 91-92 % ส่วนอีก 8-9 % เป็นโปรเตอีน (Protein) ได้แก่ไครโอปริซิปิเตท (Cryoprecipitate) เกลือ และแร่ธาตุต่าง ๆ

2) ส่วนล่างมีสีแดง ประกอบด้วยเม็ดโลหิตแดง (Red blood cells) เม็ดโลหิตขาว (White blood cells) เกร็ดเลือด (Platelets) มีประมาณ 45 % โดยปริมาตร

ในทางทฤษฎี การปั่นแยกโลหิตแต่ละครั้งจะได้ส่วนประกอบของโลหิตที่กล่าวข้างต้นครบทุกชนิด แต่ในทางปฏิบัติ การปั่นแยกด้วยความเร็วและอุณหภูมิในระดับต่าง ๆ เป็นผลให้ได้ส่วนประกอบของโลหิตต่าง ๆ กัน

จากรูปที่ 3.3 จะเห็นว่ามีวิธีการปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิตได้ 3 วิธีดังนี้

1) วิธีที่ 1 นำโลหิตใหม่ที่เจาะใส่ถุงไม่เกิน 4 ชั่วโมง (Fresh blood) มาปั่นด้วยเครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิตที่ 2,400 รอบ/นาที 4°C 20 นาที จะได้เม็ดโลหิตแดง (Packed Red Cells) อยู่ในถุงที่ 1 สามารถจ่ายในรูปของส่วนประกอบของโลหิตได้ ส่วนอีกถุงจะได้พลาสม่า ซึ่งมีเม็ดโลหิตขาว เกร็ดเลือด ไครโอปริซิปิเตทปนอยู่ด้วย พลาสม่าส่วนนี้อาจจะจ่ายได้เรียกว่าพลาสม่าสด (Fresh Plasma) หรืออาจนำไปแช่แข็งที่ -30°C จ่ายในรูปส่วนประกอบโลหิตเรียกว่าพลาสม่าสดแข็ง (Fresh Frozen Plasma) ในบางกรณีอาจนำไปแยกส่วนต่อ จึงทำละลายที่ 4°C แล้วปั่น 2,400 รอบ/นาที นาน 30 นาทีที่2° C แยกพลาสม่าออกโดยวิธี Drain จะได้พลาสม่าที่แยกไครโอออก (Cryo-Removed Plasma) อยู่ในถุงหนึ่ง และไครโอปริซิปิเตท อีกถุงหนึ่ง

หรือเมื่อได้พลาสม่าสดแล้ว อาจนำไปปั่น 2,400 รอบ/นาที 20 นาทีที่ 4° C จะแยกพลาสม่าได้ในถุงหนึ่ง อีกถุงหนึ่งคือเม็ดโลหิตขาว ในส่วนนี้ที่จริงแล้วมีเกร็ดเลือดปนอยู่ด้วย แต่ไม่จำเป็นต้องแยกออก เพราะเกร็ดโลหิตมีอายุเพียง 48 ชั่วโมงเท่านั้น

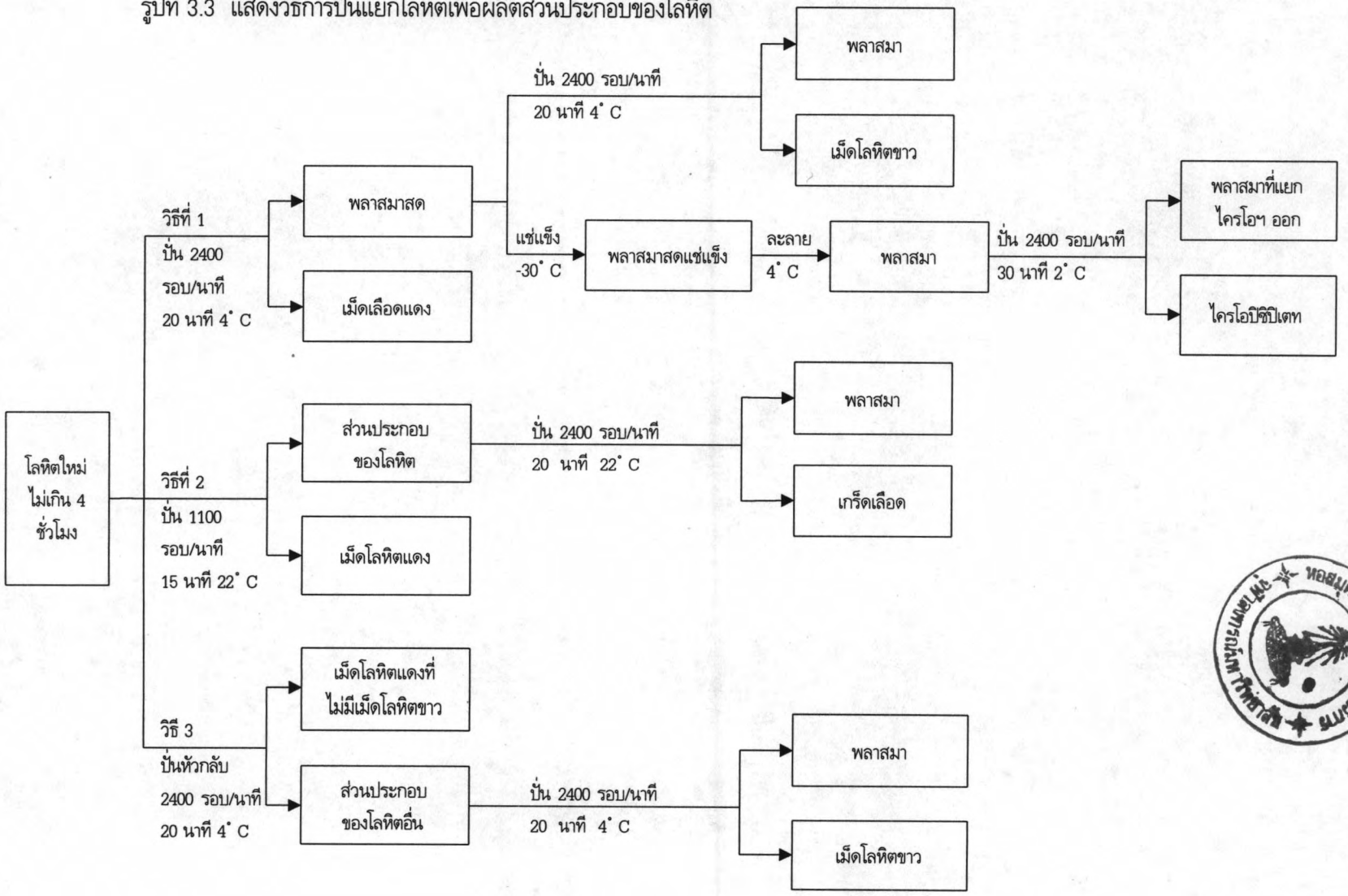
จากวิธีการปั่นแยกวิธีที่ 1 สามารถแยกส่วนประกอบได้ คือ เม็ดโลหิตแดง พลาสม่าสด หรือพลาสม่าสดแช่แข็ง หรือพลาสม่าที่แยกไครโอออก เม็ดโลหิตขาว ไครโอปริซิปิเตท ซึ่งอาจจะไม่ได้ครบทุกส่วนแล้วแต่วิธีการปั่นแยกที่ศูนย์บริการโลหิตคิดว่าเหมาะสมที่สุดในขณะนั้น

2) วิธีที่ 2 นำโลหิตใหม่ที่เจาะใส่ถุงไม่เกิน 4 ชั่วโมง ปั่น 1,100 รอบ 15 นาทีที่ 22° C จะได้เม็ดโลหิตแดงในถุงที่ 1 ส่วนประกอบของโลหิตที่เหลือในถุงที่ 2 นำไปปั่นต่อ 2400 รอบ 20 นาที 22° C แยกพลาสม่าไปใส่ถุงที่ 3 ถุงที่ 2 จะเหลือเกร็ดเลือด (Platelets)

จากการปั่นแยกวิธีที่ 2 สามารถแยกส่วนประกอบของโลหิตได้เป็นเม็ดโลหิตแดง พลาสม่า เกร็ดเลือด

3) วิธีที่ 3 นำโลหิตใหม่ที่เจาะใส่ถุงไม่เกิน 4 ชั่วโมง ปั่นหัวกลับ (Inverted Centrifugation) 2,400 รอบ/นาที 20 นาทีที่ 4° C แยกเม็ดโลหิตแดงออก เม็ดโลหิตแดงที่แยกได้คือ เม็ดโลหิตแดงที่ไม่มีเม็ดเลือดขาวเจือปน (Leucocyte-Poor Red Cells) อีกถุงหนึ่ง คือ พลาสม่าที่ส่วน ประกอบของโลหิตชนิดอื่นเจือปน นำไปปั่นต่อ 2400 รอบ/นาที 20 นาที 4° C จะได้พลาสม่าถุงหนึ่งและ เม็ดโลหิตขาวอีกถุงหนึ่ง

รูปที่ 3.3 แสดงวิธีการปั่นแยกโลหิตเพื่อผลิตส่วนประกอบของโลหิต



จากการปั่นแยกวิธีที่ 3 จะสามารถแยกส่วนประกอบของโลหิตได้เป็น เม็ดโลหิตแดงที่ไม่ มีเม็ดโลหิตขาวเจือปน พลาสม่า และเม็ดโลหิตขาว

นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบของโลหิตอีกชนิดหนึ่ง คือ พลาสม่าสดแห้ง (Fresh Dried Plasma) ซึ่งได้จากการนำเอาพลาสม่าสดไประเหิดน้ำ (Sublimation) ด้วยเครื่องทำแห้ง โดยวิธีการแช่แข็ง (Freeze Drying Process) ทำให้สามารถเก็บไว้ได้นานถึง 5 ปี โดยแช่เก็บไว้ในอุณหภูมิตู้เย็นธรรมดาของอาคารบ้านเรือน

3.4 ประเภทของผลิตภัณฑ์จากโลหิต

การรักษาโรคด้วยผลิตภัณฑ์จากโลหิต หมายถึงการใช้เฉพาะส่วนประกอบใดส่วนประกอบหนึ่งของโลหิตสำหรับรักษาโรคนั้นตามที่ผู้ป่วยต้องการ ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้โลหิตทั้งหมด (Whole Blood) นอกจากนั้นยังเป็นการประหยัดโลหิตและสามารถสะสมบางส่วนประกอบไว้ได้มาก ๆ ในกรณีที่ต้องการใช้มาก ๆ ฉะนั้น จึงเห็นได้ว่าโลหิตยูนิตหนึ่งสามารถจะใช้รักษาผู้ป่วยได้หลายคน ดังนั้นโลหิตสามารถแยกออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.1 และแสดงรูปภาพไว้ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 3.1 แสดงผลิตภัณฑ์ของโลหิต

ผลิตภัณฑ์ของโลหิต	รายละเอียด
1. โลหิตทั้งหมด (Whole Blood) ใช้เพื่อการขนส่งออกซิเจน และการเพิ่มปริมาณของโลหิต	- เก็บที่อุณหภูมิ +4° ซ. ได้นานประมาณ 21 วัน และ 35 วัน ตามลำดับ - factor V และ factor VIII จะลดลงตามเวลาที่เก็บ
2. เม็ดโลหิตแดงเข้มข้น (Red Cell Concentrate) (หรือ Packed Red Cells) เป็นส่วนประกอบของโลหิต ใช้สำหรับเพิ่มการขนส่งออกซิเจน	- คือโลหิต 450 ซีซี. เก็บในน้ำยา CPDA-1 63 ซีซี และแยกเอาพลาสมาออกประมาณ 200 ± 25 ซีซี. จะมี Hematocrit ประมาณ $70 \pm 5\%$ สามารถเก็บได้นาน 35 วันที่ +4° ซ. (Closed System)

