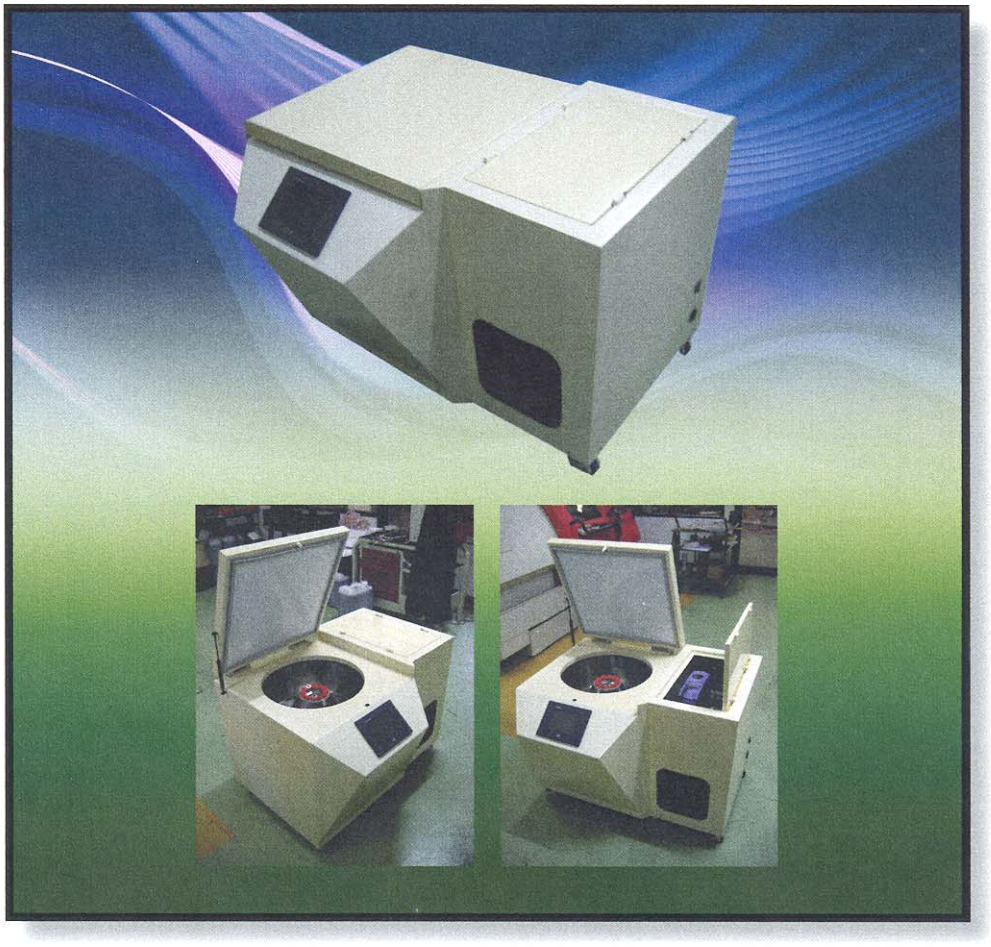
วว.TISTR

โครงการวิจัยที่ ภ.49-11/ย.2/รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

การพัฒนาเครื่องปั่นแยกสาร



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ.49-11
การพัฒนาเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการแพทย์

โครงการย่อยที่ 2
การพัฒนาเครื่องปั่นแยกสาร

รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)
การพัฒนาเครื่องปั่นแยกสาร

โดย
ทรงฤทธิ์ ตันชัชวาล
วินัย พิมพินิจ **สุพัฒน์ นวลโกฏ**
นรา สุประพัฒน์โภคา **ทวี ทองคำ**
ลิฤทธิ์ ดิษฐสอน **ศินีนาถ สุทธิเดช**

บรรณาธิการ
ศิระ ศิลานนท์
บุญเรียม น้อยชุมแพ
ปฐมสุดา อินทุประภา

วว., ปทุมธานี 2559
สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(นางลักษมี ปลั่งแสงมาศ)
ผู้ว่าการ

บทกล่าวนำ

เครื่องปั่นแยกสารเป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นต้องใช้ในห้องปฏิบัติการ แต่ในปัจจุบันเครื่องมือดังกล่าวไม่สามารถสร้างได้ในประเทศ, ส่วนมากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นการสร้างเครื่องปั่นแยกสาร โดยเทคโนโลยีของตนเองอย่างครบวงจรซึ่งจะช่วยทดแทนการนำเข้าได้ และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขึ้นเอง อันจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้และพัฒนาเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในแขนงอื่นๆ ได้อีกด้วย.

โครงการพัฒนาปั่นแยกสาร มีที่มาจากความสำคัญดังกล่าว สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยฝ่ายวิศวกรรม จึงได้มีโครงการนี้ โดยการสร้างเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิต้นแบบจำนวน 1 เครื่อง ที่มีสามารถปั่นแยกสารได้ที่ความเร็วรอบสูงสุด 10,000 รอบต่อนาที และสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องติดตั้งโรเตอร์ (chamber) ได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง -10 องศาเซลเซียส.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาเครื่องปั่นแยกสาร สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงบประมาณ คณะผู้ดำเนินงานใคร่ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูง นอกจากนี้ยังมีพนักงาน วว. อีกหลายท่านที่อำนวยความสะดวกในการประสานงานด้านต่างๆ ทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งด้านธุรการ, เอกสาร และการเงิน, ซึ่งไม่สามารถกล่าวได้ทั้งหมดในที่นี้ ทางคณะผู้ดำเนินงานขอแสดงความขอบคุณไว้ ณ ที่นี้เช่นกัน.

