รายงานการวิจัย

การสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด
Construction of The Sugar Palm Vinegar Distilled Machine

ลัญฉกร นิลทรัตน์
กุลยุทธ บุญเซ่ง

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนวิจัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
พ.ศ. 2559

ชื่องานวิจัย การสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด
ผู้วิจัย ลัญฉกร นิลทรัตน์
กุลยุทธ บุญเช่ง
คณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ปี 2560

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต โดยใช้พลังงานไฟฟ้าให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์น้ำส้มตาลโตนดในถังต้ม ระเหยกลายเป็นไอควบแน่นเป็นหยดน้ำส้มสายชูตาลโตนด มีโครงสร้างเครื่องแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ 1.ชุดหม้อต้มมีฮีตเตอร์เป็นตัวให้ความร้อน 2.ท่อทางเดินไอน้ำระเหย 3.ชุดควบแน่น 4.ชุดระบายความร้อน ทดลอง นำน้ำส้มสายชูตาลโตนดจากการหมักเป็นน้ำส้มตาลโตนดที่ได้จากน้ำล้างกระทะที่เหลือจากการเคี้ยวเป็นน้ำผึ้งตาลโตนด ผลการทดลองกลั่นน้ำ ปริมาตร 3 ลิตร 5 ลิตร และ 10 ลิตร เวลากลั่น 70 นาที 110 นาที และ 230 นาที ตามลำดับ พบว่าการกลั่น 3 ลิตร ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด มีอัตราการกลั่นเฉลี่ย 42 มิลลิลิตรต่อนาที มีอุณหภูมิในการกลั่นเฉลี่ย 104.15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของถังควบแน่นมีค่าเฉลี่ย 33.85 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิของน้ำในถังควบแน่นอยู่ในช่วง 30-36 องศาเซลเซียส ค่าความดันต่ำกว่า 1 บาร์ การทดลองการกลั่นปริมาตร 10 ลิตร ผลการทดลองพบว่าปริมาตรจากการควบแน่นที่ดีที่สุดอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส ปริมาตรน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่กลั่นได้ 600 มิลลิลิตร ผลการตรวจสอบปริมาณค่ากรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูตาลโตนดกลั่นแล้วมีค่า 4.6 กรัม/100 มิลลิกรัม ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด ใช้วัตถุดิบ 906 ลิตร และราคาน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ใช้ในการกลั่น 70 บาท/ลิตร ระยะเวลาที่สามารถคืนทุนได้ คือ 332 ชั่วโมง โดยการกลั่น 8 ชั่วโมงต่อวันซึ่งจะทำงาน 41.5 วัน จะถึงจุดคุ้มทุน

เลข Bib# 142197
วันที่ 6 พ.ย. 2561
เลขเรียกหนังสือ 621.18
ล
ล119ก

Research Title Construction of The Sugar Palm Vinegar Distilled Machine.
Researcher Lanchagron Nintharat
Kulyuth Boonseng
Faculty Faculty of Industrial Technology
Year 2017

Abstract

The design and development prototype machine of the distilled vinegar sugar palm to productivity production process. Using electricity to heat the heater in the tank until the vinegar evaporates condenses into droplets sugar palm. The structure of the machine is divided into four parts, the 1 series boiler has a heater to heat. 2 pipe water vapor condenses 3 series 4 series thermal experiments by the fermentation of vinegar sugar palm from the pan contribute wash water from chewing a honey sugar palm Experimental results desalination capacity of 3 liters, 5 liters and 10 liters distilled at 70 minutes, 110 minutes and 230 minutes respectively 3L refined the most effective. The rate of refining an average of 42 ml per minute. Average temperatures in the distillation tank condensation temperature of 104.15 ° C, with an average temperature of 33.85 ° C with condensation in a bucket of water in the range 30-36 ° C under a pressure of 1 bar and 10-liter refined experimental results. it was found that the volume of the condensate best at 32 ° C. the volume of vinegar sugar palm distillation of 600 ml of assay the acetic acid in vinegar sugar palm then refined with 4.6 g / 100 mg over the threshold. Standards of the community standard (the Believers). Payback of distilled vinegar sugar palm ingredients used 906 liters and vinegar sugar palm used in distillation 70 baht / liter at the payback is 332 hours. by distillation of 8 hours per day, which will run 41.5 days to reach the breakeven point.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายฝ่าย ตลอดจนนักศึกษาและคณาจารย์ทุกท่านในโปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ในการจัดทำงานวิจัยนี้ให้มีความสำเร็จและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่พิจารณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนวิจัยประจำปี 2559

ขอขอบคุณขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรใน อำเภอสะทิงพระ อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา ในการให้ข้อมูลตลอดจนความช่วยเหลือให้งานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

คณะผู้ทำงานวิจัยขอขอบคุณทุกท่าน ทุกฝ่าย ที่สนับสนุนในการทำวิจัยด้วยความประทับใจและรู้สึกทราบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง

ลัญฉกร นิลทรัตน์
กุลยุทธ บุญเซ่ง

เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
พฤศจิกายน 2560

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ

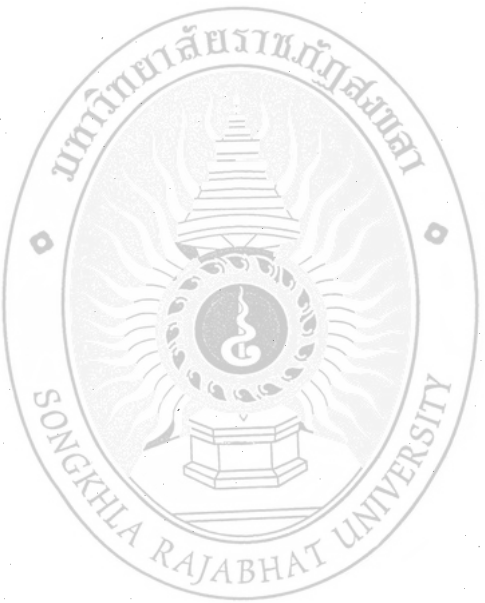
	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	3
1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน	3
1.4 คำจำกัดความ	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ลักษณะทั่วไปของตาลโตนด	4
2.2 น้ำตาลสด	4
2.3 น้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนด	6
2.4 น้ำส้มสายชู	7
2.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชูหมัก	10
2.6 ชนิดของน้ำส้มสายชู	11
2.7 คุณภาพหรือมาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขของน้ำส้มสายชู	11
2.8 เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการหมักน้ำส้มสายชู	13
2.9 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชู	15
2.10 หม้อกลั่น	15
2.11 ประโยชน์ของน้ำส้มสายชู	16
2.12 องค์ประกอบของน้ำตาลโตนดโดยทั่วไป	16
2.13 การกลั่น	17
2.14 ระบบไอน้ำ	20
2.15 ฮีตเตอร์	23
2.16 เหล็กกล้าไร้สนิม	23
2.17 คุณสมบัติของสเตนเลส	24
2.18 การหาค่าพลังงานความร้อนที่ให้กับน้ำส้มสายชู	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.19 การคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการต้ม	25
2.20 การคำนวณหาพื้นที่การรับความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	26
2.21 การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากไอแอลกอฮอล์ไปให้น้ำหล่อเย็น	26
2.22 การคำนวณอัตราการไหลจากการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	27
2.23 การสูญเสียกำลังงานในท่อ	27
2.24 การคำนวณหาขนาดของปั๊มน้ำหล่อเย็น	28
2.25 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
3. วิธีการดำเนินการวิจัย	31
3.1 ระยะเวลาแผนการดำเนินงาน	31
3.2 ขั้นตอนการวางแผนดำเนินการสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	31
3.3 การวางแผนออกแบบสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	32
3.4 หลักการที่ใช้พิจารณาออกแบบเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	32
3.5 ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	33
3.6 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	42
3.7 อุปกรณ์เครื่องมือประกอบการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	45
3.8 เครื่องต้นแบบสำหรับกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดหมัก	47
4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล	49
4.1 การทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 3 ลิตร	49
4.2 การทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 5 ลิตร	52
4.3 การทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 10 ลิตร	56
4.4 คำนวณต้นทุนแปรผันต่อหน่วย	61
4.5 คำนวณจุดคุ้มทุน	62
4.6 ผลการตรวจน้ำส้มสายชูตาลโตนด	63
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	66
5.1 สรุปผล	66
5.2 ข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม	67
ภาคผนวก	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ก แบบเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	71
ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)	89
ค เอกสารงานวิจัยที่เผยแพร่	93
ประวัติผู้วิจัย	101



สารบัญตาราง

ตารางที่

	หน้า
2.1 คุณสมบัติและองค์ประกอบของน้ำตาลสด	5
2.2 แสดงลักษณะกรดแอซีติก	7
2.3 มาตรฐานน้ำส้มสายชูตามข้อกำหนดกระทรวงอุตสาหกรรม	10
2.4 แบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตกรดแอซิติก	14
2.5 องค์ประกอบของน้ำตาลโตนด	16
4.1 ผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดปริมาณ 3 ลิตร	49
4.2 ผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดปริมาณ 5 ลิตร	53
4.3 ผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดปริมาณ 10 ลิตร	56
4.4 ผลการตรวจสอบน้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักก่อนการทดลอง	63
4.5 ผลการตรวจสอบน้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักก่อนการทดลองเปรียบเทียบกับ มผช.	63
4.6 ผลการตรวจสอบกรดอะซิติกน้ำส้มสายชูตาลโตนดกลั่นจากการทดลอง	64
4.7 ผลการตรวจสารประกอบน้ำส้มสายชูตาลโตนด หลังกลั่นเปรียบเทียบกับ มผช.	64
4.8 ผลการเปรียบเทียบสารประกอบน้ำส้มสายชูตาลโตนดก่อนกลั่นกับหลังกลั่น	65

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
	2.1 จำลองวิธีการกลั่นแบบธรรมดา	37
	2.2 จำลองการกลั่นลำดับส่วน	18
	2.3 จำลองการกลั่นน้ำมันดิบ	19
	2.4 การกลั่นน้ำมันหอมระเหย	20
	2.5 ความร้อนสัมผัส	20
	2.6 ความจุความร้อนของไอน้ำ	21
	2.7 ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ	21
	2.8 ไอน้ำอิ่มตัว	22
	2.9 ไอน้ำยิ่งยวด	23
	3.1 แผนการดำเนินการวิจัย	32
	3.2 ชุดโครงสร้างวางเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	33
	3.3 ชุดถังต้ม	34
	3.4 ถังควบแน่น	35
	3.5 ท่อเดินไอ	36
	3.6 สายเทอร์โมคัปเปิล	36
	3.7 ชุดระบายความร้อน	37
	3.8 ถังเก็บน้ำส้มจากการกลั่น	38
	3.9 ตู้ชุดควบคุมระบบ	39
	3.10 ปั๊มน้ำ (Pump)	39
	3.11 จอดิจิตอลใช้ควบคุมอุณหภูมิ	40
	3.12 ฮีทเตอร์	41
	3.13 เกจวัดความดันไอน้ำ	41
	3.14 สร้างโครงเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	42
	3.15 ถังต้ม	42
	3.16 ฝาครอบถังต้ม	43
	3.17 ท่อไอน้ำ	43
	3.18 ถังเก็บน้ำส้มสายชูตาลโตนดจากกลั่นแล้ว	44
	3.19 ถังควบแน่น	44
	3.20 ชุดระบายความร้อน	45
	3.21 เครื่องวัดอุณหภูมิ	46
	3.22 เหยือกน้ำวัดปริมาตร	46
	3.23 ที่กรองชาแบบผ้า	46

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.24 น้ำส้มสายชูตาลโตนด 47
3.25 ขวดบรรจุน้ำส้มสายชูกลั่น 47
3.26 เครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด 48
4.1 กราฟแสดงปริมาตรสะสมของผลการทดลอง 3 ลิตร 50
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับเวลาของการกลั่น 3 ลิตร 51
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการกลั่นกับเวลาของการกลั่น 3 ลิตร 52
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำของถังควบแน่นกับเวลาการกลั่น 3 ลิตร 52
4.5 กราฟแสดงปริมาตรสะสมของผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด 5 ลิตร 54
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรการกลั่นกับเวลาของการกลั่น 5 ลิตร 54
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการกลั่น 5 ลิตร 55
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำของถังควบแน่นกับเวลาการกลั่น 5 ลิตร 56
4.9 กราฟแสดงปริมาตรสะสมของผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด 10 ลิตร 58
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับเวลาของการกลั่น 10 ลิตร 59
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการกลั่น 10 ลิตร 60
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำของถังควบแน่นกับเวลาการกลั่น 10 ลิตร 60

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย

ประเทศไทยพบต้นตาลโตนดมากในพื้นที่ภาคกลางตอนล่างและพื้นที่ภาคใต้ โดยเฉพาะทางภาคใต้พบมากที่อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา [1] โดยขึ้นอยู่ทั่วไปตามทุ่งนาเป็นพืชที่มีอยู่ประจำในพื้นที่มายาวนาน สามารถเจริญเติบโตงอกงามดีและมีอยู่มากมาย [2] มีพื้นที่ปลูกต้นตาลประมาณ 7,000 ไร่ [2,3] และมีต้นตาลประมาณ 1,700,000 ต้น [4] ต้นตาลโตนดเป็นพืชเอนกประสงค์ เอื้อประโยชน์ให้แก่ผู้คนและท้องถิ่นอย่างมากมายมหาศาล ตั้งแต่รากจรดใบของต้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน [1] ลำต้นนำมาใช้ในการก่อสร้าง เช่น ทำรอดและฟาก เฟอร์นิเจอร์ รางอาหารสัตว์ และใช้เป็นเชื้อเพลิง รากใช้ต้มกินเป็นยาขับปัสสาวะและแก้โรคตาลขโมย ทางตาลใช้ทำรั้วบ้าน เส้นใยทำเชือกและที่เกาะห้อยนางรม ใบตาลใช้มุงหลังคา ทำพัดจักสานหรือเผาเป็นเถ้าใช้ในแปลงนา เนื่องจากมีธาตุโพแตสเซียม [6,7] อีกทั้งน้ำหวานหรือที่เรียกว่าน้ำตาลโตนด ที่ได้จากการเฉือนงวงตาล สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด [8] เช่น น้ำหวานนำไปบริโภคเป็นเครื่องดื่ม นำมาปรุงเปลี่ยนสภาพเป็นแอลกอฮอร์ เรียกว่า หวาก นำมาเคี่ยวก็จะได้เป็นน้ำผึ้งจากตาลโตนด สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลายชนิด โดยเฉพาะนำไปประกอบการทำอาหาร [3] ผลผลิตหนึ่งที่ได้จากการนำน้ำตาลโตนดมาหมักไว้ คือ น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด โดยการแปรสภาพน้ำตาลหวานให้เป็นน้ำตาลเปรี้ยว ที่ชาวบ้านเรียกว่า “น้ำส้มโหนด” ใช้วิธีการหมักแช่ ต่อจากการหมักน้ำตาลสดแช่ทำหวาก อันเป็นภูมิปัญญาในการแปรรูปอาหารของชาวบ้านบริเวณคาบสมุทรสทิงพระที่สืบทอดกันมายาวนานให้แก่ลูก ๆ หลาน ๆ ทำติดต่อกันมาหลายชั่วคนจนถึงปัจจุบัน ซึ่งนิยมนำมาใช้ในการปรุงแต่งรสอาหารพื้นบ้านแทนน้ำส้มสายชู เช่น แกงส้ม ต้มส้ม น้ำจิ้ม และอะจาด เป็นต้น

กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนดของชาวบ้านในท้องถิ่นที่ทำอยู่ จะทำตามวิธีการดังเดิมที่ถ่ายทอดกันมาตั้งแต่ในอดีต โดยอาศัยวิธีธรรมชาติซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการหมักนาน ปริมาณกรดที่ได้ไม่แน่นอน [9] โดยวิธีทำการหมักแช่ทิ้งไว้อาศัยประสบการณ์ ขาดขาดความรู้ การดูแลเอาใจใส่เรื่องความสะอาด การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ จึงทำให้ได้น้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนดไม่เป็นไปตามมาตรฐานรับรอง อีกทั้งยังขาดคุณภาพและการควบคุมปริมาณกรดน้ำส้ม [10] และไม่ได้มีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานที่กำหนด เช่น มาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เป็นต้น จึงไม่เป็นไปตามสุขลักษณะอนามัย หากมีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่อาจจะเกิดอันตรายเมื่อนำไปรับประทาน ประกอบกับน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดมีอายุการจัดเก็บได้ไม่นาน จะเกิดตะกอนภายในตัวน้ำส้มมีสีขุ่น [11] ส่งผลให้ราคาต่ำเนื่องจากด้อยคุณภาพ และผู้บริโภคโดยทั่วไปจึงไม่นิยมนำมารับประทาน [12] เป็นเหตุผลที่ไม่สามารถยกระดับคุณภาพน้ำส้มไปขายในกลุ่มลูกค้าที่อยู่นอกพื้นหรือส่งไปสู่ตลาดระดับสูงขึ้นได้ จึงขายเฉพาะ

กลุ่มหรือชาวบ้านที่นำมาใช้กันตามครัวเรือนหรือชุมชนที่นำไปประกอบอาหารที่นิยมกันในพื้นที่เท่านั้น

ปัจจุบันน้ำส้มสายชูเป็นสารอินทรีย์ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรม โดยมีการผลิตเพื่อบริโภคในระดับครัวเรือน มีการใช้น้ำส้มสายชูในการเตรียมอาหาร การปรุงสลัด และอื่น ๆ สำหรับในระดับอุตสาหกรรมอาหารมีการนำน้ำส้มสายชูมาใช้ในการหมัก ดองอาหารพวกผัก ปลา นำมาใช้เป็นส่วนผสมทำน้ำสลัด น้ำซอส หรือมัสตาร์ด เป็นต้น [9] น้ำส้มสายชูนอกจากจะใช้เป็นสารปรุงแต่งทำให้อาหารมีกลิ่นรสเฉพาะแล้ว ยังมีคุณสมบัติในการถนอมอาหาร ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรย์ที่สร้างสปอร์ด้วย [10] และการบริโภคน้ำส้มสายชูยังมีประโยชน์ต่อร่างกาย [9] แต่สำหรับผู้บริโภคโดยส่วนใหญ่ไม่นิยมใช้น้ำส้มสายชูหมัก เพราะไม่พอใจในเรื่องความสะอาด กลิ่น รส และสี [12] ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจทั้งในระดับครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นน้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากวัตถุดิบจากธรรมชาติจำพวกผลไม้ ที่ให้รสชาติดีและมีกลิ่นหอมของผลไม้ [13]ดังนั้นหากได้มีการศึกษาทดลองเริ่มต้นจากกระบวนการต้นน้ำโดยควบคุมให้ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ นำมาตรวจสอบตามมาตรฐานที่กำหนดจากผลผลิตปัจจุบันที่ดำเนินการอยู่ และทดลองหาแนวทางทำการแปรสภาพให้เป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งน้ำส้มสายชูกลั่นเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ระบุอยู่ในมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข หรือ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยกำหนดให้นำน้ำส้มสายชูหมักตามธรรมชาติมากลั่น แล้วตรวจสอบคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อกำหนด [14,15]
จากปัญหาข้างต้นที่กล่าวมาผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่ากรรมวิธีการกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนดเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถแปรรูปน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนด โดยการออกแบบสร้างเครื่องกลั่นให้เหมาะกับการใช้งานในกลุ่มชุมชน สะดวกปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ เพื่อแก้ปัญหาเรื่องความสะอาด กลิ่น รส และสี นำไปสู่ระบบการผลิตที่มีคุณภาพและสร้างแนวทางในการดำเนินการผลิตให้เป็นข้อกำหนดเบื้องต้น เพิ่มมูลค่าให้แก่น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด ยกระดับผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐาน สร้างความน่าเชื่อถือแก่ผู้บริโภคให้เป็นที่ยอมรับ ส่งผลต่อการเพิ่มช่องทางในการจัดจำหน่าย มียอดจำหน่ายปริมาณที่สูงขึ้น สร้างงานสร้างรายได้อันจะนำไปสู่การเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ชุมชนในพื้นที่ เกิดประโยชน์และได้แนวทางการพัฒนาน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนดให้มีคุณภาพ มีความสะอาดยิ่งขึ้น สามารถเก็บไว้ได้นานกว่าเดิมและช่วยอนุรักษ์ต้นตาลโตนดซึ่งเป็นทรัพยากรในท้องถิ่น ที่นับวันจะมีจำนวนต้นตาลโตนดในจำนวนที่น้อยลงเรื่อย ตลอดจนเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาที่ถ่ายทอดกันมาแต่โบราณให้คงอยู่กับคนไทยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 สร้างเครื่องต้นแบบกลั้นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด

1.2.2 ศึกษาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

สร้างเครื่องต้นแบบสำหรับกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด โดยเน้นกระบวนการใช้งานที่ง่าย สะดวก ปลอดภัย สำหรับนำไปบริการวิชาการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนได้

1.4 คำจำกัดความ

น้ำส้มตาลโตนด หมายถึง น้ำส้มสายชูหมักเป็นการทำน้ำตาลหวานให้เป็นน้ำตาลเปรี้ยวโดยการหมักแช่ 1-3 เดือน เป็นขั้นตอนต่อจากการหมักน้ำตาลสดแช่ทำหวาก อันเป็นภูมิปัญญาในการแปรรูปอาหารของชาวบ้านที่สืบทอดกันมาหลายชั่วคน นิยมใช้กันในการปรุงแต่งรสอาหารพื้นบ้าน

การกลั่น คือ เป็นกระบวนทำให้ของเหลวได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ แล้วทำให้ควบแน่นกลับมาเป็นของเหลว

ฮีตเตอร์ (Heater) คือ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้หลักการจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดจนกลายเป็นความร้อน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

15.1 ได้เครื่องกลั่นน้ำส้มหมักจากตาลโตนด

15.2 ได้แนวทางเพิ่มมูลค่าน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนดโดยกรรมวิธีการกลั่น

15.3 มีการเผยแพร่งานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับประเทศ

15.4 เพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดผู้วิจัยได้เริ่มดำเนินการจากศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการดำเนินงาน ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ มีรายลเอียดประกอบไปด้วยลักษณะของตาลโตนด หลักวิธีการกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการกลั่น วัสดุ อุปกรณ์เครื่องมือ หลักวิธีการกลั่น ตลอดจนงานวิจัยที่มีกระบวนการที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับงานวิจัย มีรายละเอียดสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของตาลโตนด

ต้นตาลมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกาตะวันออก ต่อมาได้แพร่พันธ์เข้ามาในศรีลังกา อินเดีย และกลุ่มประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น กัมพูชา มาเลเซีย อินโดนีเซีย ไทย เป็นต้น ปัจจุบันมีมากแถบอินเดีย ศรีลังกา อินโดเนียเซีย พม่า กัมพูชา มาเลเซีย และไทย สำหรับประเทศไทยพบมากในพื้นที่เขตภาคกลางแถบจังหวัดเพชรบุรี นครปฐม และภาคใต้แถบจังหวัดสงขลา ตาลโตนดในประเทศไทยมีชื่อเรียกหลายชื่อ ภาคกลางเรียกว่า ต้นตาล ภาคใต้เรียกว่า ตาลโตนด ชาวจังหวัดยะลาและปัตตานี เรียกว่า ปอเก๊าะตา [11]

ต้นตาลโตนด หรือ โหนดในภาษาใต้ (อังกฤษ: Asian Palmyra palm, Toddy palm, Sugar palm, Cambodian palm) เป็นพันธุ์ไม้พวกปาล์มขนาดใหญ่ สกุล Borassus ในวงศ์ปาล์ม (Arecaceae) เป็นปาล์มที่แข็งแรงมากชนิดหนึ่ง และเป็นปาล์มที่แยกเพศกันอยู่คนละต้น ต้นสูงถึง 40 เมตร และวัดเส้นผ่ากลางประมาณ 60 เซนติเมตรลำต้นเป็นเสี้ยนสีดำแข็งมาก แต่ไส้กลางลำต้นอ่อน บริเวณโคนต้นจะมีรากเป็นกลุ่มใหญ่ ใบเหมือนพัดขนาดใหญ่ กว้าง 1-1.5 เมตร/ก้าน เป็นทางยาว 1-2 เมตร ขอบของทางของก้านทั้งสองข้าง มีหนามเหมือนฟันเลื่อยสีดำแข็ง ๆ และคมมากโคนก้านแยกออกจากกันคล้ายคีมเหล็กโอบหุ้มลำต้นไว้ ช่อดอกเพศผู้ใหญ่ รวมกันเป็นกลุ่มคล้ายนิ้วมือ เรียกว่านิ้วตาลแต่ละนิ้วยาวประมาณ 40 เซนติเมตรและโตวัดเส้นผ่ากลางประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร โคนกลุ่มช่อจะมีก้าน ช่อรวมและมีกาบแข็ง ๆ หลายกาบหุ้มโคนก้านช่ออีกทีหนึ่ง ช่อดอกเพศเมียก็คล้าย ๆ กัน แต่นิ้วจะเป็นปุ่มปม ปุ่มปมคือดอกที่ติดนิ้วตาลดอกหนึ่ง ๆ โตวัดเส้นผ่ากลางประมาณ 2 เซนติเมตร และมีกาบแข็ง ๆ หุ้ม แต่ละดอก กาบนี้จะเติบโตไปเป็นหัวจุกลูกตาลอีกทีหนึ่ง ผลกลมหรือรูปทรงกระบอกสั้น ๆ โตวัดเส้นผ่ากลางประมาณ 15 เซนติเมตร ผลเป็นเส้นใยแข็งเป็นมัน มักมีสีเหลืองแกมดำคล้ำเป็นมันหุ้มห่อเนื้อเยื่อสีเหลืองไว้ภายใน ผลหนึ่ง ๆ จะมีเมล็ดใหญ่แข็ง 1-3 เมล็ด [16]

2.2 น้ำตาลสด

2.2.1 การผลิตน้ำตาลสด

การผลิตน้ำตาลสดจะเริ่มทำจากช่อดอกที่ยังไม่บาน โดยใช้เชือกมัดรอบช่อดอก เพื่อป้องกันไม่ให้ช่อดอกบานและใช้ไม้นวดงวงเบาๆ วันละ 2 ครั้งเป็นเวลา 3 วันจึงใช้มีดปาดงวงตาลให้ห่างจาก

ปลายสุดของงวงตาลประมาณ 5 เซนติเมตร หลังจากนั้นนวดงวงทุกวันเฉพาะช่วงเช้าเท่านั้นพร้อมกับใช้มีดปาดงวงทุกวัน วันละ 2 ครั้ง โดยปาดให้ห่างจากเนื้อเยื่อส่วนปลายสุดประมาณ 2 มิลลิเมตร ทำเช่นนี้ทุกวันจนกระทั่งมีน้ำหวานหยดออกมาจากงวงตาล ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ ในบางประเทศขณะที่นวดงวงตาลจะค่อยๆ ใช้เชือกโน้มช่อดอกลงเพื่อป้องกันการไหลเข้าไปเปื้อนภายในช่อดอก ซึ่งวิธีการผลิตน้ำตาลสดในแต่ละประเทศอาจจะแตกต่างกันเล็กน้อย [17] เมื่อน้ำตาลสดเริ่มไหลออกจากงวง เกษตรกรจะนำภาชนะไปรองรับ ภาชนะที่ใช้อาจแตกต่างกันไปตามวัสดุที่หาได้ในแต่ละพื้นที่ เช่น ในประเทศศรีลังกาใช้หม้อดินเป็นภาชนะในการรองรับน้ำตาลสด [18] แต่ที่อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลาภาชนะที่ใช้รองรับเป็นกระบอกไม้ไผ่หรือพลาสติก ขนาดความจุ 2-3 ลิตร [19]

2.2.2 ผลผลิตของน้ำตาลสด

ผลผลิตของน้ำตาลสดขึ้นอยู่กับฤดูกาลและสภาพดินฟ้าอากาศ Browning และ Symons [20] รายงานว่า ถ้าทำการรองน้ำตาลวันละ 1 ครั้งจะได้ผลผลิตเฉลี่ย 0.60-1.20 ลิตรต่อต้นต่อวัน แต่ถ้ารองรับน้ำตาลสดวันละ 2 ครั้ง ผลผลิตจะอยู่ในช่วง 0.60-3.00 ลิตรต่อต้นต่อวัน สำหรับผลผลิตรวมของน้ำตาลสดจากเริ่มต้นจนสิ้นสุดเฉลี่ยประมาณ 16-18 ลิตรต่องวง หรือประมาณ 270 ลิตรต่อต้น ในช่วงเวลารองรับน้ำตาลสด 8 เดือน [21] ในขณะที่ [18] รายงานว่า ในประเทศศรีลังกาผลผลิตรวมของน้ำตาลสดจากเริ่มต้นจนสิ้นสุดเฉลี่ยประมาณ 13.16-65.80 ลิตรต่องวงหรือ 225.60 ลิตรต่อต้น

2.2.3 คุณสมบัติของน้ำตาลสด

คุณสมบัติโดยทั่วไปและส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้ำตาลสดโดยมีผู้วิเคราะห์ได้รวบรวมไว้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติและองค์ประกอบของน้ำตาลสด [21]

คุณสมบัติและองค์ประกอบของน้ำตาลสด	**ปริมาณองค์ประกอบต่าง ๆ ใน น้ำตาลสด 100 มิลลิลิตร**	
	มีค่าระหว่าง	**ค่าเฉลี่ย**
pH	4.2-7.2	5.75
Specific gravity	1.058-1.377	-
Calories	-	48.00
water	-	47.50
Alcohol	-	0.50
Total solid	-	-
Carbohydrate	15.2-9.7	11.40
Total sugar	16.10-18.99	18.09
Srucrose	12.30-17.40	-
Crude protein	0.23-17.40	-
Protein	-	0.22,0.21
Fat	-	0.40-0.30
Ash	0.11-0.41	-
Phosphorus	12.48-17.03	15.03
Calcium	-	0.40

คุณสมบัติและองค์ประกอบของน้ำตาลสด	ปริมาณองค์ประกอบต่าง ๆ ใน น้ำตาลสด 100 มิลลิลิตร	
	มีค่าระหว่าง	ค่าเฉลี่ย
Iron	-	0.20
Phiamine	-	0.10
Riboflavin	0.0006-0.012	-
Niacin	-	0.48
Nicotinic acid	-	0.40
Ascorbic acid	8.00-21.07	16.68

2.2.4 การใช้ประโยชน์ของน้ำตาลสด [21]

น้ำตาลสดที่ได้จากต้นตาลโตนดมีจำหน่ายเฉพาะท้องถิ่นที่ทำตาลในบางท้องถิ่นเท่านั้นซึ่งสามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้ 2 ทางคือ

1) ใช้บริโภคโดยตรงในรูปของน้ำตาลสด

2) ทำเป็นผลิตภัณฑ์จากน้ำตาลสด เช่น น้ำตาลปี๊บ น้ำตาลปึกหรือฝา น้ำตาลยูเอชที น้ำตาลเมา ตังเม น้ำตาลสดที่ได้จากกระบอกจากต้นตาลจะถูกนำมารวมกันในภาชนะแล้วกรองนำเอามาต้มให้เดือดเป็นเวลา 5-7 นาที แล้วยกลง น้ำตาลสดที่ได้จะยังมีสีและกลิ่นเช่นเดียวกับน้ำตาลสดที่เพิ่งลงมาจากต้นตาล จากนั้นจึงบรรจุขวดที่สะอาดและฆ่าเชื้อด้วยการต้มในน้ำเดือด หรือนึ่งอบด้วยไอน้ำ ผนึกฝาแล้วนำออกจำหน่าย อาจเป็นขวดแม่โขงหรือขนาดขวดน้ำอ้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความนิยมของแต่ละท้องถิ่นถ้า หากเก็บที่อุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียส จะทำให้อายุการเก็บได้นานขึ้นกว่าเก็บที่อุณหภูมิห้อง

2.3 น้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนด [13]

น้ำส้มสายชูหมักได้จากการนำน้ำตาลโตนดสดมาหมักไว้ในโอ่งหรือไหดินเผาให้มีรถเปรี้ยว ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการย่อยสลายของแบคทีเรียในอากาศ ใช้สำหรับปรุงอาหารแทนน้ำมะขามหรือน้ำมะนาว โดยเฉพาะอาหารพื้นบ้านของทางภาคใต้ นิยมใช้เป็นส่วนประกอบอาหารคาวเกือบทุกชนิด เพราะให้รสชาติของอาหารที่กลมกล่อม มีกลิ่นหอม นับเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจทั่งในระดับครัวเรือนและในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นน้ำสมสายชูหมักที่หมักจากธรรมชาติจำพวกผลไม้ ที่ให้รถชาติดีและมีกลิ่นหอมของผลไม้ วิธีและขั้นตอนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดจะเริ่มจากนำน้ำตาลสดที่ได้จากต้นตาล จำนวน 11 ปี๊บ (16 ลิตร/ปี๊บ) นำมากรองเอาสิ่งสกปรกออก แล้วต้มให้เดือดนาน 30 นาที เพื่อทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ ให้หมด ทิ้งไว้ให้เย็น เทน้ำตาลสดที่ต้มเดือดทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิ 30-45 องศาเซลเซียส ลงให้ไหที่ผ่านการทำความสะอาดเตรียมไว้แล้วจำนวน 8 ใบ โดยให้ระดับน้ำตาลต่ำกว่าปากไหประมาณ 3 นิ้ว แต่ละไหจุน้ำตาลสดได้ประมาณ 22 ลิตร ใส่ลูกแป้งเหล้าหรือยีสต์ที่ทำจากเชื้อส่าเหล้าชื่อ Saccharomyces cerevisiae TISTR 5049 ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่จะเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำตาลสดให้เป็นแอลกอฮอล์ลงในไห ไหละ 2 ก้อน แล้วปิดปากด้วยผ้าขาวบางหมักไว้ได้ 7 วัน จะเกิดฟอง ให้ทำถ่ายแอลกอฮอล์ นำใส่สวนบนออก ให้เหลือเฉพาะตะกอนก้นไห สูงจากพื้นไหประมาณ 3 นิ้ว (ประมาณ 4 ลิตร) นั้นคือได้แอลกอฮอล์ 18 ลิตร/ไห นำน้ำที่ได้จากไหทั้ง 8 ใบ มารวมในโอ่งใหญ่ 1 โอ่ง ขนาด 144 ลิตร ใส่ลูกแป้งน้ำส้มซึ่งเป็นแบคทีเรียที่จะเปลี่ยนแปลง

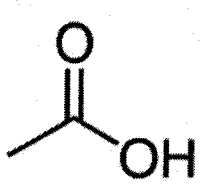
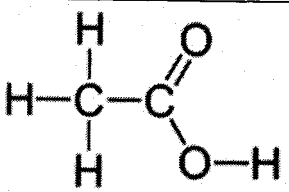
แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้ม ทำให้เกิดรสเปรี้ยว แล้วปิดปากโอ่งด้วยผ้าขาวบาง หมักทิ้งไว้ 30- 45 วัน จะได้ความเปรียวที่ PH 3 ระหว่างนี้ต้องกวนด้วยไม้สะอาดทุก 2-3 วัน เพื่อให้มีอากาศเจริญเติบโตสำหรับแบคทีเรีย ถ่ายน้ำส้มสายชูหมักจากโอ่งใหญ่ผ่านผ้าขาวบาง หรือพลาสติกชนิดทนกรด ที่สะอาดแห้ง และผ่านการลวกน้ำร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลลินทรีย์แล้ว ให้เหลือตะกอนสูงจากก้นโอ่งใหญ่ 3 นิ้ว (ประมาณ 12 ลิตร) นำน้ำส้มสายชูหมักโอ่งใหญ่ที่ผ่านการกรองด้วยผ้าขาวบางแล้ว ไปผ่านเครื่องกรองที่ความละเอียด 0.45 และ 0.2 ไมครอน บรรจุน้ำส้มสายชูหมักที่ผ่านเครื่องกรองใส่ขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว โดยการนำขวดแก้วต้มในน้ำเดือดนานอย่างน้อย 2 นาที แล้วนำขวดขึ้นเทน้ำร้อนออกให้หมด หงายขวดขึ้น เมื่อขวดแห้งควรบรรจุน้ำส้มสายชูหมักทันที ส่วนการทำน้ำส้มสายชูตาลโตนดของชาวสิงหนคร นิยมนำน้ำล้างกะทะหลังเคี่ยวน้ำตาลสดมาเป็นวัสดุหมักทำน้ำส้มในไหดินเผา ในระยะเวลา1เดือนน้ำก็จะเริ่มเปลี่ยนรสชาติจะเปลี่ยวมีสีน้ำตาลใส่หมักต่อไปอีก 2-3 เดือนก็จะได้น้ำส้มหมักที่เปลี้ยวจัดมีสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้มรสชาติเปลี้ยวดี แต่สีไม่น่ารับประทาน เนื่องจากเป็นน้ำล้างกะทะยังมีน้ำผึ้งโหนดปะปนอยู่ น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักน้ำตาลอาจมีตะกอนได้บ้างจากธรรมชาติ ไม่มีหนอนน้ำส้ม มีปริมาณกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 (น้ำส้มตาลโตนดโดย ศูนย์การเรียนรู้ภูมิปัญญาชาวบ้าน)

2.4 น้ำส้มสายชู

2.4.1 น้ำส้มสายชู มาจากภาษาฝรั่งเศสว่า Vinaigre แปลว่า ไวน์ที่มีรสเปรี้ยวมาก ดังนั้นน้ำส้มสายชู จึงมีความหมายว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำให้เกิดกรดแอซิติกหรือกรดน้ำส้ม (Acetification) ของวัตถุดิบพวกน้ำตาลหรือแป้งที่ผ่านกระบวนการหมักแอลกอฮอล์มาแล้ว [22] วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูนั้นมีหลายอย่างเช่น การผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์ การผลิตน้ำส้มสายชูจากผลไม้ต่าง ๆ การผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าวมอลต์ การผลิตน้ำส้มสายชูจากแอลกอฮอล์ [23] การผลิตน้ำส้มสายชูจากมันเทศ การผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าว-โชชุ [24]

2.4.2 กรดแอซีติก หรือ กรดน้ำส้ม (อังกฤษ: acetic acid) เป็นสารประกอบเคมีอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในน้ำส้มสายชูกรดแอซิติก ($C_2H_4O_2$) เป็นของเหลวใสไม่มีสี มีกลิ่นฉุน แสบจมูก ระเหยได้ น้ำหนักโมเลกุล 60.05 จุดเดือด118 องศาเซลเซียส จุดเยือกแข็งที่ 17 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 1.05 ความดันไอ 11 ของปรอทที่ 20 องศาเซลเซียส ละลายน้ำได้ดี มีความเสถียรกรดแอ-ซิติกบริสุทธิ์ เรียกว่า กรดน้ำส้มล้วน หรือกรดกลาเซียอะซิติก (Glacial acetic acid) ซึ่งมีลักษณะเป็นผลึกที่อุณหภูมิต่ำกว่า 17 องศาเซลเซียส มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะกรดแอซีติก [25]

กรดแอซิติก(Acetic acid)	
	

กรดแอซิติก(Acetic acid)	
ชื่อตาม IUPAC	กรดแอซีติก (Acetic acid)
Systematic name	กรดเอทาโนอิก (Ethanoic acid)
ชื่ออื่น	แอซิติลไฮดรอกไซด์ (AcOH) ไฮโดรเจนแอซิเตต (HAc) กรดเอทิลิก กรดมีเทนคาร์บอกซิลิก
ตัวระบุ	
เลขทะเบียน CAS	[64-19-7][CAS]
PubChem	176
SMILES	[แสดง]
InChI	[แสดง]
ChemSpider ID	171
คุณสมบัติ	
สูตรโมเลกุล	$C_2H_4O_2$
มวลโมเลกุล	60.05 g/mol.
ลักษณะทางกายภาพ	ของเหลวไม่มีสี
ความหนาแน่น	1.049 g/cm3 (l) 1.266 g/cm3 (s)
จุดหลอมเหลว	16.5 °C, 290 K, 62 °F
จุดเดือด	118.1 °C, 391 K, 245 °F
ความสามารถละลายได้ในน้ำ	ผสมเข้ากันได้ดี
pKa	4.76 at 25 °C
ความหนืด	1.22 mPa·s ที่ 25 °C
โครงสร้าง	
Dipole moment	1.74 D (gas)
ความอันตราย	
การจำแนกของ EU	Corrosive (C) Flammable (F)

กรดแอซิติก(Acetic acid)	
NFPA 704	
R-phrases	R10, R35
S-phrases	(S1/2), S23, S26, S45
จุดวาบไฟ	43 °C
LD50	3310 mg/kg, oral (rat)
สารอื่นที่เกี่ยวข้อง	
กรดคาร์บอกซิลิกที่เกี่ยวข้อง	กรดฟอร์มิก กรดโพรพิโอนิก
สารประกอบที่เกี่ยวข้อง	อะเซตาไมด์ เอทิลแอซิเตต แอซิติลคลอไรด์ แอซิติกแอนไฮไดรด์ แอซิโตไนไตรล์ แอซิตัลดีไฮด์ เอทานอล กรดไทโอแอซิติก
หากมิได้ระบุเป็นอื่น ข้อมูลข้างต้นนี้คือข้อมูลสาร ณ ภาวะมาตรฐานที่ 25 °C, 100 kPa	