ตารางที่ 3.1 แสดงผลิตภัณฑ์ของโลหิต (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์ของโลหิต	รายละเอียด
3. เม็ดโลหิตแดงที่มีเม็ดโลหิตขาวน้อยมาก (Leukocyte-poor Red Cells) เพื่อช่วยเพิ่มการขนส่งออกซิเจนในผู้ป่วยที่แพ้เม็ดโลหิตขาวและพลาสมาโปรตีน	- จะมีเม็ดโลหิตแดงประมาณ 200 ซีซี. ซึ่งเตรียมด้วยวิธีพิเศษคือปั่นหัวกลับ เวลาในการเก็บค่อนข้างจำกัด ถ้าเป็นแบบ Opened System
4. เม็ดโลหิตแดงแช่แข็ง (Frozen Red Cells) เพื่อช่วยเพิ่มการขนส่งออกซิเจนในผู้ป่วยเฉพาะรายเป็นกรณีพิเศษ	- เก็บแช่แข็งได้นานถึง 10 ปี จำนวนพลาสมา เม็ดโลหิตขาว และเกร็ดโลหิตมีน้อยมาก ภายหลังล้างและเตรียมออกใช้ ต้องรีบใช้ทันที
5. เม็ดโลหิตขาวเข้มข้น (Leukocyte concentrate) เม็ดโลหิตขาวที่เตรียมโดยวิธี Leukapheresis ใช้ในผู้ป่วยที่เป็น Septic Neutropenia ซึ่งอาจจะต้องทำ HLA Match	- ได้มาจากการทำ Apheresis จะมีเม็ดโลหิตขาวประมาณ 10 - 20 x 10^9 Granulocytes , เม็ดโลหิตแดง เกร็ดโลหิต และลิมโฟซัยด์นิดหน่อย และพลาสมาประมาณ 400 ซีซี. เก็บได้นาน 24 ชั่วโมง
6. เกร็ดโลหิต (Random Donor) (Platelet Concentrate) ใช้สำหรับผู้ป่วยที่ใช้ Thrombocytopenia เนื่องจากการสร้างเกร็ดโลหิตน้อย	- เตรียมจาก Donor หลาย ๆ คน จะมีเกร็ดโลหิตประมาณ 60 x 10^9 ในพลาสมาประมาณ 50 - 60 ซีซี. เวลาจะใช้ก็นำเกร็ดโลหิตหลาย ๆ ถุงมารวมกัน เก็บได้ประมาณ 3 - 7 วัน ที่อุณหภูมิ 22° ซ. แล้วแต่ชนิดของถุงที่ใช้เก็บ
7. เกร็ดโลหิต (Single Donor) (Platelet Concentrate) ใช้สำหรับผู้ป่วยที่ให้ Platelet แบบ Random Donor ไม่ได้ผล Donor อาจจะต้องทำ HLA Matched	- เตรียมโดยวิธีใช้ Plateletpheresis จาก Doner คนเดียว จะมีเกร็ดโลหิตประมาณ 400 - 600 x 10^9 และเม็ดโลหิตแดง แกรนูโลซัยด์ นิดหน่อย ในพลาสมาประมาณ 300 ซีซี. เก็บได้นานประมาณ 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.1 แสดงผลิตภัณฑ์ของโลหิต (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์ของโลหิต	รายละเอียด
8. พลาสมาธรรมดา (Stored Plasma) ใช้สำหรับเป็น Volume Expansion	- ประกอบด้วยพลาสมาประมาณ 200 $\pm$ 25 ซีซี. คือแยกมาจาก Whole Blood ที่เจาะเก็บมาไม่เกิน 72 ชั่วโมง - และทดแทน Stable Coagulation ประกอบด้วย Coagulation Factors ทุกตัว ยกเว้น Factor V และ Factor VIII - เก็บได้นาน 35 วัน ที่อุณหภูมิ +4° ซ. และ 24 เดือนที่อุณหภูมิ -30° ซ.
9. พลาสมาแช่แข็ง (Frozen Plasma) ใช้ทดแทน Coagulation Factors ทุกตัว	- ประกอบด้วยพลาสมาประมาณ 200 $\pm$ 25 ซีซี. ซึ่งแยกมาจาก Whole Blood ที่เจาะเก็บมาไม่เกิน 24 ชั่วโมง - ประกอบด้วย Factor VIII ประมาณ 50 % จากของเดิม - เก็บได้นาน 12 เดือนที่อุณหภูมิ -30° ซ. หรือ 3 เดือนที่อุณหภูมิ -20° ซ.
10. พลาสมาสดแช่แข็ง (Fresh Frozen Plasma) ใช้ทดแทน Coagulations Factor ได้ทุกตัว โดยเฉพาะพวก Labile Factors ในเมื่อ ไม่มีความจำเป็นต้องใช้แบบ Concentrate หรือในกรณีที่ไม่มีชนิด Concentrate Form	- ประกอบด้วยพลาสมาประมาณ 200 $\pm$ 25 ซีซี. ซึ่งแยกมาจาก Whole Blood ที่เจาะเก็บมาไม่เกิน 6 ชั่วโมง - ประกอบด้วย Coagulations Factors ทุกตัว - เก็บได้นาน 12 เดือนที่อุณหภูมิ -30° ซ. หรือ 3 เดือนที่อุณหภูมิ -20° ซ. - เก็บได้นาน 12 เดือนที่อุณหภูมิ -30° ซ.

ตารางที่ 3.1 แสดงผลิตภัณฑ์ของโลหิต (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์ของโลหิต	รายละเอียด
11. พลาสมาสดแห้ง (Fresh Dried Plasma) ใช้ทดแทน Coagulations Factor ได้ทุกตัว โดยเฉพาะพวก Labile Factors ในเมื่อ ไม่มีความจำเป็นต้องใช้แบบ Concentrate หรือในกรณีที่ไม่มีชนิด Concentrate Form	- ประกอบด้วยพลาสมาประมาณ 200 $\pm$ 25 ซีซี. ซึ่งแยกมาจาก Whole Blood ที่เจาะเก็บมาไม่เกิน 6 ชั่วโมง - ประกอบด้วย Coagulations Factors ทุกตัว - เก็บได้นานกว่าพลาสมาสดแช่แข็งในอุณหภูมิของตู้เย็นธรรมดา สะดวกแก่การรักษาของผู้ป่วยต่างจังหวัด
12. ไครโอปริซิปิเตท (Cryoprecipitate factor VIII) -ใช้สำหรับทดแทน factor VIII ในผู้ป่วยโรค Hemophilia A และโรค von Willebrand -ใช้ทดแทน Fibrinogen -ใช้ทดแทน Factor XIII	- ไครโอแต่ละถุงจะประกอบด้วย Factor VIII ประมาณ 100 unit และ Fibrinogen ประมาณ 250 mg ในพลาสมา 5-10 ซีซี. - เก็บได้นาน 12 เดือนที่อุณหภูมิ -30°ซ.
13. แฟคเตอร์ VIII เข้มข้น (Factor VIII Concentrate) ใช้สำหรับทดแทน Factor VIII ในผู้ป่วยโรค Hemophilia A ห้ามใช้ในผู้ป่วยโรค von Willebrand	- เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำ Plasma Fractionation เป็นแบบ Lyophilized form จำนวนของ Factor VIII และการเก็บดูจากฉลากที่ปิดอยู่บนขวด - ต้องผสมก่อนนำไปใช้
14. แฟคเตอร์ IX เข้มข้น (Factor IX Concentrate) ใช้สำหรับทดแทน Factor IX ห้ามใช้กับผู้ป่วยโรคตับและทารกแรกเกิด	- เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำ Plasma Fractionation เป็นแบบ Lyophilized form ประกอบด้วย Factor II, VII, IX และ X จำนวนของ Factor IX และการเก็บดูจากฉลากที่ปิดอยู่บนขวด - ต้องผสมก่อนนำไปใช้

3.5 เครื่องมือที่ทำการศึกษา

เครื่องมือที่ทำการศึกษามีรายละเอียดตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงเครื่องมือที่ทำการศึกษา

กลุ่มที่	รหัส	จำนวน (เครื่อง)	ประเภทการใช้งาน
1.	4110		ตู้แช่แข็ง
		6	- ตู้แช่แข็ง - 30° ซ ขนาด 15 คิว
		11	- ตู้แช่แข็ง - 30° ซ ขนาด 30 คิว
			ตู้เย็น
		3	- ตู้เย็น 4° ซ ขนาด 6 คิว
		5	- ตู้เย็น 4° ซ ขนาด 30 คิว
2.	4440		ตู้อบ
		2	- ตู้อบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
3.	6515		เครื่องกวน
		6	- เครื่องกวนพลาสม่า
			เครื่องปั่น
		3	- เครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิต (MSE MISTRAL 3000 i)
		10	- เครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิต (MSE MISTRAL 6000
		8	- เครื่องปั่นหลอดทดลอง (SERO-FUGE)
		2	- เครื่องทำแห้ง

โดยเครื่องมือที่ใช้ในการแยกพลาสมาโลหิต ที่แสดงในตารางที่ 3.2 ได้แสดงรูปไว้ในภาคผนวก ข และแต่ละเครื่องจะอาศัยการทำงาน ของระบบต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ จำนวนมาก โดยมีรายละเอียดของดังต่อไปนี้

3.5.1 ตู้แช่แข็ง -30° เซลเซียส

ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -30° เซลเซียส ที่ทำการศึกษามีด้วยกัน 2 ขนาด คือขนาด 15 คิว และ 30 คิว โดยทั้งสองขนาดจะมีระบบการทำงานที่เหมือนกันจะแตกต่างกันตรงขนาดความจุของของที่แช่เย็น โดย

การวัดขนาดปริมาตรภายในตู้ เช่น 30 คิว คือ ตู้แช่แข็งที่มีขนาดจุของที่จะแช่ได้ 30 คิวบิกฟุต (Cubic Foot) ซึ่งแต่ละตู้จะมีโครงสร้างและส่วนประกอบใหญ่ ๆ 3 ส่วนคือ 1 โครงสร้างตัวตู้ 2 ระบบวงจรเครื่องทำความเย็น และ 3 วงจรไฟฟ้า ซึ่งสามารถแยกรายละเอียดออกเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญได้ดังนี้

1 โครงสร้างตัวตู้

ตู้แช่แข็งจะมีโครงสร้างตัวตู้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ โครงตู้ชั้นนอกและโครงตู้ชั้นใน โดยมีฉนวนกันความร้อนใส่อยู่ระหว่างโครงตู้ทั้งสองชั้นนี้

1) โครงตู้ชั้นนอก โครงตู้ชั้นนอกของแช่แข็งทำจากสเตนเลสเกรด 304 2B เบอร์ 20 กว้าง 75 ซม. ยาว 250 ซม. สูง 100 ซม. (รวมล้อ)

2) โครงตู้ชั้นใน ทำจากสเตนเลสเกรด 304 2B เบอร์ 20 ขนาด 30 คิวบิกฟุต แบ่งเป็น 2 ส่วน แยกกันอิสระแต่ละส่วนแบ่งเป็น 4 ช่อง 1 ช่องตื้นและ 3 ช่องลึก ซึ่งท่อของน้ำยาทำความเย็นเป็นท่อทองแดง ขนาด 3/8 นิ้ว ยึดติดแนบกับโครงตู้ชั้นใน เพื่อให้ผนังตู้ชั้นในเกิดความเย็น ตู้แช่แข็งจะมีพัดลมเป่าลมเย็นหมุนเวียนภายในตู้ ผนังภายในตู้ทำด้วยพลาสติกเพราะเป็นฉนวนไปในตัวและมีน้ำหนักเบา

3) ฉนวนกันความร้อน เป็นวัสดุที่ใช้กั้นระหว่างโครงตู้ชั้นนอกและชั้นในของตู้แช่แข็ง ฉนวนนี้ทำจากโฟมฉีด (polyurethane foam) หนา 9 ซม. ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนจากภายนอกตู้ไม่ให้ถ่ายเทเข้าภายในตู้ รักษาระดับความเย็นภายในตู้ให้มีอุณหภูมิต่ำตามที่ต้องการเสมอ

4) ยางขอบตู้ของตู้เย็น เป็นขอบยางช่วยให้ตัวตู้กับประตูหรือฝาตู้ปิดสนิทป้องกัน ไม่ให้อากาศไหลผ่านเข้าออกซึ่งจะทำให้ความเย็นลดน้อยลง

5) ฝาตู้เป็นฝาสเตนเลสแบบโช๊คอัพ ซึ่งเปิดแล้วสามารถตั้งทำมุม 70° กับตู้ โดยมีสปริงดึงให้ฝาตั้งอยู่ได้ และมีกลอนบังคับการปิด-เปิด พร้อมยางขอบฝากันความเย็นจำนวน 2 บาน

2 ระบบวงจรเครื่องทำความเย็น

วงจรเครื่องทำความเย็นประกอบด้วยอุปกรณ์หลักสำคัญดังนี้

1) เครื่องอัด (Compressor) เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ดูดและอัดน้ำยาทำความเย็น โดยดูดน้ำยาที่มีสถานะเป็นแก๊ส อุณหภูมิต่ำ ความดันต่ำ จากช่องแช่แข็ง (Evaporator) เข้ามาอัดให้เป็นแก๊สที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงขึ้นส่งไปยังเครื่องควบแน่น (Condenser) เครื่องอัด (Compresser) จะบรรจุอยู่ภายในตัวเรือนเดียวกันกับมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องอัด (Compresser) ที่เรียกว่ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบเฮอร์เมติก ขนาด 3/4 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 220 โวลท์ 50 ไซเกิ้ล จำนวน 2 ชุด

2) อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) ทำหน้าที่ให้น้ำยาในสถานะที่เป็น แก๊สกลั่นตัวเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยานั้น กล่าวคือน้ำยาในสถานะแก๊ส อุณหภูมิสูง ความดันสูง ซึ่งถูกอัดส่งมาจากเครื่องอัด (Compressor) เมื่อถูก ระบายความร้อนแฝงออกจะกลั่นตัวเป็นของเหลว แต่ยังคงมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่ อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) ที่ใช้เป็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศแผงอุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) เป็นแบบครีบและจะอยู่รวมบนแท่นเดียวกับเครื่องอัด

(Compressor) และพัดลมอุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) เรียกว่าคอนเดนซิ่งยูนิตอุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) แผงอุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) ของตู้แช่แข็งจะระบายความร้อนแบบที่มีพัดลมช่วยในการระบายความร้อนด้วย

3) อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) เป็นส่วนที่ติดไว้ในตู้ ทำหน้าที่ดูดรับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการความเย็นขณะที่น้ำยาทำความเย็นภายในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูดรับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยาเข้าไปยังน้ำยาภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ลดลง ทำด้วยท่อมีครีบ (finned coil) และมีพัดลมเป่าลมเย็นให้ไหล หมุนเวียนภายในตู้ ชุดคอยล์เย็นจะประกอบติดแน่นกับโครงตู้ชั้นในโดยตรง

4) เอกซ์เพนชั่นวาลว์ (Expension) เป็นชุดควบคุมน้ำยาเครื่องทำความเย็น (Refrigerant Flow Controls) มีทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาของเครื่องทำความเย็นก่อนที่จะผ่านเข้ายังอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลงจนสามารถเดือดเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สได้ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ในอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) และยังทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งความดันของระบบเป็นด้านความดันสูง และด้านความดันต่ำอีกด้วย

5) ดรายเออร์ฟิลเตอร์ (Filter Drier) ทำหน้าที่ดูดความชื้นและกรองสิ่งสกปรกของน้ำยาทำความเย็นก่อนเข้าชุดคอยล์เย็นเพื่อป้องกันการอุดตันด้วยสิ่งสกปรก และอุดตันด้วยความชื้นที่สะสม และจับตัวกันเป็นน้ำแข็ง ปิดการไหลของน้ำยาทำความเย็น ดรายเออร์ฟิลเตอร์นี้จะมีสารดูดความชื้นบรรจุอยู่

6) แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ระหว่างอีวาพอเรเตอร์ (Evaporater) และทางดูดของเครื่องอัด (Compressor) ซึ่งมีหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำยาความเย็นที่มีสภาพเป็นของเหลวไหลเข้าทางดูดของเครื่องอัด (Compressor) ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียหายแก่เครื่องอัดได้ น้ำยาทำความเย็นส่วนที่เป็นของเหลวไหลมาแอกคิวมูเลเตอร์นี้ก่อน เมื่อระเหยเป็นแก๊สแล้วจึงจะไหลเข้าทางดูดของเครื่องอัด (Compressor) ได้