สารบัญ

หน้า

บทกล่าวนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	จ
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	3
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	4
3. ผลการทดลองและวิจารณ์	7
4. สรุปผลการทดลอง	18
5. เอกสารอ้างอิง	19
ภาคผนวก	20

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1. มอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องปั่นแยกสาร 7
รูปที่ 2. ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ 8
รูปที่ 3. ลักษณะของโรเตอร์ที่ใช้งาน 9
รูปที่ 4. การออกแบบเพื่อจับยึดมอเตอร์เข้ากับแผ่นกลม 10
รูปที่ 5. ลักษณะของห้องติดตั้งโรเตอร์ 11
รูปที่ 6. ชุดควบคุมแบบ PLC (Programmable Logic Control) แบบหน้าจอสัมผัส 11
รูปที่ 7. ชุดควบคุมอุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ 12
รูปที่ 8. รูปแบบแกนและชุดยึดแกนของโรเตอร์ 12
รูปที่ 9. การติดตั้งมอเตอร์ ห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ และแกนของโรเตอร์เข้าด้วยกัน 13
รูปที่ 10. การติดตั้งระบบทำความเย็นสำหรับควบคุมอุณหภูมิ 13
รูปที่ 11. การติดตั้งโรเตอร์, ชุดอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ, แผงควบคุม, สวิตช์ และ ชุดเซนเซอร์ต่างๆ พร้อมทั้งดำเนินการตกแต่งสภาพภายนอกให้มีความสวยงาม 14
รูปที่ 12. การทดสอบการทำงานในส่วนของการหมุนของโรเตอร์ 15
รูปที่ 13. การทดสอบระบบทำความเย็นสำหรับควบคุมอุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ 16
รูปที่ 14. ตัวอย่างของการปั่นแยกสาร “Saccharomyces cerevisiac” (ยีสต์) 17

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. ผลการทดลองปั่นแยกสาร กรณีใส่หลอดทดลองเปล่า 16
ตารางที่ 2. ผลการทดลองปั่นแยกสาร กรณีใส่สาร “Saccharomyces cerevisiac” (ยีสต์) 17

DEVELOPMENT OF CENTRIFUGE

Songrit Tanchatchawan, Vinai Pimpinij, Supat Naunkot, Thawee Thongkham, Nara Suprapatpoka, Lilit Ditsorn and Sinenart Suthidet

ABSTRACT

This research aimed to design and construct a refrigerated centrifuge. This machine could be used to replace the imported machine. There are five main parts of its component. The first part is motor and speed controller. The second part is rotor. The third part is chamber. The fourth part is control panel. The last part is refrigerated system. All parts are controlled by applying Programmable Logic Control (PLC). The maximum round speed of the machine was 10,000 round per minute. The lowest temperature that the machine could controlled was -10°c. From the experiments, the result indicated that the capacity and reliability were not less than the imported machine and it was suitable for workforce replacement.

การพัฒนาเครื่องปั่นแยกสาร

ทรงฤทธิ์ ตันชัชวาล[1], วินัย พิมพินิจ[1], สุพัฒน์ นวลโกฏ[1], ทวี ทองคำ
นรา สุประพัฒน์โภคา[1], ลิฤทธิ์ ดิษฐสอน[1] และ ศินีนาถ สุทธิเดช[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและผลิตเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิ เพื่อทดแทนการนำเข้าเครื่องจากต่างประเทศ สำหรับส่วนประกอบที่ได้ทำการออกแบบแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์และระบบควบคุมความเร็วรอบ, โรเตอร์, ห้องที่ติดตั้งโรเตอร์, แผงควบคุม และระบบทำความเย็น โดยใช้ PLC (Programmable Logic Control) เป็นตัวควบคุมการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ เครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมินี้ สามารถปั่นแยกสารได้ที่ความเร็วรอบสูงสุด 10,000 รอบต่อนาที และสามารถทำความเย็นภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ได้ต่ำสุด -10 องศาเซลเซียส. จากผลการทดลอง พบว่า ใช้เครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิที่ได้สร้างขึ้นสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีเทียบเท่ากับการใช้เครื่องบรรจุวัสดุเฉพาะจากต่างประเทศ. และยังสามารถใช้ทดแทนแรงงานคนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ผลงานวิจัยนี้ยังได้ช่วยเพิ่มพูนความรู้และความชำนาญให้กับคณะผู้วิจัย เพื่อให้สามารถพัฒนาเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในแขนงอื่นๆ ได้ในโอกาสต่อไป.

---

[1] ฝ่ายวิศวกรรม, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

1. บทนำ

เครื่องปั่นแยกสาร (centrifuge) เป็นเครื่องมือสำหรับแยกสารหรืออนุภาคโดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) ที่เกิดจากการหมุนของโรเตอร์ (Rotor) ที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องปั่นแยกสาร ผลของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เกิดขึ้นจะทำให้อนุภาคต่างๆ ที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน เคลื่อนที่จนแยกออกจากกันได้ เครื่องปั่นแยกสารในท้องตลาดทั่วไป มีทั้งแบบควบคุมและไม่ควบคุมอุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ (chamber) โดยการควบคุมอุณหภูมิเป็นการใช้ระบบทำความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิให้กับสารตัวอย่าง. เนื่องจากสารตัวอย่างบางชนิดอาจจะเกิดการเปลี่ยนสภาพเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น.

เครื่องปั่นแยกสารมีความต้องการใช้งานในอุตสาหกรรมอาหาร, ยา และห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปเป็นอย่างมาก โดยมีแนวโน้มการนำเข้าจากต่างประเทศสูงขึ้นทุกปี โดยในปีพ.ศ. 2545 นำเข้าเป็นมูลค่า 8,350 ล้านบาท, ปี 2546 นำเข้ามูลค่า 9,849 ล้านบาท, ปี 2547 จนถึงเดือนกรกฎาคม มีมูลค่านำเข้า 8642 ล้านบาท ซึ่งสามอันดับแรก ที่ไทยนำเข้ามากที่สุด คือ ญี่ปุ่น, อเมริกา, เยอรมัน และนำเข้าจากฟิลิปปินส์, ออสเตรเลีย และมาเลเซีย กว่าพันล้านบาท การวิจัยเพื่อสร้างเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิ (Refrigerated Centrifuge) โดยใช้เทคโนโลยีของตนเองจะช่วยทดแทนการนำเข้า และเป็นการตอบสนองต่อความต้องการใช้งานภายในห้องปฏิบัติการต่างๆ ภายในประเทศได้อีกด้วย.

โครงการนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้วัสดุภายในประเทศ ซึ่งใช้ PLC (Programmable Logic Control) เป็นตัวควบคุมกระบวนการทำงาน โดยเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิที่ได้สร้างขึ้นสามารถปั่นแยกสารได้ที่ความเร็วรอบสูงสุด 10,000 รอบต่อนาที สามารถทำความเย็นภายในห้องติดตั้งโรเตอร์ได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง -10 องศาเซลเซียส, สำหรับโรเตอร์ที่ใช้สามารถใช้งานได้กับปริมาตรของหลอดทดลอง 15 มิลลิลิตร จำนวน12 หลอด และ 50 มิลลิลิตร จำนวน 6 หลอด. จากผลการทดลองพบว่าเครื่องสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีบรรลุวัตถุประสงค์ อีกทั้งผลการวิจัยที่ได้ยังเป็นแนวทางอันจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้และพัฒนาเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในแขนงอื่นๆ ได้อีกด้วย.

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

เครื่องปั่นแยกสาร (Centrifuge) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับเร่งการตกตะกอนของอนุภาคที่ไม่ละลายออกจากของเหลว หรือใช้แยกของเหลวหลาย ๆ ชนิดที่มีความถ่วงจำเพาะต่างกันออกจากกัน โดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลาง (centrifuge force), ที่เกิดจากการหมุนรอบจุดหมุน (center of rotation), เครื่องปั่นแยกสารมีแกนหมุนเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์จะเหนี่ยวนำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และทำให้แกนมอเตอร์หมุน ความเร็วรอบในการหมุน (rpm = round per minutes), ควบคุมด้วยวงจรไฟฟ้า ส่วนเวลาที่ใช้ในการหมุนควบคุมด้วย สวิตซ์ปิด-เปิดที่สามารถตั้งเวลาได้.

เครื่องปั่นแยกสารโดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญหลักๆ 4 ส่วนคือ (1) มอเตอร์และระบบควบคุมความเร็วรอบ มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผลักให้เกิดการหมุนรอบแกน มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ใช้แปรงถ่าน (brush drive) และชนิดที่ไม่ใช้แปรงถ่าน (brushless inductive drive) สำหรับเครื่อง Ultra speed centrifuge (100,000 รอบ/นาที) จะมีชุดเฟืองทดรอบการหมุน (gear box) เพื่อเพิ่มความเร็วรอบของแกนหมุน. (2) โรเตอร์ (rotor) ใช้สำหรับบรรจุภาชนะใส่ตัวอย่าง เมื่อโรเตอร์เกิดการหมุนรอบจะทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขึ้นในบริเวณโรเตอร์ วัสดุที่ใช้ทำโรเตอร์มีหลายชนิด เช่น อะลูมิเนียม, ไทเทเนียม เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดของแรงหนีศูนย์กลาง ความเร็วรอบที่ใช้งาน. ชนิดและปริมาณตัวอย่างที่ใช้ ส่วนรูปแบบของโรเตอร์มีให้เลือกตามลักษณะการใช้งาน เช่น ห้องปฏิบัติการชันสูตร ส่วนใหญ่จะใช้โรเตอร์แบบ Swing bucket rotors และ Fixed angle rotors. (3) ห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ (chamber) เป็นส่วนที่มีโรเตอร์ติดตั้งอยู่ภายใน ปกติจะมีฝาปิดมิดชิด และฝาปิดนี้จะไม่สามารถเปิดออกได้ขณะที่โรเตอร์กำลังหมุนอยู่ เพื่อสร้างความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องหมุนเหวี่ยง. (4) แผงควบคุม (control panel) ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องปั่นแยกสาร มีปุ่มควบคุมการทำงานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเครื่อง และสำหรับเครื่องปั่นแยกสารที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (Refrigerated Centrifuge) ก็จะมีส่วนประกอบเพิ่มอีกส่วนหนึ่งเป็นส่วนที่ 5 คือ ระบบทำความเย็นใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์.

การแยกสารด้วยเครื่องปั่นแยกสารต้องมีการกำหนดเวลา และแรงหนีศูนย์กลางสำหรับงานนั้นๆ เสมอ ซึ่งในบางครั้งจะพบว่า มีการกำหนดเป็นค่าความเร็วรอบของการหมุนโรเตอร์ ซึ่งอาจเกิดปัญหากับการใช้งานในกรณีที่ต้องการความถูกต้องของแรงหนีศูนย์กลางแรงหนีศูนย์กลางสัมพัทธ์

(relative centrifugal force) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับรัศมีการหมุนไม่เท่ากัน. ดังนั้นการกำหนดวิธีการแยกสารด้วยค่าความเร็วรอบจึงไม่ใช่วิธีการที่เป็นมาตรฐาน ปัจจุบันจึงมักจะเตรียมตารางเทียบค่าทั้งสองที่ใช้กับโรเตอร์แต่ละชนิดของผู้ผลิตไว้แล้ว หรือผู้ใช้สามารถทำการคำนวณได้เอง โดยการใช้สูตรดังนี้ :

$$RCF = 1.12r(RPM/1000)^2 \text{ หรือ } RPM = 10^3(RCF/1.12r)^{0.5}$$

โดยที่

RCF = แรงหนีศูนย์กลางสัมพัทธ์ หน่วยเป็น x กรัม

r = รัศมีแกนหมุน หน่วยเป็น มิลลิเมตร

RPM = อัตราความเร็วรอบ หน่วยเป็น รอบ/นาที (round per minute)

ปัจจุบันเครื่องหมุนเหวี่ยงมีหลายรูปแบบและขนาด ขึ้นอยู่กับความจำเป็นในการใช้ เราสามารถแบ่งประเภทเครื่องหมุนเหวี่ยงได้ 2 แบบ ดังนี้ :

1. แบ่งตามความสามารถในการทำความเร็วรอบ สามารถแบ่งเครื่องหมุนเหวี่ยงได้เป็น 4 ชนิด ดังนี้ :

1.1 เครื่องปั่นแยกสารที่มีความเร็วรอบสูงสุดไม่เกิน 10,000 รอบ/นาที ส่วนใหญ่จะที่ได้ที่ 6,000 รอบ/นาที เรียกว่า Low-speed centrifuge.