2.4.3 การทำน้ำส้มสายชูกลั่นจากน้ำตาลโตนดสดที่มีองค์ประกอบ คือ ปริมาณของแข็ง 14-15 องศาบริกซ์, พีเอช 4.0-5.5 ,น้ำตาลทั้งหมด 15.5 -16.0 % , น้ำตาลรีดิวซ์ 1.6-2.0 % และน้ำตาลซูโครส 14-15% นำมาฆ่าเชื้อด้วยการต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น องค์ประกอบที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูกลั่นจากน้ำตาลสด คือ $NH_4H_2PO_4$ 0.10 % , $MgSo_4$.$7H_2O$ 0.05% , 95 % เอทานอล 7.0 % ,กรดแอซิติก 2.0 % Enoculum size 10 % ,น้ำกลั่น 40.50% และน้ำตาลสด 40.50% [25]

2.4.4 น้ำส้มสายชูแบ่งตามกรรมวิธีการผลิตได้ 3 ประเภท ดังนี้ คือ

1) น้ำส้มสายชูหมัก (Fermented vinegar) ได้จากการหมักน้ำตาลหรือผลไม้ที่มีน้ำตาล และข้าวเหนียว หรือวัตถุดิบที่เหมาะสม จากนั้นนำมาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีการผลิต หรือหมักด้วยยีสต์ให้เป็นแอลกอฮอล์ แล้วหมักต่อกับเชื้อน้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูที่ได้จะมีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอมเฉพาะขึ้นกับวัตถุดิบที่ใช้

2) น้ำส้มสายชูกลั่น ได้จากการนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักแล้วมาทำการกลั่นแล้วนำไปหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ใช้หมักมีความเข้มข้น 10-14 % (โดยปริมาตร) จะ

ได้น้ำส้มสายชูที่ไม่มีสี น้ำส้มสายชูที่ได้จะมีกรดแอซีติก 4 % และมีแอลกอฮอล์ไม่ควรเกิน 0.5 % มีกลิ่นกรดอ่อนๆมีความบริสุทธิ์สูงกว่าน้ำส้มสายชูหมักและเป็นที่นิยมในหมู่ผู้บริโภค

1) Distilled vinegar ได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักมากลั่น

2) Spirit vinegar ได้จากการนำเอาเอทานอลมาหมักกับเชื้อน้ำส้มตามกรรมวิธีการผลิตแล้วนำไปกลั่นหรือกรอง โดยน้ำส้มสายชูกลั่นจะต้องมีองค์ประกอบดังตารางที่ 2.3 นอกจากนี้คุณลักษณะอื่นที่สำคัญได้แก่

- ต้องมีตามธรรมชาติ
- มีกลิ่นกรดแอซิติก (กรดน้ำส้มสายชู) อาจมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ด้วยก็ได้
- ใสไม่มีสิ่งสกปรก
- ไม่มีตะกอน
- ต้องมีปริมาณสารปนเปื้อนเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

3) น้ำส้มสายชูเทียม ได้จากการนำกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) เข้มข้นที่ได้จากการสังเคราะห์ มาเจือจางให้มีความเข้มข้นกรด 4-7 % มีลักษณะใส มีกลิ่นฉุนของกรดน้ำส้ม และราคาถูก [26]

8.5 มาตรฐานน้ำส้มสายชูตามข้อกำหนดกระทรวงอุตสาหกรรมได้แบ่งน้ำส้มสายชูออกเป็น 2 ประเภท คือ [27]

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานน้ำส้มสายชูตามข้อกำหนดกระทรวงอุตสาหกรรม [27]

คุณลักษณ์	น้ำส้มสายชูหมัก	น้ำส้มสายชูกลั่น
Acitic acid	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 4	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ4
Total solid	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1
Free mineral acid	ไม่พบ	ไม่พบ
Methenol	ไม่พบ	ไม่พบ

2.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชูหมัก [28]

2.5.1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำส้มสายชูหมักที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

2.5.2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) มีดังต่อไปนี้ น้ำส้มสายชูหมัก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบที่เหมาะสม เช่น ธัญพืช ผลไม้ น้ำตาล หรือกากน้ำตาล มาหมักกับส่าเหล้า แล้วนำมาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ

2.5.3. คุณลักษณะที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นของเหลวใส อาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้

2) สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของน้ำส้มสายชูหมัก

3) กลิ่น ต้องมีกลิ่นของกรดแอซีติกและอาจมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้หมักอยู่ด้วยก็ได้ เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 1), 2) แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

4) สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น หนอน น้ำส้ม เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

5) สารปนเปื้อน

- สารหนู ต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- ตะกั่ว ต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- ทองแดง ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- สังกะสี ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- เหล็ก ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- วัตถุเจือปนอาหาร
- ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด หากมีการแต่งสี ให้ใช้น้ำตาลเคี่ยวไหม้เท่านั้น
- หากมีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ให้ใช้ได้ไม่เกิน 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- กรดแอซีติกต้องไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ต้องไม่กรดกำมะถันหรือกรดแร่อิสระในน้ำส้มสายชู
- เมทานอลต้องไม่เกิน 420 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.6 ชนิดของน้ำส้มสายชู [29]

มาตรฐานของสำนักงานอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาได้แบ่งชนิดของน้ำส้มสายชูออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

Cider vinegar และ Apple vinegar เป็นน้ำส้มสายชูหมักที่ได้จากแอปเปิ้ลเป็นวัตถุดิบและมีกรดน้ำส้ม ไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 30 องศาเซลเซียส

Wine vinegar และ Grape vinegar เป็นน้ำส้มสายชู ได้จากองุ่นเป็นวัตถุดิบมีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 30 องศาเซลเซียส

Malt vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ได้จากข้าวมอลท์หรือข้าวอื่นๆที่ถูกย่อยโดยข้าวมอลต์ เป็นวัตถุดิบและมีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 30 องศาเซลเซียส

Sugar vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ได้จากน้ำตาล กากน้ำตาล มีกรดน้ำส้มสายชูไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 30 องศาเซลเซียส

Glucose vinegar คือน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักสารละลายกลูโคสมีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 30 องศาเซลเซียส

Spirit vinegar distilled vinegar และ Grain vinegar คือน้ำส้มสายชูที่ได้จากแอลกอฮอล์กลั่นและมีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 30 องศาเซลเซียส

2.7 คุณภาพหรือมาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขของน้ำส้มสายชู [14]

น้ำส้มสายชูจัดเป็นเครื่องปรุงรสอาหารชนิดหนึ่งที่เรารู้จักกันมานาน และใช้กันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวันของครอบครัวไทย โดยนำมาประกอบอาหารที่ต้องการรสเปรี้ยว ใช้หมัก

ดองถนอมอาหาร น้ำส้มสายชูจึงจัดเป็นเครื่องปรุงรสที่มีอยู่ประจำบ้าน ร้านค้า และร้านอาหาร ที่ขาดไม่ได้เลยทีเดียว แต่ในปัจจุบันมีการนำน้ำส้มสายชูปลอมมาจำหน่ายเนื่องจากมีราคาถูกมากเมื่อเทียบกับน้ำส้มสายชูที่เป็นอาหารได้ โดยนำกรดน้ำส้มชนิดเข้มข้นมาจำหน่ายในชื่อว่า “หัวน้ำส้ม” หัวน้ำส้มนี้ คือ “กรดน้ำส้มอย่างแรง” (Glacial acetic acid) มักพบว่าหัวน้ำส้มชนิดนี้ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง สิ่งพิมพ์ สิ่งทอ น้ำส้มดังกล่าวแม้ว่าจะเป็นกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) แต่ไม่มีความบริสุทธิ์เพียงพอที่จะนำมาบริโภคได้ เนื่องจากมีโลหะหนัก หรือวัตถุเจือปนอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกรรมวิธีการผลิตปนเปื้อนอยู่ ทำให้เกิดพิษสะสมจากโลหะหนัก และสิ่งปนเปื้อนดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบปัญหาการผสมไม่ถูกส่วน หากปริมาณกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) สูงเกินไปก็จะเกิดอันตรายต่อผู้บริโภค คือ อาจทำให้เกิดอาการท้องร่วงอย่างรุนแรงเนื่องจากผนังลำไส้ไม่ดูดซึมอาหาร รวมทั้งได้มีการนำเอากรดแร่อิสระบางอย่าง เช่น กรดกำมะถัน หรือ กรดซัลฟุริก (Sulphuric acid) ซึ่งเป็นกรดแก่มาเจือจางด้วยน้ำมาก ๆ แล้วบรรจุขวดขาย นับว่าเป็นอันตรายอย่างยิ่งเพราะกรดกำมะถันเป็นกรดที่มีสรรพคุณกัดกร่อนรุนแรงมาก จะทำให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินอาหารและตับ น้ำส้มสายชูเหล่านี้จึงไม่ปลอดภัยที่จะนำมาบริโภค ดังนั้น ก่อนจะบริโภคน้ำส้มสายชูเราควรจะทำความรู้จักเสียก่อนว่าน้ำส้มสายชูที่ดีเป็นอย่างไร ซึ่งผู้เขียนจะขอนำเสนอ ดังนี้

2.7.1 ประเภทของน้ำส้มสายชู ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 น้ำส้มสายชูเป็นเครื่องปรุงรสอาหาร มีทั้งเป็นผลิตผลที่ได้จากธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์ทางเคมี มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ กรดแอซิติกหรือกรดน้ำส้ม (Acetic acid) มีคุณสมบัติที่ให้รสเปรี้ยวและเป็นกรดที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพอาหารยิ่งกว่ากรดชนิดใด ๆ เพราะไม่มีพิษต่อร่างกาย น้ำส้มสายชูจัดเป็นอาหาร มีการกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู ประเภทของน้ำส้มสายชูนั้นแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1) น้ำส้มสายชูหมัก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธัญพืช ผลไม้ หรือน้ำตาลมาหมักกับส่าเหล้าแล้วหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ การหมักจะเปลี่ยนน้ำตาลที่มีอยู่ในอาหารเหล่านี้ให้เป็นแอลกอฮอล์โดยอาศัยยีสต์ที่มีตามธรรมชาติ เพื่อให้น้ำส้มสายชูที่หมักมีกลิ่นหอมและรสชาติดี จากนั้นจะอาศัยบักเตรีตามธรรมชาติ หรือการเติมบักเตรี เพื่อเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) น้ำส้มสายชูหมักจะมีสีเหลืองอ่อนตามธรรมชาติ มีรสหวานของน้ำตาลที่ตกค้างมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ความแตกต่างในด้านกลิ่นรส และความเข้มข้นขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก น้ำส้มสายชูหมักจะใส ไม่มีตะกอน ยกเว้นตะกอนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และมีปริมาณกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม)ไม่น้อยกว่า 4%

2) น้ำส้มสายชูกลั่น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์กลั่นเจือจาง (Dilute Distilled Alcohol) มาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู หรือเมื่อหมักแล้วนำไปกลั่นอีก หรือได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักมากลั่น น้ำส้มสายชูกลั่นจะต้องมีลักษณะใส ไม่มีตะกอนและมีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4%

3) น้ำส้มสายชูเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอากรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) (Acetic acid) ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นทางเคมี เป็นกรดอินทรีย์มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนมีความเข้มข้นประมาณ 95 % มาเจือจางจนได้ปริมาณกรด 4 - 7% ลักษณะใส ไม่มีสี กรดน้ำส้มที่นำมาเจือจางจะต้องมีความบริสุทธิ์สูงเหมาะสมที่จะนำมาเป็นอาหารได้และน้ำที่ใช้เจือจางต้องเหมาะสมที่จะใช้ดื่มได้

2.7.2 การควบคุมคุณภาพและมาตรฐานน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

1) มีกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) ไม่น้อยกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส

2)ตรวจพบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณกำหนด ดังต่อไปนี้

- สารหนู ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
- ตะกั่ว ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
- ทองแดงและสังกะสี ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
- เหล็ก ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

3) ไม่มีกรดแอซิติกหรือกรดน้ำส้ม ที่มิได้มาจากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น

4) ไม่มีกรดกำมะถัน (Sulfuric acid) หรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น

5) ใสไม่มีตะกอน เว้นแต่น้ำส้มสายชูหมักตามธรรมชาติ

6) ไม่มีหนอนน้ำส้ม (Vinegar eel)

7) ใช้น้ำสะอาดเป็นส่วนผสม

8) ให้ใช้วัตถุเจือปนอาหาร (Food Additives) ได้ ดังต่อไปนี้

- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
- กรดแอล-แอสคอร์บิก ไม่เกิน 400 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

9) มีแอลกอฮอล์ตกค้าง (Residual alcohol) ไม่เกิน 0.5 %

10) การแต่งสี ให้ใช้น้ำตาลเคี่ยวไหม้หรือสีคาราเมล

2.7.3 น้ำส้มสายชูเทียม ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

1) มีกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) ไม่น้อยกว่า 4 กรัม และไม่เกิน 7 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส

2) ตรวจพบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณที่กำหนด ดังต่อไปนี้

- สารหนู ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
- ตะกั่ว ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
- ทองแดงและสังกะสี ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
- เหล็ก ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

3) ใสไม่มีตะกอน

4) ไม่มีกรดกำมะถันหรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น

5) ไม่ใช้สี

6) ไม่มีการแต่งกลิ่นหรือรส

7) ใช้น้ำสะอาดเป็นส่วนผสม

2.8 เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการหมักน้ำส้มสายชู

เชื้อที่ใช้ในการหมักน้ำส้มสายชู ซึ่งจะออกซิไดซ์เอทานอลให้เป็นกรดอะซิติก (กรดน้ำส้มสายชู) ได้โดยภายใต้สภาวะที่มีอากาศ ส่วนใหญ่จะอยู่ใน กลุ่มของ Acetobacter sp.และ

Gluconobacter sp. [29] จากตารางที่ 2.4 แสดงถึงแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตกรดแอซิติก (กรดน้ำส้มสายชู) ที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู

ตารางที่ 2.4 แบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตกรดแอซิติก (กรดน้ำส้มสายชู) [29]

แบคทีเรีย	ที่มา
Acetobacter aceti	Ory et al., 2004
Acetobacter rancens	Nanba et al., 1985
Acetobacter europaeus , Acetobacter xylinum	Sokollek et al., 1998
Acetobacter diazotrophicus , Acetobacter hansenii	
Acetobacter liquefaciens	
Acetobacter pasteurianus , Acetobacter peroxydans	วราวุฒิ, 2538
Gluconobacter sp.	สุมณฑา, 2545

ขั้นตอนและกรรมวิธีการหมักน้ำส้มสายชู [30]

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการหมักน้ำตาลให้กลายเป็นเอทธิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์โดยการทำงานของยีสต์

ขั้นตอนที่ 2 การออกซิไดซ์พวกแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) โดยการทำงานของพวกแบคทีเรียที่ผลิตกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) ส่วนกรรมวิธีการหมักน้ำส้มสายชูนั้นก็จะมีการหมักหลายแบบเช่น การหมักแบบครั้งเดียว เป็นการหมักที่จะไม่มีการเติมอาหารหรือวัตถุดิบและจะทำการเก็บเกี่ยวผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมัก [31,32] การหมักแบบต่อเนื่องเป็นการหมักที่มีการเติมอาหารหรือวัตถุดิบระหว่างกระบวนการหมักและมีการเก็บเกี่ยวผลิตภัณฑ์ไปพร้อมๆกับการเติมอาหารใหม่โดยที่จะมีอัตราการเก็บเกี่ยวเท่ากับอัตราการเติมอาหารใหม่ลงไป [33] แต่ส่วนใหญ่จะนิยมใช้การหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง เนื่องจากการหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง จะเป็นการหมักที่เลี้ยงโดยมีการเติมอาหารหรือวัตถุดิบระหว่างกระบวนการหมัก เพื่อปรับความเข้มข้นของอาหารที่ใช้เลี้ยงให้คงที่และมีสภาวะที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก และจะมีการเก็บเกี่ยวผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ซึ่งการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องเป็นการประยุกต์การหมักแบบครั้งเดียวกับการหมักแบบต่อเนื่องเข้าด้วยกัน โดยการหมักน้ำส้มสายชูนั้นจะต้องคำนึงถึงวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ว่ามีความเข้มข้นของเอทานอลและความเข้มข้นของกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) นั้นเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งโดยปกติแล้วเนื่องจากความเข้มข้นของเอทานอลและกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) ที่สูงจะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียซึ่งความเหมาะสมของความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 13 กรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) จะอยู่ในช่วงระหว่าง 10 กรัมต่อลิตร ซึ่งในการหมักน้ำส้มสายชูเป็นปฏิกิริยาที่ต้องการออกซิเจน เนื่องจากแบคทีเรียที่ผลิตกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) จะทำการออกซิไดซ์เอทานอลเปลี่ยนไปเป็นกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) ในสภาวะที่มีอากาศ ซึ่งโดยปกติแล้วอัตราการไหลของอากาศจะใช้ที่ 0.2 vvm หรืออัตราการไหลของอากาศ 150 ลิตรต่อนาที โดยมีความเข้มข้นของออกซิเจนอยู่ที่ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักที่

เหมาะสมกับแบคทีเรียผลิตกรดน้ำส้มสายชูจะอยู่ในช่วง 30-31 องศาเซลเซียส ส่วนการเก็บผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูนั้น จะเก็บในช่วงที่มีความเข้มข้นของกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม)อยู่ ที่ 70-80 กรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของเอทานอลไม่เกิน 8 กรัมต่อลิตร [33]

2.9 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชู

อิทธิพลความเข้มข้นของเอทานอลโดยส่วนใหญ่แล้วความเข้มข้นของเอทานอลจะอยู่ในช่วงร้อยละ 8-12 [22] ซึ่งจากการศึกษาอัตราการเจริญของแบคทีเรียพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอทานอลอยู่ในช่วง 0.5 และ 6 กรัมต่อลิตร จะมีอัตราการเจริญของเชื้อเพิ่มขึ้นจาก 0.13 ไปเป็น 0.21 ต่อชั่วโมง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นไปเป็น 30 กรัมต่อลิตร ก็ยังมีส่วนที่เหลือเจริญต่อไปแต่เมื่อความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นเป็น 40 กรัมต่อลิตร จะยับยั้งการเจริญและอัตราการเจริญลดลง และถ้าเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลเป็น 120 กรัมต่อลิตร จะไม่เหมาะต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย อิทธิพลความเข้มข้นของกรดแอซิติกหรือกรดน้ำส้ม กรดแอซิติกมีผลต่อการยับยั้งกิจกรรมหรืออัตราการเจริญของเชื้อ Acetobacter aceti ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ10-14 ซึ่งจะสังเกตได้จากความเข้มข้นกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) ที่ผลิตได้นั้นมักจะมีความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 10 กรัมต่อลิตร และจากการศึกษาเมื่อความเข้มข้นของกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) ที่อยู่ในอาหารเป็น 20 กรัมต่อลิตร จะมีผลในการยับยั้ง และเมื่อมีความเข้มข้นเป็น 40 กรัมต่อลิตร จะขัดขวางการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย และถ้าเพิ่มความเข้มข้นของกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) เป็น 60 กรัมต่อลิตร จะยับยั้งการเจริญถึงร้อยละ 70 อิทธิพลของการให้อากาศในการหมักนั้นจะมีผลทำให้เชื้อแบคทีเรียมีอัตราการเจริญเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลทำให้มีอัตราการผลิตกรดเพิ่มขึ้นด้วยแต่ถ้าให้อากาศมากเกินไปก็จะมีผลไปยับยั้งกิจกรรมและมีผลกระทบต่อการผลิตกรดได้เช่นกันดังนั้นจึงต้องให้อากาศในปริมาณที่เหมาะสม จึงสรุปได้ว่าอัตราการเจริญของเชื้อ Acetobacter aceti ที่เหมาะสมต่อความเข้มข้นของเอทานอลในอาหารที่ใช้ในการหมักอยู่ที่ประมาณ 13 กรัมต่อลิตรส่วนอัตราการเจริญของแบคทีเรีย Acetobacter aceti ที่เหมาะสมต่อความเข้มข้นของกรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) ในอาหารอยู่ที่ประมาณ 10 กรัมต่อลิตร [33]

2.10 หม้อกลั่น

หม้อกลั่นสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่หม้อกลั่นธรรมดา (Pot Still) หม้อกลั่นแบบไหลย้อนกลับ (Reflux Still) และหม้อกลั่นแบบแยกลำดับส่วน (Factionating Still หรือ Factionaltion Column) ทั้งสามชนิดจะมีความแตกต่างกันดังนี้

1) หม้อกลั่นธรรมดา เป็นหม้อกลั่นที่ไอและน้ำจะไหลขึ้นมากระทบกับความเย็นโดยตรง การแยกไอน้ำออกจากกันได้ไม่มากนัก การควบแน่นมักใช้ท่อยาว ๆ มากขดในน้ำ โดยทั่วไปจะได้ความบริสุทธิ์ ประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์

2) หม้อกลั่นแบบไหลย้อนกลับ ไอแอลกอฮอล์และไอน้ำจะไหลเข้าสู่ท่อระหว่างปากหม้อกับชุดควบแน่น ภายในท่อนี้ถูกออกแบบให้ไอไหลไปกระทบความเย็นก่อนถึงชุดควบแน่น ทำให้แอลกอฮอล์กลั่นตัวไหลกลับลง โดยทั่วไปสามารถกลั่นได้ดีกรีประมาณ 75-85 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับความยาวท่อ นอกจากนี้ระบบนี้ยังกำจัดกลิ่นของสารปนเปื้อนในสุราได้ดีกว่าแบบแรก

3) หม้อกลั่นแบบแยกลำดับส่วน เป็นหม้อกลั่นที่ให้ความบริสุทธิ์มากที่สุดโดยท่อจะบรรจุวัสดุดูดซับ (Scrubbers) หรือทำเป็นตะแกรงหรือถ้วยคว่ำขนาดเล็ก ๆ วางเป็นชั้น ๆ เพื่อทำให้

ไอแอลกอฮอล์และไอน้ำไหลวนกวนไปมาเสมือเดินทางระยะไกล ประมาณ 9 ส่วนใน 10 ส่วน จะไหลย้อนกลับลงมา ทั่วไปท่อจะมีความสูงหลายเมตร สุรากลั่นที่ได้จะมีความบริสุทธิ์สูงมากถึง 95 เปอร์เซ็นต์

การเลือกใช้หม้อกลั่นควรใช้ชนิดสเตนเลส แก้ว หรือ ทองแดง หามใช้ถึงเหล็กหรือถังน้ำมันโดยเด็ดขาดเพราะจะทำให้มีธาตุเหล็กและสนิมเจือปน [34]

2.11 ประโยชน์ของน้ำส้มสายชู

ปัจจุบันน้ำส้มสายชูเป็นสารอินทรีย์ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรม โดยมีการผลิตเพื่อบริโภคในระดับครัวเรือน มีการใช้น้ำส้มสายชูในการเตรียมอาหาร การปรุงสลัด และอื่น ๆ สำหรับในระดับอุตสาหกรรมอาหารมีการนำน้ำส้มสายชูมาใช้ในการหมัก ดองอาหารพวกผัก ปลา นำมาใช้เป็นส่วนผสมทำน้ำสลัด น้ำซอส หรือมัสตาร์ด เป็นต้น [9] น้ำส้มสายชูนอกจากจะใช้เป็นสารปรุงแต่งทำให้อาหารมีกลิ่นรสเฉพาะแล้ว มีคุณสมบัติในการถนอมอาหาร ป้องกันการเจริญของจุลินทรย์ที่สร้างสปอร์ด้วย [10] และการบริโภคน้ำส้มสายชูยังมีประโยชน์ต่อร่างกาย [9] ช่วยให้ระบบต่างๆ ในร่างกายดีขึ้น แล้วยังช่วยให้กระปรี้กระเปร่า ทำให้ระบบย่อยอาหารดี ทำลายเชื้อแบคทีเรีย รา ไวรัสในร่างกาย ลดความดันโลหิต ช่วยขจัดเสมหะและน้ำมูก ลดการสะสมไขมันในร่างกาย เช่น ในหลอดเลือด และส่วนต่างๆ ของร่างกาย

2.12 องค์ประกอบของน้ำตาลโตนดโดยทั่วไป

องค์ประกอบและคุณสมบัติของน้ำตาลโตนดโดยทั่วไปแสดงดังตารางที่ 8.5

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบของน้ำตาลโตนด [25]

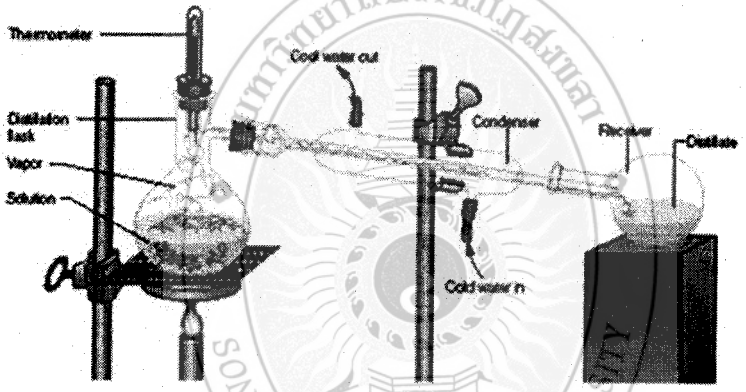
องค์ประกอบ/ คุณสมบัติ	**ค่าที่วัดได้**
Specific gravity	1.058-1.077
pH	4.0-5.5
Total solid	15.2-19.7 กรัม/100 มิลลิกรัม
Total sugar	13.0-17.0 กรัม/100 มิลลิกรัม
Invert sugar	0.05-0.84 กรัม/100 มิลลิกรัม
Sucrose	12.3-17.4 กรัม/100 มิลลิกรัม
Protein (N x 6.25)	0.23-0.32 กรัม/100 มิลลิกรัม
Fat	0.2 กรัม/100 มิลลิกรัม
Mineral matter	0.3 กรัม/100 มิลลิกรัม
Carbohydrate	13.5 กรัม/100 มิลลิกรัม
Ash	0.11-0.41 กรัม/100 มิลลิกรัม
Acitic acid	0.07-0.23 กรัม/100 มิลลิกรัม
Vitamin C.	5.7 มิลลิกรัม/ กรัม

2.13 การกลั่น [35]

การกลั่น (distillation) เป็นการแยกสารละสายที่เป็นของเหลวออกจากของผสม โดยอาศัยหลักการระเหยกลายเป็นไอไปและควบแน่น โดยสารบริสุทธิ์แต่ละชนิดเปลี่ยนสถานะได้ที่อุณหภูมิจำเพาะ สารที่จุดเดือดต่ำจะเดือดเป็นไอออกมาก่อน เมื่อทำให้ไอของสารมีอุณหภูมิต่ำลงจะควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง

1. การกลั่นแบบธรรมดาหรือการกลั่นอย่างง่าย (simple distillation)
2. การกลั่นลำดับส่วน (fractional distillation)
3. การกลั่นน้ำมันดิบ (refining)
4. การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ

เป็นวิธีการที่ใช้กลั่นแยกสารที่ระเหยง่ายซึ่งปนอยู่กับสารที่ระเหยยาก การกลั่นธรรมดานี้จะใช้แยกสารออกเป็นสารบริสุทธิ์เพียงครั้งเดียวได้สารที่มีจุดเดือดต่างกันตั้งแต่ 80 องศาเซลเซียส ขึ้นไป



ภาพที่ 2.1 จำลองวิธีการกลั่นแบบธรรมดา [35]

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการกลั่นอย่างง่าย ประกอบด้วย ฟลาสกลั่น เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องควบแน่น และภาชนะรองรับสารที่กลั่นได้ การกลั่นอย่างง่ายมีเทคนิคการทำเป็นขั้น ๆ ดังนี้

1. เทของเหลวที่จะกลั่นลงในฟลาสกลั่น โดยใช้กรวยกรอง
2. เติมชิ้นกันเดือดพลุ่ง เพื่อให้การเดือดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและไม่รุนแรง
3. เสียบเทอร์โมมิเตอร์
4. เปิดน้ำให้ผ่านเข้าไปในคอนเดนเซอร์เพื่อให้คอนเดนเซอร์เย็นโดยให้น้ำเข้าทางที่ต่ำแล้วไหลออกทางที่สูง
5. ให้ความร้อนจนกระทั่งของเหลวเริ่มเดือด ให้ความร้อนไปเรื่อย ๆ จน กระทั่งอัตราการกลั่นคงที่ คือได้สารที่กลั่นประมาณ 2-3 หยด ต่อวินาที ให้สารที่กลั่นได้นี้ไหลลงในภาชนะรองรับ
6. การกลั่นต้องดำเนินต่อไปจนกระทั่งเหลือสารอยู่ในถังกลั่นเพียงเล็กน้อยอย่ากลั่นให้แห้ง

การกลั่นสามารถนำมาใช้ทดสอบความบริสุทธิ์ของของเหลวได้ ซึ่งของเหลวที่บริสุทธิ์จะมีลักษณะดังนี้

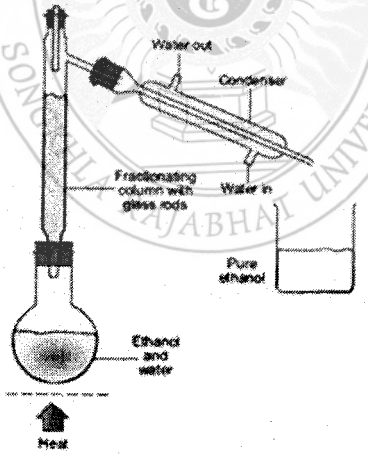
1. ส่วนประกอบของสารที่กลั่นได้ จะมีลักษณะเหมือนกับส่วนประกอบของของเหลว
2. ส่วนประกอบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3. อุณหภูมิของจุดเดือดในขณะกลั่นจะคงที่ตลอดเวลา

4. การกลั่นจะทำให้เราทราบจุดเดือดของของเหลวบริสุทธิ์ได้

การกลั่นนอกจากจะนำมาใช้ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของของเหลวแล้ว ยังสามารถใช้กลั่นสารละลายได้อีกด้วย การกลั่นสารละลายเป็นกระบวนการแยกของแข็งที่ไม่ระเหยออกจากตัวทำละลายหรือของเหลวที่ระเหยง่าย โดยของแข็งที่ไม่ระเหยหรือตัวละลายจะอยู่ในฟลาสกลั่น ส่วนของเหลวที่ระเหยง่ายจะถูกกลั่นออกมา เมื่อการกลั่นดำเนินไปจนกระทั่งอุณหภูมิของการกลั่นคงที่แสดงว่าสารที่เหลือนั้นเป็นสารบริสุทธิ์ อนึ่งในขณะกลั่นจะสังเกตเห็นว่าอุณหภูมิของสารละลายจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เพราะสารละลายเข้มข้นขึ้น เนื่องจากตัวทำละลายระเหยออกไปและได้ของแข็งที่บริสุทธิ์ในที่สุด

การกลั่นลำดับส่วนเป็นวิธีการแยกของเหลวที่สามารถระเหยได้ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มีหลักการเช่นเดียวกันกับการกลั่นแบบธรรมดา คือเพื่อต้องการแยกองค์ประกอบในสารละลายให้ออกจากกัน แต่ก็จะมีส่วนที่แตกต่างจากการกลั่นแบบธรรมดา คือ การกลั่นแบบกลั่นลำดับส่วนเหมาะสำหรับใช้กลั่นของเหลวที่เป็นองค์ประกอบของสารละลายที่จุดเดือดต่างกันน้อยๆ ในขั้นตอนของกระบวนการกลั่นลำดับส่วน จะเป็นการนำไอของแต่ละส่วนไปควบแน่น แล้วนำไปกลั่นซ้ำและควบแน่นไอเรื่อย ๆ ซึ่งเทียบได้กับเป็นการการกลั่นแบบธรรมดาหลาย ๆ ครั้งนั่นเอง ความแตกต่างของการกลั่นลำดับส่วนกับการกลั่นแบบธรรมดา จะอยู่ที่คอลัมน์ โดยคอลัมน์ของการกลั่นลำดับส่วนจะมีลักษณะเป็นชั้นซับซ้อน เป็นชั้นๆ ในขณะที่คอลัมน์แบบธรรมดาจะเป็นคอลัมน์ธรรมดา ไม่มีความซับซ้อนของคอลัมน์



ภาพที่ 2.2 จำลองการกลั่นลำดับส่วน [35]

ในการกลั่นแบบลำดับส่วน จะต้องมีการเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ดังนั้น จำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์ที่ให้ความร้อน (heater) และสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ เพราะของผสมที่กลั่นแบบลำดับส่วนมักจะมีจุดเดือดที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งตรงกันข้ามกับการกลั่นแบบธรรมดา ความร้อนที่ให้ไม่จำเป็นต้องควบคุมเหมือนการกลั่นลำดับส่วน แต่ก็ไม่ควรให้ความร้อนที่สูงเกินไป เพราะความร้อนที่สูงเกินไป อาจจะไปทำลายสารที่เราต้องการกลั่นเพราะฉะนั้น ประสิทธิภาพในการกลั่นลำดับส่วนจึงดีกว่าการกลั่นแบบธรรมดา

เนื่องจากน้ำมันดิบประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหลายพันชนิด ดังนั้นจึงไม่สามารถแยกสารที่มีอยู่ออกเป็น สารเดี่ยว ๆ ได้ อีกทั้งสารเหลวนี้มีจุดเดือดใกล้ เคียงกันมากวิธีการแยกองค์ประกอบน้ำมันดิบจะทำได้โดยการกลั่นลำดับส่วนและเก็บสารตามช่วงอุณหภูมิ ซึ่งก่อนที่จะกลั่นจะต้องนำน้ำมันดิบมาแยกเอาน้ำและสารประกอบกำมะถันออกซิเจน ไนโตรเจนและโลหะหนักอื่น ๆ ออกไปก่อนที่จะนำไปเผาที่อุณหภูมิ 320 - 385 C ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่น ได้แก่

- ก๊าซ (C1 - C4) ซึ่งเป็ นของผสมระหว่างก๊าซมีเทน อีเทน โพรเพนและบิวเทน เป็นต้น ประโยชน์ มีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้า อีเทน โพรเพนและบิวเทน ใช้ในอุตสาหกรรม

- ปิโตรเคมี และโพรเพนและบิวเทนใช่ ทำก๊าซหุงต้ม (LPG)

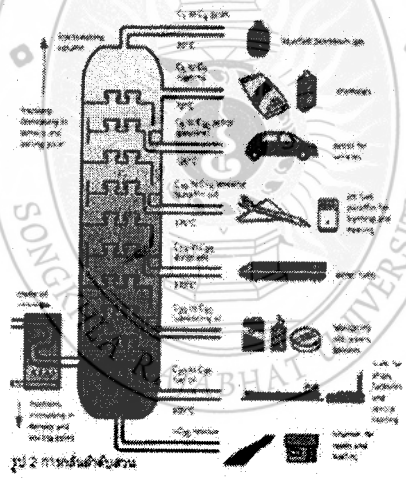
- แนฟทาเบา (C5 - C7) ประโยชน์ : ใช้ทำตัวทำละลาย - แนฟทาหนัก (C6-C12) หรือเรียกว่าน้ำ

- น้ำมันก๊าด (C10 - C14) ประโยชน์ : ใช้ทำเชื้อเพลิงสำหรับตะเกียงและเครื่องยนต์

- น้ำมันดีเซล (C14 - C19) ประโยชน์ : ใช่ ทำเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่ รถบรรทุก , เรือ

- น้ำมันหล่อลื่น (C19 - C35) ประโยชน์: ใช่ทำน้ำมันหล่ อลื่นเครื่องยนตเครื่องจักรกล

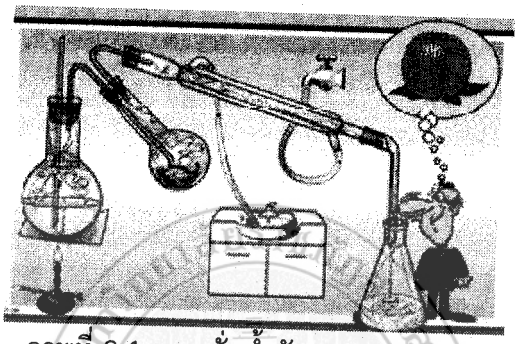
- ไขน้ำมันเตาและยางมะตอย (C > C35)



ภาพที่ 2.3 จำลองการกลั่นน้ำมันดิบ [35]

เป็นวิธีการสกัดสารออกจากของผสมโดยใช้ไอน้ำเป็นตัวทำละลาย วิธีนี้ใช้สำหรับแยกสารที่ละเหยง่าย ไม่ละลายน้ำ และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ ออกจากสารที่ระเหยยาก การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำนอกจากใช้สกัดสารระเหยง่ายออกจากสารระเหยยากแล้วยังสามารถใช้แยกสารที่มีจุดเดือดสูงและสลายตัวที่จุดเดือดของมันได้อีก เพราะการกลั่นโดยวิธีนี้ความดันไอเป็นความดันไอของไอน้ำบวกความดันไอของของเหลวที่ต้องการแยก จึงทำให้ความดันไอเท่ากับความดันของบรรยากาศก่อนที่อุณหภูมิจะถึงจุดเดือดของของเหลวที่ต้องการแยก ของ ผสมจึงกลั่นออกมาที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของของเหลวที่ต้องการแยก เช่น สาร A มีจุดเดือด 150 C เมื่อสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำจะได้สาร A กลายเป็นไอออกมา ณ อุณหภูมิ 95 C ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรของปรอท อธิบายได้ว่า ที่ 95 C ถ้าความดันไอของสาร A เท่ากับ 120 มิลลิเมตรของปรอท และไอน้ำเท่ากับ 640 มิลลิเมตรของปรอท

เมื่อความดันไอของสาร A รวมกับไอน้ำจะเท่ากับ 760 มิลลิเมตรของปรอท หรือเท่ากับความดันบรรยากาศ จึงทำให้สาร A และน้ำกลายเป็นไอออกมาได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของสาร Aตัวอย่างการแยกสารโดยการกลั่นด้วยไอน้ำได้แก่การแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากส่วนต่างๆของพืชเช่นการแยกน้ำมันยูคาลิปตัสออกจากใบยูคาลิปตัสการแยกน้ำมันมะกรูดออกจากผิวมะกรูดการแยกน้ำมันอบเชยจากเปลือกต้นอบเชยเป็นต้นในการกลั่นไอน้ำจะไปทำให้น้ำมันหอมระเหยกลายเป็นไอแยกออกมาพร้อมกับไอน้ำเมื่อทำให้ไอของของผสมควบแน่นโดยผ่านเครื่องควบแน่นก็จะได้น้ำและน้ำมันหอมระเหยปนกันแต่แยกชั้นกันอยู่ทำให้สามารถแยกเอาน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำได้ง่าย

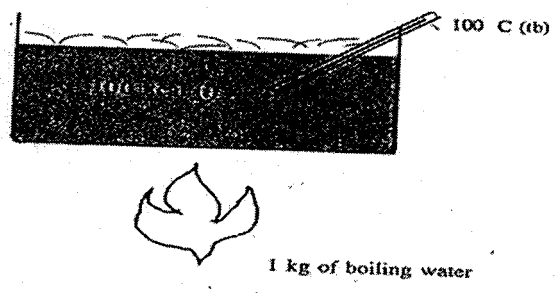


ภาพที่ 2.4 การกลั่นน้ำมันหอมระเหย [35]

2.14 ระบบไอน้ำ [36]

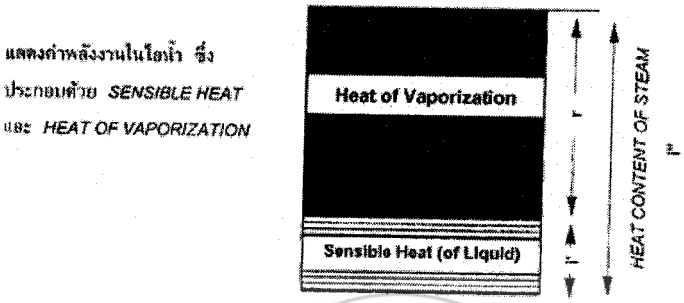
1) ไอน้ำ (STEAM) คือผลผลิตที่ได้จากการต้มน้ำ (LIQUID STATE) ให้เดือดจนกระทั่งแปรสถานะกลายเป็นไอน้ำ (GASEOUS STATE) ตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ก็คือ STEAM BOILER หรือที่เรารู้จักกันว่า หม้อน้ำ ทั้งนี้ต้องอาศัยพลังงานความร้อน 2 ชนิด คือ ความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง

2) ความร้อนสัมผัส : SENSIBLE HEAT คือ HEAT CONTENT (ภาพที่ 2.5) นั่นเอง เป็นปริมาณ ความร้อนซึ่งใช้ต้มน้ำจากอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง จนถึงอุณหภูมิน้ำเดือด (BOILING TEMPERATURE, Tb) ภายใต้ความดันใดความดันหนึ่ง ซึ่งน้ำเดือด (BOILING WATER หรือ SATURATED CONDENSATE) นี้พร้อมที่จะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ เช่น ในบรรยากาศ (ความดัน = o BAR G) ถ้าเราให้ความร้อน 100 KCAL แก่น้ำ 1 kg (ความจุความร้อน (‘ = 100 KCAL) น้ำจะเริ่มเดือดที่อุณหภูมิ 100OC นั่นคือ อุณหภูมิน้ำเดือด Tb = 100OC



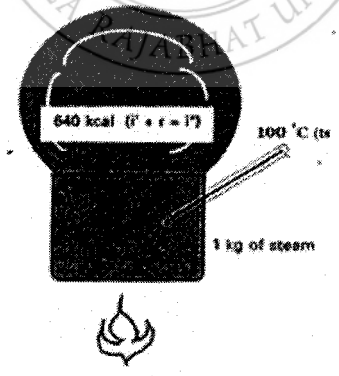
ภาพที่ 2.5 ความร้อนสัมผัส : SENSIBLE HEAT [36]