7) กระจกมองน้ำยา (Sight Glasses) ใช้ดูน้ำยาทำความเย็นในระบบว่าเต็มหรือไม่ ซึ่งถ้าน้ำยาทำความเย็นเต็มระบบจะมองไม่เห็นฟองอากาศ ถ้าน้ำยาทำความเย็นไม่เต็มระบบจะมองเห็นฟองอากาศที่กระจกมองน้ำยา นอกจากนี้กระจกมองน้ำยายังบอกถึงสภาพความชื้นในระบบของเครื่องทำความเย็นได้ เช่น ถ้ามีสีเหลืองแสดงว่าในระบบมีความชื้นอยู่มาก ถ้ามีสีเขียวแสดงว่าในระบบน้ำยาทำความเย็นปราศจากความชื้น และถ้าในระบบมีความชื้นอยู่มากจำเป็นต้องเปลี่ยนตัวกรองความชื้น (Filter Drier) ใหม่

3 วงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้าในตู้เย็นประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1) มอเตอร์ (Moter) เป็นตัวฉุดเครื่องอัด (Compressor) ในตู้เย็นและเป็นชนิดต่อโดยตรงกับเครื่องอัด (Compressor) ประกอบอยู่ในฝาเหล็กหุ้มมิดชิด ขดลวดของมอเตอร์แบ่งเป็น 2 ชุด

คือ ชุดขดลวดรันและขดลวดสตาร์ด (run and start winding) ขดลวดทั้งสองนี้พันอยู่กับสเตเตอร์ และยึดติดกับโครงของมอเตอร์ ตัวโรเตอร์จะหมุนอยู่ภายในสเตเตอร์

2) รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ช่วยต่อให้กระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดสตาร์ด และตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ผ่านเข้าไปยังขดลวดสตาร์ด เมื่อมอเตอร์เครื่องอัด (Moter Compressor) ทำงานเป็นปกติแล้ว โดยมีการทำงานด้วยเคอร์เรนต์รีเลย์ (current relay)

3) โอเวอร์โหลด (Overload) ทำหน้าที่ตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดความร้อนอันเนื่องจากกระแสไฟฟ้าในวงจรสูงกว่าปกติ โอเวอร์โหลดแต่ละตัวมีความพอเหมาะในการตัดกระแสไฟฟ้ากับมอเตอร์เครื่องอัดแต่ละขนาดโดยเฉพาะ

4) เทอร์โมสตัต (Thermostat) ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิภายในตู้แช่แข็งให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และทำการตัดและต่อวงจรไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิลดต่ำหรือสูงขึ้นกว่าที่ตั้งกำหนดไว้

5) มอเตอร์พัดลม เป็นมอเตอร์สำหรับพัดลมระบายความร้อนอุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) จะติดตั้งพัดลมทำหน้าที่ดูดเป่าลมเย็นผ่านชุดคอยล์เย็น มอเตอร์พัดลมนี้จะเป็นชนิดเชเดดโพลมอเตอร์ (shaded pole moter)

6) ไทเมอร์ (timer) เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กหมุนขับเฟืองทดให้หน้าสัมผัสตัดและต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดการละลายน้ำแข็ง

7) คาพาซิเตอร์สตาร์ต (Capacitor Start) ต่อกับขดลวดสตาร์ตของมอเตอร์เครื่องอัด (Moter Compressor) เพื่อช่วยให้มอเตอร์สตาร์ตออกตัวได้ดียิ่งขึ้น

8) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิภายในตู้ แสดงค่าอุณหภูมิเป็นตัวเลขเรืองแสง(ดิจิตอล)

9) ระบบเสียงและแสงเตือนให้ทราบว่าอุณหภูมิสูงขึ้นจากที่ตั้งไว้

3.5.2 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4° เซลเซียส

ตู้เย็นอุณหภูมิ 4° เซลเซียส ที่ทำการศึกษามีด้วยกัน 2 ขนาด คือขนาด 6 คิว และ 30 คิว โดยทั้งสองขนาดจะมีระบบการทำงานที่เหมือนกันจะแตกต่างกันตรงขนาดความจุของของที่แช่เย็น โดยการวัดขนาดปริมาตรภายในตู้ เช่น 6 คิว ก็คือตู้เย็นที่มีขนาดจุของที่จะแช่ได้ 6 คิวบิกฟุต (Cubic Foot) ซึ่งแต่ละตู้จะมีโครงสร้างและส่วนประกอบใหญ่ ๆ 3 ส่วนคือ 1 โครงสร้างตัวตู้ 2 ระบบวงจรเครื่องทำความเย็น และ 3 วงจรไฟฟ้า ซึ่งสามารถแยกรายละเอียดออกเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญได้ดังนี้

1 โครงสร้างตัวตู้

1) โครงตู้ชั้นนอก โครงตู้ชั้นนอกของตู้เย็นทำจากสเตนเลสเกรด 304 2B เบอร์ 20 กว้าง 70 ซม. ยาว 120 ซม. สูง 200 ซม. (รวมล้อ)

2) โครงตู้ชั้นใน ทำจากสเตนเลสเกรด 304 2B เบอร์ 20 ขนาด 30 คิวบิกฟุตซึ่งท่อของน้ำยาทำความเย็นเป็นท่อทองแดง ขนาด 3/8 นิ้ว ยึดติดแนบกับโครงตู้ชั้นใน เพื่อให้ผนังตู้ชั้นในเกิด

ความเย็น ตู้เย็นจะมีพัดลมเป่าลมเย็นหมุนเวียนภายในตู้ ผนังภายในตู้ทำด้วยพลาสติก เพราะเป็นฉนวนไปในตัว และมีน้ำหนักเบา

3) ฉนวนกันความร้อน เป็นวัสดุที่ใช้กั้นระหว่างโครงตู้ชั้นนอกและชั้นในของตู้เย็น ฉนวนนี้ทำจากโฟมฉีด (polyurethane foam) หนา 9 ซม. ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนจากภายนอกตู้ไม่ให้ถ่ายเทเข้าภายในตู้ รักษาระดับความเย็นภายในตู้ให้มีอุณหภูมิต่ำตามที่ต้องการเสมอ

4) ยางขอบตู้ของตู้เย็น เป็นขอบยางช่วยให้ตัวตู้กับประตูหรือฝาตู้ปิดสนิท ป้องกัน ไม่ให้อากาศไหลผ่านเข้าออกซึ่งจะทำให้ความเย็นลดน้อยลง

5) ชั้นวางของภายในตู้เย็น เป็นตระแกรงโปร่ง เพื่อให้ความเย็นสามารถถ่ายเทมายังชั้นล่าง ๆ ได้ วัสดุที่ใช้เป็นวัสดุที่ไม่เป็นสนิม เช่น เหล็กเส้นเคลือบด้วยพลาสติก ชั้นวางของภายในจะปรับสูงหรือต่ำได้ตามช่องทั้งสองข้างของโครงตู้ชั้นใน

6) ฝาตู้ เป็นฝาสเตนเลสมีกระจกตู้อยู่ด้วย เพื่อต้องการโชว์ของที่อยู่ภายในตู้ กระจกจะมีความหนาพอสมควรเพื่อป้องกันไม่ให้แตกง่าย

ส่วนระบบวงจรเครื่องทำความเย็น และวงจรไฟฟ้า มีรายละเอียดของชิ้นส่วนอุปกรณ์หลักที่สำคัญเหมือนกันกับของตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -30° เซลเซียส

เพื่อความสะดวกในการศึกษาชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ ของตู้แช่แข็ง -30° เซลเซียส และตู้เย็น 4° เซลเซียส จึงได้จัดชิ้นส่วนต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 3.3 ดังแสดงต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 แสดงหน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของตู้แช่แข็ง -30° ซ.และตู้เย็น 4° ซ.

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
	โครงสร้างตัวตู้	
1	ฉนวนกันความร้อน (polyurethane foam)	ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนจากภายนอกตู้ไม่ให้ถ่ายเทเข้าภายในตู้ รักษาระดับความเย็นภายในตู้ให้มีอุณหภูมิต่ำตามที่ต้องการเสมอ
2	ยางขอบตู้ของตู้เย็น	ช่วยให้ตัวตู้กับประตูหรือฝาตู้ปิดสนิทป้องกันไม่ให้อากาศไหลผ่านเข้าออกซึ่งจะทำให้ความเย็นลดลง
3	ชั้นวางของภายในตู้เย็น	เพื่อให้ความเย็นสามารถถ่ายเทมายังชั้นล่าง ๆ ได้
	ระบบวงจรเครื่องทำความเย็น	
1	เครื่องอัด (Compressor)	ดูดและอัดน้ำยาทำความเย็น โดยดูดน้ำยาที่มีสถานะเป็นแก๊ส อุณหภูมิต่ำ ความดันต่ำ จากอีวาพอเรเตอร์ เข้ามาอัดให้เป็นแก๊สที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงขึ้นส่งไปยังคอนเดนเซอร์
2	อุปกรณ์ควบแน่น (Condensor)	ให้น้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊สกลั่นตัวเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยานั้น กล่าวคือน้ำยาในสถานะแก๊ส อุณหภูมิสูง ความดันสูง ซึ่งถูกอัดส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ เมื่อถูกระบายความร้อนแฝงออกจะกลั่นตัวเป็นของเหลว แต่ยังคงมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่
3	อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator)	ดูดรับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการความเย็นขณะที่น้ำยาทำความเย็นภายในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูดรับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยาเข้าไปยังน้ำยาภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ลดลง

ตารางที่ 3.3 แสดงหน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของตู้แช่แข็ง -30° ซ.และตู้เย็น 4° ซ. (ต่อ)

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
4	เอกซ์เพนชั่นวาล์ว (Expansion Valve)	เป็นชุดควบคุมน้ำยาเครื่องทำความเย็นที่ใช้ปรับการไหลของน้ำยาทำความเย็น
5	ดรายเออร์ฟิลเตอร์ (Filter Drier)	ดูดความชื้นและกรองสิ่งสกปรกของน้ำยาทำความเย็นก่อนเข้าชุดคอยล์เย็นเพื่อป้องกันการอุดตันด้วยสิ่งสกปรกและอุดตันด้วยความชื้นที่สะสมและจับตัวเป็นน้ำแข็ง ปิดการไหลของน้ำยาทำความเย็น
6	แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator)	ป้องกันไม่ให้น้ำยาความเย็นที่มีสภาพเป็นของเหลวไหลเข้าทางดูดของเครื่องอัด (Compressor) ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียหายแก่เครื่องอัดได้ น้ำยาทำความเย็นส่วนที่เป็นของเหลวไหลมาแอกคิวมูเลเตอร์นี้ก่อน เมื่อระเหยเป็นแก๊สแล้วจึงจะไหลเข้าทางดูด ของเครื่องอัด (Compressor) ได้
7	กระจกมองน้ำยา (Sight Glasses)	ใช้ดูน้ำยาทำความเย็นในระบบว่าเต็มหรือไม่ ซึ่งถ้าน้ำยาทำความเย็นเต็มระบบจะมองไม่เห็นฟองอากาศ ถ้าน้ำยาทำความเย็นไม่เต็มระบบจะมองเห็นฟองอากาศที่กระจกมองน้ำยา
	<u>วงจรไฟฟ้า</u>	
1	มอเตอร์ (Motor)	เป็นตัวฉุดเครื่องอัด (Compressor) ในตู้เย็นและเป็นชนิดต่อโดยตรงกับเครื่องอัด
2	รีเลย์ (Relay)	ช่วยต่อให้กระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดสตาร์ดและตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ผ่านเข้าไปยังขดลวดสตาร์ด เมื่อมอเตอร์เครื่องอัด (Motor Compressor) ทำงานเป็นปกติแล้ว

ตารางที่ 3.3 แสดงหน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของตู้แช่แข็ง -30° ซ.และตู้เย็น 4° ซ. (ต่อ)

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
3	โอเวอร์โหลด (Overload)	ตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดความร้อนอันเนื่องจากกระแสไฟฟ้าในวงจรสูงกว่าปกติ
4	เทอร์โมสตัต (Thermostat)	ควบคุมอุณหภูมิภายในตู้เย็นให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และทำการตัดและต่อวงจรไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิลดต่ำหรือสูงขึ้นกว่าที่ตั้งกำหนดไว้
5	มอเตอร์พัดลม (Fan Motor)	เป็นมอเตอร์สำหรับพัดลมระบายความร้อนอุปกรณ์ควบแน่น (Condencer) และดูดเป่าลมเย็นผ่านชุดคอยล์เย็น
6	ไทเมอร์ (timer)	เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กหมุนขับเฟืองทดให้หน้าสัมผัสตัดและต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดการละลายน้ำแข็ง
7	คาพาซิเตอร์สตาร์ต(Capacitor Start)	ช่วยให้มอเตอร์สตาร์ตออกตัวได้ดียิ่งขึ้น
8	เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิภายในตู้	แสดงค่าอุณหภูมิเป็นตัวเลขเรืองแสง (ดิจิตอล)
9	ระบบเสียงและแสง	เตือนให้ทราบว่าอุณหภูมิสูงขึ้นจากที่ตั้งไว้

3.5.3 ตู้อบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ตู้อบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ทำการศึกษาใช้เป็นตู้สำหรับเพาะเลี้ยงเซลล์ โดยจะต้องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature) , ความชื้น(Humidity) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ให้อยู่ในค่าที่กำหนดไว้ ตู้อบมีโครงสร้างและส่วน ประกอบใหญ่ ๆ 3 ส่วนคือ 1 โครงสร้างตัวตู้ , 2 อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า และ 3 ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยสามารถแยกรายละเอียดออกเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญได้ดังนี้

