

การทดลองที่ 3 การบ่มน้ำยาง ณ อุณหภูมิต่าง ๆ กัน

1. ผสมน้ำยางและสารเคมีตามตารางที่ 3
2. ทำการบ่มน้ำยางโดยใช้ใบกวนที่ได้จากการทดลองที่ 1 ความเร็วใบกวนที่ได้จากการทดลองที่ 2 และควบคุมอุณหภูมิ ณ 30 องศาเซลเซียส
3. นำตัวอย่างน้ำยางมาทำการทดสอบการวัลคาไนซ์บางส่วนของน้ำยาง และทดสอบการพองตัวในโหลอื่น ทุก ๆ 12 ชั่วโมง จนกระทั่งได้ก้อนยางเกรดที่ 4
4. บันทึกผลการทดลอง
5. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-4 โดยปรับอุณหภูมิขึ้นไป ณ 40 องศาเซลเซียส และทำการทดสอบทุก ๆ 6 ชั่วโมง
6. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-4 โดยปรับอุณหภูมิขึ้นไป ณ 50 องศาเซลเซียส และทำการทดสอบทุก ๆ 2 ชั่วโมง
7. เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการออกแบบ

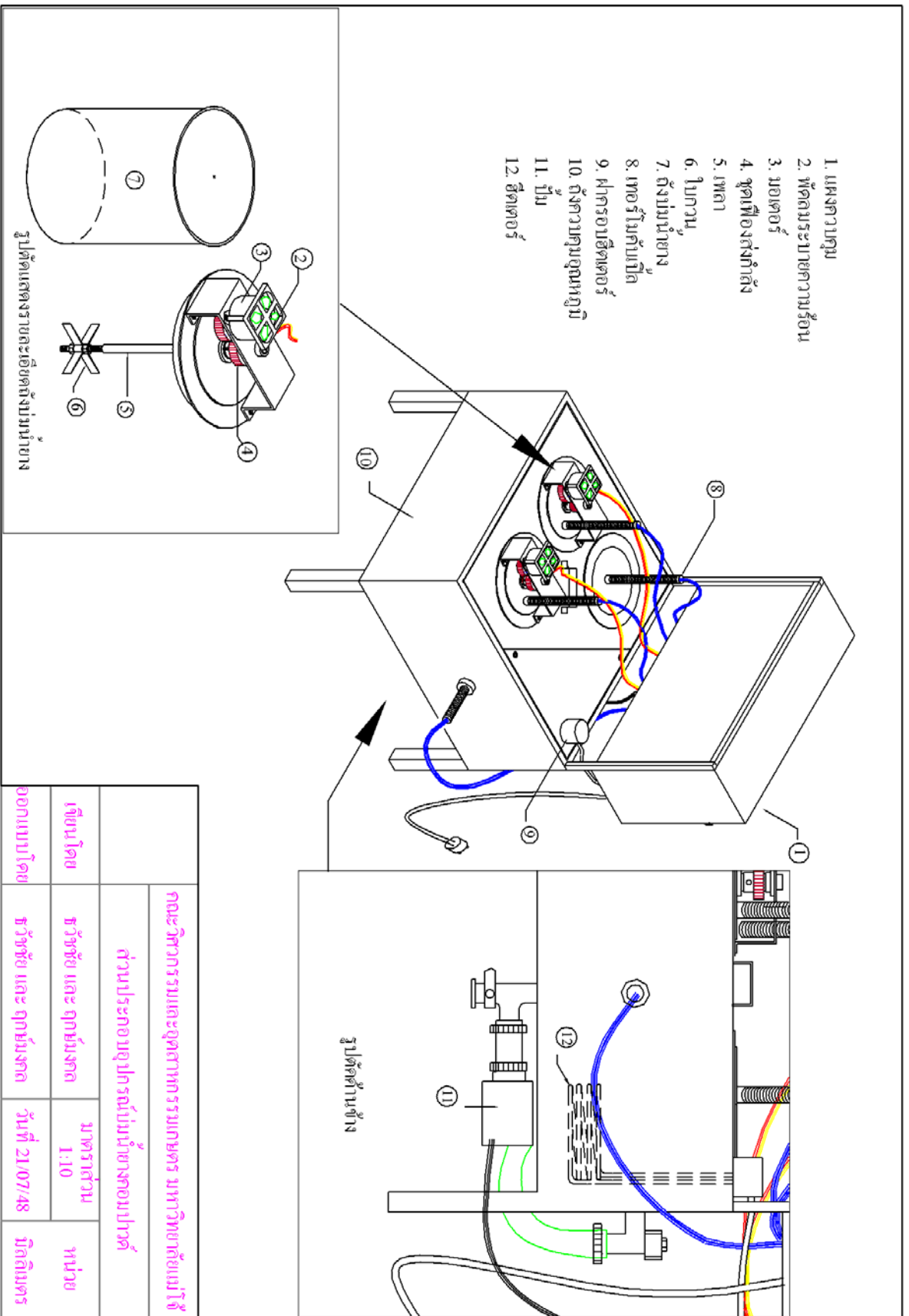
รูปอุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมปาวด์ที่ออกแบบแสดงตามรูปที่ 21, 22, 23 และ 24 งบประมาณสำหรับการสร้างแสดงในภาคผนวก (ตารางที่ ก.1) ส่วนประกอบหลักและคุณลักษณะดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบหลัก และคุณลักษณะของอุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมปาวด์

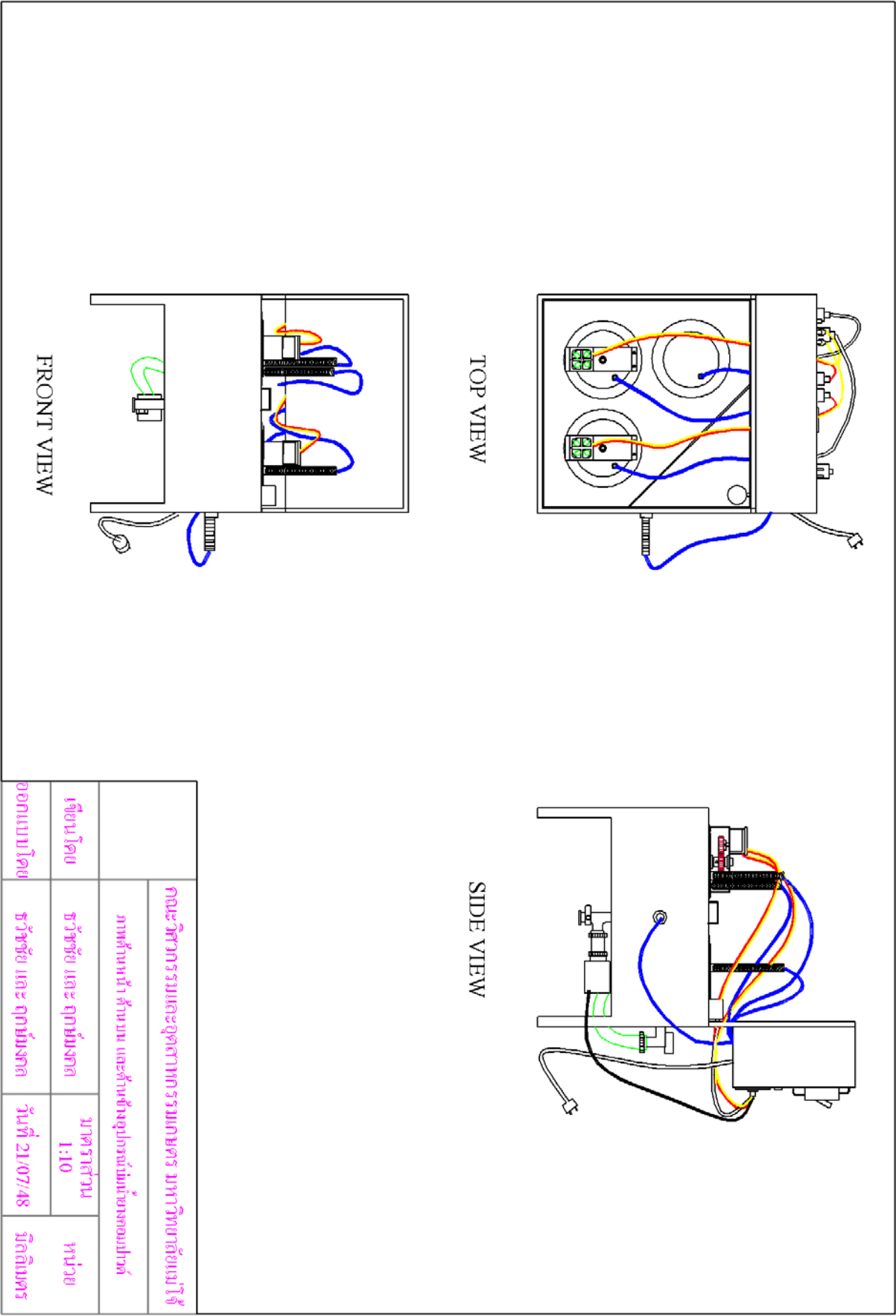
ส่วนประกอบหลัก	คุณลักษณะ
1. ถังควบคุมอุณหภูมิ (รูปที่ 21 หมายเลข 10)	แผ่นสแตนเลส เบอร์ 304 หนา 1.6 มิลลิเมตร ถังด้านนอกกว้าง 42 เซนติเมตร ยาว 42 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร มีฉนวนใยแก้วหนา 2 เซนติเมตร บุระหว่างถังชั้นนอกและถังชั้นใน ถังด้านในกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร สูง 18 เซนติเมตร ขาตั้งถัง 4 ขา สูง 15 เซนติเมตร ด้านบนถังมีแป้นยึดชุดควบคุมสูง 30 เซนติเมตร รวมความสูงทั้งหมด 65 เซนติเมตร ด้านล่างมีรูระบายน้ำ พร้อมวาล์วน้ำเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร (½ นิ้ว)

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบหลักและคุณลักษณะของอุปกรณ์ปั้มน้ำยางคอมปาวด์ (ต่อ)