3) ความจุความร้อนของไอน้ำ: HEAT CONTENT OF STEAM (i") (ภาพที่ 2.6) ปริมาณความจุความร้อนของไอน้ำก็คือ ผลรวมของความจุ ความร้อนของน้ำ (i') กับ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำ (r) ในทางกลับกัน หากเรามีไอน้ำจากหม้อน้ำ แล้วนำไปถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิแลกเปลี่ยนความร้อน (HEAT EXCHANGER) อุณหภูมิของไอน้ำจะยังไม่ลดลง นั่นคือ



ภาพที่ 2.6 ความจุความร้อนของไอน้ำ (tb) (อุณหภูมิไอน้ำ = อุณหภูมิน้ำเดือด) [36]

4) ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ : LATENT HEAT หรือ HEAT OF VAPORIZATION (ภาพที่ 2.7) คือ ปริมาณความร้อนที่ต่อเนื่องจาก SENSIBLE HEAT เพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากน้ำเดือด (BOILING WATER) ไปเป็นไอน้ำ (STEAM) ที่อุณหภูมิเดียวกันกับอุณหภูมิของน้ำเดือด ภายใต้บรรยากาศของความกดดันขณะนั้น จนกระทั่งกลายเป็นไอน้ำอิ่มตัว (SATURATED STEAM) ซึ่งที่อุณหภูมินี้เรียกว่า อุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว (SATURATED STEAM TEMPERATURE, TS) เช่น ในบรรยากาศ ถ้าเราให้ความร้อนแก่น้ำ 1 KG นี้ ต่อไป น้ำเดือดจะเริ่มกลายเป็นไอน้ำแล้วจะกลายเป็นไอน้ำทั้งหมด 1 KG ต่อเมื่อเราให้ปริมาณความร้อน 540 KCAL นั่นคือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (r) = 540 KCAL



ภาพที่ 2.7 ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ : LATENT HEAT [36]

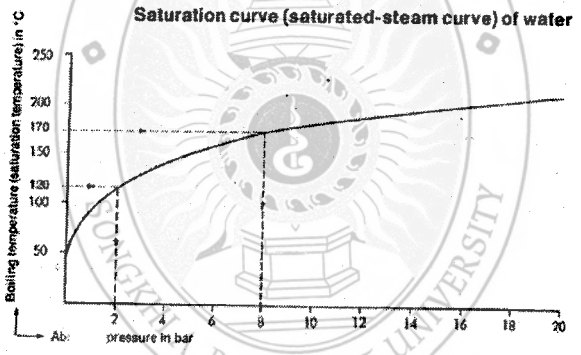
5) ความร้อนจำเพาะ : SPECIFIC HEAT (C) คือ ปริมาณความร้อนที่วัสดุแต่ละชนิดต้องการในการเพิ่มอุณหภูมิหนึ่งองศา ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของมวลสารนั้นๆ ซึ่งมวลสารแต่ละชนิดจะมีค่าความร้อนจำเพาะต่างกันไป เช่น น้ำมีค่าความร้อนจำเพาะ 1 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัมต่อองศา

เซนติเกรด แสดงว่าถ้าต้องการเพิ่มอุณหภูมิน้ำ 1 กิโลกรัม หนึ่งองศาเซนติเกรดต้องให้ปริมาณความร้อนแก่น้ำ 1 กิโลแคลลอรี่

6) ไอน้ำอิ่มตัว : SATURATED STEAM (ภาพที่ 2.8) จากพื้นฐานที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งพอสรุป เกี่ยวกับปริมาณความร้อนต่างๆ ได้ดังนี้ ในความดันบรรยากาศ (ABSOLUTE PRESSURE , Pa = 1 bar a หรือ GAUGE PRESSURE , Pg = 0 bar g)

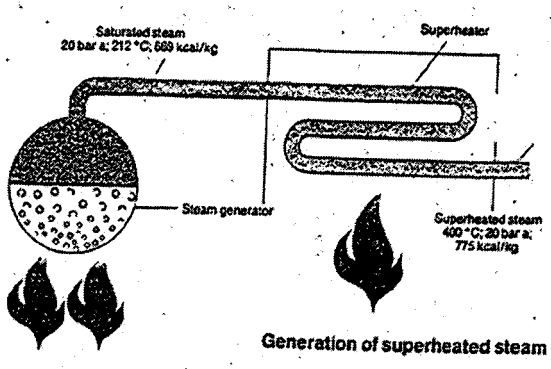
น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ = 100OC (tb = 100°C)
ดังนั้น HEAT CONTENT OF BOILING WATER , i' = 100 KCAL / KG
อุณหภูมิของไอน้ำ ก็ยัง = 100OC (tS = 100°C)
ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการกลายเป็นไอน้ำ , r = 540 KCAL / KG
TOTAL HEAT CONTENT OF STEAM , i" = 640 KCAL / KG

ค่าต่างๆ เหล่านี้ เป็นที่แน่นอนว่าต้องเปลี่ยนแปลงความดันคงที่ ขณะนั้น นั่นคือ อุณหภูมิน้ำเดือดในบรรยากาศ หรือ อุณหภูมิของน้ำ คงไม่มีโอกาสเกิน 100 °C ด้วยเหตุนี้ ถ้าเราเพิ่มความดันขึ้นไป อุณหภูมิน้ำเดือดและอุณหภูมิไอน้ำก็จะเพิ่มสูงขึ้น จึงได้มีการสร้างหม้อน้ำ (STEAM BOILER) ขึ้นมาเพื่อให้ได้ไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 °C ซึ่งจะนำไปใช้ในด้านอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง



ภาพที่ 2.8 ไอน้ำอิ่มตัว (SATURATED STEAM) [36]

7) ไอน้ำยิ่งยวด: SUPERLIEATED STEAM (ภาพที่ 2.9) จากที่เราทราบกันมาแล้วว่าในบรรยากาศ คือที่ความดัน 1 bar a หรือ 0 bar g เราได้ไอน้ำอิ่มตัว (SATURATED STEAM) ที่อุณหภูมิ 100 °C (HEAT CONTENT, i' = 100 KCAL / KG) หลังจากที่เราได้เพิ่มปริมาณความร้อนแฝงอีก 540 KCAL /KG (HEAT OF VATORIZATION, r) ณ ที่อุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัวนี้ (SATURATED STEAM TEMPERATURE , tS) หากเราเพิ่มปริมาณความร้อนอีก อุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นอีกซึ่งเราจะได้ไอน้ำยิ่งยวด (SUPERHEATED STEAM)



ภาพที่ 2.9 ไอน้ำยิ่งยวด (SUPERLIEATED STEAM) [36]

แต่ถ้าเรานำไอน้ำยิ่งยวดมาถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิของมันจะตกลงมา (HEAT CONTENT ลดลง) ไอน้ำยิ่งยวดก็จะเริ่มกลายมาเป็น ไอน้ำอิ่มตัว ทันทีทันใดที่อุณหภูมิลดลงมาถึง อุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว TS และหากเรายังคงถ่ายเทความร้อนต่อไปไอน้ำอิ่มตัวก็จะเริ่มควบแน่นกลายเป็น CONDENSATE ต่อไป

2.15 ฮีตเตอร์ [37]

เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้หลักการจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ (ตัวความต้านทาน R) ซึ่งส่งผลให้ลวดตัวนำมีความร้อนเกิดขึ้น โดยแหล่งจ่ายไฟสามารถใช้ได้กับแรงดัน 220VAC และ 380VAC ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานฮีตเตอร์ (Heater) ได้ง่ายและสะดวก ส่วนประกอบมีดังนี้

1 ฉนวนแมกนีเซียมอกไซด์ (MgO): คุณสมบัติมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำ แต่นำความร้อนได้ดีมาก ซึ่งทำหน้าที่กั้นกลางระหว่างลวดตัวนำฮีตเตอร์ (Heater) กับปลอกโลหะ เพื่อป้องกันไม่ให้มีกระแสรั่ว (Leak Current) จากลวดฮีตเตอร์ออกไปยังผิวโลหะ จุดสำคัญคือห้ามมีความชื้นในฉนวนเด็ดขาด เนื่องจากจะทำให้ค่าความนำไฟฟ้าสูงขึ้น วิธีการแก้ไขคือการนำฮีตเตอร์ (Heater) ไปอบในเตาอบเพื่อไล่ความชื้น

2 แสตนเลส (Stainless): ที่นำมาใช้ในการผลิตฮีตเตอร์ (Heater) มีอยู่หลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป

3 ลวดฮีตเตอร์ (Heater): ซึ่งเรียกว่า ลวด Nikrothal 80 หรือ R80 โดยมีส่วนผสมของนิเกิล 80% และโครเมียม 20% ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 1400 °C โดยมีคุณสมบัติเหนียวและทนความร้อนได้สูงถึง 1400 องศาเซลเซียส

2.16 เหล็กกล้าไร้สนิม [38]

เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) หรือสเตนเลส หรือ เหล็กในกลุ่มที่มีความต้านทานการกัดกร่อน ซึ่งเป็นโลหะเนื้อที่มีส่วนผสมของโครเมียมอย่างน้อยร้อยละ 1.05 โดยเหล็กกล้าไร้สนิมจะสร้างฟิล์มโครเมี่ยมออกไซด์ที่บางจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นและแน่นปกป้องเหล็กกล้าจากบรรยากาศภายนอก ทำหน้าที่เป็นชั้นป้องกันการกัดกร่อนที่มีประสิทธิภาพยิ่ง และสามารถสร้างขึ้นใหม่ได้เองทันทีหากพื้นผิวถูกขีดข่วนทำลายสนิม เหล็กกล้าไร้สนิม โดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มออสเตนนิติก (Austenitic) หรือเหล็กกล้าออสเตนนิติก มีส่วนผสมของคาร์บอน 0.15% โครเมียม 18% นับเป็นกลุ่มที่มีหลายเกรดมากที่สุด ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง เหล็กกลุ่มนี้มีโครงสร้างหลักเป็นออสเตนไนท์ (มีนิเกิลและแมงกานีสเป็นส่วนผสมหลัก) ไม่เป็นสารแม่เหล็ก ไม่สามารถทำการชุบแข็ง เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเหล็กกล้าด้วยความร้อนได้ นิยมใช้ทำเครื่องครัว มีด แท็งค์น้ำ เป็นต้น เหล็กกล้าประเภทนี้มีการแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย เช่น ประเภทคาร์บอนต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0.08% ตามมาตรฐานอเมริกา (AISI)คือ เกรด 304 เกรด 316 เป็นต้น

2) กลุ่มเฟอร์ติก (Ferritic) กลุ่มนี้ไม่มีนิกเกิลเป็นส่วนผสมมีแต่เหล็ก และโครเมี่ยม มีราคาถูกทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ไม่สามารถปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อนทางการชุบแข็งได้ (Hardening) เนื่องจากมีอัตราส่วนของคาร์บอนกับโครเมียมต่ำ โครงสร้างหลักเป็นเฟอร์ไรท์ สามารถดูดแม่เหล็กได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทคาร์บอนต่ำมีโครเมียมประมาณ 15-18% และมีคาร์บอนไม่เกิน 0.12% และประเภททนต่อความร้อนมีโครเมียมประมาณ 25-30% และคาร์บอน 0.3%

3) กลุ่มมาร์เตนซิติก(Martensitic) มีโครงสร้างเหล็กเป็นมาณเตนไซร์ มีเหล็ก โครเมี่ยม และคาร์บอนเป็นส่วนผสม แต่คาร์บอนเป็นตัวที่ทำให้ความต้านทานการผุกร่อนลดลง เป็นธาตุที่ไม่พึงประสงค์ แต่เหล็กกลุ่มนี้สามารถเพิ่มความแข็งโดยการชุบแข็งได้ จึงต้องมีคาร์บอนผสมอยู่

2.17 คุณสมบัติของสเตนเลส

1) การป้องกันความร้อนและไฟ เกรดที่มีโครเมี่ยมและนิเกิลสูงเป็นพิเศษนั้น ยังคงรักษาความแข็งแรงขณะอยู่ในอุณหภูมิที่สูงได้ความสะอาดสามารถทำความสะอาดง่าย สเตนเลสเป็นทางเลือกหนึ่งของอุปกรณ์ที่มักจะถูกเลือกสำหรับงานที่ต้องการความสะอาดสุขลักษณะ เช่น โรงพยาบาล, ห้องครัว, โรงฆ่าสัตว์ และโรงงานที่เกี่ยวกับอาหาร ซึ่งคุณสมบัติของผิวของสเตนเลสสามารถเป็นแหล่งสะสมของเชื้อแบคทีเรียได้น้อยกว่าวัสดุอื่น

2) ความสวยงามภายนอก เงางาม, ดูแลรักษาง่าย, ผิวของสเตนเลสยังทำให้เกิดความรู้สึกถึงความนำสมัย และดึงดูดใจง่ายต่อการประดิษฐ์ด้วยวิทยาการสมัยใหม่ สเตนเลสสามารถตัด, เชื่อม, ประกอบให้เป็นรูปร่างได้ง่าย และรวดเร็วเหมือนโลหะอื่น ๆ ทั่วไป

3) ต้านทานแรงกระแทก โครงสร้างของ Austenitic ของ 300 Series จะมีความแข็งแรงมากจากระดับของอุณหภูมิที่สูงจนถึงต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ทำให้สเตนเลสนี้เหมาะกับการใช้งานในวงกว้างขึ้น คุณค่าในระยะยาวเมื่อพิจารณาถึงราคาสเตนเลสไม่ได้แพงกว่าวัสดุอื่น ๆ มากนัก เพราะมีอายุการใช้งานที่นานกว่ามาก

2.18 การหาค่าพลังงานความร้อนที่ให้กับน้ำส้มสายชู

ทฤษฎีที่จะใช้ในการหาความร้อนที่จะต้องใช้ในการต้มน้ำส่าหาค่าได้จากสมการการถ่ายโอนทางความร้อนจะได้สูตร

เมื่อ $Qal = mCp\,[Ti - To]$ (2.17)

Qal = ความร้อนที่ต้องให้กับน้ำส่า kJ

m = มวลของน้ำส่าkg

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

Cp = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำส่า kJ/kg.K
Ti = อุณหภูมิน้ำสาก่อนต้ม K
To = อุณหภูมิน้ำสาหลังต้ม K

2.19 การคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการต้ม

การใช้เวลาในการต้มจะเป็นการหาจากพลังงานที่ใส่เข้าไปในระบบเทียบกับอัตราการส่งถ่ายพลังงานทำให้ทราบถึงเวลาที่จะต้องใช้ในการทำให้น้ำสาเดือดเป็นไอได้พอดี โดยหาได้จากสมการ

$$\Delta t = E_{in} / E_{transfer} \quad (2.18)$$

$$\text{เมื่อ} \quad Ein = (mCp_\Delta T)\ al + (\ mCp\Delta T)\ Dist \quad (2.19)$$

โดยที่ Δ t = ช่วงเวลาที่พิจารณา s
Ein = พลังงานเข้าทั้งหมด kJ
Etransfer =อัตราการส่งถ่ายพลังงาน kJ/s
mal = มวลของน้ำสา kg
Cp al =ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำสา J/kg.K
ΔTal =ค่าความต่างอุณหภูมิของน้ำสา K
MDist = มวลของเครื่องกลั่น kg
CpDist =ความจุความร้อนจำเพาะของเครื่องกลั่น J/kg.K
ΔTDist = ค่าความต่างอุณหภูมิของเครื่องกลั่น K

2.20 การคำนวณหาพื้นที่การรับความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การออกแบบหรือเลือกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมาใช้ในงานทางวิศวกรรมจำต้องมีความสามารถในการคาดคะเนอุณหภูมิตรงทางออกของของไหลร้อนและเย็น และสามารถหาอัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดระหว่างของของไหลร้อนและเย็นได้ เมื่อทราบอัตราการไหลของมวลของของไหลในที่นี้คือการหาความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยแบบล็อก (LMTD) และวิธี NTU ประสิทธิผลอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยปกติมักใช้เป็นเวลานานโดยไม่เปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในการทำงาน ดังนั้นอาจสมมุติว่าอุปกรณ์มีการไหลแบบสภาวะคงที่คุณสมบัติของไหล เช่น อุณหภูมิความเร็วที่ทางออกหรือทางเข้ามีค่าคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และพลังงานศักย์ความร้อนจำเพาะของของไหลจะใช้ค่าเฉลี่ยเป็นค่าคงที่ การนำความร้อนตามแนวแกนของท่อไม่ค่อยมีความสำคัญและจะไม่นำมาคิดก็ได้ สุดท้ายสมมุติให้ผิวนอกสุดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนหุ้มฉนวนเป็นอย่างดีจนไม่มีการสูญเสียความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อมมีการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลทั้ง 2 ชนิดเท่านั้น จากการใช้น้ำเป็นสารหล่อเย็นจะสามารถหาพื้นที่ผิวส่งถ่ายความร้อนได้จากสมการ

ศ
621.18
ศ1139

6 ม.ค. 2561

$$Q = mC\,\Delta T\,p = UA\Delta T\,ln \qquad (2.20)$$

จะได้ $$A = \frac{\dot{Q}}{U\Delta T_{In}} = 2\,\pi\,rL$$

โดยที่ $\dot{Q}$ =อัตราการส่งถ่ายความร้อนของไหล kJ /s

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อน kJ /s.m^2.K

A = พื้นที่การถ่ายโอนความร้อน m^2

ΔT ln = ความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ย K

r = รัศมีภายนอกของท่อ m

L = ความยาวท่อ m

2.21 การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากไอแอลกอฮอล์ไปให้น้ำหล่อเย็น

อัตราการถ่ายเทความร้อนในอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนจะมีค่าเท่ากับอัตราความจุความร้อนของของไหลคูณกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของของไหลอัตราการถ่ายเทความร้อนสามารถเขียนได้ในรูปของความแตกต่างของอุณภูมิอัตราการถ่ายเทความร้อนนี้หาจากกฎการเย็นตัวของนิวตันโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U แทนสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h แต่เนื่องจาก ΔT อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามตำแหน่งต่างๆ ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ถ้าต้องการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากไอแอลกอฮอล์ไปให้น้ำหล่อเย็นสามารถหาได้จากสมการการถ่ายโอนความร้อน ดังนี้

$$\dot{Q}_w = UA\,\Delta T ln \qquad (2.21)$$

เมื่อ $$\Delta T ln = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{In[(\Delta T_1/\Delta T_2)]}$$

และ T1 = (Th,in -Tc,out)

T2 = (Th ,out -Tc,in)

โดยที่ Q_w = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากไอแอลกอฮอล์ไปยังน้ำหล่อเย็นkJ/s

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อน kJ /s.m2.K

A = พื้นที่การถ่ายโอนความร้อน m2

ΔTln = ความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ย K

Th,in =อุณหภูมิแอลกอฮอล์ด้านทางเข้า K

Th,out = อุณหภูมิแอลกอฮอล์ด้านทางออก K

Tc,in = อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นก่อนรับภาระ K

Tc,out = อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นหลังรับภาระ K

2.22 การคำนวณอัตราการไหลจากการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

การอนุรักษ์พลังงานเป็นกฎข้อหนึ่งของ Thermodynamics ที่กล่าวว่า พลังงานต้องไม่มีการสูญหาย เพียงแต่ถ่ายเทหรือเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปยังอีกรูปหนึ่งเท่านั้น ในระบบปิดที่ไม่มีการเข้าออกของมวล ความแตกต่างของพลังงานในระบบย่อมวัดได้จาก ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ระบบกับงานจากภายนอกกระทำต่อระบบ ได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\dot{Q}_w=\dot{m}\ (h2-h1) \tag{2.22}$$

ดังนั้นเมื่อกลับสมการเพื่อหาอัตราการไหลแล้ว สามารถหาได้จากสมการ

$$\dot{m}=\frac{\dot{Q}}{(h_2-h_1)} \tag{2.23}$$

โดยที่ $\dot{Q}_w$ = ความร้อนที่ส่งไปน้ำหล่อเย็นkJ/s

$\dot{m}$ = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำหล่อเย็น kg/s

H = ค่าเอนทาลปีของน้ำหล่อเย็น kJ/kg

2.23 การสูญเสียกำลังงานในท่อ

ผนังท่อจะมีความเสียดทานทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.21.1 การสูญเสียหลัก (Major Loss) การสูญเสียประเภทนี้เกิดจากความขรุขระของท่อ ความยาวของท่อ ขนาดของท่อ และความเร็วในการไหล ถ้าของไหลไหลในผิวท่อที่ขรุขระความยาวท่อมาก และความเร็วในการไหลสูง การสูญเสียกำลังงานจะสูงตามไปด้วย

ขั้นตอนการคำนวณหาค่าความสูญเสียหลัก

หาค่า Reynold Number .จากสูตร

$$\text{Re}=\frac{\mathbf{PVD}}{\mu}$$

ถ้า Re น้อยกว่า 2,000 หาแฟคเตอร์ความเสียดทานจากสูตร

$$f=\frac{\mathbf{64}}{\mathbf{Re}}$$

ถ้าRe มากกว่า 2,000 หาค่าความขรุขระของท่อ $\boldsymbol{\varepsilon}$ จากวัสดุที่ทำท่อ

หาอัตราส่วน $\frac{\boldsymbol{\varepsilon}}{\mathbf{D}}$

หาแฟคเตอร์ความเสียดทานจาก Moody diagram
เมื่อได้ค่าแฟคเตอร์ความเสียดทาน นำไปแทนในสมการ

$$HLM = f\frac{Lv^2}{D2g} \quad (2.24)$$

โดยที่ HLM = ค่าความสูญเสียหลัก m
f = แฟคเตอร์ความเสียดทาน ตัวแปรไร้มิติ
L = ความยาวรวมของท่อในระบบ m
v = ความเร็วของของไหล m/s
D = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ m

2.21.2 ความสูญเสียรอง (Minor Loss) การสูญเสียประเภทนี้เกิดจากของไหลไหลผ่านข้อต่อ ข้องอ ลิ้น และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ ค่าการสูญเสียรองเมื่อเทียบกับค่าสูญเสียหลักจะมีค่าน้อย แต่ท่อมีความยาวน้อย และมีการหักงอ หรือท่อมีความลดขนาดหลายแห่ง ค่าของการสูญเสียรองจะมีค่าสูงการคำนวณหาค่าความสูญเสียรองจากสมการ

$$HLm = \frac{\sum KV^2}{2g} \quad (2.25)$$

โดยที่ HLm = ค่าความสูญเสียรอง m

$\sum K$ = ผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของการไหลในท่อ

เฮดความสูงน้ำ (Head pump) จากรูป ปั๊มน้ำจะต้องยกของเหลวจากระดับ 1 ไปยังอีกระดับ 2 ด้วยความสูง ΔZ นอกจากนี้จะต้องเอาชนะความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบได้แก่ การสูญเสียหลักและการสูญเสียรอง ซึ่งสามารถประยุกต์สมการของเบอร์นูลีมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$HP = \Delta Z + HLM + HLm \quad (2.26)$$

โดยที่ ΔZ = ค่าความแตกต่างของระบบ m

2.24 การคำนวณหาขนาดของปั๊มน้ำหล่อเย็น

สิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับการออกแบบระบบบำบัดน้ำหล่อเย็น คือการหาภาระของปั๊ม (Head Pump) เพื่อจะได้นำไปเลือกขนาดของปั๊มน้ำที่จะส่งน้ำขึ้นไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ปั๊มหรือเครื่องสูบเป็นเครื่องมือที่เพิ่มพลังงานในการไหลให้แก่ของไหล โดยอาศัยการเปลี่ยนพลังงานจากต้นกำลัง เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานเคมี เป็นพลังงานกลเพื่อใช้ขับของไหลผ่านระบบท่อปิดจาดจุด

ส่งสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหารกรมวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ผล ไม่พบกรดอิสระและไม่พบซัลเฟอร์ กรดน้ำส้ม 3.2 กรัม/100 มิลลิลิตร และทิ้งไว้ 7 เดือน ยังคงความใสและรสเหมือนเดิม ซึ่งเป็นอุปกรณ์เพื่อกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลจาก เป็นการถนอมอาหารให้ชุมชน โดยมีลักษณะเป็นถัง 2 ใบ ขนาด 35 × 45 ซม. และ 30 × 40 ซม. ทำจากแสตนเลส ถังหนึ่งทำหน้าที่ต้ม อีกถังหนึ่งทำหน้าที่กลั่นค่าวัตถุน้ำส้มจาก 3 บาท/ลิตร ค่าแก๊สเชื้อเพลิง 3.60 บาท/น้ำจาก 1 ลิตร ค่าบรรจุภัณฑ์ไม่ได้นำคำนวณราคาต่ำกว่าหลายเท่า เป็นโอกาสสร้างรายได้ให้ชุมชน ประดิษฐ์ ครุวัณณา และคณะ [42] ได้ทำการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกและแกนสับปะรด โดยการนำมาหมักให้เป็นไวน์ใช้เวลา 15 วัน มีแอลกอฮอล์ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) แล้วนำไวน์ที่ได้มาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู ณ อุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบการหมักด้วยวิธีการทิ้งไว้เฉย และการใช้เครื่องเขย่าด้วยความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที วัดเปอร์เซ็นต์กรดแอซีติกที่เพิ่มขึ้นทุกวันพบว่า การทิ้งไว้เฉย ๆ ที่อุณหภูมิห้องสามารถหมักได้กรดน้ำส้มสูงถึง 6-7 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 5-6 วัน แต่วิธีการใช้เครื่องเขย่าจะใช้เวลาเพียง 4 วัน

นิตยา แจ่มใส่ และนิตยา ชาโรจน์ [11] ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูจากน้ำตาลโตนดโดยวิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ในการหมัก พบว่า การฆ่าเชื้อโดยใช้สาร KMS ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm มีผลยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแอซิติก ทำให้ไม่สามารถผลิตเป็นน้ำส้มสายชูได้ ส่วนการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที สามารถผลิตน้ำส้มสายชูที่มีลักษณะสีเหลือปนน้ำตาล ที่มีปริมาณกรดร้อยละ 2.80-4.03 ใช้ระยะเวลาในการหมัก 15-27 วัน สำหรับการศึกษาวิธีการหมักพบว่า การฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนแล้วนำมาหมักแบบตั้งทิ้งไว้ จะใช้ระยะเวลาในการหมักนานกว่าการหมักแบบพ่นให้อากาศ แต่จะให้ปริมาณกรดที่สูงกว่า มีค่า ความใสกว่า และได้รับคะแนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงกว่า โดยการหมักตั้งทิ้งไว้ใช้ระยะเวลาในการหมักนาน 27 วัน มีปริมาณกรดร้อยละ 4.03 ส่วนการหมักแบบพ่นให้อากาศ ใช้ระยะเวลาการหมัก 15 วัน มีปริมาณกรดร้อยละ 2.82

สราวุฒิ สมนาม และวราห์ ธมิกานนท์ [43] สร้างเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยต้นแบบประยุกต์จากเครื่องกลั่นสุราพื้นบ้านใช้หลักการกลั่นด้วยไอน้ำ โดยเครื่องกลั่นที่สร้างทำมาจากอลูมิเนียม มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ หม้อต้มวัตถุดิบ หอควบแน่น ภาชนะรองรับ และฐานวางอุปกรณ์ ให้ความร้อนโดยแก๊สหุงต้ม จากผลการหาประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด โดยควบคุมอุณหภูมิในหม้อต้มวัตถุดิบและหอควบแน่นให้คงที่อุณหภูมิ 95 และ 25 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยคิดเป็นร้อยละของผลผลิตได้ 2.43 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหยจากการกลั่นด้วยเครื่องที่พัฒนาขึ้นและที่มีจำหน่ายทั่วไปพบว่าให้ผลที่สอดคล้องกัน

หนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งตามที่ต้องการ สำหรับปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal pump) ทำงานโดยการเพิ่มพลังงานในการไหลโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง การไหลของของไหลจะเข้ามาในทิศทางขนานกับเพลาแล้วไหลออกมุม 90 องศา กับทิศทางการไหลเข้า ช่องทางเดินของของไหลมีหน้าตัดเพิ่มขึ้นตามความยาวของเส้นรอบวง

กฎของพลังงานสำหรับปั๊ม การคำนวณหาอัตราการไหลของระบบท่อที่ต่อกับระบบปั๊มน้ำสามารถทำได้โดยการประยุกต์ใช้สมการเบอร์นูลี ระหว่างจุดที่ 1 และจุดที่2

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2G} + Z_1 + H_p = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2G} + Z_2 + H_L \qquad (2.27)$$

โดยที่ HP = เฮดความสูงของปั๊ม m

HL = เฮดความสูญเสียของระบบ m

2.25 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทยา บุณนอก [39] ศึกษาสภาวะการกลั่นน้ำส้มสายชูจากตาลโตนด ผลการศึกษาสภาวะการกลั่นแบบแบ่งครั้งชั้นเดียวอุณหภูมิที่เหมาะสมของสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นเริ่มต้นร้อยละ 4.60 อยู่ระหว่าง 104 -105 องศาเซลเซียส พบว่าจะต้องทำการกลั่นเป็นเวลา 3 ชั่วโมง 45 นาที จึงจะได้ความเข้มข้นของกรดอะซิติกเฉลี่ยร้อยละ 4.0

สุวรรณา ศรีสวัสดิ์ [40] ผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดที่ถูกสุขอนามัยโดยกลุ่มแม่บ้าน เกษตรสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้กำหนดวิธีผลิตน้ำส้มสายชูหมักที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกตาลโตนดในจังหวัดสงขลาและให้เกษตรกรทำตามวิธีที่กำหนดเพื่อให้เกษตรกรได้เรียนรู้และประสบการณ์ในการทำน้ำส้มสายชูหมักที่ถูกสุขอนามัยและมีการควบคุมคุณภาพของน้ำส้มสายชูหมักคือกำหนดความหวานของน้ำตาลโตนดที่นำมาทำน้ำส้มสายชูหมักไว้ที่ 13.5 ± 0.5m บริกซ์ เกษตรกรประจำศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีเกษตร ตำบลรำแดง อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา สามารถผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดที่ถูกสุขอนามัยโดยใช้ลูกแป้งเหล้าและลูกแป้งน้ำส้มน้อยที่สุด คือ อย่างละ 20 กรัม แต่ให้น้ำส้มสายชูหมักมากที่สุด คือ ได้น้ำส้มสายชูหมักชนิดขุ่น 600 ลิตร หรือ น้ำส้มสายชูหมักชนิดใส 420 ลิตร ซึ่งเท่ากับ 2,100 ขวดขนาด 200 มล. ได้พัฒนาเครื่องกรอง ที่เหมาะสมกับการทำงานของเกษตรกรและต้นทุนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดชนิดขุ่นและชนิดใส คือ 8.14 และ 58.71 บาทต่อลิตร ตามลำดับ โดยไม่รวมภาชนะบรรจุและฉลาก ขณะที่น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดชนิดขุ่น บรรจุขวด PET ขนาด 0.5 ลิตรพร้อมฉลาก ราคาขวดละ 7.77 บาท และน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดชนิดใส บรรจุขวดแก้วขนาด 200 มล. พร้อมฉลาก ราคาขวดละ 16.99 บาท

จักรวัฒน์ เรืองแรงสกุล [41] สร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูจากต้นจาก โดยนำปัญหาของชาวบ้านที่ อ.ปากพนังจังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนใหญ่มีอาชีพทำน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลจากประสบปัญหาเรื่องอายุการเก็บรักษาน้ำส้มที่ได้จากกระบวนการผลิตไว้ได้ไม่เกิน 30 วัน น้ำส้มจะเกิดสีขุ่นและรสเปลี่ยนไป เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงหาแนวทางทดลองสร้างเครื่องกลั่นแล้วนำผลผลิตที่ได้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงาน เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญของการสร้างเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด โดยการออกแบบเป็นรูปร่าง ขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ ต้องมีการคำนวณที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนของเครื่องมีความแข็งแรงและเหมาะสมในการสร้างเครื่อง การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อให้เกิดความสะดวกในขณะปฏิบัติงาน และคำนึงถึงความประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้าง เพื่อให้ได้เครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่มีคุณสมบัติตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการและมีความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและในด้านการบริโภคด้วย ดังแสดงเนื้อหาต่อไปนี้

3.1 ระยะเวลาแผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินที่ได้กำหนดไว้เพื่อดำเนินงานวิจัย แสดงดังตารางที่ 3.1 ตั้งแต่เดือน กันยายน 2559 ในการดำเนินการของโครงการวิจัยเป็นไปตามการดำเนินงาน ดังที่แสดงไว้

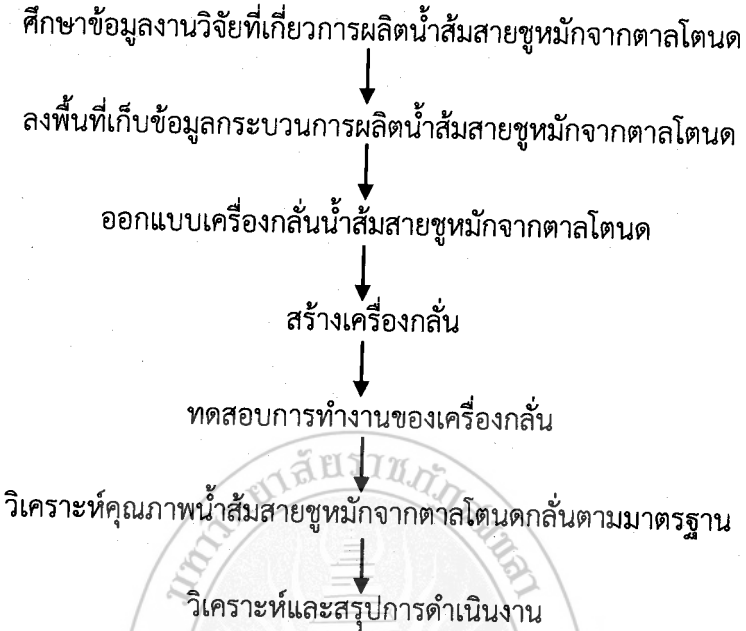
ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานโครงการวิจัย

ขั้นตอน / กิจกรรมการดำเนินงาน	ระยะเวลา (เดือนที่)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ลงพื้นที่สำรวจกระบวนการวิธีการทำงานขั้นตอนกรรมวิธีการผลิต น้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนด	←		→									
2.ออกแบบและสร้างเครื่องกลั่น น้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนด			←				→					
3.ทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม หาประสิทธิภาพเครื่อง						←			→			
4.วิเคราะห์ตรวจสอบมาตรฐานน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนดกลั่น								←		→		
5.วิเคราะห์สรุปผล										←	→	
6.จัดทำรูปเล่มโครงการวิจัย										←		→

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อเป็นแนวทางการทำงานผู้วิจัยได้กำหนดวางแผนเป็นลำดับขั้นเพื่อใช้ในการดำเนินงาน โดยมีลำดับการทำงานเริ่มจาก 1) ลงพื้นที่ชุมชุน อำเภอสทิงพระ เก็บข้อมูลกระบวนการวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนด 2) ออกแบบสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนด ในการออกแบบใช้หลักการทางวิศวกรรมช่วยและเน้นให้มีการทำงานที่ง่ายสะดวก เหมาะกับการใช้งานของชุมชนเกษตรกร และเป็นไปตามมาตรฐานกระบวนการผลิตอาหาร 3) ทดสอบการทำงานของเครื่องกลั่นหาสมรรถนะของเครื่อง และหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนด

เพื่อเป็นวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต 4) วิเคราะห์คุณภาพน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนดกลั่นตามมาตรฐาน 5) วิเคราะห์สรุปผลการดำเนินงานวิจัย ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนดำเนินการวิจัย

3.3 การวางแผนออกแบบสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

การออกแบบรูปร่างและชิ้นส่วนของเครื่องเป็นขั้นตอนที่สำคัญและคำนวณลักษณะของชิ้นส่วนเพื่อให้มีความสามารถทำงานได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ในการสร้าง คำนึงถึงความปลอดภัย มีการใช้งานที่ง่าย สะดวก มีหลักการดำเนินงานดังนี้

1) ศึกษาข้อมูลของเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด แล้วกำหนดรูปแบบของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

2) ศึกษาลักษณะจำเพาะ ได้แก่ ขนาดเครื่อง ค่าความเข้มข้นน้ำส้มสายชูตาลโตนด ราคาเครื่อง

3) ศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวข้องทั้งหมดเก็บข้อมูลและสังเคราะห์ความคิดในการออกแบบ

4) ออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง

5) ออกแบบรายละเอียด

6) สร้างเครื่องต้นแบบและการทดลอง

7) วิเคราะห์ผลการทดสอบและปรับปรุงแก้ไข

3.4 หลักการที่ใช้พิจารณาออกแบบเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

1) ขนาดเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

2) การออกแบบถังต้มน้ำส้มสายชูตาลโตนด ให้มีขนาดปริมาณความจุได้ 15 ลิตร

3) การออกแบบถังควบแน่น ให้มีพื้นที่ควบแน่นเหมาะสม มีท่อน้ำเข้า-น้ำออก

4) การออกแบบท่อเดินไอน้ำไปยังถังควบแน่น ให้มีองศาเอียงของท่อเหมาะสม

5) การออกแบบชุดระบายความร้อนให้สามารถระบายอุณหภูมิของน้ำภายในถังควบแน่นได้อย่างรวดเร็ว

5) ความสะดวกในการใช้งาน และการเคลื่อนย้ายเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

6) รูปแบบวงจรควบคุมและติดตั้งใช้งานได้ง่าย สะดวกในการควบคุมการทำงานของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

7) ความสามารถในการใช้งานได้ตามขอบเขตที่กำหนด

8) ความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งาน

9) คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาสร้างต้องเหมาะสม

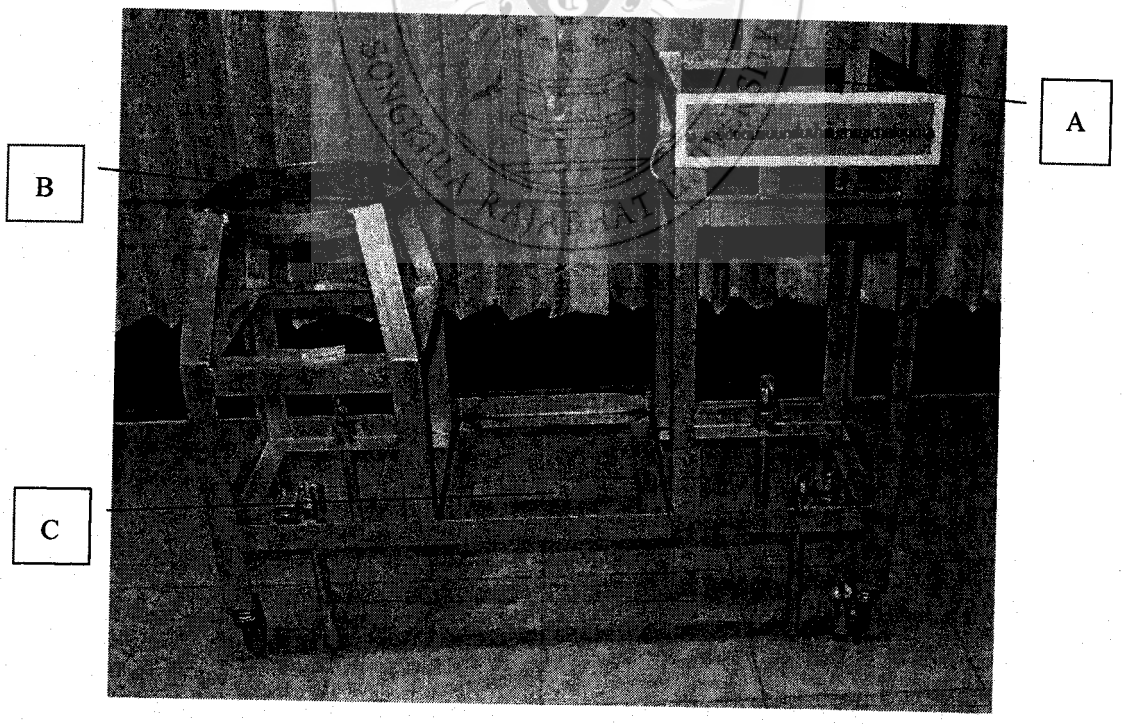
10) อายุการใช้งานและวิธีการบำรุงรักษา

11) ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการออกแบบและการสร้างจะต้องไม่สูงเกินไป

3.5 ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

3.5.1 โครงสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ชุดโครงสร้างเครื่องทำจากเหล็กฉากขนาด 3.175 มิลลิเมตร มีส่วนสำหรับวางถังต้มและสำหรับวางถังควบแน่นและสำหรับวางถังชุดระบายความร้อนจากถังควบแน่น มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 3.2 และมีรายละเอียดของแต่ละส่วนอธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 3.2 ชุดโครงสร้างวางเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