1 โครงสร้างตัวตู้

ตู้อบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีโครงสร้างตัวตู้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ โครงตู้ชั้นนอกและโครงตู้ชั้นใน โดยมีฉนวนกันความร้อนใส่อยู่ระหว่างโครงตู้ทั้งสองชั้นนี้

1) โครงตู้ชั้นนอก โครงตู้ชั้นนอกของตู้ทำจากสเตนเลสเกรด

2) โครงตู้ชั้นใน

2.1) ผนังภายในตู้ (Interior Chamber Walls) ทำจากสเตนเลส เพื่อให้สามารถทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี

2.2) ชั้นวางของภายในตู้อบ (Removable Shelf) เป็นกระจกใส โดยชั้นวางของภายในตู้จะปรับสูงหรือต่ำได้ตามช่องทั้งสองข้างของโครงตู้ชั้นใน

2.3) ถาดน้ำกลั่น (Humidity Pan) ทำให้เกิดความชื้น (Humidification) ภายในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ โดยการระเหยกลายเป็นไอของน้ำกลั่นในถาด

3) ยางขอบตู้ เป็นขอบยางช่วยให้ตัวตู้กับประตูปิดสนิท ป้องกันไม่ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไหลออก หรืออากาศจากภายนอกเข้ามาในตู้

4) ฝาตู้ (Glass Door Latch) เป็นกระจกใส เพื่อต้องการให้เห็นของที่อยู่ภายในตู้ กระจกจะมีความหนาพอสมควรเพื่อป้องกันไม่ให้แตกง่าย

2 อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า

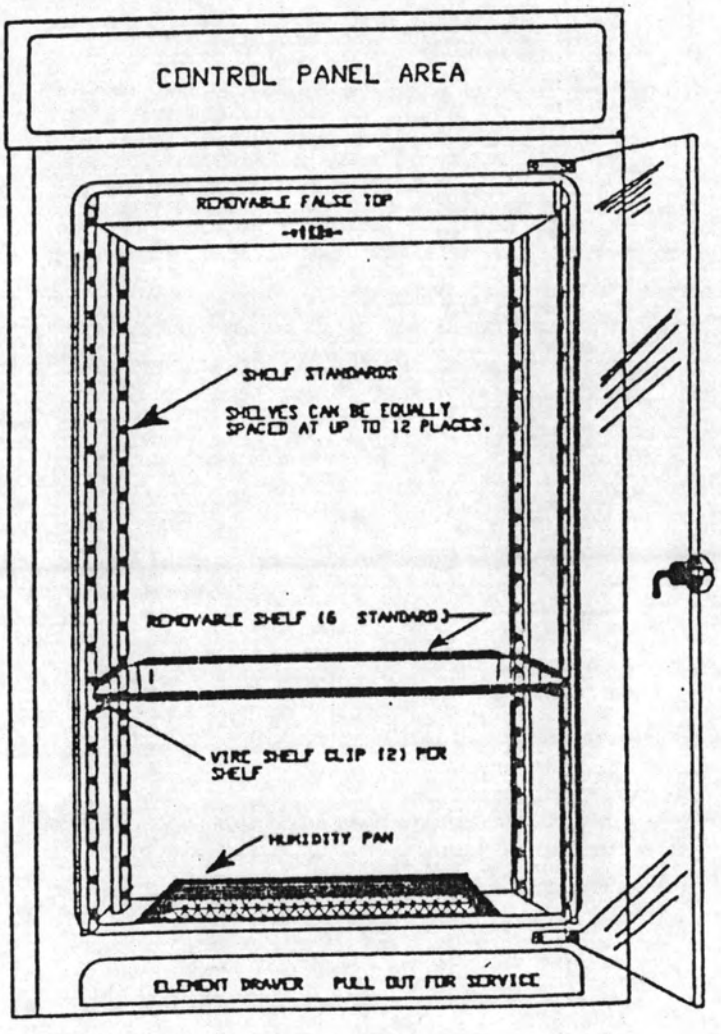
อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าในตู้อบ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ ดังนี้

1) โซลินอยล์วาวล์ (Solenoid Valve) ทำหน้าที่ควบคุมส่วนต่าง ๆ ของวงจร

2) ฮีตเตอร์ประตู (Door Heater) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ไอน้ำในอากาศมากระทบความเย็นจับตัวเป็นหยดน้ำรอบประตูตู้ ตัวฮีตเตอร์จะเป็นลวดโลหะที่ทำจากนิกเกิล-โครเมียม (Nickel-Chromium)

3) เทอร์โมสตัต (Thermostat) เป็นสวิทช์ควบคุมอุณหภูมิของตู้ อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยหน้าสัมผัสจะจากออกเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าที่ตั้งไว้

4) คาร์บอนไดออกไซด์เซนเซอร์ (CO_2 Sensor) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปที่ไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อควบคุมระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ 3.4 โครงสร้างตัวตู้

5) ไมโครโปรเซสเซอร์คอนโทรลเลอร์ (Microprocessor Controller) ทำหน้าที่ควบคุมและแสดงการทำงานของอุณหภูมิ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และความชื้น โดยแสดงออกมาเป็นตัวเลขดิจิตอลที่หน้าปัทม์ ทำให้สามารถควบคุมได้ถูกต้อง

6) ฮิวมิดดิตีเซนเซอร์ (Humidity Sensor) ทำหน้าที่เป็นเครื่องส่งสัญญาณที่มีความไวต่อระดับความชื้น

7) สวิทช์แสดงระดับน้ำ (Water Level Switch) มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของระดับน้ำ โดยจะตัดเมื่อระดับน้ำลดลงจนถึงจุดที่กำหนดไว้

8) สวิทช์กำลัง (Power Switch) เป็นสวิทช์ควบคุมการปิดเปิด

9) Door Heat Sensor ทำหน้าที่เป็นเครื่องส่งสัญญาณ ที่มีความไวต่อระดับความร้อนที่ประตูตู้ ซึ่งโดยปกติแล้วอุณหภูมิของประตูตู้กับผนังด้านในตู้จะต้องเท่ากันเพื่อป้องกันไม่ให้ไอน้ำในอากาศมากระทบความเย็นจับตัวเป็นหยดน้ำรอบประตูตู้

10) มอเตอร์พัดลม (Fan Motor) เป็นมอเตอร์สำหรับพัดลมระบายความร้อน โดยอาศัยแกนหมุนของมอเตอร์เป็นตัวจ่ายกำลังให้กับภายนอก

3 ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ ดังนี้

1) คาร์บอนไดออกไซด์โซลินอยล์วาวล์ (CO_2 Solenoid Valve) ทำหน้าที่ควบคุมส่วนต่าง ๆ ของวงจรการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2) ตัวปรับแรงดัน (Pressure Regulator) มีหน้าที่ควบคุมแรงดัน ความเร็วการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่ท่อ

3) CO_2 Pre-heater ทำหน้าที่ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อุ่นก่อนที่จะถึงอุณหภูมิใช้งานจริง

4) สวิทช์แรงดัน (Pressure Switch) มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของแรงดัน โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงแรงดัน ซึ่งจะตัดเมื่อแรงดันต่ำลงจนถึงจุดที่กำหนดไว้

ตารางที่ 3.4 แสดงหน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของตู้อบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
	โครงสร้างตัวตู้	
1	ผนังภายในตู้ (Interior Chamber Walls)	ทำจากสเตนเลส เพื่อให้สามารถทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี
2	ชั้นวางของภายในตู้อบ (Removable Shelf)	เป็นกระจกใส โดยชั้นวางของภายในตู้จะปรับสูงหรือต่ำได้ตามขนาดของที่วาง
3	ถาดน้ำกลั่น (Humidity Pan)	ทำให้เกิดความชื้น (Humidification) ภายในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ โดยการระเหยของน้ำกลั่นในถาด
4	ยางขอบตู้	ช่วยให้ตัวตู้กับประตูปิดสนิท
5	ฝาตู้ (Glass Door Latch)	เป็นกระจกใส เพื่อต้องการให้เห็นของที่อยู่ภายในตู้
	อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน	
1	โซลินอยล์วาวล์ (Solenoid Valve)	ควบคุมส่วนต่าง ๆ ของวงจร
2	ฮีตเตอร์ประตู (Door Heater)	ป้องกันไม่ให้ไอน้ำในอากาศมากระทบความเย็นจับตัวเป็นหยดน้ำรอบประตูตู้
3	ลิมิตเทอร์โมสตัต (Limit Thermostat)	เป็นสวิทช์ควบคุมอุณหภูมิของตู้ โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
4	คาร์บอนไดออกไซด์เซนเซอร์ (CO_2 Sensor)	ส่งสัญญาณไปที่ ไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อควบคุมระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ 3.4 แสดงหน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของตู้อบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ต่อ)

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
5	ไมโครโปรเซสเซอร์คอนโทรลเลอร์ (Microprocessor Controller)	ควบคุมและแสดงให้ทราบการทำงานของอุณหภูมิ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และความชื้น
6	ฮิวมิดดิตีเซนเซอร์ (Humidity Sensor)	เป็นเครื่องส่งสัญญาณ ที่มีความไวต่อระดับความชื้น
7	สวิทช์แสดงระดับน้ำ (Water Level Switch)	ควบคุมการทำงานของระดับน้ำ โดยจะตัดเมื่อระดับน้ำลดลงจนถึงจุดที่กำหนดไว้
8	สวิทช์กำลัง (Power Switch)	เป็นสวิทช์ควบคุมการปิดเปิด
9	Door Heat Sensor	เป็นเครื่องส่งสัญญาณ ที่มีความไวต่อระดับความร้อนที่ประตูตู้ เพื่อป้องกันไม่ให้ไอน้ำในอากาศมากระทบความเย็นจับตัวเป็นหยดน้ำรอบประตูตู้
10	มอเตอร์พัดลม (Fan Motor)	เป็นมอเตอร์สำหรับพัดลมระบายความร้อน
	<u>ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์</u>	
1	คาร์บอนไดออกไซด์โซลินอยล์วาวล์ (CO_2 Solenoid Valve)	ควบคุมส่วนต่าง ๆ ของวงจรการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
2	ตัวปรับแรงดัน (Pressure Regulator)	ควบคุมแรงดัน ความเร็วการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่ท่อ
3	CO_2 Pre-heater	ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อุ่นก่อนที่จะถึงอุณหภูมิใช้งานจริง
4	สวิทช์แรงดัน (Pressure Switch)	ควบคุมการทำงานของแรงดัน ซึ่งจะตัดเมื่อแรงดันเพิ่มหรือลดต่ำลงจนถึงจุดที่กำหนดไว้

3.5.4 เครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิต Mistral 6000

เครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิตหรือเซนตริฟิวจ์ เป็นอุปกรณ์ใช้เร่งการตกตะกอนโดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifuge Force) เครื่องปั่นแยกมีหลายชนิดแต่ทุกชนิดใช้หลักการพื้นฐานของแรงหนีศูนย์กลางทั้งนั้น เครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิตใช้สำหรับแยกพลาสมา ซึ่งไม่ละลายในเลือด

เครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิต Mistral 6000 ที่ทำการศึกษาเป็นเครื่องปั่นที่มีขนาดใหญ่ เป็นเครื่องประเภทตั้งกับพื้น ขนาดของเครื่องสูง 111.5 ซม. กว้าง 74.5 ซม. ยาว 102 ซม. และหนัก 330 กก. ควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ รายละเอียดของเครื่องปั่นสามารถแยกออกเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญได้ดังนี้

1 ส่วนประกอบทั่วไป (General Assembly)

เครื่องปั่นจะมีส่วนประกอบโดยทั่วไป ดังนี้

1) ยางขอบฝาปิดเครื่องปั่น (Lid Seal) เป็นขอบยางช่วยให้ฝาตู้ปิดสนิท ป้องกันไม่ให้อากาศ ไหลผ่านเข้าออกซึ่งจะทำให้ความเย็นลดน้อยลง

2) ชุดฐานเครื่องปั่น (Base Assembly) เป็นฐานเครื่อง โดยประกอบด้วยลูกล้อ แหวนกันกระแทก แผ่นรอง

3) ชุดล็อคฝาตู้ (Lid Lock Assembly) ช่วยป้องกันอันตราย ถ้าไม่ปิดฝาตู้เครื่องจะไม่ทำงาน เนื่องมาจากการทำงานของสวิทช์นี้

4) สวิทช์ล็อคประตูด้านใน (Door Interlock Switch) สำหรับลอคประตูจากด้านใน

5) ชุดถ้วยปั่น (Cup Packed) สำหรับใส่โลหิตชนิดแบบถุง (Blood Bag) เพื่อทำการปั่น มีทั้งชนิด 4 และ 8 หัว โดยสามารถถอดเปลี่ยนได้