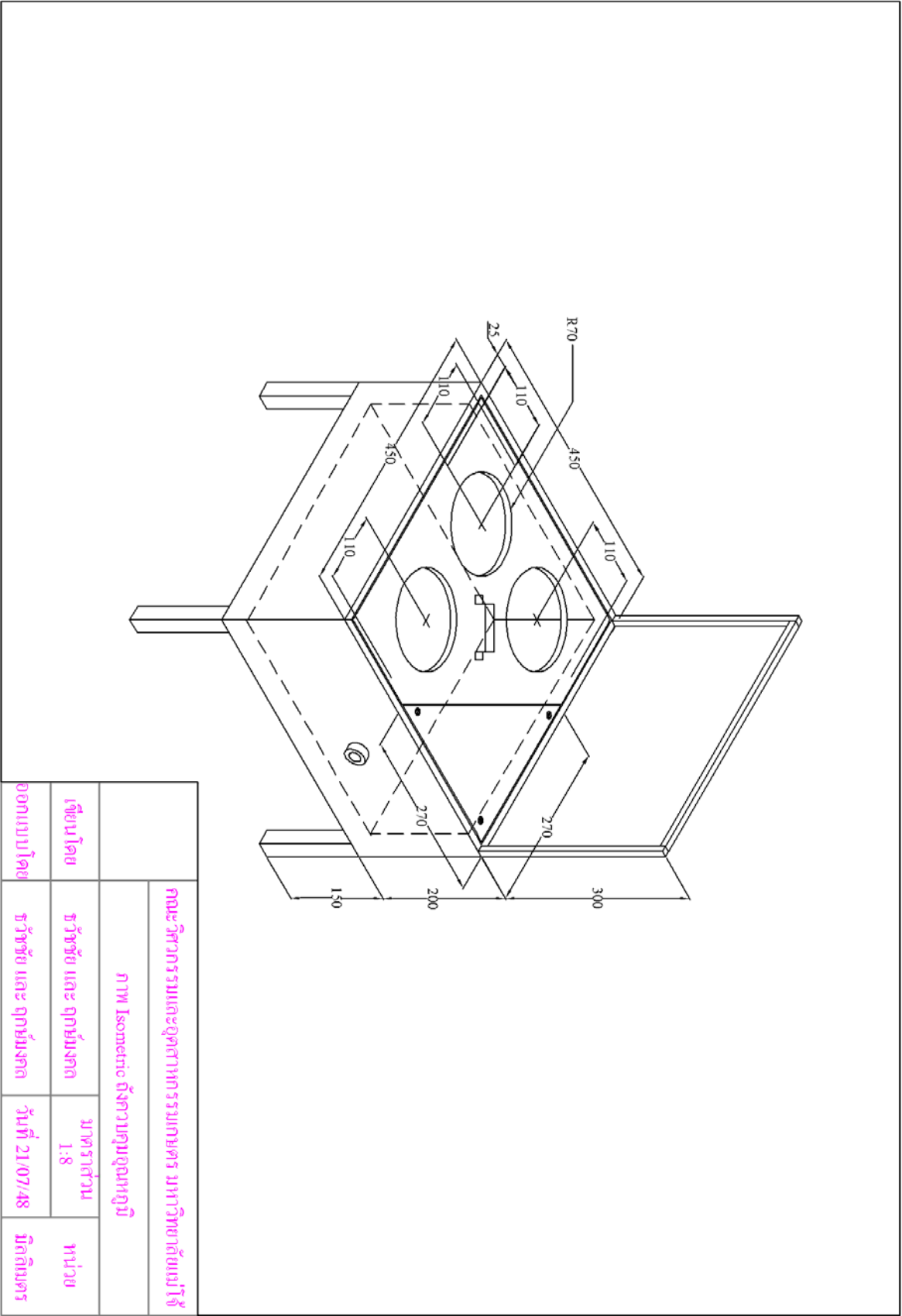
ส่วนประกอบหลัก	คุณลักษณะ
2. ชุดควบคุม (รูปที่ 21 หมายเลข 1)	เครื่องวัด- ควบคุมอุณหภูมิ Shinka รุ่น JCR – 33A ตัวเลขสีแดง กว้าง 11.2 มิลลิเมตร ยาว 5.4 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชุด เพาเวอร์ สวิตช์พลาซ 450 วัตต์ คัทเอาท์ 20 แอมแปร์ 220 โวลต์ ได้รับ 16 แอมแปร์ 5 เต้า สวิตช์ 3 ตัว แจ็คพัคลม 3 ชุด
3. ถังกวน (รูปที่ 21 หมายเลข 7)	ถังสแตนเลสสำเร็จ เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร มีฝาปิดด้านบนพร้อมลูกยางกันอากาศ
4. มอเตอร์ (รูปที่ 21 หมายเลข 3)	มอเตอร์หมุนพัคลมขนาด 4 วัตต์ 220 โวลต์ทำงานที่ความเร็ว 30 รอบต่อนาที
5. พัดลมระบายความร้อน (รูปที่ 21 หมายเลข 2)	พัดลมระบายความร้อนใน CPU ขนาด 12 โวลต์ 1.4 วัตต์
6. เพลาส่งกำลัง (รูปที่ 21 หมายเลข 5)	สแตนเลสกลิ้ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 20 เซนติเมตร ปลายเกลียวขนาด 6 มิลลิเมตร
7. ไบกวน (รูปที่ 21 หมายเลข 6)	สแตนเลส 3 มิลลิเมตร กว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 3.5 เซนติเมตร จำนวน 4 ไบ ทำมุม 90 องศากับแนวระดับ
8. ฮีตเตอร์ (รูปที่ 21 หมายเลข 12)	แบบขด เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร สูง 16 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขด 10 เซนติเมตร ฮีตเตอร์ ขนาด 2,000 วัตต์ 220 โวลต์
9. เทอร์โมคัพเบิล (รูปที่ 21 หมายเลข 8)	เทอร์โมคัพเบิล TYPE K รุ่น JB-10 เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.65 มิลลิเมตร อุณหภูมิสูงสุด 400 องศาเซลเซียส
10. ปั้มน้ำวน (รูปที่ 21 หมายเลข 11)	ปั้มน้ำขนาด 13.5 วัตต์ 220 โวลต์
11. เฟือง (รูปที่ 21 หมายเลข 4)	ทำจากพลาสติกแข็ง มีอัตราทดเป็น 1 ต่อ 1 และ 1 ต่อ 2



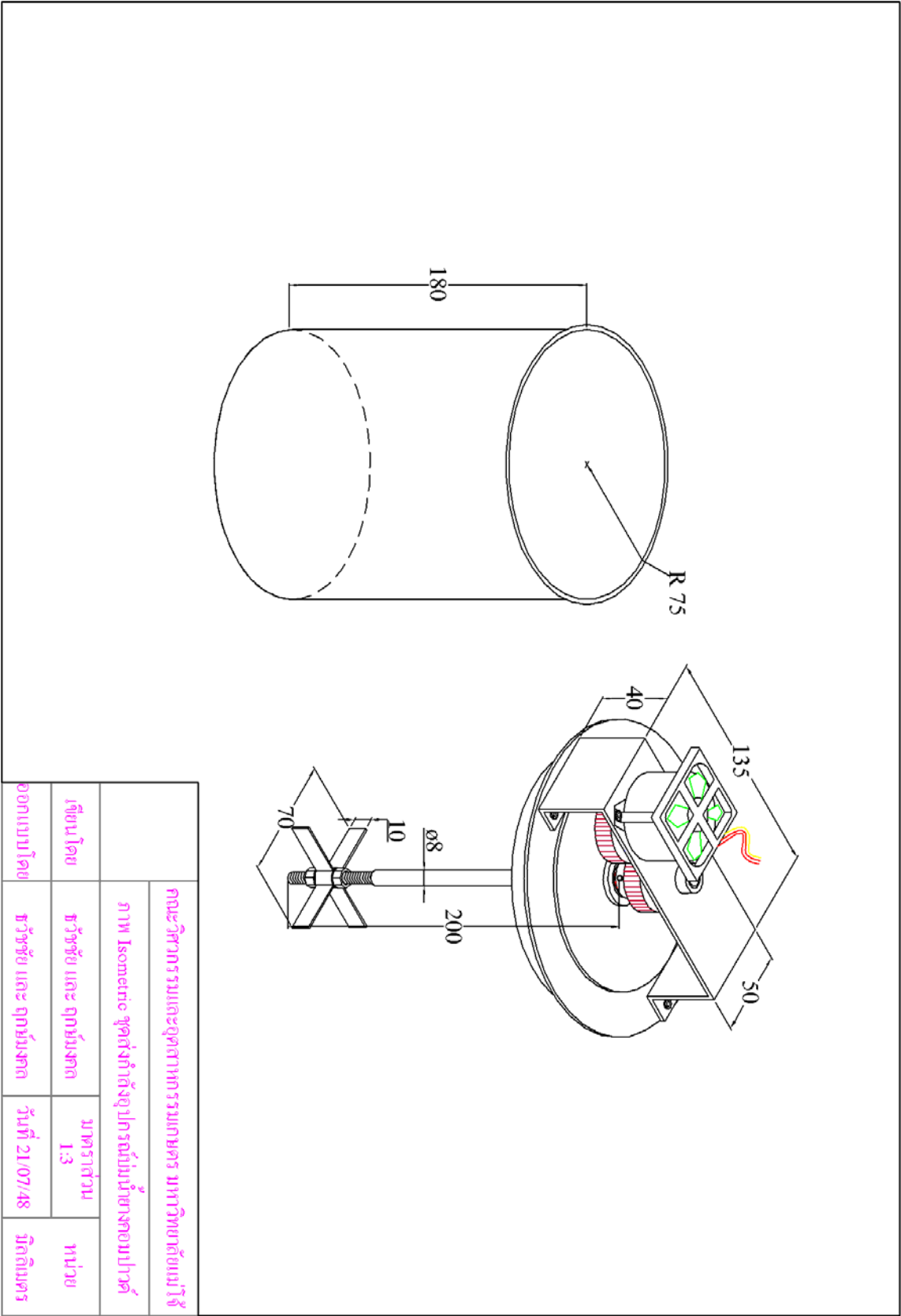
รูปที่ 21 แสดงผลการออกแบบอุปกรณ์ขยายทางคอมพิวเตอร์ในมุมมอง Isometric



รูปที่ 22 แสดงผลการออกแบบอุปกรณ์ทางด้านคอมพิวเตอร์ในมุมมอง ด้านหน้า ด้านข้างและด้านบน



รูปที่ 23 แสดงผลการออกแบบถึงความถูกต้องของอุปกรณ์บนนํ้ายางคอมแปดในมุมมอง Isometric



รูปที่ 24 แสดงผลการทำงานและถังน้ำมันของอุปกรณ์น้ำมันเครื่องยนต์ Isometric

4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะจำเพาะ

จากการทดสอบเก็บข้อมูลพื้นฐานเชิงวิศวกรรม และการทดสอบการทำงานระบบต่าง ๆ ของอุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมปาวด์ โดยการปรับความเร็วรอบการกวนและอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการทำงาน และคำนึงถึงประสิทธิภาพในการทำงาน ได้ผลการทดสอบดังนี้

พบว่า อุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมปาวด์ มีขนาดกว้าง 42 เซนติเมตร ความยาว 42 เซนติเมตร สูง 65 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตร ปริมาตรของถังควบคุมอุณหภูมิ 28.80 ลิตร ปริมาตรถังขณะทำงาน 17.12 ลิตร ปริมาตรถังบ่มน้ำยาง 2.39 ลิตร ปริมาตรถังบ่มน้ำยางขณะทำงาน 1.66 ลิตร สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำของฮีตเตอร์ 2,000 วัตต์ วัดจากอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็น 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 7 นาที และจากอุณหภูมิห้องเป็น 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 13 นาที สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำยางในถังบ่มที่มีการกวนด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาทีของฮีตเตอร์ ณ อุณหภูมิห้อง เป็น 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 16 นาที และอุณหภูมิห้อง 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 นาที สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำยางในถังบ่มที่กวนด้วยความเร็ว 60 รอบต่อนาทีของฮีตเตอร์จากอุณหภูมิห้องเป็น 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 14 นาที และ ณ อุณหภูมิห้องเป็น 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 25 นาที สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำยางในถังบ่มที่ไม่มีการกวนของฮีตเตอร์ ณ อุณหภูมิห้อง เป็น 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 22 นาที และอุณหภูมิห้องเป็น 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 41 นาที จากนั้นทดสอบชนิดของใบกวนสองชนิดคือ ใบกวน 1 ชั้น และใบกวน 2 ชั้น ผลของใบกวนแสดงได้จากการทดลองที่ 4.3 ความเร็วในการกวนของถังบ่มน้ำยางมีสองความเร็ว คือ 30 และ 60 รอบต่อนาที ผลของความเร็วในการกวนแสดงผลการทดลองที่ 4.4 และมีการวัดอุณหภูมิในถังควบคุมอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ พบว่ามีอุณหภูมิต่างกันน้อยมาก ผู้ทดสอบจึงเลือกใช้ปั๊มน้ำวนที่มีขนาด 13.5 วัตต์ 220 โวลต์

