

# การพัฒนาเครื่องเขย่าสารต้นแบบ

## Development of the Pilot Scale of Shaker

สวิต ฉิมเรือง\* สิริวัลภ์ เรืองช่วย ตู้ประกาย และ กาญจนศักดิ์ จารุปาน

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสร้างเครื่องเขย่าสารต้นแบบเพื่อพัฒนาเครื่องมือที่ใช้สำหรับจับยึดภาชนะรูปทรงต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเครื่องดังกล่าวสามารถควบคุมความเร็ว ทิศทางของการเขย่า ระยะเวลา ได้ตามคุณสมบัติของสารเคมีแต่ละชนิดอย่างเหมาะสม ผลการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไปกับเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นใหม่ จะเห็นว่าสารตัวอย่างที่ได้จากการเขย่าจะมีลักษณะที่เป็นการผสมเข้ากันได้ดี ซึ่งเกิดจากการปรับความเร็วที่เหมาะสมในช่วงเวลาการเขย่าสาร ระยะเวลาในการเขย่าที่มีจำนวนสารตัวอย่างที่ใช้ในการเขย่า 4 ตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ใช้เวลา 27 นาที ครั้งที่ 2 ใช้เวลา 18 นาที ครั้งที่ 3 ใช้เวลา 8 นาที ครั้งที่ 4 ใช้เวลา 11 นาที ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป จากการทดสอบการทำงานเครื่องเขย่าสารเคมีให้ตกตะกอน ประสิทธิภาพของเครื่องอยู่ในเกณฑ์ดีเนื่องจากวงจรที่ใช้ควบคุมเวลามีความแม่นยำสูง วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์สามารถปรับได้ตามต้องการ ทิศทางของการเขย่าสารเคมีสามารถสั่งงานให้ทำได้ 2 ลักษณะ คือ หมุนเป็นวงกลมและเคลื่อนที่ซ้ายขวา การตั้งเวลาในการทำงานสามารถตั้งให้ทำงานได้ทั้งแบบวินาทีและนาที การรับน้ำหนักของของเหลวในการเขย่าสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 10 กิโลกรัม

**คำสำคัญ :** เครื่องต้นแบบ เครื่องเขย่าสาร

### Abstract

This research study aimed to develop a prototype of a shaking device for holding containers of various shapes used in a laboratory. The device can control the speed of. The direction of the shaking period, the chemical properties of each type properly. The comparison between the general chemical shaker with the newly developed chemicals shaker. That samples from the rock looks like it is mixed well. Due to the speed at the right time to shake the substance. Time to shake up a number of samples used in the Shake 4 for

---

\* ผู้ประสานงาน (Corresponding Author)  
e-mail: vela20021@hotmail.com

the first time 27 minutes, 2 times for 18 minutes, 3 times for 8 minutes, 4 times for 11 minutes, which take less time. shaker common chemicals. Functional testing of chemicals for precipitation shaker. The image of the machine is in good shape due to a circuit that uses a high precision time control. Motor speed control circuit can be adjusted as needed. Shake the direction of a chemical that can operate as two types of spin in a circle and move left and right. Scheduling functions can be set to run in both seconds and minutes. The weight of the liquid in the shaker to the weight to 10 kg.

**Keywords:** Pilot Scale, Shaker

## บทนำ

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าในภาคอุตสาหกรรมหรือธุรกิจต่าง ๆ ในประเทศไทย เป็นภาคที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ระบบเศรษฐกิจของประเทศที่สำคัญ การเติบโตของภาคอุตสาหกรรมหรือธุรกิจต่าง ๆ มีความเติบโตและก้าวหน้าตามการพัฒนาทางเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับขีดความสามารถในการแข่งขันและการส่งออกต่าง ๆ จึงเป็นสิ่งที่จะต้องให้ความสนใจและจริงจังต่อบัจจัยที่จะกระทบ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านคุณภาพมาตรฐานของสินค้า ความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ ขีดความสามารถทางการตลาดและการจัดการ ตลอดจนวิสัยทัศน์ที่มีต่อแนวโน้มการพัฒนาประเทศ และปัจจุบันการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ของไทยได้เดินไปพร้อมกับการพัฒนาประเทศด้วยเช่นกัน ทั้งในเรื่องของตัวนักวิทยาศาสตร์ที่มีความรู้ความสามารถมากยิ่งขึ้น และการพัฒนาดังกล่าวก็ต้องมีห้องทดลองหรือห้องปฏิบัติการที่มีความพร้อมต่อการปฏิบัติงานมากขึ้นด้วย ซึ่งในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จะประกอบด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่อำนวยความสะดวกในการทดลองที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีเครื่องมือที่มีความแม่นยำในการทดสอบสารตัวอย่างนั้น ๆ ด้วย จากผลที่ต้องการความแม่นยำจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพสูง ดังนั้นศูนย์เครื่องมือปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบันส่วนมากจะมีเครื่องมือที่มีราคาแพง ๆ อย่างเช่นเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับแยกสารประกอบที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง สามารถทดสอบได้ทั้งเชิงคุณภาพและทดสอบเชิงปริมาณโดยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ราคาต่อเครื่องประมาณ 2,500,000.00 บาท หรือเครื่องเขย่าสารเคมีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับเขย่าสารเคมีให้เข้ากันหรือไม่ให้จับตัวกัน ราคาต่อเครื่องประมาณ 160,000.00 บาท จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าราคาเครื่องมือต่าง ๆ ที่เราต้องใช้ในการวิเคราะห์ก่อนข้างมีราคาที่แพงมาก จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องมือต่าง ๆ ขึ้นมาใช้เองโดยที่ไม่ต้องสั่งซื้อหรือนำเข้ามาจากต่างประเทศ เพราะเนื่องจากบางหน่วยงานที่มีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือดังกล่าวแต่ไม่มีงบประมาณและไม่สามารถจัดหาเครื่องมือมาใช้ได้ ทำให้การทดลองหรือทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของสารเกิดความผิดพลาดหรือใช้เวลานาน โดยเฉพาะเครื่องเขย่าสารเคมีทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ต้องสั่งซื้อหรือนำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาสูง ซึ่งเครื่องดังกล่าวสามารถทำขึ้นเองและใช้

วัตถุประสงค์ที่มีอยู่ภายในประเทศได้ โดยศึกษาการทำงานของเครื่องและประยุกต์จากเครื่องแบบเดิมที่ใช้งานอยู่ แต่จะออกแบบให้ระบบการทำงานสามารถทำงานเทียบเท่ากับเครื่องที่ซื้อมาในราคาที่เหมาะสม ๆ ได้

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสร้างเครื่องเขย่าสารต้นแบบ
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทำงานของเครื่องเขย่าสารต้นแบบกับเครื่องเขย่าสาร

ทั่วไป

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

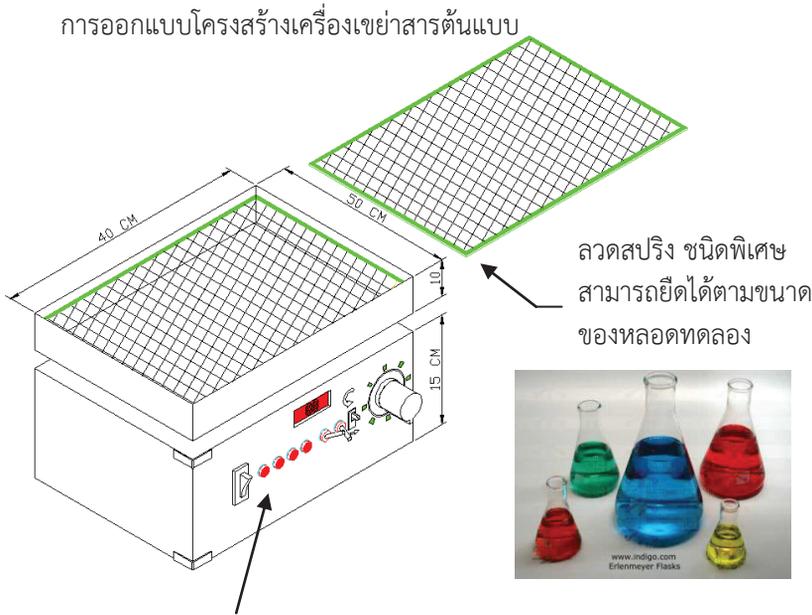
ในการดำเนินการสร้างเครื่องเขย่าสาร มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ออกแบบอย่างไร
3. เครื่องต้นแบบ
4. การทดสอบประสิทธิภาพ

การเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องเขย่าสารหรือเขี่ยแบบการหมุนสาย ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เชื้อที่เลี้ยงในอาหารเหลว ได้รับออกซิเจน จากการวางขวดอาหารเหลวบนฐานเครื่องที่มีเครื่องกลที่ทำให้มีการหมุนสายไปมาตลอดเวลา เชื้อที่เลี้ยงในสภาพดังกล่าวนี้และต้องการออกซิเจน จะสามารถเติบโตได้ดี โดยได้มีการปรับปรุงอุปกรณ์บางส่วนสำหรับใช้งาน เช่นการเจาะรู สายยางที่สามารถยืดได้ตามขนาด

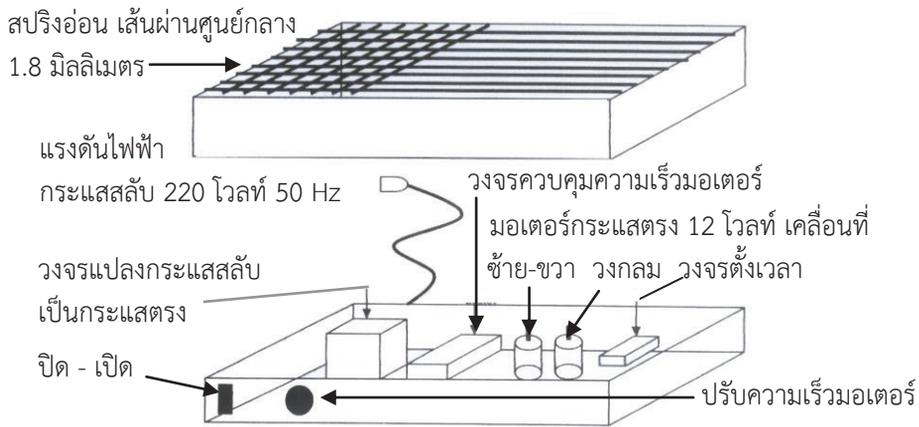
การออกแบบโครงสร้างเครื่องเขย่าสารต้นแบบ



ควบคุมการทำงานได้ตามอัตโนมัติและโดยตรงได้

สามารถรับหลอดทดลองชนิดต่าง ๆ ของFlasks (ตั้งภาพ) ที่มีขนาด 250 ml. ถึง 1,000 ml. ได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์จับยึด

ภาพที่ 1 โครงสร้างเครื่องเขย่าสารต้นแบบ



ภาพที่ 2 องค์ประกอบของเครื่องเขย่าสารต้นแบบ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองของเครื่องเขย่าสารเคมี โดยจะเปรียบเทียบความเร็วและคุณภาพของสารตัวอย่างที่เขย่าออกมา ระหว่างเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป กับเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

โดยจะทดลองทั้งหมด 4 ชนิด แต่ละชนิดจะใช้สารตัวอย่างที่ต่างกันในการทดลองเป็นจำนวน 4 ตัวอย่าง โดยจะเปรียบเทียบดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** แสดงการทดสอบระหว่างเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไปกับเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

ชนิดของเครื่องเขย่าสาร	ระยะเวลาในการเขย่าสาร (จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการเขย่า 4 ตัวอย่าง)			
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4
เครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป	28 นาที	19 นาที	10 นาที	13 นาที
เครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่	27 นาที	18 นาที	8 นาที	11 นาที

ตัวอย่างที่ 1	ชื่อสารเคมี แซคคาริน (Saccharin) เวลาปกติที่เขย่า	30 นาที
	เวลาของเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป ที่เขย่าได้	28 นาที
	เวลาของเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ที่เขย่าได้	20 นาที
ตัวอย่างที่ 2	ชื่อสารเคมี ดัลซิน (Dulcin) เวลาปกติที่เขย่า	20 นาที
	เวลาของเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป ที่เขย่าได้	19 นาที
	เวลาของเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ที่เขย่าได้	18 นาที
ตัวอย่างที่ 3	ชื่อสารเคมี ไซคลาเมต (Cyclamate) เวลาปกติที่เขย่า	10 นาที
	เวลาของเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป ที่เขย่าได้	10 นาที
	เวลาของเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ที่เขย่าได้	8 นาที
ตัวอย่างที่ 4	ชื่อสารเคมี น้ำตาลอินเวอร์ท (Invert Sugar) เวลาปกติที่เขย่า	15 นาที
	เวลาของเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป ที่เขย่าได้	13 นาที
	เวลาของเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ที่เขย่าได้	11 นาที

การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไปกับเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ซึ่งจะแสดงเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไปและเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่



**ภาพที่ 3** เครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไปกับเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

จากการทดลองดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นใหม่สามารถเขย่าสารเคมีได้เร็วกว่าเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป และคุณภาพของสารตัวอย่างที่เขย่าออกมาไม่ต่างกัน ถึงแม้ว่าการเริ่มต้นทำงานในสารตัวอย่างแรกอาจจะช้าไปบ้างแต่เมื่อได้เขย่าไประยะหนึ่งแล้วจะสามารถลดระยะเวลาในการทำงานได้มากกว่าเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป

สารตัวอย่างจากเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไปคุณภาพของสารตัวอย่างที่ได้จากการเขย่านั้นมีลักษณะผสมกันได้ช้ากว่าเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นใหม่ เนื่องจากเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นใหม่มีตัวปรับความเร็วในการทำงานที่มากกว่าเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไปใช้ระยะเวลาในการเขย่าที่มีจำนวนสารตัวอย่างที่ใช้ในการเขย่า 4 ตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ใช้เวลา 28 นาที ครั้งที่ 2 ใช้เวลา 19 นาที ครั้งที่ 3 ใช้เวลา 10 นาที ครั้งที่ 4 ใช้เวลา 13 นาที ซึ่งใช้เวลามากกว่าเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นใหม่ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไปที่กำลังเขย่าสารตัวอย่าง

สำหรับสารตัวอย่างที่ได้จากการทดลองด้วยเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นใหม่ จะเห็นว่าสารตัวอย่างที่ได้จากการเขย่าจะมีลักษณะที่เป็นการผสมเข้ากันได้ดี ซึ่งเกิดจากการปรับความเร็วที่เหมาะสมในช่วงเวลาการเขย่าสาร ระยะเวลาในการเขย่าที่มีจำนวนสารตัวอย่างที่ใช้ในการเขย่า 4 ตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ใช้เวลา 27 นาที ครั้งที่ 2 ใช้เวลา 18 นาที ครั้งที่ 3 ใช้เวลา 8 นาที ครั้งที่ 4 ใช้เวลา 11 นาที ซึ่งใช้น้อยกว่าเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นใหม่ที่กำลังเขย่าสารตัวอย่าง

### วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องโดยทำการแยกการทดสอบที่ละภาคได้ผลการทดลองดังนี้

1. ภาคจ่ายไฟ แรงดันเอาต์พุตที่ต้องการไป จ่ายให้กับวงจรภาคต่าง ๆ ในเครื่องตามที่กำหนดคือ 12 VDC โดยวงจรสามารถกำเนิดแรงดันได้อยู่ที่ 11.71 VDC ค่าที่ผิดพลาดอยู่ที่ 0.29 VDC ซึ่งผิดพลาดน้อยมาก ไม่เป็นผลกับวงจร

2. วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ออกแบบให้สามารถปรับลดหรือเพิ่ม โดยการกำหนดแรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์ จากการทดสอบแรงดันโดยการปรับค่าตัวต้านทาน 3 ระดับ ได้ผล คือ เมื่อ ปรับให้อยู่ตำแหน่งซ้ายสุด มอเตอร์ชุดหมุนวงกลมวัดได้ 0 โวลต์ มอเตอร์ชุดเคลื่อนที่ซ้ายขวา วัดได้ 0 โวลต์ ปรับให้อยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง มอเตอร์ชุดหมุนวงกลมวัดได้ 6.32 โวลต์ มอเตอร์ชุดเคลื่อนที่ซ้ายขวาวัดได้ 6.78 โวลต์ ปรับให้อยู่ตำแหน่งขวาสุด มอเตอร์ชุดหมุนวงกลมวัดได้ 11.23 โวลต์ มอเตอร์ชุดเคลื่อนที่ซ้ายขวาวัดได้ 11.65 โวลต์

3. วงจรตั้งเวลา เมื่อทำการทดสอบการทำงานแล้วทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำการทดสอบในเรื่องเวลาในการใช้งานเนื่องจากวงจรจะต้องมีการจ่ายไฟตลอดเวลาจึงต้องมีการทดสอบว่าสามารถใช้งานได้นานหรือไม่ โดยทำการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง ในช่วงเวลา 5,10,15 นาที การใช้งานไม่มีปัญหาใด ๆ เกิดขึ้นเครื่องยังอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

4. การรับน้ำหนักของเหลวที่นำมาทดสอบ โดยใช้น้ำเปล่าทำการทดสอบการรับน้ำหนักของเครื่องว่าสามารถรับน้ำหนักได้เท่าใด โดยกลุ่มผู้วิจัยได้กำหนดน้ำหนักของของเหลวไว้ที่ 5 และ 10 กิโลกรัม ผลจากการทดสอบเครื่องสามารถรับน้ำหนักได้ โดยเครื่องสามารถเขย่าของเหลวได้เป็นปกติทั้งแบบหมุนเป็นวงกลมและเคลื่อนที่ซ้ายขวา

## สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบการทำงานเครื่องเขย่าสารเคมีให้ตกตะกอน ประสิทธิภาพของเครื่องอยู่ในเกณฑ์ดีเนื่องจากวงจรที่ใช้ควบคุมเวลามีความแม่นยำสูง วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์สามารถปรับได้ตามต้องการ ทิศทางของการเขย่าสารเคมีสามารถสั่งงานให้ทำได้ 2 ลักษณะ คือ หมุนเป็นวงกลม และเคลื่อนที่ซ้ายขวา การตั้งเวลาในการทำงานสามารถตั้งให้ทำงานได้ทั้งแบบวินาทีและนาที การรับน้ำหนักของของเหลวในการเขย่าสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 10 กิโลกรัม ซึ่งราคาต้นแบบของเครื่องเขย่าสารเคมีชนิดนี้ประมาณ 8,094 บาท ต่อเครื่อง

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้งานเครื่องเขย่าสารต้นแบบกับเครื่องเขย่าสารทั่วไปจะเห็นได้ว่าเครื่องเขย่าสารเคมีที่พัฒนาขึ้นใหม่สามารถเขย่าสารเคมีได้เร็วกว่าเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป และคุณภาพของสารตัวอย่างที่เขย่าออกมาไม่ต่างกันถึงแม้ว่าการเริ่มต้นทำงานในสารตัวอย่างแรกอาจจะเข้าไปบ้างแต่เมื่อได้เขย่าไประยะหนึ่งแล้วจะสามารถลดระยะเวลาในการทำงานได้มากกว่าเครื่องเขย่าสารเคมีทั่วไป

## ข้อเสนอแนะ

1. โครงสร้างของเครื่องยังมีบางส่วนที่ต้องแก้ไขเนื่องจากโครงสร้างทำจากเหล็กทำให้มีน้ำหนักมาก ทำให้การเคลื่อนย้ายไม่สะดวก ควรใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงแต่น้ำหนักเบาหรืออาจใช้โครงเหล็กแต่ให้ความหนาแน่นน้อยกว่า 2 มม.
2. ชิ้นส่วนในการกำหนดทิศทางการหมุนทำจากเหล็กเวลาเคลื่อนที่จึงเกิดการเสียดสีทำให้มีเสียงดัง ควรใช้วัสดุที่ทำให้เสียงเบาลง เช่น พลาสติก เป็นต้น
3. ระบบการตั้งเวลาควรมีการออกแบบโปรแกรมในการใช้งานให้ง่ายและสะดวกกับผู้ใช้ ไม่ควรมีขั้นตอนในการใช้งานหลายขั้นตอนซึ่งอาจทำให้ผู้ใช้งานสับสน
4. ถาดใส่ภาชนะทดลองควรออกแบบให้สามารถถอดเปลี่ยนได้สะดวกและควรมีการออกแบบอุปกรณ์จับภาชนะทดลองหลาย ๆ แบบเพื่อความสะดวกในการใช้งาน
5. โครงสร้างภายนอกในส่วนที่เป็นมุมควรหาวัดป้องกันมุมอีกครั้งเพื่อป้องกันอันตรายเนื่องจากทำจากเหล็กทำให้มีความคมอาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน
6. ควรออกแบบให้ทิศทางการหมุนคงที่ สม่ำเสมอ ไม่มีการส่ายไปมา เมื่อมีการปรับความเร็วให้สูงขึ้นหรือช้าลงเพราะจะทำให้สารที่ทำการเขย่าส่วนผสมไม่เข้ากัน

## เอกสารอ้างอิง

- กนกอร อินทรพิเชษฐ์. (2523). *เคมีอาหาร*. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เจน สงสมพันธุ์. (2537). *เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์*. กรุงเทพฯ: หจก.เม็ดทรายพรินต์ติ้ง.
- ไทยเอกซ์แล็บ. (2550). *เครื่องเขย่าสาร ยี่ห้อ Jeitech รุ่น SK-300*. สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2550, สืบค้นจาก <http://www.thaiexlabs.com/product.index.php?lang=th>.
- ธวัชชัย อัดถวิบูลย์กุล. (2547). *เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมอาชีวศึกษา.

- นภัทร วัฒนเทพินทร์. (2547). *อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- บริษัท ชายนันลูชั่น จำกัด. (2550). *เครื่องเขย่าสาร รุ่น OS 70*. สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2550, สืบค้นจาก <http://www.scilution.com/product.detail.php?Lang=th&cat=36498&id=642005#>.
- บริษัท สิทธิพรแอสโซซิเอต จำกัด. (2550). *เครื่องเขย่าสาร แบบ Reciprocal/Orbital*. สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2550, สืบค้นจาก <http://www.sithiporn.co.th/index.php?name=spd&group=>
- ปัญญา ยอดโอวาท. (2546). *เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- มงคล ทองสงคราม. (2546). *เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง*. กรุงเทพฯ: 23 บุ๊คเซ็นเตอร์.
- มหาวิทยาลัยรามคำแหง. (2550). *เครื่องเขย่าสารแบบซ้ายขวา*. สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2550, สืบค้นจาก <http://www.eng.ru.ac.th/envi/Lab/Lab1.htm>.
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2550). *เครื่องเขย่าสารหรือเขื้อ*. สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2550, สืบค้นจาก <http://www.sci.tsu.ac.th/bi291/index.php?option=content&task=view&id=115&Itemid=145>.
- ยีน ภู่วรรณ. (2540). *ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- วิจิตร บุญยจรกุล. (2549). *ระบบควบคุมมอเตอร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ศิริลักษณ์ สีนวาลัย. (2525). *ทฤษฎีอาหาร:หลักการถนอมอาหารและควบคุมคุณภาพอาหาร เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: บี.เอฟ.ไอ
- ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. (2538). *มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง*. กรุงเทพฯ : บริษัท ประชาชน จำกัด.

#### ผู้เขียน

##### อาจารย์สวิต ฉิมเรือง

อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต  
e-mail: vela20021@hotmail.com

##### ดร.สิรวรรณ เรืองช่วย ตู้ประกาย

อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต  
e-mail: sirawanr@gmail.com

##### อาจารย์กาญจนาศักดิ์ จารูปาณ

อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต  
e-mail: karn43@hotmail.com