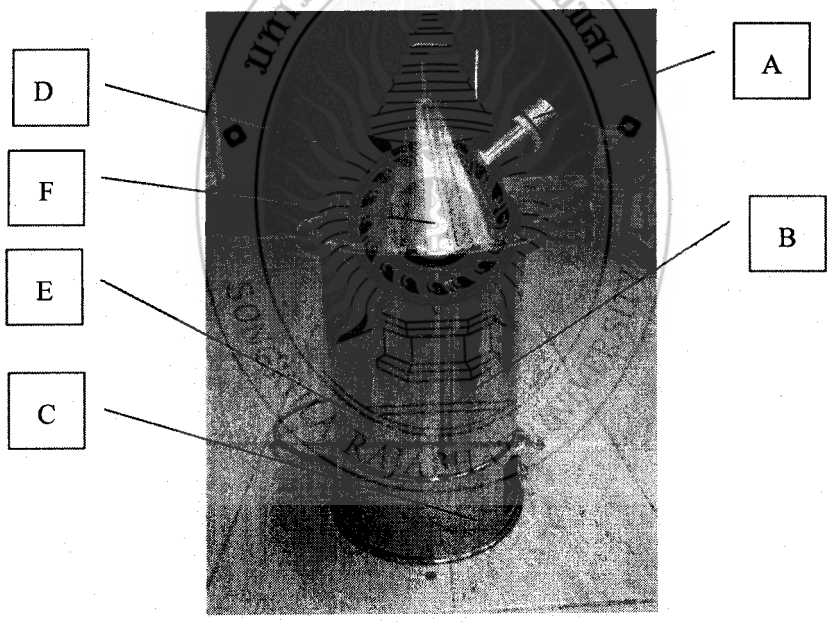
A คือ ฐานวางถังต้ม มีขนาดความยาว 300 มิลลิเมตร ความกว้าง 300 มิลลิเมตร สูง 500 มิลลิเมตร

B คือ ฐานวางชุดถังควบแน่น ขนาดความยาว 300 มิลลิเมตร ความกว้าง 300 มิลลิเมตร สูง 200 มิลลิเมตร

C คือ ฐานวางชุดระบายความร้อนของน้ำจากถังควบแน่น ขนาดความยาว 300 มิลลิเมตร ความกว้าง 350 มิลลิเมตร

3.5.2 ชุดถังต้ม

ถังต้มน้ำส้มสายชูตาลโตนดทำจากทังสเตนเป็นเหล็กไร้สนิมขนาดของถังต้มบรรจุน้ำได้ 14,000 มิลลิลิตร ฝาครอบทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16.5 มิลลิเมตร มีลักษณะเรียวเพื่อต้องการให้เกิดการรวมกันของไอน้ำส้มที่กลั่นได้ไปยังทดส่ง มีส่วนเกจวัดความดันและวาล์วเพื่อตรวจสอบควบคุมแรงดันภายในหม้อต้ม ป้องกันอัตรายที่อาจจะเกิดขึ้น แสดงดังภาพที่ 3.3 มีรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆ อธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 3.3 ชุดถังต้ม

A คือ ท่อใส่น้ำส้มสายชูหมักใช้สเตนเลส หนา 3 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40.8 มิลลิเมตร หรือขนาดท่อ 50.8 มิลลิเมตร

B คือ ลูกลอยวัดระดับน้ำในถังต้ม

C คือ ฐานรองเครื่องกลั่นลักษณะทรงกระบอก ขนาดกว้าง 260 มิลลิเมตร สูง 100 มิลลิเมตร

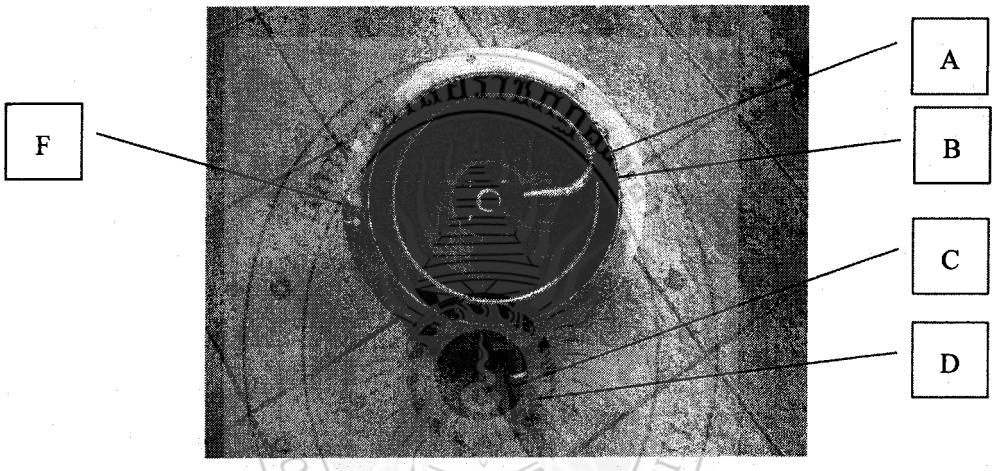
D คือ ท่อสำหรับต่อเกจวัดความดันไอน้ำ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.525 มิลลิเมตร และต่อวาล์วระบายแรงดันด้านหลัง

E คือ ถังต้มทำจากสเตนเลส 304 มีความหนา 2 มิลลิเมตร กว้าง 260 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร ขนาดความจุของถัง 14,000 มิลลิลิตร

F คือ ฝาครอบถังต้มทำจากสเตนเลส ลักษณะรูปกรวย เส้นผ่านศูนย์กลาง 280 มิลลิเมตร

3.5.3 ถังควบแน่นของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ถังควบแน่นเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพไอน้ำส้มให้กลายเป็นไอใช้หลักการกลั่นตัวโดยมีระบบน้ำหมุนเวียนมากระทบกับขดลวดไอน้ำ ถังควบแน่จะทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมความหนา 3 มิลลิเมตร ภายในจะออกแบบเป็นท่อหมุนวนขดเหมือนสปริงเพื่อให้มีพื้นที่สัมผัสกับน้ำเกิดการควบแน่นเป็นน้ำส้มกลั่น และมีท่อสำหรับให้น้ำเข้าและระบายน้ำออกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 3.4 มีรายละเอียดส่วนประกอบของถังควบแน่นอธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 3.4 ถังควบแน่น

A คือ ปะเก็นหนา 3 มิลลิเมตร ทนอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

B คือ ท่อสเตนเลสขดเป็นสปริงขนาด 9.525 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ขด 4 รอบ แต่ละขดเอียง 5 องศา

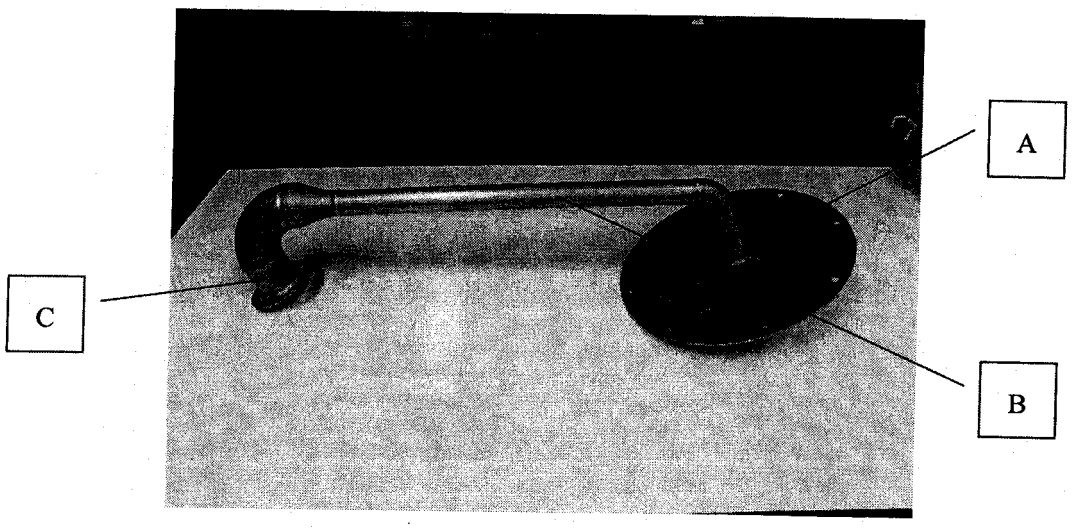
C คือ ท่อน้ำออก เป็นสเตนเลสขนาด 12.700 มิลลิเมตร ยาวอออกมาจากถังควบแน่น 100 มิลลิเมตร เป็นท่อเกลียวนอก

D คือ ท่อน้ำเข้าเป็นสเตนเลสขนาด 12.700 มิลลิเมตร ยาวอออกมาจากถังควบแน่น 100 มิลลิเมตร เป็นท่อเกลียวใน

F คือ ถังควบแน่นทำจากสเตนเลสขนาด 160 มิลลิเมตร สูง 200 มิลลิเมตร หนา 30 มิลลิเมตร

3.5.4 ท่อไอน้ำ

ท่อไอน้ำเป็นทางส่งผ่านไอน้ำที่ได้จากการต้มในหม้อต้มนำไปยังถังควบแน่น ดังภาพที่ 3.5 ส่วนหัวจะประกอบกับฝาครอบถังต้มและส่วนท้ายจะประกอบกับถังควบแน่นและท่อเดินไอน้ำ ใช้สเตนเลสเป็นวัสดุในการสร้าง มีรายละเอียดส่วนประกอบอธิบายได้ดังนี้

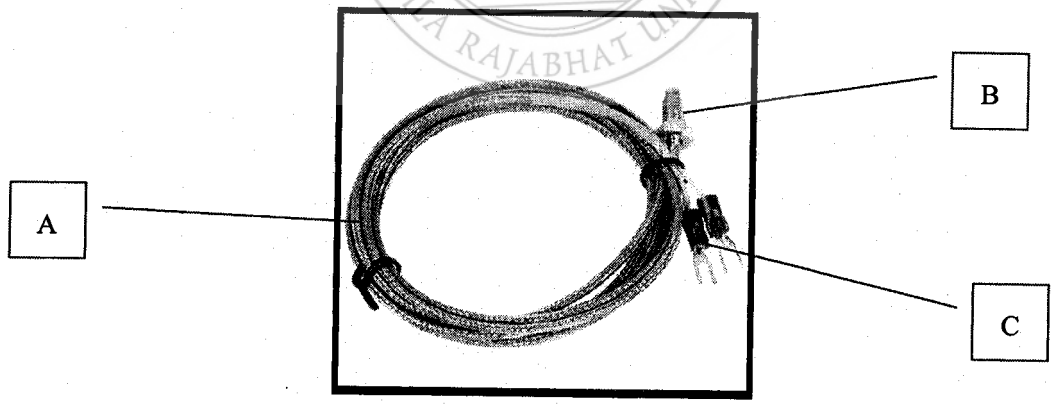


ภาพที่ 3.5 ท่อเดินไอ

A คือ ฝาปิดถังควบแน่น เส้นผ่านศูนย์กลาง 330 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร
B คือ ท่อสเตนเลส ขนาด 25.4 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร
C คือ ท่อสเตนเลสลักษณะข้อต่อโค้งขนาด 50.8 มิลลิเมตร ทำมุม 70 องศา

3.5.5 สายเทอร์โมคัปเปิลเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

สายเทอร์โมคัปเปิลเลือกใช้ รุ่น k 04 เนื่องจากมีช่วงอุณหภูมิที่ทำงานอยู่ระหว่าง -199.9 ถึง 400 องศาเซลเซียส ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลทนอุณหภูมิได้ 1000 องศาเซลเซียส เพราะจุดเดือนของการกลั่นน้ำส้มสูงสุดอยู่ที่ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถทนต่อการใช้งานได้ แสดงดังภาพที่ 3.6 และมีรายละเอียดส่วนประกอบต่างๆ อธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 3.6 สายเทอร์โมคัปเปิล

A คือ ปลอกหุ้มแบบถัก
B คือ ขั่วต่อเข้ากับถังต้ม
C คือ ขั่วต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุม

3.5.6 ชุดระบายความร้อนน้ำจากถังควบแน่น

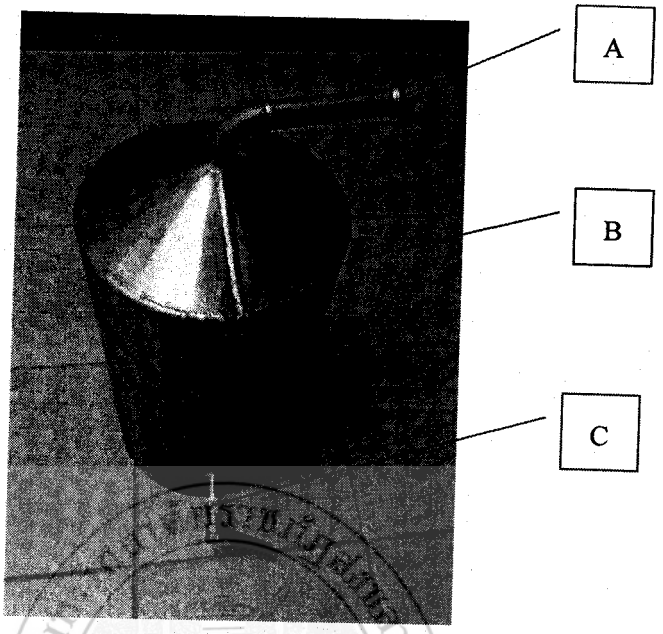
ชุดระบายความร้อนน้ำจากถังควบแน่น จะใช้วิธีการเติมอากาศเข้าไปในน้ำให้ผ่านกระบวนการกรองผ่านอากาศ มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 3.7 ทำจากแผ่นสเตนเลสและมีแผ่นอะคิลิคกั้นไว้ในแต่ละช่องเพื่อกั้นน้ำกระเด่น บรรจุน้ำได้ 40,000 มิลลิลิตร แต่ละชั้นวางห่างกัน 150 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 3.7 มีส่วนประกอบต่าง ๆ อธิบายได้ดังนี้

ภาพที่ 3.7 ชุดระบายความร้อน

A คือ เสา ขนาดความหนา 1.5 มิลลิเมตร ขนาดเสา 100 X 1000 มิลลิเมตร
B คือ ถาดกรองน้ำขนาดกว้าง 300 X 350 X 50 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด 6 มิลลิเมตร
C คือ ถังบรรจุน้ำขนาด 300 X 350 X 400 มิลลิเมตร
D คือ แผ่นอะคีลิคใสขนาด 150 X 300 มิลลิเมตร

3.5.7 ถังเก็บน้ำส้มจากการกลั่นของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ถังเก็บน้ำส้มสายชูตาลโตนดทำมาจากสเตนเลสมีท่อไว้สำหรับ เปิด-ปิด น้ำ และมีท่อวาล์วระบายความดัน มีขนาดความจุ 18,000 มิลลิลิตร ดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ถังเก็บน้ำส้มจากการกลั่น

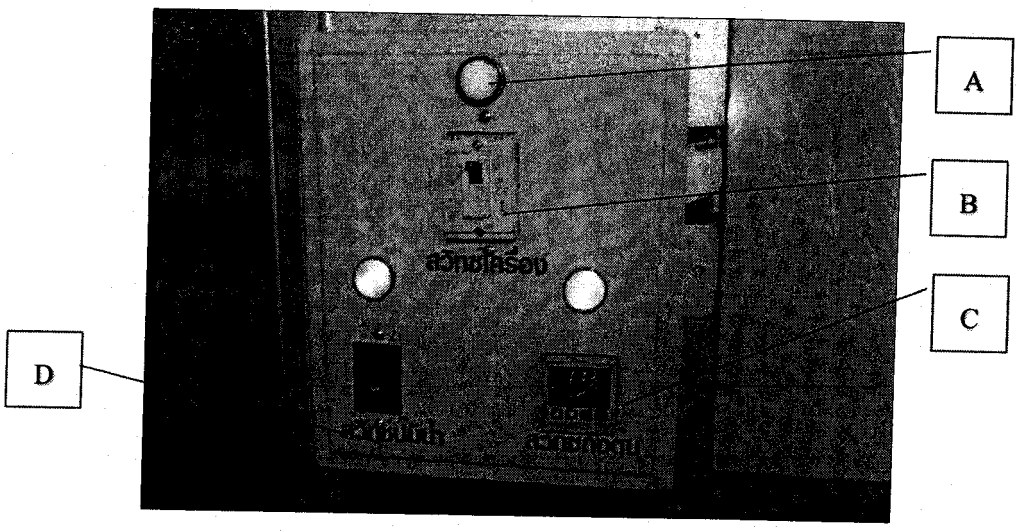
A คือ ท่อใส่วาล์วน้ำส้มสายชูขนาด 6.350 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร

B คือ ถังเก็บน้ำส้มที่ผ่านการกลั่นแล้ว ลักษณะทรงกระบอกกว้าง 250 มิลลิเมตร สูง 400 มิลลิเมตร

C คือ วาล์วระบายความดันขนาด 6.350 มิลลิเมตร

3.5.8 ตู้ชุดควบคุมระบบของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ชุดควบคุมระบบไฟฟ้าเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดประกอบด้วยคัทเอาร์ไฟฟ้าเข้าคัทเอาร์ปั๊มน้ำ และจอควบคุมอุณหภูมิ และมีไฟสีเขียวแสดงให้เห็นถึงการทำงานของเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 3.9

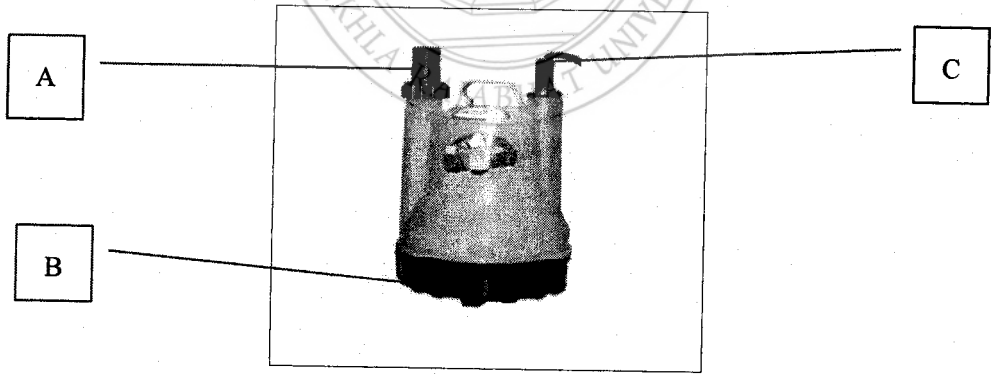


ภาพที่ 3.9 ตู้ชุดควบคุมระบบ

A คือ ไฟสีเขียวแสดงผลว่าเครื่องกำลังทำงานอยู่ มีทั้งหมด 3 ตัว
B คือ คัทเอาร์ไฟฟ้า เปิด-ปิด ระบบวงจรไฟฟ้าของเครื่อง และตัดไฟฟ้ารั่วและช็อต
C คือ จอดิจิตอลใช้ควบคุมอุณหภูมิ เปิด-ปิด
D คือ คัทเอาร์ปั๊มน้ำใช้ เปิด-ปิด

3.5.9 ปั๊มน้ำ (Pump) ของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ปั๊มน้ำขนาด 100 w 220 v ปั๊มชนิดแช่ ใช้ในการดูดน้ำเข้า-ออก ติดไว้กับชุดระบายความร้อนเพื่อระบายความร้อนให้กับเครื่องควบแน่น ดังแสดงในภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ปั๊มน้ำ (Pump)

A คือ ท่อต่อกับท่อระบายน้ำออก
B คือ ท่อดูดน้ำของเครื่อง
C คือ สายไฟ

3.5.10 จอดิจิตอลใช้ควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ใช้จอดิจิตอลยี่ห้อ Panasonic สามารถใช้ควบคุมอุณหภูมิตั้งแต่ -400 ถึง 1,370 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งาน 30 ถึง 80 องศาเซลเซียส กำลังไฟฟ้า 220 v. ดังแสดงในภาพที่ 3.11

ภาพที่ 3.11 จอดิจิตอลใช้ควบคุมอุณหภูมิ

A คือ ค่าอุณหภูมิที่เทอร์โมคัปเปิลวัดได้ขณะนี้ (PV) ċ

B คือ ค่าอุณหภูมิควบคุมที่ต้องการกลั่น

C คือ ปุ่มเปิด / ปิดเครื่องโดยจะต้องกดค้างไว้ 3 วินาที

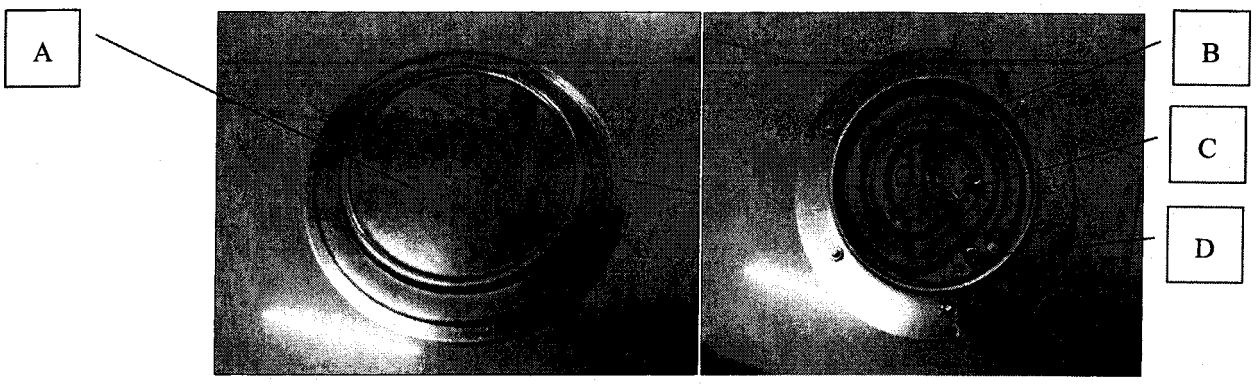
D คือ ขณะเครื่องทำงาน OUT 1 จะมีไฟโชว์สีเขียวแสดงให้เห็นว่าเครื่องกำลังทำงานเมื่ออุณหภูมิตรงตามที่กำหนดจอดิจิตอลจะตัดวงจรไฟ OUT 1 ก็จะดับทันที

E คือ ปุ่มโหมดกดค้างไว้ 3 วินาทีเพื่อจะทำการตั้งอุณหภูมิโดยกด ▲เพิ่มอุณหภูมิ ▼ ลดอุณหภูมิโดยจะแสดงอยู่ในช่อง SV เมื่อเสร็จแล้วกดโหมด 1 ครั้ง

F คือ จอดิจิตอล Panasonic

3.5.11 ฮีตเตอร์ (Heater) ของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ฮีตเตอร์ที่ใช้เป็นรูปแบบฮีตเตอร์ฉนวนเมกนีเซียมออกไซด์ (Mgo) กำลังไฟฟ้า 3000 w./220-240v.50Hz. ทนอุณหภูมิได้ 0-200 องศาเซลเซียส โดยจะมีลวดตัวนำฮีตเตอร์ (Heater) เป็นตัวนำพาความร้อนมีคุณสมบัติค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำ จึงนำพาความร้อนได้ดีมาก โดยลักษณะโครงสร้างฮีตเตอร์จะใช้ฉนวนเมกนีเซียมออกไซด์ (Mgo) เคลือบไว้เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วและฮีตเตอร์ผ่านการอบไวความชื้นเพื่อป้องกันค่าการนำไฟฟ้าสูง ดังแสดงในภาพที่ 3.12

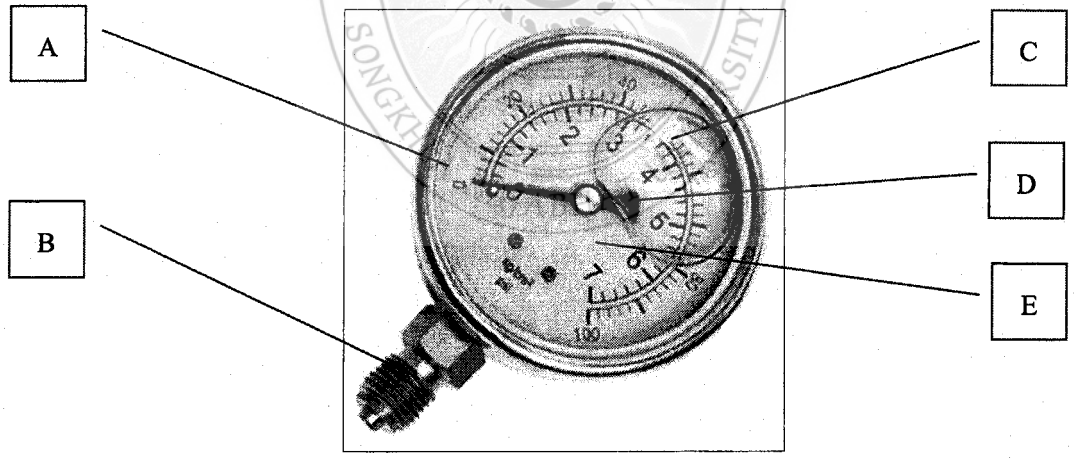


ภาพที่ 3.12 ฮีทเตอร์ (Heater)

A คือ แผ่นฮีตเตอร์ด้านในถังต้ม
B คือ ฉนวนเมกนีเซียมออกไซด์
C คือ เส้นลวดไฟฟ้า
D คือ ขั้วต่อสายไฟ

3.5.12 เกจวัดความดันไอน้ำของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

เกจวัดความดันไอน้ำทำด้วยสเตนเลส ทนอุณหภูมิได้ 400 องศาเซลเซียส ใช้วัดค่าความดันไอน้ำตั้งแต่ 0 ถึง 140 บาร์ (psi) หรือ 0 ถึง 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.13



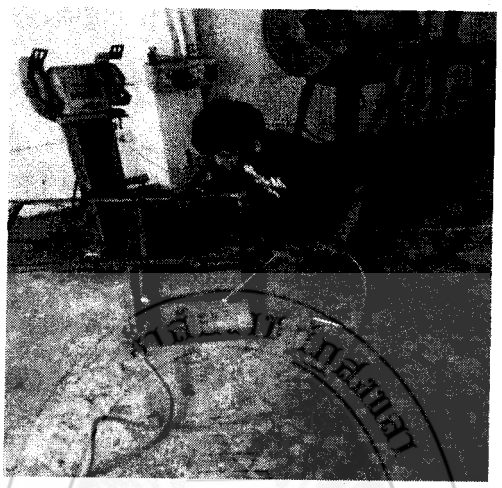
ภาพที่ 3.13 เกจวัดความดันไอน้ำ

A คือ แผ่นกระจกหน้าปัด
B คือ ท่อต่อเข้ากับท่อไอน้ำระเหยออก
C คือ หมายเลขบอกความดันไอ
D คือ เข็มแสดงค่าความดัน
E คือ น้ำมันภายในหน้าปัดเกจวัดความดัน

3.6 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

3.6.1 สร้างโครงสำหรับวางเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

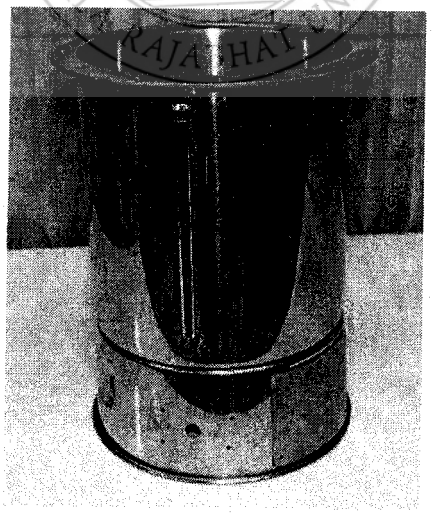
นำเหล็กฉากขนาด 3.8 มิลลิเมตร มาตัดและเชื่อมให้ได้ขนาดความยาวตามแบบที่กำหนด เมื่อสร้างเสร็จแล้วติดล้อที่ด้านล่างของโครงเครื่องจำนวน 4 ล้อ ดังแสดงในภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 สร้างโครงเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

3.6.2 สร้างถังต้มของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

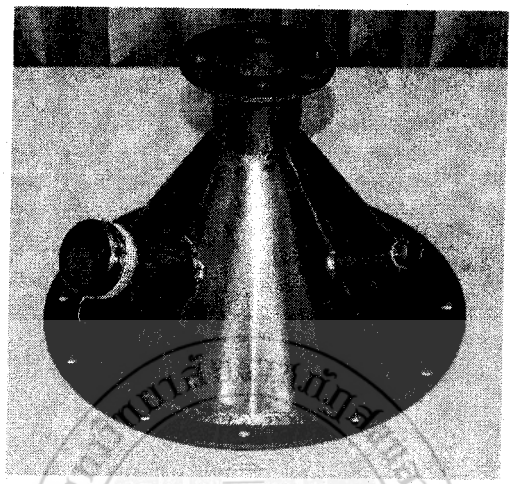
ถังต้มน้ำส้มสายชูตาลโตนดใช้หม้อต้มไฟฟ้าทำจากทังสเตนเป็นเหล็กไร้สนิมขนาดความจุน้ำ 14,000 มิลลิลิตร ทำการเชื่อมบานปากรอบปากถังยืนออกมา 30 มิลลิเมตร เจาะรู 10 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 ถังต้ม

3.6.3 สร้างฝาครอบถังต้มของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

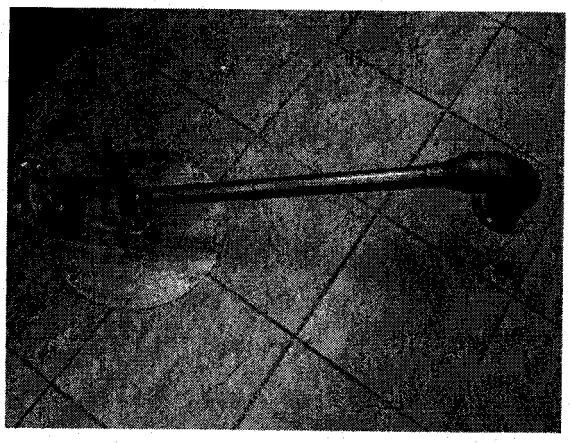
ฝาครอบถังต้มใช้เหล็กกล้าไร้สนิมหรือสเตนเลสหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 330 x 280 มิลลิเมตร ตัดและม้วน เชื่อมขนาดตามแบบ ท่อสำหรับต่อเกจวัดความดันไอน้ำ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.525 มิลลิเมตร และต่อวาล์วระบายแรงดัน ดังแสดงในภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 ฝาครอบถังต้ม

3.6.4 สร้างท่อไอน้ำของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

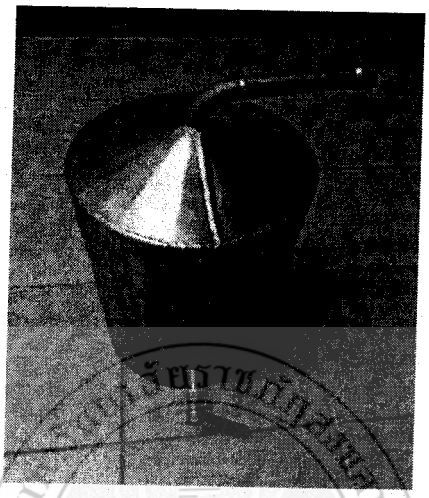
ท่อเดินไอน้ำทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือสเตนเลส ข้อต่อโค้งขนาด 50.8 มิลลิเมตร ทำมุม 70 องศา หนา 3 มิลลิเมตร ท่อสเตนเลส ขนาด 25.4 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตรฝาปิดถังควบแน่น เส้นผ่านศูนย์กลาง 330 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ตัดและม้วน เชื่อมตามขนาดตามแบบ ดังแสดงในภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 ท่อไอน้ำ

3.6.5 สร้างถังเก็บน้ำส้มสายชูจากกลั่นของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

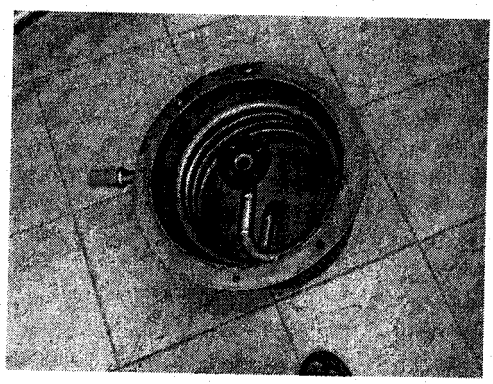
ถังทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือสเตนเลส ความหนาขนาด 3 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 X 400 มิลลิเมตร ตัดและม้วน เชื่อมตามแบบ ท่อวาล์วขนาด 6.350 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบเข้ากับตัวถัง ดังแสดงในภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 ถังเก็บน้ำส้มสายชูตาลโตนดหลังกลั่น

3.6.6 สร้างถังควบแน่นของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ถังควบแน่นทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือสเตนเลสขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร ขนาด ø 270 X 250 มิลลิเมตร ตัดและม้วน เชื่อมตามแบบ ท่อเดินไอน้ำภายในถังควบแน่นคล้ายสปริงขนาด 9.525 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ขด 4 รอบ แต่ละขดเอียง 5 องศา ตัดและดัดม้วนตามแบบ เชื่อมประกอบติดกับถังควบแน่น ท่อน้ำออกเป็นสเตนเลสขนาด 12.7 มิลลิเมตร ยาวออกมาจากถังควบแน่น 100 มิลลิเมตร เป็นท่อเกลียวนอก ท่อน้ำเข้าเป็นสเตนเลสขนาด 12.7 มิลลิเมตร ยาวออกมาจากถังควบแน่น 100 มิลลิเมตร เป็นท่อเกลียวภายในเชื่อมประกอบกับถังควบแน่นตามแบบ ดังแสดงในภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 ถังควบแน่น

3.6.7 สร้างชุดระบายความร้อนของน้ำจากถังควบแน่น

ชุดระบายความร้อนทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือสเตนเลส ความหนา 1.5 มิลลิเมตร ตัดแผ่นสเตนเลสขนาด 300 X 350 X 50 มิลลิเมตร นำมาพับตามขนาดได้ถาดกรอง นำมาเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร จำนวน 3 ถาด ขนาดเสา 300 X 1,000 มิลลิเมตร พับให้ได้ฉาก จำนวน 4 เสา ถังบรรจุน้ำขนาด 300 X 350 X 400 มิลลิเมตร พับและเชื่อม แผ่นอะคิลิคขนาด 150 X 300 มิลลิเมตร ตัดให้ได้ขนาด จำนวน 12 แผ่น นำมาประกอบ ดังแสดงในภาพที่ 3.20

ภาพที่ 3.20 ชุดระบายความร้อน

3.6.8 ติดตั้งถังต้มเข้ากับโครงของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ติดตั้งถังต้มเข้ากับฐานหม้อต้มนำฝามาครอบกับหม้อต้มลองด้วยปะเก็นแล้วขันน็อตให้แน่นพร้อมทั้งประกอบฮีตเตอร์กับหม้อต้ม

3.6.9 ติดตั้งชุดควบแน่นเข้ากับโครงของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ติดตั้งอุปกรณ์ควบแน่นเข้ากับโครงเครื่องกลั่นจากนั้นติดตั้งท่อเดินไอลองปะเก็นไว้ที่ท่อเดินไอน้ำทั้ง 3 จุด ขันน็อตให้แน่น

3.6.10 ติดตั้งชุดระบายความร้อนกับโครงของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ติดตั้งชุดระบายความร้อนเข้ากับฐานเครื่องกลั่นประกอบท่อน้ำระหว่างชุดระบายความร้อนกับชุดควบแน่นและปั๊มน้ำ

3.6.11 ติดตั้งชุดควบคุมระบบและอุปกรณ์ของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับตู้ควบคุมและเดินสายไฟเข้ากับฮีตเตอร์และปั๊มน้ำจากนั้นติดตู้กับโครงเครื่องกลั่น

3.7 อุปกรณ์เครื่องมือประกอบการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด

3.7.1 เครื่องวัดอุณหภูมิ แบบแสดงผลแบบไม่ใช่ตัวเลขหรือแบบปรอท หรือ แบบเข็มหน้าปัด โดยเครื่องวัดอุณหภูมิประเภทนี้ ความแม่นยำจะน้อยกว่าแบบดิจิตอล (Digital

Thermometer) แต่จะมีข้อดีในเรื่องความทนทาน และ ราคาประหยัดใช้วัดอุณหภูมิความร้อนของไอน้ำจากถังต้มและอุณหภูมิน้ำชุดระบายความร้อนน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 3.21

ภาพที่ 3.21 เครื่องวัดอุณหภูมิ

3.7.2 เหยือกน้ำวัดปริมาตรผลิตจาจากพลาสติกใส ฝาปิดหมุนอิสระปิดปากเหยือกป้องกันฝุ่นละอองมีหูจับข้างเหยือก 1 หู สำหรับบรรจุเครื่องดื่มสีใส ปริมาตรความจุ 2,200 มิลลิลิตร ขนาด 100 X 225 มิลลิเมตร ใช้บรรจุน้ำหาค่าวัดค่าวัดปริมาตร ดังแสดงในภาพที่ 3.22

ภาพที่ 3.22 เหยือกน้ำวัดปริมาตร

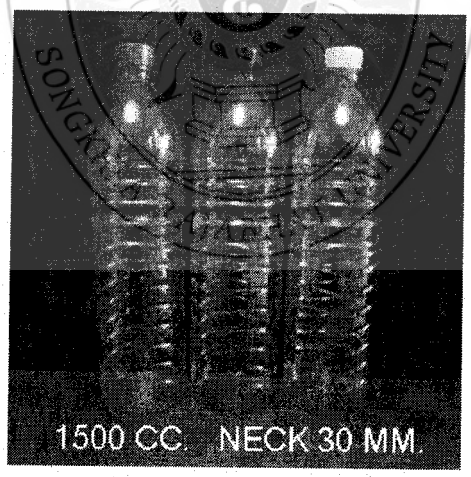
3.7.3 ที่กรองชาแบบผ้า ทำจากผ้าใยธรรมชาติ มีด้ามจับทำจากเส้นลวดสเตนเลส ใช้กรองน้ำแยกกากชาหรือสิ่งสกปรกภายในน้ำออก ดังแสดงในภาพที่ 3.23

ภาพที่ 3.23 ที่กรองชาแบบผ้า

3.7.4 น้ำส้มสายชูตาลโตนดหมัก โดยบรรจุไว้ในไหดินเผา มีสีน้ำตาลเข้ม ใช้เวลาหมักประมาณ 1 เดือนขึ้นไป ใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองเครื่องกลั่น ดังแสดงในภาพที่ 3.24

ภาพที่ 3.24 น้ำส้มสายชูตาลโตนด

3.7.5 ขวดบรรจุน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ได้จากการกลั่น สำหรับบรรจุน้ำดื่ม ดื่มเย็น ผลิตจากพลาสติก ฝาปิดแบบเกลียวหมุน ขนาดความจุ 1,500 มิลลิลิตร ยาว 30 มิลลิเมตร ใช้บรรจุน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่กลั่นแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 3.20

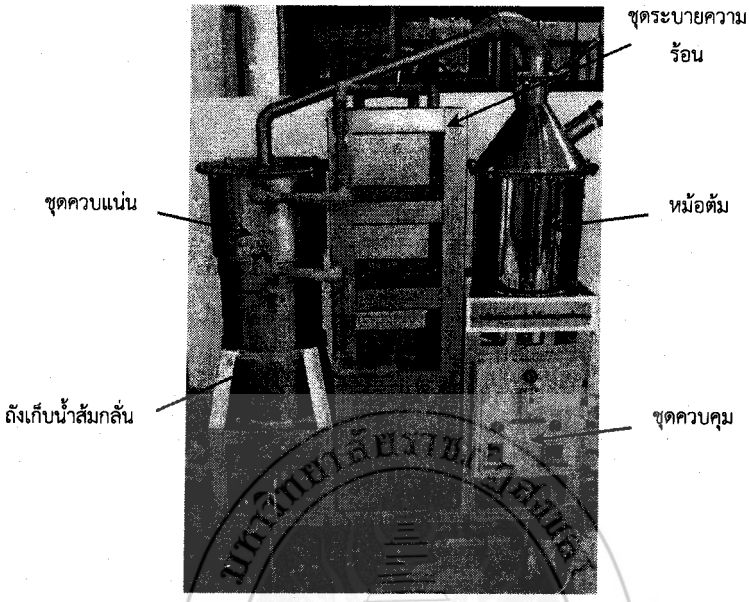


ภาพที่ 3.25 ขวดบรรจุน้ำส้มสายชูตาลโตนดกลั่น

3.8 เครื่องต้นแบบสำหรับกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดหมัก

ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดตามขอบเขตของและวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ นำมาทดสอบเครื่องเบื้องต้นเพื่อทำการแก้ไขข้อบกพร่อง ทดสอบการทำงาน เพื่อนำไปหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง และพิจารณาผลของน้ำส้มที่ได้จากการกลั่นเปรียบเทียบกับเกณฑ์

มาตรฐาน มผช. ว่าอยู่ในข้อกำหนดหรือไม่ โดยมีลักษณะและส่วนประกอบสำคัญของเครื่อง แสดงดังภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 เครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดหมัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

เพื่อหาความสามารถและประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำส้มตาลโตนดที่ได้สร้างขึ้น ผู้วิจัยได้นำเครื่องมาทดสอบกลั่นน้ำส้มตาลโตนด กำหนดปริมาณในการกลั่น 3 ระดับคือ ปริมาณน้ำส้ม 3 ลิตร 5 ลิตร และ 10 ลิตร เพื่อหาปริมาณน้ำส้มกลั่นที่ได้ และหาอัตราการกลั่นอย่างต่อเนื่อง เวลา อุณหภูมิ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ เพื่อทราบถึงผลที่ได้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องให้มีประสิทธิภาพต่อไปในภายหน้ามีผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

4.1 การทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 3 ลิตร

ทำการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด โดยใช้น้ำส้มสายชูตาลโตนดหมัก ประมาณ 3 เดือน มาเป็นวัตถุดิบในการทดลอง ต้องนำวัตถุดิบที่ได้มากรองตะกอนออกด้วยผ้าขาวที่มีเนื้อผ้าละเอียดและสะอาด ต้องกรองอย่างน้อย 2 ครั้ง ในการทดลองครั้งนี้ต้องใช้น้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักทั้งหมด 5.5 ลิตร โดยใช้น้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักในการทดลอง 3 ลิตร อีกส่วนใช้ใส่ก้นถัง 2.5 ลิตร เช็คตัวเครื่องให้พร้อมใช้งาน