จากผลการทดสอบข้างต้นแสดงให้เห็นว่าระบบการทำงานต่าง ๆ ของอุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมปาวด์สามารถทำงานได้เป็นปกติและเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นได้แสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 25

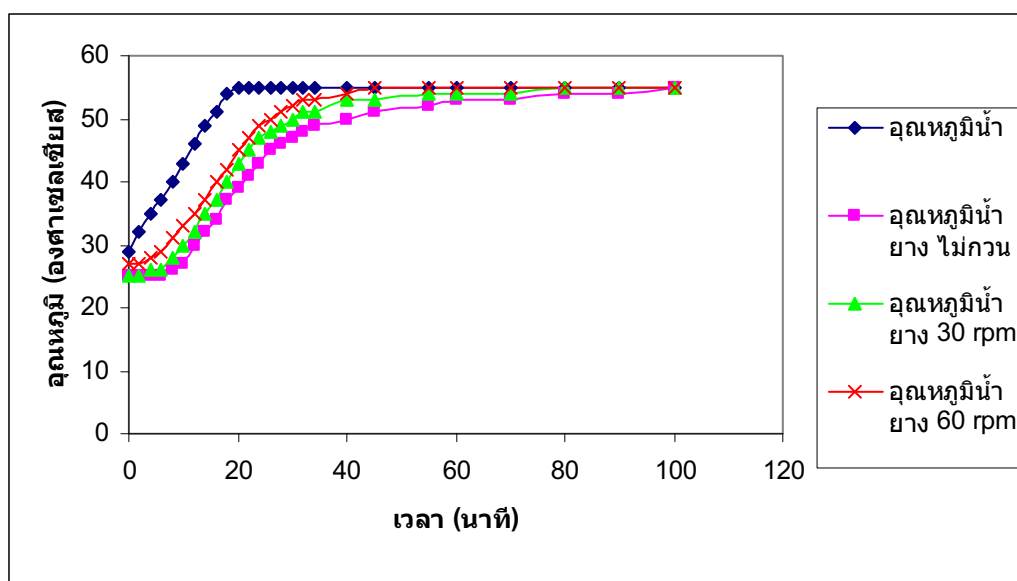
รูปอุปกรณ์บ่มน้ำยางที่สร้างขึ้นแสดงในรูปที่ 26, 27, 28, 29, 30 และ 31

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น

รายการ	ข้อมูล
ขนาดถังควบคุมอุณหภูมิ	
ความกว้าง	42 เซนติเมตร
ความยาว	42 เซนติเมตร
ความสูง	65 เซนติเมตร
ความหนาผนังถังควบคุมอุณหภูมิ	2 เซนติเมตร
ปริมาตร	
ความจุ (ถังควบคุมอุณหภูมิ)	28.80 ลิตร
ความจุ (ถังควบคุมอุณหภูมิขณะทำงาน)	17.12 ลิตร
ความจุ (ถังกวน)	2.39 ลิตร
ความจุ (ถังกวนขณะทำงาน)	1.66 ลิตร
ฮีตเตอร์	
ความสามารถเพิ่มอุณหภูมิ (น้ำ)	
จากอุณหภูมิห้อง 30 เป็น 40 องศาเซลเซียส	7 นาที
จากอุณหภูมิห้อง 30 เป็น 50 องศาเซลเซียส	13 นาที
ความสามารถเพิ่มอุณหภูมิ(น้ำยาง)ที่ไม่มีกวน	
จากอุณหภูมิห้อง 30 เป็น 40 องศาเซลเซียส	22 นาที
จากอุณหภูมิห้อง 30 เป็น 50 องศาเซลเซียส	41 นาที
ความสามารถเพิ่มอุณหภูมิ (น้ำยาง) ที่การกวน 30 รอบต่อนาที	
จากอุณหภูมิห้อง 30 เป็น 40 องศาเซลเซียส	16 นาที
จากอุณหภูมิห้อง 30 เป็น 55 องศาเซลเซียส	30 นาที
ความสามารถเพิ่มอุณหภูมิ (น้ำยาง) ที่การกวน 60 รอบต่อนาที	
จากอุณหภูมิห้อง 30 เป็น 40 องศาเซลเซียส	14 นาที
จากอุณหภูมิห้อง 30 เป็น 50 องศาเซลเซียส	25 นาที
ความเร็วรอบในการกวนชุดกวน	
ชุดที่ 1	60 รอบต่อนาที
ชุดที่ 2	30 รอบต่อนาที

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น (ต่อ)

รายการ	ข้อมูล
ปั๊ม ปริมาตรในการสูบส่ง	152 มิลลิลิตรต่อวินาที



รูปที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลาเมื่อควบคุมอุณหภูมิน้ำที่ 50 องศาเซลเซียส



รูปที่ 26 ถังปัมน้ำยาง



รูปที่ 27 ใบกวนชนิดกังหันแบบเปิด 4 ใบ



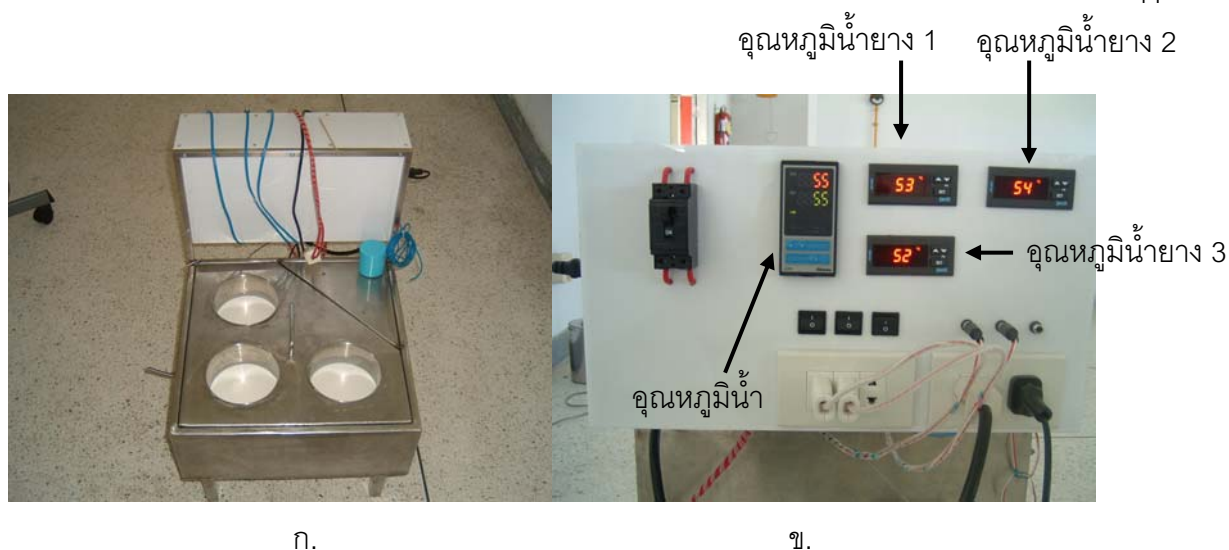
รูปที่ 28 ฝาปิดถังน้ำยาง ก.ชุดส่งกำลังให้กับใบกวน ข.เฟืองและมอเตอร์



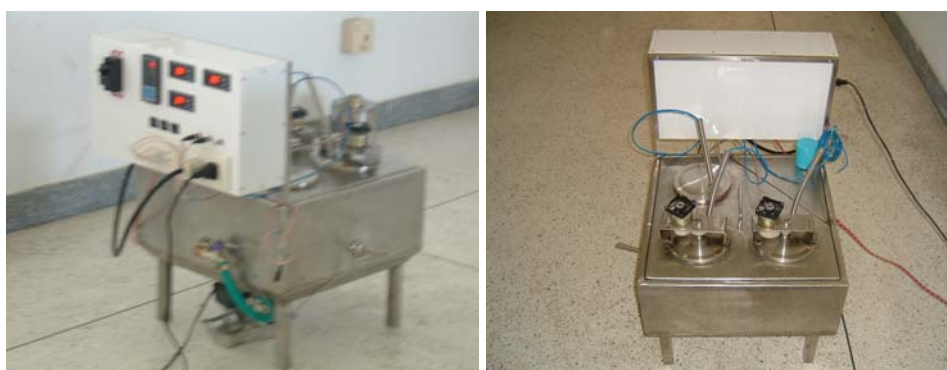
ก.

ข.

รูปที่ 29 ใบกวน ก.ใบกวน 1 ชั้น ข.ใบกวน 2 ชั้น



รูปที่ 30 อุปกรณ์ปัมน้ำยาง ก.ขณะที่มีน้ำยางอยู่ในอุปกรณ์ปัมน้ำยาง อุปกรณ์นี้สามารถปัมน้ำยางได้ 3 ถึง ข. แผงควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ปัมน้ำยาง มีการวัดอุณหภูมิน้ำยางทั้ง 3 ถึง



รูปที่ 31 อุปกรณ์ปัมน้ำยางคอมปาวด์ในมุมมองด้านหลังและด้านบน

4.3 การปัมน้ำยางที่มีใบกวน 1 ชั้นกับ 2 ชั้น

การทดลองใช้ใบกวน 1 ชั้นกับ 2 ชั้น เพื่อศึกษาการเกิดฟิล์มที่ผิวหน้าของน้ำยางคอมปาวด์ ผลการเกิดฟิล์ม ดังแสดงในตารางที่ 6 ของการปัมน้ำยางที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสโดยใช้สูตรน้ำยางคอมปาวด์ในตารางที่ 3 ที่ความเร็วรอบใบกวน 60 รอบต่อนาที โดยใช้ใบกวน 1 ชั้น และ 2 ชั้น พบว่าเมื่อปัมน้ำยางเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ถัดที่ใช้ใบกวน 1 ชั้น จะเริ่มเกิดฟิล์มที่ขอบถังและเกิดฟิล์มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการปั๊มมาก ส่วนในถังปั๊มที่ใช้ใบกวน 2 ชั้น จะไม่เกิดฟิล์ม แสดงว่าการใช้ใบกวน 1 ชั้น การกวนเกิดขึ้นไม่ทั่วถึง หรือกวนได้ไม่ดีเท่าที่ควรโดยเฉพาะผิวด้านบนมีระยะห่างจากใบกวนมาก เมื่อใช้ใบกวน 2 ชั้น ทำให้ระยะห่างระหว่างผิวด้านบนกับใบกวนลดลง ทำให้เกิดการกวนได้อย่างทั่วถึง เนื่องจากความเร็วที่ใช้ในการกวนไม่มาก ทำให้บริเวณที่อยู่ห่างจากใบกวนไม่ได้รับอิทธิพลจากการ