1.2 เครื่องปั่นแยกสารที่มีความเร็วรอบอยู่ระหว่าง 10,000 – 21,000 รอบ/นาที เช่น เครื่อง microhaematocrit centrifuge กำหนดแรงหนีศูนย์กลางไว้คงที่ 12,000 x กรัม (11,200 รอบ/นาที) เรียกว่า High-speed centrifuge.

1.3 เครื่องปั่นแยกสารที่มีความเร็วรอบอยู่ระหว่าง 21,000 - 50,000 รอบ/นาที ส่วนใหญ่ใช้ในงานวิจัย เรียกว่า Super-speed centrifuge.

1.4 เครื่องปั่นแยกสารที่สามารถทำความเร็วรอบได้มากกว่า 50,000 รอบ/นาที บางรุ่นสามารถทำได้ถึง 100,000 รอบ/นาที เหมาะสมกับงานวิจัยในระดับโมเลกุล เรียกว่า Ultra speed centrifuge.

2. แบ่งตามขนาดของเครื่อง สามารถแบ่งเครื่องหมุนเหวี่ยงได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้ :

2.1 ไมโครฟิวจ์ (Microfuge) เป็นเครื่องหมุนเหวี่ยงขนาดเล็ก สามารถหมุนเหวี่ยงตัวอย่างได้ปริมาตรสูงสุด 1.5 มิลลิลิตร ใช้หลอดขนาดเล็กสำหรับใส่ตัวอย่างเรียกว่าหลอดไมโครฟิวจ์

(microfuge tube หรือ microtube) เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้มีปริมาตรต่ำ จึงไม่ต้องมีการปรับสมดุลก่อนทำการปั่นแยกสาร เพียงให้หลอดที่วางด้านตรงข้ามกันมีปริมาตรเท่ากัน หรือต่างกันไม่เกิน 0.1 มิลลิลิตร ก็เพียงพอแล้ว เวลาและความเร็วที่ใช้สำหรับการปั่นแยกสาร สามารถตั้งได้โดยการกำหนดค่าบนหน้าปัดด้านหน้าเครื่อง และห้ามปิดช่องระบายอากาศที่ด้านบนของฝาปิด ขณะที่เครื่องปั่นแยกสารกำลังทำงานอยู่ เครื่องไมโครฟิวจ์ (microfuge) โดยส่วนใหญ่มักจะใช้กับงานทางด้านเทคโนโลยีของดีเอ็นเอ.

2.2 เครื่องปั่นแยกสารชนิดตั้งโต๊ะ (Bench-top Centrifuge หรือ table-top centrifuge) เครื่องหมุนเหวี่ยงโดยทั่วๆไปจะอยู่ในระดับนี้ เป็นเครื่องปั่นแยกสารขนาดกลาง สามารถใช้ปั่นแยกสารตัวอย่างที่มีปริมาตรได้ตั้งแต่ 1-15 มิลลิลิตร อาจมีระบบทำความเย็นหรือไม่มีก็ได้. สำหรับเครื่องปั่นแยกสารประเภทนี้ ควรจะมีการปรับสมดุลของหลอดตัวอย่างก่อนจะทำการหมุนเหวี่ยง, หลอดตัวอย่างทั้งคู่ต้องมีน้ำหนักเท่ากัน, ปรับสมดุลของหลอดตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งแบบจาน (pan balance) เพื่อปรับน้ำหนักของหลอดให้เท่ากัน อาจปรับโดยการเติมน้ำลงในตัวอย่างโดยตรง หรือปรับโดยการเติมน้ำลงในกระบอกใส่หลอดก็ได้ (กระบอกใส่หลอดเป็นกระบอกที่ใช้ใส่หลอดตัวอย่างที่จะนำไปปั่นแยกสาร ซึ่งภายในกระบอกมีช่องว่างที่สามารถเติมน้ำเพื่อปรับสมดุลตัวอย่างได้) จากนั้นจึงนำไปใส่ในโรเตอร์ แล้วทำการหมุนเหวี่ยง หลังจากหมุนเหวี่ยงเสร็จเรียบร้อย จะต้องแน่ใจว่าโรเตอร์หยุดหมุนอย่างสมบูรณ์ก่อน จึงค่อยเปิดฝาเพื่อจะนำตัวอย่างที่ปั่นแยกสารแล้วไปเข้าสู่กระบวนการต่อไป.

บทต่อไปจะกล่าวถึงผลการวิจัยที่ได้ ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบและโครงสร้างของตัวเครื่อง รวมทั้งผลการทดลองและทดสอบการใช้งานปั่นแยกสารที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้น.

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

การออกแบบเครื่องปั่นแยกสาร จะต้องพิจารณาถึงโครงสร้างและกลไกที่จะมารองรับส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง เพื่อให้สามารถทำงานได้จนสำเร็จ ซึ่งผลการดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิ ที่ได้กล่าวมาแล้วในบทข้างต้น แยกออกเป็นส่วนประกอบต่างๆ มีดังนี้ :

1. มอเตอร์และระบบควบคุมความเร็วรอบ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทข้างต้นว่าการออกแบบและสร้างเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมินี้ จะเน้นไปที่การใช้วัสดุและอุปกรณ์ภายในประเทศ ดังนั้น มอเตอร์ที่เลือกใช้จึงต้องเป็นมอเตอร์ที่หาได้ง่ายและมีราคาไม่แพง ทั้งนี้เนื่องจากมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีโอกาสในการสึกหรอมากที่สุด สำหรับมอเตอร์ที่ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 1.