6) โครงเครื่อง ประกอบด้วยผนังด้านหน้า ด้านข้าง ฝาเครื่อง และอุปกรณ์จับยึด

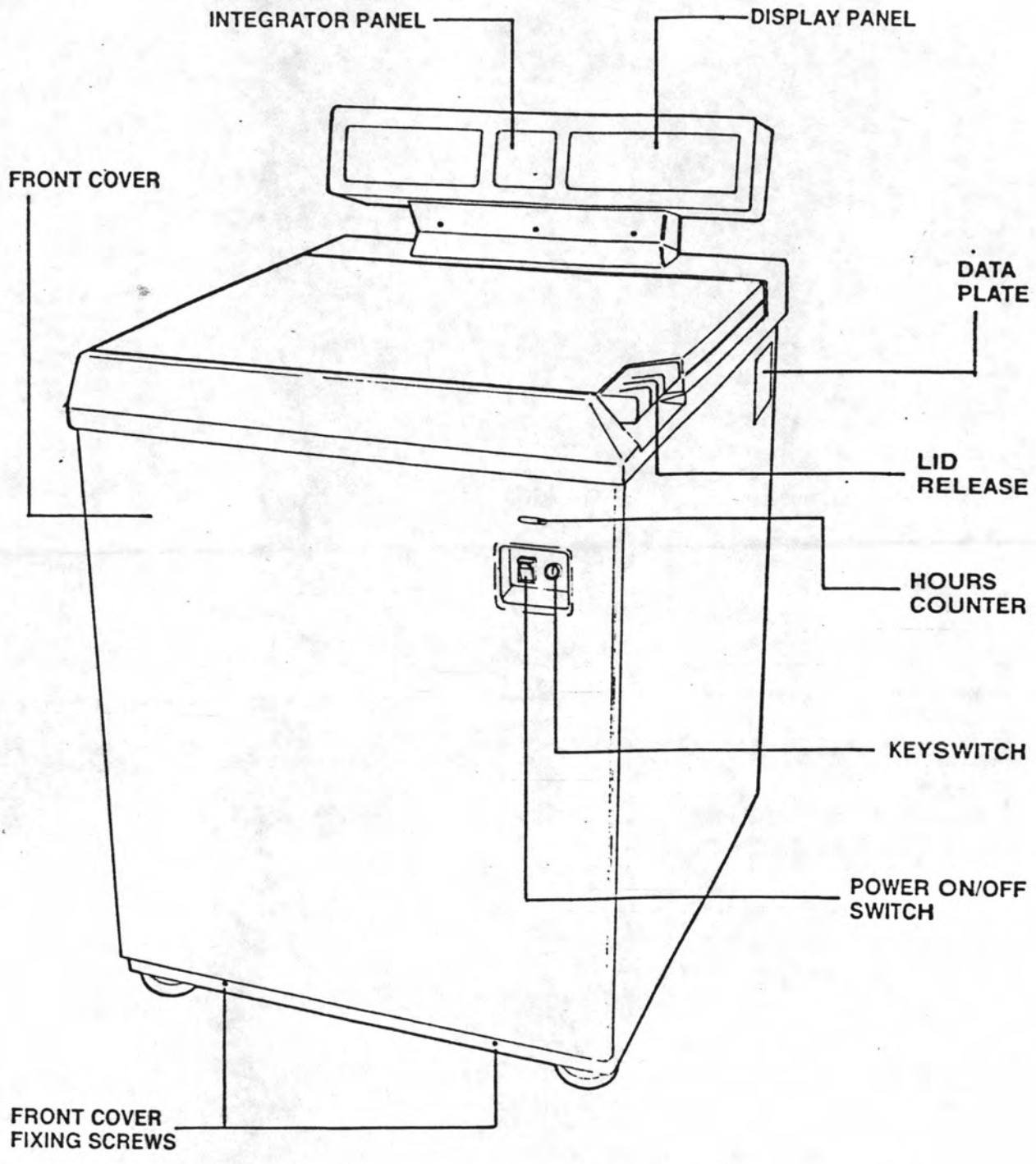
2 ระบบวงจรทำความเย็น (Condensing Unit Assembly)

วงจรเครื่องทำความเย็นประกอบด้วยอุปกรณ์หลักสำคัญดังนี้

1) เครื่องอัด (Compressor) เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ดูดและอัดน้ำยาทำความเย็น โดยดูดน้ำยาที่มีสถานะเป็นแก๊ส อุณหภูมิต่ำ ความดันต่ำ จากอีวาพอเรเตอร์เข้ามาอัดให้เป็นแก๊สที่มีอุณหภูมิสูง และความดันสูงขึ้น ส่งไปยังเครื่องควบแน่น (Condenser)

2) อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) ทำหน้าที่ให้น้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊สกลั่นตัวเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยานั้น

3) อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดรับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการความเย็นขณะที่น้ำยาทำความเย็นภายในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส



รูปที่ 3.5 เครื่องปั่นแยกส่วนประกอบโลหิต Mistral 6000

จะดูดรับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยาเข้าไปยังน้ำยาภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบอีวา พอเรเตอร์ลดลง

4) เอกซ์เพนชั่นวาลว์ (Expension) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาของเครื่องทำความเย็นก่อนที่จะผ่านเข้ายังอีวาพอเรเตอร์ ลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลง จนสามารถเดือดเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สได้ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ในอีวาพอเรเตอร์

5) ดรายเออร์ฟิลเตอร์ (Filter Drier) ทำหน้าที่ดูดความชื้นและกรองสิ่งสกปรกของน้ำยาทำความเย็นก่อนเข้าชุดคอยล์เย็นเพื่อป้องกันการอุดตันด้วยสิ่งสกปรก

6) ท่อพักน้ำยาเหลว น้ำยาเหลวที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงซึ่งกลั่นตัวมาจากอุปกรณ์ควบแน่น จะถูกส่งเข้ามาในท่อพักน้ำยานี้ ก่อนที่จะถูกส่งไปยังเอกซ์แพนชั่นวาล์วอีกทีหนึ่ง

7) ท่อทางอัด เป็นท่อความดันของน้ำยาด้านความดันสูง

8) พัดลม (Modified Fan) ทำหน้าที่ระบายความร้อนอุปกรณ์ควบแน่น

3. อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า (Power Assembly)

1) คอนแทคเตอร์ชนิด 3 ขั้ว (3-Pole Contactor) ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ตัดต่อกระแสไฟฟ้า

2) อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

3) เมนฟิลเตอร์ (Mains Filter) เป็นอุปกรณ์ที่กรองที่จะเข้าไปในเครื่องให้สะอาด

4) รีเลย์ (Relay) มีหน้าที่ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินในมอเตอร์

5) ชุดหม้อแปลง (Transformer) เป็นอุปกรณ์เพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้า โดยไม่ต้องมีส่วนที่เคลื่อนไหวจากการทำงาน

6) ชุดคาพาซิเตอร์ (Capacitor Assembly) ทำหน้าที่ช่วยให้มอเตอร์สตาร์ทออกตัวได้ดียิ่งขึ้น

4. ชุดขับเคลื่อน (Drive Assembly)

ชุดขับเคลื่อนในเครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิต MSE 6000 ประกอบด้วย

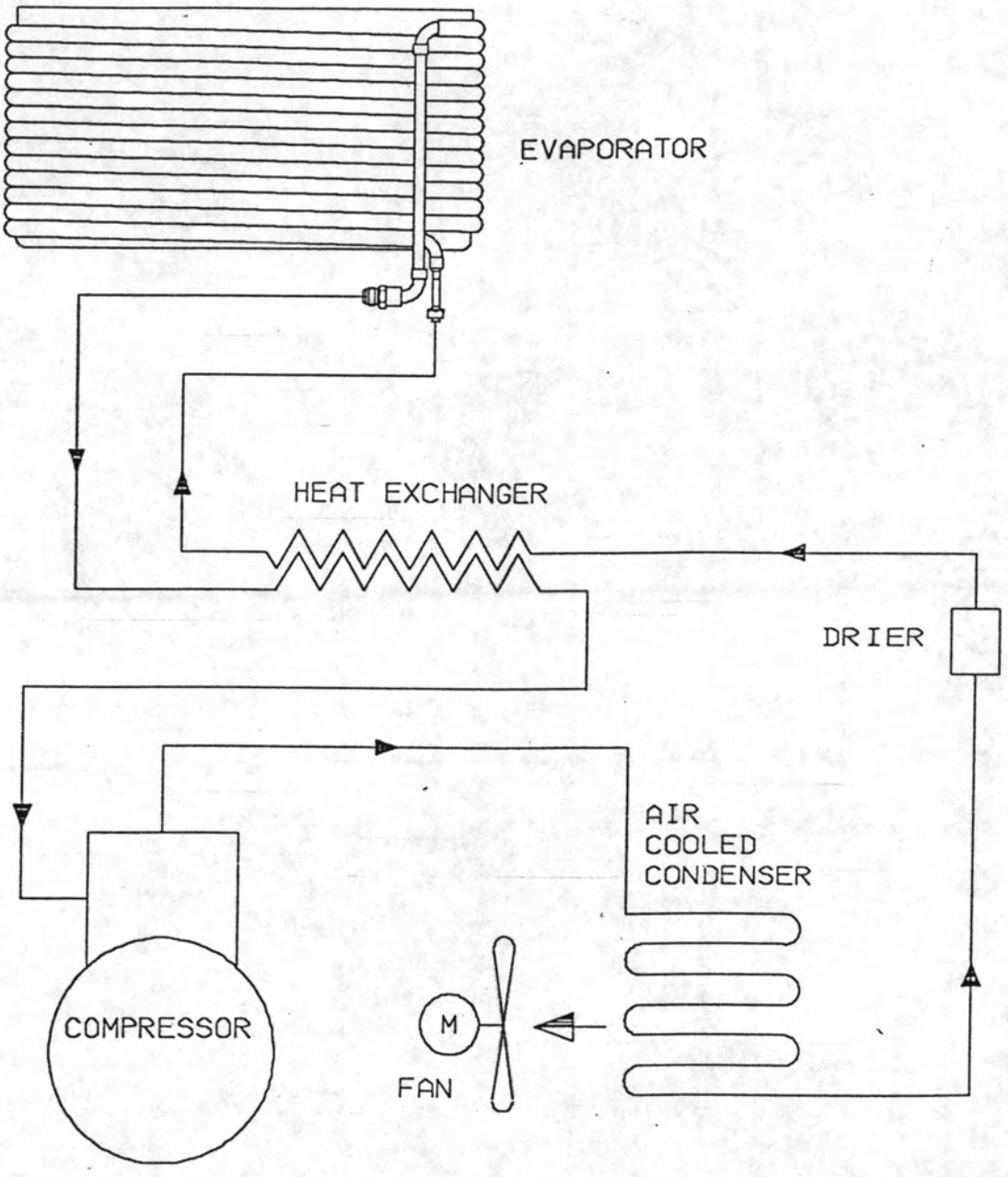
1) ไมโครสวิทช์ (Microswitch) สวิทช์ควบคุมการทำงาน

2) บูช (Bush) ทำหน้าที่เป็นตัวรองรับเพลา

3) มอเตอร์หมุน (Drive Motor) เป็นอุปกรณ์ช่วยสร้างแรงขับ ทำให้เครื่องปั่นหมุนทำงานได้

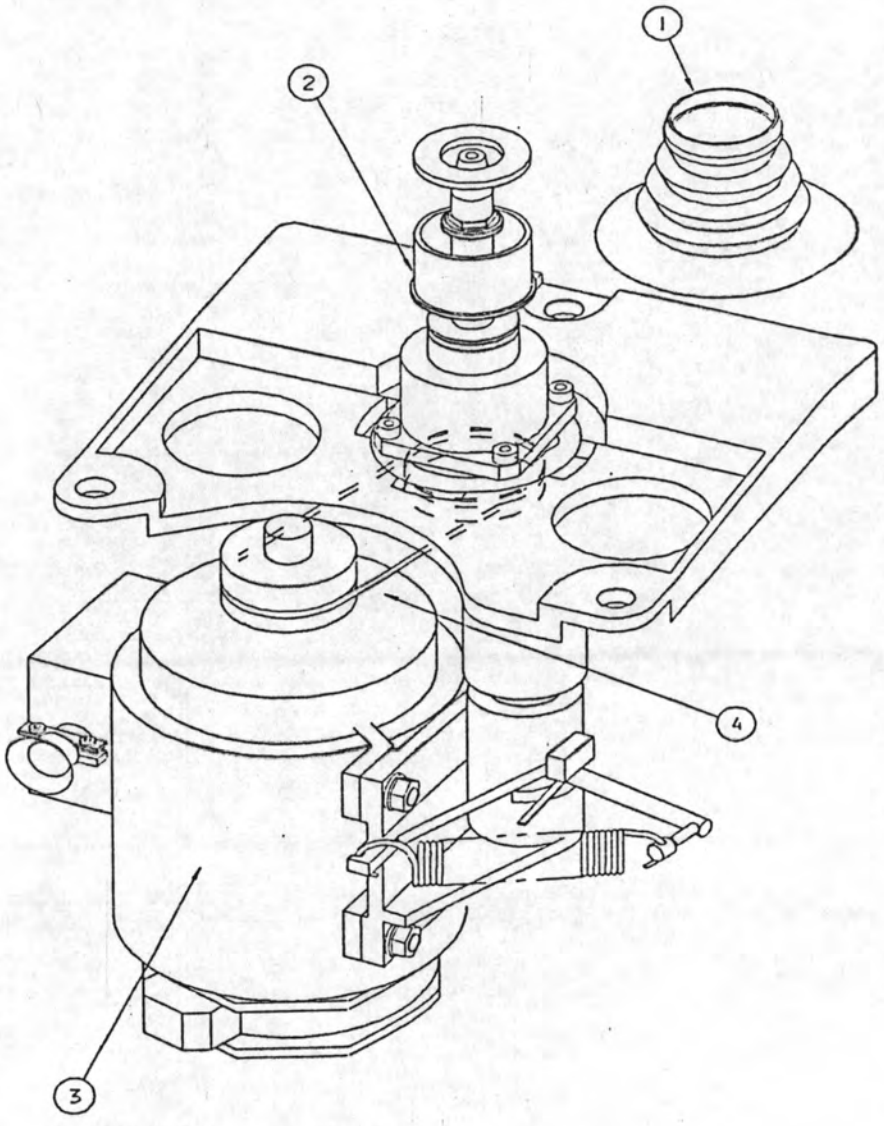
4) มอเตอร์เกเตอร์ (Motor Gaiter) ปลอกหนังหุ้มคลุมแบริ่งลูกปืน

5) สายพานขับ (Drive Belt) ทำหน้าที่เป็นตัวฉุดกำลังในการขับเคลื่อนให้กับมอเตอร์หมุน



รูปที่ 3.6 วงจรเครื่องทำความเย็น

6) แบริ่งลูกปืน (Bearing Housing Assembly) คือ อุปกรณ์เครื่องจักรกล ซึ่งใช้ลูกปืนรองรับเพลาหมุน