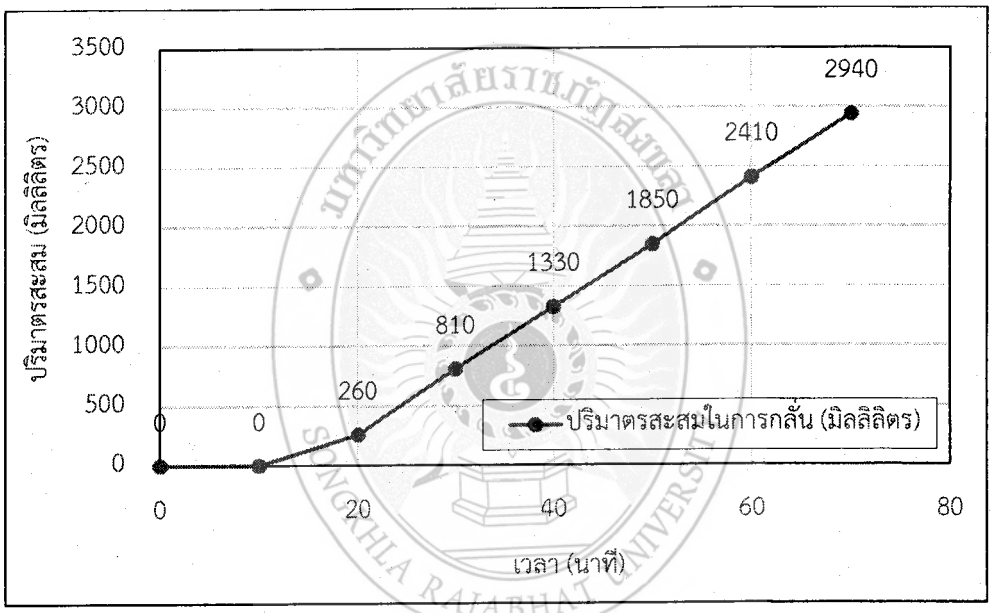
จากตารางที่ 4.1 ผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดปริมาตร 3 ลิตร ผลการตรวจจาก SEC.PSU. ได้ระบุความเข้มข้นของกรดอะซิติกเฉลี่ย 4.6% โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ได้ผลการทดลองดังนี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น 70 นาที ปริมาณที่กลั่นได้ทั้งหมด 2,940 มิลลิลิตร มีอัตราการกลั่นเฉลี่ย 42 มิลลิลิตรต่อนาที มีอุณหภูมิในการกลั่นเฉลี่ย 104.15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของถังควบแน่นมีค่าเฉลี่ย 33.85 องศาเซลเซียส ค่าความดันต่ำกว่า 1 บาร์

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดปริมาตร 3 ลิตร

เวลาในการกลั่น (นาที)	ปริมาตรที่กลั่นได้ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรสะสมในการกลั่น (มิลลิลิตร)	อุณหภูมิในการกลั่น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิของน้ำจากถังควบแน่น (องศาเซลเซียส)	ความดันไอน้ำ (บาร์)
0	0	0	31	30	0
10	0	0	101	31	0
20	260	260	107	32	0
30	550	810	105	34	0
40	520	1330	104	35	0
50	520	1850	104	35	0
60	560	2410	104	34	0
70	530	2940	104	36	0

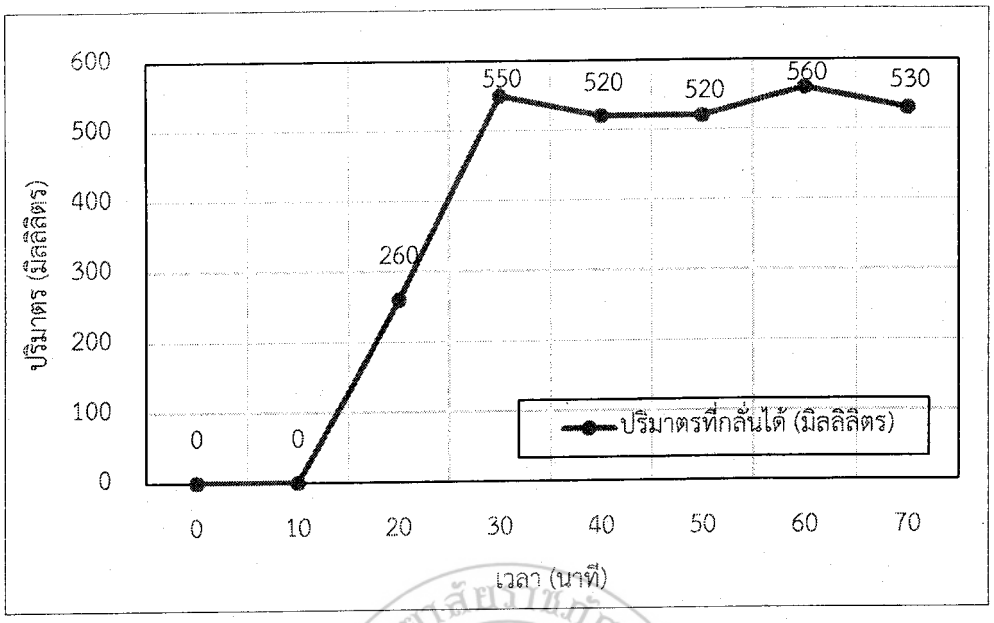
หมายเหตุ ปริมาตรน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ใส่ในถังต้ม 5.5 ลิตร โดยจะใช้ในการกลั่น 3 ลิตร ส่วนที่เหลืออีก 2.5 ลิตร จำเป็นต้องใส่ไว้ไม่น้อยกว่า 2 ลิตร เพื่อให้สามารถมองเห็นลูกลอยได้ในระดับต่ำสุด เพื่อป้องกันน้ำส้มสายชูหมักในถังต้มแห้งขณะที่กลั่น เพราะส่งผลให้ฮีตเตอร์เสียและอาจจะทำให้เครื่องเสียและส่งผลให้ผู้ใช้งานเสี่ยงต่ออันตรายได้

4.1.1 ปริมาตรสะสมน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่กลั่นได้ จากผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 3 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นกราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของปริมาตรสะสมในการกลั่นกับเวลาในการกลั่น ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 3 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง ใช้เวลา 70 นาที ได้ปริมาตรสะสมที่กลั่นได้ 2,940 มิลลิลิตร



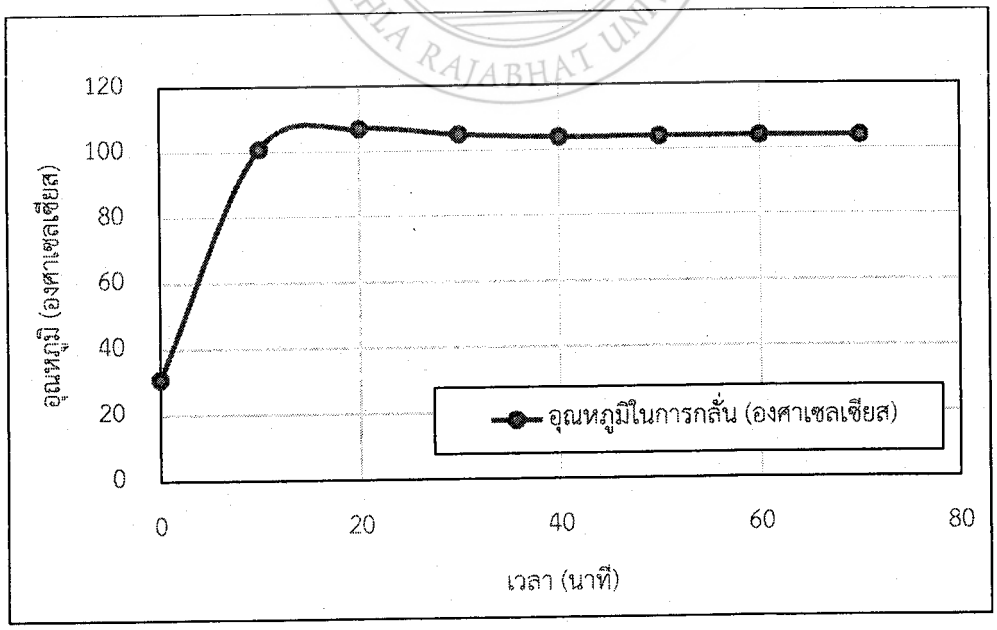
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงปริมาตรสะสมของผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด 3 ลิตร

4.1.2 ปริมาตรน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่กลั่นได้จากผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 3 ลิตร ดังแสดงในตาราง 4.1 สามารถเขียนกราฟได้ ดังแสดงในภาพ 4.2 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของปริมาตรในการกลั่นกับเวลาในการกลั่น ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 3 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง กลั่นได้มากที่สุด คือ ปริมาตร 560 มิลลิลิตร ที่ช่วงเวลา 60 นาที โดยจะเริ่มควบแน่นหลังจากกลั่นไปได้ 10 นาที



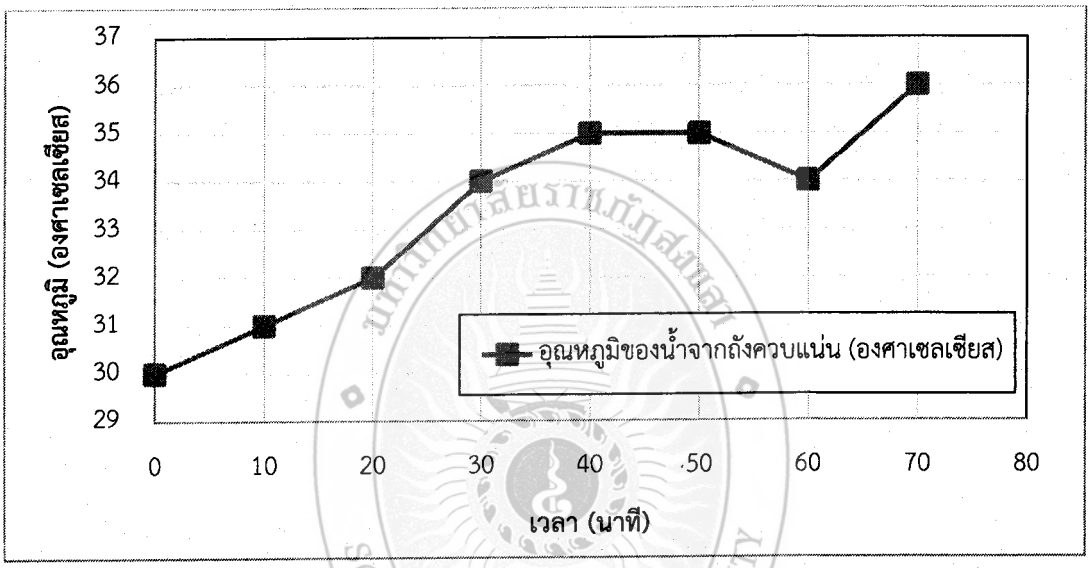
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรการกลั่นกับเวลาของการกลั่น 3 ลิตร

4.1.3 อุณหภูมิที่กลั่นในถังต้มแสดงผลด้วยจอดิจิตอล จากผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 3 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.1 สามารถเขียนกราฟได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการกลั่นกับเวลาในการกลั่น ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 3 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง อุณหภูมิที่กลั่นขึ้นสูงสุด 107 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่กลั่นเฉลี่ยอยู่ที่ 104 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิในการกลั่นจะเริ่มคงที่หลังเปิดเครื่องได้ 20 นาที



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการกลั่นกับเวลาของการกลั่น 3 ลิตร

4.1.4 อุณหภูมิของน้ำจากถังควบแน่นโดยใช้ปั๊มดูดน้ำให้ไหลเวียน เข้า – ออก ถังควบแน่นอยู่ตลอดเวลาวัดในการกลั่นได้บันทึกข้อมูลผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 3 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.1 สามารถเขียนกราฟได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการระบายความร้อนของถังควบแน่นในระหว่างที่กลั่นกับเวลาในการกลั่น ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 3 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง มีอุณหภูมิที่กลั่นขึ้นสูงสุด 36 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่กลั่นเฉลี่ยอยู่ที่ 33.85 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของน้ำในถังควบแน่นจะเพิ่มขึ้นเรื่อย เมื่อเริ่มเปิดเครื่องกลั่น



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำของถังควบแน่นกับเวลาการกลั่น 3 ลิตร

4.2 การทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 5 ลิตร

ทำการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด โดยใช้น้ำส้มสายชูตาลโตนดหมัก ประมาณ 5 เดือน มาเป็นวัตถุดิบในการทดลอง ต้องนำวัตถุดิบที่ได้มากรองตะกอนออกด้วยผ้าขาวที่มีเนื้อผ้าละเอียดและสะอาด ต้องกรองอย่างน้อย 2 ครั้ง ในการทดลองครั้งนี้ต้องใช้น้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักทั้งหมด 7.5 ลิตร โดยใช้น้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักในการทดลอง 5 ลิตร อีกส่วนใช้ใส่ก้นถัง 2.5 ลิตร เช็คตัวเครื่องให้พร้อมใช้งาน หลังจากนั้นนำน้ำส้มสายชูหมักที่เตรียมไว้ใส่ ลงในถังต้มจึงจะทำการเปิดเครื่อง (ให้เปิดเครื่องหลังจากใส่น้ำส้มสายชูหมักเสร็จแล้วเท่านั้น) และจดบันทึกผลการทดลอง

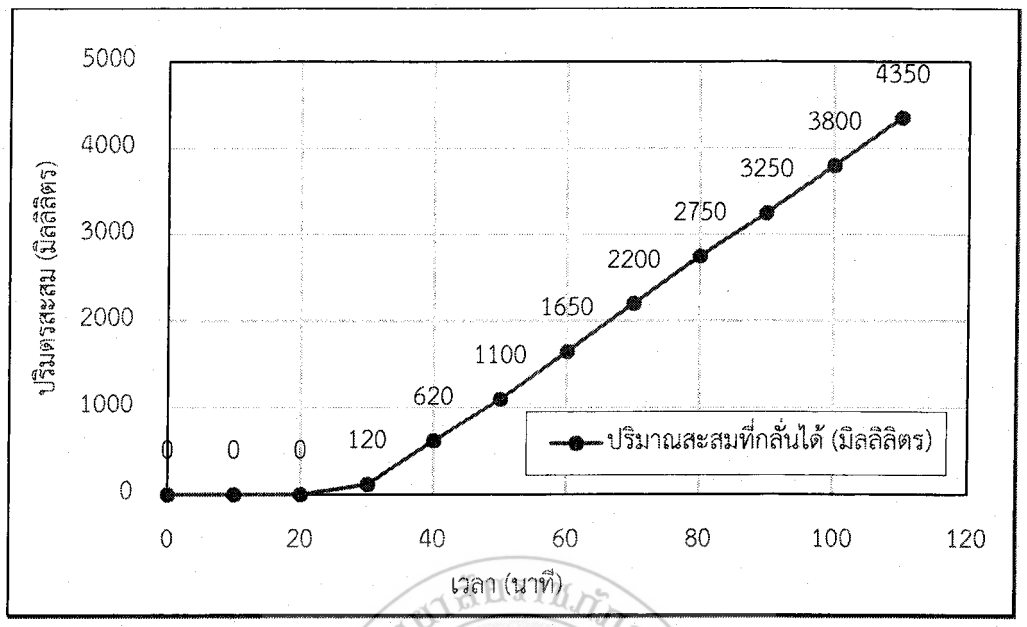
จากตารางที่ 4.2 ผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด ปริมาณ 5 ลิตร ที่ความเข้มข้นของกรดอะซิติก 4.6% โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ได้ผลการทดลองดังนี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น 110 นาที ปริมาณที่กลั่นได้ทั้งหมด 4,950 มิลลิลิตร มีอัตราการกลั่นเฉลี่ย 45 มิลลิลิตรต่อนาที มีอุณหภูมิในการกลั่นเฉลี่ย 103.46 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของถังควบแน่นมีค่าเฉลี่ย 35.90 องศาเซลเซียส ค่าความดันต่ำกว่า 1 บาร์

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดปริมาตร 5 ลิตร

เวลาในการกลั่น (นาที)	ปริมาตรที่กลั่นได้ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรสะสมในการกลั่น (มิลลิลิตร)	อุณหภูมิในการกลั่น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิของน้ำจากถังควบแน่น (องศาเซลเซียส)	ความดันไอน้ำ (บาร์)
0	0	0	35	32	0
10	0	0	101	32	0
20	120	120	103	33	0
30	500	620	103	34	0
40	480	1100	103	35	0
50	550	1650	104	35	0
60	550	2200	104	36	0
70	550	2750	104	37	0
80	500	3250	104	38	0
90	550	3800	104	38	0
100	550	4350	104	38	0
110	600	4950	104	39	0

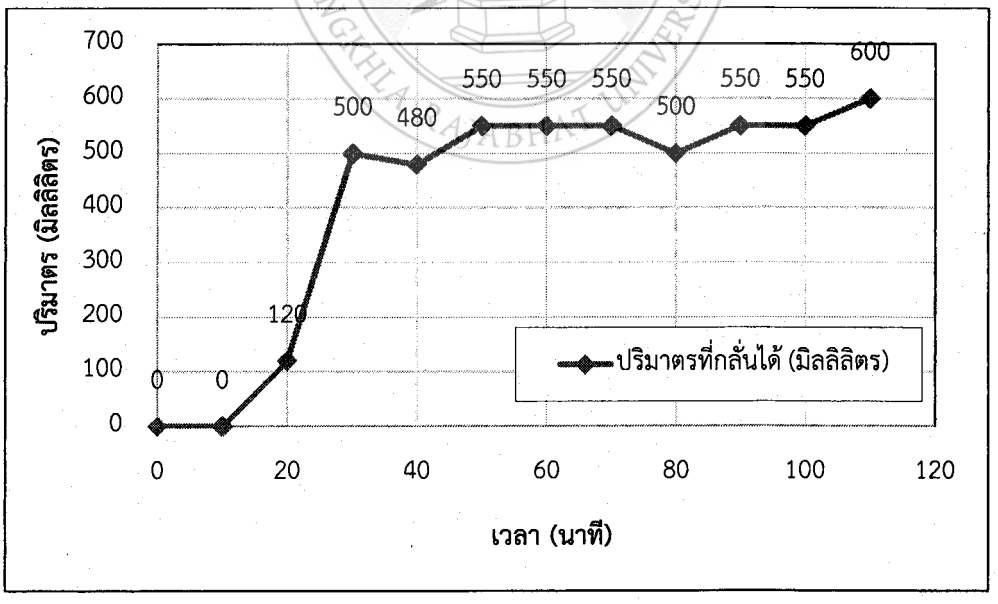
หมายเหตุ ปริมาตรน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ใส่ในถังต้ม 7.5 ลิตร โดยจะใช้ในการกลั่น 5 ลิตร ส่วนที่เหลืออีก 2.5 ลิตรจำเป็นต้องใส่ไว้ไม่น้อยกว่า 2 ลิตร เพื่อให้สามารถมองเห็นลูกลอยได้ในระดับต่ำสุด เพื่อป้องกันน้ำส้มสายชูหมักในถังต้มแห้งขณะที่กลั่น เพราะส่งผลให้ฮีตเตอร์เสียและอาจจะทำให้เครื่องเสียและส่งผลต่อให้ผู้ใช้งานเสี่ยงต่ออันตรายได้

4.2.1 ปริมาตรสะสมน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่กลั่นได้ จากผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 5 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สามารถเขียนกราฟได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.5 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของปริมาตรสะสมในการกลั่นกับเวลาในการกลั่น ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 5 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง ใช้เวลา 110 นาที ได้ปริมาตรสะสมที่กลั่นได้ 4,950 มิลลิลิตร



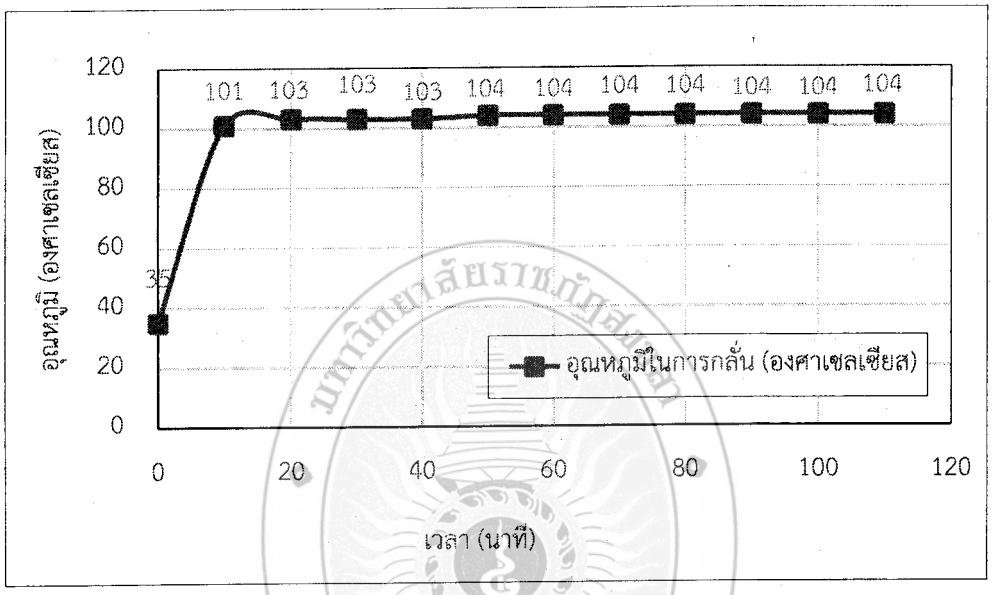
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงปริมาตรสะสมของผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด 5 ลิตร

4.2.2 ปริมาตรน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่กลั่นได้จากผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 5 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สามารถเขียนกราฟได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.6 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของปริมาตรในการกลั่นกับเวลาในการกลั่น ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 5 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง กลั่นได้มากที่สุด คือ ปริมาตร 600 มิลลิลิตร ที่ช่วงเวลา 110 นาที โดยจะเริ่มควบแน่นหลังจากกลั่นไปได้ 20 นาที



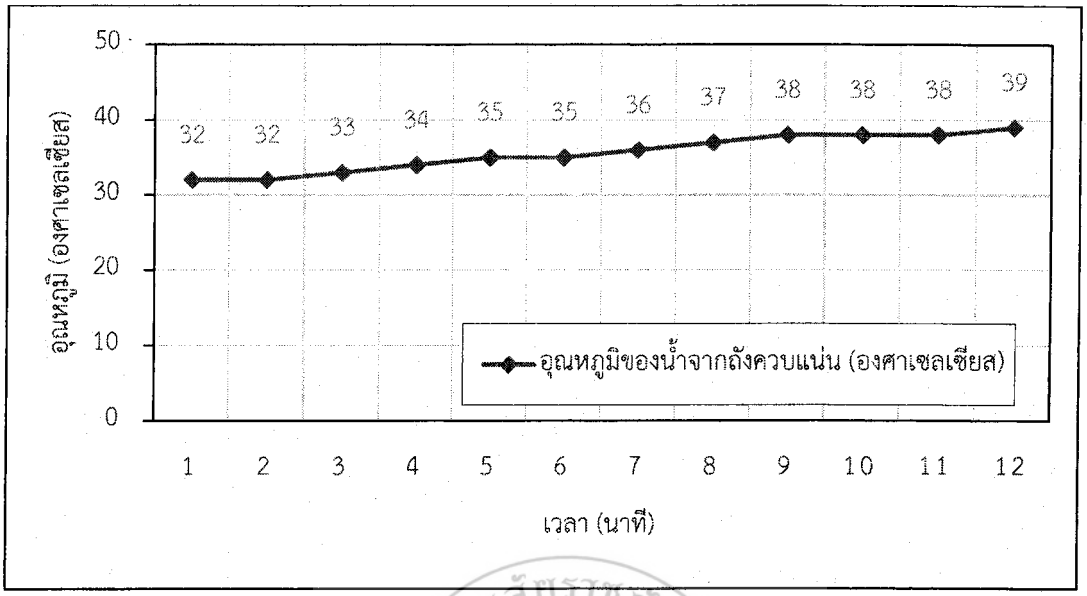
ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรการกลั่นกับเวลาของการกลั่น 5 ลิตร

4.2.3 อุณหภูมิที่กลั่นในถังต้มแสดงผลด้วยจอดิจิตอล จากผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 5 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สามารถเขียนกราฟได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการกลั่นกับเวลาในการกลั่น ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 5 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง อุณหภูมิที่กลั่นขึ้นสูงสุด 104 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่กลั่นเฉลี่ยอยู่ที่ 103.36 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของการกลั่นคงที่หลังจากเปิดเครื่องได้ 20 นาที



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการกลั่นกับเวลาของการกลั่น 5 ลิตร

4.2.4 อุณหภูมิของน้ำจากถังควบแน่นโดยใช้ปั๊มดูดน้ำให้ไหลเวียน เข้า–ออก ถังควบแน่นอยู่ตลอดเวลาวัดในการกลั่นได้บันทึกข้อมูลผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 5 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สามารถเขียนกราฟได้ ดังแสดงในภาพ 4.8 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการระบายความร้อนของถังควบแน่นในระหว่างที่กลั่นกับเวลาในการกลั่น ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 5 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง มีอุณหภูมิที่กลั่นขึ้นสูงสุด 39 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่กลั่นเฉลี่ยอยู่ที่ 35.90 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของน้ำในถังควบแน่นจะเพิ่มขึ้นเรื่อย เมื่อเริ่มเปิดเครื่องกลั่น



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำของถังควบแน่นกับเวลาการกลั่น 5 ลิตร

4.3 การทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 10 ลิตร

การทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด โดยใช้น้ำส้มสายชูตาลโตนดหมัก ประมาณ 3 เดือน มาเป็นวัตถุดิบในการทดลอง ต้องนำวัตถุดิบที่ได้มากรองตะกอนออกด้วยผ้าขาวที่มีเนื้อผ้าละเอียดและสะอาด ต้องกรองอย่างน้อย 2 ครั้ง ในการทดลองครั้งนี้ต้องใช้น้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักทั้งหมด 12.5 ลิตร โดยใช้น้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักในการทดลอง 10 ลิตร อีกส่วนใช้ใส่ก้นถัง 2.5 ลิตร เช็คตัวเครื่องให้พร้อมใช้งาน หลังจากนั้นนำน้ำส้มสายชูหมักที่เตรียมไว้ใส่ ลงในถังต้มจึงจะทำการเปิดเครื่อง (ให้เปิดเครื่องหลังจากใส่น้ำส้มสายชูหมักเสร็จแล้วเท่านั้น) และจดบันทึกผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด ปริมาณ 10 ลิตร ที่ความเข้มข้นของกรดอะซิติก 4.6% โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ได้ผลการทดลองดังนี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น 230 นาที ปริมาณที่กลั่นได้ทั้งหมด 9,970 มิลลิลิตร มีอัตราการกลั่นเฉลี่ย 43.35 มิลลิลิตรต่อนาที มีอุณหภูมิในการกลั่นเฉลี่ย 103.65 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของถังควบแน่นมีค่าเฉลี่ย 34.78 องศาเซลเซียส ความดันต่ำกว่า 1 บาร์

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดปริมาตร 10 ลิตร

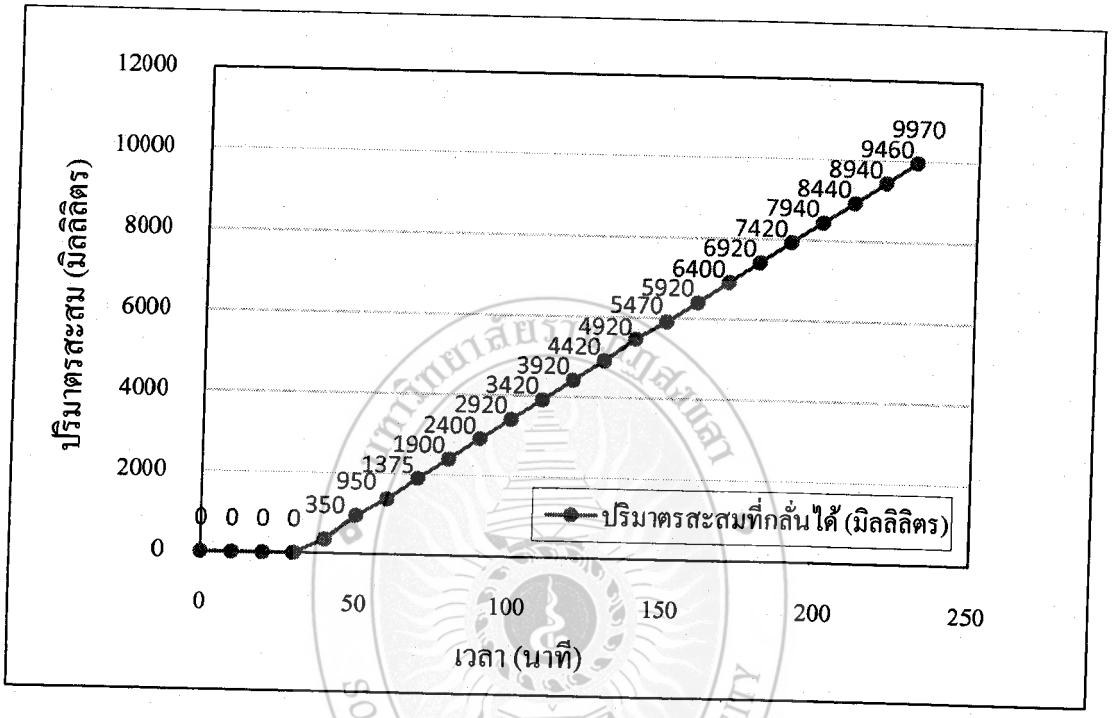
เวลาในการกลั่น (นาที)	ปริมาตรที่กลั่นได้ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรสะสมในการกลั่น (มิลลิลิตร)	อุณหภูมิในการกลั่น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิของน้ำจากถังควบแน่น (องศาเซลเซียส)	ความดันไอน้ำ (บาร์)
0	0	0	30	30	0
10	0	0	90	30	0
20	0	0	95	30	0

เวลาในการกลั่น (นาที)	ปริมาตรที่กลั่นได้ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรสะสมในการกลั่น (มิลลิลิตร)	อุณหภูมิในการกลั่น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิของน้ำจากถังควบแน่น (องศาเซลเซียส)	ความดันไอน้ำ (บาร์)
30	0	0	103	30	0
40	350	350	104	31	0
50	600	950	106	32	0
60	425	1375	105	33	0
70	525	1900	106	34	0
80	500	2400	106	35	0
90	520	2920	105	36	0
100	500	3420	106	36	0
110	500	3920	105	36	0
120	500	4420	105	36	0
130	500	4920	105	37	0
140	550	5470	105	36	0
150	450	5920	104	36	0
160	480	6400	104	36	0
170	520	6920	104	36	0
180	500	7420	104	36	0
190	520	7940	104	36	0
200	500	8440	104	36	0
210	500	8940	105	37	0
220	520	9460	105	37	0
230	510	9970	104	38	0

หมายเหตุตารางที่ 4.3 ปริมาตรน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ใส่ในถังต้ม 12.5 ลิตร โดยจะใช้ในการกลั่น 10 ลิตร ส่วนที่เหลืออีก 2.5 ลิตรจำเป็นต้องใส่ไว้ไม่น้อยกว่า 2.5 ลิตร เพื่อให้สามารถมองเห็นลูกลอยได้ในระดับต่ำสุด เพื่อป้องกันน้ำส้มสายชูหมักในถังต้มแห้งขณะที่กลั่น เพราะจะส่งผลให้ฮีตเตอร์เสียและอาจจะทำให้เครื่องเสียส่งผลต่อผู้ใช้งานเสี่ยงต่ออันตรายได้

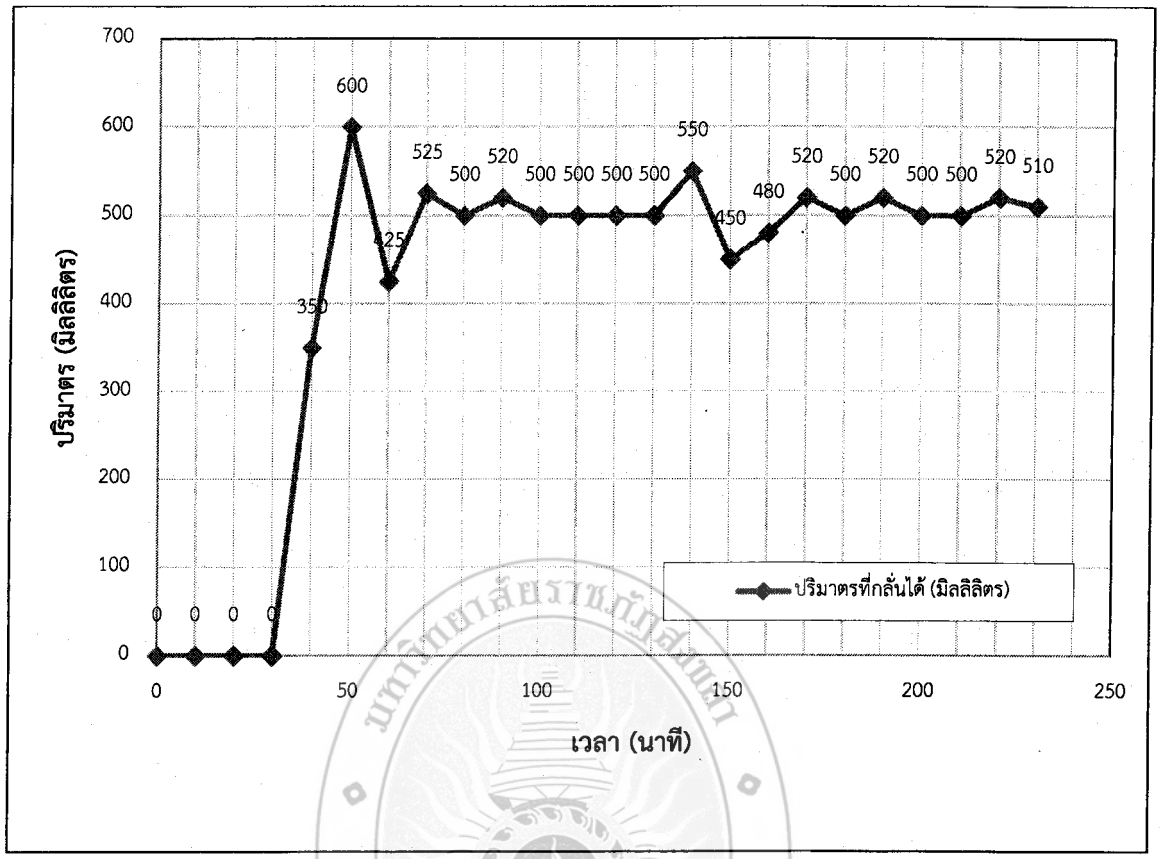
จากตารางที่ 4.3 ผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด ปริมาณ 10 ลิตร ที่ความเข้มข้นของกรดอะซิ-ติก 4.6% โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ได้ผลการทดลองดังนี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น 230 นาที ปริมาณที่กลั่นได้ทั้งหมด 9,970 มิลลิลิตร มีอัตราการกลั่นเฉลี่ย 43.35 มิลลิลิตรต่อนาที มีอุณหภูมิในการกลั่นเฉลี่ย 103.65 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของถังควบแน่นมีค่าเฉลี่ย 34.78 องศาเซลเซียส ความดันต่ำกว่า 1 บาร์

4.3.1 ปริมาตรสะสมน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่กลั่นได้ จากผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 10 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.3 สามารถเขียนกราฟได้ ดังแสดงในภาพ 4.9 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของปริมาตรสะสมในการกลั่นกับเวลาในการกลั่น ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 10 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง ใช้เวลา 230 นาที ได้ปริมาตรสะสมที่กลั่นได้ 9,970 มิลลิลิตร



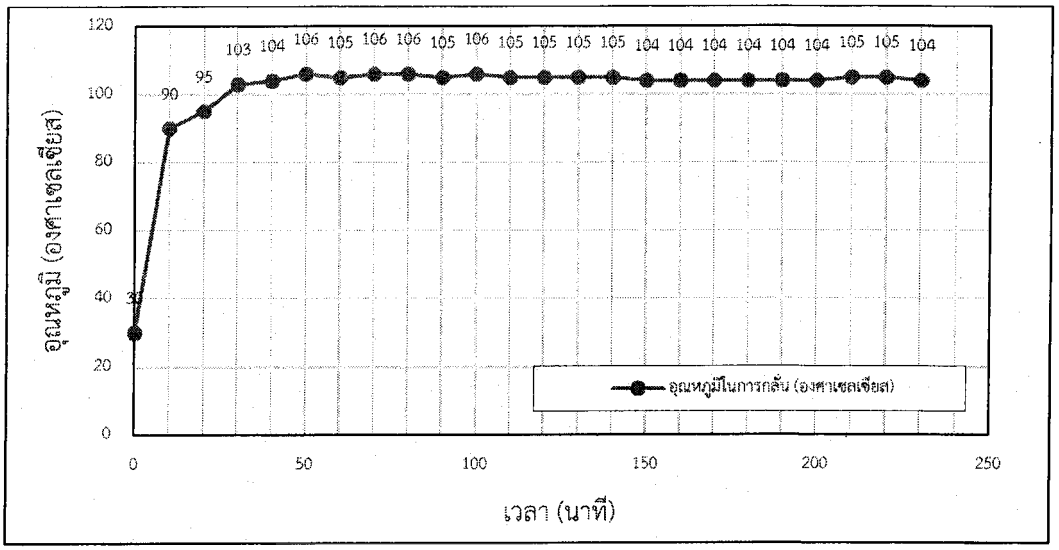
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงปริมาตรสะสมของผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด 10 ลิตร

4.3.2 ปริมาตรน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่กลั่นได้จากผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 10 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สามารถเขียนกราฟได้ดังแสดงในภาพที่ 4.10 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของปริมาตรในการกลั่นกับเวลาในการกลั่น ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 10 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง กลั่นได้มากที่สุด คือ ปริมาตร 600 มิลลิลิตร ที่ช่วงเวลา 50 นาที โดยจะเริ่มควบแน่นหลังจากกลั่นไปได้ 30 นาที



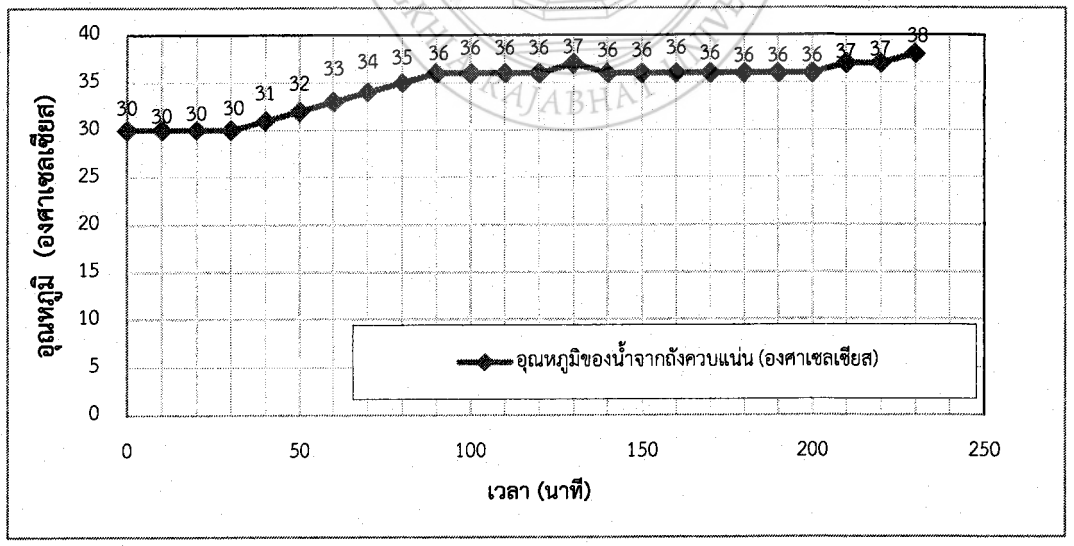
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรการกลั่นกับเวลาของการกลั่น 10 ลิตร

4.3.3 อุณหภูมิที่กลั่นในถังต้มแสดงผลด้วยจอดิจิตอล จากผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 10 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สามารถเขียนกราฟได้ ดังแสดงในภาพ 4.11 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการกลั่นกับเวลาในการกลั่น ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 10 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง อุณหภูมิที่กลั่นขึ้นสูงสุด 106 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่กลั่นเฉลี่ยอยู่ที่ 103.65 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของการกลั่นคงที่หลังจากเปิดเครื่องได้ 20 นาที



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการกลั่นกับเวลาของการกลั่น 10 ลิตร

4.3.4 อุณหภูมิของน้ำจากถังควบแน่นโดยใช้ปั๊มดูดน้ำให้ไหลเวียน เข้า–ออก ถังควบแน่นอยู่ตลอดเวลาวัดในการกลั่นได้บันทึกข้อมูลผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 10 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.3 สามารถเขียนกราฟได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.12 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการระบายความร้อนของน้ำในถังควบแน่นในระหว่างที่กลั่นกับเวลาในการกลั่น ของการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ปริมาตร 10 ลิตร ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทดลอง มีอุณหภูมิที่กลั่นขึ้นสูงสุด 38 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่กลั่นเฉลี่ยอยู่ที่ 34.78 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของน้ำในถังควบแน่นจะเพิ่มขึ้นเรื่อย เมื่อเริ่มเปิดเครื่องกลั่น



ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำของถังควบแน่นกับเวลาการกลั่น 10 ลิตร

4.4 คำนวณต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

เพื่อพิจารณาต้นทุนที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิต ที่เกิดจากวัตถุดิบ ค่าไฟฟ้า ผลิตผลหลังผลิต เปรียบเทียบราคาขายโดยทั่วไปจากท้องตลาด พิจารณาได้ดังต่อไปนี้

4.4.1 งบประมาณในการดำเนินโครงการสร้างเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดมีค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 60,000 บาท (พิจารณาจากงบประมาณที่ได้รับจากทุนวิจัย)

4.4.2 ราคาวัตถุดิบน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ จำหน่ายราคา 6.5 บาท/ลิตร โดยใช้ตัวอย่างของการทดลองกลั่นที่ 5 ลิตร ในการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบต่อชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการกลั่น 5 ลิตร ใช้เวลากลั่น 110 นาที

ได้ ต้นทุนวัตถุดิบ/ชั่วโมง = 5,000 (มิลลิลิตร/110 นาที) x 60 นาที

= 2,727 มิลลิลิตร/ชั่วโมง

ดังนั้น ต้นทุนค่าวัตถุดิบ คือ 2.727 ลิตร/ชั่วโมง x 6.5 บาท/ลิตร = 17.7255 บาท/ชั่วโมง

4.4.3 จากการกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่ปริมาตร 5 ลิตร กลั่นได้ 4,950 มิลลิลิตร ใช้เวลา 110 นาที ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ได้อัตราการกลั่น/ชั่วโมง = 4,950 มิลลิลิตร/110 นาที) x 60 นาที

= 2,700 มิลลิลิตร/ชั่วโมง

ดังนั้น รายได้ คือ 2.700 ลิตร/ชั่วโมง x 72 บาท/ลิตร เท่ากับ 194.4 บาท/ชั่วโมง

4.4.4 คำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยชั่วโมงดังนี้

- ชุดฮีตเตอร์ (3,000 W, 220 v)

ค่าไฟฟ้า = (กำลังไฟฟ้า 3,000 w x 1 ชั่วโมง)/1,000

= 3 หน่วย/ชั่วโมง x ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (กฟภ.)