รูปที่ 1. มอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องปั่นแยกสาร.

สำหรับระบบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์กระแสสลับแบบ 1 เฟสได้ โดยการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์จะใช้วิธีการปรับค่าความถี่ของกระแสไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์.

รูปที่ 2. ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์.

2. โรเตอร์ (Rotor)

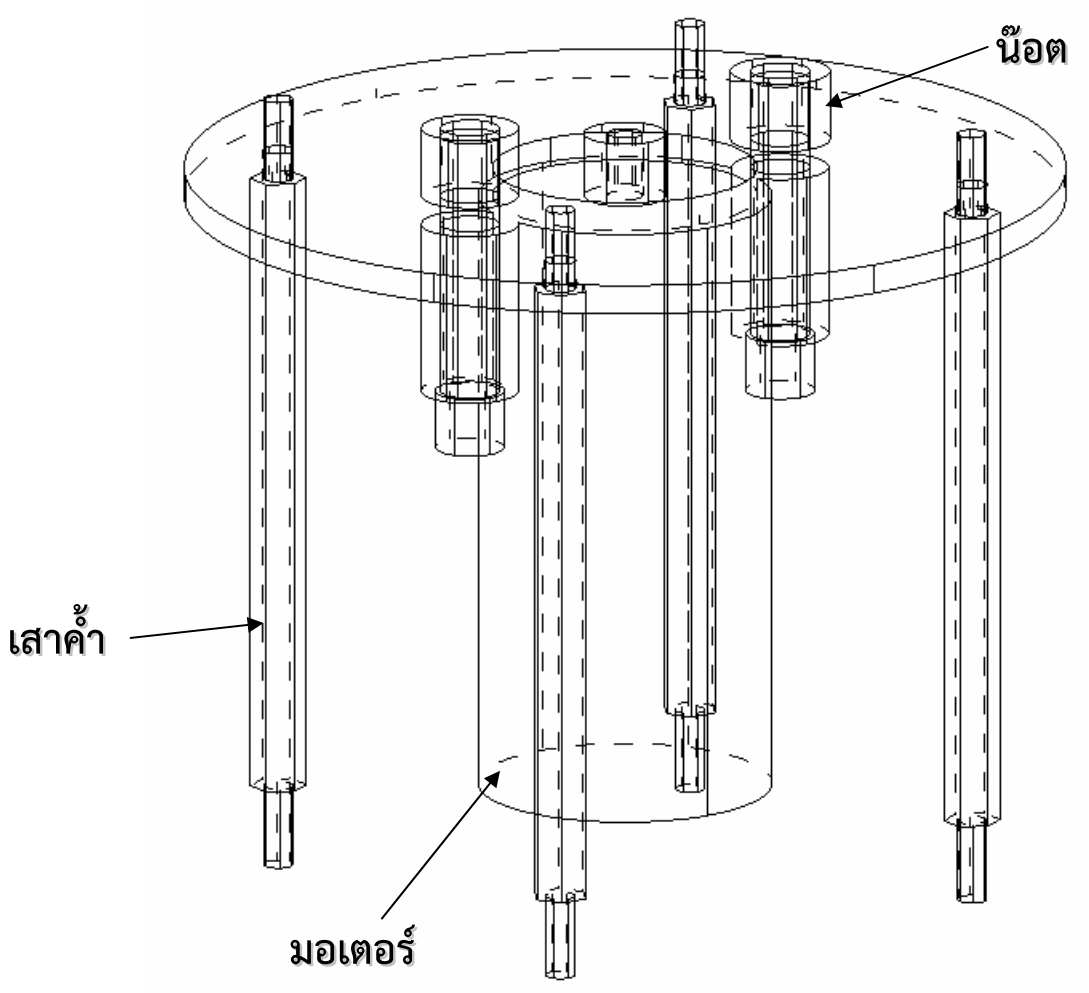
สำหรับโรเตอร์ที่ใช้เป็นโรเตอร์ที่มีใช้งานอยู่ทั่วไป โดยเป็นแบบ Fixed angle rotors มีอยู่ด้วยกัน 2 ชุดคือ โรเตอร์ ขนาดบรรจุหลอดทดลอง 15 มิลลิลิตร จำนวน 12 หลอด และโรเตอร์ขนาดบรรจุหลอดทดลอง 50 มิลลิลิตร จำนวน 6 หลอด ดังแสดงในรูปที่ 3.

โรเตอร์ขนาดบรรจุหลอดทดลอง 15 มิลลิลิตร จำนวน 12 หลอด.

โรเตอร์ขนาดบรรจุหลอดทดลอง 50 มิลลิลิตร จำนวน 6 หลอด

รูปที่ 3. ลักษณะของโรเตอร์ที่ใช้งาน.

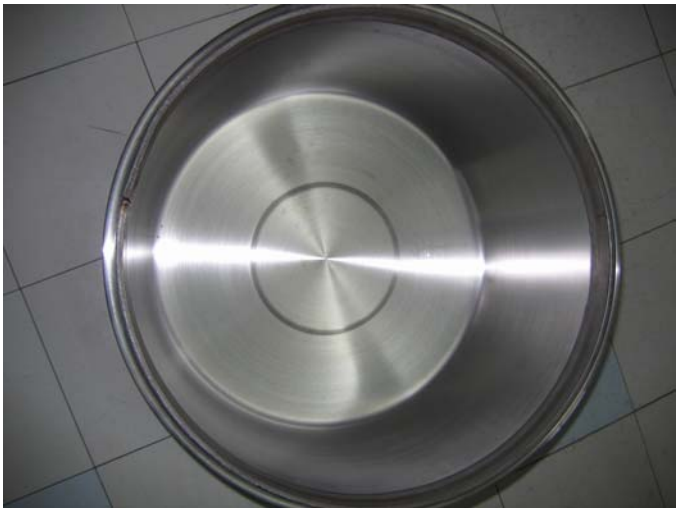
สำหรับการส่งกำลังจากมอเตอร์มายังโรเตอร์ได้ใช้ข้อต่อเพลารวมกับการออกแบบแกนของโรเตอร์ เพื่อให้สามารถยึดติดกับโรเตอร์ได้อย่างเหมาะสม โดยได้ออกแบบให้มอเตอร์ยึดติดกับแผ่นกลมเพื่อใช้รองรับห้องสำหรับติดตั้งโรเตอร์ (chamber) ดังแสดงในรูปที่ 4.



รูปที่ 4. การออกแบบเพื่อจับยึดมอเตอร์เข้ากับแผ่นกลม.

3. ห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ (chamber)

มีลักษณะเป็นถังทำด้วยสเตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 450 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5. ลักษณะของห้องติดตั้งโรเตอร์.

4. แผงควบคุม (control panel)

สำหรับแผงควบคุมที่ใช้ ได้ใช้ควบคู่ไปกับชุดควบคุมแบบ PLC (Programmable Logic Control) แบบหน้าจอสัมผัส ดังแสดงในรูปที่ 6.

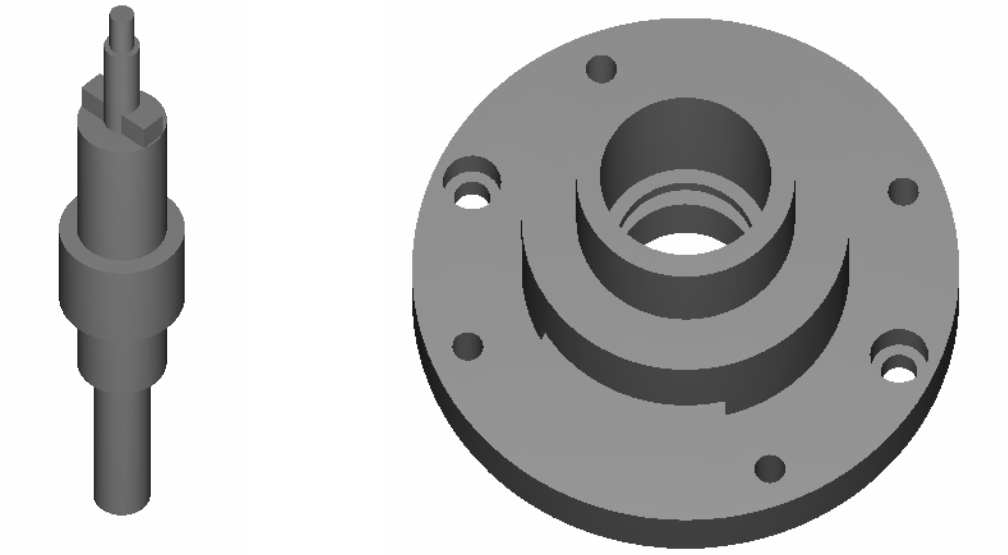
รูปที่ 6. ชุดควบคุมแบบ PLC (Programmable Logic Control) แบบหน้าจอสัมผัส.

5. ระบบทำความเย็นสำหรับควบคุมอุณหภูมิ.

โดยการพันท่อทองแดงล้อมรอบห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ พร้อมอุปกรณ์ต่างๆ อาทิ คอมเพรสเซอร์, พัดลม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 7.

รูปที่ 7. ชุดควบคุมอุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์.

ทำการออกแบบและผลิตแกนของโรเตอร์ และชุดยึดแกนของโรเตอร์ เพื่อใช้ในการส่งถ่ายการหมุนจากมอเตอร์ไปยังโรเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 8.



แกนของโรเตอร์ ชุดยึดแกนของโรเตอร์

รูปที่ 8. รูปแบบแกนและชุดยึดแกนของโรเตอร์.

จากนั้นจึงทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยเริ่มจากการจับยึดมอเตอร์เข้ากับห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ พร้อมทั้งทำการติดตั้งแกนและชุดยึดแกนของโรเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 9.

รูปที่ 9. การติดตั้งมอเตอร์ ห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ และแกนของโรเตอร์เข้าด้วยกัน.

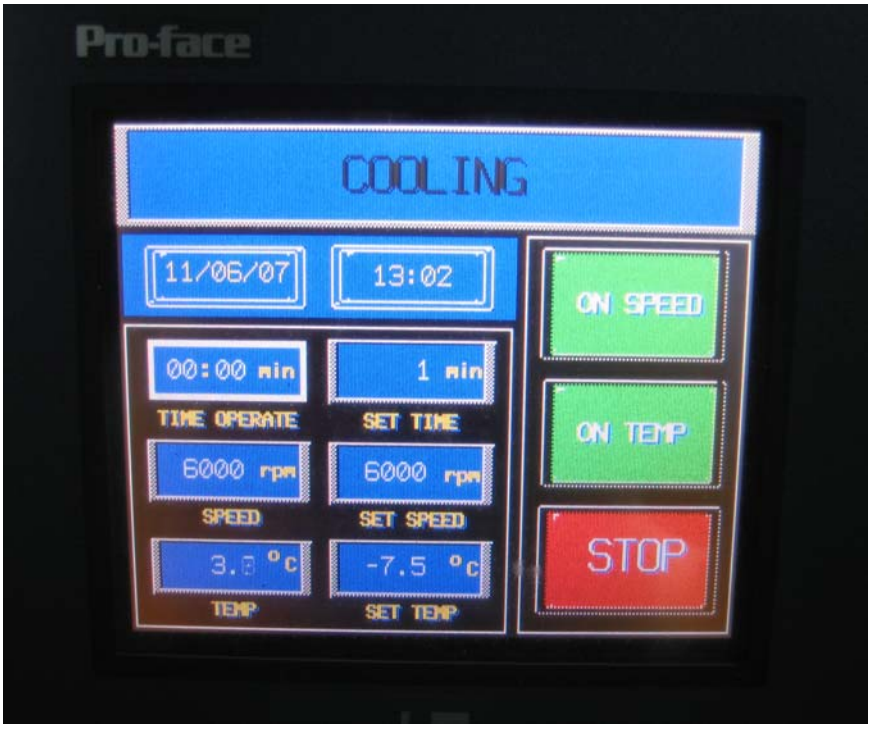
หลังจากนั้นจึงทำการติดตั้งระบบทำความเย็นสำหรับควบคุมอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 10.

รูปที่ 10. การติดตั้งระบบทำความเย็นสำหรับควบคุมอุณหภูมิ.

ติดตั้งโรเตอร์, ชุดอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ, แผงควบคุม, สวิตช์ และชุดเซนเซอร์ต่างๆ ที่ผ่านการสอบเทียบพร้อมทั้งดำเนินการตกแต่งสภาพภายนอกให้มีความสวยงาม ดังแสดงในรูปที่ 11.

รูปที่ 11. การติดตั้งโรเตอร์, ชุดอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ, แผงควบคุม, สวิตช์ และชุดเซนเซอร์ต่างๆ พร้อมทั้งดำเนินการตกแต่งสภาพภายนอกให้มีความสวยงาม.

ทดสอบการทำงานในส่วนของการหมุนของโรเตอร์ โดยการเปรียบเทียบค่าความเร็วรอบที่แสดงในแผงควบคุมกับค่าที่วัดได้ โดยเครื่องวัดรอบที่ผ่านการสอบเทียบ ดังแสดงในรูปที่ 12.



ความเร็วรอบที่เครื่องทำได้ ความเร็วรอบที่ตั้งไว้

รูปที่ 12. การทดสอบการทำงานในส่วนของการหมุนของโรเตอร์.

ทดสอบระบบทำความเย็น สำหรับควบคุมอุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ โดยการตั้งค่าอุณหภูมิบนแผงควบคุมและสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ผ่านเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในและแสดงผลบนแผงควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 13.

รูปที่ 13. การทดสอบระบบทำความเย็นสำหรับควบคุมอุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์.

ทดลองจับเวลาที่ความเร็วรอบเริ่มต้นจากศูนย์ จนกระทั่งมีความเร็วรอบตามที่ตั้งไว้ที่ค่าความเร็วรอบต่างๆ โดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่ติดตั้งโรเตอร์สำหรับหลอดทดลอง ขนาด 50 มิลลิลิตร จำนวน 6 หลอด โดยใส่หลอดทดลองเปล่า กับ ใส่สาร “Saccharomyces cerevisiac” (ยีสต์) โดยที่แต่ละหลอดมีน้ำหนัก 44.5 กรัม การทดลองจะทำโดยการตั้งความเร็วรอบไว้ตั้งแต่ 1,000 รอบต่อนาที และเพิ่มขึ้นทีละ 1,000 รอบต่อนาที จนกระทั่งความเร็วรอบที่ตั้งไว้มีค่า 6,000 รอบต่อนาที (สาเหตุที่ตั้งความเร็วรอบไม่เกิน 6,000 รอบ เนื่องจากรายละเอียดของโรเตอร์ที่ใช้ทำการทดลองจำกัดให้ใช้ทำการปั่นแยกสารได้ที่ความเร็วรอบไม่เกิน 6,000 รอบต่อนาที) ซึ่งรายละเอียดการทดลองแสดงได้ดังนี้ :

ตารางที่ 1. ผลการทดลองปั่นแยกสาร กรณีใส่หลอดทดลองเปล่า

ความเร็วรอบที่ตั้งไว้ (รอบต่อนาที)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1,000	19.31
2,000	50.60
3,000	75.21
4,000	77.22
5,000	101.98
6,000	140.06

ตารางที่ 2. ผลการทดลองปั่นแยกสาร กรณีใส่สาร “Saccharomyces cerevisiac” (ยีสต์)

ความเร็วรอบที่ตั้งไว้ (รอบต่อนาที)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ผลการตรวจสอบการแยกสาร
1,000	23.40	สามารถแยกสารได้
2,000	59.25	สามารถแยกสารได้
3,000	84.64	สามารถแยกสารได้
4,000	87.55	สามารถแยกสารได้
5,000	97.97	สามารถแยกสารได้
6,000	142.72	สามารถแยกสารได้

สำหรับผลการตรวจสอบการแยกสารนั้น จะสังเกตจากการแยกชั้นของสารละลายกับสารแขวนลอยด้วยตาเปล่า ซึ่งตัวอย่างของการปั่นแยกสาร “Saccharomyces cerevisiac” (ยีสต์) ดังแสดงในรูปที่ 14.

ก่อนปั่นแยกสาร **หลังปั่นแยกสาร**

รูปที่ 14. ตัวอย่างของการปั่นแยกสาร “Saccharomyces cerevisiac” (ยีสต์).

จากผลการทดลอง ดังตารางที่ 1 และ 2 สรุปได้ว่าเครื่องปั่นแยกสารที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นสามารถปั่นแยกสารได้ค่าความเร็วรอบที่ได้ตั้งไว้ โดยระยะเวลาที่เครื่องเริ่มทำงานตั้งแต่ความเร็วรอบเริ่มต้นเป็นศูนย์จนกระทั่งมีความเร็วรอบตามที่ตั้งไว้ กรณีที่ใส่สาร “Saccharomyces cerevisiac” (ยีสต์) จะใช้เวลามากกว่าแต่ก็ไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้เครื่องปั่นแยกสารนี้ยังสามารถปั่นแยกสารได้เป็นอย่างดีดังตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 14.

4. สรุปผลการทดลอง

โครงการ “การพัฒนาเครื่องปั่นแยกสาร” ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิ โดยมีแนวความคิดที่จะให้ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วหรือหาได้ง่ายภายในประเทศ อีกทั้งยังสามารถปรับให้มีการทำงานที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการใช้งานของผู้ปฏิบัติงานในประเทศ มีความเรียบง่าย, สะดวกในการบำรุงรักษาโดยผู้ปฏิบัติงาน.

ส่วนประกอบหลักๆ ของเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นประกอบด้วย 5 ส่วนคือ 1. มอเตอร์และระบบควบคุมความเร็วรอบ เพื่อใช้สำหรับเป็นต้นกำลังให้เกิดการหมุนรอบและได้ความเร็วรอบตามความต้องการ, 2. โรเตอร์ ใช้สำหรับบรรจุภาชนะใส่ตัวอย่าง เมื่อโรเตอร์เกิดการหมุนรอบจะทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขึ้นในบริเวณโรเตอร์, 3. ห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ (Chamber) เป็นส่วนที่มีโรเตอร์ติดตั้งอยู่ภายใน มีฝาปิดเพื่อความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงาน, 4. ระบบทำความเย็น ใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ และ 5. แผงควบคุม ใช้สำหรับควบคุมและแสดงผลการทำงานของเครื่องปั่นแยกสาร.

จากผลการทดลองใช้เครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นพบว่าสามารถทำงานได้บรรลุวัตถุประสงค์ ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพเทียบเท่ากับการใช้เครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยที่คุณลักษณะของเครื่องปั่นแยกสารที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมีดังนี้ :

1. มิติเครื่อง : 100 x 80 x 75 เซนติเมตร
2. น้ำหนักเครื่อง : 150 กิโลกรัม
3. ไฟฟ้า : 220 โวลท์ 50 เฮิรตซ์ 1,100 วัตต์
4. อุปกรณ์ควบคุม : PLC แบบหน้าจอสัมผัส
5. ความเร็วรอบโรเตอร์ : 0 ถึง 10,000 รอบต่อนาที
6. อุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ : อุณหภูมิห้อง ถึง -10 องศาเซลเซียส
7. ปริมาตรของหลอดทดลองใช้งาน : 15 มิลลิลิตร x 12 หลอด และ 50 มิลลิลิตร x 6 หลอด

โครงการ “การพัฒนาเครื่องปั่นแยกสาร” เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือวิทยาศาสตร์ โดยเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วหรือหาได้ง่ายภายในประเทศ ซึ่งจะช่วยทดแทนการนำเข้าได้ และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขึ้นเอง นำไปสู่การประยุกต์ใช้และพัฒนาเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในแขนงอื่นๆ ได้อีกด้วย.

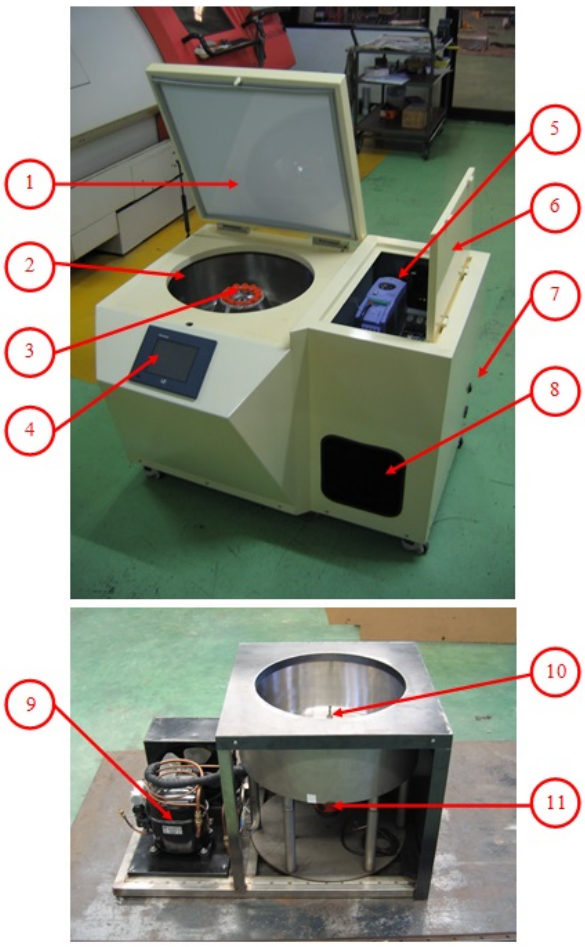
5. เอกสารอ้างอิง

กอกิมพงษ์, เอกดนัย 2547. “เครื่องหมุนเหวี่ยง”, *LAB. TODAY* ปีที่ 3 ฉบับที่ 21 พฤศจิกายน 2547, หน้า 48-53.

กอกิมพงษ์, เอกดนัย 2549. เครื่องหมุนเหวี่ยง : ชนิดของโรเตอร์และเทคโนโลยีของเครื่องหมุนเหวี่ยงในปัจจุบัน. *LAB. Today,* ปีที่ 3, ฉบับที่ 35 หน้า 19-23.

ภาคผนวก ก

ผนวก ก-1 : รายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิ



โดยที่หมายเลขต่างๆ แสดงถึงรายละเอียดดังนี้ :

หมายเลข 1. ฝาปิดห้องที่ติดตั้งโรเตอร์.

2. ห้องที่ติดตั้งโรเตอร์หัวกดสำหรับผนึกหรือเชื่อม.

3. โรเตอร์.

4. แผงควบคุม.

5. ชุดอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์.

6. ฝาปิดห้องควบคุม.

7. สวิตช์เปิด-ปิดการทำงานของเครื่อง.

8. แผงแลกเปลี่ยนความร้อนในชุดทำความเย็น.

9. คอมเพรสเซอร์.

10. แกนโรเตอร์.

11. มอเตอร์.