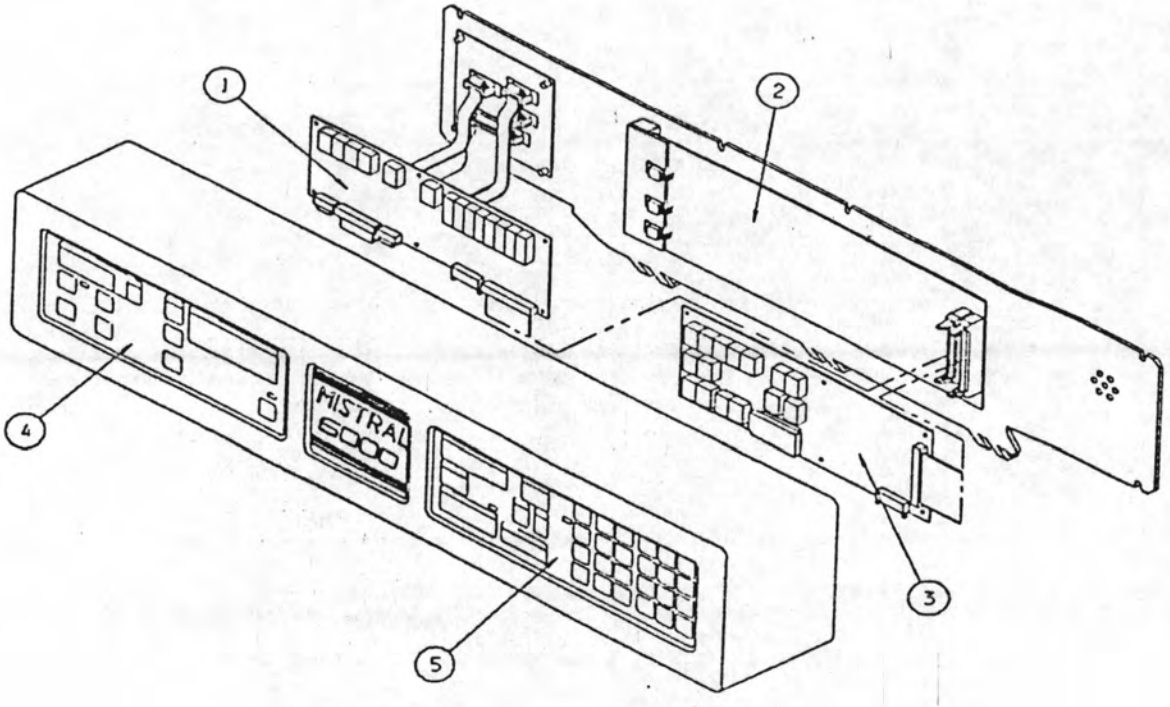


หมายเลข 1 มอเตอร์เกเตอร์ หมายเลข 2 ลูกปืนแบริ่ง

หมายเลข 3 มอเตอร์ หมายเลข 4 สายพานขับ

รูปที่ 3.7 ชุดขับเคลื่อน

5. ชุดหน้าปัทม์ควบคุมการทำงาน (Console Rear Panel Assembly)



หมายเลข 1 Profile PCB Assembly

หมายเลข 2 Controller PCB Assembly

หมายเลข 3 Display PCB Assembly

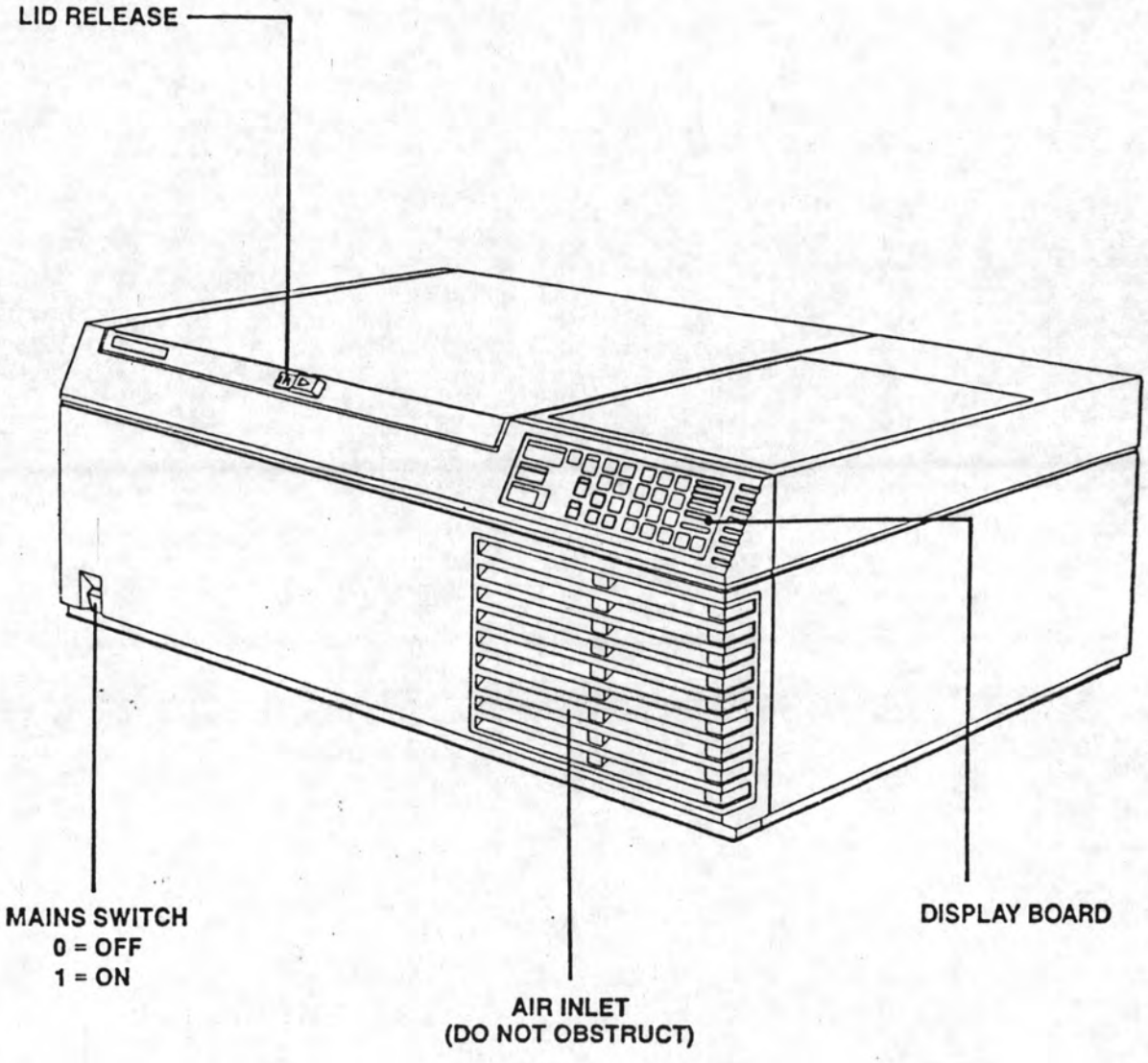
หมายเลข 4 Profile Membrane Panel

หมายเลข 5 Display Membrane Panel

รูปที่ 3.8 ชุดหน้าปัทม์ควบคุมการทำงาน

3.5.5 เครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิต Mistral 3000i

เครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิต Mistral 3000i ที่ทำการศึกษา เป็นเครื่องปั่นที่มีขนาดกลาง เป็นเครื่องประเภทตั้งกับโต๊ะ ขนาดของเครื่องสูง 38.3 ซม. กว้าง 60.0 ซม. ยาว 82.6 ซม. และหนัก 106 กก. ควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ รายละเอียดของเครื่องเหมือนกับเครื่อง Mistral 6000



รูปที่ 3.9 เครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิต Mistral 3000i ด้านหน้า

ตารางที่ 3.5 หน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิต Mistral 6000 และ 3000i

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
	ส่วนประกอบทั่วไป	
1	ยางขอบฝาปิดเครื่องปั่น (Lid Seal)	เป็นขอบยางช่วยให้ฝาตู้ปิดสนิท ป้องกันไม่ให้อากาศไหลผ่านเข้าออก
2	ชุดฐานเครื่องปั่น (Base Assembly)	เป็นฐานเครื่อง โดยประกอบด้วยลูกล้อ แหวนกันกระแทก แผ่นรอง
3	ชุดลอคฝาตู้ (Lid Lock Assembly)	ช่วยป้องกันอันตราย ถ้าไม่ปิดฝาตู้ เครื่องจะไม่ทำงาน
4	สวิทช์ลอคประตูด้านใน (Door Interlock Switch	สำหรับลอคประตูจากด้านใน
5	ชุดถ้วยปั่น (Cup Packed)	สำหรับ ใส่โลหิตชนิดแบบถุง (Blood Bag) เพื่อทำการปั่น โดยสามารถถอด เปลี่ยนได้
6	โครงเครื่อง	ประกอบด้วยผนังด้านหน้า ด้านข้าง ฝาเครื่อง และ อุปกรณ์ จับยึด
	ระบบวงจรทำความเย็น	
1	เครื่องอัด (Compressor)	ดูดและอัดน้ำยาทำความเย็น
2	อุปกรณ์ควบแน่น (Condensor)	ให้น้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊สกลั่นตัวเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยานั้น
3	อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator)	ดูดรับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการความเย็น

ตารางที่ 3.5 หน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิต Mistral 6000 และ 3000I (ต่อ)

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
4	เอกซ์เพนชั่นวาล์ว (Expansion Valve)	เป็นชุดควบคุมน้ำยาเครื่องทำความเย็นที่ใช้ปรับการไหลของน้ำยาทำความเย็น
5	ดรายเออร์ฟิลเตอร์ (Filter Drier)	ดูดความชื้นและกรองสิ่งสกปรกของน้ำยาทำความเย็น
6	ท่อพักน้ำยาเหลว	น้ำยาเหลวที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงซึ่งกลั่นตัวมาจากอุปกรณ์ควบแน่น จะถูกส่งเข้ามาในท่อพักน้ำยานี้
7	ท่อทางอัด	เป็นท่อความดันของน้ำยาด้านความดันสูง
8	พัดลม (Modified Fan)	ระบายความร้อนอุปกรณ์ควบแน่น
	อุปกรณ์ไฟฟ้า	
1	คอนแทคเตอร์ (3-Pole Contactor)	เป็นสวิทช์ตัดต่อกระแสไฟฟ้า
2	อินเวอร์เตอร์ (Inverter)	
3	เมนฟิลเตอร์ (Mains Filter)	เป็นอุปกรณ์ที่กรองที่จะเข้าไปในเครื่องให้สะอาด
4	รีเลย์ (Relay)	ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินในมอเตอร์
5	ชุดหม้อแปลง (Terminated)	เป็นอุปกรณ์เพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้า โดยไม่ต้องมีส่วนที่เคลื่อนไหวจากการทำงาน
6	ชุดคาร์ปาซิเตอร์ (Capacitor Assembly)	ช่วยให้มอเตอร์สตาร์ท ออกตัวได้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 3.5 หน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องปั่นแยกส่วนประกอบของโลหิต Mistral 6000 และ 3000i (ต่อ)

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
	ชุดขับเคลื่อน (Drive Assembly)	
1	ไมโครสวิทช์ (Microswitch)	สวิทช์ควบคุมการทำงาน
2	บูช (Bush)	ทำหน้าที่เป็นตัวรองรับเพลา
3	มอเตอร์หมุน (Drive Motor)	เป็นอุปกรณ์ช่วยสร้างแรงขับ ทำให้เครื่องปั่นหมุนทำงานได้
4	มอเตอร์เกเตอร์ (Motor Gaiter)	ปลอกหนังหุ้มคลุมแบริ่งลูกปืน
5	สายพานขับ (Drive Belt)	เป็นตัวฉุดกำลังในการขับเคลื่อนให้กับมอเตอร์หมุน
6	แบริ่งลูกปืน (Bearing Housing Assembly)	อุปกรณ์เครื่องจักรกล ซึ่งใช้ลูกปืนรองรับเพลาหมุน

3.5.6 เครื่องปั่นหลอดทดลอง Sero-Fuge

เครื่องปั่นหลอดทดลอง Sero-Fuge ที่ทำการศึกษา เป็นเครื่องขนาดกระทัดรัด ใช้สำหรับการปั่นหลอดทดสอบโลหิต และผลิตภัณฑ์จากโลหิต โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.25 นิ้ว สูง 10.75 นิ้ว ความเร็วรอบสูงสุด 3400 รอบต่อนาที ที่การปั่น 1000 กรัม เหมาะสำหรับการใช้งานในแต่ละครั้งเป็นระยะเวลาสั้น ๆ โดยสามารถตั้งเวลาในการทำงานได้สูงสุด 5 นาที มีโครงสร้างและส่วนประกอบ ซึ่งสามารถแยกรายละเอียดออกเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (Centrifuge Controls)

ประกอบด้วยชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) อิเลคทริคไทเมอร์ (Electric Timer) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ตั้งช่วงระยะเวลาการทำงานในแต่ละครั้ง โดยจะประกอบด้วยมอเตอร์ขนาดเล็กๆ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าเลี้ยงมอเตอร์นี้ มอเตอร์จะหมุนขับเฟืองทดเพื่อทดรอบให้ช้าลง ไปผลักกลไกให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ตัดต่อเมื่อปุ่มตั้งเวลากลับมาถึงที่เลขศูนย์ มอเตอร์จะหยุดทำงาน

2) สวิทช์เปิด/ปิด (Hold Switch) เป็นสวิทช์สำหรับเริ่มและหยุดการทำงาน

3) สวิทช์ป้องกันอันตราย (Safety Switch) เป็นสวิทช์ป้องกันอันตรายในขณะที่เครื่องทำงานอยู่ โดยเมื่อเปิดฝาขึ้นสวิทช์จะควบคุมให้มอเตอร์หยุดทำงาน

4) ชุดเพลาหมุน (Spindle Assembly) รับแรงจากมอเตอร์ เพื่อนำมาขับให้ชุดโรเตอร์ปั่นหลอดทดลองทำงาน

2. อุปกรณ์ทั่วไป

1) มอเตอร์ (Motor) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานทางไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยแกนหมุนของมอเตอร์จะเป็นตัวจ่ายกำลังให้กับภายนอก

2) ฝาเครื่อง (Cover) ทำจากโพลีคาร์บอเนตเรซิ่น (Polycarbonate Resin) โดยเครื่องจะทำงานต่อเมื่อปิดฝาเรียบร้อยแล้วเท่านั้น