= 3 หน่วย/ชั่วโมง x 3.82 บาท/หน่วย

= 11.46 บาท/ชั่วโมง

- ปั๊มน้ำ

ค่าไฟฟ้า = (กำลังไฟฟ้า 100 w x 1 ชั่วโมง)/1,000

= 0.1 หน่วย/ชั่วโมง x ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (กฟภ.)

= 0.1 หน่วย/ชั่วโมงx 3.82 บาท/หน่วย

= 0.39 บาท/ชั่วโมง

รวมปริมาณค่าใช้จ่ายไฟฟ้าจากฮีตเตอร์และปั๊ม คือ 11.46+0.39 = 11.842 บาท

ดังนั้น รวมค่าใช้จ่ายของค่าวัตถุดิบ (ข้อ 4.4.2) และค่าไฟฟ้ารวม (ข้อ 4.4.4) คือ

17.73+11.842 เท่ากับ 29.57 บาท/ชั่วโมง

4.4.5 คำนวณรายได้ที่ได้เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งชั่วโมงจากการแปรสภาพน้ำส้มโตนดหมักเป็นน้ำส้มโตนดกลั่นแสดงได้ดังนี้

- น้ำส้มสายชูหมักที่วางจำหน่ายตามทางตลาด 700 มิลลิลิตร ราคา 50 บาท (ยี่ห้อHEINZ VINEGAR) คือ 0.0714 บาท/มิลลิลิตร

- รายได้ที่ได้จากการกลั่นต่อหนึ่งชั่วโมง

กำไร = (2,700 มิลลิลิตร/ชั่วโมง) x (0.0714 บาท/มิลลิลิตร)

= 194.4 บาท/ชั่วโมง

ดังนั้นรายได้ที่ได้เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งชั่วโมง คือ 194.79 บาท/ชั่วโมง

4.5 คำนวณจุดคุ้มทุน

เพื่อให้สามารถหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนต้องทราบจุดคุ้มทุนเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดในหนึ่งวันสมมุติให้มีการกลั่น 8 ชั่วโมง พิจารณาต้นทุนที่ใช้คำนวณได้จาก

- รายได้ที่ได้เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งชั่วโมง คือ 194.4 บาท/ชั่วโมง (ข้อมูลจากข้อ 4.4.3)
- ค่าไฟฟ้าและค่าวัตถุดิบทั้งหมด 29.57 บาท/ชั่วโมง (ข้อมูลจากข้อ 4.4.4)
- ค่าใช้จ่ายที่ส่วนการสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนด 35,000 บาท (พิจารณาจากงบประมาณที่ใช้ในดำเนินการโดยประมาณราคา)

จุดคุ้มทุน = ผลรวมต้นทุนคงที่/(กำไร-ค่าใช้จ่ายแปรผัน)

N = F/(P-V)

= (35,000 บาท)/(194.4–29.57 บาท/ชั่วโมง)

= 212.34 ชั่วโมง (ประมาณ 213 ชั่วโมง)

ระยะเวลาที่สามารถคืนทุน = (213 ชั่วโมง)/(8 ชั่วโมง/วัน)

= 26.625 วัน (ประมาณ 27 วัน)

ดังนั้นสรุป เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด ระยะเวลาที่สามารถคืนทุนได้ คือ 213 ชั่วโมง มีจุดคุ้มทุนเมื่อสมมุติให้มีการกลั่น 8 ชั่วโมงต่อวันเท่ากับ 26.625 วัน หรือประมาณ 27 วัน

4.5.1 คำนวณแสดงรายละเอียดค่าใช้จ่ายของจุดคุ้มทุนตามระยะเวลาคืนทุน

- ระยะเวลาที่สามารถคืนทุน = 213 ชั่วโมง
- ค่าดำเนินการสร้างเครื่องน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนด 35,000 บาท (ค่าใช้จ่ายในส่วนของเครื่องจักรที่สร้าง)

4.5.1.1 ปริมาตรวัตถุดิบที่ใช้ คือ 2.727 ลิตร/ชั่วโมง (ข้อมูลจากข้อ 4.4.2) ใช้เวลากลั่น 365 ชั่วโมง (ข้อมูลจากข้อ 4.5.1)

จะได้ 2.727 x 213 เท่ากับ 580.85 ลิตร/ชั่วโมง

ดั้งนั้น ปริมาตรวัตถุดิบที่ใช้ 213 ชั่วโมง คือ 580.85 ลิตร/ชั่วโมง

4.5.1.2 ค่าใช้จ่ายของค่าวัตถุดิบ คือ 6.5 บาท (ข้อมูลจากข้อ 4.4.2) ปริมาตรวัตถุดิบที่ใช้ คือ 580.85 ลิตร/ชั่วโมง (ข้อมูลจากข้อ 4.5.1.1) ใช้เวลากลั่น 213 ชั่วโมง (ข้อมูลจากข้อ 4.5.1)

จะได้ 6.5 x 580.85 เท่ากับ 3,775.53 บาท

ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของค่าวัตถุดิบใช้เวลากลั่น 213 ชั่วโมง คือ 3,775.53 บาท

4.5.1.3 ค่าไฟฟ้าฮีตเตอร์และปั๊ม คือ 11.842 บาท (ข้อมูลจากข้อ 4.4.4) ในเวลากลั่น 213 ชั่วโมง (ข้อมูลจากข้อ 4.5.1)

จะได้ 11.842 x 213 เท่ากับ 2522.346 บาท

ดังนั้น ต้นทุนค่าไฟฟ้าฮีตเตอร์และปั๊มใช้เวลากลั่น 213 ชั่วโมง คือ 2522.346 บาท

4.5.1.4 ปริมาตรที่กลั่นได้ 2,700 มิลลิลิตร/ชั่วโมง (ข้อมูลจากข้อ 4.4.3) ในเวลากลั่น 213 ชั่วโมง (ข้อมูลจากข้อ 4.5.1)

จะได้ 2,700 x 213 เท่ากับ 575,100 มิลลิลิตร

ดังนั้น ปริมาตรที่กลั่นได้ในเวลากลั่น 213 ชั่วโมง คือ 575,100 มิลลิลิตร

4.5.1.5 จุดคุ้มทุนจากจำนวนที่กลั่นได้ (ข้อมูลจากข้อ 4.5.1.4) ราคา 0.072 บาท/มิลลิลิตร (จากราคาจำหน่ายทั่วไป 70 บาท/ลิตร) ในเวลากลั่น 213 ชั่วโมง (ข้อมูลจากข้อ 4.5.1)

จะได้ 575,100x 0.072 เท่ากับ 41407.2 บาท

จุดคุ้มทุนจากจำนวนที่กลั่นได้ในเวลากลั่น 213 ชั่วโมง คือ 41,407.2 บาท

เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดใช้วัตถุดิบ 906 ลิตร หากจำหน่ายน้ำส้มสายชูตาลโตนดที่กลั่นราคา 72 บาท/ลิตร ระยะเวลาที่สามารถคืนทุนได้ คือ 213 ชั่วโมง เมื่อสมมุติให้มีการกลั่น 8 ชั่วโมงต่อวันเท่ากับ โดยประมาณ 27 วัน ถึงจุดคุ้มทุน ได้เงินทั้งหมด 41,407.2 บาท นำมาหักค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าไฟฟ้า 3,932 บาท และค่าวัตถุดิบน้ำส้มสายชู 5,885 บาท และค่าเครื่องน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนด 35,000 บาท

4.6 ผลการตรวจน้ำส้มสายชูตาลโตนด

ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจสอบน้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักก่อนการทดลอง

ลำดับที่	ตัวอย่าง	ปริมาณกรดอะซิติก (mg/L)
1	น้ำส้มสายชูตาลโตนด	1,104.24 ± 84.55 mg/L

หมายเหตุ ผลการตรวจผิดพลาดเนื่องจากเครื่องไม่สามารถตรวจสิ่งที่มีแอลกอฮอล์ได้ จึงต้องระเหยออกไป ทำให้น้ำส้มสายชูมีค่ากรดอะซิติกผิดพลาด

ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจสอบน้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักก่อนการทดลองเปรียบเทียบกับ มผช.

น้ำส้มสายชูตาลโตนดก่อนกลั่น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชู	
พารามิเตอร์	ผลการทดสอบ ± SD. (mg/L)	พารามิเตอร์	ผลการทดสอบ ±SD. (mg/L)
ตะกั่ว	< LOQ	ตะกั่ว	ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม

น้ำส้มสายชูตาลโตนดก่อนกลั่น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชู	
พารามิเตอร์	ผลการทดสอบ ± SD. (mg/L)	พารามิเตอร์	ผลการทดสอบ ±SD. (mg/L)
สารหนู	< LOQ	สารหนู	ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม
เหล็ก	11.60 ± 0.160 mg/L	เหล็ก	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม
ทองแดง	0.23 ± 0.002 mg/L	ทองแดง	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม
สังกะสี	0.84 ± mg/L	สังกะสี	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม

จากตารางที่ 4.5 แสดงผลการตรวจสอบน้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักก่อนการทดลองเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชู (มผช.) พบปริมาณของเหล็กเกินค่ามาตรฐาน มผช. เกินไป 1 mg/L อันเนื่องมาจากในกระบวนการทดสอบเครื่องที่ใช้ในการทดสอบไม่สามารถแยกค่าตรวจสอบได้ละเอียดจึงได้ผลที่ออกมาไม่ตรงกับค่าจริง ในส่วนการทดสอบส่วนผสมที่เป็นเหล็กและ ค่า <LOQ (limit of quantitation) คือ ความเข้มข้นต่ำจนไม่สามารถหาปริมาณสารได้

ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจสอบกรดอะซิติกน้ำส้มสายชูตาลโตนดกลั่นจากการทดลอง

ลำดับที่	ตัวอย่าง	ปริมาณกรดอะซิติก (mg/L)
1	น้ำส้มสายชูตาลโตนด	46,098.65 ± 39.41 mg/L

จากตารางที่ 4.6 ผลการตรวจสอบปริมาณกรดอะซิติกน้ำส้มสายชูตาลโตนดกลั่นจากการทดลองตารางที่ 4.6 พบปริมาณกรดอะซิติก 4.6 กรัม/100 mg ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐาน มผช.

ตารางที่ 4.7 ผลการตรวจสารประกอบน้ำส้มสายชูตาลโตนดหลังกลั่นเปรียบเทียบกับ มผช.

น้ำส้มสายชูตาลโตนดหลังการกลั่น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชูหมัก	
พารามิเตอร์	ผลการทดสอบ ± SD. (mg/L)	พารามิเตอร์	ผลการทดสอบ ±SD. (mg/L)
ตะกั่ว	0.024 ± 0.0037 mg/L	ตะกั่ว	ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม
สารหนู	0.320 ± 0.0071 mg/L	สารหนู	ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม
เหล็ก	4.570 ± 0.0379 mg/L	เหล็ก	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม
ทองแดง	0.029 ± 0.0033 mg/L	ทองแดง	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม
สังกะสี	0.089 ± 0.0016 mg/L	สังกะสี	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม

จากตารางที่ 4.7 แสดงผลการตรวจสอบน้ำส้มสายชูตาลโตนดหมักหลังการทดลองเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชู (มผช.) พบปริมาณสารประกอบผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐาน มผช.

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบสารประกอบน้ำส้มสายชูตาลโตนดก่อนกลั่นกับหลังกลั่น

น้ำส้มสายชูตาลโตนดก่อนกลั่น		**น้ำส้มสายชูตาลโตนดหลังกลั่น**	
พารามิเตอร์	**ผลการทดสอบ ± SD. (mg/L)**	**ผลการทดสอบ ±SD. (mg/L)**	**พารามิเตอร์**
ตะกั่ว	< LOQ	0.024 ± 0.0037 mg/L	ตะกั่ว
สารหนู	< LOQ	0.320 ± 0.0071 mg/L	สารหนู
เหล็ก	11.60 ± 0.160 mg/L	4.570 ± 0.0379 mg/L	เหล็ก
ทองแดง	0.23 ± 0.002 mg/L	0.029 ± 0.0033 mg/L	ทองแดง
สังกะสี	0.84 ± mg/L	0.089 ± 0.0016 mg/L	สังกะสี

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบสารประกอบน้ำส้มสายชูตาลโตนดก่อนกลั่นกับหลังกลั่น พบว่า ปริมาณสารประกอบของน้ำส้มสายชูก่อนกลั่นพบเหล็กเกินค่ามาตรฐาน มผช. เกินไป 1 mg/L และ พบค่า <LOQ (limit of quantitation) คือ ความเข้มข้นต่ำจนไม่สามารถหาปริมาณสารได้ ส่วนหลังกลั่นปริมาณสารประกอบทั้งหมดผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐาน มผช. แต่น่าจะมีการปนเปื้อนจากการทดลองทำให้พบ สารหนูและตะกั่วเพิ่มขึ้น

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนดต้นแบบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์ในถังต้ม เกิดการระเหยกลายเป็นไอน้ำผ่านทางท่อส่งไอน้ำ ผ่านไปยังถังควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำส้มสายชูกลั่น ผลการทดลองกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด ปริมาตรทำการทดลอง 3 ลิตร 5 ลิตร 10 ลิตร ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น 70 นาที 110 นาที 230 นาที ตามลำดับ ผลการทดลองกลั่น 3 ลิตร ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด มีอัตราการกลั่นเฉลี่ย 42 มิลลิลิตรต่อนาที มีอุณหภูมิในการกลั่นเฉลี่ย 104.15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของถังควบแน่นมีค่าเฉลี่ย 33.85 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิของน้ำในถังควบแน่นอยู่ในช่วง 30-36 องศาเซลเซียส ค่าความดันต่ำกว่า 1 บาร์ จากตารางที่ 4.3 การทดลองกลั่นที่ปริมาตร 10 ลิตร ได้ปริมาตรจากการควบแน่นดีที่สุดที่ 32 องศาเซลเซียส ปริมาตรที่กลั่นน้ำส้มสายชูได้ 600 มิลลิลิตร

จากการตรวจทดสอบของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (SEC.PSU.) ได้ส่งน้ำส้มสายชูตาลโตนดไปตรวจทดสอบ สรุปได้ว่า ผลการทดสอบปริมาณกรดอะซิติก พบว่าปริมาณกรดอะซิติกน้ำส้มสายชูตาลโตนดกลั่นมีกรดอะซิติก 4.6 กรัม/100 mg. ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐาน มผช. ที่กำหนดให้มีค่ากรดอะซิติกมากกว่า 4.0 กรัม/100 mg. แสดงการเปรียบเทียบสารประกอบน้ำส้มสายชูตาลโตนดก่อนกลั่นกับหลังกลั่นพบว่า ปริมาณสารประกอบของน้ำส้มสายชูก่อนกลั่นพบปริมาณเหล็กเกินค่ามาตรฐาน มผช. เกินไป 1 mg/L ส่วนหลังกลั่นปริมาณสารประกอบทั้งหมดผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐาน มผช. แต่น่าจะมีการปนเปื้อนจากการทดลองทำให้พบ สารหนูและตะกั่วเพิ่มขึ้น

ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด กลั่นวัตถุดิบ 906 ลิตร และราคาน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนดที่ใช้ในการกลั่น 70 บาท/ลิตร ระยะเวลาที่สามารถคืนทุนได้ 332 ชั่วโมง กำหนดให้กลั่น 8 ชั่วโมงต่อวัน ได้ 41.5 วัน หรือประมาณ 42 วัน จุดคุ้มทุน คือ 64,552 บาท หัก ค่าไฟฟ้า 3,932 บาท และค่าวัตถุดิบน้ำส้มสายชู 5,887 บาท และค่าเครื่องน้ำส้มสายชูหมักตาลโตนด 60,000 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ตะกอนที่เหลือจากการต้มในหม้อต้มเครื่องกลั่น ควรนำไปทำการแปรรูปให้เกิดประโยชน์ต่อไป

5.2.2 ควรมีการทดสอบความสามารถของเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูหมักกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ว่าดำเนินการได้หรือไม่เพื่อเพิ่มทางเลือกในกระบวนการผลิต

5.2.3 ควรพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำส้มตาลโตนดให้มีขนาดใหญ่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

บรรณานุกรม

[1] อ้อยทิพย์ เกตุเอม. (2547). ภูมิปัญญาชาวบ้านตาลโตนดเพื่อการพัฒนาอาชีพ อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชีมา.

[2] เจือจันทร์ ด้านสืบสกุล. (2546). ศึกษาการผลิตอาหารจากตาลโตนดของชาวบ้านอำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา. ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาไทยคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[3] สงบ ส่งเมือง และชาญณรงค์ เที่ยงธรรม. (2542). สภาพทั่วไปของจังหวัดสงขลา. ในสารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคใต้เล่มที่ 15. หน้า 7585-7588.

[4] เทศบาลตำบลสทิงพระ. กลุ่มหัตถกรรมใยตาลสทิงพระ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.sathingpra.go.th/. 1 เมษายน 2557.

[5] สุวัฒน์ เรืองศิลป์. (2552). การอนุรักษ์ภูมิปัญญาชาวบ้านในการทำน้ำตาลโตนด: กรณีศึกษา บ้านแหลมวัง จังหวัดสงขลา. ศิลปะศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาศิลปะศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

[6] ณัฐกานต์ พิรุณละออง. (2552). การศึกษาและพัฒนางานหัตถกรรมจากตาลโตนดเพื่อพัฒนาอาชีพ อำเภอสทิงพระ ยังหวัดสงขลา. ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[7] กีร์ เทรบุยล์. (2542). ตาลโตนด. ในสารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคใต้ เล่มที่ 6. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสารานุกรมวัฒนธรรมไทย ธนาคารไทยพานิชย์.

[8] เกษตรจังหวัดสงขลา, สำนักงาน. (2542). ตาลโตนดสงขลา. มปท.

[9] ดุษณี ธนะบริพัฒ. (2534). จุลชีววิยาอุตสาหกรรมอาหาร. ภาควิชาวิทยาประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[10] Albright S.N., Kendella. P.A., Avensa. J.S, and Sofosb, J.N. (2003). Pretreatment effect on inactivation of Escherichia coli O157:H7 inoculated beef jerky. Lebensmittel - Wissenschaft Und-Technology. 36: 381-389.

[11] นิตยา แจ่มใส่ และนิตยา ชาโรจน์. (2544). การผลิตน้ำส้มสายชูจากน้ำตาลโตนด. วิทยาศาสตร์บัณฑิต, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร วิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

[12] พจนีย์ ทรัพย์สมาน. (2545). การปรับปรุงคุณภาพอาห้างท้องถิ่นภาคใต้: น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[13] ประยุทธ แก่นทรัพย์. (2551). ภูมิปัญญาท้องถิ่นกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตาลโตนดจังหวัดเพชรบุรี. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวัฒนธรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสาราคาม.

[14] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. (2543). น้ำส้มสายชู. ประกาศ 19 กันยายน 2543. กระทรวงสาธารณสุข.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[15] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2527). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำส้มสายชู ประกาศ 15 มีนาคม 2527. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

[16] กี เทรบูลย์. (2526). ตาลโตนดกับเกษตรกรในเขตอำเภอสทิงพระ. รายงานคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.

[17] Ohler, J.G. (1984). Cocomt: Tree of Life. FAO Plant Product and Protection Paper. No. Rome

[18] Child, R. (1974). Coconuts. 2nd ed. Longman Group LTD. London.

[19] เสาวลักาณ์ จิตรบรรเจิดกุล. (2532). ผลของวัตถุกันบูดต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์จากน้ำตาลโตนด. วารสารสงขลานครินทร์. 11(2-4): 161-165.

[20] Browing, K.C. and Symons,C.T. (1916). Coconut toddy in Ceylon. J. Soc. Che. Ind. 35:1138-1142.

[21] ภิรมณ์ ศรีสวัสดิ์ และอรมเทพ จันทร. (2542). การพัฒนาผลิตภัณฑ์การผลิตกระแช่เมืองเพชรบุรี. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

[22] วราวุฒิ ครูว่องและรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. (2538). เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. บริษัทสำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ , กรุงเทพฯ .

[23] Lipp, M., B.S, Radovic., and E, Anklam. (1998). Characterization of vinegar by pyrolysis-mass spectrometry. Food Control. 9: 349-355.

[24] Ye, X.J., S, Morimura., L.s, Han., T, Shigematsu., and K, Kida. (2004). In vitro evaluation of physiological activity of vinegar produced from barley-, sweet potato-, and rice-shochu post-distillation slurry. Bioscience. Biotechnology. Biochemistry. 68: 551-556

[25] อติพล เจริญสิทธิ์. (2534). การศึกษาเบื้องต้นในการทำน้ำส้มสายชูจากตาลโตนดสด. ปัญหาพิเศษ.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[26] มณชัย เดชสังกรานนท์. (2548). น้ำส้มสายชูหมักจากมะพร้าว . นิตยสาร ชุมทางอาชีพคอลัมน์ เรียนรู้คู่ครัว ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 เดือนเมษายน 2548 หน้า 67-69.

[27] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำสมสายชูหมัก.มอก. 83-2547. กรุงเทพฯ : โพสต์พับลิชชิ่ง.

[28] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://app.tisi.go.th/otop/pdf file /tcps326 _47.pdf . 27 กรกฎาคม 2557

[29] วราวุฒิ ครูส่ง. (2539). การถนอมและแปรรูปอาหารด้วยความร้อน. เอกสารการสอนชุด วิชาการถนอมและการแปรรูปอาหาร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[30] Solieri, L., and P, Giudici. (2007). Yeasts associated to traditional balsamic vinegar: Ecological and technological features. International Journal of Food Microbiology. xx : xxx-xxx.

[31] Arnold, S., Becker, T., Delgado, A., Emde, F., and Enenkel, A. (2002). Optimizing high strength acetic acid bioprocess by cognitive methods in an unsteady state cultivation. Journal of Biotechnology. 97: 133-145

[32] Horiuchi, J.i., T, Kanno., and M, Kibayashi. (1999). New vinegar production from onions. Journal of Bioscience and Bioengineering. 88: 107-109.

[32] Fregapane, G., H, Rubio-Fernandez., and M.D, Salvador. (2003). Continuous production of wine vinegar in bubble column reactor of up to 60-litre capacity. European Food Research Technology. 216: 63-67

[33] Ory, I.D., L.E, Romero., and D, Cantero. (2002). Optimum starting-up protocol of a pilot plant scale acetifier for vinegar production. Journal of Food Engineering. 52: 31-37.

[34] โชคชัย วนภู. (มปป). การหมักและกลั่นแอลกอฮอล์. บทความวิจัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนสุรนารี.

[35] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (2547). การกลั่น. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php?option= com_content& task=view&id=2372&mosmsg. 31 กรกฎาคม 2557.

[36] เดอะโปรเจค แอนด์ แอพพลิเคชั่น เอ็นจิเนียริ่ง. (2553). ไอน้ำ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.tpjeng.com/content-%E0%B9%84%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B9%89 %E0%B8%B3(Steam)-4-1874-69999-1.html. 28 พฤษภาคม 2557

[37] ไออีเอส อิเล็คทริค. ฮีตเตอร์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.heater-heater.com/14394667. 2 มิถุนายน 2557.

[38] ฮากอน. สเตนเลส. (ออนไลน์). (2002). แหล่งที่มา :http://www.hakon.net/interior.htm. 4 มิถุนายน 2557.

[39] วิทยาบุญนอก. (2539). การศึกษาสภาวะการกลั่นน้ำส้มสายชูจากน้ำส้มสายชูหมัก. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมพิเศษ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[40] สุวรรณา ศรีสวัสดิ์. (2540). การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดที่ถูกสุขอนามัยโดยกลุ่มแม่บ้าน. รายงานการวิจัย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

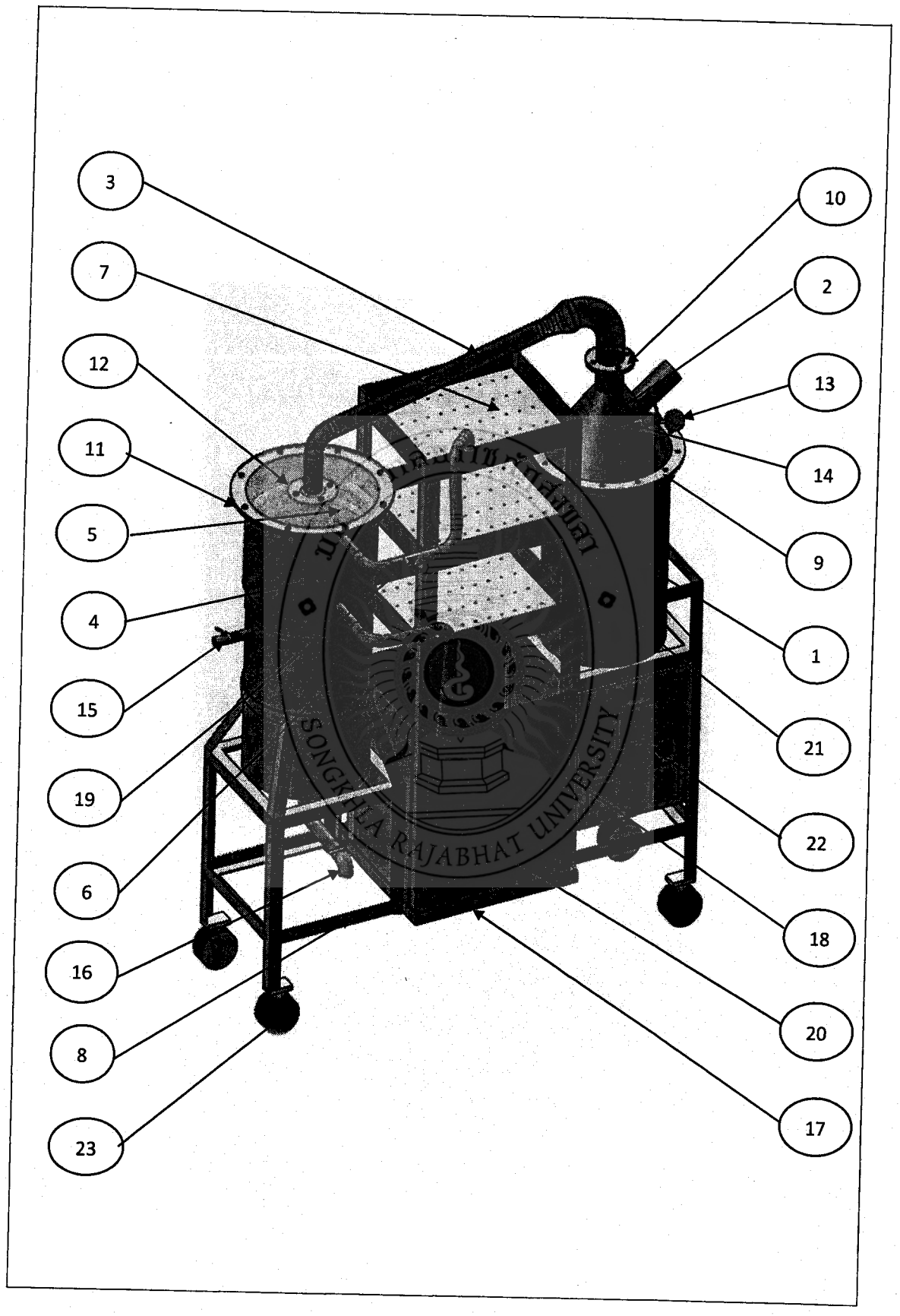
บรรณานุกรม (ต่อ)

[41] จักรวัฒน์ เรืองแรงสกุล (2540). เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูจากต้นจาก. รายงานการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

[42] ประดิษฐ์ ครุวัณณา มาลัย เมืองน้อย ประภา เฟื่องฟูพงศ์ และฉกามาศ วงศ์ข้าหลวง. (2530). การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกและแกนสับปะรด. วารสารอาหาร 17(3) หน้า 137-145.

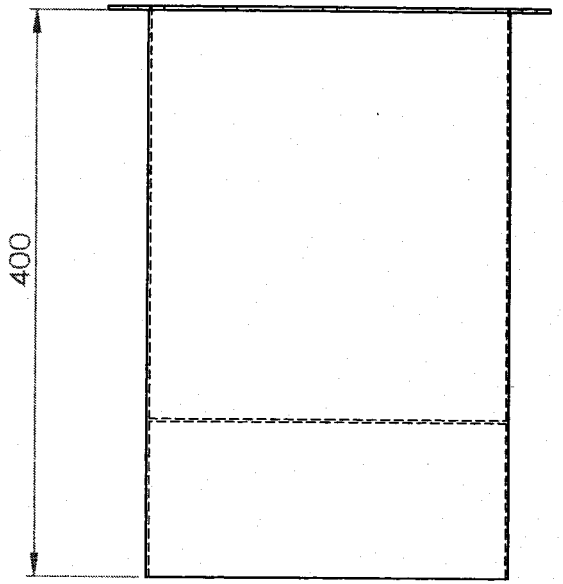
[43] สราวุฒิ สมนาม และวราห์ ธมิกานนท์. (มปป.) เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยต้นแบบประยุกต์จากเครื่องกลั่นสุราพื้นบ้าน. รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

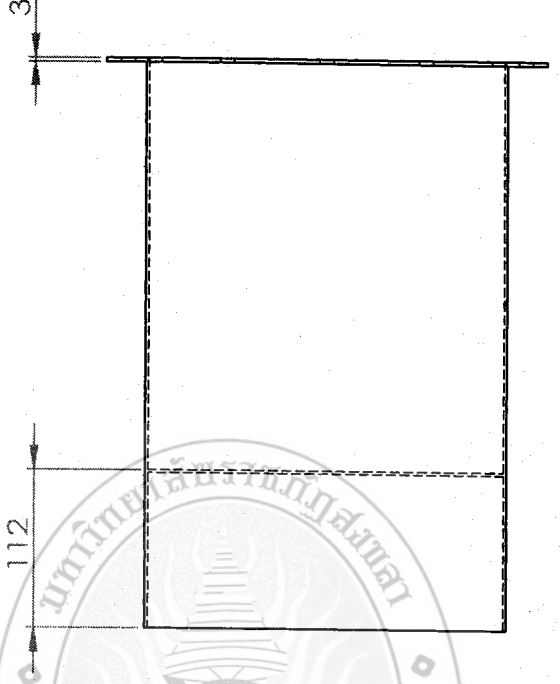
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

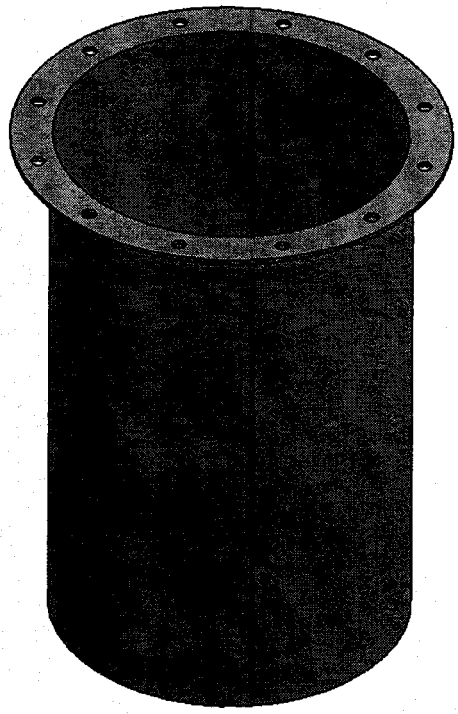

3
7
12
11
5
4
15
19
6
16
8
23
10
2
13
14
9
1
21
22
18
20
17

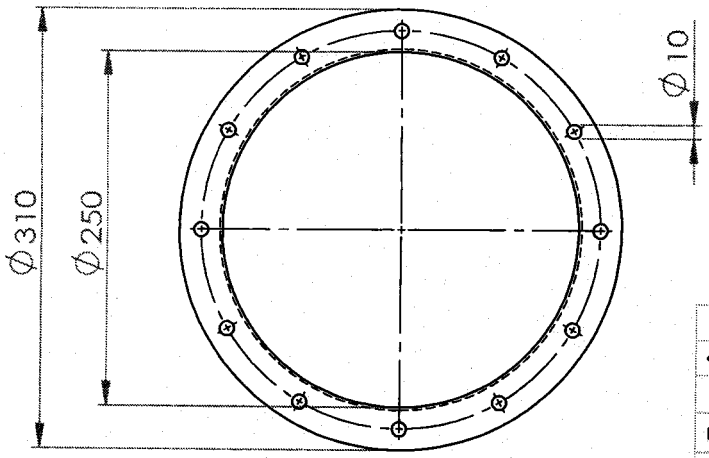
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตรฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
23	ลูกล้อ					4
22	ตู้ควบคุม			PVC.		1
21	ฮีตเตอร์			STL.		1
20	ปั๊มน้ำ					1
19	ท่อน้ำออกชุดระบายความร้อน			PVC.		1
18	ท่อน้ำเข้าชุดระบายความร้อน			PVC.		1
17	ก๊อกน้ำชุดระบายความร้อน			STL.		1
16	ก๊อกน้ำถังเก็บน้ำส้มสายชูตาลโตนดกลั่นแล้ว			STL.		1
15	วาล์วถังเก็บน้ำส้มสายชูตาลโตนดกลั่นแล้ว			STL.		1
14	วาล์วฝาถัง			STL.		1
13	เกจวัดความดันไอน้ำ			STL.		1
12	ปะเก็นท่อควบแน่น			แผ่นยาง		1
11	ปะเก็นถังควบแน่น			แผ่นยาง		1
10	ปะเก็นฝาถัง			แผ่นยาง		1
9	ปะเก็นถังต้ม			แผ่นยาง		1
8	โครงสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด			เหล็กฉาก		1
7	ชุดระบายความร้อนน้ำ			STL.		1
6	ถังเก็บน้ำส้มสายชูตาลโตนดกลั่นแล้ว			STL.		1
5	ท่อควบแน่น			STL.		1
4	ถังควบแน่น			STL.		1
3	ท่อไอน้ำ			STL.		1
2	ฝาครอบถังต้มน้ำส้มสายชูตาลโตนด			STL.		1
1	ถังต้มน้ำส้มสายชูตาลโตนด			STL.		1

ผู้เขียน			ชุดชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด
ผู้ตรวจ			
ผู้ปรับปรุง			สาขาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ออกแบบ			
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	หมายเลขแบบ	แก้ไข
			A4



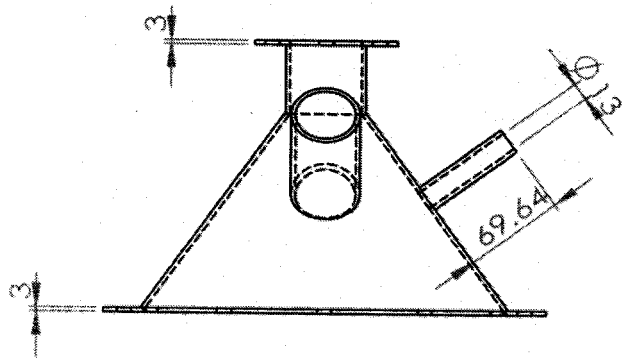


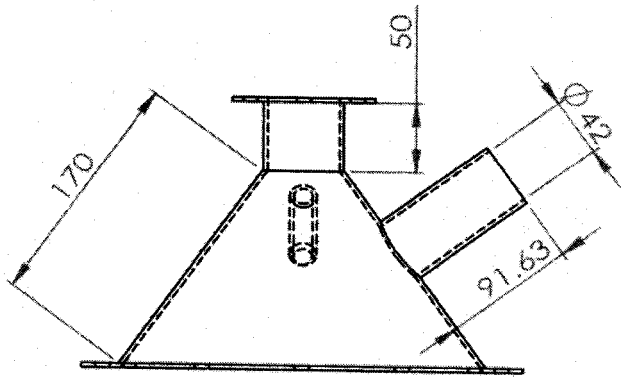


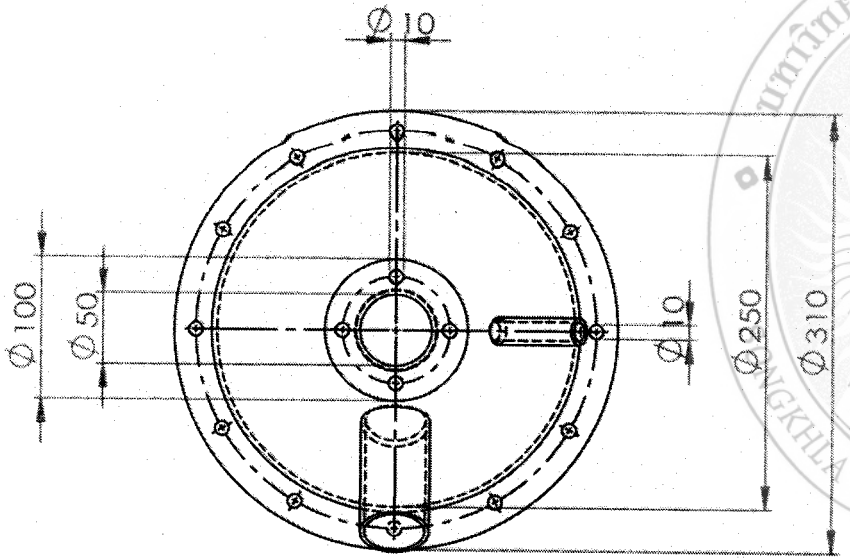


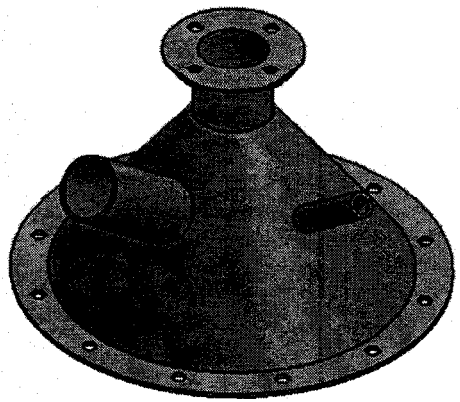
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

1	ถังต้มน้ำส้มสายชูตาลโตนด				STL.		1
ชิ้นที่	รายการ		ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน			ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด			
ผู้ตรวจ							
ผู้ปรับปรุง			สาขาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา				
ผู้ออกแบบ							
มาตราส่วน 1:5	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด		หมายเลขแบบ				แก้ไข
							A4





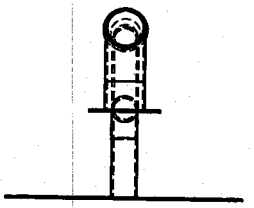


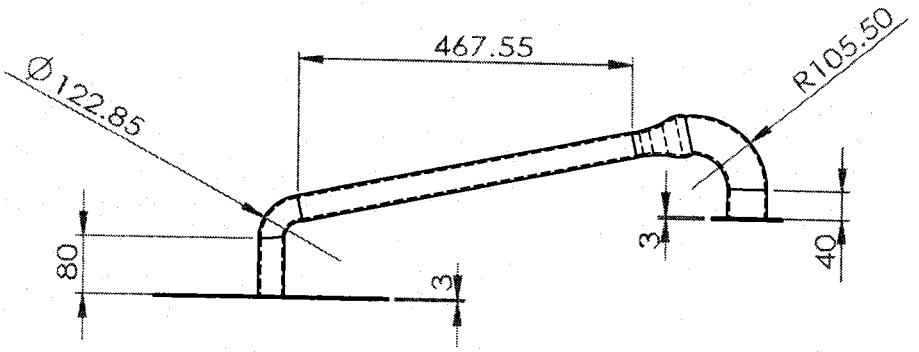


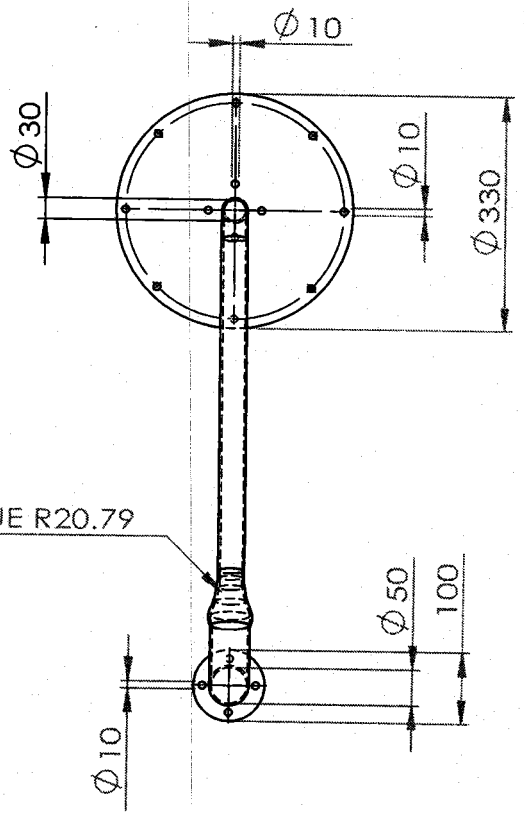
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