กวน ดังนั้นการเพิ่มใบกวนเป็น 2 ชั้น จะช่วยขยายอิทธิพลการกวนช่วยให้กวนน้ำยางได้อย่างทั่ว และลดปัญหาการเกิดฟิล์มที่ผิวด้านบน

ตารางที่ 6 ผลของชั้นใบกวนต่อการเกิดฟิล์มเมื่อบ่มน้ำยางที่ความเร็วใบกวน 60 รอบต่อนาที และควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส

เวลา(ชั่วโมง) / ชั้นใบกวน	การเกิดฟิล์ม	
	1 ชั้น	2 ชั้น
1	ไม่เกิด	ไม่เกิด
2	ไม่เกิด	ไม่เกิด
3	เกิดบาง ๆ ที่ขอบถัง	ไม่เกิด
4	เกิดบาง ๆ ที่ขอบถังและผิวหน้า	ไม่เกิด
5	เกิดบาง ๆ ที่ขอบถังและผิวหน้า	ไม่เกิด
6	เกิดบาง ๆ ที่ขอบถังและผิวหน้า	ไม่เกิด

4.4 การบ่มน้ำยางที่มีความเร็วรอบในการกวนต่าง ๆ กัน

การทดลองบ่มน้ำยางที่มีความเร็วรอบในการกวนต่าง ๆ กันเพื่อศึกษาการตกตะกอนของน้ำยางคอมปาวด์ การตกตะกอนของการบ่มน้ำยาง ดังตารางที่ 7 ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยใช้สูตรน้ำยางคอมปาวด์ ดังตารางที่ 3 โดยใช้ใบกวน 2 ชั้น ณ ความเร็วรอบใบกวน 0, 30 และ 60 รอบต่อนาที พบว่าเมื่อบ่มน้ำยางเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ถึงที่ไม่กวนจะเกิดการตกตะกอนมากกว่าถึงที่กวนด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที 3 เท่า และถึงที่ไม่กวนจะเกิดการตกตะกอนมากกว่าถึงที่กวนด้วยความเร็ว 60 รอบต่อนาที 6.8 เท่า จากผลการทดสอบพบว่าการกวนที่มีความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที มีตะกอนเหลือเพียง 24.18 กรัม แสดงว่า สามารถลดปัญหาการตกตะกอนในการบ่มน้ำยาง

ตารางที่ 7 ผลของความเร็วในการกวนต่อการตกตะกอนเมื่อบ่มน้ำยางโดยใช้ใบกวน 2 ชั้น และควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (ชั่วโมง) / ความเร็วรอบ(rpm)	น้ำหนักตะกอน(กรัม)		
	0	30	60
72	166.14	54.53	24.18

4.5 การบ่มน้ำยางที่อุณหภูมิต่าง ๆ

จากตารางที่ 8 ผลการทดสอบการการบ่มน้ำยาง ณ อุณหภูมิต่าง ๆ กัน เมื่อใช้ใบกวน 2 ชั้น ความเร็วการกวน 60 รอบต่อนาที แล้วนำมาทดสอบคลอโรฟอร์ม พบว่าเมื่อการบ่มน้ำยางจนกระทั่ง น้ำยางคอมปาวด์ มีระดับการวัลคาไนซ์บางส่วนถึงเกรดที่ 4 (ทดสอบโดยคลอโรฟอร์ม) ณ อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเท่ากับ 108, 24 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงตัวแปร เช่น ปริมาณกำมะถัน หรือสารตัวเร่ง ค่าที่ได้นี้อาจเปลี่ยนแปลงไปได้ จากตารางที่ 8 แสดงว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อเวลาในการบ่มน้ำยาง ดังนั้นควรควบคุมอุณหภูมิถึง บ่มน้ำยางให้คงที่ หากถึงบ่มน้ำยางมีอุณหภูมิสูงขึ้นใช้เวลาการบ่มน้อยลง และโรงงานอุตสาหกรรม น้ำยางต้องคำนึงถึงความร้อนจากสิ่งแวดล้อมที่จะมีผลกระทบต่อน้ำยางคอมปาวด์ เนื่องจากในแต่ละ วันค่อนข้างจะมีอุณหภูมิแตกต่างกันมากอาจมีผลกระทบต่อน้ำยางที่บ่มเอาไว้ ถ้าไม่มีการควบคุม อุณหภูมิถึงบ่มน้ำยาง ทำให้น้ำยางที่บ่มไว้มีระดับการวัลคาไนซ์บางส่วนคลาดเคลื่อนได้ ส่งผลต่อ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

ยางธรรมชาติดิบที่ไม่มีการวัลคาไนซ์ (ยางที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยง) สามารถละลายได้ ในโทลูอีน เมื่อมีการวัลคาไนซ์บางส่วนก็จะไม่ละลายในโทลูอีนเพียงแต่เกิดการบวมพองเท่านั้น ถ้า ระดับการวัลคาไนซ์สูงมีการบวมพองน้อย

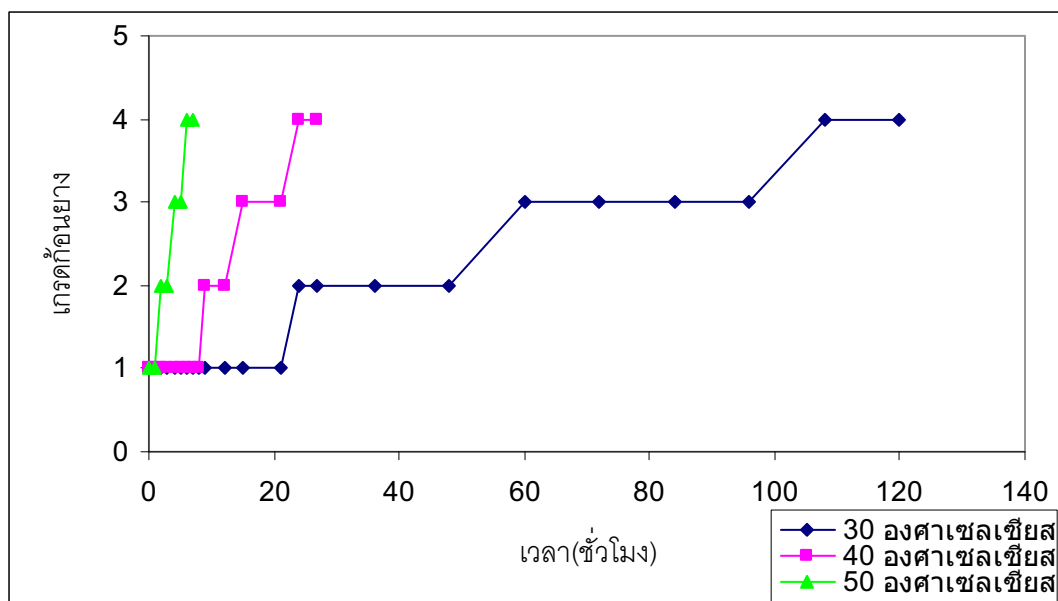
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทดสอบการบวมในโทลูอีน (Toluene) กับผลการ ทดสอบคลอโรฟอร์มดังแสดงในรูปที่ 33 และ 34 จากตารางผลการทดลองที่ 8 พบว่าการขยายตัวของ ขึ้นทดสอบที่การกวนทุกอุณหภูมิมีผลสอดคล้องกัน คือ น้ำยางที่บ่มมีระดับการวัลคาไนซ์บางส่วนอยู่ ในเกรดที่ 2 มีผลให้การขยายตัวของขึ้นทดสอบมีการขยายตัวมากที่สุด หลังจากนั้นการขยายตัวก็จะ ลดลงตามลำดับ เช่น การบ่มน้ำยางคอมปาวด์ ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทดสอบคลอโรฟอร์มได้ เกรดน้ำยางที่ 1, 2, 3 และเกรดที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์การบวมพองในโทลูอีน เท่ากับ 5.83, 114.01, 84.83 และ 74.48 ตามลำดับ มีข้อสังเกตน้ำยางคอมปาวด์อยู่ระหว่างเกรดที่ 1-2 แผ่นยางมีลักษณะเป็นรู้น ติดกับกระดาษ ถ้าทิ้งไว้นานจะมีการขยายตัวน้อย เนื่องจากขึ้นทดสอบบางเกินไปทำให้ยางติดแน่น กับเนื้อกระดาษ ทำให้แรงยึดติดระหว่างยางกับกระดาษมากกว่ายางกับยาง จึงทำให้การขยายตัว ในช่วงนี้น้อย ซึ่งถ้ายางสามารถหลุดจากกระดาษได้จะทำให้การขยายตัวในช่วงนี้มากที่สุด ดังนั้นการ ทดสอบการวัลคาไนซ์บางส่วนควรมีการทดสอบคลอโรฟอร์มควบคู่ไปกับการทดสอบการบวมพองใน โทลูอีน แต่การทดสอบการบวมในโทลูอีนต้องเตรียมขึ้นทดสอบที่หนากว่านี้ เพื่อที่จะให้ยางหลุดออก จากกระดาษได้ง่าย และการลดลงของการขยายตัวในขึ้นทดสอบระหว่างเกรดที่ 2-4 แสดงให้เห็นว่า การเชื่อมโยงของโมเลกุลยางเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้การบวมพองลดลง

ตารางที่ 8 ผลผลของอุณหภูมิต่อเวลาที่ใช้ในการบ่มน้ำยางเมื่อใช้ใบกวน 2 ชั้น ความเร็วรอบ 60 รอบ
ต่อนาที และควบคุมอุณหภูมิ ณ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส

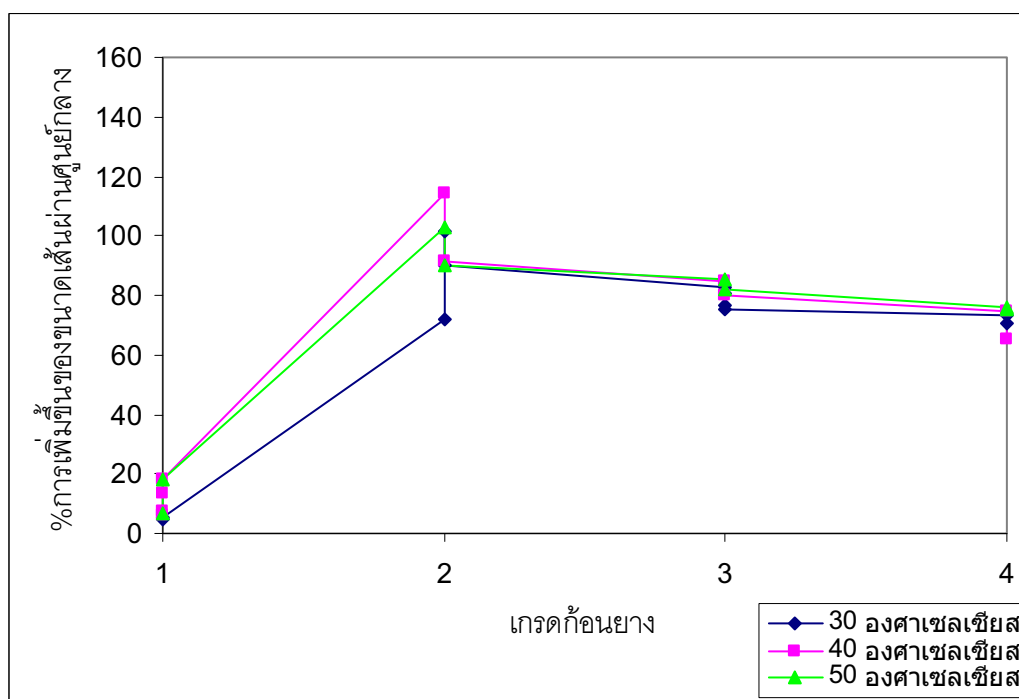
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) เวลา (ชั่วโมง)	ทดสอบคลอโรฟอร์ม (เกรดก้อนยาง)			ทดสอบการบวมพองในโทลูอิน* (%การเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง)		
	30	40	50	30	40	50
0	1	1	1	<u>4.97</u>	<u>5.83</u>	<u>6.90</u>
1	-	-	1	-	-	18.31
2	-	1	2	-	7.40	<u>103.13</u>
3	-	-	2	-	-	90.09
4	-	1	3	-	13.35	<u>85.45</u>
5	-	-	3	-	-	81.88
6	-	1	4	-	17.99	76.18
7	-	-	4	-	-	<u>75.05</u>
8	-	-	-	-	-	-
9	-	2	-	-	<u>114.02</u>	-
12	1	2	-	5.64	91.19	-
15	-	3	-	-	<u>84.83</u>	-
21	-	3	-	-	79.81	-
24	2	4	-	<u>71.97</u>	<u>74.48</u>	-
27	-	4	-	-	64.89	-
36	2	-	-	<u>101.19</u>	-	-
48	2	-	-	90.28	-	-
60	3	-	-	<u>82.88</u>	-	-
72	3	-	-	80.38	-	-
84	3	-	-	76.61	-	-
96	3	-	-	75.11	-	-
108	4	-	-	<u>73.35</u>	-	-
120	4	-	-	70.72	-	-

* นำชิ้นทดสอบดังแสดงในรูปที่ 19 (ก) ไปแช่ในโทลูอิน ก่อนที่ก้อนยางจะเป็นเกรดที่ 2 มีลักษณะคล้ายก้อนติดกับกระดาษขยายตัวเพียงเล็กน้อยดังรูปที่ 19 (ง) ซึ่งต่างจากชิ้นทดสอบเมื่อก่อนยางเป็น

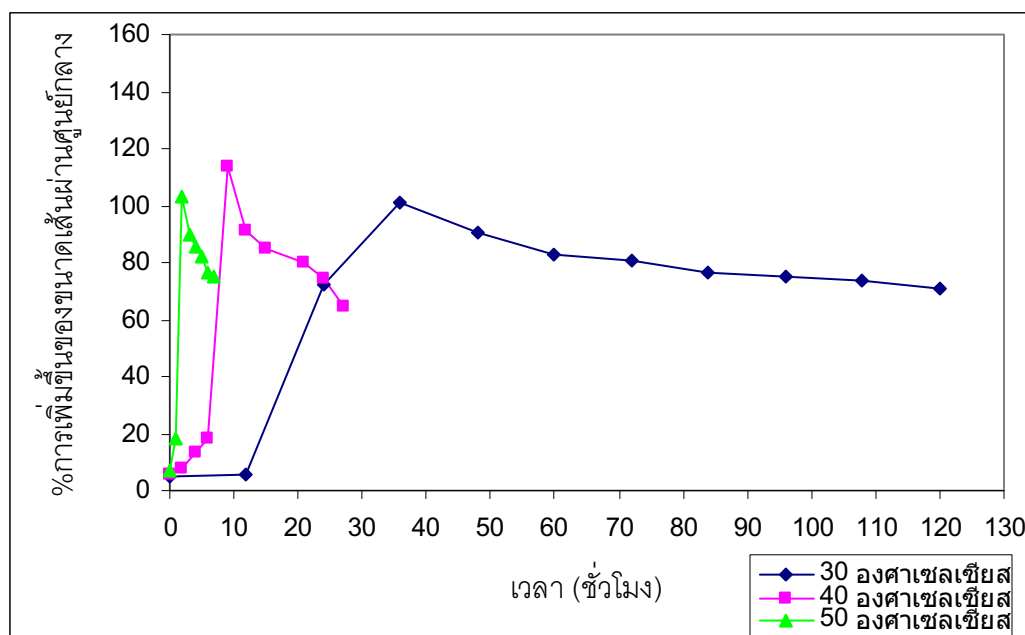
เกรดที่ 2 หลังแช่ในโหลอื่น จะมีลักษณะเป็นแผ่นวงกลมหลุดออกจากกระดาษมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนดังรูปที่ 19 (ค)



รูปที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างเกรดก้อนยางกับเวลาเพื่อเปรียบเทียบการบ่มน้ำยางที่อุณหภูมิต่าง ๆ



รูปที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบการบวมในโหลอื่นกับเกรดก้อนยางเมื่อบ่มน้ำยางที่อุณหภูมิต่าง ๆ



รูปที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขึ้นทดสอบการบวมในโหลอื่นกับเวลาเมื่อปัมน้ำอย่างอุณหภูมิต่าง ๆ

5. สรุปผลการทดลอง

5.1 ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ปัมน้ำอย่างคอมปาวด์

การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ปัมน้ำอย่างคอมปาวด์ แบ่งการออกแบบเป็น 2 ส่วน คือ ถังควบคุมอุณหภูมิและถังปัมน้ำอย่าง

ส่วนที่ 1 ถังควบคุมอุณหภูมิ

- ขนาดถังด้านนอกกว้าง 42 เซนติเมตร ยาว 42 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร มีฉนวนใยแก้วหนา 2 เซนติเมตร บุระหว่างถังชั้นนอกและถังชั้นใน ถังด้านในกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร สูง 18 เซนติเมตร
- ปริมาตรของถังควบคุมอุณหภูมิ 28.80 ลิตร ปริมาตรถังขณะทำงาน 17.12 ลิตร
- ใช้ฮีตเตอร์ขนาด 2,000 วัตต์ เป็นตัวเพิ่มอุณหภูมิ ซึ่งสามารถเพิ่มอุณหภูมิ น้ำจาก 30 องศาเซลเซียส เป็น 50 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 15 นาที
- ควบคุมอุณหภูมิน้ำให้คงที่ตั้งแต่ 30 องศาเซลเซียส จนถึง 60 องศาเซลเซียส
- มีปัมน้ำขนาด 13.5 วัตต์ 220 โวลต์ เป็นปัมน้ำวน เพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำ ภายในถังให้สม่ำเสมอ

- เทอร์โมคัพเปิด สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำ

ส่วนที่ 2 ถังบ่มน้ำยาง

- ถังบ่มน้ำยาง 3 ถัง ความจุปริมาตรถังบ่มน้ำยาง 2.39 ลิตร ปริมาตรถังสูงสุดขณะบ่มน้ำยาง 1.66 ลิตร
- กวนน้ำยางในถังด้วยมอเตอร์ขนาด 4 วัตต์ 220 โวลต์ ที่ความเร็ว 60 รอบต่อนาที
- ใบกวน 2 ชั้น
- เทอร์โมคัพเปิด สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำยาง 3 ถัง

5.2 ผลการทดสอบของการบ่มน้ำยาง

- 5.2.1 ใบกวนน้ำยาง 2 ชั้นดีกว่าใบกวน 1 ชั้น
- 5.2.2 ความเร็วในการกวนน้ำยางต่ำเกินไปจะทำให้น้ำยางคอมปาวด์บางส่วนตกตะกอนได้
- 5.2.3 ความเร็วรอบในการกวนน้ำยางที่เหมาะสมคือ 60 รอบต่อนาที
- 5.2.4 ระดับการวัดค่าไนซ์บางส่วนสามารถทดสอบโดยคลอโรฟอร์ม
- 5.2.5 การบ่มน้ำยางที่อุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้เวลาในการวัดค่าไนซ์ลดลง

OUTPUT ที่ได้จากโครงการวิจัย

1. การนำผลการวิจัยไปใช้

จากการทดสอบอุปกรณ์ปัมน้ำยางคอมปาวด์ที่ได้สร้างขึ้น จะเห็นว่าอุณหภูมิมีผลอย่างมากต่อการสุกของยาง ซึ่งสภาพการใช้งานจริงในบางโรงงานไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของน้ำยาง เช่น บางวันอากาศร้อน บางวันฝนตก ทำให้ระยะเวลาในการสุกของยางเปลี่ยนแปลงไปได้ ดังนั้นทางโรงงานน้ำยางควรคิดถึงปัจจัยของอุณหภูมิในการปัมน้ำยาง เพื่อให้ได้น้ำยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมแก่การทำผลิตภัณฑ์ทันตามเวลาที่กำหนด และเป็นการลดต้นทุนของโรงงานจากการลดปริมาณของเสีย

นอกจากนั้นอุปกรณ์ปัมน้ำยางที่ได้สร้างขึ้นมีถึง 3 ถัง ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทดสอบเปรียบเทียบสูตรน้ำยางในห้องปฏิบัติการได้ โดยสามารถแปรปริมาณสารในสูตรได้ 3 สูตร

การปัมน้ำยาง ควรคำนึงถึงสูตรการปัมน้ำยางเพราะในการวิจัย ทางผู้วิจัยใช้สูตรทำถุงมือยางทดสอบการวัลคาไนซ์ ซึ่งจะใช้เวลาในการวัลคาไนซ์แตกต่างกับสูตรการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์อื่น

ในกรณีที่ผู้สนใจต้องการนำเครื่องปัมน้ำยางไปเป็นต้นแบบ ใช้ผลิตเป็นเครื่องปัมน้ำยางในอุตสาหกรรมยาง ผู้สนใจควรหาข้อมูลเพิ่มเติมเพราะเครื่องปัมน้ำยางในการวิจัยเป็นเครื่องปัมน้ำยางต้นแบบซึ่งมีขนาดเล็ก ดังนั้น ผลที่ได้จากการวิจัยอาจเกิดความคลาดเคลื่อนกับอุปกรณ์ปัมน้ำยางคอมปาวด์ขนาดใหญ่ที่นำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

ก่อนที่จะทำการทดลองสูตรน้ำยางควรที่จะมีการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ปัมน้ำยางขนาดเล็กกับกับอุปกรณ์ปัมน้ำยางคอมปาวด์ขนาดใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรม

2. ประเด็นการวิจัยใหม่

1. ควรศึกษาถึงผลของอุณหภูมิต่อการเกิดฟิล์มที่ผิวของน้ำยาง
2. ควรทำการทดสอบคุณสมบัติอื่น ๆ ของน้ำยางที่ทำการปัมนอกเหนือจากการทดสอบคลอโรฟอร์ม เช่น ค่าความหนืด ความยืดดึง ความหนาแน่น เป็นต้น และทดลองทำผลิตภัณฑ์จริงจากน้ำยางที่ทำการปั๊ม
3. ควรปรับปรุงให้ชุดส่งกำลังสามารถปรับความเร็วรอบได้มากขึ้น
4. ควรศึกษาถึงผลของสารเคมีที่ใช้ในการปัมน้ำยาง ต่อระยะเวลาในการปั๊ม
5. ควรศึกษาผลของการปัมน้ำยางที่อุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาง

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2547. ยาง. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <http://www.doa.go.th/data-agri/RUBBER/1STAT/st01.html>
- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. กรุงเทพฯ. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธีรยุทธ หล่อภูมิพันธ์. 2536. ภาวะที่มีผลต่อการผสมในถั่วงวงแบบต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญธรรม นิธิอุทัย. 2532. ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บุญธรรม นิธิอุทัย และคณะ. 2538. เทคโนโลยีน้ำยาง สมบัติ และผลิตภัณฑ์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พรพรรณ นิธิอุทัย. 2535. เทคนิคการออกสูตร. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- พรพรรณ นิธิอุทัย. 2540. ยาง เทคนิคการออกสูตร. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- พิภพ ธรรมธาสัย. 2534. การหาเวลาที่จำเป็นของการผสมในถั่วงวงที่มีการถ่วงแบบไม่ต่อเนื่องด้วยเทคนิคการติดตาม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มานพ ตันตระบัณฑิตย์. 2545. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 1. กรุงเทพฯ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล ไพรินทร์ ชูโชติถาวร ธงชัย เมธนาวิน ประเวศ อัครดากร และ วีรพจน์ ลือประสิทธิ์สกุล. 2543. คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี. กรุงเทพฯ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). แปลจาก Shigefumi, F. 1985. Kagaku Sochi Binran (K.S.B.). Tokyo.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. 2547. แนวทางการพัฒนายางให้เป็นเครื่องจักรเศรษฐกิจของประเทศ. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <http://www.muanglung.com/yangpara.html>
- ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2547. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Blackley, D.C. 1966. High Polymer Latices. Vol.1 Maclaren&Sons Ltd, London.

Noble, R.J. 1953. Latex in Industry. Rubber Age, New York, 2nd edition.

Stern, H.J. 1955. Practical Latex Work. The Blackfriars Press, Ltd, Leicester , 3rd edition.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ

1. การคำนวณเพื่อการออกแบบ

1.1 วิธีการคำนวณหากำลังขับของหม้อกวน

หม้อกวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_t) 0.13 เมตร ใช้ใบกวนแบบกังหันมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_i) 0.07 เมตร ติดตั้งสูงจากก้นถัง (H_i) 0.05 เมตร ความสูงของของเหลวภายในถัง (H_L) 0.18 เมตร ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ของเหลวมีความหนาแน่น 980 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีความหนืด 100 cp (0.1 กิโลกรัมต่อเมตรวินาที)

วิธีทำ

$$\frac{H_L}{H_i} = \frac{0.18}{0.05} = 3.60$$

$$\frac{H_i}{D_i} = \frac{0.05}{0.07} = 0.71$$

$$\frac{D_t}{D_i} = \frac{0.13}{0.07} = 1.86$$

$$N_{Re} = \frac{nD_i^2 \rho}{\mu} = \frac{100 \times (0.07)^2 \times 980}{60 \times 0.1} = 80.03$$

จากรูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง N_{Re} กับ N_p ใช้เส้นโค้งหมายเลข 1 ได้ N_p เท่ากับ 4.2

$$\begin{aligned} \text{จาก } P &= \frac{n^3 D_i^5 \rho N_p}{g_c} = \frac{(1.67)^3 (0.07)^5 \times 980 \times 4.2}{9.81} \\ &= 0.00328 \text{ กิโลกรัมเมตรต่อวินาที} \\ &= 0.032 \text{ วัตต์} \end{aligned}$$

แต่สัดส่วนของใบกวนที่ใช้ไม่ตรงกับเส้นโค้งหมายเลข 1 จึงต้องหาตัวคูณชดเชยจาก

$$f = \sqrt{\frac{(D_t/D_i)^* \times (H_L/D_i)^*}{(D_t/D_i) \times (H_L/D_i)}} = \sqrt{\frac{1.86 \times 3.6}{3 \times 3}} = 0.863$$

ดังนั้น กำลังขับของหม้อกวนที่ต้องการ

$$P = 0.032 \times 0.863 = 0.0276 \text{ วัตต์}$$

1.2 การหาขนาดเพลลาของไบกวน

วิธีทำ

สมมติใช้ กำลังขับ = 5 วัตต์ ความเร็วรอบ = 20 รอบต่อนาที

$$\begin{aligned}\text{จาก } M_t &= \frac{9550P}{n} = \frac{9550 \times 0.005}{20} \\ &= 2.3875 \text{ นิวตันเมตร}\end{aligned}$$

$$M_B = M_t C_B$$

จากตารางที่ 2 $C_B = 1.05$

$$\begin{aligned}M_B &= 2.3875 \times 1.05 \\ &= 2.5 \text{ นิวตันเมตร}\end{aligned}$$

เมื่อได้โมเมนต์แล้วสามารถหาขนาดเพลลาโดยประมาณจาก

$$d = C_1 \times \sqrt[3]{M_B}$$

ใช้ $C_1 = 6.9$

$$\begin{aligned}d &= 6.9 \times \sqrt[3]{2.5} \\ &= 9.36 \text{ มิลลิเมตร}\end{aligned}$$

1.3 การหาขนาดฮีตเตอร์

เนื่องจากถังกวนใช้น้ำเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน ดังนั้น จึงหาปริมาณความร้อนที่ต้องใช้กับน้ำ

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตรน้ำ } V &= (40 \times 40 \times 16) - 3(\pi 7.5^2 \times 16) \\ &= 17,117.7 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \\ \text{มวลน้ำ (m)} &= \rho V = 17,117.7 \times 10^{-6} \times 1000 \\ &= 17.12 \text{ กิโลกรัม}\end{aligned}$$

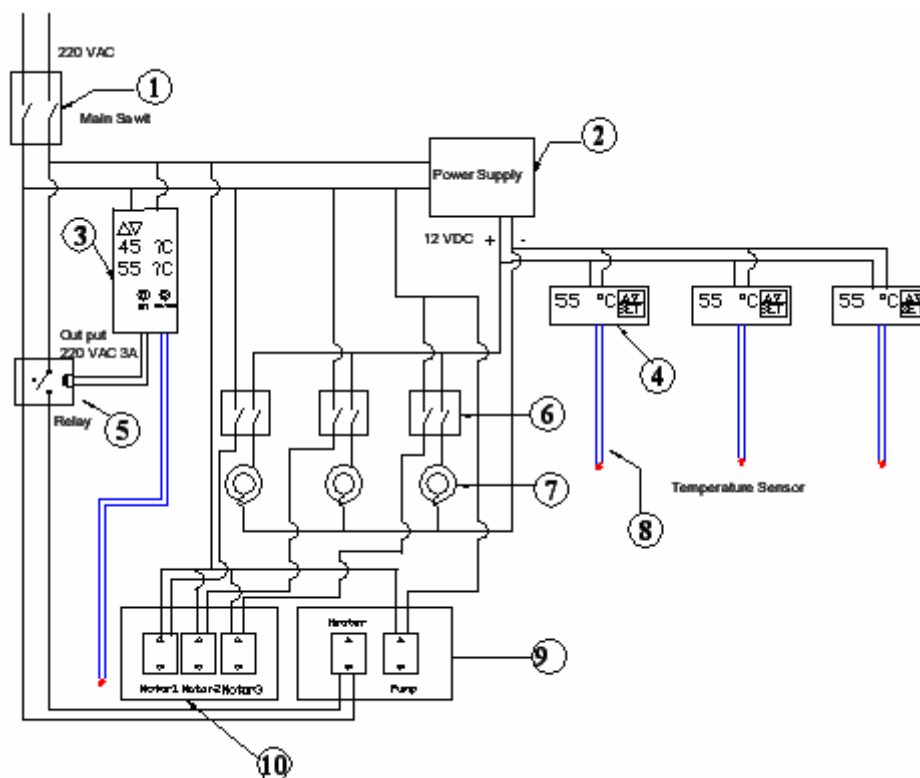
$$\text{จาก } q = mc_p \Delta t$$

ในการทดลองจะใช้อุณหภูมิประมาณ 25 - 60 องศาเซลเซียส

$$\begin{aligned} q &= 17.1 \times 4.184 \times 35 \\ &= 2501.7 \text{ กิโลจูลน์} \end{aligned}$$

ถ้าใช้เวลา 20 นาที ในการทำให้น้ำ 25 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

$$Q = \frac{2501.7}{20 \times 60} = 2.08 \text{ กิโลวัตต์}$$



รูปที่ ก.1 วงจรการทำงานของแผงควบคุม

รายละเอียดอุปกรณ์ในวงจรจากรูปที่ ก.1

1. สวิตช์หลัก
2. หม้อแปลงไฟฟ้า จาก AC 220 V เป็น DC 12 V
3. เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบดิจิตอล
4. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล
5. สวิตช์ Relay
6. สวิตช์ เปิด- ปิด มอเตอร์และพัดลมระบายความร้อน
7. แจ็คสำหรับต่อพัดลมระบายความร้อน
8. เทอร์โมคัปเปิ้ล
9. เต้ารับสำหรับต่อปั๊มและฮีตเตอร์
10. เต้ารับสำหรับต่อมอเตอร์ขับเคลื่อน

2. งบประมาณในการสร้างอุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมปาวด์

ตารางที่ ก.1 งบประมาณสำหรับการสร้างอุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมปาวด์

ส่วนประกอบหลัก	จำนวน	งบประมาณ (บาท)
1. แผ่นสแตนเลสหนา 1.5 มิลลิเมตร	1	2,500.00
2. ฉนวนกันความร้อน	1	1,200.00
3. ก่องสแตนเลสหนา 1.5 มิลลิเมตร	1	1,800.00
4. ท่อเกลียว ½ นิ้ว	3	220.00
5. ถังสแตนเลสขนาด Ø 13 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร	3	1,350.00
6. อุปกรณ์ประกอบท่อ	9	367.75
7. มอเตอร์	3	450.00
8. ชุดเกียร์และเพลลา	2	2,568.00
9. ไบรอน	4	642.00
10. ลูกป้อน	4	200.00
11. บั๊มน้ำ	1	180.00
12. หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 450 วัตต์	1	500.00
13. พัดลม CPU	2	100.00
14. เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ	1	4,500.00
15. เครื่องวัดอุณหภูมิ ดิจิตอล	3	9,600.00
16. เทอร์โมคัปเปิ้ล	4	1,314.00
17. ฮีตเตอร์	1	2,000.00
18. เต้ารับ	5	250.00
19. ปลั๊ก	5	150.00
20. สวิตช์	3	114.00
21. แจ็ค	3	63.00
22. เบรกเกอร์	1	120.00
23. แผ่นพลาสติก	1	600.00
24. สกรูและนัท		500.00
25. อื่น ๆ		1,000.00
รวม		32,288.75

3. ผลการทดสอบ

ตารางที่ ก.2 ผลของชั้นใบกวนต่อการเกิดฟิล์มเมื่อบ่มน้ำยางโดยใช้ความเร็วใบกวน 60 รอบต่อนาที และควบคุมอุณหภูมิ ณ 50 องศาเซลเซียส

ชนิดใบกวน เวลา(ชั่วโมง)	ทดสอบคลอโรฟอร์ม (เกรดก้อนยาง)		การเกิดฟิล์ม	
	1 ชั้น	2 ชั้น	1 ชั้น	2 ชั้น
1	1	1	ไม่เกิด	ไม่เกิด
2	2	2	ไม่เกิด	ไม่เกิด
3	2	2	เกิดบางๆ ที่ขอบถึง	ไม่เกิด
4	3	3	เกิดบางๆ ที่ขอบถึงและผิวหน้า	ไม่เกิด
5	3	3	เกิดบางๆ ที่ขอบถึงและผิวหน้า	ไม่เกิด
6	4	4	เกิดบางๆ ที่ขอบถึงและผิวหน้า	ไม่เกิด

ตารางที่ ก.3 ผลของความเร็วในการกวนต่อการตกตะกอนเมื่อบ่มน้ำยางโดยใช้ใบกวน 2 ชั้น และควบคุมอุณหภูมิ ณ 30 องศาเซลเซียส

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที) เวลา (ชั่วโมง)	ทดสอบคลอโรฟอร์ม (เกรดก้อนยาง)			น้ำหนักระตะกอน (กรัม)		
	0	30	60	0	30	60
12	1	1	1	-	-	-
24	1	1	1	-	-	-
36	2	2	2	-	-	-
48	2	2	2	-	-	-
60	2	2	2	-	-	-
72	3	3	3	166.14	54.53	24.18

ตารางที่ ก.4 ผลการทดสอบการการบ่มน้ำยางเมื่อใช้ใบกวน 2 ชั้น ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที และ
ควบคุมอุณหภูมิ ณ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (ชั่วโมง)	เกรดก้อน ยาง	การบวมพองในโหลอื่น (Ø ขึ้นทดสอบก่อนแช่ 1.595 เซนติเมตร)			
		ครั้งที่	Ø หลังแช่ในโหลอื่น (เซนติเมตร)	เฉลี่ย	%การเพิ่มขึ้นของ Ø
0	1	1	1.655	1.672	4.827
		2	1.675		
		3	1.685		
12	1	1	1.670	1.685	5.643
		2	1.685		
		3	1.700		
24	2	1	2.570	2.743	71.975
		2	2.730		
		3	2.930		
36	2	1	3.185	3.193	100.188
		2	3.215		
		3	3.180		
48	2	1	3.000	3.035	90.282
		2	3.035		
		3	3.070		
60	3	1	2.930	2.917	82.884
		2	2.900		
		3	2.920		
72	3	1	2.855	2.877	80.376
		2	2.880		
		3	2.895		
84	3	1	2.820	2.817	76.614
		2	2.805		
		3	2.825		

ตารางที่ ก.4 ผลการทดสอบการการบ่มน้ำยางเมื่อใช้ใบกวน 2 ชั้น ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที และ
ควบคุมอุณหภูมิ ณ 30 องศาเซลเซียส (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	เกรดก่อน ยาง	การบวมพองในโหลอื่น (Ø ขึ้นทดสอบก่อนแช่ 1.595 เซนติเมตร)			
		ครั้งที่	Ø หลังแช่ในโหลอื่น(เซนติเมตร)	เฉลี่ย	%การเพิ่มขึ้นของ Ø
96	3	1	2.810	2.793	75.110
		2	2.780		
		3	2.790		
108	4	1	2.760	2.765	73.354
		2	2.770		
		3	2.765		
120	4	1	2.750	2.723	70.721
		2	2.725		
		3	2.695		

หมายเหตุ : ขึ้นทดสอบหลังแช่ในโหลอื่น ก่อนที่ก้อนยางเปลี่ยนเป็นเกรดที่ 2 มีลักษณะคล้ายก้อนติดกับกระดาษขยายตัวเพิ่มขึ้นทั้งด้านบนและด้านข้างเพียงเล็กน้อยดังรูปที่ 19 (ง) ซึ่งต่างจากขึ้นทดสอบเมื่อก่อนยางเป็นเกรดที่ 2 หลังแช่ในโหลอื่น จะมีลักษณะเป็นแผ่นวงกลมหลุดออกจากกระดาษมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนดังรูปที่ 19 (ค)

ตารางที่ ก.5 ผลการทดสอบการการบ่มน้ำยางเมื่อใช้ใบกวน 2 ชั้น ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที และ
ควบคุมอุณหภูมิ ณ 40 องศาเซลเซียส

เวลา (ชั่วโมง)	เกรดก้อน ยาง	การบวมพองในโหลอื่น (Ø ขึ้นทดสอบก่อนแช่ 1.595 เซนติเมตร)			
		ครั้งที่	Ø หลังแช่ในโหลอื่น(เซนติเมตร)	เฉลี่ย	%การเพิ่มขึ้นของ Ø
0	1	1	1.650	1.688	5.831
		2	1.730		
		3	1.685		
2	1	1	1.710	1.713	7.398
		2	1.730		
		3	1.700		
4	1	1	1.805	1.808	13.354
		2	1.830		
		3	1.790		
6	1	1	1.915	1.822	14.232
		2	1.950		
		3	1.780		
9	2	1	3.402	3.414	114.023
		2	3.421		
		3	3.418		
12	2	1	3.045	3.050	91.223
		2	3.080		
		3	3.025		
15	3	1	2.925	2.948	84.827
		2	2.935		
		3	2.935		
21	3	1	2.865	2.868	79.812
		2	2.890		
		3	2.850		

ตารางที่ ก.5 ผลการทดสอบการการบ่มน้ำยางเมื่อใช้ใบกวน 2 ชั้น ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที และ
ควบคุมอุณหภูมิ ณ 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	เกรดก้อน ยาง	การบวมพองในโหลอื่น (ϕ ขึ้นทดสอบก่อนแช่ 1.595 เซนติเมตร)			
		ครั้งที่	ϕ หลังแช่ในโหลอื่น(เซนติเมตร)	เฉลี่ย	%การเพิ่มขึ้นของ ϕ
24	4	1	2.785	2.783	74.483
		2	2.815		
		3	2.750		
27	4	1	2.665	2.630	64.890
		2	2.595		
		3	2.630		

ตารางที่ ก.6 ผลการทดสอบการการบ่มน้ำยางเมื่อใช้ใบกวน 2 ชั้น ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที และ
ควบคุมอุณหภูมิ ณ 50 องศาเซลเซียส

เวลา (ชั่วโมง)	เกรดก้อน ยาง	การบวมพองในโหลอื่น (Ø ขึ้นทดสอบก่อนแช่ 1.595 เซนติเมตร)			
		ครั้งที่	Ø หลังแช่ในโหลอื่น(เซนติเมตร)	เฉลี่ย	%การเพิ่มขึ้นของ Ø
0	1	1	1.690	1.705	6.897
		2	1.740		
		3	1.685		
1	1	1	1.920	1.887	18.307
		2	1.900		
		3	1.840		
2	2	1	3.310	3.240	103.135
		2	3.230		
		3	3.180		
3	2	1	3.050	3.032	90.094
		2	3.035		
		3	3.010		
4	3	1	2.950	2.958	85.455
		2	2.990		
		3	2.935		
5	3	1	2.935	2.901	81.881
		2	2.895		
		3	2.875		
6	4	1	2.790	2.810	76.175
		2	2.830		
		3	2.810		
7	4	1	2.815	2.792	75.047
		2	2.780		
		3	2.780		



หนังสือรวมงานวิชาการ “มหาวิทยาลัยแม่โจ้กับงานเทคโนโลยีชีวภาพ”

เนื่องในโอกาสที่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
เสด็จพระราชดำเนินเป็นองค์ประธานพิธีเปิด
อาคารเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันจันทร์ ที่ 23 มกราคม 2549

(การประชาสัมพันธ์ : การออกแบบและสร้างอุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมเพาด์;
ในหนังสือรวมงานวิชาการ “มหาวิทยาลัยแม่โจ้กับงานเทคโนโลยีชีวภาพ”
หน้าที่ 95-97 ณ วันที่ 23 มกราคม 2549)



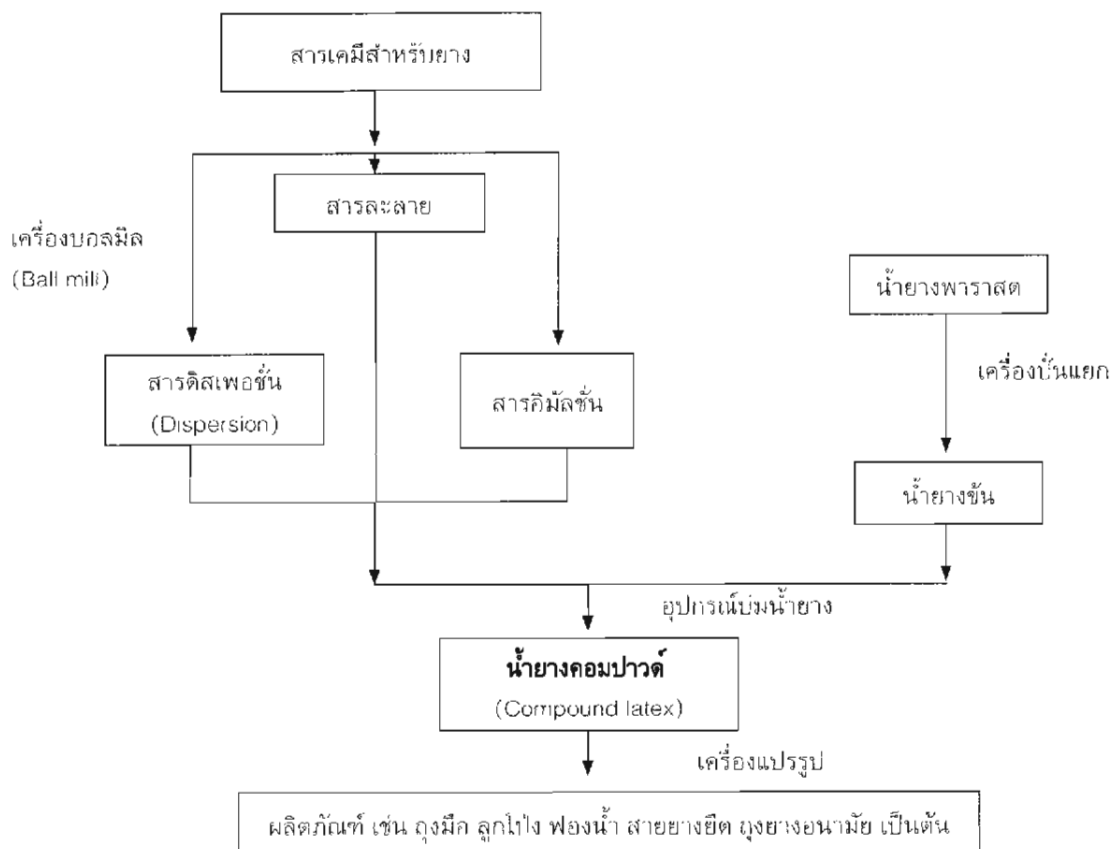
กลุ่มงานวิจัย: ผลิตภัณฑ์จากยางพารา

การออกแบบและสร้างอุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมปาวด์

ศิวโรจน์ บุญราศรี¹ ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย² นายชัชชัย รัตนประภา²
นายฤกษ์มงคล ใจเฟื้อ²

ความสำคัญและที่มาของปัญหาของงานวิจัย

ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางมีมากมายหลายชนิด เช่น ถุงมือ ลูกโป่ง ถุงยางอนามัย หัวนมยาง ฟองน้ำ สายยางยืด ท่อสายยาง น้ำเกลือ ตุ๊กตา หน้ากาก ฯลฯ สำหรับการทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางมีอยู่หลายขั้นตอน เช่น การนำน้ำยางมาผสมกับสารเคมี การขุมน้ำยาง การอบแห้ง เป็นต้น ขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญคือ การนำน้ำยางผสมกับสารเคมี น้ำยางที่ผสมสารเคมีแล้วเรียกว่าน้ำยางคอมปาวด์ (Compound latex)



ภาพที่ 1 แผนภาพการทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางพารา

สารเคมีที่เติมในน้ำยางมีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นตัวกำหนดความแข็งแรงและสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ (อุตสาหกรรมยาง) คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
² ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้



หนังสือรวมงานวิชาการ “มหาวิทยาลัยแม่โจ้กับงานเทคโนโลยีชีวภาพ”

เนื่องในโอกาสที่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

เสด็จพระราชดำเนินเป็นองค์ประธานพิธีเปิดอาคารเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันจันทร์ ที่ 23 มกราคม 2549

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์สำหรับการบ่ม (Maturation) น้ำยางต้นแบบขนาดเล็ก
2. ศึกษาตัวแปรในการบ่มน้ำยาง

ผลการดำเนินงานวิจัย

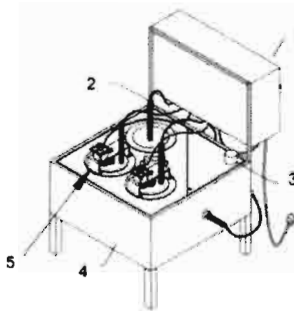
ผลการทดสอบสมรรถนะจำเพาะของอุปกรณ์บ่มน้ำยาง การออกแบบอุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมพิวเตอร์ มีการออกแบบให้การควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ฮีตเตอร์ขนาด 2000 วัตต์ ให้ความร้อนกับน้ำจากอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็น 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 7 นาที และจากอุณหภูมิห้องเป็น 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 13 นาที

ความเร็วในการกวนของถังบ่มน้ำยางมีสองความเร็วคือ 30 และ 60 รอบต่อนาที พบว่าถังบ่มที่กวนด้วยความเร็ว 60 รอบต่อนาที อุณหภูมิภายในถังจะใกล้เคียงกับถังควบคุมอุณหภูมิมากกว่าถังบ่มที่กวนด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที เพราะการแลกเปลี่ยนความร้อนของถังบ่มที่กวนด้วยความเร็ว 60 รอบต่อนาที ทำให้น้ำยางมีโอกาสสัมผัสกับผนังถังบ่มน้ำยางได้มากกว่า

ผลการทดสอบชนิดของใบกวนสองชนิด คือ ใบกวน 1 ชั้นและใบกวน 2 ชั้น พบว่าการใช้ใบกวนสองชั้นนี้ไม่ทำให้น้ำยางเกิดฟองที่สังเกตด้วยตาเปล่า และมีการวัดอุณหภูมิในถังควบคุมอุณหภูมิ ณ หลายจุดของพื้นที่ถัง พบว่ามีอุณหภูมิต่างกันน้อยมาก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ปั๊มขนาด 13.5 วัตต์ 220 โวลต์ เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในถังให้สม่ำเสมอ

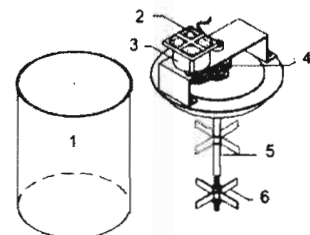
สุดท้ายการทดสอบผลของอุณหภูมิในการบ่มน้ำยางต่อระยะเวลาที่น้ำยางคอมพิวเตอร์ มีระดับการวัลคาไนซ์บางส่วนถึงเกรดที่ 4 (ทดสอบโดยคลอโรฟอร์ม) ณ อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเท่ากับ 108, 24 และ 6 ชั่วโมงตามลำดับ

แสดงว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อเวลาในการบ่มน้ำยาง ควรมีการควบคุมอุณหภูมิถังบ่มน้ำยางให้คงที่ เพราะถ้างบ่มน้ำยางมีอุณหภูมิสูงขึ้นใช้เวลาในการบ่มน้อยลง โรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางต้องคำนึงถึงความร้อนจากสิ่งแวดล้อมที่จะมีผลกระทบต่อ**น้ำยางคอมพิวเตอร์** เนื่องจากในแต่ละวันค่อนข้างจะมีอุณหภูมิแตกต่างกันมากอาจมีผลกระทบต่อ**น้ำยาง**ที่บ่มเอาไว้ถ้าไม่มีการควบคุมอุณหภูมิถังบ่มน้ำยางทำให้น้ำยางที่บ่มไว้มีระดับการวัลคาไนซ์บางส่วนคลาดเคลื่อนและจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้



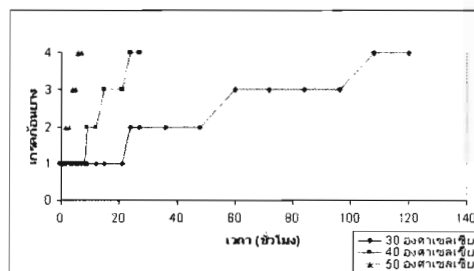
1. แผงควบคุม
2. เทอร์โมคัปเปิล
3. ฝาครอบฮีตเตอร์
4. ถังควบคุมอุณหภูมิ
5. ฝาถังบ่มน้ำยาง

ภาพที่ 1 อุปกรณ์สำหรับการบ่ม (Maturation) น้ำยางต้นแบบขนาดเล็ก

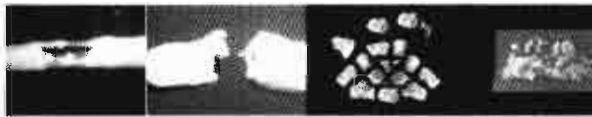
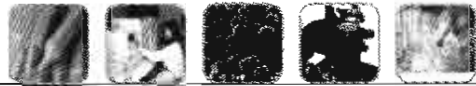


1. ถังบ่มน้ำยาง
2. พัดลมระบายความร้อน
3. มอเตอร์
4. ชุดเพื่องัดกำลัง
5. เพล
6. ใบกวน

ภาพที่ 2 ลักษณะถังบ่มน้ำยางคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเกรดก่อนยางกับเวลาเพื่อเปรียบเทียบการบ่มน้ำยางที่อุณหภูมิต่าง ๆ



เกรตที่ 1

เกรตที่ 2

เกรตที่ 3

เกรตที่ 4

- เกรตที่ 1 ก้อนยางเหนียวเมื่อยืดออกเป็นใย
- เกรตที่ 2 ก้อนยางติดกันน้อยยืดออกน้อยเมื่อดึง
- เกรตที่ 3 ก้อนยางไม่เหนียว ขาดออกจากกันได้ง่าย
- เกรตที่ 4 ก้อนยางเป็นผงร่วน

ภาพที่ 4 เกรตก้อนยางที่ทดสอบโดยคสอโรฟอร์ม

จากการทดสอบอุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมปาวด์ ที่ได้สร้างขึ้นจะเห็นว่าอุณหภูมิมีผลอย่างมากต่อการสุกของยาง ซึ่งสภาพการใช้งานจริงในบางโรงงานไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของน้ำยาง เช่น บางวันอากาศร้อน บางวันฝนตก ทำให้ระยะเวลาในการสุกของยางเปลี่ยนแปลงไปได้ ดังนั้นทางโรงงานน้ำยางควรคิดถึงปัจจัยของอุณหภูมิในการบ่มน้ำยาง เพื่อให้ได้น้ำยางคอมปาวด์เหมาะสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ และเป็นการลดต้นทุนของโรงงานจากการลดปริมาณของเสีย

นอกจากนั้นอุปกรณ์บ่มน้ำยางที่ได้สร้างขึ้นมีถึงบ่ม 3 ถัง ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทดสอบเปรียบเทียบสูตรน้ำยางในห้องปฏิบัติการได้ โดยสามารถแปรปริมาณสารในสูตรได้ 3 สูตร

แนวทางการวิจัยในอนาคต

1. ใช้อุปกรณ์บ่มน้ำยางคอมปาวด์บ่มน้ำยางสำหรับทดสอบสูตรในการทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง
2. สร้างอุปกรณ์ที่จำเป็นอื่น ๆ ในการแปรรูบน้ำยาง
3. ปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ โครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา (Small Project on Rubber:SPR)โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนในการทำโครงการนี้

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับจากโครงการ
1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องมือสำหรับการบ่มนํ้ายางต้นแบบขนาดเล็กสำหรับพัฒนาอุตสาหกรรมยางทางภาคเหนือ	- ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการสร้างอุปกรณ์บ่มนํ้ายาง - สร้างอุปกรณ์บ่มนํ้ายาง - ศึกษาสูตรนํ้ายางคอมปาวด์ที่จะใช้ในการทดสอบ	- ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการสร้างอุปกรณ์บ่มนํ้ายาง - สร้างอุปกรณ์บ่มนํ้ายาง - ทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของอุปกรณ์บ่มนํ้ายาง - ศึกษาสูตรที่จะใช้ในการทดสอบ	- ได้อุปกรณ์บ่มนํ้ายางที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ ได้รับความเร็วการถน และเปลี่ยนชนิดของใบกวนได้ - ทราบถึงคุณสมบัติเบื้องต้นของอุปกรณ์บ่มนํ้ายาง - ได้สูตรนํ้ายางคอมปาวด์ที่จะใช้ในการทดสอบ
2. ศึกษาตัวแปรในการบ่มนํ้ายาง	- เตรียมนํ้ายางและสารเคมี - ทดสอบการบ่มนํ้ายางในห้องทดลอง	- เตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการบ่มนํ้ายาง - ทดสอบการเกิดฟิล์ม - ทดสอบการตกตะกอน - ทดสอบการวัลคาไนซ์บางส่วนโดยใช้วิธีทดสอบกับคลอโรฟอร์มและทดสอบการบวมพองในโหลอื่น	- ได้ลักษณะใบกวนที่เหมาะสมในการบ่มนํ้ายาง - ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการบ่มนํ้ายาง - ทราบถึงผลของอุณหภูมิต่อระยะเวลาในการบ่มนํ้ายาง - ทราบถึงผลของระดับการวัลคาไนซ์ต่อการบวมพองตัวในโหลอื่น