3) ตัวถังเครื่อง (Guard Bowl) เป็นโครงเครื่องชั้นนอก ป้องกันไม่ให้น้ำ, สิ่งสกปรกต่าง ๆ เข้ามาภายในตัวเครื่อง

4) ยางขอบฝาเครื่อง (Rubber) ช่วยให้ฝาเครื่องปิดสนิท

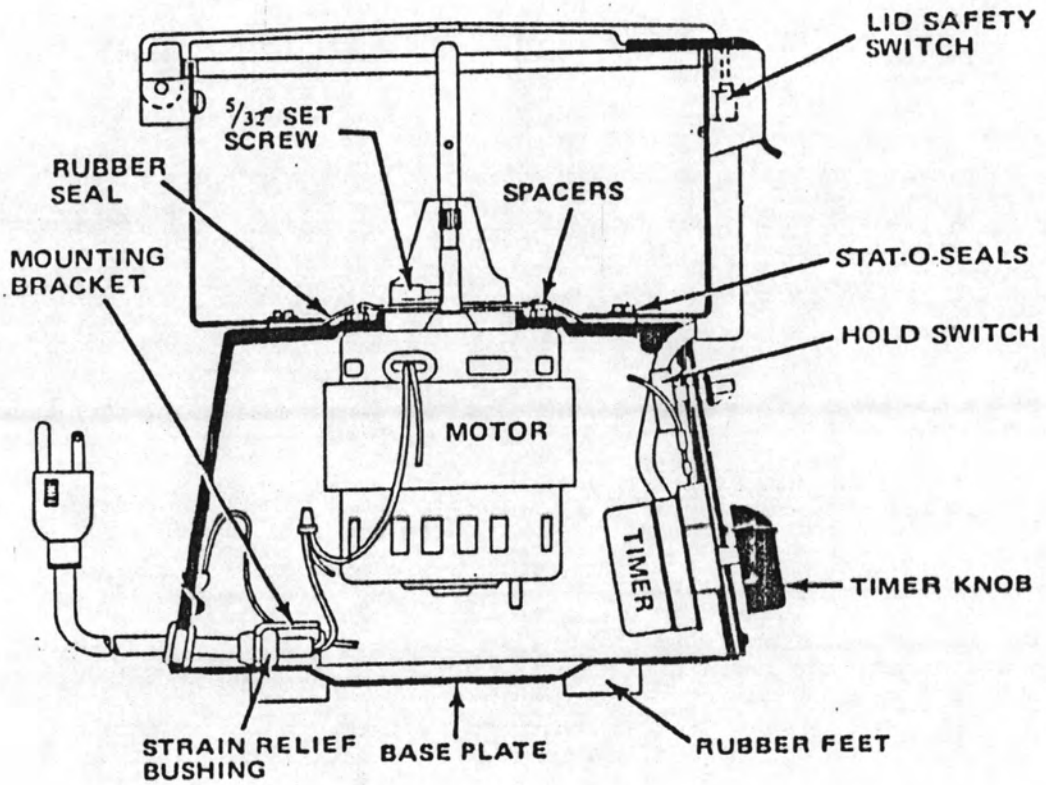
5) แผ่นรองท้าย (Bottom Plate) ออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับติดตั้งมอเตอร์

6) ลูกยางรองเครื่อง (Rubber Foot) เพื่อวางเครื่องปั่นให้มั่นคง

7) แผ่นยางกันซึม (Rubber Seal) ป้องกันไม่ให้น้ำหรือผลิตภัณฑ์เข้ามอเตอร์

8) สเปเซอร์ (Spacer) เป็นตัวรองระหว่างแผ่นยางกันซึมกับตัวถังเครื่อง

9) ชุดโรเตอร์ (Centrifuge Rotor Assembly) ใช้สำหรับบรรจุหลอดทดลองที่ใช้ในการปั่น มี 2 ขนาด คือชนิดที่ใส่ได้ 12 หลอด (12-Place Rotor) และชนิด 6 หลอด (6-Place Rotor)



รูปที่ 3.10 ชิ้นส่วนของเครื่องปั่นหลอดทดลอง Sero-Fuge

ตารางที่ 3.7 แสดงหน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องปั่นหลอดทดลอง Sero-Fuge

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
	<u>อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน</u>	
1	อิเลคทริคไทเมอร์ (Electric Timer)	เป็นอุปกรณ์ตั้งช่วงระยะเวลาการทำงานในแต่ละครั้ง
2	สวิทช์เปิด/ปิด (Hold Switch)	เป็นสวิทช์สำหรับเริ่มและหยุดการทำงานของเครื่อง
3	สวิทช์ป้องกันอันตราย (Safety Switch)	เป็นสวิทช์ป้องกันอันตรายในขณะที่เครื่องทำงานอยู่ โดยเมื่อเปิดฝาขึ้นสวิทช์จะควบคุมให้มอเตอร์หยุดทำงาน
4	ชุดเพลาหมุน (Spindle Assembly)	ขับให้ชุดโรเตอร์ปั่นหลอดทดลองทำงาน
	<u>อุปกรณ์ทั่วไป</u>	
1	มอเตอร์ (Motor)	เปลี่ยนพลังงานทางไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยแกนหมุนของมอเตอร์จะเป็นตัวจ่ายกำลังให้กับภายนอก
2	ฝาเครื่อง (Cover)	เครื่องจะทำงานต่อเมื่อปิดฝาเรียบร้อยแล้วเท่านั้น
3	ตัวถังเครื่อง (Guard Bowl)	ป้องกันไม่ให้น้ำ, สิ่งสกปรกต่าง ๆ เข้ามาภายในตัวเครื่อง
4	ยางขอบฝาเครื่อง (Rubber)	ช่วยให้ฝาเครื่องปิดสนิท
5	แผ่นรองท้าย (Bottom Plate)	ใช้สำหรับติดตั้งมอเตอร์

ตารางที่ 3.7 แสดงหน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องปั่นหลอดทดลอง Sero-Fuge (ต่อ)

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
6	ลูกยางรองเครื่อง (Rubber Foot)	เพื่อวางเครื่องปั่นให้มั่นคง
7	แผ่นยางกันซึม (Rubber Seal)	ป้องกันไม่ให้น้ำหรือผลิตภัณฑ์เข้ามอเตอร์
8	สเปเซอร์ (Spacer)	เป็นตัวรองระหว่างแผ่นยางกันซึมกับตัวถังเครื่อง
9	ชุดโรเตอร์ (Centrifuge Rotor Assembly)	บรรจุหลอดทดลองที่ใช้ในการปั่น โดยมี 2 ขนาด คือ ชนิดที่ใส่ได้ 12 หลอด (12-Place Rotor) และชนิด 6 หลอด (6-Place Rotor)

3.5.7 เครื่องกวนพลาสมา

เครื่องกวนพลาสมาที่ศึกษา ใช้หลักการของสวิทช์แรงเหวี่ยงในการควบคุมความเร็ว เพราะจะควบคุมความเร็วได้ช่วงละเอียดหรือต่อเนื่องกว่าแบบเปลี่ยนจำนวนรอบของขดลวดฟิลด์ รายละเอียดของเครื่องกวนสามารถแยกออกเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญ ได้ดังนี้

1 ส่วนประกอบทั่วไป (General Assembly)

เครื่องกวนมีส่วนประกอบทั่วไป ดังต่อไปนี้

1) โครงหุ้มมอเตอร์ (Housing) ทำหน้าที่เป็นเปลือกหุ้มมอเตอร์และชุดเฟือง

2) ปุ่มปรับความเร็ว (Speed Control Switch) เป็นปุ่มปรับที่ใช้เลื่อนเพื่อปรับความเร็วของเครื่องกวนให้หมุนเร็วมากหรือน้อย

3) เหล็กกวน (Whipper) ทำหน้าที่กวนผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในถังผสม โดยทำด้วยสแตนเลส มีลักษณะเป็นใบพัด 3 ใบ และส่วนที่เป็นแกนจะสามารถถอดเข้าออกจากตัวเครื่องได้ แต่ก่อนที่จะถอดหรือใส่แกนดังกล่าวจะต้องใช้ดอกจำปาขันที่หัวจับเสียก่อน

4) ถังผสม (Bowl) เป็นถังสแตนเลสสำหรับใส่ผลิตภัณฑ์

5) ขาตั้ง (Stand) ขาตั้งของเครื่องกวนจะมีหน้าที่ตั้งชุดเครื่องกวนให้สามารถวางทำงานได้

2 ชุดควบคุมการทำงาน

ชุดควบคุมการทำงาน ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักสำคัญดังนี้

1) มอเตอร์ (Electric Motor) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการหมุน ประกอบด้วยขดลวดฟิลด์ ซึ่งพันบนแกนเหล็กอาเมเจอร์ซึ่งเป็นตัวหมุน คอมมิวเตอร์ แปลงถ่าน และใบพัด เพื่อระบายความร้อน

2) ชุดควบคุมความเร็ว (Speed Control Assembly) ใช้หลักการอาศัยแรงเหวี่ยงในขณะหมุนไปตัดต่อหน้าสัมผัส ซึ่งประกอบด้วยคันโยก สปริงแรงเหวี่ยง และหน้าสัมผัส

3) ชุดเปลี่ยนทิศทางการหมุน (Gear Assembly) เนื่องจากมอเตอร์ตั้งอยู่ในแนวนอน แต่เหล็กกวนอยู่ในแนวตั้ง ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนทิศทางการหมุนจากแนวนอนให้เป็นแนวตั้งโดยใช้เพลาซึ่งต่อมาจากมอเตอร์ มีลักษณะเป็นเกลียวไปขับเฟืองทั้งสองข้างซึ่งต่อกับเหล็กกวน ดังนั้นเมื่อมอเตอร์หมุน เพลาจะไปขับเฟืองทำให้เฟืองหมุนตามไปด้วย แต่คนละทิศทางโดยที่เพลาจะหมุนในแนวนอนและเฟืองหมุนในแนวตั้ง

ตารางที่ 3.7 หน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องกวนพลาสมา

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
	ส่วนประกอบทั่วไป	
1	โครงหุ้มมอเตอร์ (Housing)	เป็นเปลือกหุ้มมอเตอร์และชุดเฟือง
2	ปุ่มปรับความเร็ว (Speed Control Switch)	เป็นปุ่มปรับที่ใช้เลื่อนเพื่อปรับความเร็วของเครื่องกวนให้หมุนเร็วมากหรือน้อย
3	เหล็กกวน (Whipper)	กวนผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในถังผสม โดยทำด้วยสแตนเลส
4	ถังผสม (Bowl)	เป็นถังสแตนเลสสำหรับใส่ผลิตภัณฑ์
5	ขาตั้ง (Stand)	ตั้งชุดเครื่องกวนให้สามารถวางทำงานได้
	ชุดควบคุมการทำงาน	
1	มอเตอร์ (Electric Motor)	เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการหมุน ประกอบ ด้วยขดลวดฟิลด์ ซึ่งพันบนแกนเหล็กอาเมเจอร์ซึ่งเป็นตัวหมุน คอมมิวเตอร์ แปรงถ่าน และใบพัด เพื่อ ระบายความร้อน
2	ชุดควบคุมความเร็ว (Speed Control Assembly)	ใช้หลักการอาศัยแรงเหวี่ยงในขณะหมุนไปตัดต่อหน้าสัมผัส
3	ชุดเปลี่ยนทิศทางการหมุน (Gear Assembly)	เปลี่ยนทิศทางการหมุนจากแนวนอนให้เป็นแนวตั้ง โดยใช้เพลาซึ่งต่อมาจากมอเตอร์ มีลักษณะเป็นเกลียวไปขับเฟืองทั้งสองข้างซึ่งต่อกับเหล็กกวน

3.5.8 เครื่องทำแห้ง

เครื่องทำแห้ง เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการทำพลาสม่าสดแห้ง โดยจะทำจากพลาสมาสดแช่แข็ง (Fresh Frozen Plasma) ให้เป็นแบบชนิดแห้งเป็นผง เพื่อรักษาคุณสมบัติทางชีวภาพให้คงอยู่เหมือนเดิม เพื่อสะดวกในการขนส่ง, การเก็บรักษา และผู้ป่วยสามารถเบิกไปเก็บไว้ที่บ้านได้ จะได้มีใช้ทันที

การทำแห้งในสภาพแช่เยือกแข็ง (Freeze-drying , Lyophillyzation) มีหลักการคล้ายคลึงกับการกลั่นภายใต้สุญญากาศ (Vacuum Distillation) แต่มีข้อแตกต่างกันคือ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำให้แห้งจะถูกทำให้เป็นของแข็งที่เย็นจัด (Solidly Frozen) ก่อนปรับสภาวะให้เป็นสุญญากาศ และต้องควบคุมความร้อนที่แพร่เข้าไปด้วยภายใต้สภาวะดังกล่าวน้ำที่อยู่ในรูปผลึกน้ำแข็ง จะเกิดการระเหิด (Sublimation) คือเปลี่ยนจากน้ำแข็งกลายเป็นไอโดยไม่ผ่านสถานะที่เป็นของเหลว ดังนั้นจะเกิดสภาวะต่าง ๆ ดังนี้

1. สภาวะที่เกิดขึ้นใน Freeze-drying

1) Production Pre-freezing

ทำการตรึงให้อนุภาคของแข็งอยู่ในตำแหน่งที่แน่นอน เพื่อให้ความชื้นสามารถระเหิดออกมาได้ พลาสมาถูกทำให้อยู่ในสภาวะของแข็งที่เย็นจัด ณตำแหน่งใต้จุดยูเทคติค (Eutectic Point)

2) Condenser

เป็นขั้นตอนที่จะทำให้โมเลกุลของไอในพลาสมาที่เป็นน้ำแข็ง เคลื่อนที่ออกมาสู่บริเวณที่มีความดันต่ำกว่า คือ จะเคลื่อนมายังบริเวณเหนือพลาสมาสดแข็งก่อนแล้วจึงไปยัง condenser ซึ่งไอนี้จะถ่ายเทความร้อนให้กับ condenser กลายเป็นผลึกน้ำแข็งจับอยู่ที่ condenser ส่วนอากาศและโมเลกุลอื่น ๆ ที่ไม่สามารถควบแน่นได้จะถูกดูดออกมาโดยใช้ vacuum pump พลาสมาสดแข็งจะถูกทำให้แห้งได้ที่อุณหภูมิของ condensor ประมาณ -30° เซลเซียส

3) High Vaccum

จุดประสงค์ของการทำระบบให้เป็นสุญญากาศ เพื่อจะกำจัดก๊าซส่วนที่ไม่ควบแน่น (Non-Condensable gasses) จาก chamber และยังจำเป็นสำหรับการระเหิดด้วย จะช่วยลดความต้านทานในการไหลของ water vapor จากพลาสมาสดแข็งไปยัง condenser สภาวะสุญญากาศยังช่วยป้องกันการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นในระหว่างการทำแห้งด้วย โดย absolute pressure ในระบบจะอยู่ระหว่าง 5 และ 25 micron off Hg

4) Controlled heat to product

ความร้อนที่ให้กับพลาสมาที่เป็นน้ำแข็งจะช่วยให้การแพร่ของ water vapor จากพลาสมาไปยัง condensor เกิดได้อย่างต่อเนื่อง การให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์จำเป็นสำหรับการกำจัด vapor ออกจากพลาสมา การเพิ่มอุณหภูมิขึ้นกับการเพิ่มของความดันไอ ณ ตำแหน่งผิวหน้าของน้ำแข็ง เมื่อเริ่มได้รับความร้อนพลาสมาทั้งหมดที่อยู่ในสภาพ frozen จะได้รับความร้อนในปริมาณสูงต่อมาเมื่อผลิตภัณฑ์แห้งเป็นบางส่วนแล้ว ความร้อนที่ให้จะลดปริมาณลง เพื่อหลีกเลี่ยงการละลายกลับ (Melt Back) ของพลาสมา ในส่วนสุดท้ายของการทำแห้งจะให้ความร้อนในปริมาณสูงอีกครั้ง เพื่อกำจัดพันธะโมเลกุล

(Bound Molecule) ที่เหลืออยู่ แหล่งความร้อนที่จะให้กับพลาสมาควรควบคุมให้อยู่ใน ระหว่าง -40° และ 65° เซลเซียส เป็นความร้อนของการระเหิด เพื่อกำจัดน้ำในพลาสมาที่มีอยู่ในสถานะของ แข็งให้กลายเป็นไอ

เครื่องทำแห้งที่ศึกษามีโครงสร้างและส่วนประกอบใหญ่ ๆ ซึ่งสามารถแยกรายละเอียดออกเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญได้ดังนี้

1 โครงสร้างตัวเครื่อง

เครื่องทำแห้งจะมีโครงสร้างตัวตู้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ โครงตู้ชั้นนอกและโครงตู้ชั้นใน โดยมีฉนวนกันความร้อนใส่อยู่ระหว่างโครงตู้ทั้งสองชั้นนี้

1) โครงตู้ชั้นนอก โครงตู้ชั้นนอกของเครื่องทำแห้งทำจากเหล็กแผ่น พับขึ้นรูปเป็นตัวตู้และฝาตู้ โดยผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิม แล้วพ่นทับด้วยสีฟ้าเพื่อให้ดูสวยงาม

2) โครงตู้ชั้นใน ทำจากอะลูมิเนียม

3) ฉนวนกันความร้อน เป็นวัสดุที่ใช้กั้นโครงตู้ชั้นนอกและชั้นในของเครื่องทำแห้ง ฉนวนนี้ทำจากโฟมแผ่น ทำหน้าที่ป้องกันมิให้ความร้อนจากการทำแห้งออกมาภายนอกตู้

4) ชั้นวางของภายในเครื่องทำแห้ง (Shelf) ทำจากอลูมิเนียม ภายในชั้นจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1 ท่อของสารทำความเย็นเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิของพลาสมาให้อยู่ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดยูเทคติค (Eutectic Point) 2 ขดทำความร้อน (Heater) อยู่ด้านล่างของชั้นเพื่อทำให้พลาสมาสดแข็งเกิดการระเหิดออกมาสัมผัสกับครีบคอนเดนเซอร์ที่อยู่ข้างใต้ชั้น โดยในการผลิตนี้ชั้นวางจะวางขวดขนาด 50 กรัม ได้ครั้งละ 49 ขวด

5) ประตูเปิดเครื่อง เป็นสิ่งที่เปิดออกเพื่อใส่พลาสมาสดแช่แข็งที่ต้องการจะทำแห้ง ประกอบด้วยกระจกแก้ว ซึ่งจะมองเห็นพลาสมาที่ทำแห้งอยู่

6) บานพับ เป็นบานพับประตูปิดเปิดสำหรับเครื่องทำแห้ง

7) ตัวล็อคประตู ทำให้ประตูปิดได้สนิท

2 ระบบวงจรทำความเย็น

วงจรเครื่องทำความเย็นประกอบด้วยอุปกรณ์หลักสำคัญดังนี้

1) เครื่องอัด (Compressor) เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ดูดและอัดน้ำยาทำความ เย็น โดยดูดน้ำยาที่มีสถานะเป็นแก๊ส อุณหภูมิต่ำ ความดันต่ำ

2) อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) อาศัยการระเหยตัวของน้ำและอากาศผ่านลงบนอุปกรณ์ควบแน่นแล้วเกาะตัวเป็นน้ำแข็ง ช่วยให้การระบายความร้อนออกจากอุปกรณ์ควบแน่นมีผลดีขึ้น

3) อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดรับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการความเย็น

4) เอกซ์เพนชั่นวาลว์ (Expension) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาของเครื่องทำความเย็นก่อนที่จะผ่านเข้ายังอีวาพอเรเตอร์

5) ดรายเออร์ฟิลเตอร์ (Filter Drier) ทำหน้าที่ดูดความชื้นและกรองสิ่งสกปรกของน้ำยาทำความเย็นก่อนเข้าชุดคอยล์เย็นเพื่อป้องกันการอุดตันด้วยสิ่งสกปรก

6) ชุดไนโตรเจนเหลว ทำหน้าที่เป็นน้ำยาทำความเย็น ซึ่งประกอบด้วยถัง ท่อ เกจวัดความดัน สายยาง และขั้วรัดสาย

7) ชุดควบคุมการไหล ประกอบด้วยตัวรับสัมผัสอุณหภูมิ กล่องควบคุม และวาล์วควบคุม ทำหน้าควบคุมการไหลของไนโตรเจนเหลวจากท่อที่บรรจุไนโตรเจน ให้รักษาระดับอุณหภูมิภายในตู้ให้ต่ำตามกฎเกณฑ์ ในขณะที่อุณหภูมิยังสูง วาล์วควบคุมจะเปิดกว้างให้ไนโตรเจนเหลวผ่านได้มาก และเมื่ออุณหภูมิในตู้ต่ำลง ตัวรับสัมผัสจะส่งผลไปยังกล่องควบคุม ทำให้วาล์วควบคุมตีบ ไนโตรเจนเหลวไหลผ่านได้น้อยลง

8) เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vaccum Pump) ทำหน้าที่ดูดเอาอากาศและความชื้นภายในระบบออกให้หมด

3 วงจรไฟฟ้า

1) มอเตอร์ (Moter) เป็นตัวฉุดเครื่องอัด (Compressor)

2) รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ช่วยต่อให้กระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดสตาร์ด และตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ผ่านเข้าไปยังขดลวดสตาร์ด

3) โอเวอร์โหลด (Overload) ทำหน้าที่ตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดความร้อนอันเนื่องจากกระแสไฟฟ้าในวงจรสูงกว่าปกติ

4) มอเตอร์พัดลม เป็นมอเตอร์สำหรับพัดลมระบายความร้อนอุปกรณ์ควบแน่น

5) คาพาซิเตอร์สตาร์ต (Capacitor Start) ต่อกับขดลวดสตาร์ตของมอเตอร์เครื่องอัด (Moter Compressor) เพื่อช่วยให้มอเตอร์สตาร์ตออกตัวได้ดียิ่งขึ้น

6) โซลินอยล์วาล์ว ทำหน้าที่ควบคุมส่วนต่าง ๆ ของวงจร

4. ระบบวงจรทำความร้อน

วงจรทำความร้อนประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ ดังนี้

1) ลวดความร้อน เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของความร้อนเพื่อจ่ายให้กับเครื่องทำแห้ง

2) สวิทช์ควบคุมความร้อนหรืออุณหภูมิ ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมความร้อนหรืออุณหภูมิภายในเครื่องทำแห้งให้เป็นไปตามความต้องการในการผลิต โดยที่ด้านหน้าเครื่องทำแห้งจะมีสวิทช์เพื่อปรับอุณหภูมิ และเมื่ออุณหภูมิภายในเตาถึงจุดที่ตั้งไว้ สวิทช์จะตัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดออก

3) สวิทช์ตั้งเวลา ทำหน้าที่ต่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดความร้อนในช่วงเวลาที่ตั้งยังไม่ถึงกำหนด และจะตัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดความร้อนเมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้

4) พัดลมเป่า ทำหน้าที่ระบายความร้อน

ตารางที่ 3.8 แสดงหน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องทำแห้ง

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
	<u>โครงสร้างตัวเครื่อง</u>	
1	โครงตู้ชั้นนอก	โครงตู้ชั้นนอกของเครื่องทำแห้งทำจากเหล็กแผ่นพับขึ้นรูปเป็นตัวตู้และฝาตู้ โดยผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิม แล้วพ่นทับด้วยสีฟ้าเพื่อให้ดูสวยงาม
2	โครงตู้ชั้นใน	
3	ฉนวนกันความร้อน	ทำหน้าที่ป้องกันมิให้ความร้อนจากการทำแห้งออกมาภายนอกตู้
4	ชั้นวางของภายในเครื่องทำแห้ง (Shelf)	ในการผลิต ใช้สำหรับวางขวดขนาด 50 กรัม ครั้งละ 49 ขวด
5	ประตูเปิดเครื่อง	เป็นสิ่งที่เปิดออกเพื่อใส่พลาสมาสดแช่แข็งที่ต้องการจะทำแห้ง
6	บานพับ	เป็นบานพับประตูปิดเปิดสำหรับเครื่องทำแห้ง
7	ตัวล็อคประตูเครื่อง	ทำให้ประตูปิดได้สนิท
	<u>ระบบวงจรทำความเย็น</u>	
1	เครื่องอัด (Compressor)	ดูดและอัดน้ำยาทำ ความ เย็น โดยดูดน้ำยาที่มีสถานะเป็นแก๊ส อุณหภูมิต่ำ ความดันต่ำ
2	อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser)	อาศัยการระเหยตัวของน้ำและอากาศผ่าน ลงบนอุปกรณ์ควบแน่นแล้วเกาะตัวเป็นน้ำแข็ง ช่วยให้การระบายความร้อนออกจากอุปกรณ์ควบแน่นมีผลดี

ตารางที่ 3.8 แสดงหน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องทำแห้ง (ต่อ)

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
3	อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator)	ดูดรับปริมาณความร้อนจากบริเวณ หรือเนื้อที่ที่ต้องการความเย็น
4	เอกซ์เพนชั่นวาลว์ (Expension)	ควบคุมการไหลของน้ำยาของเครื่องทำความเย็นก่อนที่จะผ่านเข้ายังอีวาพอเรเตอร์
5	ดรายเออร์ฟิลเตอร์ (Filter Drier)	ดูดความชื้นและกรองสิ่งสกปรก ของน้ำยาทำความเย็นก่อนเข้าชุดคอยล์เย็น
6	ชุดไนโตรเจนเหลว	เป็นน้ำยาทำความเย็น ประกอบด้วยถัง ท่อ เกจวัดความดัน สายยาง และขั้วรัดสาย
7	ชุดควบคุมการไหล	ทำหน้าควบคุมการไหลของไนโตรเจนเหลวจากท่อที่บรรจุไนโตรเจน ให้รักษาระดับอุณหภูมิ ภายในตู้ให้ต่ำตามกฎเกณฑ์ ในขณะที่อุณหภูมิยังสูง
8	เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vaccum Pump)	ดูดเอาอากาศและความชื้นภายในระบบออกให้หมด
	<u>วงจรไฟฟ้า</u>	
1	มอเตอร์ (Moter)	เป็นตัวฉุดเครื่องอัด (Compressor)
2	รีเลย์ (Relay)	เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ช่วยต่อให้กระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวด สตาร์ด และตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ผ่านเข้าไปยังขดลวดสตาร์ด
3	โอเวอร์โหลด (Overload)	ตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดความร้อนอันเนื่อง จากกระแสไฟฟ้าในวงจรสูงกว่าปกติ

ตารางที่ 3.8 แสดงหน้าที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องทำแห้ง (ต่อ)

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หน้าที่
4	มอเตอร์พัดลม	เป็นมอเตอร์สำหรับพัดลมระบายความร้อนอุปกรณ์ควบแน่น (Condenser)
5	คาพาซิเตอร์สตาร์ต (Capacitor Start)	ช่วยให้มอเตอร์สตาร์ตออกตัวได้ดียิ่งขึ้น
6	โซลินอยล์วาล์ว	ควบคุมส่วนต่าง ๆ ของวงจร
	<u>วงจรทำความร้อน</u>	
1	ลวดความร้อน	ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของความร้อนเพื่อจ่ายให้กับเครื่องทำแห้ง
2	สวิทช์ควบคุมความร้อนหรืออุณหภูมิ	ที่เป็นตัวควบคุมความร้อนหรือ อุณหภูมิภายในเครื่องทำแห้งให้เป็นไปตามความต้องการในการผลิต
3	สวิทช์ตั้งเวลา	ต่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดความร้อนในช่วงเวลาที่ตั้งยังไม่ถึงกำหนด และจะตัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดความร้อนเมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้
4	พัดลมเป่า	ระบายความร้อน