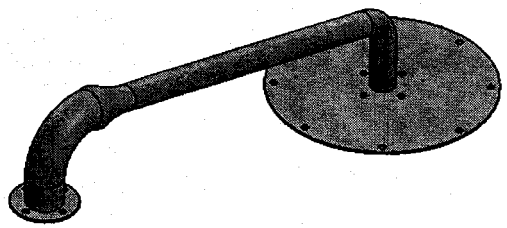
2	ฝาครอบถังต้มน้ำส้มสายชูตาลโตนด			STL.		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน			ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด
ผู้ตรวจ				
ผู้ปรับปรุง			สาขาวิศวกรรมการจัดการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ออกแบบ				
มาตราส่วน 1:5	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด		หมายเลขแบบ	แก้ไข
				A4



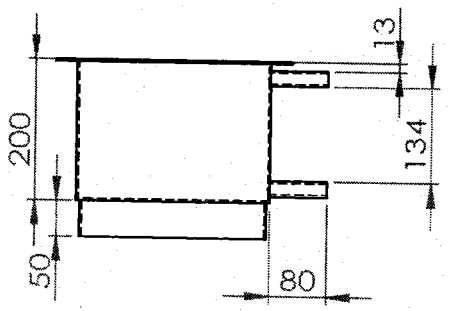


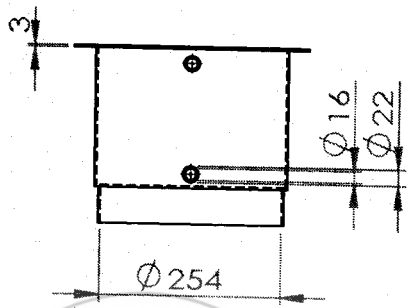


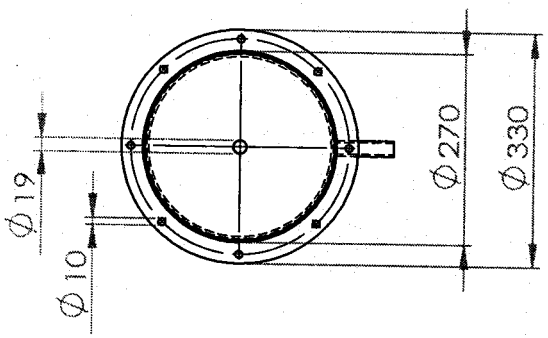


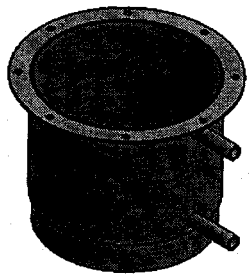
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

3	ท่อไอน้ำ			STL.		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน		ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด			
ผู้ตรวจ						
ผู้ปรับปรุง		สาขาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา				
ผู้ออกแบบ						
มาตราส่วน 1:10	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	หมายเลขแบบ				แก้ไข
						A4





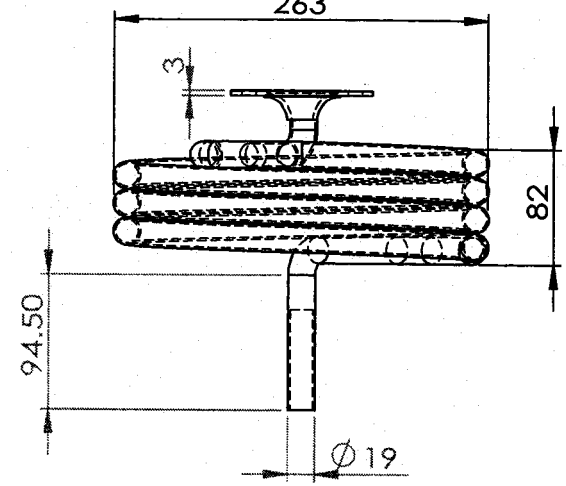


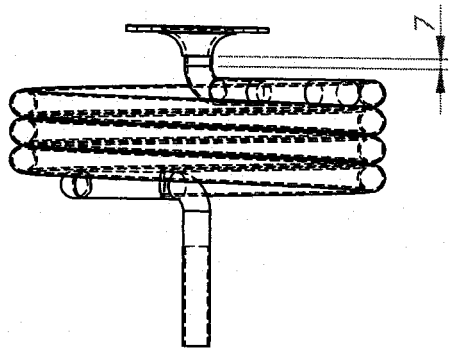


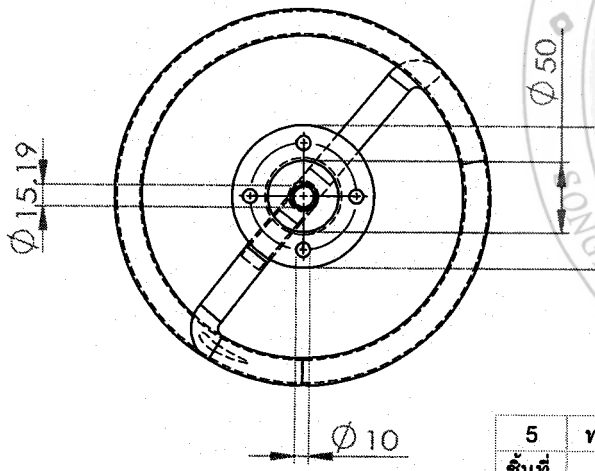
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

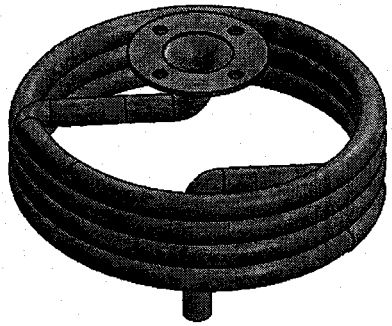
4	ถังควบแน่น			STL.		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน		ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด			
ผู้ตรวจ						
ผู้ปรับปรุง		สาขาวิศวกรรมการจัดการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา			
ผู้ออกแบบ						
มาตราส่วน 1:10	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด	หมายเลขแบบ				แก้ไข
						A4

77





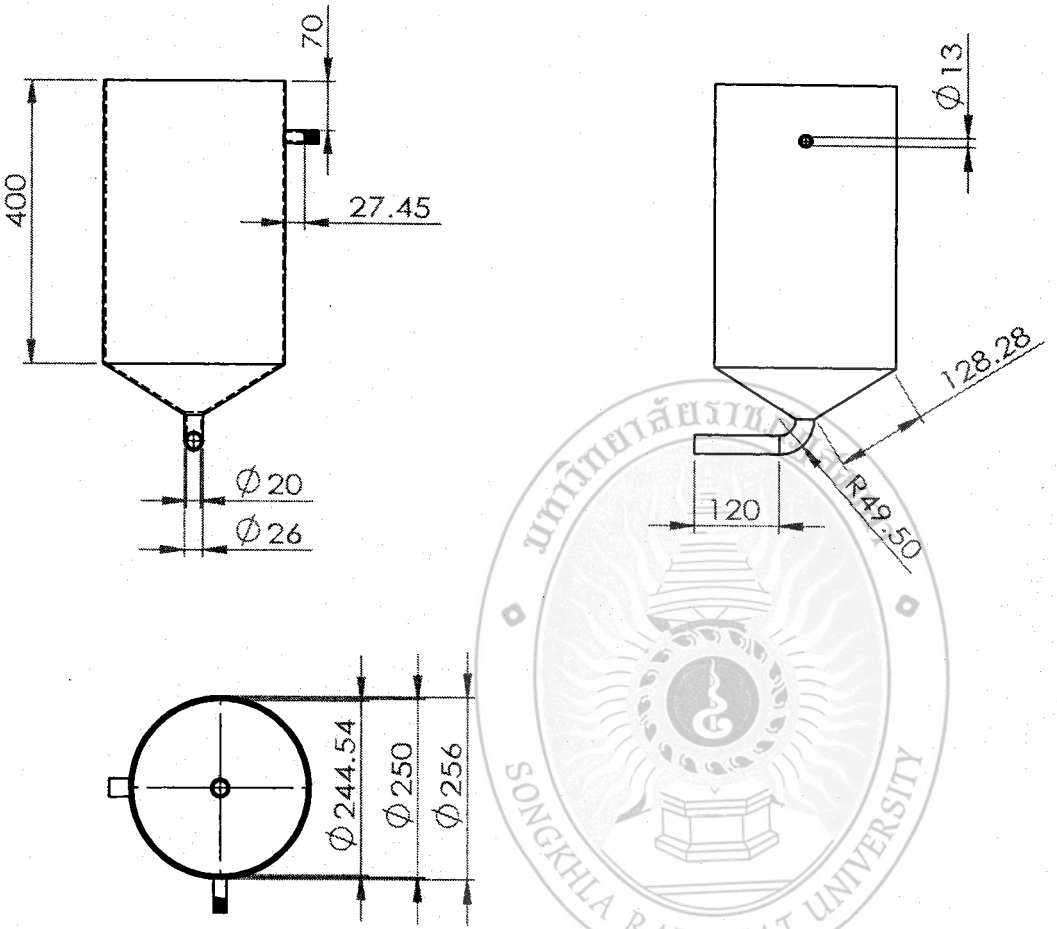


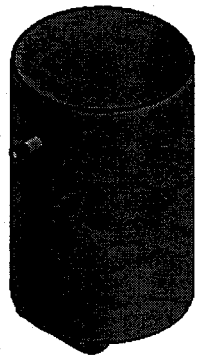


5	ท่อควบแน่น				STL.		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน		วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน			ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด
ผู้ตรวจ				
ผู้ปรับปรุง			สาขาวิศวกรรมการจัดการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ออกแบบ				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน		หมายเลขแบบ	แก้ไข
1:5	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด			A4

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

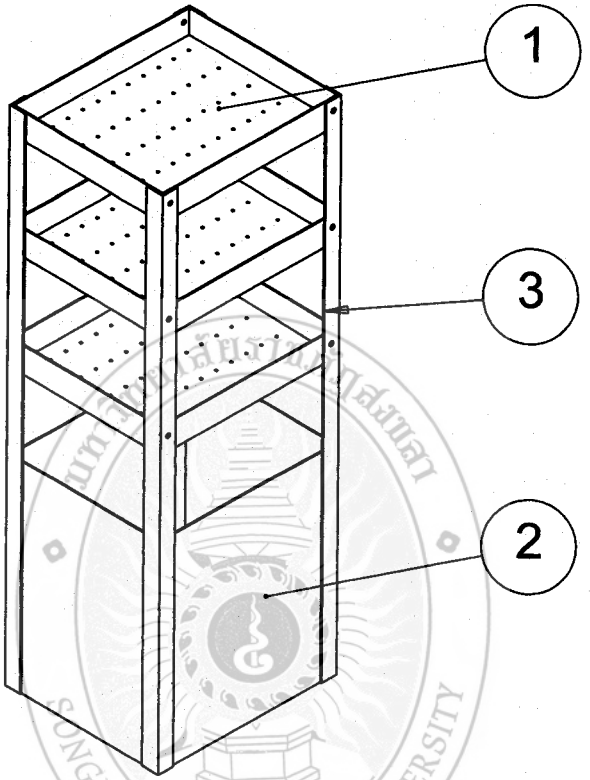




มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

6	ถังเก็บน้ำส้มสายชูตาลโตนดกลั่นแล้ว			STL.		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

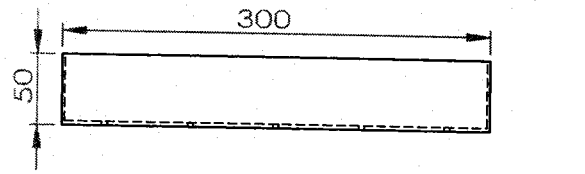
ผู้เขียน			ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด
ผู้ตรวจ				
ผู้ปรับปรุง			สาขาวิศวกรรมการจัดการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ออกแบบ				
มาตราส่วน 1:10	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด		หมายเลขแบบ	แก้ไข
				A4

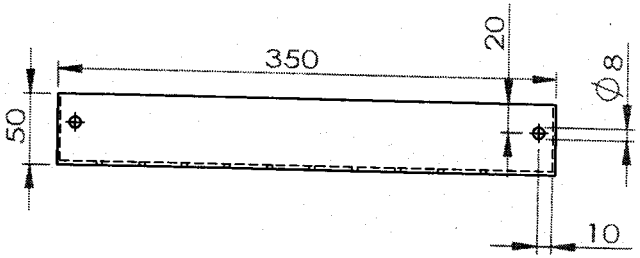


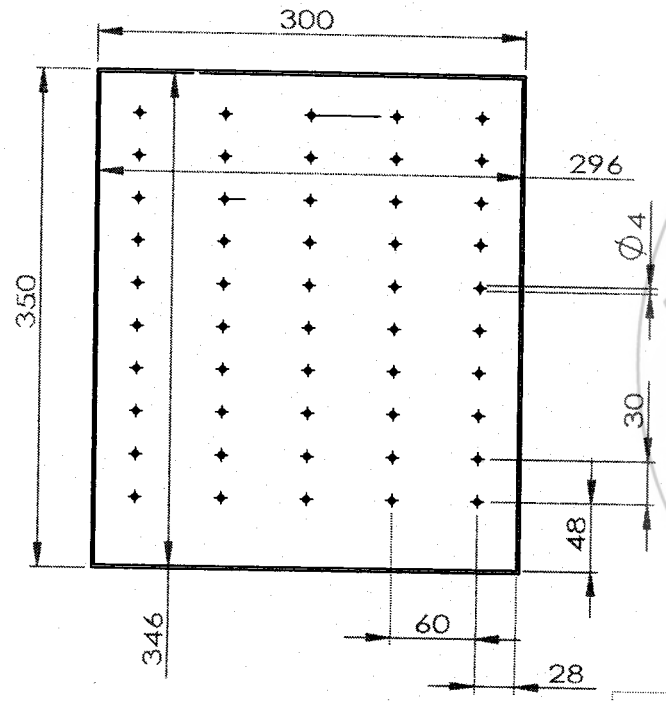
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
3	เสา			STL.		4
2	ถังบรรจุน้ำ			STL.		1
1	ถาดกรองน้ำ			STL.		3

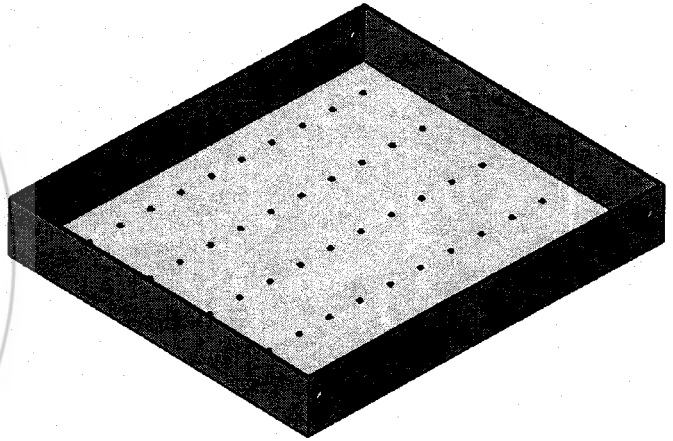
ผู้เขียน		ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด
ผู้ตรวจ			
ผู้ปรับปรุง		สาขาวิศวกรรมการจัดการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ออกแบบ			
มาตราส่วน 1:10	ชื่อชิ้นงาน ชุดระบายความร้อนน้ำ	หมายเลขแบบ	แก้ไข
			A4

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY





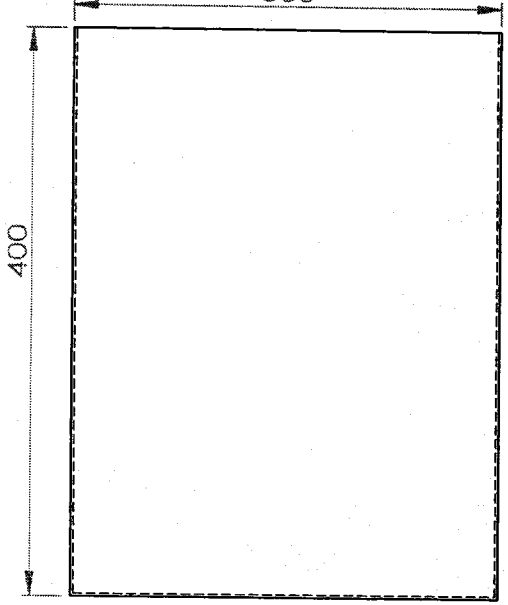


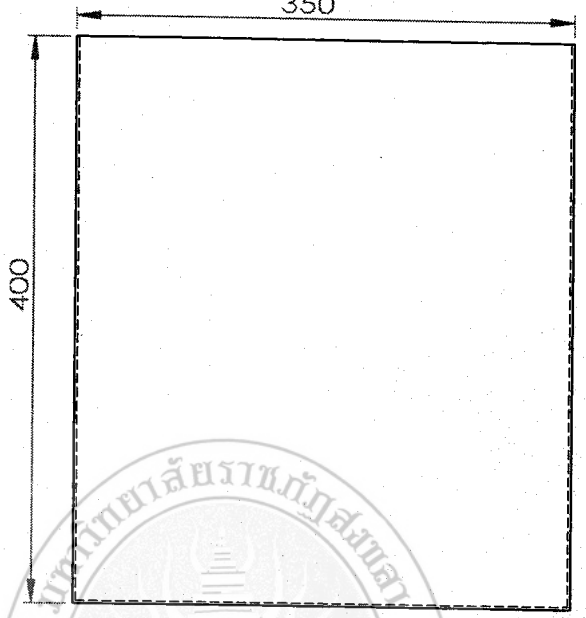


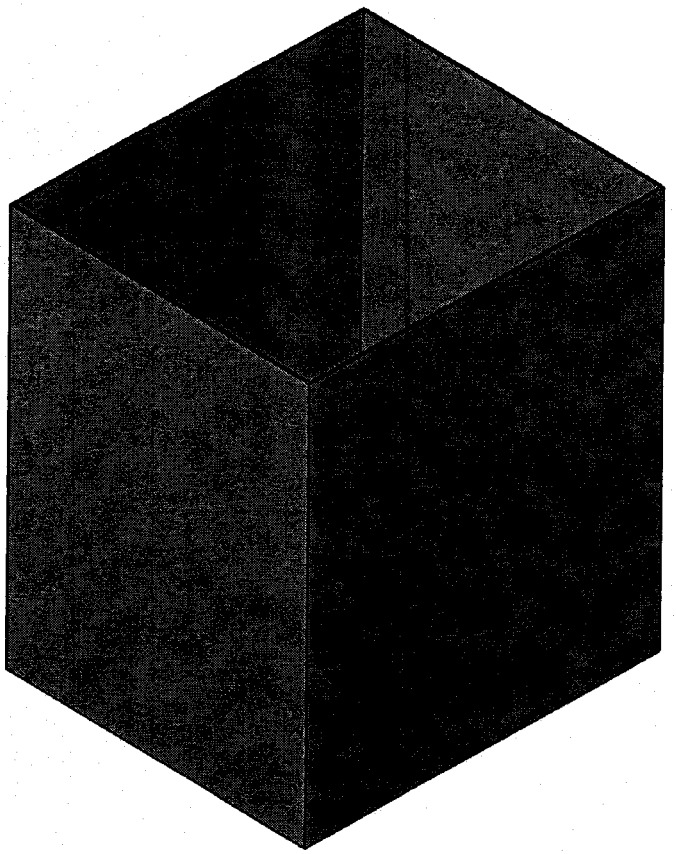
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

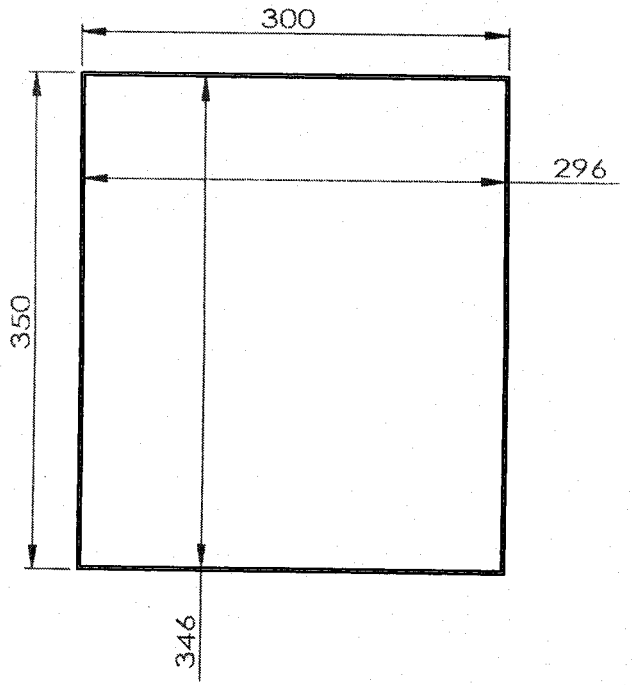
1	ถาดกรองน้ำ			STL.		3
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน			ชุดชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด
ผู้ตรวจ			
ผู้ปรับปรุง			สาขาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ออกแบบ			
มาตราส่วน 1:5	ชื่อชิ้นงาน ชุดระบายความร้อนน้ำ		หมายเลขแบบ / แก้ไข
			A4





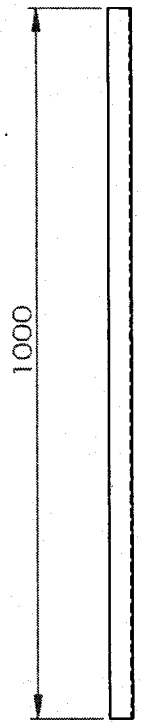


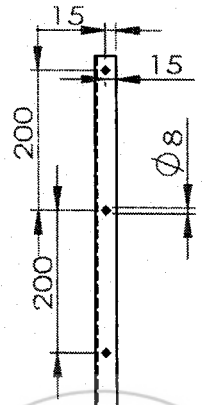


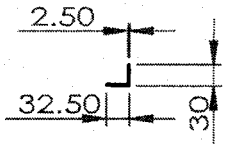
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

2	ถังบรรจุน้ำ			STL.		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน			ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด
ผู้ตรวจ				
ผู้ปรับปรุง				
ผู้ออกแบบ			สาขาวิศวกรรมการจัดการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
มาตราส่วน 1:5	ชื่อชิ้นงาน ชุดระบายความร้อนน้ำ		หมายเลขแบบ	แก้ไข
				A4

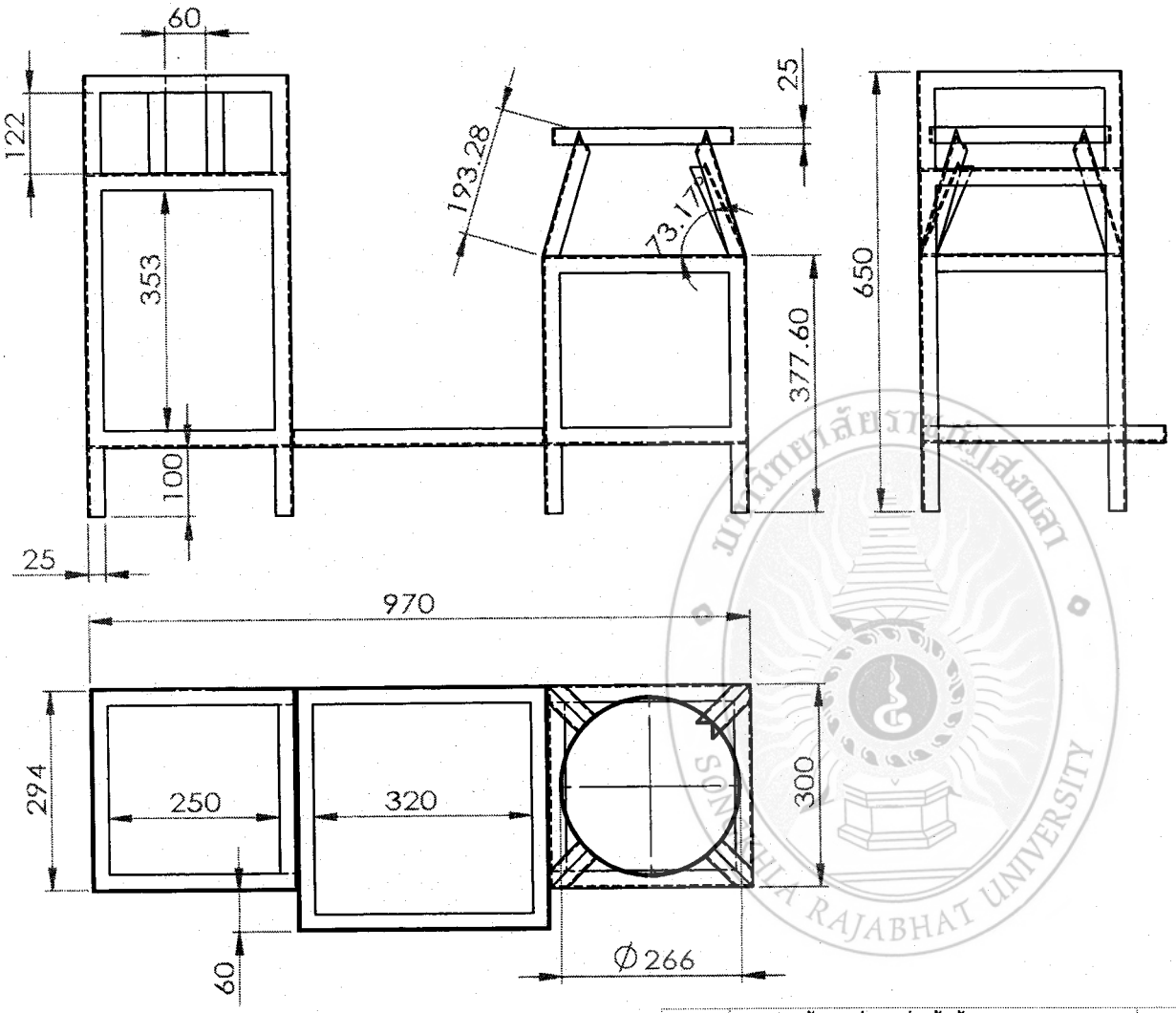


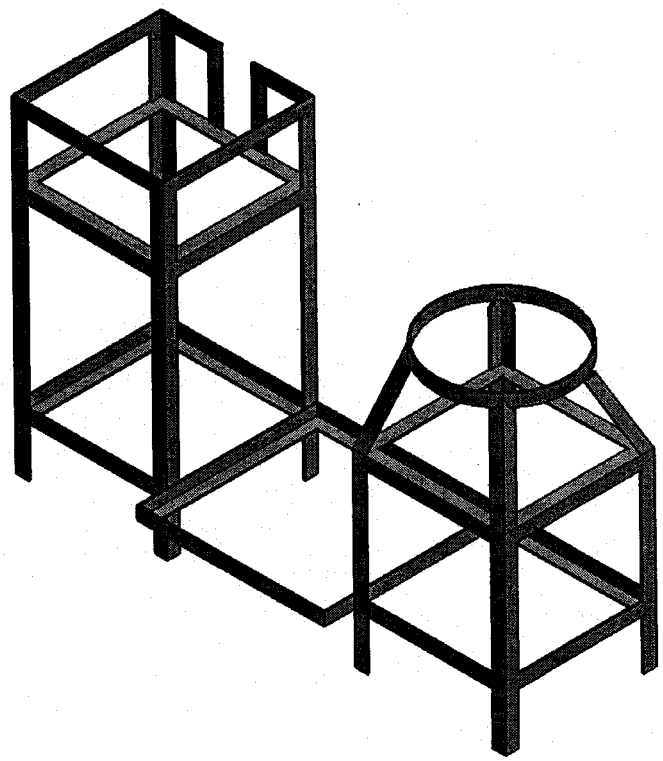




มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

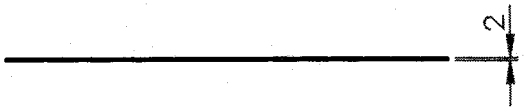
3	เสา			STL.		4
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน		ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด			
ผู้ตรวจ						
ผู้ปรับปรุง		สาขาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา				
ผู้ออกแบบ						
มาตราส่วน 1:10	ชื่อชิ้นงาน ชุดระบายความร้อนน้ำ	หมายเลขแบบ			แก้ไข	
					A4	

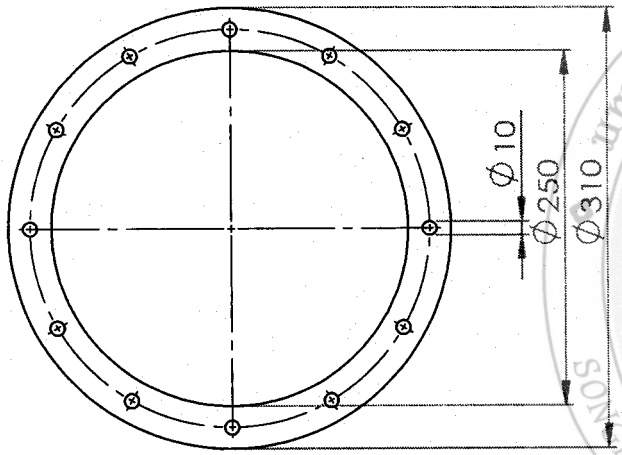


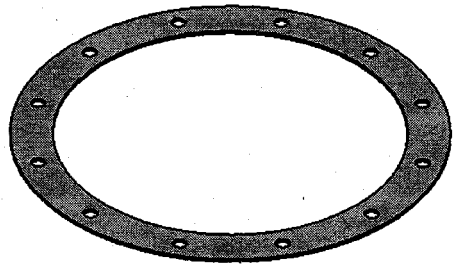


8	โครงสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด				เหล็กฉาก		1
ชิ้นที่	รายการ		ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด		
ผู้ตรวจ							
ผู้ปรับปรุง				สาขาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา			
ผู้ออกแบบ							
มาตราส่วน 1:10	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด			หมายเลขแบบ			แก้ไข
							A4

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY



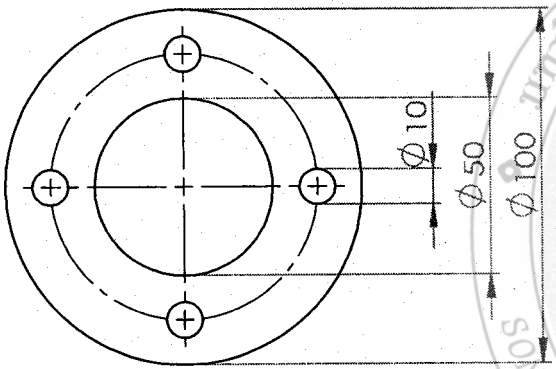


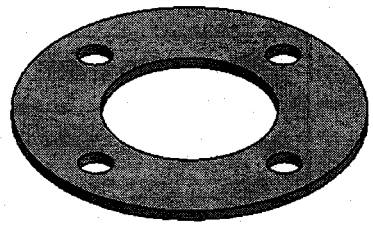


มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

9	ปะเก็นถังต้มน้ำส้มสายชูตาลโตนด			แผ่นยาง		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

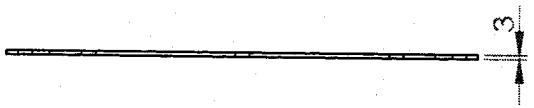
ผู้เขียน			ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด
ผู้ตรวจ				
ผู้ปรับปรุง			สาขาวิศวกรรมการจัดการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ออกแบบ				
มาตราส่วน 1:5	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด		หมายเลขแบบ	แก้ไข
				A4

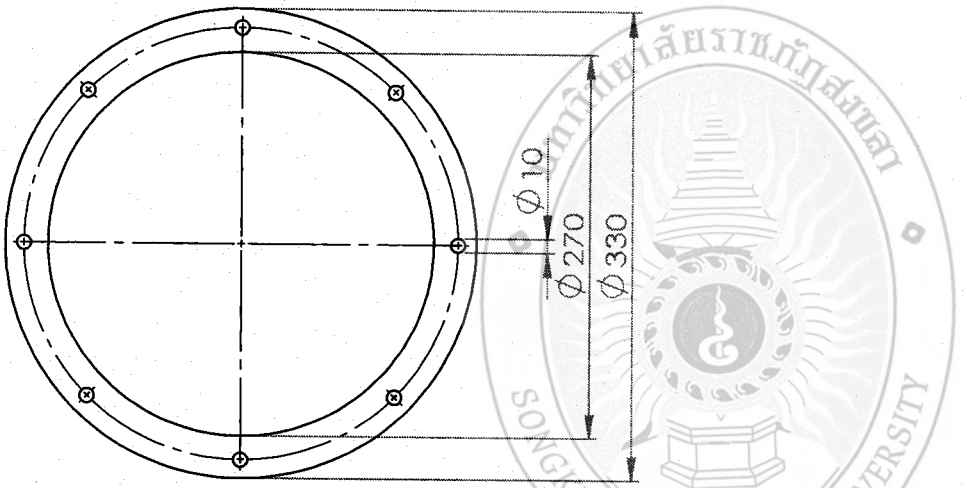


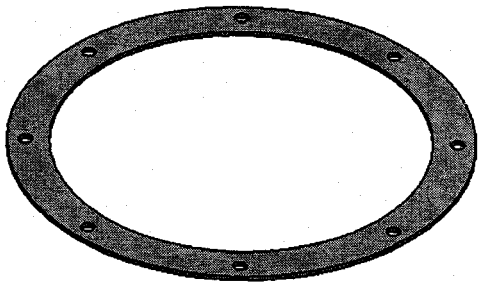


มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

10	ปะเก็นฝาครอบถังต้มน้ำส้มสายชูตาลโตนด			แผ่นยาง		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน			ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด		
ผู้ตรวจ						
ผู้ปรับปรุง			สาขาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา			
ผู้ออกแบบ						
มาตราส่วน 1:2	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด		หมายเลขแบบ			แก้ไข
						A4



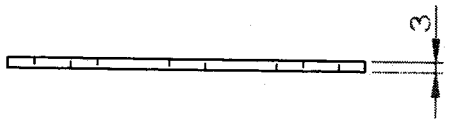


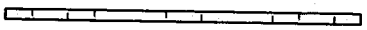


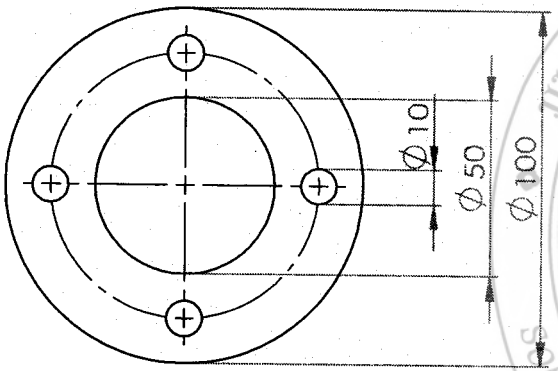
11	ปะเก็นถังควบแน่น			แผ่นยาง		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

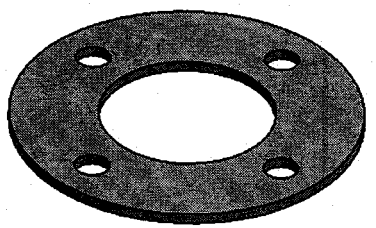
ผู้เขียน			ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด
ผู้ตรวจ				
ผู้ปรับปรุง			สาขาวิศวกรรมการจัดการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ออกแบบ				
มาตราส่วน 1:5	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด		หมายเลขแบบ	แก้ไข
				A4

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY









มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

12	ปะเก็นท่อควบแน่น			แผ่นยาง		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	มาตราฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน			ชุดชิ้นงาน	เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด
ผู้ตรวจ				
ผู้ปรับปรุง			สาขาวิศวกรรมการจัดการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ออกแบบ				8
มาตราส่วน 1:2	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูตาลโตนด		หมายเลขแบบ	แก้ไข
				A4

ภาคผนวก ข

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)

ภาคผนวก ข. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชูหมัก

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำส้มสายชูหมักที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้ น้ำส้มสายชูหมัก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบที่เหมาะสม เช่น ธัญพืช ผลไม้ น้ำตาล หรือกากน้ำตาล มาหมักกับส่าเหล้า แล้วนำมาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นของเหลวใส อาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้

3.2 สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของน้ำส้มสายชูหมัก

3.3 กลิ่น ต้องมีกลิ่นของกรดอะซีติกและอาจมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้หมักอยู่ด้วยก็ได้เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.4 สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น หนอนน้ำส้ม เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.5 สารปนเปื้อน

3.5.1 สารหนู ต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.5.2 ตะกั่ว ต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.5.3 ทองแดง ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.5.4 สังกะสี ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.5.5 เหล็ก ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.6 วัตถุเจือปนอาหาร

3.6.1 ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด หากมีการแต่งสี ให้ใช้น้ำตาลเคี่ยวไหม้เท่านั้น

3.6.2 หากมีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ให้ใช้ได้ไม่เกิน 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.7 กรดอะซีติกต้องไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.8 ต้องไม่มีกรดกำมะถันหรือกรดแร่อิสระในน้ำส้มสายชู

3.9 เมทานอลต้องไม่เกิน 420 มิลลิกรัมต่อลิตร

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะการทำน้ำส้มสายชูหมักให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุน้ำส้มสายชูหมักในภาชนะบรรจุที่สะอาด ทำด้วยแก้ว พลาสติกทนกรด หรือเครื่องเคลือบดินเผาปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้ วัสดุที่ใช้บุหรือใช้รองด้านในของฝาปิดหรือฝาชั้นใน ต้องไม่มีสี

5.2 ปริมาตรสุทธิของน้ำส้มสายชูหมักในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุน้ำส้มสายชูหมักทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

6.1.1 ชื่อผลิตภัณฑ์

6.1.2 ปริมาณของกรดอะซีติก (กรดน้ำส้มสายชู)

6.1.3 ปริมาตรสุทธิ

6.1.4 วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)"

6.1.5 ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง น้ำส้มสายชูหมักที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.4 ข้อ 5 และข้อ 6 จึงจะถือว่าน้ำส้มสายชูหมักรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่น ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.3 จึงจะถือว่าน้ำส้มสายชูหมักรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสารปนเปื้อน วัตถุเจือปนอาหาร กรดแอซีติกกรดกำมะถันหรือกรดแร่อิสระ และเมทานอล ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5หน่วย ภาชนะบรรจุ นำมาทำเป็นตัวอย่างรวม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.5 ถึง ข้อ 3.9 จึงจะถือว่าน้ำส้มสายชูหมักรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน ตัวอย่างน้ำส้มสายชูหมักต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 และข้อ 7.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่า น้ำส้มสายชูหมักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่น

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบน้ำส้มสายชูหมักอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 เทตัวอย่างน้ำส้มสายชูหมักลงในแก้วใสโดยมีกระดาษสีขาวเป็นฉากหลัง ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจ

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

การสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด
Prototype Machine of the Distilled Vinegar Sugar Palm

กุลยุทธ บุญเซ่ง[1]* และ ลัญฉกร นิลทรัตน์[2]
[1]โปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
[2]โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
E-mail: kulyuth.bo@skru.ac.th*

Kulyuth Boonseng[1*] and Lanchagron Nintharat[2]
[1]Engineering Program, Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University
[2]Industrial Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University
E-mail: kulyuth.bo@skru.ac.th*

บทคัดย่อ

น้ำตาลโตนดเป็นผลผลิตที่ได้จากต้นตาลสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายรูปแบบ ส่วนหนึ่งนำมาหมักเป็นน้ำส้มตาลโตนด แต่มีข้อจำกัดเรื่องอายุการจัดเก็บ เกิดขุ่นตะกอน และไม่ได้มาตรฐานตามข้อกำหนดจึงนิยมบริโภคเฉพาะกลุ่มพื้นที่การผลิตและใกล้เคียง การสร้างมูลค่าเพิ่ม ประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือตามมาตรฐานกำหนดเป็นสิ่งที่ควรกระทำ งานวิจัยนี้ได้สร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มตาลโตนดต้นแบบเพื่อแปรสภาพน้ำส้มหมักให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานน้ำส้มกลั่น มีส่วนประกอบหลักของเครื่อง 5 ส่วน คือ 1.ชุดหม้อต้มให้ความร้อน 2.ท่อไอน้ำระเหย 3.ชุดควบแน่น 4.ชุดระบายความร้อน และ 5. ถังเก็บน้ำส้มกลั่น ผลทดสอบอัตราการกลั่นได้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 42 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิกลั่นเฉลี่ย 104.15 องศาเซลเซียส ตรวจพบปริมาณกรดอะซิติกหลังกลั่นอยู่ที่ 4.6 กรัม/100 มิลลิกรัม เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)
คำหลัก ตาลโตนด น้ำส้มสายชู เครื่องต้นแบบ การกลั่น

Abstract

Sugar palm is produced from palm sugar can be cooked in many forms. One part is marinated orange juice. There are limits on the storage life. Sedimentation and not meet the standards, so they are consumed only in production areas and nearby. Value creation, optimization, and reliability are the things that should be done. This research has created a prototype orange juice refining machine to convert the fermented orange juice to the standard of orange juice. There are four main components of the machine: 1. Boiler set to heat. 2. Evaporative steam pipe 3. Condenser series 4. Heat sink 5. Receiver. The average refining rate was 42 mL / min. The average distillation temperature was 104.15 degrees Celsius. After the distillation of 4.6 g / 100 mg acetic acid was found according to the standard of Community Product Standard.
Keywords: Sugar Palm, Vinegar, Prototype Machine, Distilled

1. บทนำ

ต้นตาลโตนดมีมากในพื้นที่ภาคกลางตอนล่างและภาคใต้ โดยเฉพาะอำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา [1] ขึ้นอยู่ทั่วไปตามทุ่งนาอยู่ในพื้นที่มายาวนาน สามารถเจริญเติบโตงอกงามดีและมีอยู่มาก [2] พื้นที่ปลูกประมาณ 7,000 ไร่ [2,3] 1,700,000 ต้น [4] เป็นพืชเอนกประสงค์ เอื้อประโยชน์ให้แก่ผู้คนและท้องถิ่นตั้งแต่รากจรดใบสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน [1] น้ำหวานหรือที่เรียกว่าน้ำตาลโตนดได้จากการเฉือนงวงตาล นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น น้ำหวานเปลี่ยนสภาพเป็นแอลกอฮอร์ นำมาเคี่ยวได้เป็นน้ำผึ้งจากตาลโตนด และสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลายชนิด โดยเฉพาะนำไปประกอบการทำอาหาร [3] ผลผลิตหนึ่งที่ได้จากการนำน้ำตาลโตนดมาหมักไว้ คือ น้ำส้มสายชูหมัก โดยแปรสภาพน้ำตาลหวานให้เป็นน้ำตาลเปรี้ยว ชาวบ้านเรียกว่า “น้ำส้มโหนด” ด้วยวิธีการหมักแช่ต่อจากการหมักน้ำตาลสดแช่ทำน้ำหวาก เป็นภูมิปัญญาในการแปรรูปอาหารของชาวบ้านบริเวณคาบสมุทรสทิงพระที่สืบทอดกันมายาวนานให้แก่ลูก ๆ หลาน ๆ ทำติดต่อกันมาหลายชั่วคนจนถึงปัจจุบัน นิยมนำมาใช้ปรุงแต่งรสอาหารพื้นบ้านแทนน้ำส้มสายชู เช่น แกงส้ม ต้มส้ม น้ำจิ้ม และอะจาด เป็นต้น

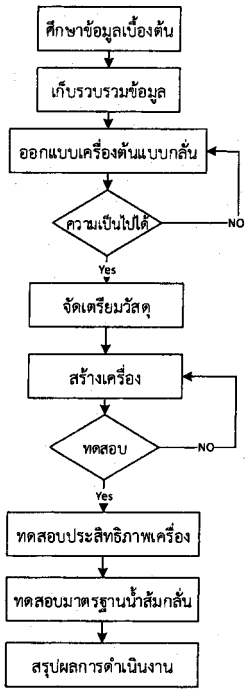
กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนดอาศัยวิธีธรรมชาติใช้ระยะเวลาในการหมักนาน ปริมาณกรดที่ได้ไม่แน่นอน [5] หมักแช่ทิ้งไว้อาศัยประสบการณ์ ขาดความรู้การดูแลเอาใจใส่เรื่องความสะอาด การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ อีกทั้งยังขาดคุณภาพและการควบคุมปริมาณกรดน้ำส้ม [6] ไม่มีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานที่กำหนด เช่น มาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) และน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดมีอายุการจัดเก็บได้ไม่นาน จะเกิดตะกอนสีขุ่นภายในตัวน้ำส้ม [7] ส่งผลให้ราคาต่ำเพราะด้อยคุณภาพ ผู้บริโภคโดยทั่วไปจึงไม่นิยมนำมารับประทาน [8] เป็นเหตุผลที่ไม่สามารถยกระดับคุณภาพน้ำส้มไปขายในกลุ่มลูกค้านอกพื้นหรือตลาดระดับสูงขึ้น ขายได้เฉพาะกลุ่มชาวบ้านตามครัวเรือนหรือชุมชนในพื้นที่เพื่อประกอบอาหารที่นิยม

ในครัวเรือนมีการใช้น้ำส้มสายชูในการเตรียมอาหาร การปรุงสลัด และอื่น ๆ ในระดับอุตสาหกรรมอาหารมีการนำน้ำส้มสายชูมาใช้หมัก ดองอาหารพวกผัก ปลา ใช้เป็นส่วนผสมทำน้ำสลัด น้ำซอส หรือมัสตาร์ด [5] นอกจากใช้เป็นสารปรุงแต่งทำให้อาหารมีกลิ่นรสเฉพาะแล้ว ยังมีคุณสมบัติในการถนอมอาหาร ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรย์ที่สร้างสปอร์ด้วย [6] การบริโภคน้ำส้มสายชูยังมีประโยชน์ต่อร่างกาย [5] จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจทั้งในระดับครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติจำพวกผลไม้ ให้รสชาติดีและมีกลิ่นหอมของผลไม้ [9] แต่สำหรับผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่นิยมใช้น้ำส้มสายชูหมัก เพราะไม่พอใจในเรื่องความสะอาด กลิ่น รส และสี [8] หากมีการศึกษาทดลองเริ่มต้นจากกระบวนการควบคุมวัตถุดิบให้มีคุณภาพ พิจารณาตรวจสอบผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานกำหนด ทดลองหาแนวทางแปรสภาพที่เป็นไปตามมาตรฐานน้ำส้มสายชูกลั่นตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข หรือ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [10,11]

ปัญหาข้างต้นที่กล่าวมาผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่ากรรมวิธีการกลั่นเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถพัฒนาคุณภาพน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนดให้ได้มาตรฐาน สร้างความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่กลุ่มเกษตรกรและเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ กระบวนการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากออกแบบสร้างเครื่องกลั่นที่เหมาะกับการใช้งานในกลุ่มชุมชนให้มีความสะดวกปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ เพื่อแก้ปัญหาเรื่องความสะอาด กลิ่น รส และสี นำไปสู่ระบบการผลิตที่มีคุณภาพ เพิ่มมูลค่าให้แก่น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดยกระดับผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐาน สร้างความน่าเชื่อถือแก่ผู้บริโภคให้เป็นที่ยอมรับ ส่งผลต่อการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่าย สร้างงานสร้างรายได้อันจะนำไปสู่การเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ชุมชนในพื้นที่ เกิดประโยชน์และได้แนวทางการพัฒนาน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนดให้มีคุณภาพ มีความสะอาดยิ่งขึ้น สามารถเก็บไว้ได้นานกว่าเดิมและช่วยอนุรักษ์ต้นตาลโตนดซึ่งเป็นทรัพยากรในท้องถิ่น ตลอดจนเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาที่ถ่ายทอดกันมาแต่โบราณให้คงอยู่กับคนไทยต่อไป

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้กระบวนการดำเนินงานเป็นไปตามลำดับขั้นตอน เกิดประสิทธิภาพและบรรลุผลสำเร็จในการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยจึงกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานใช้เป็นแผนการทำงานมีลำดับขั้นแสดงดังรูปที่ 1 สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 ข้อมูลเบื้องต้น

ข้อมูลเบื้องต้นที่เป็นปัจจัยนำมาพิจารณาในการดำเนินงานได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับน้ำส้มสายชู และกรรมวิธีการแปรสภาพให้เป็นน้ำส้มตาลโตนดกลั่นอธิบายได้ดังนี้

น้ำส้มสายชู

มาตรฐานของน้ำส้มสายชูสำหรับประเทศไทยกำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 204 พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู ไว้ 3 ชนิด ดังนี้

1.น้ำส้มสายชูหมักได้แก่ผลิตผลที่ได้จากธัญพืช ผลไม้ หรือน้ำตาล หมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ

2.น้ำส้มสายชูกลั่น ได้แก่การทำสุราขาวเจือจาง หรือแอลกอฮอล์เจือจาง หมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ หรือได้มาจากการกลั่นน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น

3.น้ำส้มสายชูเทียม ได้แก่การเอากรดอะซิติกมาเจือจางกับน้ำ

คุณภาพและมาตรฐานของน้ำส้มสายชูกลั่นต้องมีคุณสมบัติดังนี้

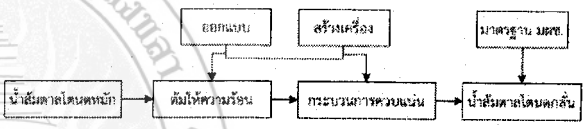
- มีกรดอะซิติกไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร
- ไม่มีกรดน้ำส้ม (Acetic acid) ที่ไม่ได้มาจากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่นตามกรรมวิธีธรรมชาติ
- ไม่มีการเจือจางกรดซัลฟูริก หรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น
- ไม่มีตะกอนเว้นไว้แต่ตะกอนอันเกิดขึ้นตามธรรมชาติ
- ไม่มีหนอนน้ำส้ม

ประเภทการกลั่น

ลักษณะหม้อกลั่นมีอยู่ 3 ประเภท คือ หม้อกลั่นธรรมดา (Pot still) หม้อกลั่นแบบไหลย้อนกลับ (Reflux still) และหม้อกลั่นแบบแยกลำดับส่วน (Fractionating still หรือ Fractionating column) [12]

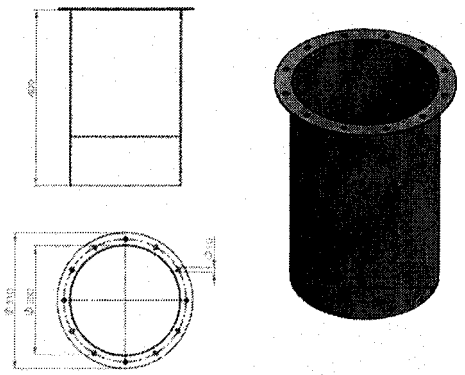
2.2 การออกแบบเครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มตาลโตนด

การออกแบบเครื่องกลั่นน้ำส้มตาลโตนดคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งาน ขนย้ายได้ง่าย และมีต้นทุนต่ำ ลักษณะการทำงานเป็นไปตามขั้นตอนกระบวนการกลั่นให้ได้ประสิทธิภาพ ตามกรอบแนวคิดดังรูปที่ 2 การสร้างเครื่องจะกำหนดให้มีขนาดเล็กเป็นต้นแบบสำหรับพัฒนาต่อไป มีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน คือ 1.ถังต้ม 2.ท่อเดินไอน้ำไปถังควบแน่น 3.ถังควบแน่น 4.ชุดระบายความร้อน และ 5. โครงสร้างฐาน อธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

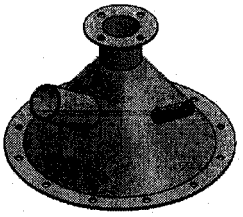


รูปที่ 2 กรอบแนวคิดงานวิจัย

1.ถังต้มประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ตัวถังต้มและฝาปิดแสดงดังรูปที่ 3 และ 4 การออกแบบความจุของถังขนาด 15 ลิตร ความหนาผนัง 2 มิลลิเมตร พิจารณาขนาดถังที่มีอยู่ในท้องตลาดเพราะง่ายและสะดวกต่อการดำเนินการ มีลูกลอยวัดระดับน้ำส้มในถังต้ม มีเกจวัดความดันไอน้ำ พร้อมวาล์วระบายแรงดันป้องกันอันตรายหากเกิดแรงดันที่สูงเกินกำหนดไว้ที่ 1 บาร์ ส่วนฝาปิดถังต้ม ออกแบบเป็นรูปกรวยให้เกิดการรวมไอน้ำส่งผ่านท่อไปยังถังกลั่น ใช้ฮีสเตอร์เป็นตัวให้ความร้อนในระบบติดตั้งอยู่ภายนอก ใช้สแตนเลส (AISI 304) เป็นวัสดุในการสร้าง



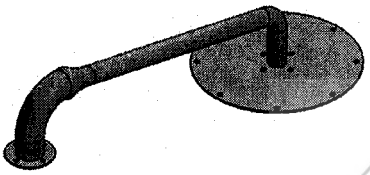
รูปที่ 3 แบบถังต้ม



รูปที่ 4 แบบฝาถังต้ม

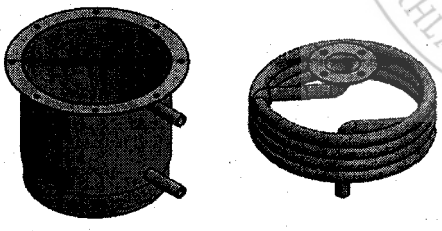
2. ท่อส่งผ่านไอน้ำไปยังถังควบแน่น

ท่อเดินไอน้ำมีการออกแบบขนาดท่อ 50 มิลลิเมตร เพื่อรองรับกับปริมาณไอน้ำที่เกิดจากถังต้ม ดัดโค้งลดขนาดเหลือ 30 มิลลิเมตร ยาว 50 เซนติเมตร เอียงมุม 70 องศา ใช้สแตนเลสเป็นวัสดุในการสร้าง แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แบบท่อส่งผ่านไอน้ำ

3. ถังควบแน่น ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1.ถังควบแน่น แสดงดังรูปที่ 6 ก. เป็นแหล่งบรรจุน้ำหมุนเวียนหล่อเย็นระบายความร้อนและ 2. ท่อควบแน่นมีลักษณะขดกลมเพื่อให้มีพื้นผิวสัมผัสกับน้ำเปลี่ยนสภาวะจากไอให้เป็นของเหลวไหลลงไปยังถังเก็บ แสดงดังรูปที่ 6 ข. 3.ถังเก็บน้ำส้มที่ได้จากการกลั่น จะมีวาล์เปิดปิดเพื่อระบายน้ำส้มออก แสดงดังรูปที่ 7

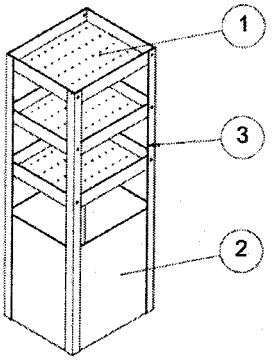


ก. ถังควบแน่น ข. ท่อควบแน่น

รูปที่ 6 แบบชุดถังควบแน่น

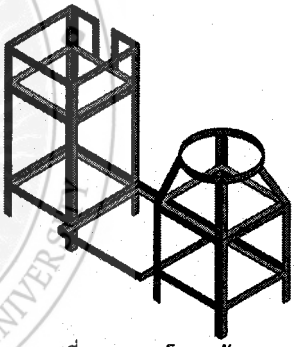
รูปที่ 7 แบบถังเก็บน้ำส้มที่ได้จากการกลั่น

4. ชุดระบายความร้อน ออกแบบเพื่อนำความร้อนจากระบบการกลั่นตัวของน้ำส้ม ด้วยระบบน้ำถ่ายเทอากาศมาผ่านตัวกรอง 3 ชั้น มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน 1. ถาดกรองน้ำ 2 โครงรองรับชุดระบายความร้อน และ 3. ถังบรรจุน้ำ ใช้มอเตอร์ขนาด 1/3 Hp ขับน้ำไหลวนอยู่ในระบบ แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แบบชุดระบายความร้อน

5. โครงสร้างฐาน เป็นส่วนประกอบที่รองรับส่วนต่างๆ ของเครื่องทั้งหมด เพื่อสะดวกต่อการทำงานและการบำรุงรักษา ในการออกแบบกำหนดให้มีการทำงานอยู่บนฐานเครื่องเดียวกัน เพื่อง่ายต่อการขนย้าย บำรุงรักษาและการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 9

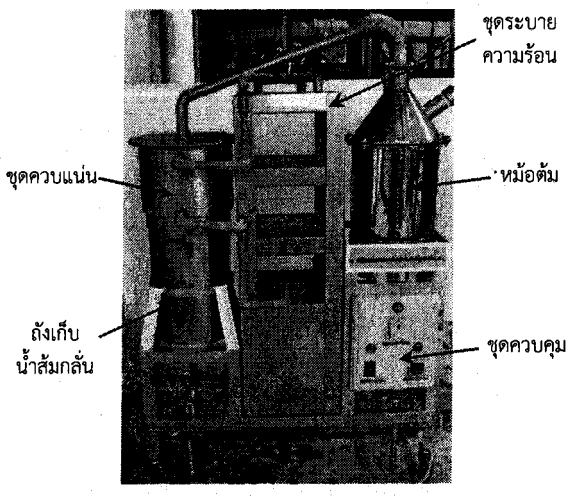


รูปที่ 9 แบบชุดโครงสร้างฐาน

การออกแบบเครื่องกลั่นน้ำส้มตาลโตนดมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน ได้แก่ 1. ถังกลั่น (Retort) 2. ฝาของถังกลั่น (Retort cover) 3. ท่อนำไอน้ำ (Vapour conduct tube) 4. ชุดควบแน่น (Condenser) 5. ถังรองรับน้ำส้มกลั่นและ (Receiver)

2.3 การสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มตาลโตนดต้นแบบ

ข้อกำหนดเบื้องต้นที่ออกแบบไว้นำมาใช้เป็นแนวทางสร้างเครื่องให้ตอบสนองด้านความสามารถในการผลิตให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้เครื่องกลั่นน้ำส้มตาลโตนด การเลือกใช้วัสดุในการสร้างจะพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะการทำงานในแต่ละกระบวนการ คำนึงถึงคุณภาพที่ส่งต่อผลิตผลที่ได้เพราะเป็นอาหาร มีลักษณะและส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องกลั่นน้ำส้มตาลโตนด แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 เครื่องกลั่นน้ำส้มตาลโตนด

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่อง

เครื่องกลั่นน้ำส้มตาลโตนดที่สร้างเสร็จแล้วนำมาทดสอบความสามารถในการกลั่น หาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องและอัตราการกลั่น โดยกำหนดปริมาณในการกลั่น 3 ระดับ คือ 3, 5 และ 10 ลิตร เพื่อหาเวลากลั่น ปริมาณน้ำส้มกลั่นที่ได้ และอุณหภูมิที่ใช้ในการกลั่น (การกลั่นทดลอง 3 ครั้ง ในแต่ระดับนำมาคิดค่าเฉลี่ย) น้ำส้มตาลโตนดได้มาจากการหมักน้ำล้างกระทะในกระบวนการทำน้ำตาลปี๊บ ผลที่ได้จากการกลั่นแสดงดังตารางที่ 1-3 ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยการกลั่นน้ำส้มตาลโตนด 3 ลิตร

เวลากลั่น (นาที)	ปริมาณสะสม (มิลลิลิตร)	อุณหภูมิกลั่น (°c)
0	0	31.5
10	0	102
20	263	107
30	814	104
40	1335	106
50	1856	104
60	2409	104
70	2943	104

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยการกลั่นน้ำส้มตาลโตนด 5 ลิตร

เวลากลั่น (นาที)	ปริมาณสะสม (มิลลิลิตร)	อุณหภูมิกลั่น (°c)
0	0	35
10	0	85
20	121	103
30	622	103
40	1110	103
50	1658	104
60	2211	104
70	2754	104
80	3258	104
90	3802	104
100	4355	104
110	4958	104

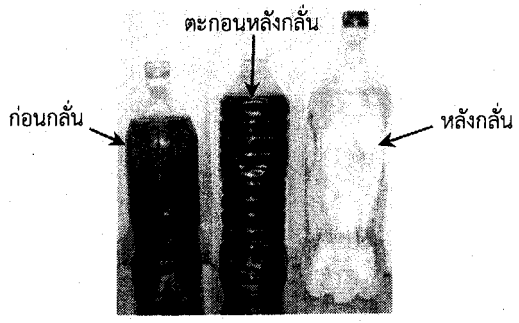
ตารางที่ 3 ผลการกลั่นน้ำส้มตาลโตนด 10 ลิตร

เวลากลั่น (นาที)	ปริมาณสะสม (มิลลิลิตร)	อุณหภูมิกลั่น (°c)
0	0	30
10	0	90
20	0	95
30	0	103
40	352	104
50	954	106
60	1377	105
70	1902	106
80	2406	106
90	2921	105
100	3422	106
110	3924	105
120	4425	105
130	4922	105
140	5474	105
150	5924	104
160	6408	104
170	6921	104
180	7423	104
190	7940	104
200	8442	104
210	8941	105
220	9463	105
230	9974	104

ผลการทดลองกลั่นปริมาณน้ำส้มตาลโตนด 3, 5 และ 10 ลิตร พบว่าอุณหภูมิในการกลั่นส่วนใหญ่อยู่ที่ 104 องศาเซลเซียส ได้น้ำสมกลั่น 2,943 4,958 และ 9,974 มิลลิลิตร ประสิทธิภาพการกลั่นอยู่ที่ 98.10 99.60 และ 99.74 ตามลำดับ แสดงได้ว่าอัตราการกลั่นน้ำส้มก่อนกลั่น และน้ำส้มที่ได้หลังกลั่นมีปริมาณเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 98 แสดงได้ว่าระบบการกลั่นของเครื่องที่ออกแบบสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพที่ดี เกิดการสูญเสียน้อย

2.5 น้ำส้มตาลโตนดกลั่น

ผลผลิตก่อนหลังการกลั่นด้วยเครื่องที่สร้างขึ้น สังเกตลักษณะของน้ำส้มตาลโตนดก่อนกลั่นน้ำส้มจะมีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อนำมาผ่านกระบวนการกลั่นจะได้น้ำส้มที่ใสสะอาด ส่วนตะกอนที่เหลือจากการกลั่นจะมีสีน้ำตาลเข้ม แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 น้ำตาลโตนดก่อน-หลังการกลั่น

2.6 ผลทดสอบน้ำส้มตาลโตนดกลั่น

น้ำส้มที่ผ่านกระบวนการกลั่นจากเครื่องที่สร้างขึ้นนำไปตรวจสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มผช. ที่มีข้อกำหนดปริมาณกรดอะซิติกต้องมากกว่า 4 กรัม/100mg ผลการทดสอบพบว่ามีกรดอะซิติก 4.6 กรัม/100 mg เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด ไม่มีกรดน้ำส้ม (Acetic acid) ที่ไม่ได้มาจากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่นตามกรรมวิธีธรรมชาติ เพราะเป็นการกลั่นตามกระบวนการธรรมชาติที่ได้ออกแบบมา และไม่พบการเจือจางกรดซัลฟูริกหรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น หลังกลั่นทิ้งไว้ไม่เกิดตะกอน และไม่มีหนอนน้ำส้มเกิดขึ้นเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกด้าน

3. สรุปผลการดำเนินงาน

เครื่องต้นแบบกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากตาลโตนดสามารถกลั่นน้ำส้มได้คุณสมบัติตามมาตรฐาน มผช. ให้รายละเอียด เรื่องอุณหภูมิการกลั่น ระยะเวลา ปริมาณน้ำส้มกลั่นที่ได้จากการทดลอง เป็นเครื่องต้นแบบนำไปใช้พัฒนาสร้างเครื่องกลั่นที่มีกำลังการผลิตมากขึ้นเหมาะสำหรับระบบอุตสาหกรรมตอบสนองความต้องการต่อไปในภายหน้า

4. ข้อเสนอแนะ

กระบวนการกลั่นต้องระมัดระวังไม่ให้ปริมาณน้ำส้มที่มีอยู่ในถังต้มแห้งจนหมดเพราะจะส่งผลต่อชุดทำความร้อน (Heater) อาจเกิดการเสียหายต่อเครื่องกลั่นได้ ควรมีการออกแบบระบบเตือนหรือมีตัวควบคุมความร้อนเมื่อปริมาณน้ำส้มที่อยู่ในถังต้มใกล้หมดป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนสนับสนุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สัญญาเลขที่ 2/2559 และขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยทุกท่าน ตลอดถึงโปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย และเป็นต้นสังกัดให้ผู้วิจัยได้มีบทบาทโอกาสในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] อ้อยทิพย์ เกตุเอม. (2547). ภูมิปัญญาชาวบ้านตาลโตนดเพื่อการพัฒนาอาชีพ อำเภอ โนนไทย จังหวัดนครราชสีมา. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชีมา.

[2] เจือจันทร์ ด้านสืบสกุล. (2546). ศึกษาการผลิตอาหารจากตาลโตนดของชาวบ้าน อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา. ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาไทยคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[3] สงบ ส่งเมือง และชาญณรงค์ เที่ยงธรรม. (2542). สภาพทั่วไปของจังหวัดสงขลา. ในสารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคใต้เล่มที่ 15. หน้า 7585-7588.

[4] เทศบาลตำบลสทิงพระ. กลุ่มหัตถกรรมใยตาลสทิงพระ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.sathingpra.go.th/. 1 เมษายน 2559.

[5] ดุษณี ธนะบริพัฒ. (2534). จุลชีววิยาอุตสาหกรรมอาหาร. ภาควิชาวิทยาประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[6] Albright S.N., Kendella. P.A., Avensa. J.S, and Sofosb, J.N. (2003). Pretreatment effect on inactivation of Escherichia coli O1 5 7 : H7 inoculated beef jerky. Lebensmittel - Wissenschaft Und-Technology. 36: 381-389.

[7] นิตยา แจ่มใส่ และนิตยา ชาโรจน์. (2544). การผลิตน้ำส้มสายชูจากน้ำตาลโตนด. วิทยาศาสตร์บัณฑิต, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร วิทยาศาสตร์สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

[8] พจนีย์ ทรัพย์สมาน. (2545). การปรับปรุงคุณภาพอาห้างท้องถิ่นภาคใต้: น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[9] ประยุทธ แก่นทรัพย์. (2551). ภูมิปัญญาท้องถิ่นกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตาลโตนดจังหวัดเพชรบุรี. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวัฒนธรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย

สาราคาม.

[10] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. (2543). น้ำส้มสายชู. ประกาศ 19 กันยายน 2543. กระทรวงสาธารณสุข.

[11] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2527). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำส้มสายชู ประกาศ 15 มีนาคม 2527. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

[12] โชคชัย วนภู. 2546. เอกสารประกอบการอบรมการกลั่นสุรา. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. **ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)** นายลัญฉกร นิลทรัตน์
   ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Lanchakorn Nintarat
2. **เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน** 3-9099-00419-62-2
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์
4. **หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก**
   โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อ.เมือง จ.สงขลา 90000
   โทร 074-314993 ต่อ 282, Mobile 091-0489818
5. **ประวัติการศึกษา**
   ระดับปริญญาโท วุฒิการศึกษา ค.อ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   ระดับปริญญาตรี วุฒิการศึกษา คอ.บ. (วิศวกรรมโทรคมนาคม) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ**
   Manufacturing, CNC, Work study, Ergonomic
7. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง**
   7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว
   1. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท เรื่อง “ชุดปฏิบัติการวงจรกรองความถี่แบบแอคทีฟ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ.2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา”
   2. งานวิจัย เรื่อง “ระบบตรวจสอบนักศึกษาเข้าออกเวลาเรียนด้วยการสแกนลายนิ้วมือ” แหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้คณะฯ 2553
   3. งานวิจัย เรื่อง “การออกแบบและสร้างเครื่องอัดผสม อี เอ็ม บอล แหล่งทุนงบประมาณแผ่นดินปีงบประมาณ 2553 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
   4. งานวิจัย เรื่อง “การสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์” แหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้คณะฯ 2554
   5. งานวิจัย เรื่อง “พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ปฏิบัติงานและมุมมองของผู้บริหารในการบริหารต้นทุนค่าไฟฟ้าของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา แหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้คณะฯ 2557

6. งานวิจัย เรื่อง "การพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณแก๊สชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์"แหล่งทุนงบประมาณสนับสนุน 2557 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
7. งานวิจัย เรื่อง การออกแบบสร้างเครื่องอัดผสม อี เอ็ม บอล แหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)

7.2 ผลงานวิชาการอื่น ๆ (เช่น Proceeding ตำรา ฯลฯ)

1. **Lanchakorn nintarat** Wasana kwannimit Supayotin na sonkhla and Winai jaikklat. Four Quadrant Current-mode Multiplier Using CCCDTAs. Joint International Conference on Information & Communication Technology, Electronic and Electrical Engineering (JICTEE)_Luangprabang Lao PDR 21-24_December 2010
2. SARUN CHOOCADEE **and LANCHAKORN NINTARAT**. THE DEVELOPMENT OF SIMULATION TOOLS FOR DESIGN OF WAVEGUIDE FILTER USING RESONANT IRIS CIRCUIT. The 2012 5th International Conference on Computer and Electrical Engineering (ICCEE 2012), Hong Kong, China, 26-27 October 2012
3. **ลัญฉกร นิลทรัตน์**, ธภัทร ชัยชูโชค, ศรัณย์ ชูคดี. การพัฒนาแหล่งพลังงานไฟฟ้าโดยใช้พลังงานชีวภาพ. การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 6 (TechEd-6), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ประเทศไทย, 27-28 พฤศจิกายน 2556 หน้าที่ 27–31.
4. กุลยุทธ บุญเซ่ง , ศรีวรรณ ขำตรี, **ลัญฉกร นิลทรัตน์**. การออกแบบเครื่องอัดผสม อี เอ็ม บอล การประชุมวิชาการระดับชาติข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ 2555 มหาวิทยาลัยศรีปทุม, ประเทศไทย, 17-19 ตุลาคม 2555 หน้าที่ 1399-1404
5. ลัญฉกร นิลทรัตน์และกุลยุทธ บุญเซ่ง. 2560. **"การสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด"** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรม อุตสาหการ ประจำปี 2560, 12-15 กรกฎาคม. โรงแรมดิเอมเพรส เชียงใหม่.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)	นายกุลยุทธ บุญเซ่ง
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Mr. Kulyuth Boonseng
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน	3940400176871
3. ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก	

โปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อ.เมือง จ.สงขลา 90000
โทร 081-6909286, e-mail: Khanun12@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญาโท	วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ระดับปริญญาตรี	วุฒิการศึกษา	คอ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Manufacturing, CNC, Work study, Ergonomic, Productivity

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1. การศึกษาความต้องการกำลังคนด้านเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรมของสถาน ประกอบการในจังหวัดสงขลา (แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หัวหน้าโครงการวิจัย)
2. การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับหรับเก็บข้อมูลจากลูกหมุนระบายอากาศ
(ทุนคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หัวหน้าโครงการวิจัย)
3. การออกแบบการทดลองการกลึงปาดหน้าของเหล็ก AISI 1045 (แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หัวหน้าโครงการวิจัย)
4. ศึกษาความเป็นไปได้การเชื่อมเสียดทานอะลูมิเนียมหล่อกึ่งของแข็งด้วยเครื่องกลึงแบบ อัตโนมัติ (แหล่งทุน มหาวิทยาลัย: ผู้ร่วมโครงการวิจัย)
5. ศึกษาระบบบำรุงรักษาเครื่องจักร: กรณีศึกษาแผนกซ่อมบำรุงของโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (แหล่งทุน สกอ หัวหน้าโครงการวิจัย)
6. การออกแบบสร้างเครื่องอัดผสม อี เอ็ม บอล แหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)

7.2 งานวิจัยที่กำลังทำ

1. Meta material
2. การวิเคราะห์ความสอดคล้องของสัดส่วนร่างกายและเฟอร์นิเจอร์ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา
3. การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาแผ่นอบกรอบด้วยเทคนิค การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ แหล่งทุน วช. (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)

7.3 ผลงานวิชาการอื่น ๆ (เช่น Proceeding ตำรา ฯลฯ)

Proceeding

1. **กุลยุทธ บุญเซ่ง**, ธเนศ รัตนวิไล, สมชาย ชูโฉม และ สมเกียรติ นาคกุล, "การปรับปรุงกระบวนการอบไม้ยางพารา" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลา นครินทร์ ประจำปีพุทธศักราช 2548 ครั้งที่ 4, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลา นครินทร์, สงขลา, 8-9 ธันวาคม 2548.
2. **กุลยุทธ บุญเซ่ง**, "การศึกษาความต้องการกำลังคนด้านเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม ของสถานประกอบการในจังหวัดสงขลา" การประชุมวิชาการครุศาสตาร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 3 คณะครุศาสตาร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร, 25-26 สิงหาคม 2553.
3. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** และสิทธิโชค อุ่นแก้ว "การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับเก็บข้อมูลจากลูกหมุนระบายอากาศ" การประชุมวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2554 "อนาคตชนบทไทย: ฐานรากที่มั่นคงเพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน" 27-29 มกราคม 2554.
4. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** และ ต่วนนูรีซันน์ สุกิจจานันท์ "การศึกษาการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน ของพนักงานสายการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง" การประชุมวิชาการครุศาสตาร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4 คณะครุศาสตาร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร, 7-8 กรกฎาคม 2554.
5. **กุลยุทธ บุญเซ่ง**, ธเนศ รัตนวิไล, ศรีวรรณ ขำตรี และธนะรัตน์ รัตนกูล "ศึกษากระบวนการผลิต และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรกระบวนการผลิต (ซูริมิ) ในโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง" การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554, ชลบุรี, 20-21 ตุลาคม 2554.
6. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** และธนะรัตน์ รัตนกูล "การประเมินความเสี่ยงการบาดเจ็บโครงร่างในการผลิต EM Ball โดยใช้หลักการทางการยศาสตร์" การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554, ชลบุรี, 20-21 ตุลาคม 2554.
7. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** "การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวเกรียบปลาในอุตสาหกรรมชุมชน'' การประชุมวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2555 ชุมชนท้องถิ่น : รากฐานการพัฒนาประชาคมอาเซียน 16-9 กุมภาพันธ์ 2555.
8. ผจงจิตพิจิต บรรจง และ**กุลยุทธ บุญเซ่ง** "แนวทางการปรับปรุงสถานที่ทำงานสำหรับ กลุ่มรับซื้อน้ำยาง กรณีศึกษากลุ่มรับซื้อน้ำยางตำบลบ้านนา อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา'' การประชุมวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2555 ชุมชนท้องถิ่น : รากฐานการพัฒนาประชาคมอาเซียน 16-9 กุมภาพันธ์ 2555.

9. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** ผจงจิต พิจิตบรรจง และศุภชัย ชัยณรงค์ "แนวทางการปรับปรุงประสิทธิ ภาพการทำงานสำหรับกลุ่มรับซื้อน้ำยาง: กรณีศึกษา กลุ่มรับซื้อน้ำยาง ต.สะท้อน อ.นาทวี จ.สงขลา"นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 8 นวัตกรรมความรู้สู่ประชาคมอาเซียน. 28-29 กรกฎาคม 2555. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
10. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** ศรีวรรณ ขำตรี และลัญฉกร นิลทรัตน์ "การออกแบบเครื่องอัด ผสม อี เอ็ม บอล" การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2555 : 1399-1404 ; ชะอำ เพชรบุรี , 20-21 ตุลาคม 2555.
11. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** ผจงจิต พิจิตบรรจง และศุภชัย ชัยณรงค์ "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ กรณีศึกษาเครื่องดื่มรังนกแท้ กลุ่มแม่บ้านเพ็งอาด อ.ปากพะยูน จ.พัทลุง"การสัมมนาวิชาการประจำปี 2555: Eco Innovation and Solution 2012. 17-18 ตุลาคม 2555. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
12. ผจงจิต พิจิตบรรจง **กุลยุทธ บุญเซ่ง** และชำนาญ พูลสวัสดิ์ "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพกรณีศึกษา น้ำตาลโตนด กลุ่มแม่บ้านคลองฉนวน อ.สทิงพระ จ.สงขลา" การประชุมวิชาการ ประจำปีการศึกษา 2555 เชิดชูภูมิปัญญา สหวิทยาสู่สากล, มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, 13-14 ธันวาคม 2555.
13. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** ธเนศ รัตนวิไล และศรีวรรณ ขำตรี "ศึกษาระบบบำรุงรักษาเครื่อง จักร: กรณีศึกษาแผนกซ่อมบำรุงของโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง" การประชุมวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2556 ชุมชนท้องถิ่นรากฐานการพัฒนาประชาคมอาเซียน 9-10 พฤษภาคม 2556.
14. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** สมศักดิ์ แก้วพลอย ศุภชัย ชัยณรงค์ และชัยยุทธ มีงาม "อิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อความขรุขระของการกลึงปาดผิวหน้า เหล็ก AISI 1045 ด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ" การประชุมวิชาการ "นเรศวรวิจัย" ครั้งที่ 9: ความรู้สู่เชิงพาณิชย์ นำเศรษฐกิจไทยก้าวไกลอาเซียน และเทา-งามวิจัยครั้งที่ 1: เทา-งามวิจัย นำโลจิสติกส์ไทยสู่อาเซียน. 28-29 กรกฎาคม 2556.
15. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** ผจงจิต พิจิตบรรจง ศุภชัย ชัยณรงค์ และชัยยุทธ มีงาม "ปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนด กรณีศึกษา กลุ่มแม่บ้านคลองฉนวน ต.ชุมพล อ.สทิงพระ จ.สงขลา" การประชุมวิชาการ "นเรศวรวิจัย" ครั้งที่ 9: ความรู้สู่เชิงพาณิชย์ นำเศรษฐกิจไทยก้าวไกลอาเซียน และเทา-งามวิจัย ครั้งที่ 1: เทา-งามวิจัย นำโลจิสติกส์ไทยสู่อาเซียน. 28-29 กรกฎาคม 2556.

16. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** สมศักดิ์ แก้วพลอย ศุภชัย ชัยณรงค์ และชัยยุทธ มีงาม "ผลของความขรุขระจากการกลึงปอกผิวเหล็ก AISI 1045 ด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ" การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2556. 11-14 กันยายน 2556. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ร่วมกับ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
17. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** ศุภชัย ชัยณรงค์ ผจงจิต พิจิตบรรจง และชัยยุทธ มีงาม "การศึกษาขนาดสัดส่วนมาตรฐานของนักศึกษาชายแหละหญิง มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา" การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2556 พัทยา ชลบุรี , 16-18 ตุลาคม 2556.
18. ศุภชัย ชัยณรงค์ **กุลยุทธ บุญเซ่ง** ชัยยุทธ มีงาม และประภาศ เมืองจันทร์บุรี "การเชื่อมเสียดทานของอะคริลิคโดยใช้เครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติ" การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2556 พัทยา ชลบุรี , 16-18 ตุลาคม 2556.
19. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** ธเนศ รัตนวิไล และศรีวรรณ ขำตรี ศึกษาระบบบำรุงรักษาเครื่องจักร: กรณีศึกษาสายการผลิตชูริมิ "การประชุมใหญ่ โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาครั้งที่ 2" ภาคโปสเตอร์ 22-24 มกราคม 2557.กรุงเทพฯ.
20. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** ศุภชัย ชัยณรงค์ และชัยยุทธ มีงาม "การสร้างเครื่องผลิต อี เอ็ม บอล และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน" การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำปี 2557 ชุมชนท้องถิ่นรากฐานการพัฒนาประชาคมอาเซียน : 108-116; 11-13 มิถุนายน 2557.
21. **กุลยุทธ บุญเซ่ง** ศุภชัย ชัยณรงค์ และชัยยุทธ มีงาม "การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิต อี เอ็ม บอล" การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2557. 6-8 สิงหาคม 2557. มหาวิทยาลัยนเรศวร.: **หน้า 25-31**
22. กุลยุทธ บุญเซ่ง และชัยยุทธ มีงาม. 2558. "**พารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความขรุขระผิวจากการกลึงปาดหน้าเหล็ก AISI 4140 ด้วยเครื่องกลึง CNC**" การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรม อุตสาหการ ประจำปี 2558, 6-7 สิงหาคม. โรงแรมดิเอมเมอรัลด์ กรุงเทพฯ, หน้า 601-609.
23. ลัญฉกร นิลทรัตน์และกุลยุทธ บุญเซ่ง. 2560. "**การสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับกลั่นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนด**" การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2560, 12-15 กรกฎาคม. โรงแรมดิเอมเพรส เชียงใหม่.

วารสาร

1. ธเนศ รัตนวิไล **กุลยุทธ บุญเซ่ง** และสมชาย ชูโฉม "การลดเวลาการอบไม้ยางพารา" วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.ปีที่ 17 (4) 2555 : 505-514; กรกฎาคม- สิงหาคม 2555.

2. **Kulyuth Boonseng**, Chaiyoot Meengam, Suppachai Chainarong, Prapas Muangjunburee, Microstructure and Hardness of Friction Welded SSM 356 Aluminium Alloy, AMR. 887-888 (2014) 1273-1279.
3. **K. Boonseng**, S. Chainarong, C. Meengam, Microstructure and Mechanical Properties of Friction Welding in SSM356 Aluminium Alloys, IJTER. Vol. 2, No. 4, pp 20-24, April 2014.
4. สมศักดิ์ แก้วพลอย และ**กุลยุทธ บุญเซ่ง** "การออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการอบไม้ยางพารา" วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. ปีที่ 19 (2) 2557: 284-292; มีนาคม- เมษายน 2557
5. กุลยุทธ บุญเซ่ง. 2559. "**ความไม่สอดคล้องระหว่างสัดส่วนร่างกายนักศึกษาและเก้าอี้จดงานในชั้นเรียนระดับอุดมศึกษา**" วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี ปีที่ 39 ฉบับที่ 4 เดือน ตุลาคม–ธันวาคม, หน้า 629-648.

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY