



รายละเอียดคำขอรับประมาณรายจ่าย  
ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กลุ่มงานแผนงาน การเงินและพัสดุ

(แผนงาน สารสนเทศและติดตามประเมินผล)

ตู้ ป.ณ. 2 ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

โทรศัพท์ : (074) 287071

FAX : (074) 212804

เลขที่เอกสาร

ผง 1/2552

กุมภาพันธ์ 2552

## สารบัญ

	หน้า
<b>สรุปค่าของงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2553 คณะวิศวกรรมศาสตร์</b>	
- ค่าของงบประมาณของคณะ/หน่วยงาน จำแนกตามแผนงาน-งาน-โครงการและหมวดรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553 (แบบ กผ.1)	วศ. 1
<b>แผนงาน:ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา</b>	
<b>ผลผลิต : ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี</b>	
- สรุปค่าของงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 (แบบ กผ.2)	วศ. 3
- แบบแสดงข้อมูลพื้นฐานของงาน/โครงการ (แบบ ง.102)	วศ. 7
- แบบแสดงค่าของงบประมาณรายจ่ายประจำปี 2553 จำแนกตามงาน/โครงการ-ประเภทรายจ่าย-ปีงบประมาณ (แบบ กผ.3)	วศ. 12
- งบประมาณรายจ่ายและเงินนอกงบประมาณของงาน/โครงการประจำปี 2553 จำแนกตามหมวดรายจ่าย (แบบ กผ.4)	วศ. 13
- แบบสรุปค่าของค่าของงบประมาณหมวดเงินเดือนและค่าจ้างประจำ ปีงบประมาณ 2553 (แบบ กผ.5)	วศ. 15
- รายละเอียดค่าของงบประมาณรายการเงินประจำตำแหน่ง ปีงบประมาณ 2553 (แบบ กผ.6)	วศ. 17
- แบบรายละเอียดค่าของงบประมาณค่าจ้างชั่วคราว ปีงบประมาณ 2553 (แบบ กผ.7)	วศ. 18
- แบบสรุปค่าของงบประมาณหมวดค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ ปีงบประมาณ 2553 (แบบ กผ.8)	วศ. 19
- แบบรายละเอียดค่าของงบประมาณหมวดค่าสาธารณูปโภค ปีงบประมาณ 2553 (แบบ กผ.9)	วศ. 23
- สรุปการจัดเรียงลำดับความสำคัญรายการครุภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ 2553 (แบบ กผ.10)	วศ. 24
- แบบรายละเอียดค่าของงบประมาณหมวดค่าครุภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ 2553 (แบบ กผ.11)	วศ. 26
- สรุปการจัดเรียงลำดับความสำคัญรายการค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง 1 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2553 (แบบ กผ.12)	วศ. 51
- ค่าชี้แจงรายละเอียดค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง 1 ปี ปีงบประมาณ 2553 (แบบ กผ.13)	วศ. 52
<b>ผลผลิต : ผลงานการให้บริการวิชาการ</b>	
- สรุปค่าของงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2553 โครงการบริการวิชาการแก่ชุมชน (แบบ กผ. 17)	วศ.68
- รายละเอียดค่าของงบประมาณโครงการบริการวิชาการแก่ชุมชน	วศ.69
<b>แผนงาน:สนับสนุนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม</b>	
<b>ผลผลิต : ผลงานวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี</b>	
- สรุปค่าของงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2553 โครงการวิจัย (แบบ กผ.17)	วศ.72
- รายละเอียดค่าของงบประมาณโครงการวิจัย	วศ.75

**คำของบประมาณของคณะ/หน่วยงาน**  
**จำแนกตามแผนงาน-งาน/โครงการ และหมวดรายจ่าย**  
**ประจำปีงบประมาณ 2553**

แบบ กผ.1

คณะวิศวกรรมศาสตร์

(หน่วย : บาท)

แผนงาน /ผลผลิต	งบดำเนินการ																				
	เงินเดือน	เงินประจำ	ค่าจ้างประจำ	รวมเงินเดือน	ค่าจ้าง	ค่า	ใช้สอย	วัสดุ	รวม	ค่าสาธารณูปโภค				อุดหนุน				รายจ่าย	รวม		
	อัตราเดิม	ตำแหน่ง	อัตราเดิม	และค่าจ้าง	ชั่วคราว	ตอบแทน				ไฟฟ้า	ประปา	โทรศัพท์	อื่น ๆ	รวม	วิจัย	นักศึกษา	อื่น ๆ	รวม	อื่น	ดำเนินการ	
<b>1.แผนงาน :</b> <b>ขยายโอกาส</b> <b>และพัฒนา</b> <b>การศึกษา</b>																					
1.1 ผลงาน การ ให้บริการฯ																	30,000	30,000			30,000
1.2 ผู้สำเร็จ การศึกษา ด้าน วิทยาศาสตร์ฯ	60,288,800	21,000,000	6,952,700	88,241,500	203,700	3,856,000	1,940,000	6,929,200	101,170,400			250,000		250,000							101,420,400
<b>2. แผนงาน:</b> <b>สนับสนุน</b> <b>ด้าน</b> <b>วิทยาศาสตร์ฯ</b>																					
2.1 ผลงานวิจัย เพื่อถ่ายทอด เทคโนโลยี															14,699,900			14,699,900			14,699,900
<b>รวมทั้งคณะ</b>	<b>60,288,800</b>	<b>21,000,000</b>	<b>6,952,700</b>	<b>88,241,500</b>	<b>203,700</b>	<b>3,856,000</b>	<b>1,940,000</b>	<b>6,929,200</b>	<b>101,170,400</b>			<b>250,000</b>		<b>250,000</b>	<b>14,699,900</b>		<b>30,000</b>	<b>14,729,900</b>			<b>116,150,300</b>

จำแนกตามแผนงาน-งาน/โครงการ และหมวดรายจ่าย  
ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์

(หน่วย : บาท)

แผนงาน/ผลผลิต	งบลงทุน					รวมทั้งสิ้น (ดำเนินการ+ลงทุน)
	ครุภัณฑ์	สิ่งก่อสร้าง 1 ปี	โครงการ ก่อสร้างใหม่	โครงการ ก่อสร้างผูกพัน	รวมงบลงทุน	
<b>1.แผนงาน : ขยายโอกาสและพัฒนาศึกษา</b>						
1.1 ผลงานการให้บริการวิชาการ						30,000
1.2 ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	7,389,000	4,499,000	-	-	11,888,000	113,308,400
<b>2. แผนงาน :สนับสนุนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม</b>						
2.1 ผลงานวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี						14,699,900
<b>รวมทั้งคณะ/หน่วยงาน</b>						<b>128,038,300</b>

## สรุปค่าของงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2553

### 1. แผนงาน : ขยายโอกาสและพัฒนาศึกษา

<b>1.1 ผลผลิต : ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี</b>	<b>113,308,400</b>	<b>บาท</b>
<b>(คณะวิศวกรรมศาสตร์)</b>		
<b>1. เงินเดือนและค่าจ้างประจำ</b>	<b>88,241,500</b>	<b>บาท</b>
<b>1.1 เงินเดือน</b>	<b>81,288,800</b>	<b>บาท</b>
(1) อัตราเดิม 186 อัตรา		60,288,800 บาท
(2) เงินประจำตำแหน่ง		10,527,600 บาท
(3) เงินค่าตอบแทนรายเดือนสำหรับข้าราชการ (เป็นงบประมาณที่เบิกจ่ายตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการเบิกจ่ายเงิน ค่าตอบแทนนอกเหนือจากเงินเดือนของข้าราชการและลูกจ้างประจำของส่วนราชการ พ.ศ. 2547 เดิมตั้งอยู่ที่หมวดค่าตอบแทน ไร้สอยและวัสดุ)		10,472,400 บาท
(4) เงินช่วยเหลือการครองชีพข้าราชการระดับต้น (งบประมาณที่เบิกจ่ายตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการเบิกจ่ายเงินเพิ่ม การครองชีพชั่วคราวของข้าราชการและลูกจ้างประจำของส่วนราชการ พ.ศ. 2547)		- บาท
<b>1.2 ค่าจ้างประจำ</b>	<b>6,952,700</b>	<b>บาท</b>
(1) อัตราเดิม 39 อัตรา		6,510,880 บาท
(2) เงินเพิ่มค่าจ้างประจำ		390,700 บาท
(3) เงินช่วยเหลือค่าครองชีพพิเศษ (งบประมาณที่เบิกจ่ายตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการเบิกจ่ายเงินเพิ่ม การครองชีพชั่วคราวของข้าราชการและลูกจ้างประจำของส่วนราชการ พ.ศ. 2547)		51,120 บาท
<b>2. ค่าจ้างชั่วคราว</b>	<b>203,700</b>	<b>บาท</b>
ค่าจ้างผู้มีความรู้ความสามารถพิเศษ จำนวน 1 อัตรา		203,700 บาท
<b>3. ค่าตอบแทน ไร้สอยและวัสดุ</b>	<b>12,725,200</b>	<b>บาท</b>
<b>3.1 ค่าตอบแทน</b>	<b>3,856,000</b>	<b>บาท</b>
3.1.1 ค่าตอบแทนปฏิบัติงานนอกเวลาราชการ		150,000 บาท
3.1.2 ค่าเช่าบ้าน		36,000 บาท
3.1.3 ค่าตอบแทนผู้ปฏิบัติงานให้ราชการ		3,020,000 บาท
3.1.4 เงินตอบแทนพิเศษ (งบประมาณที่เบิกจ่ายตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการเบิกจ่ายเงินค่าตอบแทนพิเศษของ ข้าราชการและลูกจ้างประจำ ผู้ได้รับเงินเดือนหรือค่าจ้างถึงขั้นสูงสุดของอันดับหรือตำแหน่ง พ.ศ. 2550)		650,000 บาท
<b>3.2 ค่าไร้สอย</b>	<b>1,940,000</b>	<b>บาท</b>
3.2.1 ค่าเบี่ยงเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก และค่าพาหนะ		700,000 บาท
3.2.2 ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์		338,000 บาท

3.2.3	ค่าจ้างเหมาบริการ	894,300 บาท
3.2.4	ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	7,700 บาท
<b>3.3</b>	<b>ค่าวัสดุ</b>	<b>6,929,200 บาท</b>
3.3.1	วัสดุสำนักงาน	357,400 บาท
3.3.2	วัสดุเชื้อเพลิงและหล่อลื่น	71,800 บาท
3.3.3	วัสดุการศึกษา	6,500,000 บาท
<b>4.</b>	<b>ค่าสาธารณูปโภค</b>	<b>250,000 บาท</b>
4.1	ค่าโทรศัพท์	250,000 บาท
<b>5.</b>	<b>ค่าครุภัณฑ์ ที่ดินและสิ่งก่อสร้าง</b>	<b>11,888,000 บาท</b>
<b>5.1</b>	<b>ครุภัณฑ์</b>	<b>7,389,000 บาท</b>
5.1.1	ครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์เพื่อการวิจัย บัณฑิตศึกษา และบริการวิชาการ	1,264,500 บาท
5.1.2	ครุภัณฑ์สาขาความเป็นเลิศ	350,000 บาท
5.1.3	ครุภัณฑ์ห้องบรรยาย	369,500 บาท
5.1.4	ครุภัณฑ์พื้นฐานการเรียนการสอนระดับปริญญาตรี	5,405,000 บาท
<b>5.2</b>	<b>ที่ดิน สิ่งก่อสร้าง 1 ปี</b>	<b>4,499,000 บาท</b>
(1)	ซ่อมแซมโครงเหล็กรับหลังคาอุทกโดมอาคารสตางค์ มงคลสุข	2,179,000 บาท
(2)	ต่อเติมอาคารชั้น 2 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี	2,320,000 บาท
<b>1.2</b>	<b>ผลผลิต : ผลงานการให้บริการวิชาการ</b>	<b>30,000 บาท</b>
<b>1.</b>	<b>งบเงินอุดหนุน</b>	<b>30,000 บาท</b>
1.1	โครงการฝึกอบรม"การฝึกอบรมเพื่อสร้างเว็บไซต์และเว็บเพจสำหรับองค์กรเพื่อการประกอบอาชีพ" (ฝ่ายคอมพิวเตอร์ทางวิศวกรรมศาสตร์)	30,000 บาท
<b>2.</b>	<b>แผนงาน : สนับสนุนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม</b>	
<b>2.1</b>	<b>ผลผลิต : ผลงานวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี</b>	<b>14,699,900 บาท</b>
<b>1.</b>	<b>งบเงินอุดหนุน</b>	<b>14,647,900 บาท</b>
<b>(1)</b>	<b>เงินอุดหนุนทั่วไป</b>	<b>14,647,920 บาท</b>
	<b>(ขอปิดเลขกลม 14,647,900 บาท)</b>	
1	คุณลักษณะของอนุภาคนาโนและ โพลีไซคลิกอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มและไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	366,560 บาท
2	โครงการศึกษาการใช้งานอุปกรณ์หนุนเท้าในผู้ป่วยเส้นเท้าอักเสบ	189,000 บาท
3	อิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการทางความร้อนที่มีผลต่อสมบัติทางกลและ โครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียมหล่อแบบฉีดอัดกึ่งของแข็ง A 356	499,680 บาท
4	การศึกษาเสถียรภาพและการจัดเก็บน้ำมันไบโอดีเซลในระยะเวลานาน	496,000 บาท
5	การสังเคราะห์เส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ และการผลิตวัสดุผสมเนื้อ	462,000 บาท

อะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ที่ผลิตจากเส้นใย		
6	กระบวนการแปรรูปกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้เป็นผลผลิตที่มีมูลค่าด้วยกระบวนการทางชีวภาพ	160,200 บาท
7	การออกแบบเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องสองชั้นตอนเพื่อผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวมชนิดกรดสูง	643,200 บาท
8	การศึกษาเปรียบเทียบระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องและโครงสร้างจุลภาคของอะลูมิเนียมหล่อแบบฉีดอัดกึ่งของแข็งA356	548,200 บาท
11	การสังเคราะห์วัสดุเคลือบระดับนาโนที่ทำความสะอาดตัวเองได้สำหรับแบบขึ้นรูปถุงมือยางและถุงยางอนามัย	499,120 บาท
12	ศึกษาศักยภาพวัสดุสำหรับเพอร์มีเอเบิลรีแอกทีฟแบรีเออร์เพื่อบำบัดโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน	348,000 บาท
13	การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบฝ้าตรวจวัดระดับน้ำในคลองเปิดแบบประมวลผลเวลาจริงผ่านเว็บโดยใช้เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่พัฒนาขึ้นเอง	492,000 บาท
14	การตรวจสอบชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอม	292,000 บาท
15	การบำบัดและการนำน้ำเสียจากยางสกีมาใช้ใหม่ : กรณีศึกษาของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพและการระเหยแห้ง	470,500 บาท
16	การใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางขั้นสำหรับการบำบัดบนดินในสวนปาล์ม น้ำมัน	490,560 บาท
17	การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปล่องควันโดยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่ดัดแปลงพื้นผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์	500,000 บาท
18	การจำกัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจากเตาเผาด้วยกระบวนการดูดซับทางเคมี	330,000 บาท
19	การกำจัดสีในน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบด้วยปฏิกิริยาเฟนตันและการใช้สารดูดซับ	312,000 บาท
20	เท่าเทียมจากยางธรรมชาติ	708,000 บาท
21	การพัฒนากระบวนการผลิตชิ้นส่วนขาเทียมโลหะด้วยเทคโนโลยีโลหะกึ่งของแข็ง	1,736,680 บาท
22	การกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพจากโรงงานน้ำยางขั้นด้วยระบบกรองชีวภาพเพื่อผลิตกรดซัลฟูริกความเข้มข้นสูง	499,800 บาท
23	การผลิตเอทิลเอสเทอร์เชิงอุตสาหกรรมจากน้ำมันปาล์มดิบ	984,200 บาท
24	การล้างไบโอดีเซลโดยใช้สารดูดซับอุตสาหกรรมร่วมกับการล้างด้วยน้ำ	345,200 บาท

25 การพัฒนากระบวนการแยกคั้นแอลกอฮอล์จากเฟสกลีเซอรอล	705,200 บาท
26 การจำแนกลักษณะสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำผิวดินเพื่อนำมาควบคุมการเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปา	724,200 บาท
27 การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการลดสารอินทรีย์ธรรมชาติเพื่อการใช้ควบคุมการเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปา	953,200 บาท
28 พลวัตระบบของออกซิเจนละลายของคลองอยู่ตะเภา	700,000 บาท
29 ศึกษาการประยุกต์การจัดการความรู้ไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม	192,420 บาท
<b>(2) เงินอุดหนุนสำหรับโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ</b>	<b>52,000 บาท</b>
<b>และศูนย์วิจัย</b>	
1. โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กอันเนื่องมาจากพระราชดำริ	38,000 บาท
2. โครงการปลูกข้าวเพื่อบริโภคในสหกรณ์นิคมอ่าวลึกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ	14,000 บาท



## แบบแสดงข้อมูลพื้นฐานของ งาน/โครงการ

	รหัส	ชื่อ
กระทรวง		ศึกษาธิการ
หน่วยงาน		มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
แผนงาน		ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

## 1. ข้อมูลทั่วไปของงาน/โครงการ

(หน่วย : ล้านบาท ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

รหัสบัญชีงาน/ โครงการ	ชื่องาน/โครงการ	ค่าของงบประมาณปี 2553
0102	ผลิต:ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (คณะวิศวกรรมศาสตร์)	113.3084

## สถานภาพของงาน/โครงการ



งานเดิม



งานใหม่



โครงการเดิม



โครงการใหม่

## ประเภทของงาน/โครงการ



พัฒนา



ดำเนินการปกติ

## หลักการและเหตุผล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนเพื่อผลิตบัณฑิตสาขาวิศวกรรมศาสตร์ทั้งระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษา ตลอดจนดำเนินงานวิจัยและการให้บริการวิชาการแก่ชุมชน และได้ตระหนักที่จะต้องดำเนินการพัฒนาและขยายงานเพิ่มจำนวนรับนักศึกษา เพื่อสนองนโยบายของรัฐบาลด้านความต้องการกำลังคนและการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ โดยการขยายการศึกษาระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษาทั้งระดับปริญญาโทและปริญญาเอก การพัฒนางานวิจัย ขยายการให้บริการทางวิชาการแก่ชุมชนในท้องถิ่น รักษาคุณภาพงานวิชาการของคณะฯ และการนำไปสู่ความเป็นศูนย์กลางทางวิชาการด้านวิศวกรรมศาสตร์ในการพัฒนาอุตสาหกรรมภาคใต้เพื่อรองรับ โครงการพัฒนาภูมิภาคภาคใต้ นอกจากนี้ คณะฯ ยังดำเนินการติดต่อกับต่างประเทศเพื่อความร่วมมือด้านการศึกษาและวิจัยเพื่อยกระดับของสถาบัน ไปสู่ความเป็นสถาบันระดับนานาชาติ

## วัตถุประสงค์ของงาน/โครงการ

- เพื่อผลิตบัณฑิตทางวิศวกรรมศาสตร์ให้มีคุณภาพได้มาตรฐาน ในปริมาณที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด
- ศึกษาค้นคว้าวิจัยทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อแสวงหาเทคโนโลยีที่ทันสมัยอันจะนำไปสู่การพึ่งตนเองทางเทคโนโลยี เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ
- ให้บริการด้านวิศวกรรมศาสตร์แก่ชุมชนในท้องถิ่นภาคใต้

## ตัวชี้วัด

## การบรรลุวัตถุประสงค์

1. ผลิต:ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## 1.1 ตัวชี้วัดเชิงปริมาณ

1.1.1 จำนวนผู้สำเร็จการศึกษา 758 คน

1.1.2 จำนวนนักศึกษาที่รับเข้าในแต่ละปี (นศ.ใหม่) 1,093 คน

1.1.3 จำนวนนักศึกษาที่คงอยู่ (จำนวนนักศึกษาทั้งหมด) 4,159 คน

<u>1.2 ตัวชี้วัดเชิงคุณภาพ</u>			
1.2.1 ผู้สำเร็จการศึกษาได้งานทำหรือศึกษาต่อ ภายในระยะเวลา 1 ปีหลังจากจบ	ร้อยละ		85
1.2.2 ระดับความพึงพอใจของนายจ้างที่มีต่อ ผลการทำงานของผู้สำเร็จการศึกษา	(คะแนนเต็ม 5)		4
<u>1.3 ตัวชี้วัดเชิงเวลา</u>			
-นักศึกษาที่จบการศึกษาตามระยะเวลาที่กำหนด			
ระดับปริญญาตรี	ร้อยละ		65
ระดับบัณฑิตศึกษา	ร้อยละ		20
2.ผลผลิต:ผลงานการให้บริการวิชาการ			
<u>2.1 ตัวชี้วัดเชิงปริมาณ</u>			
2.1.1 จำนวนการจัดอบรมและสัมมนา	เรื่อง		1
2.1.2 จำนวนผู้รับบริการ	คน		40
<u>2.2 ตัวชี้วัดเชิงคุณภาพ</u>			
2.2.1 ความพึงพอใจของผู้รับบริการร้อยละ	ร้อยละ		85
<u>2.3 ตัวชี้วัดเชิงเวลา</u>			
2.3.1 จำนวนระยะเวลาที่ให้บริการเฉลี่ยต่อโครงการ (ข้อ 2.1-2.3 นับเฉพาะโครงการจาก งบประมาณแผ่นดิน)	วัน		2
3.ผลผลิต:ผลงานวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี			
<u>3.1 ตัวชี้วัดเชิงปริมาณ</u>			
3.1.1 จำนวนโครงการวิจัยใหม่	โครงการ		19
3.1.2 จำนวนโครงการวิจัยต่อเนื่อง	โครงการ		10

## 2. เป้าหมายผลผลิตและแผนปฏิบัติงาน

## 2.1 เป้าหมายผลผลิต

ผลผลิต - ดัชนีชี้วัด	หน่วยนับ	งบประมาณ ปี 2551 แผน/ผล	งบประมาณ ปี 2552	ประมาณการเป้าหมาย			
				ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556
<b>การผลิตบัณฑิต</b>							
<b>1. ตัวชี้วัดเชิงปริมาณ</b>							
1.1 จำนวนผู้สำเร็จการศึกษา		528/580	703	758	820	880	930
- ป.ตรี	คน	584/392	550	600	650	700	750
- ป.บัณฑิต	คน	-	80	80	80	80	80
- ป.โท	คน	54/56	70	70	80	90	90
- ป.เอก	คน	2/-	3	8	10	10	10
1.2 จำนวนนักศึกษาที่รับเข้าในแต่ละปี (นศ.ใหม่)		1,051/853	1,093	1,093	1,103	1,103	1,103
- ป.ตรี	คน	903/842	903	903	903	903	903
- ป.บัณฑิต	คน	-	80	80	80	80	80
- ป.โท	คน	120/89	90	90	95	95	95
- ป.เอก	คน	21/15	20	20	25	25	25
1.3 จำนวนนศ.ที่คงอยู่ (จำนวนนศ.ทั้งหมด)		2,525/2,274	3,675	4,159	4,462	4,491	4,536
- ป.ตรี	คน	2,891/2,849	3,271	3,711	3,995	4,009	4,009
- ป.บัณฑิต	คน	-	80	80	80	80	80
- ป.โท	คน	208/303	279	318	337	337	377
- ป.เอก	คน	47/41	45	50	50	65	70
<b>2. ตัวชี้วัดเชิงเวลา</b>							
2.1 นักศึกษาที่จบการศึกษาตามระยะเวลาที่กำหนดในแต่ละสาขาวิชาเทียบกับจำนวนนักศึกษาที่รับเข้ารุ่นเดียวกัน							
- ป.ตรี	ร้อยละ	60/47.34	60	65	70	75	80
- ป.โท	ร้อยละ	60/11.26	10	20	30	40	50

หมายเหตุ งบประมาณปี 2551 จากข้อมูลผลการดำเนินงานคณะฯ ปีการศึกษา 2551 (ยกเว้นตัวชี้วัดเชิงเวลาของ ป.โท นศ.ที่รับเข้ารุ่นปี 2549 ใช้ข้อมูล ณ 26 มิ.ย.50 จากบัณฑิตศึกษาคณะฯ)

2.2 แผนปฏิบัติงานและการใช้จ่ายงบประมาณปี 2553

หน่วย : ล้านบาท

กิจกรรม	หน่วย นับ	แผนปฏิบัติงาน		งวดที่ 1		งวดที่ 2		งวดที่ 3	
		ปริมาณงาน	งบประมาณ	ปริมาณงาน	งบประมาณ	ปริมาณงาน	งบประมาณ	ปริมาณงาน	งบประมาณ
<b>ผลผลิตที่ 1</b>			113.3084		36.6953		43.8986		32.7145
1.จำนวนผู้สำเร็จการศึกษา	คน	758				758			
2.จำนวนนักศึกษารับเข้าใหม่	คน	1,093						1,093	
3.จำนวนนักศึกษาทั้งหมด	คน	4,159		4,159		4,159		4,159	
<b>ผลผลิตที่ 2</b>			0.03				0.03		
1.จำนวนการจัดอบรมและสัมมนา	เรื่อง	1				1			
2.จำนวนผู้รับบริการ	คน	40				40			
<b>ผลผลิตที่ 3</b>			14.6999				14.6999		
1.จำนวนโครงการวิจัยใหม่	โครงการ	19	11.2831				11.2831		
2.จำนวนโครงการวิจัยต่อเนื่อง	โครงการ	10	3.4168				3.4168		

3. งบประมาณรายจ่ายของงาน/โครงการ ปีงบประมาณ 2552 - 2556 (จำแนกตามผลผลิต)

การผลิตบัณฑิต

(หน่วย : ล้านบาท ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

รายจ่าย	งบประมาณปี	คำขอ งบประมาณปี 2553	ประมาณการปี		
	2552		2554	2555	2556
<b>เงินงบประมาณ</b>	<b>178.7124</b>	<b>113.3084</b>	<b>127.7939</b>	<b>140.0733</b>	<b>154.0209</b>
<b>งบบุคลากร</b>	<b>102.2635</b>	<b>88.4452</b>	<b>94.2612</b>	<b>99.8733</b>	<b>105.8221</b>
- เงินเดือนและค่าจ้างประจำ	101.7822	88.2415	93.5360	99.1481	105.0969
- ค่าจ้างชั่วคราว	0.4813	0.2037	0.7252	0.7252	0.7252
- ค่าจ้างลูกจ้างสัญญาจ้าง					
<b>งบดำเนินงาน</b>	<b>10.3127</b>	<b>12.9752</b>	<b>15.53274</b>	<b>18.5999</b>	<b>22.2788</b>
- ค่าตอบแทน ไร่สอย และวัสดุ	10.0627	12.7252	15.2702	18.3243	21.9893
- ค่าสาธารณูปโภค	0.2500	0.2500	0.2625	0.2756	0.2894
<b>งบลงทุน</b>	<b>66.1362</b>	<b>11.8880</b>	<b>18.0000</b>	<b>21.6000</b>	<b>25.9200</b>
- ค่าครุภัณฑ์	5.0975	7.3890	9.8350	11.8020	14.1624
(การผูกพันตามสัญญา)					
(การผูกพันตามมาตรา 23)					
(ค่าครุภัณฑ์อื่นๆ)					
- ค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง	4.4140	4.4990	8.1650	9.7980	11.7576
(การผูกพันตามสัญญา)					
(การผูกพันตามมาตรา 23)					
- ค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง (สิ่งก่อสร้างผูกพันใหม่)	56.6247	-	-	-	-
<b>งบเงินอุดหนุน</b>					
- เงินอุดหนุนทั่วไป					
- เงินอุดหนุนเฉพาะกิจ					
<b>งบรายจ่ายอื่น</b>					
<b>เงินนอกงบประมาณ</b>					
<b>งบประมาณเงินรายได้</b>	<b>62.0347</b>	<b>67.3940</b>	<b>73.3382</b>	<b>80.4004</b>	<b>88.4237</b>
งบบุคลากร	8.3600	8.8616	9.3933	9.9569	10.5543
งบดำเนินงาน	22.7958	23.9356	25.1324	26.3890	27.7084
งบลงทุน	6.3000	7.5600	9.0720	11.3400	14.1750
งบเงินอุดหนุน	22.2514	24.4765	26.9242	29.6166	32.5783
งบรายจ่ายอื่น	2.3275	2.5603	2.8163	3.0979	3.4077
<b>รวมเงินงบประมาณและเงินนอกงบประมาณ</b>	<b>240.7471</b>	<b>180.7024</b>	<b>201.1322</b>	<b>220.4737</b>	<b>242.4446</b>



## งบประมาณรายจ่ายและเงินนอกงบประมาณของงานโครงการประจำปี 2553

## จำแนกตามหมวดรายจ่าย

แบบ กผ. 4

กระทรวง ศึกษาธิการ

กรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

แผนงาน : ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

ผลผลิต/โครงการ : ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (คณะวิศวกรรมศาสตร์)

1 รายการ	2							3 รวม
	เงินเดือนและ ค่าจ้างประจำ	ค่าจ้าง ชั่วคราว	ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ	ค่าสาธารณ ูปโภค	ค่าครุภัณฑ์ ที่ดินและสิ่งก่อสร้าง	เงินอุดหนุน	รายจ่ายอื่น	
1.ปีงบประมาณ 2551								
-รายจ่ายจริง ณ 30 กันยายน	86,103,111	527,760	10,979,899.96	250,000	111,332,177.15	-	-	209,192,947.61
-กัณเงินไว้เบิกจ่ายเหลือมปี	-	-	-	-	10,675,000.00	-	-	10,675,000.00
-เงินนอกงบประมาณ	-	6,182,627.00	17,559,733.57	286,850.14	3,409,059.10	19,216,239.20	2,643,504.75	49,298,013.76
2.ปีงบประมาณ 2552								
-เงินงบประมาณ	101,782,200	481,300	10,062,700	250,000	66,136,200	-	-	178,712,400
-เงินนอกงบประมาณ	-	8,360,000	22,410,800	385,000	6,300,000	22,251,400	2,327,500	62,034,700
3.ค่าของบประมาณปี 2553								
-เงินงบประมาณ	88,241,500	203,700	12,725,200	250,000	11,888,000	-	-	113,308,400
-เงินนอกงบประมาณ	-	8,861,600	23,531,300	404,300	7,560,000	24,476,500	2,560,300	67,394,000
4.ประมาณการปีงบประมาณ 2554								
-เงินงบประมาณ	93,536,000	725,200	15,270,300	262,500	18,000,000	-	-	127,794,000
-เงินนอกงบประมาณ	-	9,393,300	24,707,900	424,500	9,072,000	26,924,200	2,816,300	73,338,200

1	2							3
รายการ	เงินเดือนและ ค่าจ้างประจำ	ค่าจ้าง ชั่วคราว	ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ	ค่าสาธารณ ูปโภค	ค่าครุภัณฑ์ ที่ดินและสิ่งก่อสร้าง	เงินอุดหนุน	รายจ่ายอื่น	รวม
5.ประมาณการปีงบประมาณ 2555								
-เงินงบประมาณ	99,148,200	725,200	18,324,400	275,600	21,600,000	-	-	140,073,400
-เงินนอกงบประมาณ	-	9,956,900	25,943,300	445,700	11,340,000	29,616,600	3,097,900	80,400,400
6.ประมาณการปีงบประมาณ 2556								
-เงินงบประมาณ	105,097,100	725,200	21,989,300	289,400	25,920,000	-	-	154,021,000
-เงินนอกงบประมาณ	-	10,554,300	27,240,500	468,000	14,175,000	32,578,300	3,407,700	88,423,800



## แบบสรุปลำของงบประมาณหมวดเงินเดือนและค่าจ้างประจำ

ปีงบประมาณ 2553

กระทรวง ศึกษาธิการ

กรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

แผนงาน : ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

ผลิตโครงการ : ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

(1)	(2)	(3)						(4)					(5)		
		อัตราเดิม						อัตราใหม่							
		จำนวน													
ลำดับ ที่	รายการ	อัตรา คนครอง	เงิน ทั้งปี	อัตราร่างปีงบประมาณปัจจุบัน				เงินประจำตำแหน่ง/ เงินเพิ่มค่าจ้าง/เงินช่วยเหลือ		ระดับ	อัตรา เงินเดือน	จำนวน อัตรา	จำนวน เดือน	จำนวน เงิน	วงเงินงบประมาณ ปีที่ขอตั้ง
				เกษียณ	เงิน ทั้งปี	เสียชีวิต/ ลาออก	เงิน ทั้งปี	อัตรา	เงิน ทั้งปี						
	<b>รวมทั้งสิ้น</b>	<b>225</b>	<b>66,799,720</b>	-	-	-	-	<b>217</b>	<b>21,441,774</b>						<b>88,241,494</b>
1	เงินเดือนอัตราเดิม														(ขอเปิดเลขกลม
	- ข้าราชการสาย ก	120	42,220,620	-	-	-	-	97	9,482,400						88,241,500 บาท)
	- ข้าราชการสาย ข	22	6,528,420	-	-	-	-	2	186,000						
	- ข้าราชการสาย ค	44	11,539,800	-	-	-	-	12	859,200						
	<b>รวม</b>	<b>186</b>	<b>60,288,820</b>					<b>111</b>	<b>10,527,600</b>						

(1)	(2)	(3)							(4)					(5)	
		อัตราเดิม							อัตราใหม่						
		จำนวน													
ลำดับ ที่	รายการ	อัตรา คนครอง	เงิน ทั้งปี	อัตราว่างปีงบประมาณปัจจุบัน				เงินประจำตำแหน่ง/ เงินเพิ่มค่าจ้าง/เงินช่วยเหลือ ค่าครองชีพพิเศษ		ระดับ	อัตรา เงินเดือน	จำนวน อัตรา	จำนวน เดือน	จำนวน เงิน	วงเงินงบประมาณ ปีที่ขอตั้ง
				เกษียณ	เงิน ทั้งปี	เสียชีวิต/ ลาออก	เงิน ทั้งปี	อัตรา	เงิน ทั้งปี						
	ค่าตอบแทนรายเงินเดือน														
	- บริหาร							15	1,200,000						
	- วิชาการ							88	9,272,400						
	รวม			-	-	-	-	103	10,472,400						
2	ค่าจ้างประจำ	39	6,510,900	-	-	-	-	-	390,654						
	เงินช่วยเหลือค่าครองชีพพิเศษ							3	51,120						
	รวม	39	6,510,900	-	-	-	-	3	441,774						

วศ. 17  
รายละเอียดค่าของงบประมาณรายการเงินประจำตำแหน่ง

แบบ กผ.6

ปีงบประมาณ 2553

แผนงาน : ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

ผลผลิต/โครงการ : ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะ/หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์

(1) ลำดับ ที่	(2) ชื่อตำแหน่ง (เงินเดือน)	(3) อัตราเดิม				(4) อัตราใหม่				หมายเหตุ
		ระดับ	อัตรา เงินเดือน	จำนวน อัตรา	จำนวนเงิน ทั้งปี	ระดับ	อัตรา เงินเดือน	จำนวน อัตรา	จำนวนเงิน ทั้งปี	
	<b>รวมทั้งสิ้น</b>			<b>111</b>	<b>10,527,600</b>					
	<b>เงินประจำตำแหน่ง</b>									
<b>1</b>	<b>ประเภทบริหาร (บ.)</b>			<b>12</b>	<b>859,200</b>					
	คณบดี		10,000	1	120,000					
	รองคณบดี		5,600	6	403,200					
	หัวหน้าภาควิชา		5,600	4	268,800					
	เลขานุการคณะ	8	5,600	1	67,200					
<b>2</b>	<b>ประเภทวิชาการ</b>			<b>97</b>	<b>9,482,400</b>					
	ผศ.	8	5,600	34	2,284,800					
		7	3,500	5	210,000					
	รศ.	10	9,900	2	237,600					
		9	9,900	51	6,058,800					
		8	5,600	1	67,200					
	ศ.	10	13,000	4	624,000					
<b>3</b>	<b>ประเภทวิชาชีพเฉพาะ(วช.)</b>			<b>2</b>	<b>186,000</b>					
	<b>ชำนาญการ(ช.)หรือเชี่ยวชาญเฉพาะ(ชช.)</b>									
	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	9	9,900	1	118,800					
	ครูชำนาญการ	8	5,600	1	67,200					

ปีงบประมาณ 2553

แผนงาน : ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

ผลผลิต/โครงการ : ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะ/หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์

(1) ลำดับที่	(2) ประเภท-ตำแหน่ง	(3) ปีงบประมาณ 2551			(4) ค่าของงบประมาณปี 2552			(5) คำชี้แจง
		อัตราค่าจ้าง	จำนวนอัตรา	จำนวนเงิน	อัตราค่าจ้าง	จำนวนอัตรา	จำนวนเงิน	
	<b>รวมทั้งสิ้น</b>		<b>1</b>	<b>481,300</b>		<b>1</b>	<b>203,700</b>	
1	<b>ลูกจ้างรายเดือน</b> ผู้มีความรู้ความสามารถพิเศษ		1	481,300		1	203,700	<p><b>ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา 1 อัตรา</b></p> <p>- เป็นอัตราจ้างใหม่ คือ Prof.Dr. Shanka Banerji ตำแหน่ง Professor จาก University of Missouri, Columbia, USA ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ด้าน การเรียนการสอน การบริหารหลักสูตร และการทำวิจัยเป็นอย่างดี ระยะเวลาการจ้าง 6 เดือน</p> <p>- ภาระงานที่รับผิดชอบ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ร่วมสอนในรายวิชา 223-324 Wsatewater Engineering and Design ในระดับปริญญาตรี และ 223-501 Advanced Wastewater Treatment and Engineering ในระดับปริญญาโท</li> <li>2. พัฒนาความรู้ความเข้าใจภาษาอังกฤษของนักศึกษา</li> <li>3. ให้คำแนะนำรับงานวิจัยระดับปริญญาโท และเอก ต่อนักศึกษา ในสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะมีทั้งที่เป็นคนไทยและต่างชาติ</li> <li>4. ให้คำแนะนำในการเขียนข้อเสนอโครงการ และบทความทางวิชาการ ต่อคณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม</li> <li>5. เป็นที่ปรึกษาในการปรับปรุงหลักสูตร และพัฒนาทางด้านวิชาการของ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม</li> </ol>

**แบบรายละเอียดค่าของงบประมาณหมวดค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ  
ปีงบประมาณ 2553**

แผนงาน : ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

ผลิตภัณฑ์/โครงการ : ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะ/หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)
หมวดรายจ่าย-รายการ	งบประมาณปี 2551		งบประมาณ ปี 2552	ค่าของงบประมาณ ปี 2553	คำชี้แจง
	รายจ่ายจริง ณ 30 กันยายน	กันไว้เบิกจ่าย เหลือในปี			
<b>รวมทั้งสิ้น</b>	<b>11,602,621.96</b>		<b>10,062,700</b>	<b>12,725,200</b>	
<b>ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ</b>	<b>11,602,621.96</b>		<b>10,062,700</b>	<b>12,725,200</b>	<b>คณะฯ ได้บริหารจัดการจัดการเรียนการสอนเพื่อผลิตบัณฑิตโดยใช้เงินรายได้สมทบ ในปีงบประมาณ 2551 จำนวน 11,716,087.70 บาท</b>
<b>1. ค่าตอบแทน</b>	<b>2,389,588.75</b>		<b>2,404,700</b>	<b>3,856,000</b>	
1.1 ค่าตอบแทนปฏิบัติงานนอกเวลาราชการ	354,250.00		106,400	150,000	- เป็นค่าล่วงเวลาของอาจารย์ ครู ข้าราชการ และลูกจ้างในช่วงที่มีงาน เร่งด่วน จำนวน 25 คน x 30 วัน x 200 บาท
1.2 ค่าเช่าบ้าน	36,000.00		42,000	36,000	- เป็นค่าเช่าบ้านของข้าราชการระดับ 7 จำนวน 1 อัตรา x 12 เดือน x 3,000 บาท
1.3 ค่าตอบแทนผู้ปฏิบัติงานให้ราชการ	142,333.75		2,256,300	3,020,000	1. เป็นค่าตรวจกระดาษคำตอบระดับปริญญาตรี = 100 วิชา x 40 คน x 5 บาท x 2 ครั้ง = 40,000 บาท และระดับปริญญาโท-เอก = 60 วิชา x 10 คน x 9 บาท x 2 ครั้ง = 10,800 บาท รวมทั้งสิ้น 50,800 บาท (ขอตั้งเพียง 50,000 บาท) 2. เป็นเงินสมนาคุณอาจารย์จำนวน 68 คน x 2,500 บาท x 5 เดือน = 850,000 บาท 3. เป็นค่าสอนของอาจารย์ประจำและอาจารย์พิเศษที่มีชั่วโมงสอนเกินเกณฑ์ ระดับปริญญาตรี = 6,000 ชั่วโมง x 300 บาท = 1,800,000 บาทและ ระดับปริญญาโท = 800 ชั่วโมง x 400 บาท = 320,000 บาท รวมทั้งสิ้น 2,120,000 บาท

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)
หมวดรายจ่าย-รายการ	งบประมาณปี 2551		งบประมาณปี 2552	ค่าของงบประมาณปี 2553	คำชี้แจง
	รายจ่ายจริง ณ 30 กันยายน	กันไว้เบิกจ่าย เหลือมปี			
1.4 เงินตอบแทนพิเศษ	622,722			650,000	5. เป็นค่ากรรมการตรวจงานจ้างโครงการก่อสร้างผูกพันเดิม วงเงิน 9,900 บาท และกรรมการตรวจการจ้างและผู้ควบคุมงานที่ดินฯ 1 ปี 4 รายการ วงเงิน 50,400 บาท รวมทั้งสิ้น 60,300 บาท - เพื่อเป็นงบประมาณที่เบิกจ่ายตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการเบิกจ่ายเงินค่าตอบแทนพิเศษของข้าราชการและลูกจ้างประจำ ผู้ได้รับเงินเดือนหรือค่าจ้างถึงขั้นสูงสุดของอันดับหรือตำแหน่ง พ.ศ. 2544
<b>2. ค่าใช้สอย</b>	<b>3,147,010.13</b>		<b>934,600</b>	<b>1,940,000</b>	
2.1 ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก และค่าพาหนะ	1,500,863.79		337,600	700,000	-เป็นค่าใช้จ่ายในการเดินทางของข้าราชการและลูกจ้างเพื่อประชุม สัมมนา ฝึกอบรม สอบคัดเลือกและศึกษาต่อ หรือนักศึกษาออกทัศนศึกษาโรงงาน โรงจักร เหมืองแร่ และติดต่อราชการอื่น และเนื่องจากคณะฯ เป็นสถาบันที่ตั้งอยู่ในส่วนภูมิภาค จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจัดให้บุคลากรของคณะฯ ได้เดินทางไปเข้ารับการประชุม ประชุม สัมมนาทางวิชาการต่าง ๆ เพื่อติดตามความก้าวหน้าทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ซึ่งมักจะจัดขึ้นที่ส่วนกลางเฉลี่ยสำหรับข้าราชการและลูกจ้าง คนละ 1 ครั้ง รวม 70 คน x 10,000 บาท/คน/ครั้ง
2.2 ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	1,010,561.47		160,400	338,000	- ค่าซ่อมแซมยานพาหนะ ประกอบด้วยค่าอะไหล่ และค่าจ้างเหมาซ่อม ดังนี้ 1. รถบัสปรับอากาศ จำนวน 1 คัน วงเงิน 50,000 บาท 2. รถไมโครบัส (รถตู้) จำนวน 4 คัน วงเงิน 50,000 บาท 3. รถสเตชันแวกอน จำนวน 2 คัน วงเงิน 20,000 บาท 4. รถบรรทุกเล็ก จำนวน 1 คัน วงเงิน 10,000 บาท 5. รถจักรยานยนต์จำนวน 3 คัน วงเงิน 8,000 บาท

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)
หมวดรายจ่าย-รายการ	งบประมาณปี 2551		งบประมาณปี 2552	ค่าของงบประมาณปี 2553	คำชี้แจง
	รายจ่ายจริง ณ 30 กันยายน	กันไว้เบิกจ่ายเหลือในปี			
2.3 ค่าจ้างเหมาบริการ	124,765.80 (เป็นค่าจ้างเหมาทั่วไป)		425,600	894,300	<p>1. เป็นค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซมครุภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานมานานของภาควิชาต่าง ๆ 100,000 บาท</p> <p>2. เป็นค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซมสิ่งก่อสร้าง และระบบไฟฟ้าภายในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ เพื่อให้อยู่ในสภาพดีดั้งเดิม = 100,000 บาท</p> <p>เป็นค่าจ้างเหมาบริการประเภทต่าง ๆ ได้แก่</p> <p>ก. ค่าจ้างเหมาทำความสะอาด ทดแทนงานเดิมที่ลูกจ้างประจำทำอยู่ และเกษียณอายุฯ ประกอบด้วย</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- อาคารภาควิชาวิศวกรรม (ไฟฟ้า เครื่องกล โยธา อุตสาหการ เคมี เหมืองแร่ฯ และคอมพิวเตอร์)</li> <li>- อาคารโรงหล่อ อาคารบรรณาสถาบัน สำนักงานฝ่ายบริการวิชาการ</li> <li>- อาคารสำนักงานเลขานุการคณะฯ ชั้น 1 และ ชั้น 2</li> </ul> <p><b>รวมพื้นที่ทั้งสิ้น 23,217.31 ตร.ม.</b></p> <p>ข. ค่าจ้างเหมาพนักงานเดินหนังสือตามนโยบายลดอัตราลูกจ้างประจำโดยใช้วิธีการขยายการจ้างเหมาในการเดินหนังสือ ทดแทนอัตราลูกจ้างประจำที่เกษียณอายุฯ ปี 2548-2549 รวมทั้งสิ้น 5 คน</p> <p>ค. ค่าจ้างเหมาบริการอื่น ๆ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เป็นค่าจ้างในการเย็บเล่ม เข้าปกหนังสือ ดำารประกอบการสอน</li> <li>- ค่าล้างฟิล์ม ภาพถ่าย และสไลด์ประกอบการสอน</li> <li>- ค่าขนส่ง ค่าธรรมเนียม และเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ</li> </ul>
2.4 ค่าใช้สอยอื่นๆ			11,000	7,700	เป็นค่าใช้จ่ายในการรับรองชาวต่างประเทศและผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศที่เดินทางมาเยี่ยมเยือน ช่วยเหลือด้านการศึกษาของคณะฯ และค่ารับรองผู้เข้าร่วมพิธีเปิด-ปิดการ

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)
หมวดรายจ่าย-รายการ	งบประมาณปี 2551		งบประมาณ	ค่าของบประมาณ	คำชี้แจง
	รายจ่ายจริง ณ 30 กันยายน	กันไว้เบิกจ่าย เหลือในปี	ปี 2552	ปี 2553	
<b>3. ค่าวัสดุ</b> 3.1 วัสดุสำนักงาน  3.2 วัสดุเชื้อเพลิงและหล่อลื่น          3.5 วัสดุการศึกษา	<b>6,066,023.08</b>		<b>6,723,400</b>  90,900  47,600       6,584,900	<b>6,929,200</b>  357,400  71,800       6,500,000	<p>ประชุม สัมมนา ฝึกอบรมในระดับชาติและนานาชาติที่คณะฯ จำนวน 10 ครั้ง x 770 บาท</p> <p>- เป็นค่าวัสดุสำนักงานต่าง ๆ สำหรับงานบริหารและธุรการทั่วไป ได้แก่ กระดาษถ่ายเอกสาร กระดาษไข กระดาษโรเนียว หมึกพิมพ์ น้ำยาลบกระดากในเพลทน้ำยาล้างชิ่ง และวัสดุอื่น ๆ</p> <p>- เป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและหล่อลื่น สำหรับรถยนต์ 9 คัน รถจักรยานยนต์ 3 คัน ดังนี้-</p> <p><u>รถใช้ในราชการทั่วไป</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. รถบัสปรับอากาศเครื่องยนต์ดีเซล 1 คัน = 10,000 บาท</li> <li>2. รถไมโครบัส เครื่องยนต์ดีเซล 4 คัน = 10,000 บาท</li> <li>3. รถสเตชันแวกอน (รถตู้) เครื่องยนต์ดีเซล 2 คัน = 10,000 บาท</li> <li>4. รถบรรทุกเล็ก เครื่องยนต์เบนซิน 1 คัน = 10,000 บาท</li> <li>5. รถจักรยานยนต์ 3 คัน = 6,800 บาท</li> </ol> <p><u>รถใช้ในราชการสนาม</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. รถบรรทุกเล็กเครื่องยนต์ดีเซล 1 คัน = 5,000 บาท</li> </ol> <p>รวมค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและหล่อลื่นสำหรับยานพาหนะเป็นเงิน 51,800 บาท</p> <p>- เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 500 กิโลวัตต์ 1 เครื่อง = 20,000 บาท</p> <p>- เป็นค่าวัสดุฝึกและค่าใช้จ่ายโครงการนักศึกษาทุกชั้นปีในระดับปริญญาตรี/โท 12 สาขาวิชา และระดับปริญญาเอก 5 สาขาวิชา จำนวนนักศึกษารวมทั้งสิ้น 4,159 คน</p>





## สรุปการจัดเรียงลำดับความสำคัญรายการครุภัณฑ์

## คณะวิศวกรรมศาสตร์

## ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2553

ลำดับ ความสำคัญ	รายการ	จำนวนเงิน	หน่วยงาน/ ภาควิชา	หมายเหตุ	หน้าที่
	<b>ครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์เพื่อการวิจัย บัณฑิตศึกษา และบริการวิชาการ</b>	<b>1,264,500</b>			
1	เครื่องเชื่อมชนิดทิกแบบใหม่หรือพลาสมา (Advanced Welding Machine) 1 ชุด	400,000	ภ.เหมืองแร่ฯ	พัฒนา	วศ. 26, 28
2	เครื่องสเปกโตรฟลูออโรมิเตอร์ (Spectrofluorometer) 1 ชุด	564,500	ภ.โยธา	พัฒนา	วศ. 26, 30
3	เครื่องทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์ 1 ชุด	300,000	ภ.เหมืองแร่ฯ	พัฒนา	วศ. 27, 32
	<b>ครุภัณฑ์สาขาความเป็นเลิศ</b>	<b>350,000</b>			
1	เครื่องขยายไฟฟ้าความดันสูง (high voltage amplifier) 1 ชุด	350,000	สถานวิจัย เทคโนโลยี พลังงาน	พัฒนา	วศ. 34, 35
	<b>ครุภัณฑ์ห้องบรรยาย</b>	<b>369,500</b>			
1	เครื่องมัลติมีเดียโปรเจคเตอร์ 4 เครื่อง	218,000	สำนักงานเลขฯ	ทดแทน	วศ. 36, 39
2	เครื่องปรับอากาศขนาด 30,000 บีทียู 6 ชุด	151,500	สำนักงานเลขฯ	ทดแทน	วศ. 38, 40
	<b>ครุภัณฑ์พื้นฐานการเรียนการสอนระดับปริญญา ตรี</b>	<b>5,405,000</b>			
	<b>วิทยาเขตหาดใหญ่</b>	<b>3,655,000</b>			
1	เครื่องสร้างสัญญาณเทียมสัญญาณชีพ (Patient Simulator) 1 ชุด	200,000	ภ.ไฟฟ้า	พัฒนา	วศ. 41
2	เครื่องสร้างสัญญาณเทียม ค่าเปอร์เซ็นต์ของค่า ความอิมิตัวของออกซิเจนในเลือด 2 เครื่อง	500,000	ภ.ไฟฟ้า	พัฒนา	วศ. 42
3	เครื่องชั่งไฟฟ้าระบบดิจิทัล 4 ตำแหน่ง (Balance) 1 เครื่อง	40,000	ภ.โยธา	พัฒนา	วศ. 42
4	เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ (DO meter) 1 เครื่อง	30,000	ภ.โยธา	พัฒนา	วศ. 43
5	แผ่นงานให้ความร้อน (Hot plate) 1 เครื่อง	40,000	ภ.โยธา	พัฒนา	วศ. 43
6	ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบแสดงตัวเลข 5 ชุด	400,000	ภ.เคมี	ทดแทน	วศ. 43

ลำดับ ความสำคัญ	รายการ	จำนวนเงิน	หน่วยงาน/ ภาควิชา	หมายเหตุ	หน้าที่
7	เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrum Analyzer) 1 เครื่อง	400,000	ภ.ไฟฟ้า	พัฒนา	วศ. 44
8	เครื่องกลึงขนาดเล็ก 1 เครื่อง	210,000	ภ.เครื่องกล	พัฒนา	วศ. 44
9	เครื่องสูบบำบัด (Peristaltic pump) 1 เครื่อง	80,000	ภ.โยธา	พัฒนา	วศ. 45
10	เครื่องกวนทดสอบการตกตะกอน (Jar Test) 1 เครื่อง	100,000	ภ.โยธา	ทดแทน	วศ. 45
11	ชุดเจาะทำเกลียวโลหะบาง 1 ชุด	100,000	ภ.เครื่องกล	พัฒนา	วศ. 46
12	เครื่องเชื่อม (TIG) 1 ชุด	170,000	ภ.เครื่องกล	พัฒนา	วศ. 46
13	เครื่องวิเคราะห์การทำงานเครื่องกระตุกหัวใจ 1 ชุด	300,000	ภ.ไฟฟ้า	พัฒนา	วศ. 47
14	ระบบเก็บพิกัดแบบสัมผัสสำหรับงานวิศวกรรม ย้อนรอย (Digitizing System for Reverse Engineering) 1 ชุด	585,000	ภ.อุตสาหกรรม	พัฒนา	วศ. 48
15	เครื่องกัดและสแกนชิ้นงาน 3 มิติ ขนาดเล็ก 1 ชุด	500,000	ภ.เครื่องกล	พัฒนา	วศ. 48
	<b>วิทยาเขตภูเก็ต</b>	<b>1,750,000</b>			
1	ดิจิทัล ออสซิลโลสโคป 10 เครื่อง	600,000	ภ.คอมพิวเตอร์	ทดแทน	วศ. 49
2	เครื่องวิเคราะห์แถบความถี่ (Spectrum Analyzer) 1 เครื่อง	400,000	ภ.คอมพิวเตอร์	พัฒนา	วศ. 50
3	เครื่องวิเคราะห์สัญญาณตรรกะ (Logic Analyzer) 1 เครื่อง	750,000	ภ.คอมพิวเตอร์	พัฒนา	วศ. 50
	<b>รวม</b>	<b>7,389,000</b>			

ประจำปีงบประมาณ 2553

แผนงาน: ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

ผลิตภัณฑ์/โครงการ: ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

1) ครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์เพื่อการวิจัย บัณฑิตศึกษาและบริการวิชาการ

ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	6			7
					ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		
						ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	
1	ค่าครุภัณฑ์ เครื่องเชื่อมชนิดทิกแบบใหม่หรือพลาสมา (Advanced TIG or Plasma Welding Machine)	1 ชุด	400,000	1,264,500	1 ชุด	-	-	
				400,000				
2	เครื่องสเปกโตรฟลูออโรมิเตอร์ (Spectrofluorometer)	1 ชุด	564,500	564,500	1 ชุด	-	-	

1	2	3	4	5	6		7	
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		คำชี้แจง/เหตุผล
						ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	
3	<p>ซึ่งสามารถแสดงผลเป็นฟังก์ชันของโครงสร้าง และ functional groups ของโมเลกุลสารอินทรีย์ เช่น สารอินทรีย์กลุ่มไทโรซีน และสารอินทรีย์กลุ่มฮิวมิก และฟลูอิก โดยมีแหล่งกำเนิดแสงเป็น Xenon Lamp พร้อมด้วยตัวหุ้ม ช่วงความยาวคลื่นสามารถเลือกได้ ตั้งแต่ 200-1000 นาโนเมตร ทั้ง Excitation และ Emission สามารถปรับ Spectral Bandwidth และ Wavelength Scan Speed ได้ โดยมีความพิวเตอร์และโปรแกรม ในการประมวลผลประกอบกับชุดเครื่องมือ</p> <p><b>เครื่องทดสอบความแข็งแบบรีอคเวลล์</b></p> <p>เป็นเครื่องทดสอบความแข็งแบบรีอคเวลล์ โดยสามารถ เปลี่ยนหัวกดได้ทั้งชนิดรูปโคนและชนิดทรงกลม ขนาดไม่น้อยกว่า 1/16" สามารถเลือกการกดได้ หลายระดับ การกดน้ำหนักได้โดยระบบอัตโนมัติ สามารถเลือกใช้น้ำหนักในการทดสอบความแข็ง ไม่น้อยกว่า 150 kgf และสามารถเปลี่ยนหน่วย มาตรฐานวัดเป็น scale อื่นได้ ตามมาตรฐาน SAE ASTM JIS มีโต๊ะยึดชิ้นงานสำหรับความสูงชิ้นงานไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร</p>	1 ชุด	300,000	300,000	1 ชุด	ครุภัณฑ์พัฒนา	ไม่เคยมีมาก่อน	<p>ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา และการทำโครงการของ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 รวมถึงความจำเป็นในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทและปริญญาเอก เพื่อใช้เพิ่มศักยภาพในการทำวิจัยทางด้านเทคโนโลยีและการจัดการทรัพยากรน้ำ และสิ่งแวดล้อม ด้านอื่นๆ การวิเคราะห์โดยเครื่องสเปกโตรฟลูออโรมิเตอร์ เป็นเทคนิคที่สามารถจำแนกชนิด สารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดตามการปนเปื้อนใน คลองอุตะเทาและทะเลสาบสงขลาซึ่งเป็นหนึ่งในพันธกิจหลักของมหาวิทยาลัย จึงเป็นการ สร้างองค์ความรู้ใหม่ด้านการวิจัยร่วมกับหน่วยงานสำคัญภายนอกเช่น สิ่งแวดล้อมภาคที่ 16</p> <p><b>การประชาสัมพันธ์ภาค กรมชลประทานและจังหวัดสงขลา เป็นต้น</b></p> <p><b>เป็นรายการใหม่ที่ไม่อยู่ในแผนปี 2551-2553</b></p> <p>เพื่อใช้ในการตรวจสอบความแข็งของโลหะและวัสดุ ใช้ในการสอนวิชาปฏิบัติการวัสดุ เป็นเครื่องมือที่รองรับโครงการวิจัยทางด้านโลหะของภาควิชาฯ ใช้ในระดับ ปริญญาตรี โท และเอก</p> <p>วิชา 237-371 โครงการงานวิศวกรรมวัสดุ</p> <p>วิชา 237-600-1 วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท</p> <p>วิชา 237-791 วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก</p> <p>จำนวนนักศึกษาปริญญาตรี 60 คน และ โท-เอก 15 คน</p>

แบบการขอครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์เพื่อการวิจัย บัณฑิตศึกษา และบริการวิชาการ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ

1. ชื่อครุภัณฑ์ เครื่องเชื่อมชนิดทิกแบบใหม่หรือพลาสติกมา Advanced Welding Machine วงเงิน 400,000.-บาท
2. ประโยชน์การใช้งาน ใช้เชื่อมโลหะด้วยเทคโนโลยีการเชื่อมแบบใหม่ คือ แบบ MIG/MAG : (Metal Inert Gas/Metal Active Gas) และแบบ TIG (Tungsten Inert Gas)  
โดยมีความจำเป็นต้องใช้เพื่องานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาและเพื่อการเรียนการสอน
3. ระบุความจำเป็นที่ต้องมีเพื่อสร้างความเข้มแข็งหรือความเป็นเลิศในงานใด และทำให้บรรลุหรือสอดคล้องกับแผนการพัฒนาคณะและมหาวิทยาลัยในข้อใด ด้านใดบ้าง (เขียนพอสังเขป)  
เพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งและความเป็นเลิศด้านการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ในการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีโลหะและวัสดุ (กลุ่มวิจัยโลหะและโลหะผง, สถานีวิจัยวิศวกรรมวัสดุ)
4. ครุภัณฑ์นี้มีอยู่ใน มอ. ในหน่วยงานใดบ้าง -
5. ผลงานทางวิชาการที่จะได้

ผลงาน	จำนวนผลงาน ( ชิ้น/ หรือครั้งและบาท ) ต่อปี				
	2552	2553	2554	2555	2556
ผลงานตีพิมพ์ในวารสาร Proceeding	-	-	1	1	1
วิทยานิพนธ์	1	1	1	1	1
บริการวิชาการ	-	1	1	1	1

6. โครงการวิจัยที่จำเป็นต้องใช้ครุภัณฑ์ชิ้นนี้

#### 6.1 โครงการที่ได้รับอนุมัติแล้ว

เรื่อง	แหล่งทุน	วงเงิน	ระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดโครงการ	หมายเหตุ
การศึกษาพฤติกรรมการล้าและกลศาสตร์การแตกหักของผิวเชื่อมพอกของเหล็กกล้าผสมต่ำ AISI 4340 ด้วยกรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์และกรรมวิธีการเชื่อมมิก/แมก และกรรมวิธีการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์	กฟผ.	980,000	2551-2553	ขณะนี้ขอยืมใช้เครื่องเชื่อมจาก ม.ราชภัฏนครราชสีมา (ต้องคืนภายในปี 2551 นี้)

6.2 โครงการที่อยู่ระหว่างการพิจารณาของแหล่งทุน

เรื่อง	แหล่งทุน	วงเงิน	ระยะเวลาเริ่มต้น และสิ้นสุด โครงการ	หมายเหตุ
1. การศึกษาพฤติกรรมการคืบของรอย เชื่อม: การประยุกต์ใช้งานในการ ซ่อมแซม Turbine Rotor ของเครื่อง กังหันไอน้ำ	กฟผ.	~5,000,000	2553-2555	

หมายเหตุ: - ได้เจรจางานวิจัยกับทาง กฟผ. แล้วเมื่อเดือนกรกฎาคม 2551 ได้ร่าง MOU

งานวิจัยระหว่างภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ ม.อ. ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม จุฬาลงกรณ์

และภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ ม.ช. คาดว่าจะลงนามใน MOU ประมาณเดือน ตุลาคม 2551

และอยู่ในระหว่างการเขียนข้อเสนอโครงการเพื่อขอทุนวิจัยจาก กฟผ. คาดว่าภายในปี 2552

จะนำเสนอโครงการต่อ กฟผ. ต่อไป

แบบการขอครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์เพื่อการวิจัย บัณฑิตศึกษา และบริการวิชาการ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

1. ชื่อครุภัณฑ์ เครื่องสเปกโตรฟลูออโรมิเตอร์ (Spectrofluorometer) วงเงิน 564,500.-บาท
2. ประโยชน์การใช้งาน เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาลักษณะสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งสามารถแสดงผลเป็นฟังก์ชันของโครงสร้างและ functional groups ของโมเลกุลสารอินทรีย์ได้ โดยมีความจำเป็นต้องใช้เพื่องานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาและเพื่อการเรียนการสอน
3. ระบุความจำเป็นที่ต้องมีเพื่อสร้างความเข้มแข็งหรือความเป็นเลิศในงานใด และทำให้บรรลุหรือสอดคล้องกับแผนการพัฒนาของคณะและมหาวิทยาลัยในข้อใด ด้านใดบ้าง (เขียนพอสังเขป)  
- เพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งและความเป็นเลิศด้านการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ในการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีและการจัดการทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อมด้านอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดตามการปนเปื้อนสารอินทรีย์ในลุ่มน้ำ อุตะเขาและทะเลสาบสงขลาซึ่งเป็นทิศทางการวิจัยหลักของมหาวิทยาลัย (กลุ่มวิจัยเทคโนโลยีและการจัดการทรัพยากรน้ำ, กลุ่มวิจัยการจัดการมูลฝอยและกากของเสียอันตราย)
4. ครุภัณฑ์นี้มีอยู่ใน มอ. ในหน่วยงานใดบ้าง ไม่ได้  
คณะกรรมการสิ่งแวดล้อม(เครื่องรุ่นเก่าปี 2541 ใช้งานวิเคราะห์แบบ 3 มิติ
5. ผลงานทางวิชาการที่จะได้

วศ. 30

ผลงาน	จำนวนผลงาน ( ชิ้น/ หรือครั้งและบาท ) ต่อปี				
	2552	2553	2554	2555	2556
ผลงานตีพิมพ์ในวารสาร	-	1	1	1	1
Proceeding	-	2	2	2	2
วิทยานิพนธ์	-	3	3	3	3
บริการวิชาการ	-	-	-	-	-



6. โครงการวิจัยที่จำเป็นต้องใช้ครุภัณฑ์ชิ้นนี้

6.1 โครงการที่ได้รับอนุมัติแล้ว

เรื่อง	แหล่งทุน	วงเงิน	ระยะเวลา เริ่มต้นและ สิ้นสุดโครงการ	หมายเหตุ
การจำแนกลักษณะสารอินทรีย์ ธรรมชาติในน้ำผิวดินเพื่อนำมาควบคุม การเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปา	ทุนงบประมาณ แผ่นดินปี 2553	724,000	2552-2553	
การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการลด สารอินทรีย์ธรรมชาติเพื่อใช้ควบคุม การเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปา	ทุนงบประมาณ แผ่นดินปี 2553	953,200	2552-2553	
พลวัตระบบของออกซิเจนละลาย ของคลองในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	ทุนงบประมาณ แผ่นดินปี 2553	900,000	2552-2553	
การจำแนกลักษณะและบำบัดสาร อินทรีย์กลุ่มขบวนการและไม่ขบวนการ ในน้ำดิบประปาจากคลองอู่ตะเภา	ทุนนักวิจัยรุ่นใหม่ สกว/สกอ ปี 2552	480,000	2552-2554	

6.2 โครงการที่อยู่ระหว่างการพิจารณาของแหล่งทุน

เรื่อง	แหล่งทุน	วงเงิน	ระยะเวลา เริ่มต้นและ สิ้นสุดโครงการ	หมายเหตุ
1. การใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางขึ้น สำหรับการบำบัดบนดินในสวนปาล์ม น้ำมัน	ทุนงบประมาณ แผ่นดินปี 2553	490,560	2552-2553	

แบบการขอครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์เพื่อการวิจัย บัณฑิตศึกษา และบริการวิชาการ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ

1. ชื่อครุภัณฑ์ เครื่องทดสอบความแข็งแรงแบบร็อกเวลล์ วงเงิน 300,000 บาท
2. ประโยชน์การใช้งาน ใช้ในการตรวจสอบความแข็งแรงของโลหะและวัสดุ ใช้ในการสอนวิชาปฏิบัติการวัสดุปฏิบัติการขั้นสูงวัสดุ ใช้สำหรับโครงการวิจัยทางด้านโลหะและวัสดุผสม ทั้งในระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษา
3. ระบุความจำเป็นที่ต้องมีเพื่อสร้างความเข้มแข็งหรือความเป็นเลิศในงานใด และทำให้บรรลุหรือสอดคล้องกับแผนการพัฒนาของคณะและมหาวิทยาลัยในข้อใด ด้านใดบ้าง ( เขียนพอสังเขป )
  - เพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งและความเป็นเลิศด้านการเรียนการสอนและงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาในการวิจัยทางด้านโลหกรรมและวัสดุเช่น โลหะผสม เหล็กกล้า อลูมิเนียม โลหะผงและวัสดุผสม เป็นต้น เป็นเครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกลที่สำคัญและจำเป็นมากสำหรับการวิจัยและพัฒนาทางด้านวิศวกรรมวัสดุ
4. ครุภัณฑ์นี้มีอยู่ใน มอ. ในหน่วยงานใดบ้าง
  - ยังไม่มีในหน่วยงานใดๆ ของ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
5. ผลงานทางวิชาการที่จะได้

วศ. 32

ผลงาน	จำนวนผลงาน ( ชิ้น/ หรือครั้งและบาท ) ต่อปี				
	2552	2553	2554	2555	2556
ผลงานตีพิมพ์ในวารสาร Proceeding วิทยานิพนธ์ บริการวิชาการ	-	-	1	1	1
	-	-	50 ครั้ง	55 ครั้ง	60 ครั้ง

6. โครงการวิจัยที่จำเป็นต้องใช้ครุภัณฑ์ชิ้นนี้
  - 6.1 โครงการที่ได้รับอนุมัติแล้ว

เรื่อง	แหล่งทุน	วงเงิน	ระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดโครงการ	หมายเหตุ
1. การพัฒนากระบวนการโลหะกึ่งของแข็งแบบใหม่ในการหล่อฉีด	สวทช.	4,998,208	2549-2552	
2. การผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์พูนที่สังเคราะห์จากไม้ยางพาราโดยวิธีอินฟิสิกส์ด้วยความดัน	วช.	267,000	2551-2552	

เรื่อง	แหล่งทุน	วงเงิน	ระยะเวลาเริ่มต้น และสิ้นสุด โครงการ	หมายเหตุ
3. การศึกษาพฤติกรรมการล้าและกลศาสตร์การแตกหักของผิวเชื่อมพอกของเหล็กกล้าผสมต่ำ AISI 4340 ด้วยกรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์และกรรมวิธีการเชื่อมมิก/แมก และกรรมวิธีการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์	กฟผ.	980,000	2551-2553	

## 6.2 โครงการที่อยู่ระหว่างการพิจารณาของแหล่งทุน

เรื่อง	แหล่งทุน	วงเงิน	ระยะเวลาเริ่มต้น และสิ้นสุด โครงการ	หมายเหตุ
1. การศึกษาสมบัติการคืบของรอยเชื่อม: การประยุกต์ใช้งานในการซ่อมแซม Turbine Rotor	กฟผ.	~5,000,000	2553-2555	

หมายเหตุ: - ได้เจรจางานวิจัยกับทาง กฟผ. แล้วเมื่อเดือนกรกฎาคม 2551 ได้ร่าง MOU งานวิจัยระหว่างภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ ม.อ. ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม จุฬาลงกรณ์ และภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ ม.ช. คาดว่าจะลงนามใน MOU ประมาณเดือน ตุลาคม 2551 และอยู่ในระหว่างการเขียนข้อเสนอโครงการเพื่อขอทุนวิจัยจาก กฟผ. คาดว่าภายในปี 2552 จะนำเสนอโครงการต่อ กฟผ. ต่อไป

## ประจำปีงบประมาณ 2553

แผนงาน: ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

ผลิต/โครงการ: ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

## 2) ครุภัณฑ์สาขาความเป็นเลิศ

1	2	3	4	5	6		7	
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		คำชี้แจง/เหตุผล
						ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	
1	ค่าครุภัณฑ์ เครื่องขยายไฟฟ้าความดันสูง (high voltage amplifier)  มีสองช่องสัญญาณ output 0 ถึง 350V กระแส 0 ถึง 200 mA bandwidth 100 kHz	1  ชุด	350,000	350,000	1 ชุด	-	-	
				350,000				
					ครุภัณฑ์พัฒนา			
					เป็นชุดสัญญาณสำหรับใช้ร่วมกับเครื่องปฏิกรณ์			
					แบบ ultrasonic ในการศึกษาการออกแบบ			
					ระบบผลิตไบโอดีเซลด้วย คลื่น ultrasonic			

แบบการขอครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์เพื่อการวิจัย บัณฑิตศึกษา และบริการวิชาการ และสาขาความเป็นเลิศ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน

1. ชื่อครุภัณฑ์ เครื่องขยายไฟฟ้าความดันสูง (high voltage amplifier) วงเงิน 350,000 บาท
2. ประโยชน์การใช้งาน ใช้ในการศึกษาการออกแบบระบบผลิตไบโอดีเซลด้วย คลื่น ultrasonic
3. ระบุความจำเป็นที่ต้องมีเพื่อสร้างความเข้มแข็งหรือความเป็นเลิศในด้านใด และทำให้บรรลุหรือสอดคล้องกับแผนพัฒนาของคณะและมหาวิทยาลัยในข้อใด ด้านใดบ้าง (เขียนพอสังเขป)  
ในการออกแบบระบบผลิตไบโอดีเซลทั่วไป ถึงปฏิกิริยาที่เข้มข้นจะใช้มอเตอร์เป็นตัวกวนผสมสารละลายในถังปฏิกิริยา ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ หากการออกแบบไม่ดีพอ เนื่องจาก ไอระเหยของแอลกอฮอล์มีโอกาสที่จะสัมผัสมอเตอร์ที่อยู่ด้านบนเกิดการระเบิด การศึกษาการนำ ultrasonic มาใช้แทนการกวนสารแบบเดิม ๆ จะช่วยให้ระบบมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ พลังงานที่ใช้ มีค่าน้อยกว่าวิธีการเดิม
4. ครุภัณฑ์นี้มีอยู่ใน มอ. ในหน่วยงานใดบ้าง ไม่มี
5. ผลงานทางวิชาการที่จะได้

ผลงาน	จำนวนผลงาน (ชิ้น/หรือครั้งและบาท) ต่อปี				
	2550	2551	2552	2553	2554
ผลงานตีพิมพ์ในวารสาร					
Proceeding					1
วิทยานิพนธ์					1
บริการวิชาการ					

6. โครงการวิจัยที่จำเป็นต้องใช้ครุภัณฑ์ชิ้นนี้  
ยังไม่ได้ยื่นข้อเสนอโครงการสำหรับการนำเอาครุภัณฑ์ชิ้นนี้ไปใช้ แต่ จะนำมาใช้เพื่อการริเริ่มศึกษาการออกแบบปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้ครุภัณฑ์นี้เพื่อเป็นแนวทางในการเขียนข้อเสนอโครงการวิจัยในปีถัดไป
- 6.1 โครงการที่ได้รับอนุมัติแล้ว  
ไม่มี
- 6.2 โครงการที่อยู่ระหว่างการพิจารณาของแหล่งทุน  
ไม่มี

## ประจำปีงบประมาณ 2553

แผนงาน : ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

ผลิต/โครงการ : ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

## 3) ครุภัณฑ์ห้องบรรยาย

ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	6			7 คำชี้แจง/เหตุผล
					ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		
					ใช้การได้	ใช้การไม่ได้		
1	ค่าครุภัณฑ์ เครื่องมัลติมีเดียโปรเจกเตอร์พร้อมเครื่องสำรองไฟฟ้า	4 ชุด	54,500	369,500 218,000	30 เครื่อง	25 เครื่อง	4 เครื่อง	
	1. เป็นเครื่องฉายภาพวิดีโอ และคอมพิวเตอร์ชนิด 1 เลนส์				ครุภัณฑ์ทดแทน			
	2. สามารถรับสัญญาณภาพวิดีโอได้ทั้งระบบ PAL, NTSC ปรับเลือกเองอัตโนมัติ				- ทดแทนของเก่าที่ซื้อเมื่อปี 2544-2545 อายุการใช้งานเกินกว่า 5 ปี			
	3. ให้ความละเอียดของสัญญาณภาพคอมพิวเตอร์ไม่น้อยกว่า XGA				- ตามแผนการจัดหาครุภัณฑ์ระยะกลาง ปีงบประมาณ 2553 ได้ตั้งไว้จำนวน 4 เครื่อง			
	4. ฉายภาพได้ 300 นิ้ว				และปีงบประมาณ 2552 ได้รับจัดสรรแล้ว 2 เครื่อง			
	5. ควบคุมการทำงานของเครื่องได้จากรีโมทคอนโทรลชนิดไร้สาย				- ปีงบประมาณ 2553 ขอดังเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจาก			
	6. แสดงผลการปรับแต่งภาพบนจอภาพ (On Screen Display) ด้วยภาษาไทย หรือภาษาอื่น สามารถปรับความเพี้ยนของภาพได้ไม่ต่ำกว่า 15 องศา				- ใช้ในด้านการเรียนการสอนของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในระดับปริญญาตรี โท และปริญญาเอก			
	7. ระบบย่อขยายภาพ (Digital Zoom) ระบบ Digital ด้วยรีโมทควบคุมไร้สาย				ใช้กับห้องเรียนมีที่นั่งศึกษาจำนวนมาก คือ ห้องเรียน A401, A400 ความจุ 100-150 ที่นั่ง			
	8. มีระบบการปรับความเหลื่อมของจุดภาพโดยอัตโนมัติ (Auto pixel Alignment)				เป็นการนำสื่อประสมต่างๆ มาใช้สอนให้นักศึกษารับรู้และมีพัฒนาการที่รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูง			
					ใช้เวลาน้อยลงแต่มีผลสูงขึ้น			
					- ใช้ในการสอนวิชาที่มีเทคโนโลยีสมัยใหม่ด้วยการแสดงผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อฉายออกจอขนาดใหญ่			
					- ให้นำข้อมูลจากกล้องวิดีโอ ม้วนวิดีโอ ฉายให้นักศึกษาจำนวนมาก ๆ ตั้งแต่ 60 คน			
					ขึ้นไป สามารถดูได้ทั่วถึง โดยการติดตั้งในห้องบรรยายรวม ที่นักศึกษาตั้งแต่ 60 คนขึ้นไป			
					- ใช้ในห้องเรียนระบบ Virtual Classroom ที่คณะฯ กำหนดให้เป็นวิธีการสอนนักศึกษาของคณะวิศวกรรมศาสตร์			

1	2	3	4	5	6		7	
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		คำชี้แจง/เหตุผล
						ใช้ได้	ใช้การไม่ได้	
	<p>9. มีระบบการค้นหาและเลือกสัญญาณแบบอัตโนมัติ</p> <p>10. รับประกันการใช้งานไม่น้อยกว่า 1 ปี</p> <p><b>คุณสมบัติทางเทคนิค</b></p> <p>ระบบฉายภาพ ระบบ 3 LCD Panal 1 เลนส์ (ระดับ XGA 2500 Ansilumen)</p> <p>ลักษณะของ LCD Panel ขนาด LCD Panal ชนิด Poly-Silicon ขนาดไม่น้อยกว่า 0.6 นิ้ว</p> <p>ลักษณะย่อขยายภาพ ระบบ Digital Zoom ไม่น้อยกว่า 4 เท่า</p> <p>ความสว่างของภาพ ไม่น้อยกว่า 2500 ANSI Lumen</p> <p>การรับสัญญาณ Video in : Composite Video, Phono Type (RCA) 75 โอห์ม S-Video Input A : Analog RGB D-Sub 15 Pin (Female)</p> <p>น้ำหนักของเครื่อง เบาเหมาะสำหรับการเคลื่อนย้ายที่สะดวกรวดเร็ว</p> <p><b>เครื่องสำรองไฟฟ้า ขนาด 1000 VA</b></p> <p><b>คุณลักษณะเฉพาะ</b></p> <p>1. ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ input 220 V. 50 Hz.</p> <p>2. Output 220 V. ใช้กำลังไฟฟ้าได้ ไม่น้อยกว่า 1,000 VA</p> <p>3. Outlet ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง พร้อมฟิวส์ป้องกันการลัดวงจร</p> <p>4. สามารถสำรองไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 20 นาที ที่ภาวะโหลดปกติ</p> <p>5. ใช้แบตเตอรี่แบบแห้ง 12 หรือ 24 Volt DC.</p> <p>6. มีระบบไฟเตือน หรือเสียงเตือน เมื่อระบบไฟฟ้าปกติขัดข้อง</p> <p>7. รับประกันคุณภาพ ไม่น้อยกว่า 1 ปี</p>					<p>- ห้องเรียนที่ติดตั้งเครื่องมัลติมีเดียโปรเจกเตอร์ประจำ ทั้งหมด 15 ห้อง ห้องประชุม 3 ห้อง รวม 18 ห้อง ใช้หมุนเวียนห้องเรียนภาควิชาฯ อีก 7 สาขาวิชา</p> <p><b>ปีงบประมาณ 2553 ขอตั้งจำนวน 4 ชุด ประกอบด้วย</b></p> <p>1. ห้อง A 400</p> <p>- เครื่องมัลติมีเดียโปรเจกเตอร์ขนาดไม่ต่ำกว่า 2,500 ANSI 1 เครื่อง 55,000 บาท</p> <p>- เครื่องสำรองไฟฟ้า 1 เครื่อง 4,500 บาท</p> <p>2. ห้อง A 401</p> <p>- เครื่องมัลติมีเดียโปรเจกเตอร์ขนาดไม่ต่ำกว่า 2,500 ANSI 1 เครื่อง 55,000 บาท</p> <p>- เครื่องสำรองไฟฟ้า 1 เครื่อง 4,500 บาท</p> <p>3. สำหรับหมุนเวียน จำนวน 2 ชุด</p> <p>- เครื่องมัลติมีเดียโปรเจกเตอร์ขนาดไม่ต่ำกว่า 2,000 ANSI 2 เครื่อง 90,000 บาท</p> <p>- เครื่องสำรองไฟฟ้า 2 เครื่อง 9,000 บาท</p>		

1	2	3	4	5	6			7
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		คำชี้แจง/เหตุผล
						ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	
2	<p>เครื่องปรับอากาศขนาด 30,000 บีทียู</p> <p>เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน (Split Type)</p> <p>มีขีดความสามารถทำความเย็นได้เต็มประสิทธิภาพ</p> <p>ไม่ต่ำกว่า 30,000 บีทียู/ชั่วโมง และให้เป็นไปตาม</p> <p>มาตรฐาน มอก. 115 พร้อมค่าติดตั้ง</p>	3 เครื่อง	50,500	151,500	33 ชุด	22 ชุด	11 ชุด	<p><b>ครุภัณฑ์ทดแทน</b></p> <p>เนื่องจากได้ทำการของบประมาณปี 52 จำนวน 7 ชุด แต่ได้รับการจัดสรรมาได้เพียง 1 ชุด</p> <p>ในวงเงิน 42,000 บาท ในการนี้จึงขอทดแทนของเก่าที่ใช้ประจำห้องเรียนอาคารบรรยาศ</p> <p>กลางซึ่งติดตั้งมาตั้งแต่พ.ศ. 2538 โดยห้องดังกล่าวใช้ในการเรียนการสอนวิชาพื้นฐานต่างๆ</p> <p>ของนักศึกษาทุกชั้นปี ปัจจุบันมีเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 33 ชุด สภาพดีและสามารถใช้งาน</p> <p>ได้เพียง 14 ชุด อีก 19 ชุด มีสภาพคอยล์ร้อน ตัวถังผุ เกิดจากการกัดกร่อนของสนิม มีเสียง</p> <p>ดังจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์และประสิทธิภาพการทำความเย็นได้ไม่เต็ม</p> <p>ประสิทธิภาพทำให้ภายในห้องเรียนร้อนอบอ้าว ส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนและ</p> <p>สิ้นเปลืองการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างมาก</p> <p><b>ตำแหน่งที่ติดตั้ง</b> ห้องเรียนอาคารบรรยาศกลาง A 201, A 205, A301</p>



**คำของบประมาณครุภัณฑ์ห้องบรรยาย**  
(ให้จัดทำเพิ่มเติมนอกเหนือจากแบบฟอร์มคำขอปกติ)

ห้องบรรยาย (หมายเลขห้อง/ชื่อห้อง) A401, A400

ขนาดความจุ 100-150 คน

อัตราการใช้ห้อง 46 ชั่วโมง/สัปดาห์ (นับเฉพาะตามตารางเรียนไม่นับรวมการใช้นอกตารางเรียน)

คณะวิชาที่ใช้ห้อง คือ วิศวกรรมศาสตร์

ครุภัณฑ์ที่ขอตั้ง

1. มัลติมีเดียโปรเจคเตอร์พร้อมเครื่องสำรองไฟฟ้า จำนวน 4 ชุด ประเภท (ใหม่/ทดแทน)

ทดแทนของเก่าที่ซื้อเมื่อปี 2544 (EN.S 06 999 2 3-3 1 44)

ทดแทนของเก่าที่ซื้อเมื่อปี 2545 (EN.S 06 999 2 2-1 1 45)

ครุภัณฑ์ที่มีอยู่แล้ว (ให้ขีด หน้าข้อที่มี พร้อมกรอกรายละเอียดเพิ่มเติม)

- 1 ที่นั่ง จำนวน 100-150 ตัว
- 2 เครื่องขยายเสียง ขนาด 300 วัตต์
- 3 กระดานดำหรือไวท์บอร์ด
- 4 จอรับภาพ ขนาด ใช้ผนังห้อง
- 5 เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ
- 6 Visual Presentation
- 7 โต๊ะอาจารย์
- 8 ระบบปรับอากาศ (พัดลม/เครื่องปรับอากาศ)
- 9 เครื่องคอมพิวเตอร์และมัลติมีเดียโปรเจคเตอร์
- 10 เครื่องบันทึกเสียง
- 11 ระบบ LAN
- 12 อื่น ๆ

คำของบประมาณครุภัณฑ์ห้องบรรยาย  
(ให้จัดทำเพิ่มเติมนอกเหนือจากแบบฟอร์มคำขอปกติ)

ห้องบรรยาย (หมายเลขห้อง/ชื่อห้อง) A201 , A205 , A301

ขนาดความจุ 50 คน และ 80 คน

อัตราการใช้ห้อง (ชั่วโมง/สัปดาห์) 32 (นับเฉพาะตามตารางเรียนไม่นับรวมการใช้นอกตารางเรียน)

คณะวิชาที่ใช้ห้อง คือ วิศวกรรมศาสตร์

ครุภัณฑ์ที่ขอตั้ง

2. เครื่องปรับอากาศ ขนาด 30,000 BTU จำนวน 3 เครื่อง ประเภท (ใหม่/ทดแทน)  
ทดแทนของเก่าที่ซื้อเมื่อปี 2538

ครุภัณฑ์ที่มีอยู่แล้ว (ให้ขีด หน้าข้อที่มี พร้อมกรอกรายละเอียดเพิ่มเติม)

- 1 ที่นั่ง จำนวน 80 ตัว
- 2 เครื่องขยายเสียง ขนาด 30 วัตต์
- 3 กระดานดำหรือไวท์บอร์ด
- 4 จอรับภาพ ขนาด 200 นิ้ว
- 5 เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ
- 6 Visual Presentation
- 7 โต๊ะอาจารย์
- 8 ระบบปรับอากาศ ( เครื่องปรับอากาศ)
- 9 เครื่องคอมพิวเตอร์และ Data Projector
- 10 เครื่องบันทึกเสียง
- 11 ระบบ LAN
- 12 อื่น ๆ มัลติมีเดียโปรเจ็คเตอร์

ประจำปีงบประมาณ 2553

แผนงาน: ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

ผลิตภัณฑ์/โครงการ: ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

4) ครุภัณฑ์พื้นฐานการเรียนการสอนระดับปริญญาตรี

1	2	3	4	5	6		7	
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		คำชี้แจง/เหตุผล
						ใช้ได้	ใช้การไม่ได้	
1	<p><b>ครุภัณฑ์</b> <b>วิทยาเขตหาดใหญ่</b> <b>เครื่องสร้างสัญญาณเทียมสัญญาณชีพ (Patient Simulator)</b></p> <p>เป็นเครื่องที่สามารถสร้างสัญญาณชีพเทียมได้หลายรูปแบบ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- สัญญาณไฟฟ้าหัวใจทั้งปกติและผิดปกติ ปรับอัตราเดินได้ในช่วง 30 ถึง 300 ครั้ง/นาที</li> <li>- สร้างสัญญาณหายใจ และปรับอัตราหายใจได้ในช่วงหยุดหายใจจนถึง 120 ครั้ง/นาที</li> <li>- สัญญาณของความดันโลหิต และสามารถปรับระดับความดันได้หลายระดับ</li> <li>- สร้างสัญญาณอุณหภูมิ</li> </ul>	1	200,000	<p>5,405,000</p> <p>3,655,000</p> <p>200,000</p>	1 ชุด	-	-	<p><b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b></p> <p>เดิมไม่มี เพื่อรองรับการเปิดหลักสูตรใหม่ ระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ ซึ่งเริ่มเปิดสอนในปีการศึกษา 2550 จำนวน 30 คน เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้ถึงสัญญาณชีพ เช่น สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ สัญญาณหายใจ เป็นต้น มีลักษณะและคุณสมบัติเป็นอย่างไร โดยจำเป็นต้องจัดซื้อเครื่องมือแพทย์ เพื่อทำการวัดสัญญาณจากคนจริงๆ ในแต่ละประเภทของสัญญาณ ซึ่งประหยัดและสะดวกกว่า</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- สร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ได้ทั้งแบบปกติและผิดปกติ และปรับอัตราการเดินได้</li> <li>- จำลองสัญญาณหายใจ ก็สามารถปรับอัตราการหายใจได้</li> <li>- จำลองสัญญาณความดันเลือด</li> <li>- จำลองอุณหภูมิ</li> </ul>

1	2	3	4	5	6		7		
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		คำชี้แจง/เหตุผล	
					ใช้ได้		ใช้การไม่ได้		
2	<p><b>เครื่องสร้างสัญญาณเทียบ ค่าเปอร์เซ็นต์ของค่าความอิมตัวของออกซิเจนในเลือด</b></p> <p>- เป็นเครื่องสร้างสัญญาณเทียบของค่าความอิมตัวของออกซิเจนในเส้นเลือดแดงตั้งแต่ 35% ถึง 100% และค่าอัตราการเต้นของหัวใจได้ตั้งแต่ 30 ถึง 250 ครั้งต่อนาที</p> <p>- สามารถสร้างสัญญาณเทียบของค่าความอิมตัวของออกซิเจนในเส้นเลือดแดงได้หลายรูปแบบ ตามอาการที่เกิดขึ้นของ คนไข้ เช่น คนปกติ, patient with a weak pulse, หัวใจเต้นผิดปกติได้</p> <p>-สามารถเลือกใช้ตรวจสอบเฉพาะสาย Probe(Electrical Probe Test)</p> <p>- ภายในเครื่องมีค่า R-curve ของค่าความอิมตัวของออกซิเจนในเส้นเลือดแดง 10 ชนิด ผู้ใช้สามารถใส่ค่า R-curveเพิ่มเติมได้</p> <p>- สามารถสร้างสัญญาณเลียนแบบของการเคลื่อนไหว และระดับออกซิเจนในเส้นเลือดแดง</p> <p>- สามารถปรับค่าความถี่ของสัญญาณรบกวนสำหรับการทดสอบได้</p>	2  เครื่อง	250,000	500,000	2 เครื่อง	-	-	<p><b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b></p> <p>เดิมไม่มี เพื่อรองรับการเปิดหลักสูตรใหม่ ระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ ซึ่งเริ่มเปิดสอนในระดับปริญญาตรี ปีการศึกษา 2550 จำนวน 30 คน เพื่อให้ให้นักศึกษาได้เรียนรู้สัญญาณการวัดระดับออกซิเจนในเส้นเลือดแดง แบบไม่ต้องเจาะเลือด (noninvasive) และการทดสอบเครื่องวัดค่าเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด ซึ่งเครื่องมือสร้างสัญญาณเทียบ เป็นการเรียนรู้ของนักศึกษาชั้นปีที่ 3-4</p>	
3	<p><b>เครื่องชั่งไฟฟ้าระบบดิจิทัล 4 ตำแหน่ง (Balance)</b></p> <p>เครื่องชั่งไฟฟ้า แสดงผลเป็นตัวเลขทศนิยม 4 ตำแหน่ง มีความแม่นยำสูง ตัวเครื่องและฐานของเครื่องทำด้วยโลหะปลอดสนิม รับประกันคุณภาพสินค้าอย่างน้อย 1 ปี</p>	1  เครื่อง	40,000	40,000	2 เครื่อง	1 เครื่อง	-	<p><b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b></p> <p>ใช้สำหรับการสอนวิชา 221-452, 223-211, 223-212 และ 223-322 ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2,3 และของนักศึกษาและวิชาโครงการชั้นปีที่ 4 จำนวน 20 คน/ปี งานวิจัยระดับมหาบัณฑิต สำหรับหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตรวมทั้งงานบริการวิชาการ โดยมีความถี่ของการใช้งาน 5 ครั้ง/สัปดาห์</p>	

1	2	3	4	5	6			7
					ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		
						ใช้งานได้	ใช้การไม่ได้	
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน				คำชี้แจง/เหตุผล
4	<b>เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ (DO meter)</b>  เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ-ของเหลวที่สามารถแสดงผลเป็นตัวเลขบนจอแสดงผลและต่อเชื่อมข้อมูลประมวลผลกับคอมพิวเตอร์ได้ สามารถใช้ปฏิบัติงานในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการได้พร้อมอุปกรณ์ประกอบที่ช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพ รับประกันคุณภาพสินค้าอย่างน้อย 1 ปี	1  เครื่อง	30,000	30,000	1 เครื่อง	-	-	<b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b> การเรียนการสอนในรายวิชา 223-251, 220-353, 223-252 ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 และชั้นปี 3 จำนวนรวม 60 คน/ปีของนักศึกษา วิชาโครงการงานชั้นปีที่ 4 จำนวน 20 คน/ปี และ วิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมชั้นสูง งานวิจัยระดับมหาบัณฑิตสำหรับหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตที่จะเปิดในปี 2550 รวมถึงงานบริการวิชาการ และงานบริการวิชาการ โดยมีความถี่ของการใช้งาน 4 ครั้ง/สัปดาห์ และงานวิจัยของคณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมซึ่งงบประมาณวิจัยมักจะไม่นับสนุนให้จัดตั้งงบสำหรับซื้อครุภัณฑ์
5	<b>แผ่นงานให้ความร้อน (Hot plate)</b>  ชุดแผ่นงานให้ความร้อนกับตัวอย่างที่สามารถปรับระดับความร้อนได้ที่อุณหภูมิ 100-400 เซลเซียส สามารถกวนตัวอย่างได้ด้วยขณะที่ให้ความร้อนทำจากวัสดุที่ทนการกัดกร่อนของกรด-ด่างได้ดี มีใบรับประกันคุณภาพสินค้าอย่างน้อย 1 ปี	1  เครื่อง	40,000	40,000	3 เครื่อง	1 เครื่อง	1 เครื่อง	<b>ครุภัณฑ์ทดแทนปี 2540</b> การเรียนการสอนในรายวิชา 223-251, 223-252, 220-353 ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 และ 3 จำนวน 60 คน/ปี และวิชาโครงการงานของนักศึกษาชั้นปีที่ 4, วิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมชั้นสูงสำหรับหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตที่จะเปิดในปี 2550 รวมถึงงานบริการวิชาการ โดยมีความถี่ของการใช้งาน 5 ครั้ง/สัปดาห์
6	<b>ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบแสดงตัวเลข</b>  เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบแสดงตัวเลข โดยใช้ตัววัด (probe) และสายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K สามารถวัดได้ 6 จุดในเวลาเดียวกัน	5  ชุด	80,000	400,000	17 ชุด	9 ชุด	5 ชุด	<b>ครุภัณฑ์ทดแทน</b> เดิมมี 14 ชุด 5 ชุด ติดตั้งถาวร 3 ตัว ซื้อทดแทนของเดิมซึ่งชำรุดและติดตั้งถาวร เนื่องจากครุภัณฑ์ดังกล่าวบางตัวซื้อตั้งแต่ปี 2520

1	2	3	4	5	6		7	
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		คำชี้แจง/เหตุผล
						ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	
7	<p>ใช้วัดอุณหภูมิในช่วง 100-1300 °C ความคลาดเคลื่อนในการใช้วัดอุณหภูมิไม่เกิน 1 °C</p> <p><b>เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrum Analyzer)</b></p> <p>คุณสมบัติ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ย่านความถี่ 10 kHz - 3 GHz หรือดีกว่า</li> <li>- ช่วงความถี่ SPAN 10 kHz - 3 GHz หรือดีกว่า</li> <li>- ค่า Resolution bandwidth 10 Hz - 1 MHz หรือดีกว่า</li> </ul>	1 เครื่อง	400,000	400,000	1 เครื่อง	-	-	<p>จึงมีการชำระค่าเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน ปัจจุบันอุปกรณ์ดังกล่าวไม่พอใช้งาน เนื่องจากจำนวนนักศึกษาที่มีปริมาณมากขึ้น อุปกรณ์ดังกล่าวมีความจำเป็น ต้องใช้ในการทดลองในรายวิชาต่างๆ ได้แก่ รายวิชาปฏิบัติการ 230-341, 230-342, 230-443 และ 231-244, วิชาโครงงาน 230 - 444, 230 - 445 และรายวิชาวิทยานิพนธ์ 230-800, 230-900 โดยมีการใช้งานตลอดภาคการศึกษา ทำให้ครุภัณฑ์ไม่พอใช้ ต้องใช้วิธีสลับช่วงเวลาการใช้งาน เพื่อให้ทุกกลุ่มได้ใช้ครุภัณฑ์ เพื่อให้โครงงาน และวิทยานิพนธ์ประสบความสำเร็จ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องจัดหาอุปกรณ์ดังกล่าว เพิ่มเติม จำนวนนักศึกษาที่ใช้อุปกรณ์ดังกล่าวระดับปริญญาตรี 60 คน ปริญญาโท 30 คนและระดับปริญญาเอก ประมาณ 15 คน</p> <p><b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เป็นครุภัณฑ์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และสื่อสาร</li> <li>- เนื่องจากเครื่องมือที่มีอยู่เดิม อยู่ในย่านความถี่ต่ำน้อยกว่า 1 GHz</li> </ul> <p>ยังขาดในเคลื่อนความถี่สูงๆ และเป็นอุปสรรคในการทำวิจัยของนักศึกษาเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นทางด้านสื่อสารและอิเล็กทรอนิกส์ประเภท wireless ซึ่งอยู่ในย่าน 2.4GHz - 5 GHz เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง</p>
8	<p><b>เครื่องกลึงขนาดเล็ก</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-ขนาดความยาวแท่นเลื่อน 1-3 ฟุต</li> <li>- ใช้กระแสไฟฟ้า 1 หรือ 3 เฟส ปรับรอบมอเตอร์ได้ตั้งแต่ 100-1,000 rpm</li> </ul>	1 เครื่อง	210,000	210,000	1 เครื่อง	1 เครื่อง	-	<p><b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b></p> <p>ประจำห้องปฏิบัติการทางช่าง</p> <p>เครื่องกลึงที่มีอยู่มีขนาดใหญ่ ความเที่ยงตรงน้อย หัวจับชิ้นงานไม่ได้ศูนย์</p>

1	2	3	4	5	6			7
					ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		
						ใช้งานได้	ใช้การไม่ได้	
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน				คำชี้แจง/เหตุผล
9	<p>-ขนาดความยาวแท่นเลื่อน 2-3 ฟุต</p> <p>- ใช้กระแสไฟฟ้า 3 เฟส ปรับรอบมอเตอร์ได้ตั้งแต่ 100-1,000 rpm</p> <p>- เพลาสะพานเกลียวนี้ว</p> <p>- มีขั้นศูนย์เป็น</p> <p>- สามารถเดินอัตโนมัติได้</p> <p>- สามารถกลิ้งได้ทั้งหน่วยมิลลิเมตรและหน่วยนิ้ว</p> <p>- สามารถกลิ้งชิ้นงานที่ต้องการความละเอียดสูงได้</p> <p>- มีหัวจับได้ทั้ง 3 และ 4 ปาก</p> <p>- มีป้อมมิดที่แท่นเลื่อน</p> <p>- กลับทิศทางการฟัดได้</p> <p>- มีหัวจับดอกสว่าน</p> <p><b>เครื่องสูบลมแบบรีด (Peristaltic pump)</b></p> <p>เครื่องสูบลมของเหลวแบบรีดของเหลวผ่านสายยางที่มีความยืดหยุ่นสูง สามารถปรับอัตราการจ่ายได้หลายระดับและมีความแม่นยำสูง ตัวเครื่องทำจากวัสดุที่ปลอดภัยและมีหัวจ่ายทำจากวัสดุไร้สนิมอย่างน้อย 2 หัวจ่าย</p> <p>ความสามารถในการสูบ 0-150 ml/min</p> <p>รับประกันคุณภาพสินค้าอย่างน้อย 2 ปี</p>	1 เครื่อง	80,000	80,000	4 เครื่อง	3 เครื่อง	-	<p>เนื่องจากใช้งานมานาน ใช้ในรายวิชาดังนี้</p> <p>วิชา 216-407 โครงการงาน 1 นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกลและภาคการศึกษาละ 80-90 คน</p> <p>วิชา 216-408 โครงการงาน 2 นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกลและภาคการศึกษาละ 80-90 คน</p> <p>วิชา 216-314 Mechanical Design 1 ภาคการศึกษาละ 70-90 คน</p> <p>วิชา 216-304 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1 ภาคการศึกษาละ 30-40 คน</p> <p>ใช้กลิ้งชิ้นงานทดสอบ Lab Torsion, Tension ในห้อง Materials Testing</p> <p>217-405 โครงการงานวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ 1 ภาคการศึกษาละ 30-40 คน</p> <p>217-406 โครงการงานวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ 2 ภาคการศึกษาละ 30-40 คน</p> <p>สนับสนุนงานวิจัย และวิทยานิพนธ์นักศึกษาปริญญาโท-เอก</p> <p><b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b></p> <p>วิชาโครงการงานของนักศึกษาชั้นปีที่4 และ วิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมชั้นสูง งานวิจัยระดับมหบัณฑิตสำหรับหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตที่จะเปิดในปี 2550 และ งานวิจัยของคณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมซึ่งงบประมาณวิจัยมักจะไม่นับสนุนให้จัดตั้งงบสำหรับซื้อครุภัณฑ์ จำนวนคนใช้งาน 20 คน/ปี โดยมีความถี่ของการใช้ 3 ครั้ง/สัปดาห์</p>
10	<b>เครื่องกวนทดสอบการตกตะกอน (Jar Test)</b>	1	100,000	100,000	2 เครื่อง	1 เครื่อง	-	

1	2	3	4	5	6		7	
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		คำชี้แจง/เหตุผล
						ใช้ได้	ใช้การไม่ได้	
11	<p><b>ชุดเจาะทำเกลียวโลหะบาง</b></p> <p>มีจำนวนไบพัต 6 ไบพัต สามารถตั้งความเร็วรอบ rpm และสามารถตั้งเวลาได้และแสดงค่าเป็นตัวเลข LCD สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง</p> <p>มีไบรรับประกันคุณภาพสินค้าอย่างน้อย 1 ปี</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- สามารถทำเกลียวเหล็กบางได้</li> <li>- มีดอกเจาะรูเหล็กบางเพื่อทำเกลียว</li> <li>- มีดอก Tap ทำเกลียว</li> <li>- มีแท่นสว่าน</li> <li>- มีชุดจับดอกเจาะ และดอก Tap ทำเกลียว</li> <li>- สามารถทำเกลียว ได้ตั้งแต่ M3, M4, M5 - M10</li> </ul>	เครื่อง  1  ชุด	100,000	100,000	1 ชุด	-	-	<p><b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b></p> <p>ใช้สำหรับการสอนวิชา 221-452, 223-211, 223-212 ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 และ ชั้นปีที่ 4 จำนวนรวม 60 คน/ปี และวิชาโครงการงานชั้นปีที่ 4 จำนวน 20 คน/ปี งานวิจัยระดับมหาบัณฑิต สำหรับหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตรวมทั้งงานบริการวิชาการ</p> <p>โดยมีความถี่ของการใช้งาน 5 ครั้ง/สัปดาห์</p> <p><b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b></p> <p>ใช้ในวิชาโครงการงานนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกลและ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 4 และปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกลเพื่อใช้สร้างชิ้นงานต้นแบบและโมเดลที่ออกแบบไว้ ซึ่งประจำห้องปฏิบัติการทางช่าง และใช้สนับสนุนงานวิจัยที่มีการออกแบบชิ้นงาน</p> <p>รายวิชาระดับปริญญาตรี</p> <p>216-407 โครงการงานวิศวกรรมเครื่องกล 1 ภาคการศึกษาละ 80-90 คน</p> <p>216-408 โครงการงานวิศวกรรมเครื่องกล 2 ภาคการศึกษาละ 80-90 คน</p> <p>217-405 โครงการงานวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ 1 ภาคการศึกษาละ 30-40 คน</p> <p>217-406 โครงการงานวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ 2 ภาคการศึกษาละ 30-40 คน</p> <p>สนับสนุนงานวิจัย และวิทยานิพนธ์นักศึกษาระดับปริญญาโท-เอก</p>
12	<p><b>เครื่องเชื่อม (TIG)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้กับ ไฟ 3 เฟส</li> <li>- กระแสไฟเชื่อมสามารถปรับเป็น AC/DC ได้</li> </ul>	1  ชุด	170,000	170,000	1 ชุด	-	-	<p><b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b></p> <p>เครื่องเชื่อมที่มีอยู่ปัจจุบัน ไม่สามารถเชื่อมอลูมิเนียมได้</p> <p>ใช้ในวิชาโครงการงานนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและ</p>



1	2	3	4	5	6		7	
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว ใช้ได้    ใช้การไม่ได้		คำชี้แจง/เหตุผล
13	<p>สามารถเชื่อมต่อทั้ง เหล็ก แสตนเลส อลูมิเนียม ทองแดง ทองเหลือง</p> <p>- ความสามารถในการทำงานต้องไม่น้อยกว่า 40%</p> <p>- ใช้กับแก๊สอาร์กอน</p> <p>- สามารถเชื่อมแบบใช้ลวดเชื่อมหุ้มปลั๊กได้</p> <p>- สายเชื่อม TIG ยาวไม่น้อยกว่า 10 เมตร</p> <p>- ใช้ลวดทั้งสแตนเลสทั้งขนาด 1.6, 2.4, 3.2 มม. พร้อมชุดจับลวดทั้งสแตน</p> <p>- มีเกจวัดแรงดันแก๊สอาร์กอน</p> <p>- มีกระเบื้องปกคลุมก๊าซ</p> <p>- มีหน้ากากเชื่อมที่สามารถปรับแสงได้</p> <p>- มีชุดระบายความร้อน</p> <p>- สามารถปรับกระแสไฟต่ำสุดไม่มากกว่า 10 แอมป์</p> <p>- สามารถปรับกระแสไฟสูงสุดไม่น้อยกว่า 300 แอมป์</p> <p><b>เครื่องวิเคราะห์การทำงานเครื่องกระตุ้นหัวใจ</b></p> <p>- เป็นเครื่องตรวจวิเคราะห์การทำงานของเครื่อง Defibrillator และ เครื่อง External Pacemaker ในเครื่องเดียวกัน</p> <p>- สามารถวิเคราะห์การทำงานของเครื่อง Defibrillator ที่ใช้เทคโนโลยีที่มีใช้อยู่ เช่น ของ Low, Edmark, Trapezoidal, DC bi-phasic, AC pulsed bi-phasic</p> <p>- สามารถตรวจวัดค่าเวลาของสัญญาณ synchronize time หรือ cardiovermiou delay time ได้</p> <p>- มีรูปคลื่นสัญญาณ ECG และ สัญญาณอื่นๆเพื่อทดสอบเครื่อง</p>	1 ชุด	300,000	300,000	ไม่มี	<p>สาขาเมคาทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 4 และปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกลเพื่อใช้สร้าง</p> <p>ชิ้นงานต้นแบบและโมเดลที่ออกแบบไว้ ซึ่งประจำห้องปฏิบัติการทางช่าง</p> <p>และใช้สนับสนุนงานวิจัยที่มีการออกแบบชิ้นงาน</p> <p>รายวิชาการระดับปริญญาตรี</p> <p>216-407  โครงการวิศวกรรมเครื่องกล 1 ภาคการศึกษาละ 80-90 คน</p> <p>216-408  โครงการวิศวกรรมเครื่องกล 2 ภาคการศึกษาละ 80-90 คน</p> <p>217-405  โครงการวิศวกรรมเมคาทรอนิกส์ 1 ภาคการศึกษาละ 30-40 คน</p> <p>217-406  โครงการวิศวกรรมเมคาทรอนิกส์ 2 ภาคการศึกษาละ 30-40 คน</p> <p>เดิมไม่มี เพื่อรองรับการเปิดหลักสูตรใหม่ ระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมชีวการ</p> <p>แพทย์ ซึ่งเริ่มเปิดสอนในระดับปริญญาตรี ปีการศึกษา 2550 จำนวน 30 คน เพื่อให้</p> <p>นักศึกษา ได้เรียนรู้การทำงานของการเดินของเครื่องกระตุ้นหัวใจ รูปคลื่นแบบต่างๆ</p> <p>ในการกระตุ้นหัวใจ ใช้สำหรับการเรียนการสอนและการทำโครงการของนักศึกษา</p> <p>ชั้นปีที่ 4</p>		

1	2	3	4	5	6		7	
					ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		
						ใช้ได้		ใช้ไม่ได้
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน			คำชี้แจง/เหตุผล	
14	<p>- เป็นเครื่องที่ได้รับการรับรองมาตรฐานความปลอดภัย CE</p> <p><b>ระบบเก็บพิกัดแบบสัมผัสสำหรับงานวิศวกรรมย้อนรอย (Digitizing System for Reverse Engineering)</b></p> <p>รายละเอียด :</p> <p>1) เป็นเครื่องเก็บพิกัดแบบสามมิติชนิดเคลื่อนย้ายได้ที่สามารถแสดงผลและเก็บค่าลงบนระบบคอมพิวเตอร์</p> <p>2) มีระยะของแกนสำหรับการทำงานอย่างน้อย 60 เซนติเมตร</p> <p>3) มีความสามารถในการเคลื่อนไหวขององศาอิสระ (Degree of Freedom) ไม่น้อยกว่า 5 DOF</p> <p>4) มีค่าความถูกต้องของข้อมูลพิกัดที่เก็บอย่างน้อย +/- 0.5 มิลลิเมตร</p> <p>5) มีการส่งผ่านข้อมูลในระบบ USB 2.0 และใช้ระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ Window XP</p> <p>6) มีซอฟต์แวร์สำหรับใช้สร้างแบบสามมิติจากข้อมูลที่เก็บได้มาพร้อมกับตัวระบบ</p>	1 ชุด	585,000	585,000	1 ชุด	-	-	<p><b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b></p> <p>เนื่องด้วยวิชาพื้นฐานการออกแบบและผลิตด้วยคอมพิวเตอร์ (226-332) ปฏิบัติการพื้นฐานการออกแบบและผลิตด้วยคอมพิวเตอร์ (226-333) และวิชาการออกแบบในอุตสาหกรรม (226-411) มีเนื้อหาส่วนหนึ่งซึ่งเป็นกระบวนการทางวิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) ซึ่งในปัจจุบันมีการให้ความสนใจกับกระบวนการดังกล่าวเป็นอันมาก เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิธีการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มีประสิทธิภาพ เกิดความสะดวกสบายและใช้ระยะเวลาที่สั้นลง ทางภาควิชา ฯ จึงเล็งเห็นว่าครุภัณฑ์ "ระบบเก็บพิกัดแบบสัมผัสสำหรับงานวิศวกรรมย้อนรอย" จะสามารถนำมาเป็นส่วนช่วยในการปฏิบัติการของวิชาดังกล่าว นอกจากนั้นยังสามารถที่จะนำมาใช้เพื่อเป็นอุปกรณ์เสริมสำหรับมาใช้ร่วมในหัวข้อโครงการสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี และการทำวิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาโท ทั้งในส่วนของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต รวมถึงสามารถให้บริการวิชาการให้กลุ่มอุตสาหกรรมที่มีความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมย้อนรอย</p>
15	<p><b>เครื่องกัดและสแกนชิ้นงาน 3 มิติ ขนาดเล็ก (Mini 3D Milling and Scanning)</b></p> <p>- สามารถสแกนได้ความละเอียด 0.05 mm</p>	1 ชุด	500,000	500,000	1 ชุด	-	-	<p><b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b></p> <p>ใช้ในวิชาโครงการนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและสาขามechatronics ชั้นปีที่ 4 และปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกลเพื่อใช้สร้างครุภัณฑ์การเรียนการสอน หน้า 48/10</p>

1	2	3	4	5	6			7	
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		คำชี้แจง/เหตุผล	
						ใช้ได้	ใช้การไม่ได้		
1	<p>- กัดชิ้นงานได้ความละเอียด 0.00625 mm ต่อครั้ง</p> <p>- สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรม CAD สามมิติได้</p> <p>รองรับข้อมูลในรูปแบบ STL, IGES, DXF</p> <p>- ขนาดโต๊ะชิ้นงานไม่ต่ำกว่า 220*160 mm</p> <p>- พื้นที่การทำงานไม่ต่ำกว่า 220*150 mm</p> <p>- ต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์ตอนุกรม RS-232</p> <p>- มีชุดโปรแกรมใช้งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์</p> <p>- สามารถใช้กัดชิ้นงานที่เป็นวัสดุตั้งนี้ ไม้, พลาสติก, เรซิน, จีพี้เอ็นแบบ โฟมสไตรีน, อลูมิเนียม(A5052), ทองเหลือง</p> <p>- ใช้ได้ทั้งหัวกัดและหัวเจาะ</p> <p>- มีชุดหัวจับ, หัวกัด, หัวเจาะ</p> <p>- มีวัสดุต้นแบบให้ทดลองใช้งาน</p> <p>- คอมพิวเตอร์ Pentium 4 1.5 GH2, 40 GHDD, 256 RAM</p> <p>- สายต่อพ่วงคอมพิวเตอร์</p> <p><b>วิทยาเขตภูเก็ต</b></p> <p><b>ดิจิทัล ออสซิลโลสโคป</b></p> <p>- สามารถวัดสัญญาณได้ไม่ต่ำกว่า 100 MHz</p> <p>- มีช่องรับสัญญาณเข้าไม่ต่ำกว่า 2 ช่อง</p> <p>- มีค่า Sample Rate ไม่ต่ำกว่า 1 GS/s</p> <p>- มีอุปกรณ์เสริมสำหรับใช้ในการวัดสัญญาณ</p>	10 เครื่อง	60,000	1,750,000 600,000	<p>ชิ้นงานต้นแบบและโมลที่ออกแบบไว้ (จำนวนนักศึกษา 100 คน) และใช้สนับสนุนงานวิจัยที่มีการออกแบบชิ้นงาน</p> <p>รายวิชา</p> <p>216-407 วิศวกรรมเครื่องกล 1 ภาคการศึกษาละ 80-90 คน</p> <p>216-408 วิศวกรรมเครื่องกล 2 ภาคการศึกษาละ 80-90 คน</p> <p>217-405 วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ 1 ภาคการศึกษาละ 30-40 คน</p> <p>217-406 วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ 2 ภาคการศึกษาละ 30-40 คน</p> <p>215-692 วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ปีละ 5-6 คน</p>	20 เครื่อง	50 เครื่อง	10 เครื่อง	<p><b>ครุภัณฑ์ทดแทน</b></p> <p>ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาเขตภูเก็ต ได้เปิดสอนมาตั้งแต่ปีการศึกษา 2545 ในระดับปริญญาตรี เครื่องมือในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องมีการจัดซื้อเพื่อให้สามารถสนับสนุนการเรียนในรายวิชาต่างๆ</p> <p>ครุภัณฑ์ชิ้นนี้นำมาใช้ในสนับสนุนการสอน</p> <p>รายวิชา 241-401 และ 241-402 (Computer Engineering</p>

1	2	3	4	5	6		7	
ลำดับ ที่	หมวดรายจ่าย ประเภท-รายการ	จำนวน หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	รวมเงิน	ความต้องการ ทั้งสิ้น	มีอยู่แล้ว		คำชี้แจง/เหตุผล
						ใช้งานได้	ใช้การไม่ได้	
2	<b>เครื่องวิเคราะห์แถบความถี่ (Spectrum Analyzer)</b>  สามารถวัดสัญญาณความถี่ 9KHz -3GHz มีอุปกรณ์เสริมสำหรับการวัดสัญญาณ มีสายเชื่อมต่อแบบ GPIB สามารถบันทึกผลการวัดได้	1 เครื่อง	400,000	400,000	1 เครื่อง	-	-	Project I,II) จำนวน 120 คน , 241-302 (Computer Engineering Laboratory IV) , จำนวน 60 คน , 241-301 (Computer Engineering Laboratory III) จำนวน 60 คน 240-204 (Computer Engineering Laboratory II)จำนวน 120 คน และรองรับงานวิจัยอื่นๆ  <b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b> นำมาใช้ในสนับสนุนการสอนรายวิชา 241-401และ 241-402 (Computer Engineering Project I,II) จำนวน120 คน , 241-302 (Computer Engineering Laboratory IV) , จำนวน 60 คน, 241-301 (Computer Engineering Laboratory III) จำนวน 60 คน 241-204 (Computer Engineering Laboratory II) จำนวน 120 คน และรองรับงานวิจัยอื่นๆ
3	<b>เครื่องวิเคราะห์สัญญาณตรรกะ (Logic Analyzer)</b>  - สามารถวัดสัญญาณได้ไม่ต่ำกว่า 200 MHz - มีช่องรับสัญญาณเข้าไม่ต่ำกว่า 32 ช่อง - มีค่า Sample Rate ไม่ต่ำกว่า 2 GS/s - มีอุปกรณ์เสริมสำหรับการวัดสัญญาณ	1 เครื่อง	750,000	750,000	1 เครื่อง	-	-	<b>ครุภัณฑ์พัฒนา</b> นำมาใช้ในสนับสนุนการสอนรายวิชา 241-401และ 241-402 (Computer Engineering Project I,II)จำนวน120 คน , 241-302 (Computer Engineering Laboratory IV) , จำนวน 60 คน, 241-301 (Computer Engineering Laboratory III) จำนวน 60 คน 241-204 (Computer Engineering Laboratory II) จำนวน 120 คน และรองรับงานวิจัยอื่นๆ

**สรุปการจัดเรียงลำดับความสำคัญรายการค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง 1 ปี**  
**ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553**

แผนงาน : ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

ผลผลิต/โครงการ : ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะ/หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์

ลำดับ ความสำคัญ	รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	หน้า
1	- ซ่อมแซมโครงเหล็กรับหลังคาลูกโคม อาคารสตางค์ มงคลสุข	2,179,000	วศ. 52
2	- ต่อเติมอาคารชั้น 2 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี	2,320,000	วศ. 56
	<b>รวม</b>	<b>4,499,000</b>	

## คำชี้แจงรายละเอียดค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง 1 ปี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2553

## 1. ชื่อรายการ ซ่อมแซม โครงเหล็กรับหลังคาถุกโดมอาคารสตางค์ มงคลสุข

2. แผนงาน ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา
3. ผลผลิต ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. สถานที่ดำเนินการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
5. เหตุผลความจำเป็น

เนื่องจากโครงเหล็กรับหลังคาถุกโดมอาคารสตางค์ มงคลสุข มีอายุการใช้งานประมาณ 37 ปี เป็นสนิมกัดกร่อนได้รับความเสียหายมาก บางจุดโครงเหล็กทะลุ ซึ่งคณะวิศวกรรมศาสตร์ได้รับงบประมาณซ่อมแซมมาตั้งแต่ปีงบประมาณ 2549 ปีงบประมาณ 2551 และปีงบประมาณ 2552 โดยดำเนินการซ่อมแซมเรื่อยมาตลอด แต่ยังไม่ซ่อมแซมไม่หมดเนื่องจากงบประมาณที่ได้รับวงเงินจำกัดไม่สามารถซ่อมแซมโครงเหล็กทั้งอาคาร คณะวิศวกรรมศาสตร์จึงได้จัดทำแผนซ่อมแซมทุกปีจนกว่าจะครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด หากได้รับงบประมาณในวงเงินที่สูงจะสามารถดำเนินการซ่อมแซมได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้ยืดอายุการใช้งานได้อีกยาวนาน

ในปัจจุบันเหลือพื้นที่ที่ยังไม่ได้ดำเนินการซ่อมแซมประมาณ 7,787.50 ตารางเมตร ทั้งนี้หากได้รับงบประมาณในปีงบประมาณ จะซ่อมแซมได้ครอบคลุมพื้นที่ที่เหลืออยู่

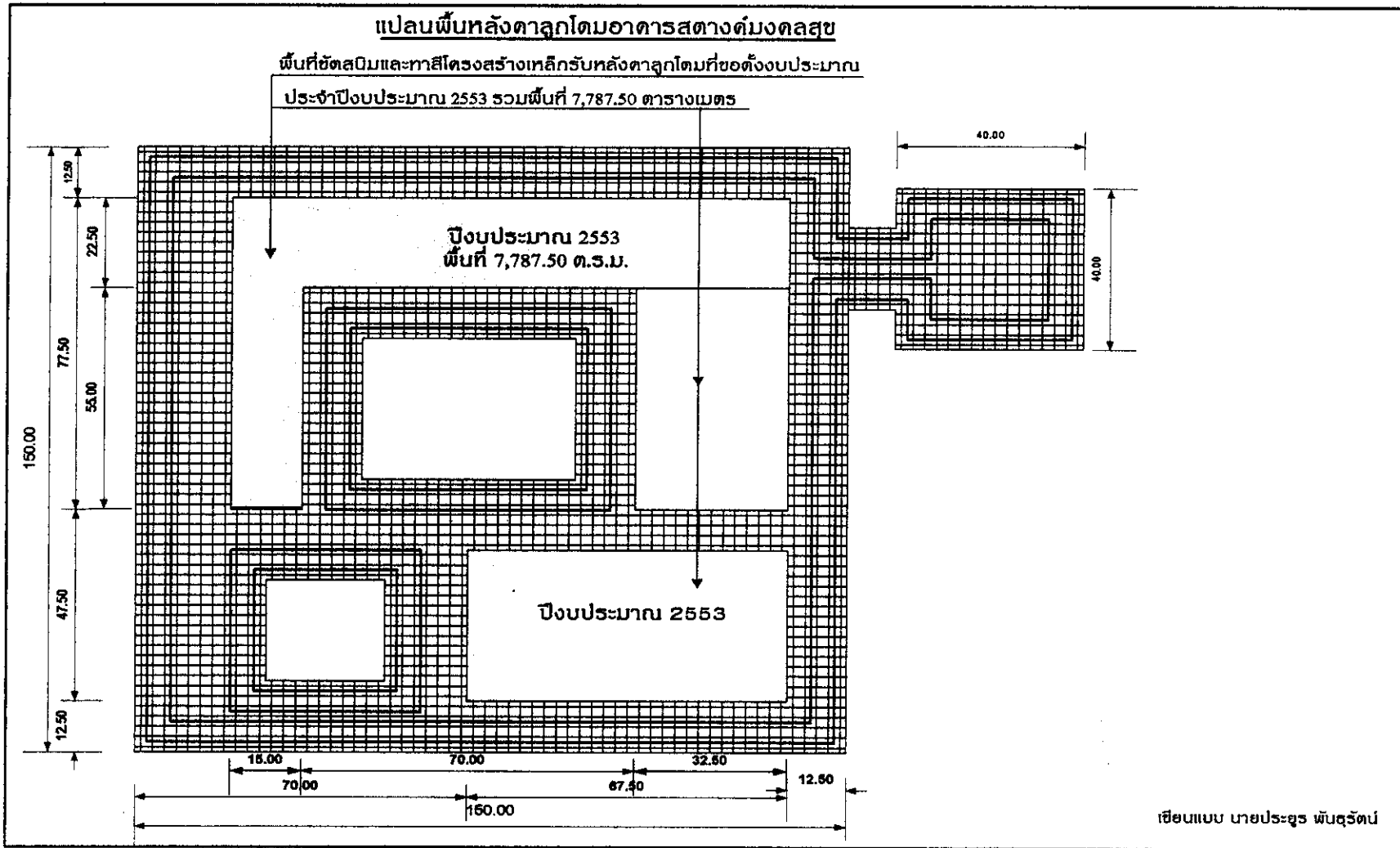
6. งบประมาณทั้งสิ้น 2,179,000 บาท
7. พื้นที่/ประมาณงาน 7,787.50 ตารางเมตร
8. ลักษณะการก่อสร้าง ปรับปรุง ขนาดและประมาณราคา

## 8.1 ประมาณราคา

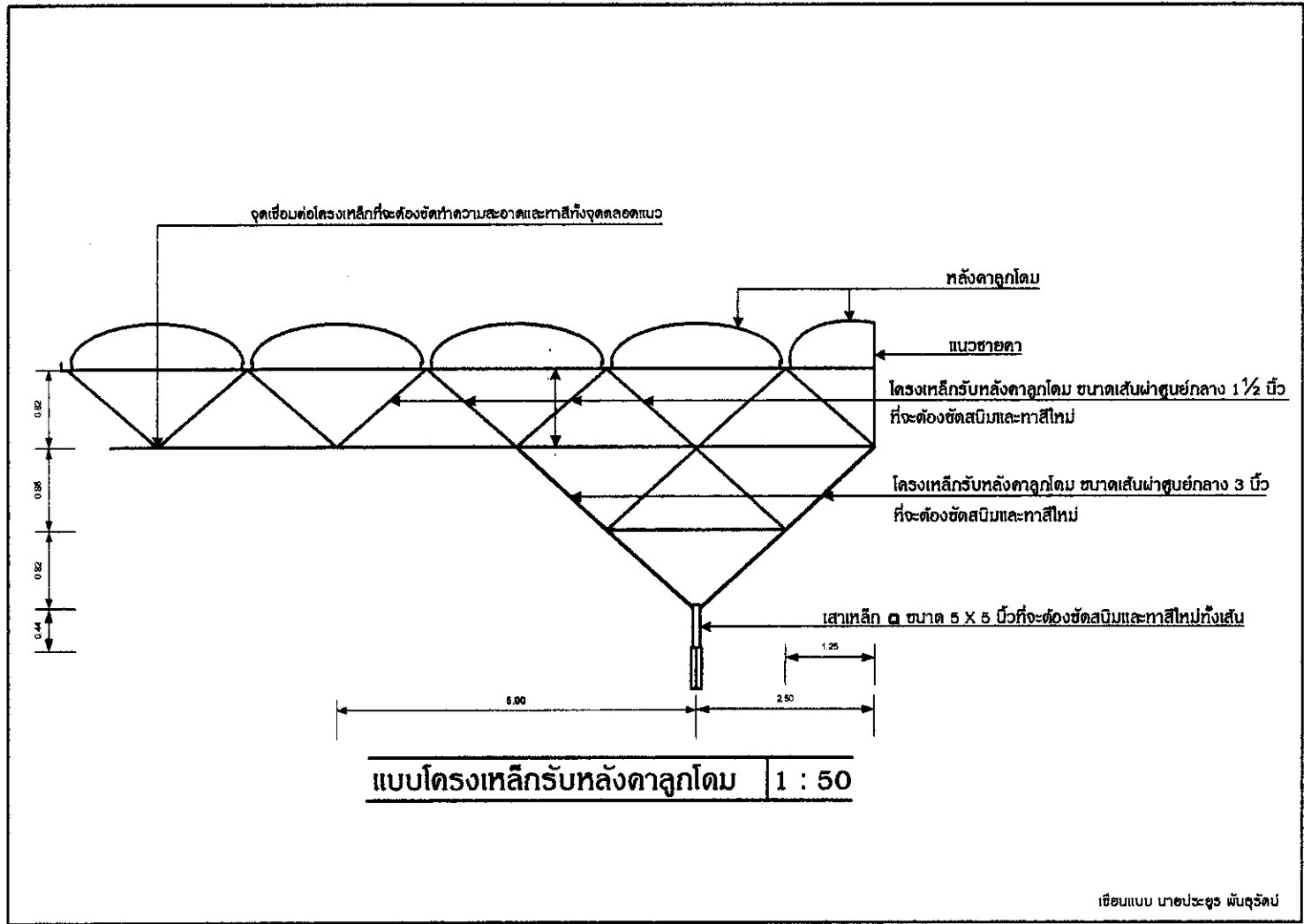
กิจกรรม/ดำเนินการ	ขนาด/ปริมาณ	ราคา/หน่วย (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
- ขัดสนิมเหล็กและทาสีโครงเหล็กหลังคา	7,787.50 ตร.ม.	220	1,713,250
รวม			1,713,250
Factor F = 1.2717			2,178,740
ขอตั้ง			<b>2,179,000</b>

## 9. แผนการดำเนินการ

ออกแบบ	กรกฎาคม – สิงหาคม 2552
ประกวดราคา	กันยายน 2552
เซ็นสัญญา	ตุลาคม 2552
ก่อสร้าง ปรับปรุง	120 วัน พฤศจิกายน 2552 – กุมภาพันธ์ 2553
แผนการจ่ายเงิน	จ่าย 4 งวด
<u>งวดที่ 1</u>	จ่าย 25% ชัดสนิมและทาสีกันสนิมโครงเหล็กได้ ครึ่งหนึ่งของพื้นที่ทั้งหมด
<u>งวดที่ 2</u>	จ่าย 20% ชัดสนิมและทาสีกันสนิมโครงเหล็กทั้งหมดเสร็จเรียบร้อย
<u>งวดที่ 3</u>	จ่าย 25% ทาสีทับหน้าครั้งที่ 1 เสร็จเรียบร้อยทั้งหมด
<u>งวดที่ 4</u>	จ่าย 30% ทาสีทับหน้าครั้งที่ 2 เสร็จเรียบร้อย และเก็บกวาดทำความสะอาดพื้นที่







เขียนแบบ นายประจวบ พันธุ์รัตน์

## คำชี้แจงรายละเอียดค่าที่ดินและสิ่งสร้าง 1 ปี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2553

## 1. ชื่อรายการ ต่อเติมอาคารชั้น 2 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

2. แผนงาน ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา
3. ผลผลิต ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. สถานที่ดำเนินการ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
5. เหตุผลความจำเป็น

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,960 ตารางเมตร โดยแบ่งเป็นพื้นที่ใช้สอย ดังนี้

- ห้องปฏิบัติการต่างๆ ประมาณ 930 ตารางเมตร
- ห้องเครื่องมือวิเคราะห์ ประมาณ 170 ตารางเมตร
- ห้องพักอาจารย์ ข้าราชการ ห้องประชุม และห้องพักนักศึกษา ประมาณ 440 ตารางเมตร
- ห้องบรรยาย ประมาณ 95 ตารางเมตร
- ส่วนที่เหลืออีก 325 ตารางเมตร จะใช้เป็นห้องเก็บพัสดุ, ห้องเชื่อม, ห้องเครื่องซัง, ห้องเครื่องแก้ว, ห้องสมุด และห้องน้ำ

จากการที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ได้มีการขยายภาระงานด้านการเรียนการสอนจนถึงระดับปริญญาเอก มีการรับนักศึกษาเพิ่มตั้งแต่ปี 2545 เป็นต้นมา คือ ในแต่ละปีจะมีนักศึกษาในระดับปริญญาตรีปีละ 60 คน จากเดิม 40 คน โดยมีอัตราการให้บริการพื้นที่ในภาควิชาเฉลี่ยคนละ 3 ปี ในส่วนของระดับปริญญาโท มีการรับนักศึกษา ปีละ 30 คน ใช้บริการพื้นที่ในภาควิชาฯ ในการทำวิทยานิพนธ์เฉลี่ยคนละ 2 – 3 ปี และในระดับปริญญาเอก มีการรับนักศึกษา ปีละ 5 คน ใช้บริการพื้นที่ในภาควิชาในการทำวิทยานิพนธ์เฉลี่ยคนละ 4 ปี ทำให้การใช้พื้นที่ใช้สอยในการทำปฏิบัติการ การเรียนการสอนและการทำวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาและการทำวิจัยเพิ่มขึ้น โดยสรุปการใช้พื้นที่ต่อปี ดังนี้

กิจกรรม	จำนวนหัวข้อ	พื้นที่ที่ต้องการใช้/ กลุ่ม(ตร.ม)	พื้นที่ที่ต้องการใช้ ทั้งหมด (ตร.ม)
ปฏิบัติการ 230-244	10	9	90
ปฏิบัติการ 230-341	10	9	90
ปฏิบัติการ 230-342	10	9	90
ปฏิบัติการ 230-443	11	9	99
โครงการน.ศ. 230-444	15	10	150

กิจกรรม	จำนวนหัวข้อ	พื้นที่ที่ต้องการใช้/ กลุ่ม(ตร.ม)	พื้นที่ที่ต้องการใช้ ทั้งหมด(ตร.ม)
โครงการน.ศ. 230- 445	15	10	150
วิทยานิพนธ์ น.ศ. ป.โท	35	12	420
วิทยานิพนธ์ น.ศ. ป.เอก	18	15	270
รวม			1,359

- พื้นที่ที่ต้องการใช้ในการทำวิจัยที่ต้องติดตั้งเครื่องมือที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่

- ทอดสุญญากาศ 20 ตารางเมตร

- การบำบัดน้ำเสีย 30 ตารางเมตร

- พื้นที่ที่ต้องการใช้ในการทำวิจัยของอาจารย์และบุคลากร 200 ตารางเมตร

โดยมีโครงการวิจัยปีละ 10 โครงการๆละ 20 ตารางเมตร

- พื้นที่สำหรับที่พักนักศึกษา และห้องน้ำอีก 50 ตารางเมตร

รวมสุทธิแล้วเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการทำปฏิบัติการทั้งสิ้น 1,659 ตารางเมตร เพิ่มจากเดิมที่มีอยู่(930 ตารางเมตร) คิดเป็น 729 ตารางเมตร

ด้วยเหตุผลข้างต้นภาควิชาวิศวกรรมเคมี จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการต่อเติมอาคารชั้น 2 ของภาควิชา เพื่อให้มีพื้นที่ใช้สอยเพิ่มขึ้นรวมประมาณ 400 ตารางเมตร

6. งบประมาณทั้งสิ้น 2,320,000 บาท

7. พื้นที่/ปริมาตร 400 ตารางเมตร

## 8. ลักษณะการก่อสร้าง ปรับปรุง ขนาดและประมาณราคา

### 8.1 ลักษณะการก่อสร้าง ปรับปรุง

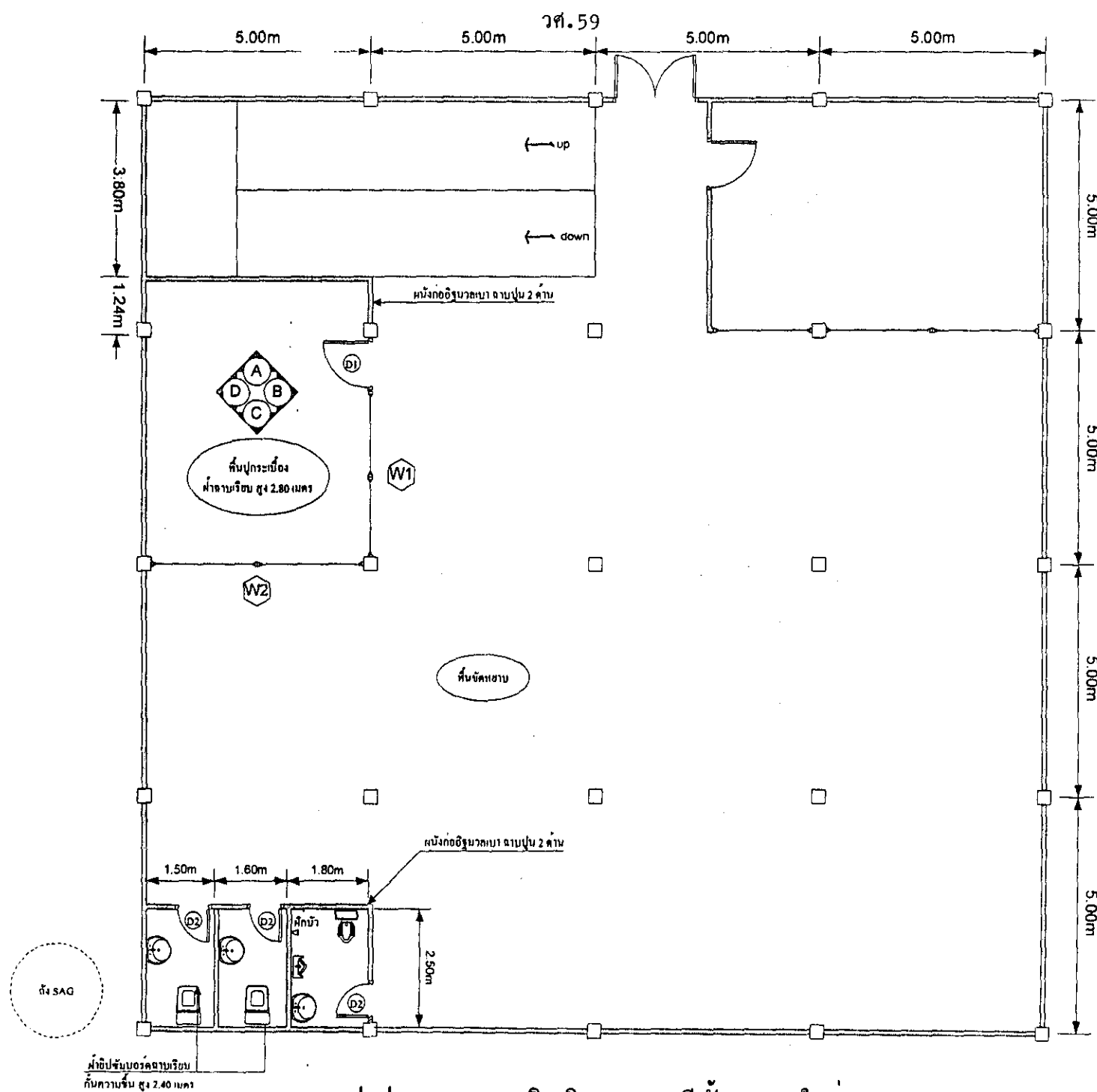
พื้นที่อาคารกว้าง 20 เมตร ยาว 20 เมตร รวมพื้นที่ทั้งสิ้น 400 ตารางเมตร

### 8.2 ประมาณราคา

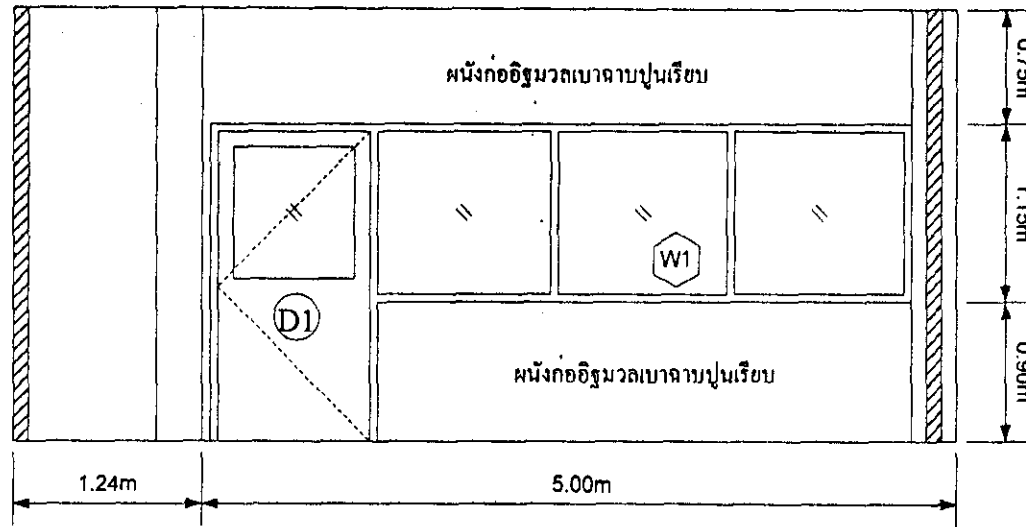
กิจกรรม/ดำเนินงาน	ขนาด/ปริมาณ	ราคา/หน่วย (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
- ต่อเติมพื้นที่อาคารชั้น 2 เพื่อให้สามารถใช้พื้นที่ได้เพิ่มขึ้น ขนาดกว้าง 20 เมตร ยาว 20 เมตร รวมพื้นที่ 400 ตารางเมตร	400 ตร.ม.	5,800	2,320,000
รวม			2,320,000
ขอตั้ง			2,320,000

## 9. แผนการดำเนินการ

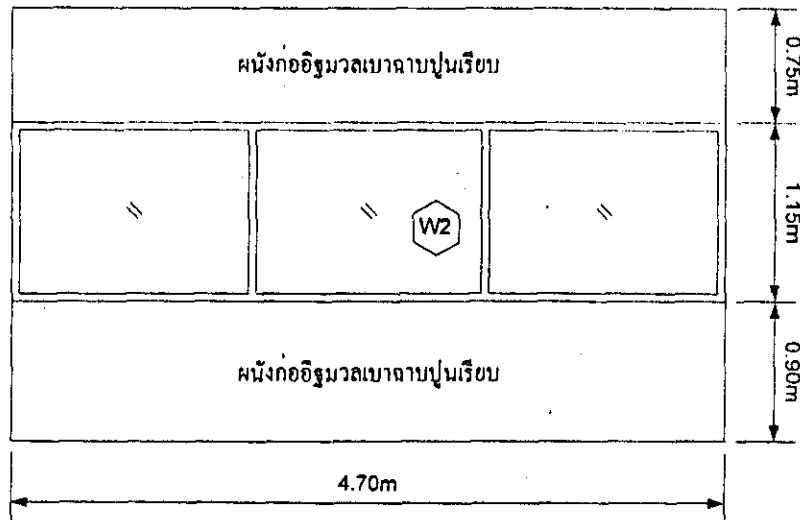
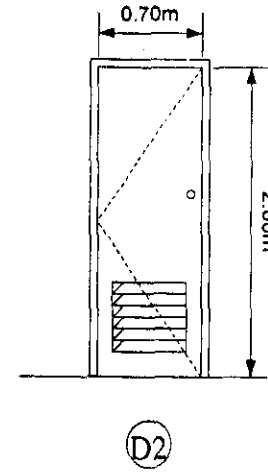
ออกแบบ	สิงหาคม 2552 - กันยายน 2552
ประกวดราคา	ตุลาคม 2552 – พฤศจิกายน 2552
เซ็นสัญญา	ธันวาคม 2552
ก่อสร้าง ปรับปรุง	150 วัน (มกราคม 2553 – พฤษภาคม 2553)
แผนการจ่ายเงิน	แบ่งออกเป็น 3 งวด <u>งวดที่ 1</u> จ่าย 30% เมื่อดำเนินงานติดตั้งคานเหล็ก แผ่นพื้นสำเร็จรูปและเทคอนกรีต TOPPING พื้นแล้วเสร็จ <u>งวดที่ 2</u> จ่าย 30% เมื่อดำเนินงานก่ออิฐ ฉาบปูน ติดตั้งฝ้าเพดานและปูกระเบื้องแล้วเสร็จ <u>งวดที่ 3</u> จ่าย 40% เมื่อดำเนินงานติดตั้งระบบท่อน้ำ สุขภัณฑ์ต่าง ๆ ระบบไฟฟ้าระบบปรับอากาศ และงานทาสี แล้วเสร็จ



รูปแปลน อาคารภาควิชาวิศวกรรมเคมี ชั้น 2 (ของใหม่)  
SCALE: 1:125

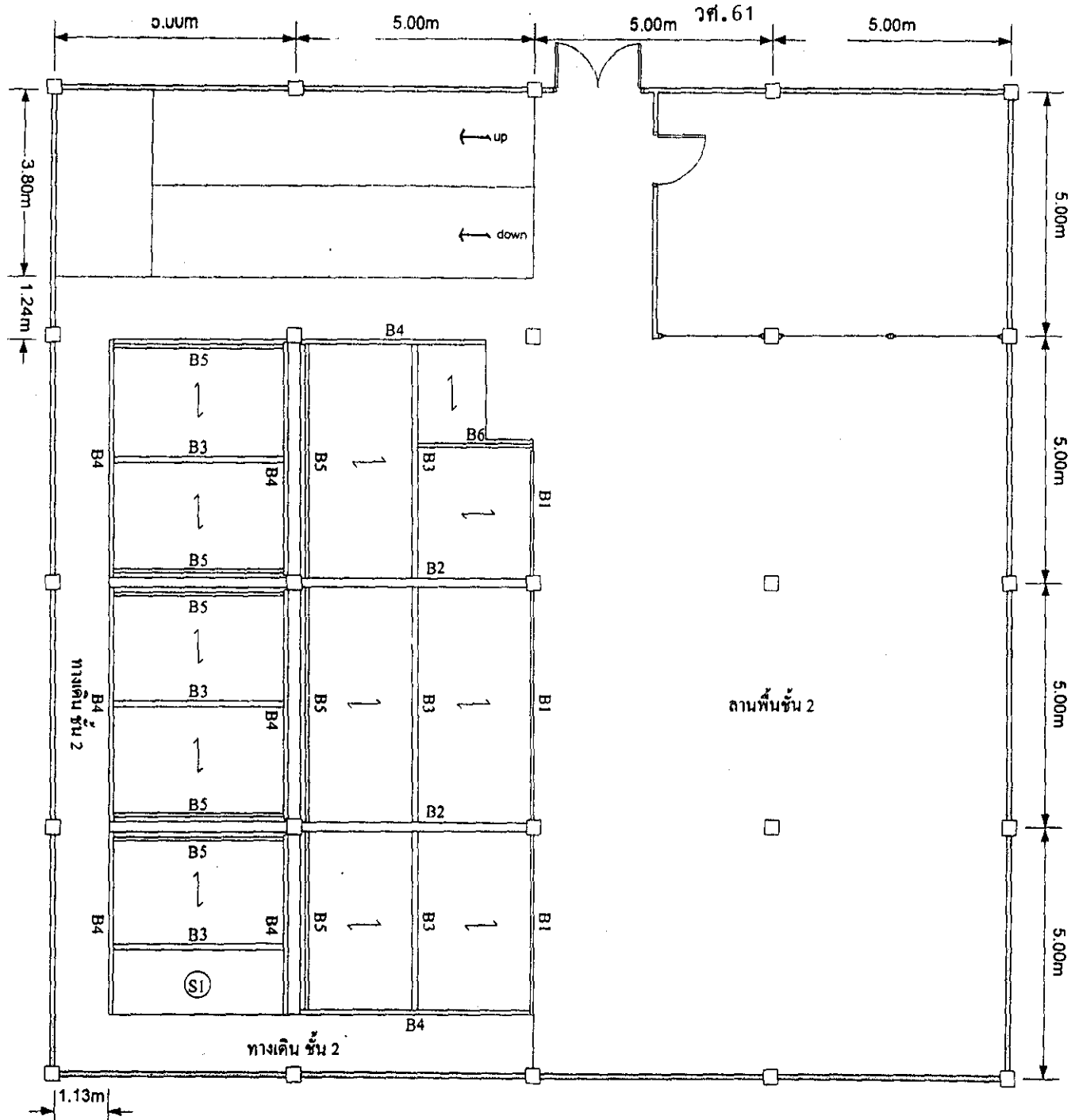


รูปด้าน B  
SCALE: 1:50



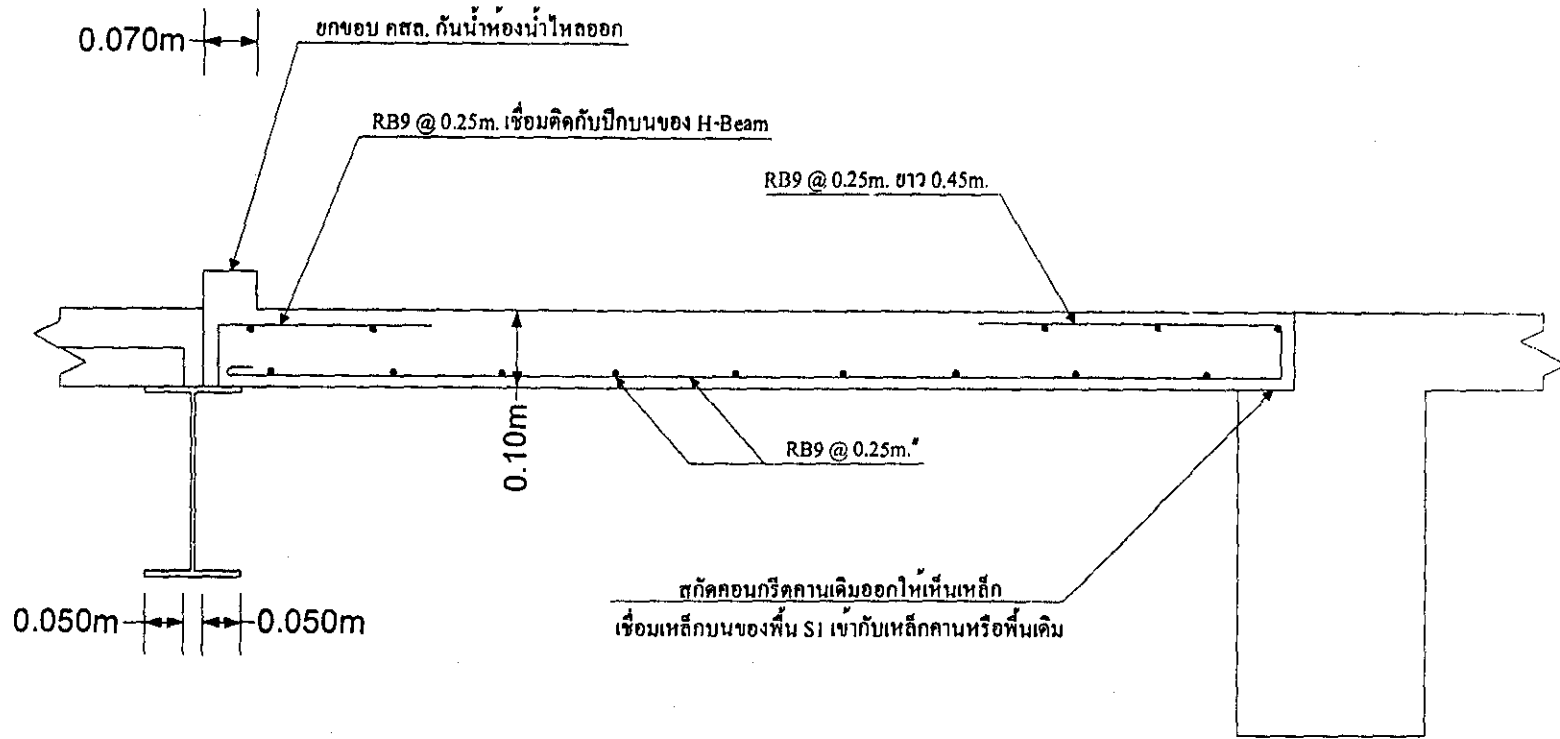
รูปด้าน C  
SCALE: 1:50

- (D1) = ประตูบานเปิดไม้อัดสีก เจาะช่องกระจกใส 1/2 บาน ขนาด 1.00x2.00
- (D2) = ประตูบานเปิด PVC เจาะเกล็ด 1/4 บาน ขนาด 0.70x2.00
- (W1) = หน้าต่างวงกบไม้แข็งกลาง บานกระจกติดตาย
- (W2) = หน้าต่างวงกบไม้แข็งกลาง บานกระจกติดตาย



รูปแปลน แสดงการเสริมโครงสร้างชั้น 2  
SCALE: 1:125

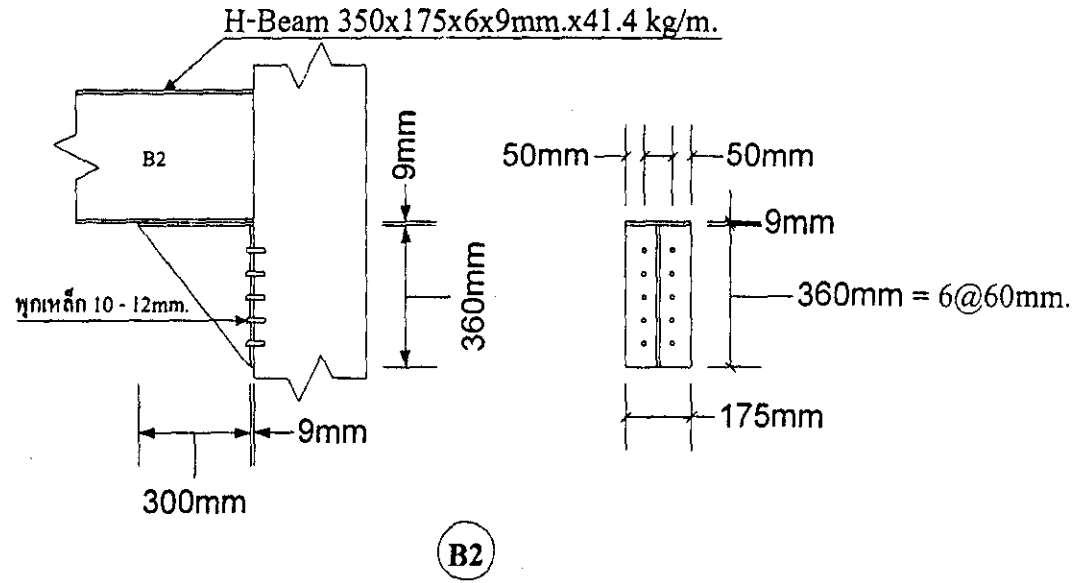
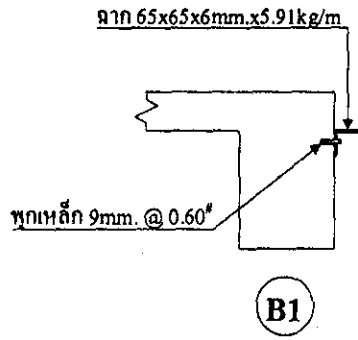
↔ = พื้น PC plank ขนาด 0.05x0.35 หรือ 0.05x0.30 เท concrete topping ทหนา 0.05 ม. รับ นน.  
บรรทุกจร ได้ไม่น้อยกว่า 300 kg/m<sup>2</sup> (ก่อนเท topping ต้องมีการค้ำยันแผ่นพื้น)



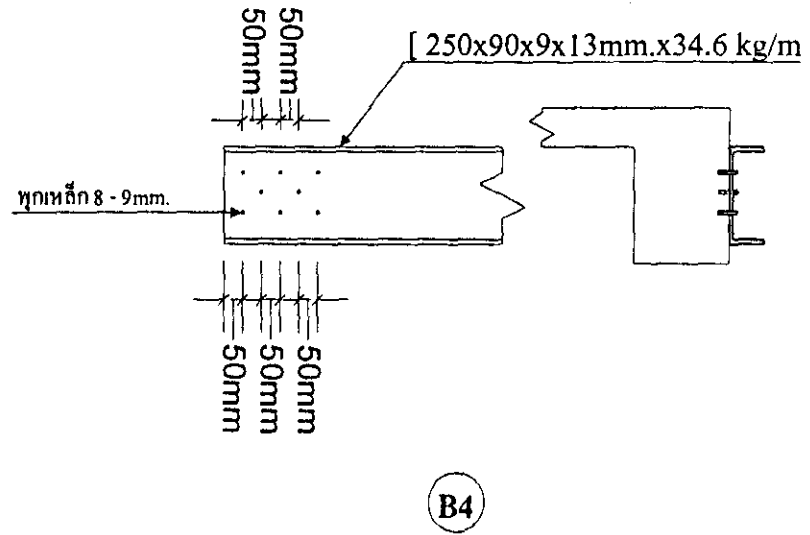
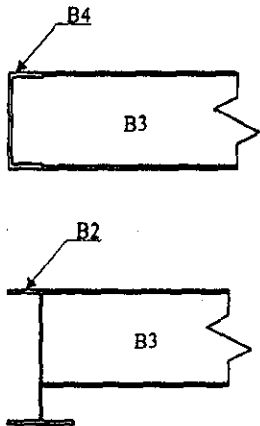
รูปแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็ก พื้น S1  
SCALE: 1:10



วท.63

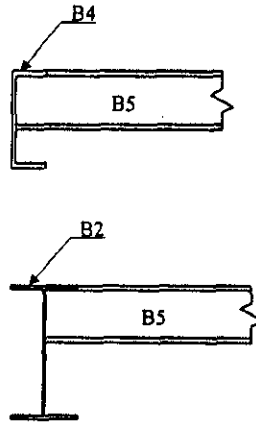


B3 = H-Beam 250x125x5x8mm.x25.7 kg/m

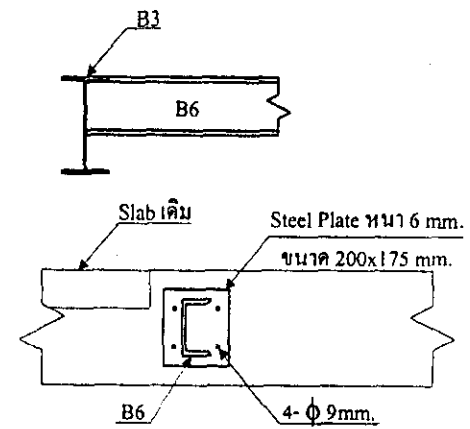


รูปแสดงรายละเอียดโครงสร้างเหล็ก  
SCALE: 1:20

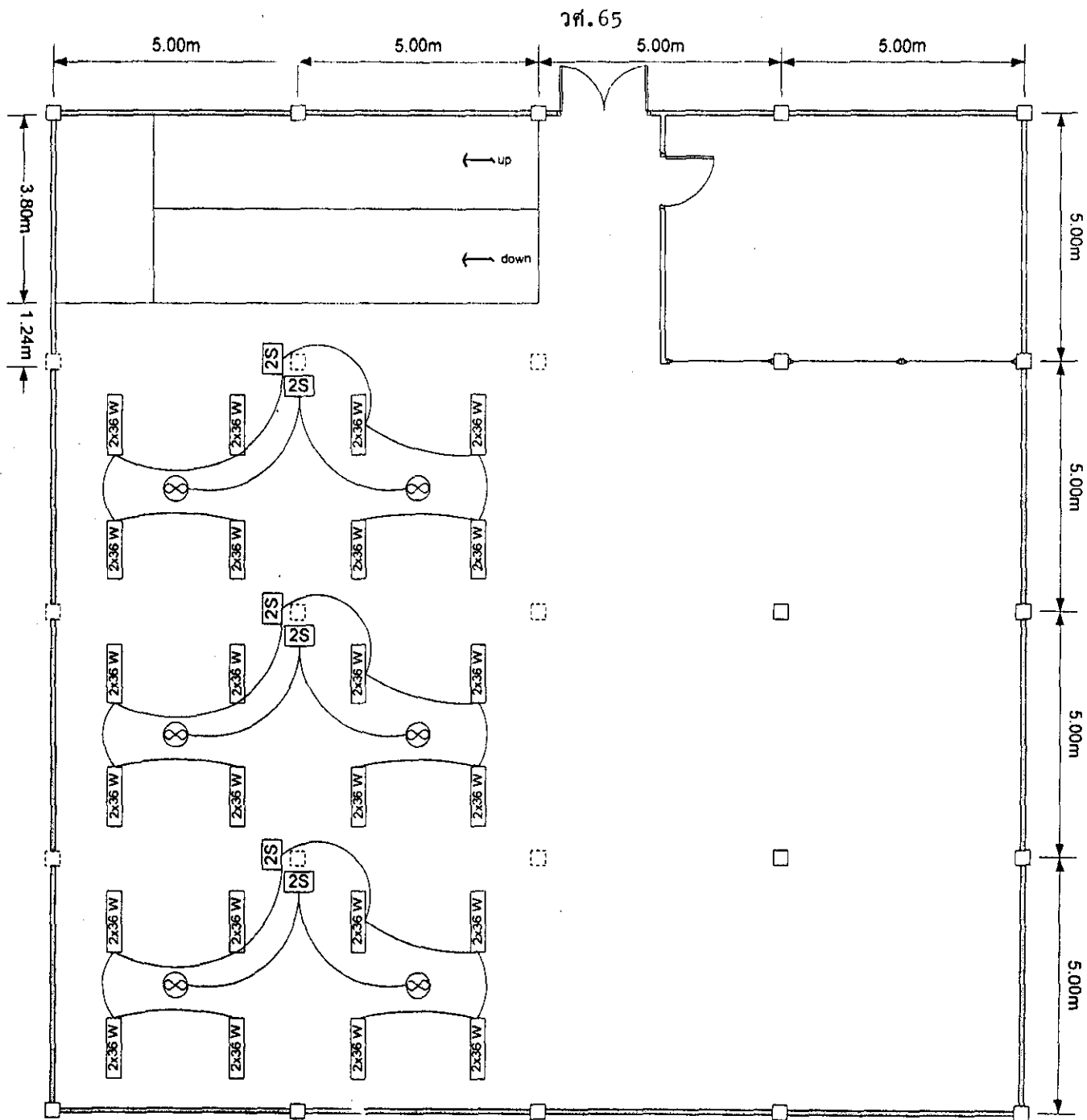
Ⓟ B5 = [ 150x75x9x12.5mm.x24.0 kg/m



Ⓟ B6 = [ 150x75x9x12.5mm.x24.0 kg/m

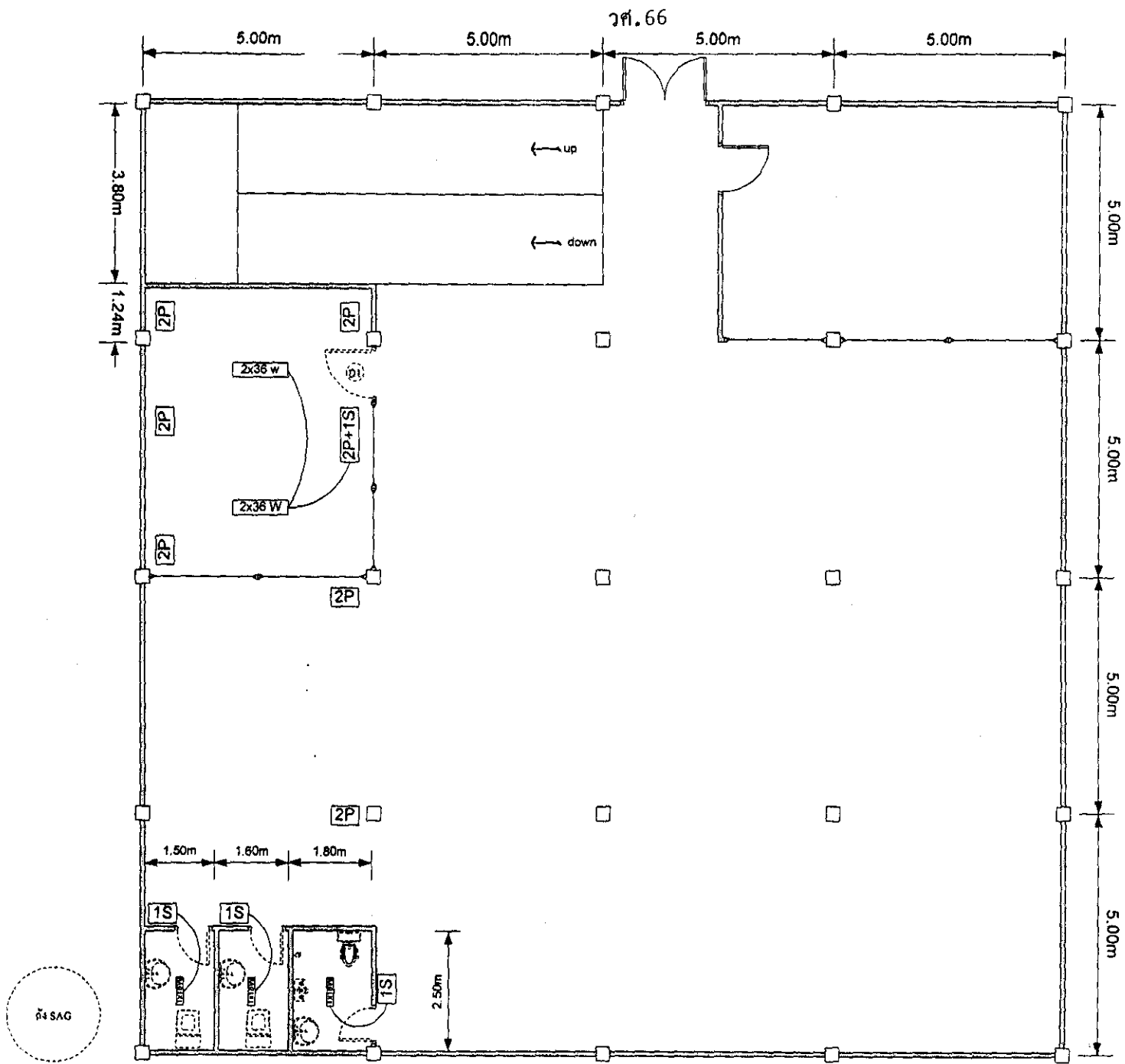


รูปแสดงรายละเอียดโครงสร้างเหล็ก  
SCALE: 1:20

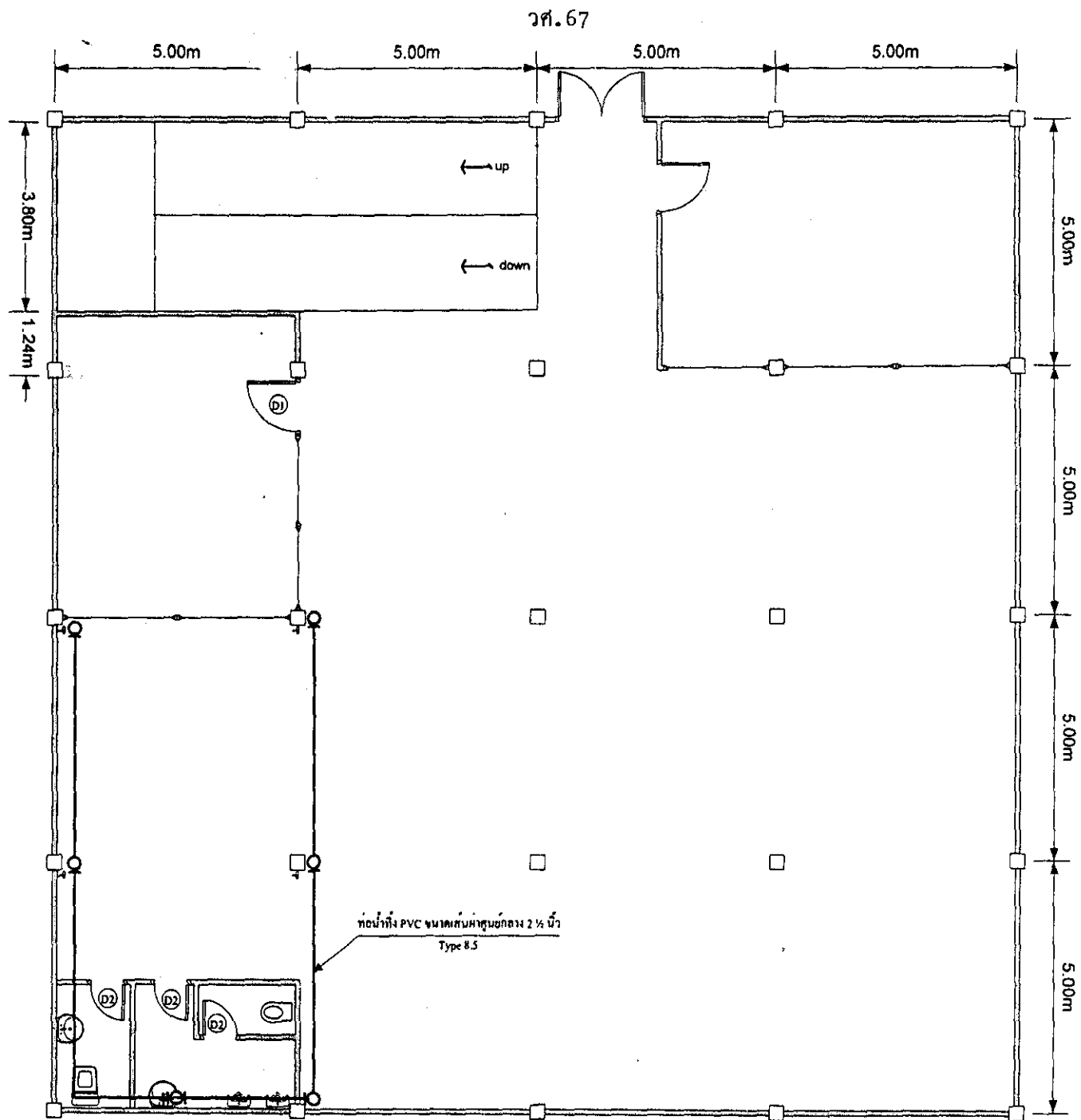


รูปแปลนแสดงระบบไฟฟ้าชั้น 1 (เพิ่มเติม)  
SCALE: 1:125

⊗ - หลอดโคมชนิดเตาหลอด 16 วัตต์



รูปแปลนแสดงระบบไฟฟ้าชั้น 2 (ของใหม่)  
SCALE: 1:125



รูปแปลนแสดงระบบน้ำทั้งชั้น 2 (ของใหม่)  
SCALE: 1:125

-D2 = ก๊อกน้ำประปา

สรุปค่าของงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553  
โครงการบริการวิชาการแก่ชุมชน

แผนงาน : ขยายโอกาสและพัฒนาการศึกษา

ผลผลิต : ผลงานการให้บริการวิชาการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์	30,000 บาท
1. โครงการฝึกอบรม “การฝึกอบรมเพื่อสร้างเว็บไซต์และเว็บเพจสำหรับองค์กร เพื่อการประกอบอาชีพขั้นสูง”	30,000 บาท

## การฝึกอบรมเพื่อสร้างเว็บไซต์และเว็บเพจสำหรับองค์กรเพื่อการประกอบอาชีพขั้นสูง

1. ชื่อโครงการ การฝึกอบรมเพื่อสร้างเว็บไซต์และเว็บเพจสำหรับองค์กรเพื่อการประกอบอาชีพขั้นสูง

### 2. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยฝ่ายคอมพิวเตอร์ทางวิศวกรรมศาสตร์ ได้จัดอบรมโครงการบริการวิชาการแก่ชุมชน เรื่อง การสร้างเว็บไซต์และเว็บเพจสำหรับองค์กรเพื่อการประกอบอาชีพ เป็นระยะเวลา 4 รุ่น (ปี 2549 - 2552) แล้ว ดังนั้นเพื่อเป็นการติดตามความก้าวหน้าและความสำคัญที่ผลของผู้ที่เข้ามารับการอบรมโครงการดังกล่าว

ฝ่ายคอมพิวเตอร์ทางวิศวกรรมศาสตร์ มีแนวความคิดในการจัดอบรมหลักสูตรดังกล่าวในรุ่นก้าวหน้า (Advance) ทั้งนี้เพื่อที่จะได้ติดตามผลและรับทราบปัญหา รวมทั้งประเมินผลของการนำไปใช้ในระยะเวลาที่ผ่านมา นอกจากนั้นยังรวมถึงการให้ข้อมูลในด้านความก้าวหน้าของเทคโนโลยีต่างๆ เสริมความรู้ใหม่ๆ เพื่อที่จะให้ผู้เข้าอบรมได้รับประโยชน์เพิ่มขึ้นอีกด้วย

### 3. วัตถุประสงค์โครงการ

1. เพื่อให้ความรู้และฝึกปฏิบัติการใช้โปรแกรมแมมโบ้ในขั้นที่สูงขึ้น
2. เพื่อรับทราบและช่วยดำเนินการแก้ไขปัญหาการใช้งาน โปรแกรมแมมโบ้ และแบ่งปันประสบการณ์

### 4. วิธีการดำเนินงาน

ใช้รูปแบบของการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการควบคู่ไปกับการบรรยายในเบื้องต้น เพื่อให้สามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจภายในระยะเวลาอันสั้น โดยจะจัดมอบซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการปฏิบัติการครั้งนี้ให้กับผู้ร่วมฝึกอบรม เพื่อนำไปสร้างอาชีพได้ในภายหลัง โดยวิทยากรจะเป็นคณาจารย์และบุคลากรของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งเป็นผู้เสนอโครงการฝึกอบรมนี้

### 5. ระยะเวลาดำเนินงาน

2 วัน เดือน พฤษภาคม 2553

### 6. สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## 7. หน่วยงานที่รับผิดชอบ

ฝ่ายคอมพิวเตอร์ทางวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## 8. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนระดับมัธยมศึกษา นักศึกษา ครู หรือบุคคลทั่วไป หรือผู้ที่เคยผ่านการอบรมหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อสร้างเว็บไซต์และเว็บเพจสำหรับองค์กรเพื่อการประกอบอาชีพ

## 9. รายละเอียดงบประมาณรายจ่าย

### หมวดค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ

#### ประเภทค่าตอบแทน

- ค่าสมนาคุณวิทยากร 1 คน(600 บ. x 6 ชม. x 2 วัน x 1 คน) 7,200 บาท

#### ประเภทค่าใช้สอย

- ค่าอาหารว่างและเครื่องดื่ม (25 บ. x 40 คน x 2 มื้อ x 2 วัน) 4,000 บาท

- ค่าอาหารกลางวัน (80 บ. x 40 คน x 1 มื้อ x 2 วัน) 6,400 บาท

#### ประเภทค่าวัสดุ

- ค่าวัสดุฝึกอบรมประกอบการปฏิบัติ (250 บ. x 40 คน) 10,000 บาท

- สாரองจ่าย 2,400 บาท

**รวมทั้งสิ้น**

**30,000 บาท**

(ขอตัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ)

## 10. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้รับแนวปฏิบัติที่เหมาะสมต่อประเด็นปัญหาการใช้งานแมมโมโบ้ในองค์กรของผู้เข้าอบรม
- ช่วยสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนผู้ใช้แมมโมโบ้
- การเน้นบทบาทหน้าที่ในการเป็นศูนย์กลางความรู้ด้านเว็บไซต์แบบ CMS ในท้องถิ่นของภาคใต้

## 11. แนวทางการประเมินผลโครงการ

ใช้การประเมินผลสองส่วนจาก

- แบบสอบถาม ทั้งก่อนและเมื่อเสร็จสิ้นการฝึกอบรม
- ผลงานโครงการของผู้เข้ารับการฝึกอบรม เมื่อเสร็จสิ้นการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการฯ



## 12. ความสอดคล้องกับแผนกลยุทธ์ของคณะ/มหาวิทยาลัย

โครงการฝึกอบรมนี้เป็นลักษณะของโครงการบริการวิชาการ ที่สามารถถ่ายทอดวิทยาการและความรู้สู่สังคม จึงมีความสอดคล้องกับพันธกิจของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นอย่างดี เนื่องจากการสร้างเสริมบทบาทในการเป็นศูนย์กลางทางวิชาการในภูมิภาคให้กับชุมชน

## สรุปค่าของงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553

## โครงการวิจัย

แผนงาน : สนับสนุนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม

ผลผลิต : ผลงานวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ 14,699,920 บาท  
(ขอปีดเลขกลม 14,699,900 บาท)

โครงการต่อเนื่องจากปีก่อน

- |   |             |
|---|-------------|
| 1. คุณสมบัติของอนุภาคนาโนและโพลีไซคลิกอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มและไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง          | 366,560 บาท |
| 2. โครงการศึกษาการใช้งานอุปกรณ์หนุนเท้าในผู้ป่วยเส้นเท้าอักเสบ  | 189,000 บาท |
| 3. อิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการทางความร้อนที่มีผลต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียมหล่อแบบฉีดอัดกึ่งของแข็ง A 356   | 499,680 บาท |
| 4. การศึกษาเสถียรภาพและการจัดเก็บน้ำมันไบโอดีเซลในระยะเวลานาน   | 496,000 บาท |
| 5. การสังเคราะห์เส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ และการผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ที่ผลิตจากเส้นใย | 462,000 บาท |
| 6. กระบวนการแปรรูปกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้เป็นผลผลิตที่มีมูลค่าด้วยกระบวนการทางชีวภาพ                         | 160,200 บาท |
| 7. การออกแบบเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องสองขั้นตอนเพื่อผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวมชนิดกรดสูง                   | 643,200 บาท |
| 8. การศึกษาเปรียบเทียบระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง  | 548,200 บาท |

โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (ต่อเนื่อง)

9. โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก 38,000 บาท  
อันเนื่องมาจากพระราชดำริ
10. โครงการปลูกข้าวเพื่อบริโภคในสหกรณ์นิคมอ่าวลึก 14,000 บาท  
อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

โครงการใหม่

11. การสังเคราะห์วัสดุเคลือบระดับนาโนที่ทำความสะอาดตัวเอง 499,120 บาท  
ได้สำหรับแบบจิ้นรูปถูงมือยางและถูงยางอนามัย
12. ศึกษาศักยภาพวัสดุสำหรับเพอร์มิเอเบิลรีแอกทีฟแบรีเออร์เพื่อบำบัด 348,000 บาท  
โลหะหนักปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน
13. การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบฝ้าตรวจวัดระดับน้ำในคลอง 492,000 บาท  
เปิดแบบประมวลผลเวลาจริงผ่านเว็บโดยใช้เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย  
ที่พัฒนาขึ้นเอง
- 14 การตรวจสอบชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอม 292,000 บาท
15. การบำบัดและการนำน้ำเสียจากยางสกิมมาใช้ใหม่ : กรณีศึกษาของ 470,500 บาท  
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพและการระเหยแห้ง
16. การใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นสำหรับการบำบัดบนดินใน 490,560 บาท  
สวนปาล์ม น้ำมัน
17. การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปล่องควันโดย 500,000 บาท  
การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่ดัดแปลงพื้นผิวด้วยโซเดียม  
ไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์
18. การจำกัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจากเตาเผาด้วย 330,000 บาท  
กระบวนการดูดซึมทางเคมี
19. การกำจัดสีในน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบด้วย 312,000 บาท  
ปฏิกิริยาเฟนตันและการใช้สารดูดซับ
20. เ้าเทียมจากยางธรรมชาติ 708,000 บาท
21. การพัฒนากระบวนการผลิตชิ้นส่วนขาเทียมโลหะ 1,736,680 บาท  
ด้วยเทคโนโลยีโลหะกึ่งของแข็ง
22. การกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพจากโรงงาน 499,800 บาท  
น้ำยางข้นด้วยระบบกรองชีวภาพเพื่อผลิตกรดซัลฟูริก  
ความเข้มข้นสูง
23. การผลิตเอทิลเอสเทอร์เชิงอุตสาหกรรมจากน้ำมันปาล์มดิบ 984,200 บาท

24. การล้างใบโอดีเซลโดยใช้สารดูดซับอุตสาหกรรมร่วมกับ การล้างด้วยน้ำ	345,200 บาท
25. การพัฒนากระบวนการแยกคืนแอลกอฮอล์จากเฟสกลีเซอรอล	705,200 บาท
26. การจำแนกลักษณะสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำผิวดินเพื่อนำมา ควบคุมการเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปา	724,200 บาท
27. การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการลดสารอินทรีย์ธรรมชาติ เพื่อการใช้ควบคุมการเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปา	953,200 บาท
28. พลวัตระบบของออกซิเจนละลายของคลองอุตะเถา	700,000 บาท
29. ศึกษาการประยุกต์การจัดการความรู้ไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม	192,420 บาท

**ชื่อโครงการวิจัย** คุณลักษณะของอนุภาคนาโนและโพลีไซคลิกอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มและไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Characteristics of nanoparticles and associated polycyclic aromatic hydrocarbon from emission of engines fueled by palm oil and biodiesel

**ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย**

Energy crisis has been a global concern as the petroleum-based oil obtained from fossil is depleted constantly while the demand for energy steadily arises. In 2002, world energy consumption was as high as 9,500 Mtoe (mega ton of oil equivalent). Fossil energy contribution was 87.6% while renewable energy fraction was merely 5.2%. Recently, renewable energy receives more attention as an alternative source of energy. Thailand also faces energy problem as its major source of energy is imported petroleum fuel. Government of Thailand is now supporting development of renewable energy sources in order to escalate the portion of renewable energy consumption to 8% by the year 2008 (Ministry of Energy, 2006). Biodiesel from agricultural products is one of the main renewable energy sources supported by the government (Ministry of Energy, 2006). The term “Biodiesel” is used to represent either methyl ester or ethyl ester in which the vegetable or animal oils undergo tranesterification process using methanol or ethanol as reactants, respectively. These esters are used since their properties are close to those of petroleum-base diesel. In some low-speed engines, pure vegetable oil can also be used as direct diesel substitute. It, from time to time, is miscalled biodiesel by some users as well. Biodiesel is recently emerging as a potential for diesel substitute lately though it has been known long time ago that it can be used. It did not receive much attention in the past may be because of its high cost compared with the diesel fuel. Recently, biodiesel become a competitive fuel as the diesel cost keeps increasing due to many reasons including its shortage of supply.

Diesel-powered engines usually generate soot particles resulting in black smoke affecting atmospheric environment especially in urban areas where diesel trucks are the major transportation mode in Thailand. There is an investigation (Moisio et al., 1998) indicates that nanoparticles are generated during combustion. Theses particles subsequently coagulate to form larger particles in submicron range. Studies of emission from biodiesel engines is still limited. As far as the authors are concerned, there is no study of nanoparticles and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) associated with the particles emitted from engines fueled by biodiesel. PAHs are known as carcinogenic potential chemicals generated from biomass burning (Furuuchi et al, 2006). Thus there is a need to investigate the emission

characteristics from biodiesel engines so that understanding of emission can be used at policy-level for promoting its used subsequently.

In this study, nanoparticles and PAHs associated with the particles emitted from engines fueled by palm-biodiesel blends and palm oil blends will be investigated. Several formulas of palm-bidiesel blends (methyl ester/ethyl ester mixed with diesel) and palm oil blends (palm oil mixed with diesel). Three types of diesel engines (low-peed agricultural machine diesel engine, conventional diesel engine and modern commonrail diesel engine) will be used in the experiments.

### **วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**

1. To study concentration of nanoparticles and PAHs associated with the particles generated by engines fueled by palm-biodiesel blends and palm oil blends.
2. To evaluate impact of nanoparticles and PAHs associated with the particles generated by engines fueled by palm-biodiesel blends and palm oil blends.

### **ขอบเขตของโครงการวิจัย**

1. Construct a sampling system to collect nanoparticles and gases from engines.
2. Sample nanoparticles using a new inertial-filter nanoparticle sampler.
3. Study the structure of the nanoparticles by an SEM..
4. Analyze concentration and size distribution of PAHs associated with the particulates including nanoparticles using HPLC especially the carcinogenic/mutagenic PAHs
5. Evaluate environment impact by the emission from engines fuelled by palm-biodiesel blends and palm oil blends.

### **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

Outcome of this research will be beneficial to government agencies overseeing energy and environment policies as biodiesel is an important biofuel recently promoted for a diesel substitute in Thailand. Environmental impact results from this study will give them information crucial for the continuing promotion of the fuel. Necessary measures may be needed if adverse effects are to be found. Results from this investigation are expected to be published in a national and international journal.

## วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

### METHODOLOGY

1. Construct a sampling system including nanoparticle sampler, flow measurement device, temperature measurement device, dilution system connected to the exhaust pipes of test engines.

2. Collect nanoparticles using the system described above for the conditions given below:

Engine	Fuel	Blend ratio
Agricultural machine engine	Degummed de-acid palm oil : Diesel	20%, 30%, 40%
Conventional diesel engine	Degummed de-acid palm oil : Diesel	20%, 30%, 40%
	Unbleached Oleine : Diesel	20%, 30%, 40%
Commonrail diesel engine	Methylester : Diesel	10%, 20%, 30%
	Ethylester : Diesel	10%, 20%, 30%

Sampling will be achieved by a system containing a nanoparticle sampler with cut-size of 10, 2.5  $\mu\text{m}$  and 50 nm and a dilutor to prevent condensation of water vapor on the filter. A vacuum pump is used to draw sampled gas in which the flow rate is controlled by a valve and rotameter. Sampling flow rate is set at 40 L/min and sampling time will be determined to ensure sufficient amount of particle collected for PAH analysis. Quartz fiber filters will be used for exhaust particle collection at each stage of the sampler and for subsequent PAH analysis. It will be pre-treated in a controlled environment (room temperature, 50% RH) for 72 hours.

3. Study the structure of the nanoparticles collected at the last stage by a scanning electron microscope (SEM).

4. Analyze PAHs concentration and size distribution of collected sample at each stage using HPLC. All collected filter samples will then be treated in the identical environment as the pre-treatment for 72 hours and then analyzed to obtain the amount of 15 different PAH components, i.e., Naphthalene (Nap), Acenaphthene (Ace), Phenanthrene (Phe), Anthracene (Ant), Fluorene (Fle), Fluoranthene (Flu), Pyrene(Pyr), Benz[a]anthracene (BaA), Chrysene (Chr), Benzo[a]pyrene (BaP), Benzo[b] fluoranthene (BbF), Benzo[k]fluoranthene (BkF), Dibenz[a,h]anthracene(DbA), Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IDP) and Benzo[ghi]perylene (BghiPe). These PAH components were studied by Furuuchi et al. (2006) in determining PAHs emission from biomass burning, and most of them were found in the emission from diesel engines using mixed biodiesel (Lin et al, 2006; Yang, et al, 2007). The analysis will be conducted using an HPLC with a fluorescence detector along with Inertsil ODS-P column and acetonitril/ultra pure water mobile phase. The samples will be dissolved ultrasonically in an ethanol/benzene (1:3) solution

and evaporation with a rotary vacuum evaporator. Benzene was used though it is known to be carcinogenic but the evaporation is effectively removed by a hood. However, other alternative solvent that is not harmful will be explored.

5. Summarize data and evaluate impact of nanoparticles and associated PAHs to atmospheric environment.

6. Write reports.

### ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2551 – กันยายน 2553

### รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน
<b>1. งบบุคลากร</b>	
ค่าจ้างนศ. ป.โท (1 คน x 7,630 บาท x 12 เดือน)	91,560
ค่าจ้างเจ้าหน้าที่ธุรการ (1 คน x 5,000 บาท x 12 เดือน)	60,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
<b>ค่าตอบแทน วัสดุและวัสดุ</b>	
(1) ค่าใช้สอย	
- ค่าเดินทาง	20,000
- ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก ค่าพาหนะ	20,000
- ค่าน้ำมันที่ใช้ในการทดสอบ	40,000
- ค่าน้ำมันยานพาหนะ	20,000
- ค่าซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์	30,000
- ค่าใช้สอยอื่น ๆ	10,000
(2) ค่าวัสดุ	
- วัสดุสำนักงาน	5,000
- ค่าสารเคมี	5,000
- วัสดุหนังสือ วารสารและตำรา	20,000
- วัสดุคอมพิวเตอร์	30,000
- วัสดุอื่น ๆ	5,000
<b>ค่าสาธารณูปโภค</b>	
- ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์โทรเลข	10,000
<b>รวม</b>	<b>366,560</b>

หมายเหตุ ขออภัยแจ้งจ่ายทุกรายการ



## ชื่อโครงการวิจัย โครงการศึกษาการใช้งานอุปกรณ์หนุนเท้าในผู้ป่วยส้นเท้าอักเสบ

The Treatment Outcome of Heel Cushion in Patients with Plantar Fasciitis

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

อาการปวดส้นเท้าจากสาเหตุพังผืดส้นเท้าอักเสบ (Plantar fasciitis) เป็นโรคที่พบบ่อย ตามสถิติพบได้ประมาณ 10% ของจำนวนประชากร(3) ทำให้ผู้ป่วยมีปัญหาในการขึ้น เดิน และมีผลกระทบต่อการทำงาน จากการศึกษายังพบว่า มีการอักเสบเรื้อรัง (1) ประมาณ 10% ของผู้ป่วยทั้งหมด ที่มีอาการนานกว่า 10 เดือน แต่ยังคงสามารถให้การรักษาได้ดีด้วย การใช้อุปกรณ์หนุนเท้า การออกกำลังกายเหยียดฝ่าเท้า และการทานยาในระยะเวลาสั้น ประมาณ 3 สัปดาห์ (1) ปัญหาของผู้ป่วยที่มีอาการมาก จะทำให้ไม่สามารถเดินได้สะดวก จำเป็นต้องหยุดพักการใช้งาน และไม่สามารถดำเนินกิจวัตรประจำวันได้เหมือนปกติ และใช้ระยะเวลารักษานาน ประกอบกับมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น หากไม่ได้รับการรักษาที่ดี การใช้อุปกรณ์หนุนเท้า พบว่าสามารถลดอาการปวดได้ แต่เนื่องจากอุปกรณ์หนุนเท้ามีราคาแพง และจำเป็นต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ทำให้ผู้ป่วยในประเทศไทย ไม่สามารถหาซื้ออุปกรณ์เหล่านี้ได้

โรคพังผืดส้นเท้าอักเสบ (3) พบว่ามีสาเหตุที่บริเวณของปุ่มกระดูก และเส้นเอ็นที่ส้นเท้า พบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่จะมีปัญหาจากการขึ้น เดิน และวิ่ง จะมีอาการมากในกลุ่มผู้ป่วยที่สูงอายุ และมีน้ำหนักมากขึ้น อาการปวดจะมีลักษณะ ปวดเหมือนเข็มแทง หรือปวดร้าวในส้นเท้า จะมีอาการในช่วงเช้าและเวลาเดิน ยิ่งใช้งานมาก เดินเท้าเปล่า เดินโดยไม่มีวัสดุหนุนเท้า หรือเดินขึ้นบันไดจะมีอาการปวดมากขึ้น บางรายจะมีอาการมากจนต้องหยุดพัก งคกกิจวัตรประจำวัน แนวทางในการปฏิบัติตัวรักษา จะเน้นในเรื่องการให้ความรู้ การใส่วัสดุหนุนเท้า การฝึกเหยียดฝ่าเท้าและอาจให้ทานยาเพื่อลดอาการอักเสบ สำหรับรายที่มีอาการมากหรือเป็นเรื้อรังให้พิจารณาการรักษาด้วย การฉีดยาลดอักเสบเฉพาะที่ หรือการผ่าตัด

อุปกรณ์หนุนเท้า (Heel Cushion) (3) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อใช้ได้ง่ายในต่างประเทศ สะดวกสบายในการสวมใส่ สามารถใช้ในการรักษาเบื้องต้นได้ดี โดยเฉพาะขณะที่เพิ่งเริ่มเป็น ทำให้กระจายแรงดันฝ่าเท้าได้ดีขึ้น ลดอาการปวดได้มากขึ้น ทำให้ลดการเสียเวลาในการพบแพทย์ และลดการทานยาที่ไม่จำเป็น ในงานวิจัยนี้ได้พยายามศึกษาอุปกรณ์หนุนเท้าที่เป็นรูปแบบใหม่ โดยอาศัยความรู้ทางวิศวกรรม การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ และปัจจัยของแรงกดจากฝ่าเท้าในร่างกายมนุษย์จริง เพื่อให้มีความเหมาะสมในการกระจายแรงดันที่ส้นเท้า ตามหลักกายวิภาคของมนุษย์

## วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาผลการรักษา ของการใช้อุปกรณ์หนุนเท้าในผู้ป่วยพังผืดสันเท้าอักเสบ
2. ศึกษาผลการรักษาในด้านการลดความเจ็บปวด (อาการปวดเวลาเช้า, ระยะเวลาปวด, ความรุนแรงของอาการปวด, และระยะทางที่เดินได้)
3. ศึกษาผลการรักษาในด้านการใช้งาน (ระดับการทำงาน, ผลกระทบต่อการเดิน, ระยะเวลาที่สามารถกลับไปทำงานได้ตามปกติ)
4. ศึกษาผลการรักษาในด้านความพึงพอใจ (ความพอใจต่อการใช้งาน ความสะดวกสบายต่อการใช้อุปกรณ์ คุณภาพชีวิต และผลแทรกซ้อน)

## ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1 การศึกษาในผู้ป่วย
  - มีข้อกำหนด ในการรับผู้ป่วยเข้าสู่โครงการภายใต้คณะกรรมการจริยธรรมของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์
  - เป็นผู้ป่วยที่มาขอรับการรักษาในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์
  - ศึกษางานวิจัยแบบ RCT กลุ่มที่ 1 ให้อาบน้ำอุ่น (NSAID) กลุ่มที่ 2 ใช้อุปกรณ์หนุนเท้าร่วมกับยาแก้ปวดบางเวลา
  - ทุกกลุ่มผู้ป่วยจะให้ความรู้สำหรับตัวโรค การดูแลรักษา และข้อแนะนำต่างๆ
  - หากผู้ป่วยมีโรคประจำตัวหรือผ่าตัด ที่ไม่สามารถเข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้จะไม่รวมเข้ากับการศึกษา
  - ติดตามการรักษาผู้ป่วย 3 ระยะ คือ 1. เวลาพบแพทย์ครั้งแรก, 2. ระยะเวลา 1 – 1.5 เดือน และ 3. ระยะเวลา 3– 4 เดือน
2. อุปกรณ์หนุนเท้า จำนวน 160 ชุดที่ได้จากงานวิจัย ในโครงการที่ 1

## วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการนี้มีกิจกรรมหลักๆ 4 กิจกรรม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การศึกษาเบื้องต้น ในคนปกติที่ใช้แผ่นอุปกรณ์หนุนเท้าต้นแบบเพื่อศึกษาถึงการตอบสนองต่อวัสดุที่ใช้มาน้อยแค่ไหน

รายละเอียด: ในกิจกรรมนี้การดำเนินการจะประกอบไปด้วยการศึกษาดังต่อไปนี้

- 1.1 คัดเลือกกลุ่มอาสาสมัคร จำนวน 20 คน
- 1.2 อธิบายการศึกษาในโครงการวิจัย
- 1.3 บันทึกข้อมูล
- 1.4 การวิเคราะห์

**กิจกรรมที่ 2** การศึกษาในผู้ป่วยที่มีอาการอักเสบของสันเท้า กลุ่มที่ 1 การให้ยาลดอาการอักเสบ  
รายละเอียด: ในกิจกรรมนี้การดำเนินการจะประกอบไปด้วยการศึกษาดังต่อไปนี้

- 2.1 คัดเลือกกลุ่มอาสาสมัคร จำนวน 60 คน
- 2.2 อธิบายการศึกษาในโครงการวิจัย
- 2.3 บันทึกข้อมูล
- 2.4 การวิเคราะห์

**กิจกรรมที่ 3** การศึกษา ในผู้ป่วยที่มีอาการอักเสบของสันเท้า กลุ่มที่ 2 ใช้แผ่นอุปกรณ์หนุนเท้า  
ต้นแบบและเปรียบเทียบกับอุปกรณ์หนุนเท้าที่มีขายอยู่แล้ว

รายละเอียด: ในกิจกรรมนี้การดำเนินการจะประกอบไปด้วยการศึกษาดังต่อไปนี้

- 3.1 คัดเลือกกลุ่มอาสาสมัคร จำนวน 120 คน (กรณีละ 60 คน)
- 3.2 อธิบายการศึกษาในโครงการวิจัย
- 3.3 บันทึกข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์

**กิจกรรมที่ 4** การวิเคราะห์ข้อมูลของโครงการที่ 1 ร่วมกับโครงการที่ 2 เพื่อพัฒนาต่อเนื่อง

รายละเอียด: ในกิจกรรมนี้การดำเนินการจะประกอบไปด้วยการศึกษาดังต่อไปนี้

- 4.1 วิเคราะห์ข้อมูลระหว่างทีมแพทย์ และทีมวิศว
- 4.2 ใช้สถิติในการวิเคราะห์
- 4.3 ปรับปรุง ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์หนุนเท้าต้นแบบ

#### **ระยะเวลาทำการวิจัย**

ระยะเวลาทำการวิจัย: 2 ปี (ต.ค. 51 – ก.ย. 53)

#### **สถานที่ดำเนินการวิจัย**

ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์และกายภาพบำบัด คณะแพทยศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>1. งบบุคลากร</b>	
- ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย (วุฒิปริญญาตรี) (เดือนละ 7,630 บาท) เวลา 24 เดือน	91,500
<b>2. งบดำเนินการ</b>	
<b>2.1 ค่าตอบแทน</b>	
- ค่าตอบแทนอาสาสมัครติดตามผลการใช้งานอุปกรณ์ฯ จำนวน 200 คน (300 บาท/คน/ครั้ง ติดตามเป็นจำนวน 3 ครั้ง)	60,000
- ค่าอาหารสำหรับทำการนอกเวลา 100 วัน (เก็บข้อมูล เอกสาร บิล ทำบัญชี งานธุรการต่างๆ) (อัตรา 100บาท/วัน/คน)	5,000
<b>2.2 ค่าใช้สอย</b>	
- ค่าเดินทางสืบค้นข้อมูล อบรม นำเสนอผลงานของ หัวหน้าโครงการ	-
- ค่าเดินทางสืบค้นข้อมูล อบรม นำเสนอผลงานของผู้ช่วยวิจัยในโครงการ	10,000
- ค่าวัสดุสำนักงานและค่าสาธารณูปโภค	5,000
- ค่าวิเคราะห์ทางการแพทย์ (ภาพถ่ายรังสี)	15,000
- ค่าจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	2,500
<b>2.3 ค่าวัสดุ</b>	
- ค่ายาสำหรับอาสาสมัครกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 100 คน (600 บาท/คน/ครั้ง ติดตามเป็นจำนวน 3 ครั้ง)	-
- ค่าอุปกรณ์หนุนเท้าที่มีขายสำหรับเปรียบเทียบ (60 ชุด 800บาท/ชุด)	-
<b>รวม</b>	<b>189,000</b>

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยในทุกรายการ

**ชื่อโครงการวิจัย** อิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการทางความร้อนที่มีผลต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของอะลูมิเนียมหล่อแบบฉีดอัดกึ่งของแข็ง A356  
Influence of heat treatment processing parameters on the mechanical properties and the microstructure of semi-solid die casting aluminum alloy A356

**ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย**

ในปัจจุบันนี้ ความต้องการของชิ้นส่วนอะลูมิเนียมหล่อมีสูงมากจากการขยายตัวของการใช้ อะลูมิเนียมในอุตสาหกรรมยานยนต์เพื่อลดน้ำหนักของรถและการใช้น้ำมันและในอุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม เมื่อมีความต้องการมาก การแข่งขันในอุตสาหกรรมการหล่ออะลูมิเนียม การหล่อด้วยแบบหล่อถาวรก็ยังมีมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการแข่งขันระหว่างคู่แข่งภายในประเทศหรือ แม้กระทั่งคู่แข่งจากต่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปิดการค้าเสรีทำให้ผู้ประกอบการทั่วโลกต้อง แข่งขันโดยการลดต้นทุนการผลิต ซึ่งหลายบริษัททำโดยการย้ายฐานการผลิตไปประเทศที่มีค่าแรงต่ำกว่า เช่น ประเทศจีน หรือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพในการผลิต เทคโนโลยีหนึ่งที่มีศักยภาพในการช่วยลดต้นทุนการผลิต การหล่อด้วยแบบหล่อถาวร คือการหล่อโลหะกึ่ง ของแข็ง(Semi-Solid Metal หรือ SSM) โดยปัจจุบันนี้มีการใช้เทคโนโลยี SSM มากขึ้นทั่วโลกทั้งใน อเมริกา ญี่ปุ่น ยุโรป เกาหลีใต้ ออสเตรเลีย หรือแม้กระทั่งจีนประเทศไทยก็เริ่มมีการวิจัยและพัฒนา เทคโนโลยีกึ่งของแข็งโดยกรรมวิธีแบบใหม่เพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมในประเทศเพื่อให้ทันต่อการ เปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีในกระบวนการ การหล่อด้วยแบบหล่อถาวร อุตสาหกรรมไทยจึงควรจะทราบ ถึงพื้นฐานและความก้าวหน้าของเทคโนโลยี SSM บทความนี้มีจุดประสงค์ที่จะให้ความรู้ที่สำคัญเกี่ยวกับ เทคโนโลยี SSM โดยการทบทวนความรู้เบื้องต้น วิเคราะห์ข้อได้เปรียบและประโยชน์ที่อุตสาหกรรม การหล่อด้วยแบบหล่อถาวร จะได้รับหากนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ กล่าวถึงสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงและต้องปรับเปลี่ยน ในกระบวนการผลิต รวมถึงแสดงตัวอย่างชิ้นงานหล่อที่ผลิตโดยเทคโนโลยีการหล่อโลหะกึ่งของแข็ง และ แนะนำกรรมวิธีแบบใหม่ที่กำลังพัฒนาในประเทศไทย

**วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการทางความร้อนที่มีผลต่อสมบัติทางกลของชิ้นงานหล่ออะลูมิเนียมผสมแบบฉีดอัดกึ่งของแข็ง A356
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการทางความร้อนที่มีผลต่อโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานหล่ออะลูมิเนียมผสมแบบฉีดอัดกึ่งของแข็ง A356
3. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการทางความร้อน ที่จะทำให้ชิ้นงานหล่ออะลูมิเนียมผสมแบบฉีดอัดกึ่งของแข็ง A356 มีความแข็งแรงตามที่ต้องการ

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

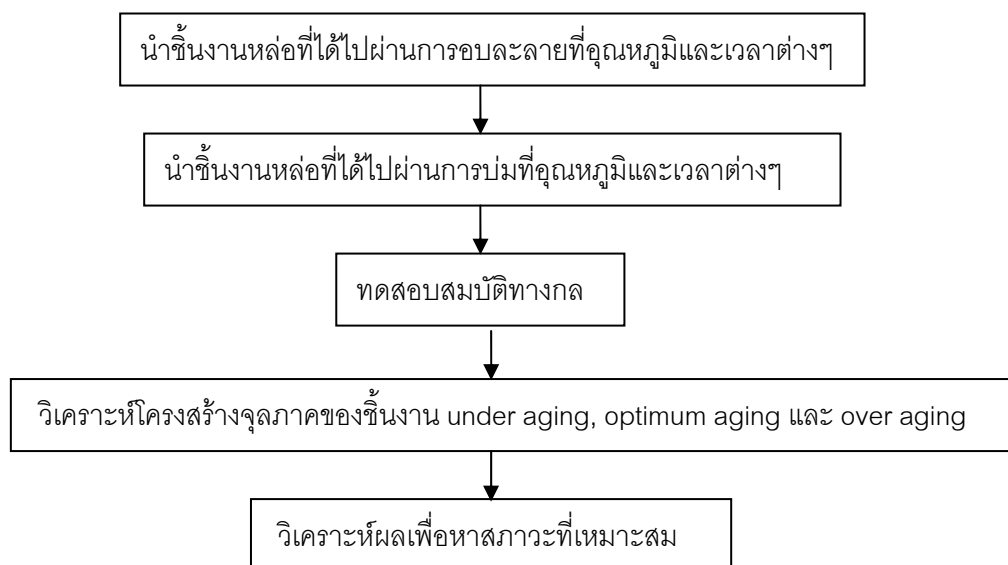
1. ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบละลายชิ้นงาน
2. หาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบละลายที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ชิ้นงานมีสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคตามที่ต้องการ
3. ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการบ่มแข็ง
4. หาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการบ่มแข็งที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ชิ้นงานมีสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคตามที่ต้องการ

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการนำอะลูมิเนียมหล่อแบบฉีดอัดกึ่งของแข็ง A356 ไปผ่านกระบวนการทางความร้อน เพื่อให้ได้สมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคตามที่ต้องการ
2. สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดให้กับอุตสาหกรรมที่มีความสนใจ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม
3. ได้ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในระดับนานาชาติ
4. ได้ผลิตนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

### วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

รูปที่ 1 เป็นการสรุปขั้นตอนวิธีการวิจัย



รูปที่ 1 แผนผังแสดงขั้นตอนการวิจัย

รายละเอียดระเบียบวิธีวิจัยแบ่งออกได้เป็นขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. นำชิ้นงานหล่อที่ได้ไปผ่านกระบวนการทางความร้อนไปผ่านการอบละลาย ณ อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน
2. นำชิ้นงานที่ได้จากข้อ 1. ไปผ่านการบ่มแข็ง ณ อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน
3. นำชิ้นงานที่ได้จากข้อ 2. ไปทดสอบสมบัติการต้านแรงดึง และความแข็ง เพื่อนำมาเปรียบเทียบผล และวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อสมบัติการต้านแรงดึง และความแข็ง
4. นำชิ้นงานที่ได้จากข้อ 2. ไปตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการอธิบายสมบัติเชิงกล โดยในแต่ละอุณหภูมิของการบ่มแข็งจะนำชิ้นงานมาศึกษา 3 ชิ้นงาน คือ (1) ชิ้นงานที่ยังบ่มไม่ถึงความแข็งสูงสุด (Under aging) (2) ชิ้นงานที่บ่มได้ความแข็งสูงสุด (Optimum aging) และ (3) ชิ้นงานที่บ่มนานเกินไป (Over aging)
5. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกล และสรุปผลการทดลอง

- หมายเหตุ**
- จำนวนชิ้นงานที่นำมาทดสอบความต้านแรงดึงอย่างน้อย 3 ชิ้นงานต่อกรณีศึกษา
  - จำนวนชิ้นงานที่นำมาทดสอบความแข็งอย่างน้อย 3 ชิ้นงานต่อกรณีศึกษา โดยทดสอบความแข็ง 10 จุดต่อ 1 ชิ้นงาน
  - จำนวนชิ้นงานที่นำมาศึกษาโครงสร้างจุลภาคอย่างน้อย 3 ชิ้นงานต่อกรณีศึกษา

#### **สถานที่ทำการทดลอง**

- ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

#### **ระยะเวลาทำการวิจัย**

ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย 2 ปี คือ ตุลาคม 2551- กันยายน 2553

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1. งบบุคลากร (ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย 1 คน เดือนละ 7,940 บาท เป็นเวลา 12 เดือน)	95,280
2. งบดำเนินการ	
2.1 ค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ	
- ค่าจัดทำแม่พิมพ์	20,000
- ค่าใช้เครื่องฉีดอัด	40,000
- ค่าเดินทาง และค่าที่พักเพื่อไปขึ้นรูปชิ้นงาน	20,000
- ค่าจ้างเตรียมชิ้นงานทดสอบสมบัติเชิงกล	23,000
- ค่าเดินทาง และค่าที่พักเพื่อไปวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค	30,000
- ค่าวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานด้วย OES, SEM และ TEM	130,000
- ค่าเดินทางเพื่อนำเสนอผลงานทางวิชาการ	60,000
- ค่าจัดทำรายงาน	2,500
2.2 ค่าวัสดุ	
- ค่าอะลูมิเนียม A356	10,000
- ค่าวัสดุที่ใช้ในการหล่อ เช่น ฟลักซ์ เทอร์โมคัปเปิล และเบ้าหล่อ เป็นต้น	5,000
- ค่าวัสดุเตรียมชิ้นงานวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค	60,000
- ค่าวัสดุสำนักงาน	2,500
2.3 ค่าสาธารณูปโภค	
- ค่าโทรศัพท์ โทรสาร	1,400
<b>รวม</b>	<b>499,680</b>

หมายเหตุ ขอถัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ

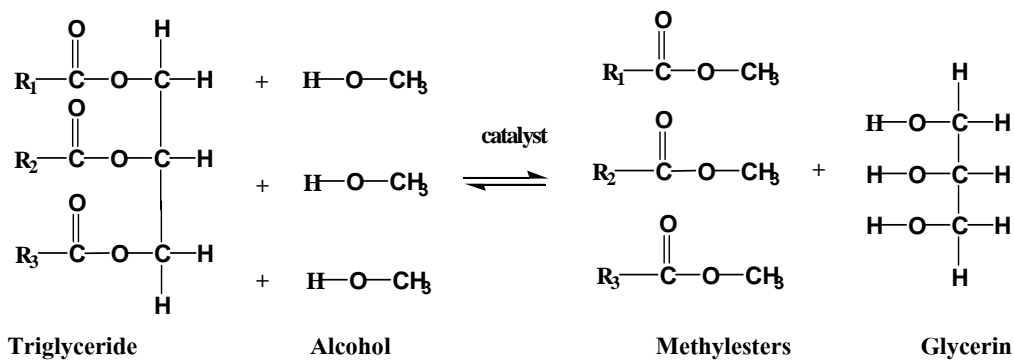


**ชื่อโครงการวิจัย** การศึกษาเสถียรภาพและการจัดเก็บน้ำมันไบโอดีเซลในระยะเวลาานาน  
Investigation of Stability and Long-Term Storage of Biodiesel

**ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย**

เมื่อเกิดวิกฤตการณ์พลังงานขึ้นครั้งใด เราก็เริ่มมองหาพลังงานทดแทนที่เป็นทางเลือกใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะปัจจุบันมีแนวโน้มว่าอนาคตอันไม่ไกลนัก น้ำมันคงจะไม่เพียงพอที่จะเป็นเชื้อเพลิงให้คน ทั้งโลก รวมทั้งราคาน้ำมันเบนซินและดีเซลก็พุ่งสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องหาพลังงานที่จะนำมาทดแทนน้ำมันซึ่งเป็นพลังงานหลักของโลกที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรและเครื่องยนต์ พลังงานชนิดใหม่สำหรับเครื่องยนต์ที่เราได้เริ่มนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันได้แก่ แก๊สโซฮอล์และแก๊สเอ็นจีวี ส่วนพลังงานทดแทนอีกชนิดหนึ่งที่กล่าวถึงกันอย่างมากในปัจจุบันนี้คือ ไบโอดีเซล (Biodiesel)

**ไบโอดีเซล** คือน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่ได้จากน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ หรือน้ำมันทอดใช้แล้วไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) โดยการเติมแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือ เอทานอล และตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันจากไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ให้เป็นโมโนอัลคิลเอสเตอ์ (Mono alkyl ester) ของกรดไขมันได้แก่ เมทิลเอสเตอ์ของกรดไขมัน (Fatty acid methyl ester : FAME) และได้ กลีเซอริน (Glycerin) เป็นผลพลอยได้ (By product) ดังรูปที่ 1 เนื่องจากเมทิลเอสเตอ์ของกรดไขมันที่ได้นี้มีลักษณะคล้ายน้ำมันดีเซลดังนั้นจึงเรียก เมทิลเอสเตอ์ของกรดไขมันนี้ว่า ไบโอดีเซล



รูปที่ 1 แสดงปฏิกิริยา Transesterification

สำหรับคุณภาพของไบโอดีเซลนั้นนอกจากจะขึ้นกับกระบวนการผลิตแล้ว ยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซลด้วย วัตถุดิบที่มีศักยภาพในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันละหุ่ง น้ำมันงา น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดสบู่ดำหรือน้ำมันทอดใช้แล้วเป็นต้น โดยวัตถุดิบที่ใช้มีผลต่อคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ ดังนั้นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยและถูกกำหนดในยุทธศาสตร์การพัฒนาและ

ส่งเสริมไบโอดีเซล เมื่อวันที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2548 คือ ปาล์มน้ำมัน โดยตั้งเป้าหมายในปี พ.ศ. 2555 สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ถึง 8.5 ล้านลิตรต่อวัน เนื่องจากปาล์มน้ำมันมีศักยภาพในการแข่งขันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นทั้งด้านการผลิตและการตลาด ให้ปริมาณน้ำมันสูง มีต้นทุนการผลิตและราคาต่ำกว่า พืชน้ำมันชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ปาล์มยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น ปาล์มสเตียร์น (Palm stearin) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการ กลั่นน้ำมันปาล์มสามารถนำมาผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้อีกด้วย และจากการพิจารณาของคณะรัฐมนตรีในกระทรวงพลังงานร่วมกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และกระทรวงการคลังได้เสนอแผนปฏิบัติการการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซลระหว่างปี 2548 – 2555 ไว้ว่าจะจัดทำมาตรฐานไบโอดีเซลและส่งเสริมการผลิตไบโอดีเซลในชุมชนโดยใช้น้ำมันทอดใช้แล้วเป็นวัตถุดิบอีกด้วย ปัจจุบันมีโครงการพัฒนากระบวนการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันทอดใช้แล้ว และการทดสอบเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งทำการวิจัยโดยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

น้ำมันปาล์มประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันที่อิ่มตัวในสัดส่วนที่สมดุล และด้วยเหตุที่น้ำมันปาล์มมีวิตามินอีสูงจึงทำให้น้ำมันปาล์มมีเสถียรภาพสูง กรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันปาล์มนั้น ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยวโอเลอิก (mono-unsaturated oleic acid) 40% ขณะที่กรดไขมันอิ่มตัวประกอบด้วย กรดปาล์มเมติก (Palmitic acid) 44% และกรดสเตียร์ริก (Stearic acid) 5% กรณีน้ำมันปาล์มดิบที่ได้แยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นของเหลวสีส้มแดง (Crude palm olein) ประมาณ 50-70 % และส่วนที่มีลักษณะเป็นไขสีเหลืองส้ม (Crude palm stearin) ประมาณ 30-50% โดยที่น้ำมันปาล์มดิบทั้งชนิดปาล์มโอเลอีน ปาล์มสเตียร์น และน้ำมันทอดใช้แล้ว มีองค์ประกอบของกรดไขมันที่แตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 1

เนื่องจากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์แต่ละชนิดจะประกอบด้วยกรดไขมันประเภทต่างๆ ในปริมาณสัดส่วนที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วกรดไขมันที่พบในไบโอดีเซลจะมีสายโซ่มากกว่า 10 ชนิด (คือมีคาร์บอน C12–C22) และร้อยละ 90 จะมีสายโซ่คาร์บอนระหว่าง 16-18 ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated) หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated) หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงพหุ (Polyunsaturated) โดยชนิดของกรดไขมันและปริมาณที่แตกต่างกันจะมีอิทธิพลต่อสมบัติของไบโอดีเซลที่ได้ สำหรับไบโอดีเซลที่ผลิตจากกรดไขมันที่อิ่มตัวสูงจะทำให้ค่าจุดขุ่น (Cloud point) จำนวนซีเทน (Cetane number) และเสถียรภาพ (Stability) สูงขึ้น ส่วนปริมาณ  $\text{NO}_x$  ลดลง แต่ถ้ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงจะให้ ค่าจุดขุ่น จำนวนซีเทน และเสถียรภาพลดลง ส่วนปริมาณ  $\text{NO}_x$  เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมัน

กรดไขมัน	องค์ประกอบของกรดไขมัน (wt%)		
	น้ำมันปาล์มดิบ		น้ำมันทอดใช้แล้วไม่ระบุชนิด ของแหล่งที่มา
	ปาล์มโอเลอิน	ปาล์มสเตียรีน	
<b>กรดไขมันอิ่มตัว</b>			
C 6:0 (Caproic)	-	-	-
C 8:0 (Carylic)	-	-	-
C10:0(Capric)	-	-	-
C12:0 (Lauric)	0.5	0.3	0.5
C 14:0 (Myristic)	1.0	1.5	1.0-3.0
C 16:0 (Palmitic)	31.5	62.0	13.0-25.0
C 18:0 (Stearic)	3.0	5.0	5.0-12.0
C 20:0 (Arachidic)	0.4	0.4	0.12
C 22:0 (Behenic)	-	-	0.03
C 24:0 (Tetracosanic)	-	-	0.04
<b>กรดไขมันไม่อิ่มตัว</b>			
C 16:1 (Palmitoleic)	-	-	0.0-4.0
C18:1 (Oleic)	49	24.5	43.0-52.0
C18:2 (Linoleic)	14	6.0	7.0-22.0
C18:3 (Linolenic)	0.3	0.3	0.5-3.0
C 20:1 (Eicosenic)	-	-	1.0
C 22:1 (Erucic)	-	-	0.5

(Mittelbach *et al.*, 2004)

ดังนั้นในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะต้องมีการควบคุมสมบัติต่างๆ ของไบโอดีเซลให้เป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆที่ตั้งไว้เช่น ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2548 ของกรมธุรกิจพลังงานซึ่งกำหนดตามมาตรฐาน EN 14214 ของสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกาใช้ข้อกำหนดตามมาตรฐาน ASTM D 6751 ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นข้อกำหนดของประเทศใดก็ตาม จะทำการพิจารณาถึงการนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย มีความปลอดภัย และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้นทำการแบ่งวิธีทดสอบคุณสมบัติ ไบโอดีเซลออกเป็น 2 ประเภท คือ

## 1. การตรวจสอบคุณสมบัติทั่วไปที่เป็นข้อกำหนดคุณภาพที่ดีของน้ำมัน ได้แก่

ค่าความหนาแน่น ความหนืด จุดวาบไฟ ปริมาณกำมะถัน ปริมาณกากถ่าน จำนวนซีเทน ปริมาณเถ้าซัลเฟต ปริมาณน้ำ สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด การกักคร่อนแผ่นทองแดง ค่าความเป็นกรด และปริมาณ โลหะอัลคาไลน์และอัลคาไลน์เอิร์ทที่ปนเปื้อน

## 2. การตรวจสอบคุณสมบัติเฉพาะของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ ได้แก่

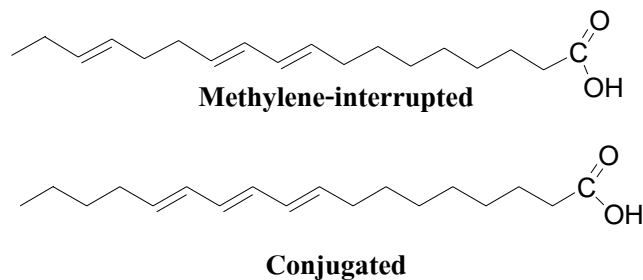
2.1 ปริมาณเมทิลเอสเทอร์และกรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ (สัดส่วนของปริมาณกรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ในเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันทั้งหมด) ซึ่งจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของ น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ที่ใช้

2.2 ปริมาณเมทานอล โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ ไตรกลีเซอไรด์ กลีเซอรินอิสระ และกลีเซอรินทั้งหมด ตามมาตรฐานกำหนดให้มีสารเหล่านี้อยู่ในปริมาณน้อยเพราะเป็นการ บ่งบอกถึงความสมบูรณ์ของการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันระหว่างไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์กับเมทานอล และกระบวนการแยกกลีเซอรินที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกไปได้อย่างดี

2.3 ทดสอบการมีเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส และค่าไอโอดีนเนื่องจากไบโอดีเซลที่ได้จากน้ำมันพืชทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งมีผลต่อเสถียรภาพต่อการเก็บ

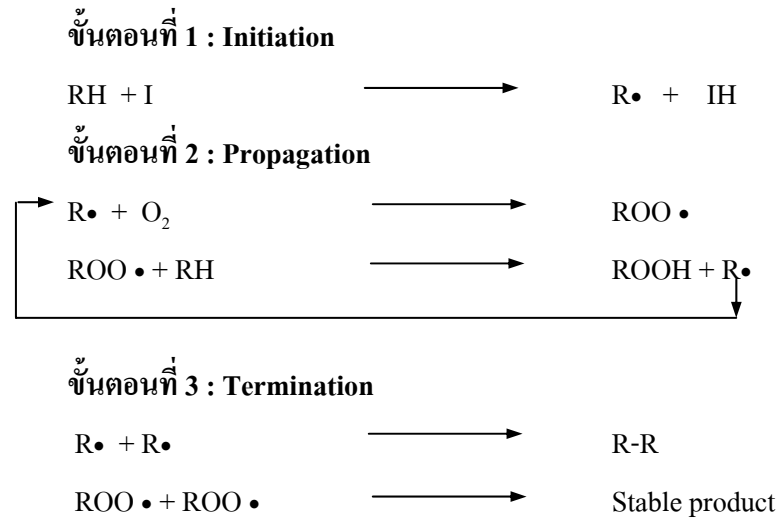
(รติกร อลงกรณ์โชติกุล, 2549: 3)

จะเห็นได้ว่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นอีกหนึ่งพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องทดสอบเพื่อใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพของไบโอดีเซล โดยธรรมชาติกรดไขมันเป็นกรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid) ซึ่งมีหมู่-COOH เพียงหมู่เดียวต่อกับไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) สายยาว กรดไขมันส่วนใหญ่จะมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่ระหว่าง 4-36 ที่พบมากจะมีจำนวนคาร์บอน 16 และ 18 อะตอม พันธะที่ต่อระหว่างคาร์บอนอะตอมทั้งชนิดพันธะเดี่ยว (Single bond) และพันธะคู่ (Double bond) กรดไขมันที่มีเฉพาะพันธะเดี่ยว เรียกว่า กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) ส่วนกรดไขมันที่มีพันธะคู่รวมอยู่ด้วย เรียกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) กรดไขมันที่มีพันธะคู่ตั้งแต่สองขึ้นไป การเรียงตัวของพันธะคู่จะมีลักษณะเฉพาะ คือมีหมู่-CH<sub>2</sub>- คั่นระหว่างคาร์บอน ที่ต่อกันด้วยพันธะคู่ (Methylene-interrupted) หรืออาจจะอยู่ในรูปคอนจูเกต (Conjugated arrangement) ดังแสดงในรูปที่ 2



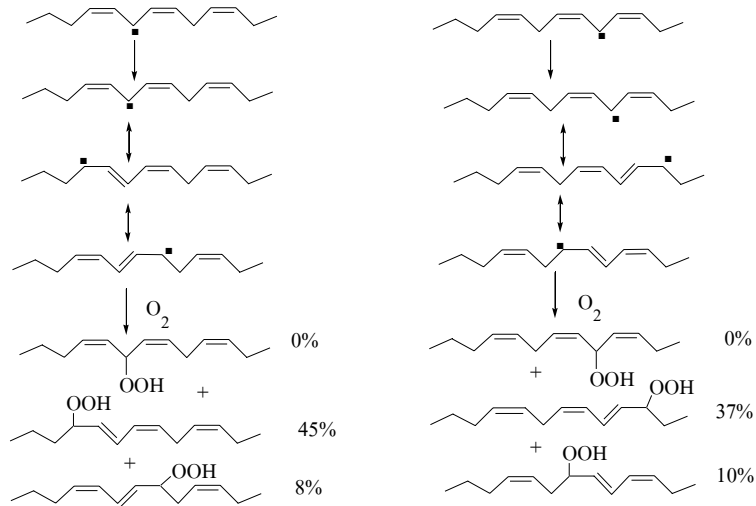
รูปที่ 2 แสดงลักษณะ โครงสร้างไม่อิ่มตัวของกรดไขมัน

ในกรณีที่น้ำมันไบโอดีเซลสัมผัสกับอากาศ ออกซิเจนภายในอากาศจะเข้าทำปฏิกิริยากับสายโซ่ของ เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันตรงตำแหน่งพันธะคู่เรียกว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในช่วงปี 1950 นักวิทยาศาสตร์ได้อธิบายการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกระบวนการเกิดเปอร์ออกซิเดชัน (Peroxidation) โดยเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สำหรับกระบวนการเกิดเปอร์ออกซิเดชัน (Peroxidation) แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนประกอบด้วย Initiation, Propagation และ Termination แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชัน (Peroxidation)

จากรูปที่ 3 ปฏิกิริยาขั้นต้นเกี่ยวกับการกำจัดไฮโดรเจนอะตอมออกจากคาร์บอนอะตอมซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปคาร์บอนอนุมูลอิสระ(Carbon free radical) ซึ่งถ้ามีไดอะตอมิกออกซิเจน (O<sub>2</sub>) จะทำให้เกิดปฏิกิริยาต่ออยู่ในรูปของ Peroxy radical ซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยที่ Peroxy radical จะไม่ทำปฏิกิริยากับ Carbon free radical แต่ Peroxy radical มีศักยภาพเพียงพอที่จะไปดึงไฮโดรเจนอะตอมจากคาร์บอนอะตอมของโมเลกุลอื่น ซึ่งทำให้เกิดเป็น Carbon free radical และไฮโดรเปอร์ออกไซด์(Hydroperoxide, ROOH) ส่วน Carbon free radical ตัวใหม่ก็จะเข้าทำปฏิกิริยากับไดอะตอมิกออกซิเจนต่อในขั้นตอนของ Propagation ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้จะสิ้นสุดลงเมื่อ Carbon free radical 2 โมเลกุลและ Peroxy radical 2 โมเลกุล เข้าทำปฏิกิริยากันในขั้นตอน Termination รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Linolenic (18:3) กรดไขมัน



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Linolenic (18:3) กรดไขมัน

ซึ่งผลจากการเกิดปฏิกิริยาเกิดเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide) ในทางทฤษฎีถ้าไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันซึ่งแสดงถึงความไม่อิ่มตัวเป็นจำนวนมากจะมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายด้วย เช่น เมทิลเอสเทอร์ของโอเลอิก (Oleic, 18:1) ลิโนลิก (Linoleic, 18:2) และลิโนลินิก (Linolenic, 18:3) มีสัดส่วนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเป็น 1:12:25 ตามลำดับ และเมื่อกรดไขมันอยู่ในรูปไฮโดรเปอร์ออกไซด์เกิดการสลายตัวจะได้เป็นสารประกอบกลุ่มอัลดีไฮด์ เช่น Hexanal Heptenals และ Propanal จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามี การตรวจพบสารประกอบอัลดีไฮด์ประมาณ 25 ชนิด ในตัวอย่างน้ำมันพืชที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังตรวจพบสารอะลิฟาติกแอลกอฮอล์ กรดฟอร์มิก ฟอร์มेटและเอสเทอร์ ผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ค่าความเป็นกรดในไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น และผลจากการสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ทำให้เกิดกรดไขมันสายโซ่สั้นๆ ซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อกับกรดไขมันสายโซ่อื่นๆ ได้ ส่งผลให้เกิดเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประเภทโพลีเมอร์ และยังทำให้น้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความหนืด (Viscosity) สูงขึ้นอีกด้วย (Waynick *et al.*, 2005)

ถ้าไบโอดีเซลมีลักษณะโครงสร้างที่แสดงถึงความไม่อิ่มตัว (Unsaturation) เป็นจำนวนมาก ก็จะเป็นจุดอ่อนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย ผลจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในไบโอดีเซลก่อให้เกิดสารเคมีหลายกลุ่ม เช่น สารประกอบอะลิฟาติกแอลกอฮอล์ มีผลให้ค่าจุดวาบไฟ (flash point) ลดลง สารประกอบกลุ่มอัลดีไฮด์ เป็นสาเหตุให้เกิด Rancidity ซึ่งทำให้น้ำมันมีกลิ่น นอกจากนี้ยังเกิดกรดไขมันอิสระสายโซ่สั้นๆ ทำให้ค่าความเป็นกรดสูงมีผลต่อการกัดกร่อน เกิดสารเคมีที่เรียกว่า Trimers หรือ Tetramers ซึ่งสารกลุ่มดังกล่าวเป็นสารกลุ่มโพลีเมอร์มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นเหตุทำให้เกิด Thermal polymerization ทำให้ค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อค่าความหนืดสูงจะส่งผลให้หัวฉีดน้ำมันฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยได้ยากซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้และทำให้เกิดการสันดาปไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ผลของการเกิดกระบวนการ Biodiesel oxidative polymerization ทำให้เกิดการอุดตันบริเวณตัวกรองของเครื่องยนต์ ก่อให้เกิดการตกตะกอนของสารที่ไม่สามารถละลายได้และเกิดยางเหนียว (Gums) ขึ้น ส่งผลให้เกิดการอุดตันบริเวณตัวกรองและระบบหัวฉีด และการเกิดสารประกอบ

ประเภทกรดคาร์บอกซิลิกจะทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น มีผลทำให้เกิดการกัดกร่อนภายในเครื่องยนต์ได้ (He, 2006)

สำหรับค่าเสถียรภาพของน้ำมันไบโอดีเซลนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและกระบวนการผลิตแล้ว ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาและสภาวะในการจัดเก็บน้ำมันไบโอดีเซลอีกด้วย จากงานวิจัยที่ผ่านมามีพบว่าเมื่อน้ำมันไบโอดีเซลถูกออกซิไดซ์ จะมีผลทำให้พารามิเตอร์ต่างๆที่เป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลเปลี่ยนแปลงไปด้วย เช่น ปริมาณเมทิลเอสเตอร์ (Ester content) ค่าความเป็นกรด (Acid number) ค่าความหนืด (Kinematic viscosity) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และค่าไอโอดีน (Iodine value) จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นพบว่าผลของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันไบโอดีเซล มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องทำการตรวจวัดค่าดังกล่าวในน้ำมันไบโอดีเซล เพื่อให้ได้ค่าตามที่มาตรฐานกำหนด

สำหรับประเทศไทยยังมีงานวิจัยน้อยมากที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวัดค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในตัวอย่งน้ำมันไบโอดีเซลและการจัดเก็บน้ำมันไบโอดีเซลภายใต้สภาวะการจัดเก็บจริง ดังนั้นทางทีมงานวิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญเกี่ยวกับการจัดเก็บและเสถียรภาพของน้ำมันไบโอดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อชุมชนผลิตไบโอดีเซลขึ้นมาเพื่อใช้งานนั้น จำเป็นต้องทราบถึงระยะเวลาและสภาวะในการจัดเก็บน้ำมันไบโอดีเซลที่เหมาะสม โดยไม่ทำให้คุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลเปลี่ยนแปลงและไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้ทำการวิจัยในการคิดค้นประดิษฐ์เครื่องมือหรือทำงานวิจัยให้มีอุปกรณ์และองค์ความรู้ โดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. เพื่อให้หน่วยงานสามารถพึ่งพาตนเองด้านวิเคราะห์ ลดการนำเข้าเครื่องมือราคาแพงจากต่างประเทศ
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลจากวัตถุดิบต่างๆ คือ น้ำมันปาล์มดิบ ไข่ปาล์ม และน้ำมันทอดใช้แล้ว ในระหว่างการจัดเก็บน้ำมันไบโอดีเซลเป็นระยะเวลายาวนาน (Long-term storage) ภายใต้สภาวะแวดล้อมจริง (Real-condition)
4. เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับอิทธิพลของสภาวะในการจัดเก็บ และระยะเวลาในการเก็บน้ำมันไบโอดีเซลมีผลต่อคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล
5. เพื่อให้มีข้อมูลในการเผยแพร่ต่อชุมชน เกี่ยวกับการจัดเก็บและระยะเวลาในการเก็บน้ำมันไบโอดีเซลที่ถูกต้อง เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

## ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งผลิตจากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน 3 ชนิดคือน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil; CPO) ปาล์มสเตียร์นิน (Palm Stearin) และน้ำมันทอดใช้แล้ว (Used Frying Oil; UFO) โดยทำการจัดเก็บตัวอย่างภายใต้สภาวะแตกต่างกัน 3 สภาวะ ดังแสดงในตาราง

วัตถุดิบ	สภาวะที่ใช้ในการจัดเก็บตัวอย่าง
น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil; CPO)	- เก็บในภาชนะทึบแสงและเปิดฝาไว้ (เพื่อทำการศึกษาน้ำมันที่ได้รับแสงและอากาศ)
ปาล์มสเตียร์นิน (Palm Stearin)	- เก็บในภาชนะทึบแสงที่ปิดฝาสนิท (เพื่อทำการศึกษาน้ำมันที่ไม่ได้รับแสง แต่ยังคงได้รับอากาศ)
น้ำมันทอดใช้แล้ว (Used Frying Oil; UFO)	- เก็บในภาชนะทึบแสงที่ทำการแทนที่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน (เพื่อทำการศึกษาน้ำมันที่ไม่ได้รับทั้งแสงและอากาศ)

โดยทำการศึกษาพารามิเตอร์ที่เป็นตัวชี้บ่งถึงคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซลดังต่อไปนี้

ลำดับที่	พารามิเตอร์ที่ทำการทดสอบ	วิธีทดสอบ
1	ค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 °C	EN 14112
2	ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C	ASTM D445
3	ค่าความเป็นกรด	ASTM D664
4	ค่าไอโอดีน	EN 14111
5	ค่าเปอร์ออกไซด์	IUPAC, 1979*
6	ค่าเมทิลเอสเตอร์	EN14103 และ NMR**

\*ทำการทดสอบด้วยวิธี IUPAC, 1979 หรือ วิธีที่สมมูลกัน

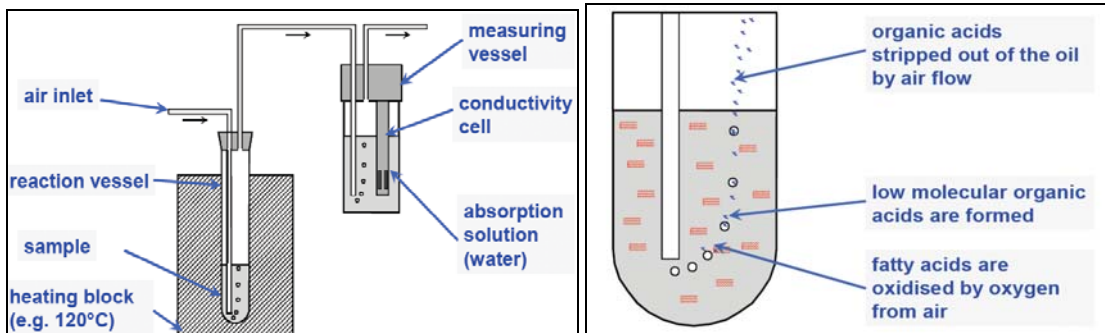
\*\*Gelbard และคณะ (1995)

นอกจากนี้ได้ทำการคิดค้นประดิษฐ์เครื่องมือเพื่อทำการทดสอบใน 2 พารามิเตอร์ คือ ค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 °C แบบหลายหัววัดและค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศและเป็นการลดการพึ่งพิงเทคโนโลยีจาก ต่างชาติ

## วิธีการดำเนินการวิจัย

### 1. สร้างเครื่องวัดค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบหลายหัววัด



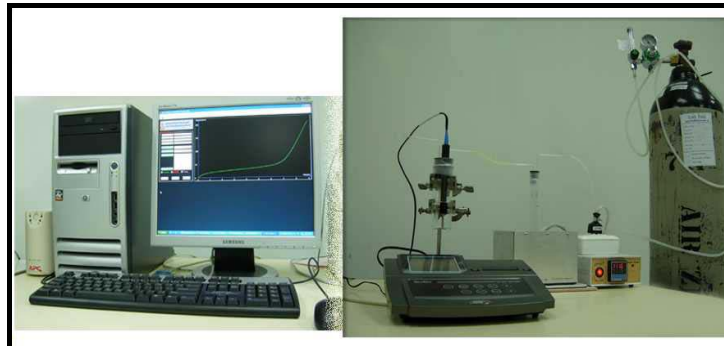


รูปที่ 5 แสดงไดอะแกรมชุดทดลองการหาค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (ไบโอดีเซล) (Ashton, Metrohm UK Ltd.)

จากรูปที่ 5 เมื่อทำการปล่อยอากาศ (ออกซิเจนในอากาศทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน) มาตามท่อนำอากาศด้วยอัตราการไหลคงที่ โดยทำการควบคุมอัตราการไหลด้วย flow control ผ่านเข้ามาตามท่อนำอากาศไปยังหลอดที่บรรจุตัวอย่างน้ำมันไว้ในปริมาณ 3.00 กรัม โดยให้ความร้อนกับหลอดตัวอย่างที่อุณหภูมิ 110 °C ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ Heating block เป็นตัวให้ความร้อน โดยตัว Heating block ดังกล่าวสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ไว้ที่  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  เมื่อตัวอย่างน้ำมันเกิดกระบวนการออกซิเดชัน ไอระเหยซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาระหว่างเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะถูกนำพาออกมาโดยอากาศที่ผ่านเข้าไป และออกมาตามท่อนำอากาศผ่านไปยัง Vessel ที่บรรจุน้ำกลั่นหรือ Demineralized water (DI water) ในปริมาณ 50 ml ซึ่งมีอิเล็กโทรดจุ่มอยู่ในน้ำ ดังแสดงรูปที่ 5 เพื่อวัดค่าการนำไฟฟ้าซึ่งมี RS232 port เชื่อมโยงเข้ากับคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเป็นค่าการนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง

ปัจจุบันมีเครื่องอัตโนมัติสำหรับวัดค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไบโอดีเซลภายใต้ชื่อทางการค้าของบริษัท Metrohm ซึ่งสามารถทำการวิเคราะห์ตัวอย่างได้ 8 ตัวอย่างในคราวเดียวกัน แต่เนื่องจากเครื่องมือดังกล่าวมีราคาประมาณ 800,000 บาท ถ้าหากสั่งซื้อเครื่องมือดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อให้บริการกับลูกค้า ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นนักศึกษา นักวิจัย หรือกลุ่มชุมชนซึ่งอยู่ในระหว่างขั้นตอนการพัฒนาคุณภาพการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการส่งตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ ประกอบกับในปัจจุบันห้องปฏิบัติการทดสอบคุณภาพไบโอดีเซลยังมีอยู่น้อยมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการตอบสนองและรองรับความต้องการของผู้ใช้บริการ ทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์จึงได้ทำการประดิษฐ์เครื่องวัดค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบ 1 หัววัดขึ้น ดังแสดงดังรูปที่ 6 แต่เครื่องมือดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันไบโอดีเซลได้เพียงครั้งละ 1 ตัวอย่างเท่านั้น แต่เนื่องจากโครงการดังกล่าว เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งผลิตจากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน คือ น้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันปาล์มสเตียริน และน้ำมันทอดใช้แล้ว ภายใต้สภาวะการจัดเก็บที่แตกต่างกันตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยทำการจัดเก็บเป็นระยะเวลา 18 เดือน ซึ่งทำการวัดค่าออกซิเดชันทุกๆ เดือน ทำให้เครื่องวัดค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบ 1 หัววัดที่มีอยู่ไม่

เพียงพอต่อความต้องการในการใช้งาน ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องวัดค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบหลายหัววัดขึ้นเพื่อรองรับงานวิจัยให้ดำเนินการต่อไปได้



รูปที่ 6 ชุดวิเคราะห์หาค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไบโอดีเซลแบบ 1 หัววัด

## 2. สร้างเครื่องวัดค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

การหาความหนืดของของเหลว ทำโดยการวัดอัตราการไหลของของเหลวที่ผ่านหลอดเล็กๆ (Capillary tube) สำหรับของเหลวที่ไหลผ่านหลอดเล็กๆ ที่มีรัศมี (r) ในเวลาหนึ่ง (t) โดยมีความแตกต่างของความดันที่ทำให้เกิดการไหลที่ปลายหลอดทั้งสองข้างเท่ากับ  $P_1 - P_2$  โดยที่ปริมาตรของของเหลวที่ไหลผ่านหลอดเล็กๆ หาได้จาก Poiseuille's Equation คือ

$$V = \frac{\pi r^4 t (P_1 - P_2)}{8 \eta l} \dots\dots\dots(1)$$

โดยที่ l คือ ความยาวของหลอดเล็กๆ

เครื่องมือวัดความหนืด (Viscosimeter) ของของเหลวที่นิยมใช้ทั่วไปคือ Oswald Viscosimeter ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยทำการวัดเวลา (t) ซึ่งปริมาตรของของเหลวจำนวนหนึ่งไหลผ่านหลอดเล็กๆ ที่อยู่ในแนวตั้ง จากสมการ (1) เพื่อที่ให้ค่ารัศมี (r) ความยาวของหลอด (l) และความแตกต่างของความดัน ( $P_1 - P_2$ ) จะต้องทราบ เพื่อที่จะหาค่าเสถียรภาพค่าเหล่านี้ จะต้องวัดอัตราการไหลของของเหลวที่เราทราบค่าความหนืดแล้ว (Reference liquid) โดยใช้เครื่องมืออันเดียวกัน เราก็จะหาค่าสัมประสิทธิ์ของความหนืดของของเหลวที่ต้องการหาได้จากสมการที่ 2

$$\eta = \frac{\eta_r t (\Delta P)}{t_r (\Delta P_r)} = \frac{\eta_r t \rho}{t_r \rho_r} \dots\dots\dots(2)$$

$$\Delta P = \rho gh$$

โดยที่  $\rho$  คือ ความหนาแน่นของของเหลว

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

h คือ ความแตกต่างของความสูงของของเหลวในหลอดทั้งสองข้าง

$\rho_r$  คือ ความหนาแน่นของของเหลวที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (Reference)

$t_r$  คือ เวลาของการไหลของของเหลวที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (Reference)

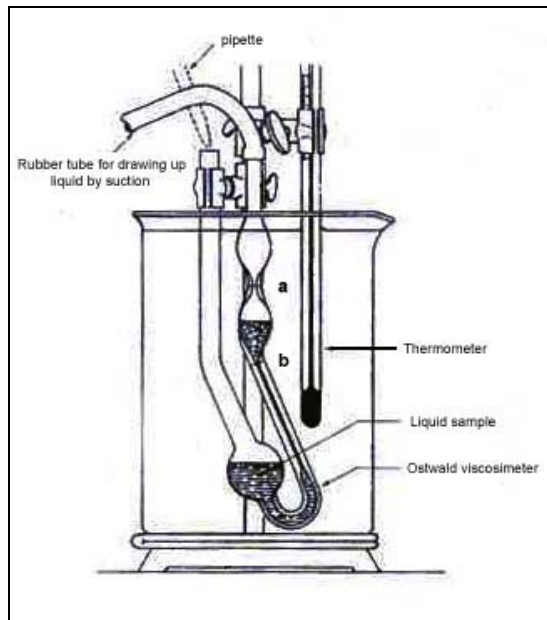
$\eta_r$  คือ ความหนืดของของเหลวที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (Reference)

สำหรับอิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่าความหนืดจะแตกต่างกันสำหรับของเหลว โดยความหนืดของของเหลวจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ตามสมการที่ 3

$$\eta = Ae^{E_a/RT} \dots\dots\dots(3)$$

โดยที่  $E_a$  คือ Activation energy ของการไหล อัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับ Net rate ซึ่งโมเลกุลผ่าน Energy barrier

A คือ ค่าคงที่



รูปที่ 7 เครื่องมือวัดความหนืด (Viscosimeter)

ในปัจจุบันทางห้องปฏิบัติการของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ยังไม่สามารถวัดค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลได้ ทั้งนี้เพราะไม่มีเครื่องมือสำหรับวัดค่าความหนืด สำหรับเครื่องมือดังกล่าวในทางการค้ามีราคาประมาณ 300,000 บาทต่อเครื่อง จากการศึกษาลักษณะการทำงานของเครื่องวัดค่าความหนืดข้างต้น ทางคณะผู้วิจัยมีแนวความคิดที่จะประดิษฐ์เครื่องมือดังกล่าวขึ้นใช้งานเองเพื่อรองรับงานวิจัย และเพื่อทดสอบความใช้ได้ของเครื่องมือดังกล่าวที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น ทางคณะผู้วิจัยจะทำการนำผลการทดสอบค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลเปรียบเทียบกับระหว่างการวัดด้วยเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นเองเทียบกับเครื่องมือทางการค้าโดยอ้างอิงตามวิธีมาตรฐาน ASTM D445

### 3. ศึกษาการจัดเก็บและเสถียรภาพของน้ำมันไบโอดีเซล

- เลือกน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบ ปาล์มสเตียร์น (ไขปาล์ม) และน้ำมันทอด

ใช้แล้วเป็นตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้

- การกำหนดสภาวะที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำมันไบโอดีเซล

จากที่กล่าวไว้ในหัวข้องานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าสภาวะที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำมันไบโอดีเซลนั้นจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่ทำการเก็บไว้ในสภาวะที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 18 เดือน โดยทำการศึกษาสภาวะการเก็บดังต่อไปนี้

วัตถุดิบต่างๆ (Feed stock)	สภาวะที่ใช้ในการจัดเก็บตัวอย่าง
1. ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil; CPO)	1. เก็บตัวอย่างไว้ในภาชนะที่เปิดฝาไว้
2. ไบโอดีเซลจากปาล์มสเตียริน (Palm Stearin)	2. เก็บตัวอย่างไว้ในภาชนะที่ปิดฝาสนิท
3. ไบโอดีเซลจากน้ำมันทอดใช้แล้ว (Used Frying Oil; UFO)	3. เก็บตัวอย่างไว้ในภาชนะที่ทำการแทนที่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน

#### 4. ทดสอบคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล ทำการศึกษา Parameter ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (Methyl ester content) เนื่องจากคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่ดีจะต้องมีปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ไม่ต่ำกว่า 96.5% ตามมาตรฐานกำหนด หากเก็บน้ำมันไบโอดีเซลเป็นระยะเวลานานจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีการวัดปริมาณของ เมทิลเอสเทอร์ในตัวอย่างน้ำมันไบโอดีเซลด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography; GC) อ้างอิงตามวิธีมาตรฐาน EN14103 เปรียบเทียบกับเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (Nuclear Magnetic Resonance; NMR)

2. เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 °C เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (ไบโอดีเซล) ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าน้ำมันที่ได้จากฟอสซิล โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าน้ำมันไบโอดีเซลประกอบด้วยเอสเทอร์ในรูปไม่อิ่มตัวเชิงพหุ (Polyunsaturated ester) จำนวนมาก นอกจากนั้นสภาวะและระยะเวลาในการเก็บน้ำมันไบโอดีเซลก็มีผลต่อเสถียรภาพของน้ำมันไบโอดีเซลด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทดสอบเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 °C อ้างอิงวิธีมาตรฐาน EN 14112 โดยใช้เครื่องประดิษฐ์ตามที่ระบุในข้อ 1.

3. ค่าไอโอดีน (Iodine value) เนื่องจากน้ำมันพืชซึ่งเป็นสารที่ไม่อยู่ตัว สามารถถูกออกซิไดซ์และเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรซ์ที่อุณหภูมิสูง เมื่อน้ำมันดังกล่าวเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรซ์แล้วน้ำมันจะเกิดเป็นสารเหนียวส่งผลเสียต่อเครื่องยนต์ได้ ซึ่งค่าไอโอดีนจะเป็นดัชนีชี้บ่งบอกถึงการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรซ์ในน้ำมันได้ฉะนั้นถ้าหากเก็บตัวอย่างไว้ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมหรือน้ำมันถูกออกซิไดซ์แล้วจะมีผลเสียต่อเครื่องยนต์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการทดสอบค่าไอโอดีนโดยอ้างอิงวิธีตามมาตรฐาน EN 14111

4. ค่าความเป็นกรด (Acid value) เนื่องจากค่าความเป็นกรดของน้ำมันไบโอดีเซลขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตและกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล นอกจากนี้ถ้าหากน้ำมันไบโอดีเซลถูกออกซิไดซ์ก็จะทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลต่อการกัดกร่อนภายในระบบของเครื่องยนต์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบค่าความเป็นกรด โดยอ้างอิงวิธีตามมาตรฐาน ASTM D664 ใช้วิธีการไทเทรตด้วยเครื่องไทเทรตอัตโนมัติ

5. ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (Kinematic Viscosity) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันไบโอดีเซลและระยะเวลาในการเก็บมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งมีผลกระทบต่อการใช้งาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล ณ อุณหภูมิ 40 °C โดยอ้างอิงวิธีตามมาตรฐาน ASTM D445 โดยใช้เครื่องมือประดิษฐ์ตามที่ระบุในข้อ 14.1

6. ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นแรกๆของน้ำมันไบโอดีเซลจะเกิดสารประกอบพวกเปอร์ออกไซด์ขึ้นก่อนจะสลายตัวในปฏิกิริยาขั้นที่สองเป็นสารประกอบอื่น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาค่าเปอร์ออกไซด์ โดยอ้างอิงวิธีตามมาตรฐาน IUPAC, 1979 หรือวิธีที่สมมูลกัน

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลในช่วงระยะเวลา 18 เดือน ภายใต้สภาวะต่างๆในการเก็บตัวอย่าง ตามที่ระบุในข้อ 14.5 ดังนั้นทุกพารามิเตอร์ซึ่งระบุในข้อ 1-6 ต้องทำการทดสอบทุกๆ เดือน เป็นระยะเวลา 18 เดือน

#### สถานที่ทำการทดลอง

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

#### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาในการทำวิจัย 2 ปี 6 เดือน

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1. งบบุคลากร	-
2. งบดำเนินการ (ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ)	
2.1 หมวดค่าตอบแทนทำกรนอกเวลา	90,000
2.2 ค่าใช้สอย เช่น	
- ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	100,000
- ค่าใช้จ่ายในการสัมมนาและฝึกอบรม	65,000
- ค่าจ้างวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างเครื่องมือที่ประดิษฐ์ ขึ้นกับเครื่องมือทางการค้า	-
2.3 ค่าวัสดุ เช่น	
- วัสดุสำนักงาน	8,000
- วัสดุโฆษณาและเผยแพร่/จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	16,000
- วัสดุหนังสือ วารสารและตำรา	7,000
- วัสดุคอมพิวเตอร์	5,000
2.4 ค่าสาธารณูปโภค เช่น ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์โทรเลข ค่าบริการด้าน สื่อสารและโทรคมนาคม	3,000
3. งบลงทุน	
3.1 พัฒนาเครื่องวัดค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แบบหลายหัววัด	
3.1.1 สร้างชุดควบคุมอุณหภูมิแบบหลายหลุมปฏิกิริยา	-
3.1.2 ชุดวัดค่าการนำไฟฟ้าแบบหลายหัววัด	-
3.1.3 อุปกรณ์ต่อระบบและหลอดปฏิกิริยา	-
3.1.4 ต้นทุนในการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับประมวลผล	-
3.2 สร้างชุดวัดค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-
3.3 ค่าสารเคมีและวัสดุทางวิทยาศาสตร์ในการวิเคราะห์ ทั้ง 6 พารามิเตอร์	
3.3.1 วิเคราะห์ FAME โดยใช้เทคนิค GC	
- ค่า Capillary column และ Gap column	-
- ค่าสารมาตรฐาน FAME	50,000
- ค่า Certification Reference Material ของน้ำมันไบโอดีเซล	30,000

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
3.3.2 วิเคราะห์ FAME โดยใช้เทคนิค NMR	
- ค่าวัสดุ/ค่าทดสอบ NMR	-
- ค่าตัวทำละลาย	7,000
3.3.3 ค่าสารเคมีสำหรับวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้	
- ค่าความเป็นกรด	
- ค่าความหนืด	
- ค่าไอโอดีน	
- ค่าเปอร์ออกไซด์	
- ค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	
3.3.4 ค่าแก๊ส	20,000
3.3.5 ค่าเครื่องแก้วและอุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการ การวิเคราะห์ตัวอย่าง	15,000
3.3.6 ค่าตัวทำละลาย	20,000
3.4 ค่าวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการจัดเก็บตัวอย่าง	-
<b>รวม</b>	<b>496,000</b>

หมายเหตุ :- ขอล้างเกลี่ยทุกรายการ

- จำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการวิเคราะห์ทั้ง 6 พารามิเตอร์เป็นระยะเวลา 18 เดือน คือ 162 ตัวอย่าง

**ชื่อโครงการวิจัย** การสังเคราะห์เส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ และการผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียม เสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ ที่ผลิตจากเส้นใยฝ้าย

Synthesis of Titanium Carbide Fibers and Fabrication of Aluminium Matrix Composite Reinforced with Titanium Carbide Fibers Synthesized from Cotton Fibers

### ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

วัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียม (Aluminium Metal Matrix Composites) เป็นวัสดุผสมที่มีอะลูมิเนียมเป็นเนื้อและเสริมแรงด้วยเซรามิก ผลิตขึ้นมาเพื่อเพิ่มสมบัติหลายอย่าง เช่น ความแข็ง ความเหนียว ความทนต่อการสึกหรอ การนำความร้อน และเพื่อลดน้ำหนักของวัสดุ มีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายอุตสาหกรรม เช่น ทำเป็นดิสก์เบรกเพื่อแทนเหล็กหล่อซึ่งช่วยลดน้ำหนักของชิ้นงานและยืดเวลาใช้งานได้มาก หรือ ทำเป็นตัวระบายความร้อนในงานอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแทนทองแดงซึ่งช่วยลดน้ำหนักและช่วยลดปัญหาการแตกหักของชิ้นงานอันเนื่องมาจากการขยายตัวที่อุณหภูมิสูง เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้วัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียม ในทางอุตสาหกรรมยังมีไม่กว้างนัก สาเหตุหลักมาจากต้นทุนของเซรามิกตัวเสริมแรงที่สูงมาก ซึ่งต้นทุนส่วนหนึ่งมาจากวัตถุดิบเซรามิกที่มีราคาแพง เช่น ซิลิกอนคาร์ไบด์หรือ ไทเทเนียมคาร์ไบด์ ฉะนั้นหากสามารถลดต้นทุนของวัสดุเสริมแรงได้ การใช้ประโยชน์ของวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมในอุตสาหกรรมก็จะกว้างมากขึ้น

ในช่วงที่ไม่ยาวนานนี้ มีงานวิจัยหลายชิ้น ได้พบว่าถ่านไม้หลายชนิดสามารถนำไปเป็นสารตั้งต้นเพื่อสังเคราะห์เซรามิกพูนตามถ่านดินแบบ รวมทั้งเส้นใยเซรามิกตามดินแบบเส้นใยธรรมชาติ โดยสามารถผลิตเซรามิกคาร์ไบด์ได้หลายชนิด เช่น SiC TiC  $Al_2O_3$   $TiO_2$  และ  $ZrO_2$  ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ทั้งในงานกรองอากาศที่อุณหภูมิสูง หรือเป็นเซรามิกตัวเสริมแรงในการผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียม

โดยปกติไททาเนียม คาร์ไบด์จะถูกผลิตขึ้นโดยวิธีการทำปฏิกิริยาโดยตรงระหว่าง ไททาเนียม ไดออกไซด์บริสุทธิ์ ( $TiO_2$ ) กับกราไฟท์ ภายใต้สภาวะอากาศที่อุณหภูมิสูงถึง  $2900^\circ C$  ในการผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียม -ไททาเนียมคาร์ไบด์ ที่นำผงไททาเนียมคาร์ไบด์จากวิธีการผลิตข้างต้น มาผสมเข้ากับอะลูมิเนียมโดยตรง จัดเป็นวิธีการที่มีต้นทุนสูง ด้วยเหตุผลนี้ จึงทำให้มีการศึกษาแนวทางใหม่ ๆ ในการผลิต TiC เช่น การสังเคราะห์ด้วยการบดผสมเชิงกล (mechanical alloying) [M. Razavi et al. (2007)] การสังเคราะห์ด้วยกระบวนการ SHS (self-propagating high temperature synthesis) [P. Li et al. (2003)] การผลิตโดยวิธีการหล่อ (casting) [X.C. Tong (1998); M.K. Premkumar และ M.G. Chu (1995); R. Tyagi (2005)] และ การสังเคราะห์ด้วยกระบวนการคาร์โบเทอร์มิก รีดักชัน ของ  $TiO_2$  [N. Setoudeh et al. (2005)] ทั้งนี้ กระบวนการพลาสมาความร้อนมีต้นทุนการดำเนินการสูง ส่วนกระบวนการ SHS ผสมเนื้ออะลูมิเนียมมีข้อด้อยที่ต้องใช้สารตั้งต้นเป็นสารบริสุทธิ์ Ti, C และ TiC ที่มีราคาแพง



โครงการวิจัยนี้จะทำการสังเคราะห์วัสดุเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ ที่ผลิตจากเส้นใยฝ้าย เนื่องจากสารตั้งต้นของกระบวนการคือใยฝ้ายธรรมชาติ ที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ และมีราคาถูก ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้สามารถนำไปพัฒนาต่อเนื่องไปสู่การใช้งานในชิ้นส่วนอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ เพื่อเป็นการทดแทน และลดการพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ เส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ จากเส้นใยฝ้าย
2. ศึกษาการผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ ที่ผลิตจากเส้นใยฝ้าย

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นถึงการหาสถานะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ เส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ จากเส้นใยฝ้าย และ การผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. การสังเคราะห์ เส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ จากเส้นใยฝ้าย
  - ก) วิเคราะห์คุณภาพ และ โครงสร้างของเส้นใยฝ้าย และเตรียมเส้นใยคาร์บอนจากเส้นใยฝ้าย
  - ข) ออกแบบการทดลองโดยใช้หลักการทางอุณหพลศาสตร์ เพื่อกำหนดอัตราส่วนเชิงโมลของคาร์บอนต่อไทเทเนียมไดออกไซด์ และช่วงอุณหภูมิ ของการสังเคราะห์ เส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์
  - ค) ทำการทดลองตามสถานะที่ได้ออกแบบไว้ในข้อ ข
  - ง) วิเคราะห์ผลและเสนอแนวทางที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์ เส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์
2. การผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์
  - ก) การนำเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ ที่สังเคราะห์ได้จากใยฝ้าย มาใช้ทำเป็นวัสดุเสริมแรง โดยนำไปใส่ผสมในอะลูมิเนียมเหลวขณะทำการหล่อ ด้วยกรรมวิธีการกวน (Stir casting) เพื่อให้ได้วัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์
    - ข) นำวัสดุผสมที่ได้ไปวิเคราะห์หาความหนาแน่นและตรวจสอบ โครงสร้างจุลภาคด้วยเครื่อง SEM และ EDX
    - ค) ศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ ที่สังเคราะห์จากใย

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบถึงวิธีการสังเคราะห์เส้นใย TiC จากเส้นใยฝ้าย และการเตรียมวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์

1. ได้สถานะที่เหมาะสมของการเตรียมเส้นใยถ่าน และการสังเคราะห์ เส้นใย TiC จากเส้นใยฝ้าย ด้วยกระบวนการ โซล-เจล ร่วมกับกระบวนการคาร์โบเทอร์มอล ริดักชัน
2. ผลสำเร็จของการวิจัยของการวิจัยนี้ จะเป็นแนวทางในการผลิต เส้นใย TiC ขึ้นใช้เอง ภายในประเทศ เป็นการลดการพึ่งพาเทคโนโลยี จากต่างประเทศและเป็นการลดการนำเข้าวัสดุคาร์ไบด์ที่มีความต้องการสูงขึ้นทุกปี
3. อุตสาหกรรมในหลายประเภทสามารถนำผลสำเร็จของการวิจัยของการวิจัยนี้ ไปใช้ประโยชน์ เช่นต้องการตัวกรองที่ทนความร้อนและการกัดกร่อน สามารถนำไปใช้งานในลักษณะของ เส้นใย TiC หรือ สามารถนำ เส้นใย TiC ไปผ่านการบดเป็นเส้นใยสั้นหรือผง TiC เมื่อต้องการผงคาร์ไบด์ไปเป็นสารขัดถู (abrasive powder) และยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยใช้เป็นวัสดุเสริมความแข็งแรง (reinforcement) ของโลหะ หรือ พอลิเมอร์ เช่น โลหะอะลูมิเนียม ได้ผลเป็น วัสดุผสม Al-TiC ที่มีศักยภาพสูงในการนำมาทดแทนชิ้นส่วนในยานยนต์ และเสื่อเกราะกันกระสุน
4. เป็นแนวทางในการพัฒนาการสังเคราะห์ TiC ที่มีคุณภาพสูงขึ้น และ จากเส้นใยธรรมชาติ อื่นๆ
5. ทำให้เป็นแนวทางเพื่อการพัฒนาและการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ของวัสดุเนื้อ อะลูมิเนียม เสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์
6. สร้างองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวัสดุอื่นในอนาคต

### วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

การดำเนินงานวิจัยจะทำที่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ โดยจะแบ่งการดำเนินงานวิจัยเป็น 4 กิจกรรมหลัก คือ

#### กิจกรรมที่ 1: หาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นใยถ่านจากเส้นใยฝ้ายเพื่อเป็นโครงสร้างเริ่มต้นของการสังเคราะห์เส้นใย TiC

โดยศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อโครงสร้าง การบิดตัว การหดตัว และการเปลี่ยนรูปเป็นเส้นใยถ่านที่สมบูรณ์คือ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิภายในเตาเผา (1 – 10 °C/min) อุณหภูมิที่ใช้เผา (400 – 900 °C) และเวลาในการเผา (0.5 – 2 ชม.)

เส้นใยถ่านที่ได้จะถูกนำไปตรวจสอบคุณลักษณะด้วยเครื่องมือทดสอบดังนี้ SEM EDS XRD TGA DSC

#### กิจกรรมที่ 2: หาสถานะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เส้นใย TiC จากเส้นใยถ่านของเส้นใยฝ้าย

โดยภายใต้กิจกรรมนี้จะแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กรณี คือ

**กรณีที่ 1** ศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนเชิงโมล C/TiO<sub>2</sub> ต่อจำนวนครั้งการเคลือบ โซลของ TiO<sub>2</sub> บนเส้นใยถ่านและผลกระทบที่มีต่อการสังเคราะห์เส้นใย TiC โดยรักษาอุณหภูมิการสังเคราะห์ให้คงที่ (1500 °C) และใช้เวลาในการเผา 1 ชม.

**กรณีที่ 2** ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรการผลิตที่มีผลกระทบต่อการสังเคราะห์เส้นใย TiC คือ อุณหภูมิ การสังเคราะห์ (1300 – 1500 °C) และเวลาในการเผา (0.5 – 3 ชม.)

เส้นใย TiC ที่ได้จะถูกนำไปตรวจสอบคุณลักษณะด้วยเครื่องมือทดสอบดังนี้ SEM EDS XRD และ FTIR

**กิจกรรมที่ 3: การผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ และเปรียบเทียบกับ การเสริมแรงด้วยเส้นใยสั้น TiC (TiC whisker)**

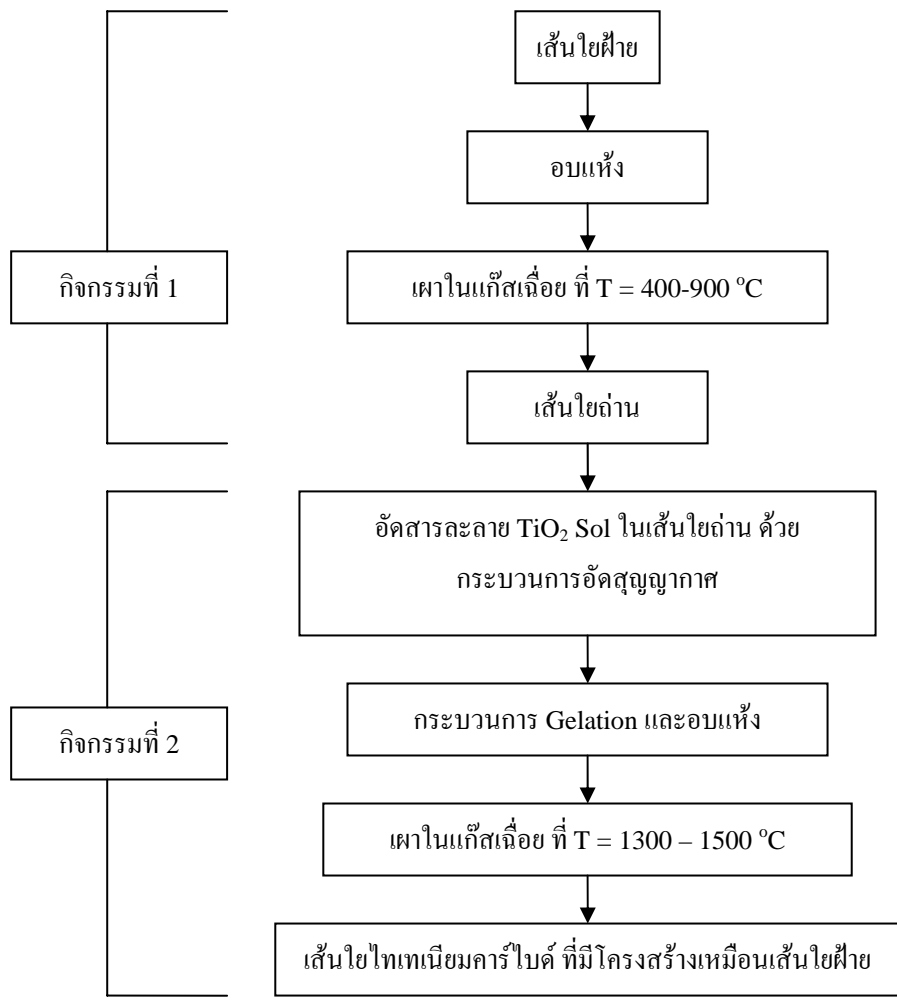
นำเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ ที่สังเคราะห์ได้จากใยฝ้าย และเส้นใยสั้น TiC ที่ซื้อมา มาใช้ทำเป็น วัสดุเสริมแรง โดยนำไปใส่ผสมในอะลูมิเนียมเหลวขณะทำการหล่อ ด้วยกรรมวิธีการกวน (Stir casting) โดยจะทำการใส่เส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ ในอัตราส่วนผสม หลายค่า เพื่อทดลองหาอัตราส่วนผสมที่ พอเหมาะให้ได้วัสดุผสมที่มีคุณสมบัติ และเปรียบเทียบกับวัสดุผสมเสริมแรงด้วย เส้นใยสั้น TiC

**กิจกรรมที่ 4: การวิเคราะห์วัสดุผสมที่ผลิตได้**

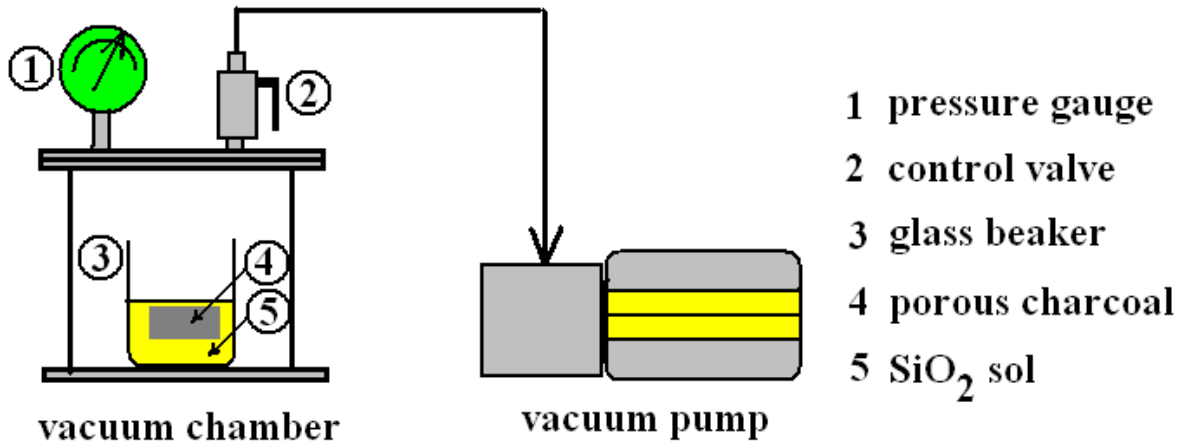
วัสดุผสมที่ผลิตได้จะถูกนำไปทดสอบหาความหนาแน่นปรากฏ (Apparent Density) ตามวิธี มาตรฐานอาร์คิมิดีส (Archimedes) การทดสอบสมบัติทางกล (ความแข็ง และการสึกหรอ) จากนั้นก็จะนำไป ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยเครื่อง SEM และ EDX เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องอื่นๆ การวิเคราะห์ ต่างๆ นี้เพื่อให้ได้ข้อมูลและทราบถึงปัญหาที่มีอยู่ เพื่อการพัฒนากรรมวิธีการผลิตให้ดีขึ้นต่อไปในอนาคต

**รายละเอียดวิธีวิจัย**

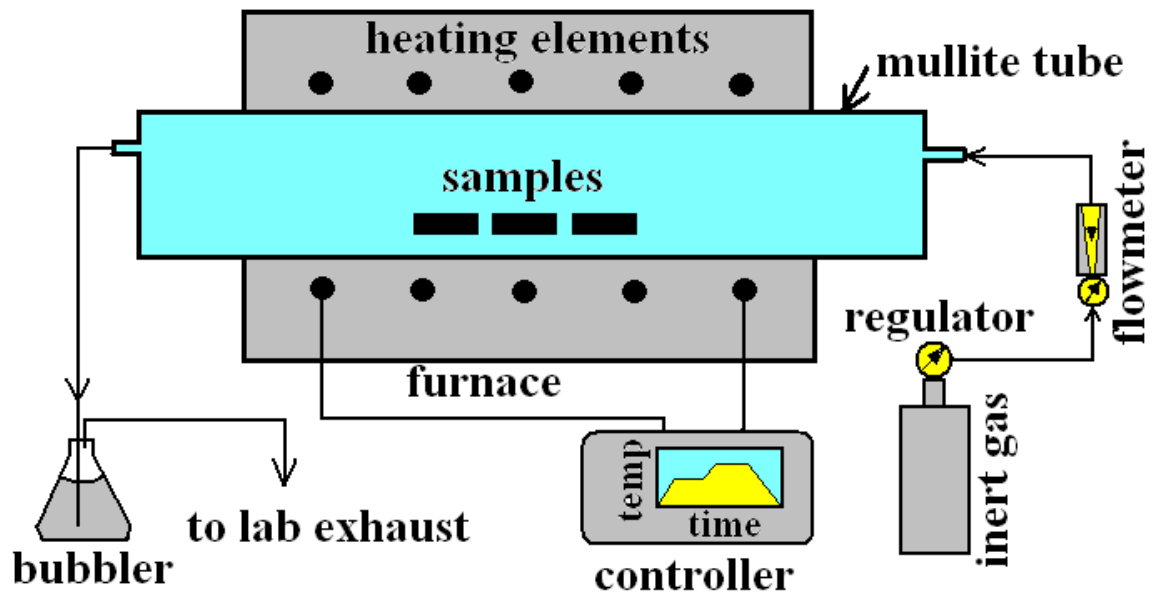
วิธีวิจัยในกิจกรรมที่ 1 และ 2 สามารถนำมาเขียนต่อเนื่องกันเป็นขั้นตอนของการสังเคราะห์ เส้นใย TiC จากเส้นใยถ่านของเส้นใยฝ้าย ได้ดังรูปที่ 5 โดยในขั้นตอนกระบวนการอัดด้วยสูญญากาศจะใช้อุปกรณ์ การทดลองที่จะจัดสร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 6 ส่วนชุดการทดลองสำหรับขั้นตอนการเผาสังเคราะห์ เส้นใย TiC ได้แสดงไว้ในรูปที่ 7



รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการผลิต เส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ และกิจกรรมการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 6 แสดงชุดอุปกรณ์การทดลอง กระบวนการอัดด้วยสุญญากาศ



รูปที่ 7 แสดงชุดการทดลองสำหรับขั้นตอนการเผาสังเคราะห์เส้นใย TiC

ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาในการทำวิจัย : 2 ปี (ต.ค. 51 – ก.ย. 53)

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	
	6 เดือน	6 เดือน
<b>1. งบบุคลากร</b>		
ค่าจ้างนักศึกษาปริญญาโท 1 คน อัตรา 7,000 บาท/เดือน เวลา 12 เดือน	42,000	42,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>		
<b>2.1 ค่าตอบแทน วัสดุและวัสดุ</b>		
2.1.1 ค่าตอบแทน		
1) ค่าอาหารทำกรนอกเวลา 30 วัน/คน (อัตราวัน/คน 100 บาท)	3,000	3,000
2.1.2 ค่าวัสดุ เช่น		
1) ค่าจ้างซ่อมแซมครุภัณฑ์ (เตาเผา, เตาลอม, บั้มสูญญากาศ เป็นต้น)	40,000	-
2) ค่าจ้างวิเคราะห์ สมบัติต่างๆ ของ ถ่านเส้นใยฟ้าย เส้นใย TiC และวัสดุผสม เนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยเส้นใยไทเทเนียมคาร์ไบด์ เป็นต้น	20,000	30,000
3) ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เพื่อสืบค้นข้อมูล ร่วมประชุมอบรม และนำเสนอ ผลการวิจัยในที่ประชุมวิชาการ ภายในประเทศของนักวิจัย 1 คน	12,000	12,000
4) ค่าจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์	-	-
4) ค่าจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์	-	5,000
2.1.2 ค่าวัสดุ เช่น		
1) วัสดุสำนักงาน	1,500	1,500
2) ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์ และสารเคมี ในการสังเคราะห์ เส้นใย TiC (ไทเทเนียม ไอ โซโทร พอกไซค์ กรดไฮโดรคลอริก แก๊สไนโตรเจน แก๊สอาร์กอน เป็นต้น)	60,000	60,000
3) ค่าวัสดุในการหลอมอะลูมิเนียม เช่น อะลูมิเนียม เทอร์- โมคัปเปิล เบ้าหลอม โลหะ ถูมือกันความร้อน อีฐกันความร้อน เป็นต้น	50,000	50,000
4) ค่าวัสดุซ่อมแซมและปรับปรุง เตาเผา เตาลอมโลหะ	30,000	-
รวม	258,500	203,500
<b>รวมทั้งสิ้น</b>		<b>462,000</b>

หมายเหตุ: \*ขออ่าวเฉลี่ยในทุกรายการ

## ชื่อโครงการวิจัย กระบวนการแปรรูปกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้เป็น ผลผลิตที่มีมูลค่าด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

Converting Crude Glycerol from Biodiesel Manufacturing Process to  
Value Added Materials by Biological processes

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

กลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้หลักจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล มีการประมาณค่าว่าประเทศไทยจะสามารถผลิตไบโอดีเซลเป็นปริมาณ 400 ล้านลิตรต่อปี ภายในปี พ.ศ. 2552<sup>[1]</sup> และจะให้ผลพลอยได้กลีเซอรอลดิบสูงถึง 40 ล้านกิโลกรัมต่อปี จึงจำเป็นต้องมีการศึกษา วิจัย และพัฒนากระบวนการแปรรูปกลีเซอรอลดิบให้เป็นวัสดุที่มีมูลค่าหรือคุณประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อรองรับปริมาณสะสมของกลีเซอรอลในอุตสาหกรรม และเพื่อเป็นการส่งเสริมกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่มีแนวโน้มเติบโตอย่างรวดเร็ว

กลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลสามารถทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีการกลั่น เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมีต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมยา เครื่องสำอาง พลาสติกและพอลิเมอร์ แต่กระบวนการกลั่นดังกล่าวยังเป็นกระบวนการที่มีค่าใช้จ่ายของพลังงานและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง เนื่องจากกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลมีสิ่งเจือปนอยู่มาก ประกอบกับราคาตลาดของกลีเซอรอลบริสุทธิ์มีแนวโน้มลดลง เพราะกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลมีปริมาณสะสมเพิ่มขึ้น กระบวนการผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์จากการกลั่นกลีเซอรอลดิบเพื่อการค้าจึงอาจจะไม่คุ้มค่าในอนาคต

ในส่วนของแนวทางพัฒนาผลผลิตกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะถูกนำมาแปรรูปเป็น สารประกอบที่มีคุณค่า ได้แก่ เอทานอล ก๊าซไฮโดรเจน บิวเทน หรืออื่นๆ ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ หรือกระบวนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เนื่องจากกระบวนการหมักใช้พลังงานน้อย และวัสดุที่ใช้ (จุลินทรีย์) หาได้ในประเทศไทย ในขณะที่กระบวนการทางเคมีนั้นสร้างของเสียที่เป็นมลพิษ ใช้พลังงานสูง และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะราคาแพง ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

ในช่วงต้นของการศึกษาวิจัยกลีเซอรอลบริสุทธิ์จะถูกนำมาใช้ในกระบวนการแปรรูปให้เป็นสารประกอบที่มีคุณค่า เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับกระบวนการที่ใช้กลีเซอรอลดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซล กลีเซอรอลดิบมีสีน้ำตาล เป็นของแข็งบางส่วน และมีสิ่งเจือปนอยู่มาก สิ่งเจือปนดังกล่าว ได้แก่ เมทานอล น้ำ สบู่ น้ำมันปาล์ม และเมทิลเอสเทอร์ (ไบโอดีเซล)

กลีเซอรอลดิบเพื่อใช้ในการทดลองเป็นผลพลอยได้โรงงานปาล์ม ไบโอดีเซลต้นแบบ ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ซึ่งมีกำลังการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มและน้ำมันพืชใช้แล้ว ด้วยกำลังการผลิต 1,000 ลิตรต่อวัน และโครงการนี้จะมีความพยายามที่จะใช้จุลินทรีย์ที่หาได้ในประเทศไทย เช่น จุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม ในการดำเนินการ

กระบวนการแปรรูปกลีเซอรอลดิบ โดยคาดว่าผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นส่วนช่วยส่งเสริมการใช้  
ทรัพยากรและพลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และพัฒนาอุตสาหกรรมไบโอดีเซลใน  
อนาคต เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพึ่งพาตัวเองในด้านพลังงานได้ในที่สุด

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อเป็นการลดปริมาณกลีเซอรอลดิบที่กักเก็บในโรงงานผลิตไบโอดีเซล
2. เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปกลีเซอรอลดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตปาล์มไบโอดีเซลเพื่อ  
ผลิตเป็นเพื่อผลิตผลผลิตที่มีคุณค่า หรือประโยชน์ เช่น เอทานอล ก๊าซไฮโดรเจน และ บิวทานอล  
กระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์
3. ศึกษาผลกระทบจากสิ่งเจือปนในกลีเซอรอลดิบ (น้ำ สบู่ ไบโอดีเซล น้ำมันปาล์ม และเมทา  
นอล) ต่อกระบวนการหมักเพื่อผลิตผลผลิตที่มีคุณค่า หรือประโยชน์
4. เพื่อเป็นการมีส่วนช่วยในการพัฒนากระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยเป็นการส่งเสริมการลด  
ต้นทุนในกระบวนการผลิตปาล์มไบโอดีเซล

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ใช้จุลินทรีย์ที่หาได้ในประเทศไทยแปรรูปกลีเซอรอลบริสุทธิ์และกลีเซอรอลดิบเป็นผลผลิตที่มี  
มูลค่า หรือเป็นผลผลิตที่ผลิตได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เช่น เอทานอล บิวทานอล อะซิโตน ก๊าซ  
ไฮโดรเจน หรือ อื่นๆ
2. วิเคราะห์ผลกระทบของสิ่งเจือปนในกลีเซอรอลดิบ ต่ออัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจาก  
กระบวนการหมักกลีเซอรอลดิบด้วยจุลินทรีย์ สิ่งเจือปนที่จะทำการศึกษา ได้แก่  
- น้ำ  
- เมทานอล ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการผลิตปาล์มไบโอดีเซล  
- สบู่ ที่ได้จากการดไขมันอิสระและตัวเร่งปฏิกิริยา  
- น้ำมันปาล์ม หรือ ไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการผลิตปาล์มไบโอดีเซล  
- เมทิลเอสเทอร์ หรือไบโอดีเซล
3. เปรียบเทียบกระบวนการหมักกลีเซอรอลบริสุทธิ์กับกระบวนการหมักกลีเซอรอลดิบด้วย  
จุลินทรีย์เดียวกัน ที่สภาวะเดียวกัน
4. สรุปผลเพื่อแสดงความเป็นไปได้ในการแปรรูปกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล  
เป็นพลังงานทดแทน โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในกระบวนการแปรรูป และผลได้ของผลผลิต



## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดจำนวนปริมาณกลีเซอรอลดิบที่กักเก็บในโรงงานผลิตไบโอดีเซล
2. สามารถแปรรูปกลีเซอรอลดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีซึ่งมีมูลค่าต่ำเป็นผลผลิตที่ใช้ทดแทนวัสดุที่ผลิตจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
3. สามารถนำผลงานวิจัยไปเผยแพร่ในวารสารระดับชาติได้
4. เป็นประโยชน์ในด้าน การค้า เกษตรกรรม พลังงาน และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องตลอดจนหน่วยงานรัฐบาลในการกำหนดนโยบายพัฒนาด้านการพลังงานทดแทน

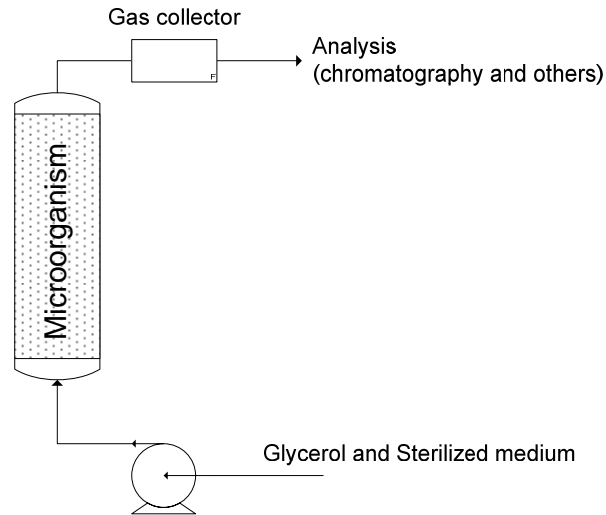
## วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

กิจกรรมที่ 1 จัดหาเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งใช้ในกระบวนการหมักกลีเซอรอลตามเอกสารอ้างอิง และจัดหาได้ในประเทศไทย เช่น จุลินทรีย์จากบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดสงขลา จุลินทรีย์ *Enterobacter aerogenes* และ *Clostridium butyricum* โดยจะขอเป็นตัวอย่างจากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ หรือคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หรือหน่วยงานอื่นๆ หากไม่สามารถขอตัวอย่างได้จากหน่วยงานใดจะได้มีการจัดซื้อ เช่น จัดซื้อจากศูนย์ จุลินทรีย์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว) ต่อไป

กิจกรรมที่ 2 ออกแบบระบบถังปฏิกรณ์ และสั่งซื้อสารเคมีเช่น อาหารของจุลินทรีย์ สารประกอบอ้างอิงมาตรฐาน (standard compound) และ สารเคมีอื่นๆ เพื่อใช้ในกระบวนการวิเคราะห์

กิจกรรมที่ 3 เริ่มปฏิบัติการวิธีวิเคราะห์ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์สารประกอบอ้างอิงมาตรฐาน (Standard compound) ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ HPLC, GC หรือ GC/MS โดยสารประกอบมาตรฐานบริสุทธิ์ที่จัดซื้อเช่น ก๊าซไฮโดรเจน กลีเซอรอล เมทานอล เมทิลเอสเทอร์ กรดไขมัน และไตรกลีเซอไรด์จะถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Chromatography ด้วยวิธีที่เหมาะสม ที่ความเข้มข้นต่างๆ ให้ได้ Retention time และ Calibration curve

กิจกรรมที่ 4 ประกอบระบบถังปฏิกรณ์ (ติดตั้งระบบท่อ วาล์ว และปั๊ม) โดยระบบจะเป็นระบบปิดเนื่องจากการหมักแบบไร้อากาศ โดยตัวอย่างของระบบปฏิกรณ์แสดงดังรูป



กิจกรรมที่ 5 ดำเนินการกระบวนการหมักกลีเซอรอลบริสุทธ์ ด้วยจุลินทรีย์จากกิจกรรมที่ 1 โดยทำการเลียนแบบปฏิกิริยาที่เอกสารอ้างอิง

กิจกรรมที่ 6 วิเคราะห์ปริมาณสิ่งเจือปนในกลีเซอรอลดิบ ได้แก่ ปริมาณน้ำ เมทานอล เกลือ (ash content) กรดไขมัน น้ำมัน (ไตรกลีเซอไรด์) เมทิลเอสเทอร์ (ไบโอดีเซล) รวมถึงวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยกลีเซอรอลดิบจะนำมาจากโรงปาล์มไบโอดีเซลต้นแบบ ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

กิจกรรมที่ 7 ทำซ้ำกระบวนการหมักกับสภาวะที่เหมาะสมจากกิจกรรมที่ 5 โดยใช้กลีเซอรอลดิบ (ที่มีสิ่งเจือปน) จากโรงปาล์มไบโอดีเซลต้นแบบ ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยผลการทดลองจากกิจกรรมที่ 5 (หมักกลีเซอรอลบริสุทธ์) จะเป็นข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้ในกิจกรรมนี้

กิจกรรมที่ 8 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง และทำรายงานการวิจัย

### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 2 ปี ตุลาคม 2551- กันยายน 2553

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1. งบบุคลากร	
ค่าจ้างชั่วคราว	45,000
ค่าจ้างนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา	15,000
2. งบดำเนินงาน	
2.1 ค่าตอบแทน วัสดุและวัสดุ	
2.1.1 ค่าตอบแทน เช่น ค่าอาหารทำการนอกเวลา ค่าตอบแทน ผู้ปฏิบัติงานให้ราชการ ค่าเบี้ยประชุมกรรมการ ฯลฯ (420 x 60)	15,200
2.1.2 ค่าใช้สอย เช่น	
1) ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก ค่าพาหนะ	5,000
2) ค่าซ่อมแซมยานพาหนะและขนส่ง	-
3) ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	-
4) ค่าจ้างเหมาบริการ สร้างถึงปฏิกรณ์	-
5) ค่าใช้จ่ายในการสัมมนาและฝึกอบรม	-
6) ค่ารับรองและพิธีการ	-
7) ค่าเงินประกันสังคม	-
8) ค่าใช้สอยอื่น ๆ เช่น ค่าวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ ฯลฯ	60,000
2.1.3 ค่าวัสดุ เช่น	
1) วัสดุสำนักงาน	1,500
2) วัสดุเชื้อเพลิงและหล่อลื่น	1,000
3) วัสดุไฟฟ้าและวิทยุ	-
4) วัสดุโฆษณาและเผยแพร่	-
5) วัสดุหนังสือ วารสารและตำรา	1,500
6) วัสดุคอมพิวเตอร์	-
7) วัสดุอื่น ๆ สารเคมี เช่น เชื้อจุลินทรีย์ สารเคมี ฯลฯ	15,000
2.2 ค่าสาธารณูปโภค เช่น	
ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์โทรเลข ค่าบริการด้านสื่อสารและโทรคมนาคม	1,000
3. งบลงทุน	
ค่าครุภัณฑ์ ปั้นสารเคมี ปั้นของเหลว	-
<b>รวม</b>	<b>160,200</b>

หมายเหตุ ขอถัวเฉลี่ยทุกรายการ

**ชื่อโครงการ** การออกแบบเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องสองขั้นตอนเพื่อผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมัน  
ปาล์มดิบชนิดหีบรวมชนิดกรดสูง

Design of Two-Stage Process Continuous Reactor for Producing Methyl Ester  
from High Free Fatty Acid Mixed Crude Palm Oil

### ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ไบโอดีเซลคือน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้โดยการ  
สังเคราะห์จากน้ำมัน (น้ำมันพืช หรือน้ำมันสัตว์) ด้วยกระบวนการ transesterification กับแอลกอฮอล์  
โดยมีสารเร่งปฏิกิริยา โดยทั่วไปสารเร่งปฏิกิริยาจะใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์  
ส่วนแอลกอฮอล์ที่ใช้จะใช้เมทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเป็น  
กระบวนการที่นิยมใช้ทั่วไป เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ให้ผลร้อยละของการแปลงไตรกลีเซอไรด์ที่สูงและ  
ใช้ระยะเวลาสั้น นอกจากนี้ยังมีกระบวนการ transesterification ที่ใช้สารเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น ๆ อีก เช่น  
กรด metal hydroxides, carbonates, enzymes และพวก non-ionic bases เช่น amines, amidines เป็นต้น  
อย่างไรก็ตามสารเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้ ยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายนักในกลุ่มผู้ผลิตไบโอดีเซลทั้งรายใหญ่และ  
รายย่อย เนื่องจากยังอยู่ในระหว่างการทดลอง ยกเว้นการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีผู้ทำการวิจัยได้ผล  
เป็นที่น่าพอใจ (ในกรณีที่น้ำมันที่ใช้มีกรดไขมันอิสระค่อนข้างสูง) เพียงแต่ระยะเวลาของการทำปฏิกิริยาจะ  
ยาวนานมากกว่าแบบแรก และจะต้องทำปฏิกิริยาที่ความดันสูง

สำหรับน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการกลั่นแล้ว เช่นน้ำมันปาล์มกลั่น ปริมาณกรดไขมันอิสระจะมี  
ค่าที่ต่ำมากประมาณ 0.01-0.5 % ดังนั้น การใช้กระบวนการ transesterification โดยมีด่างผสมแอลกอฮอล์  
สามารถสังเคราะห์ให้น้ำมันเป็นเมทิลเอสเทอร์ หรือเอทิลเอสเทอร์ได้อย่างรวดเร็ว และได้ร้อยละของการ  
แปลงเป็นเอสเทอร์ที่สูง อย่างไรก็ตามสำหรับน้ำมันพืชชนิดอื่น เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเรพซิด ซึ่ง  
carbon bonds ของโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันเหล่านี้สูงกว่าของน้ำมันปาล์มมาก ดังนั้นน้ำมันดิบของพืช  
น้ำมันเหล่านี้สามารถใช้กระบวนการ transesterification ซึ่งใช้ด่างและแอลกอฮอล์สังเคราะห์ให้เป็นเอ  
สเตอร์ได้

อย่างไรก็ตามในกรณีที่น้ำมันพืชเหล่านี้มีปริมาณกรดไขมันอิสระที่สูงเกินกว่า 2 % ขึ้นไป การใช้  
กระบวนการ transesterification ธรรมดา ดังที่กล่าวมาข้างต้นจะทำได้ยาก และปริมาณเอสเทอร์ที่ได้ใน  
ขั้นตอนสุดท้ายจะต่ำ ดังนั้นการใช้กระบวนการแบบสองขั้นตอนจึงเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้ผลิตไบโอดีเซลทั่ว  
โลก นั่นคือ ใช้ปฏิกิริยา esterification โดยการเติมกรดและแอลกอฮอล์ลงในน้ำมันก่อนปล่อยให้  
เกิดปฏิกิริยาข้ามคืน จากนั้นจึงเข้าสู่ปฏิกิริยา transesterification ตามปกติ ในงานวิจัยหลาย ๆ แห่ง จะใช้  
ปฏิกิริยา esterification ระหว่างกรดและแอลกอฮอล์ กับน้ำมันที่ความดันสูง ซึ่งให้ผลร้อยละที่สูง และไม่มี  
ปัญหาเรื่องของสบู่ที่จะเกิดขึ้นเมื่อทำการล้างเอสเทอร์

ตัวเลขความต้องการพลังงานปฐมภูมิของโลกในปี 2002 สูงถึง 9,500 Mtoe<sup>(1)</sup> ซึ่งในจำนวนนี้ 87.6 % จะเป็นพลังงานจากฟอสซิล เช่น แก๊ส น้ำมันและถ่านหิน 7.2 % เป็นพลังงานนิวเคลียร์ และ 5.2 % เป็นพลังงานหมุนเวียน คาดกันว่าภายในปี ค.ศ. 2030 ความต้องการพลังงานของโลกจะเพิ่มขึ้น 67 % และในจำนวนนี้ พลังงานจากฟอสซิลจะมีตัวเลขที่เพิ่มขึ้น 90% ซึ่งการสำรวจพบว่า แหล่งพลังงานสำรองในโลกจะสามารถใช้ต่อไปได้อีกประมาณ 30 ปี ดังนั้นหลาย ๆ ประเทศได้มีการวิจัยและพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนชนิดอื่น ๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อนจากใต้พิภพ และพลังงานจากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

การนำเอาพลังงานจากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมาใช้นั้น นอกจากจะเป็นการใช้โดยตรง เช่น นำมาเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงแล้ว ยังสามารถนำมาสังเคราะห์ให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลได้ โดยการสังเคราะห์น้ำมันพืช หรือน้ำมันจากสัตว์ โดยกระบวนการ transesterification ซึ่งน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์จะถูกสังเคราะห์เป็นน้ำมันไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่งซึ่งสังเคราะห์จากแหล่งพลังงานทดแทน มีคุณสมบัติย่อยสลายตามเวลา ไม่เป็นพิษ เมื่อใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลจะก่อให้เกิดผลบวก คือ จะปลดปล่อย CO HC และ particulate matters ที่ต่ำกว่า วิธีการในการผลิตไบโอดีเซลที่นิยมมากที่สุดก็คือปฏิกิริยา transesterification ซึ่งก็คือปฏิกิริยาทางเคมีที่เกี่ยวข้องระหว่าง น้ำมันพืชและแอลกอฮอล์ ซึ่งจะได้ fatty acid alkyl esters และ glycerol องค์ประกอบหลักของน้ำมันก็คือไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ซึ่งจะประกอบด้วยกรดไขมันจับกันเป็นห่วงโซ่ ในกระบวนการ transesterification ห่วงโซ่กรดไขมันนี้จะถูก esterified โดยไตรกลีเซอไรด์จะทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ได้ fatty acid alkyl ester (ซึ่งก็คือเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน หรือFAME นั่นเอง) ผลพลอยได้ก็คือ กลีเซอรอล ปฏิกิริยา transesterification อาจเป็น alkali-catalyzed acid-catalyzed หรือ enzyme-catalyzed โดยที่ปฏิกิริยาชนิดหลังจะใช้ระยะเวลาานกว่า 2 ชนิดแรกมาก

ปัจจุบันประเทศไทยและประเทศอื่น ๆ ทั่วโลกประสบปัญหาด้านพลังงาน เนื่องจากราคาน้ำมันปิโตรเลียมมีราคาที่สูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ รัฐบาลไทยมีนโยบายที่จะส่งเสริมการนำเอาไบโอดีเซลมาใช้ผสมกับน้ำมันดีเซล และวางนโยบายในการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันให้ได้ 10 ล้านไร่ เพื่อนำมาใช้ผลิตเป็นไบโอดีเซล 8.5 ล้านลิตรต่อวัน ภายในปี 2012 เกษตรกรชาวสวนปาล์มจะเป็นผู้ได้รับผลกระทบโดยตรง ไม่ว่าจะเป็นผลบวกหรือผลลบ ผลบวกก็คือ ราคาผลผลิตอาจสูงขึ้น เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน หากผลผลิตมากในบางช่วงเวลา ราคาจะตกต่ำลง หรือราคาพลังงานสูงขึ้น เกษตรกรก็ได้รับผลกระทบเช่นกัน ดังนั้น เพื่อเป็นการบรรเทา หรือเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถเพิ่มมูลค่าของผลผลิตของตนเอง หรือของกลุ่ม การส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถทำการสกัดน้ำมันปาล์มจากผลผลิตของตนเอง และนำเอาน้ำมันที่ได้มาสังเคราะห์เป็นเมทิลเอสเตอร์ จะช่วยให้เกษตรกรสามารถมีพลังงานเชื้อเพลิงไว้ใช้สำหรับกลุ่ม หรือตนเอง หรือสามารถจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงได้ ทำให้ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันในภาวะที่ผลผลิตราคาตกต่ำ

โดยทั่วไปไตรกลีเซอไรด์สามารถนำมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยตรง แต่เนื่องจากมีคุณสมบัติบางอย่างที่อาจส่งผลเสียต่อเครื่องยนต์ดีเซลในระยะยาว จึงทำให้การใช้ไตรกลีเซอไรด์โดยตรงจึงไม่เป็นที่นิยม ดังนั้นโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ได้รับการปรับปรุงให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลโดยใช้ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ซึ่งไตรกลีเซอไรด์จะทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์แล้วใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ข้อสรุปของงานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีในการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยามีข้อดี คือ ได้ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์สูงและเร่งปฏิกิริยาได้เร็วกว่าการใช้กรด แต่น้ำมันที่ใช้ควรมีค่ากรดไขมันอิสระน้อยกว่าร้อยละ 1 โดยน้ำหนักน้ำมัน ถ้าน้ำมันมีค่ากรดไขมันอิสระสูงจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์น้อยลง และเกิดปฏิกิริยาสaponification ขึ้นด้วย สำหรับน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระสูงมาก ๆ นั้นสามารถผลิตเป็นไบโอดีเซลได้เช่นกัน แต่ต้องอาศัยกระบวนการอื่น ๆ เช่น ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยใช้กรด หรือเอนไซม์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือเทคนิคการผลิตแบบ supercritical หรือการผลิตแบบสองขั้นตอน

เพื่อตอบสนองนโยบายรัฐบาล น้ำมันปาล์มชนิดหีบรวมไม่ลดยางเหนียวได้นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นน้ำมันที่ได้จากการหีบเส้นใยและเมล็ดในปาล์มรวมกัน น้ำมันชนิดนี้จะมีค่ากรดไขมันอิสระสูง (8-14 %โดยน้ำหนักน้ำมัน) ซึ่งมีหลายวิธีการที่สามารถนำมาใช้ผลิตไบโอดีเซลได้ แต่ในการวิจัยครั้งนี้จะผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มชนิดหีบรวมไม่ลดยางเหนียวด้วยการผลิตสองขั้นตอน (ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันตามด้วยปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน) เพราะสามารถผลิตได้รวดเร็ว ที่อุณหภูมิ และความดันต่ำ

การผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยโดยทั่วไปจะใช้กระบวนการแบบกะ ซึ่งมีข้อดีหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแบบต่อเนื่อง กล่าวคือเครื่องปฏิกรณ์แบบกะต้องการปริมาตรขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ จึงต้องใช้เงินลงทุนที่สูงกว่า มีความแตกต่างด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในแต่ละกะ อีกทั้งยังสิ้นเปลืองพลังงานและแรงงาน ปัจจัยเหล่านี้จึงส่งผลให้มีการพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้กระบวนการแบบต่อเนื่องเพื่อลดข้อดีของกระบวนการแบบกะ

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องสองขั้นตอน เพื่อผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มชนิดหีบรวม

2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ และหาสภาวะที่เหมาะสม ของเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง ที่สามารถลดกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มชนิดหีบรวมในขั้นตอนที่ 1 (เอสเทอร์ริฟิเคชัน) ให้มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 2 โดยน้ำหนักน้ำมัน และสามารถผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มชนิดหีบรวมในขั้นตอนที่ 2 (ทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน) ให้มีความบริสุทธิ์สูงถึง 96.5 โดยน้ำหนักน้ำมัน

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ออกแบบเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องสองขั้นตอนขนาด 50 ลิตรต่อชั่วโมง ที่สามารถลดกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวมในขั้นตอนที่ 1 (เอสเทอร์ฟิเคชัน) ให้มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 2 โดยน้ำหนักน้ำมัน และสามารถผลิตเมธิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวมในขั้นตอนที่ 2 (ทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน) ให้มีความบริสุทธิ์สูงถึง 96.5 โดยน้ำหนักน้ำมัน

2. ออกแบบเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องสองขั้นตอน ที่มีอัตราการป้อนน้ำมัน 50 ลิตร/ชั่วโมง

3. ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวม ที่มีค่ากรดไขมันอิสระมากกว่าร้อยละ 8 โดยน้ำหนักน้ำมัน

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องสองขั้นตอนมาใช้ผลิตเมธิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มชนิดหีบรวม

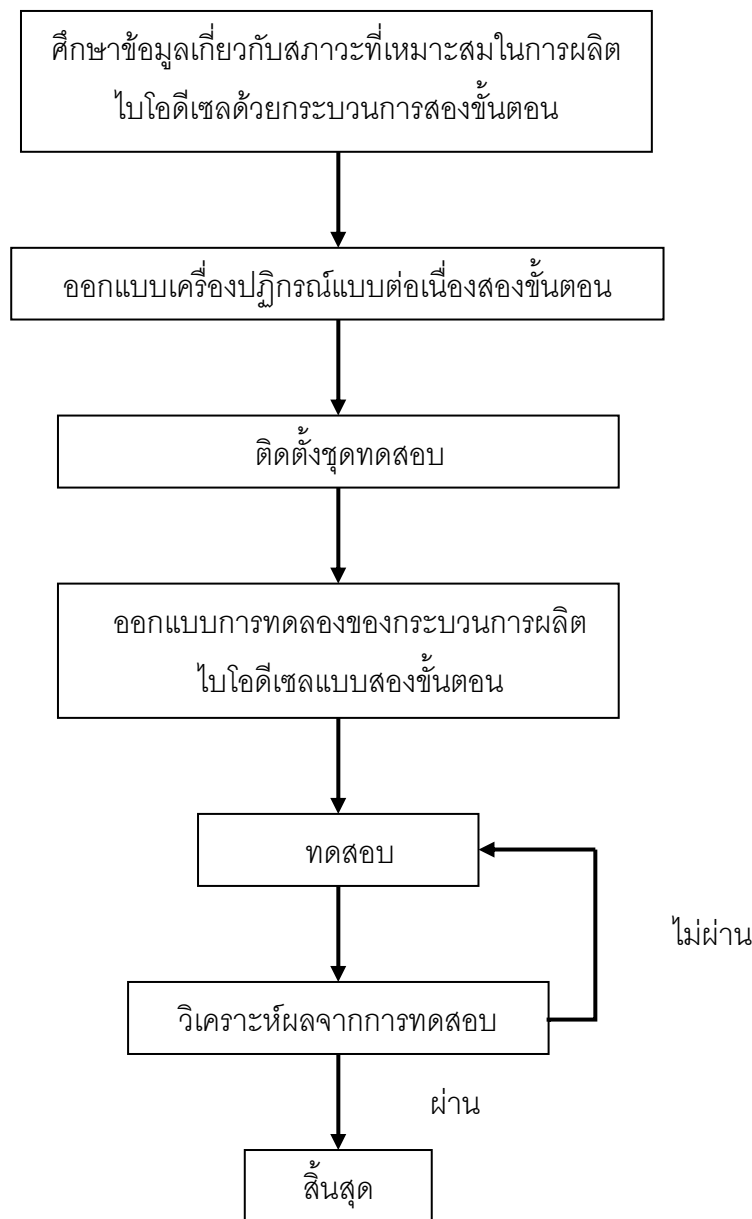
2. สามารถหาสภาวะที่เหมาะสม ในการผลิตเมธิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มชนิดหีบรวม ด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องสองขั้นตอนได้

3. ได้ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในระดับนานาชาติ

4. สามารถยื่นขอสิทธิบัตรของระบบได้

### วิธีการดำเนินการวิจัย

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ เป็นการออกแบบและทดสอบเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องสองขั้นตอน สำหรับการผลิตไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 96.5 โดยน้ำหนักน้ำมันจากน้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวม ซึ่งมีระเบียบวิจัยที่แบ่งออกได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังแสดงขั้นตอนการวิจัย



## เงื่อนไขการทดลองของกระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบสองขั้นตอน

ทุกการทดลองจะกำหนดให้สารทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ  $60 \pm 5$  องศาเซลเซียส โดยจะมีการผันแปรเงื่อนไขดังเช่น

1. ความเร็วรอบของใบกวน
2. ปริมาณกรดซัลฟิวริก และ โซดาไฟ (ตัวเร่งปฏิกิริยา)
3. ปริมาณแอลกอฮอล์
4. เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และแยกสารออกจากกัน
5. อัตราเร็วในการป้อนสารเข้าเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องสองขั้นตอน

### การเก็บตัวอย่าง

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างในการทดสอบ การเก็บตัวอย่างจะเริ่มจากเวลาเฉลี่ยที่สารทำปฏิกิริยาอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ เพื่อจะได้ทราบถึงช่วงเวลาที่ปฏิกิริยาจะเข้าสู่สภาวะคงตัว และเวลาในการเก็บตัวอย่างจะขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดปฏิกิริยา จนถึงเวลาที่กำหนด ตัวอย่างที่เก็บออกมาแล้วจะทำการหยุดปฏิกิริยาด้วยการนำตัวอย่างไปแช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิประมาณ  $0^{\circ}\text{C}$  ทันที ตัวอย่างที่เก็บออกมาส่วนหนึ่งจะนำมาล้างด้วยน้ำร้อน เพื่อล้างของเสียที่ปะปนในสารละลาย แล้วจึงนำมาวิเคราะห์ปริมาณ เมธิลเอสเตอร์ ไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ มอโนกลีเซอไรด์ และกรดไขมันอิสระ และตัวอย่างอีกส่วนหนึ่งจะนำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำและกลีเซอรอล ที่ปะปนในสารตัวอย่าง โดยไม่ต้องล้างด้วยน้ำ

### การวิเคราะห์ตัวอย่าง

เมธิลเอสเตอร์ ไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ มอโนกลีเซอไรด์ และกรดไขมันอิสระจะตรวจสอบปริมาณด้วยเทคนิค Thin Layer Chromatography-Flame Ionization detection (TLC/FID) ส่วนน้ำที่แฝงตัวอยู่ในสารละลายจะตรวจสอบปริมาณด้วยวิธี Karl Fisher Titration นอกจากนั้นการไทเทรตจะนำมาใช้หากรดไขมันอิสระ กลีเซอรอล สบู่ และปริมาณโซดาไฟที่ใช้ในการลดกรดของสารที่เสร็จสิ้นจากขั้นตอนที่ 1 และผลิตภัณฑ์ตัวท้ายสุด (ไบโอดีเซล) จะถูกนำไปตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานไบโอดีเซลอีกครั้ง

### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 30 เดือน ตั้งแต่ ตุลาคม 2551 – มีนาคม 2554

### สถานที่ดำเนินการ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน
<b>1. งบบุคลากร</b>	
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย 1 คน เดือนละ 8,000 บาท	96,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
<b>2.1 ค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ</b>	
2.1.1 ค่าอาหารนอกเวลาวันละ 120 บาท 1 คน จำนวน 45 วัน	5,400
2.1.2 ค่าใช้สอย	
- ค่าจ้างด้านเทคนิคในการสร้างระบบ	-
- ค่าจ้างในการเขียนแบบระบบ	-
- ค่าเดินทาง	20,000
- ค่าทดสอบคุณสมบัติเมทิลเอสเทอร์และน้ำมันตั้งต้น	50,000
- ค่าประกันสังคม	4,800
2.1.3 ค่าวัสดุ	
- ค่าวัสดุในการสร้างระบบ วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	3,000
วัสดุสำนักงาน	
- สารเคมี เช่น แอลกอฮอล์ โซดาไฟ กรดซัลฟูริก	462,000
น้ำมันปาล์มดิบ	
<b>2.2 ค่าสาธารณูปโภค</b>	
- ค่าโทรศัพท์ โทรสาร	2,000
<b>3. งบลงทุน</b>	
ครุภัณฑ์	-
- มอเตอร์ชนิดปรับความเร็วรอบได้	-
- ปุ่มสารเคมีชนิดปรับการไหลได้	-
- ปุ่มของเหลว	-
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>643,200</b>

ขอตัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ

## ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาเปรียบเทียบระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง Comparison Study of Continuous Purification System of Biodiesel

### ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ไบโอดีเซลคือน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้โดยการสังเคราะห์จากน้ำมัน (น้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์) ด้วยกระบวนการ transesterification กับแอลกอฮอล์ โดยมีสารเร่งปฏิกิริยา โดยทั่วไปสารเร่งปฏิกิริยาจะใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ส่วนแอลกอฮอล์ที่ใช้จะใช้เมทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเป็นกระบวนการที่นิยมใช้ทั่วไป เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ให้ผลร้อยละของการแปลงไตรกลีเซอไรด์ที่สูงและใช้ระยะเวลาสั้น นอกจากนี้ยังมีกระบวนการ transesterification ที่ใช้สารเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น ๆ อีก เช่น กรด metal hydroxides, carbonates, enzymes และพวก non-ionic bases เช่น amines, amidines เป็นต้น อย่างไรก็ตามสารเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้ ยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายนักในกลุ่มผู้ผลิตไบโอดีเซลทั้งรายใหญ่และรายย่อย เนื่องจากยังอยู่ในระหว่างการทดลอง ยกเว้นการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีผู้ทำการวิจัยได้ผลเป็นที่น่าพอใจ (ในกรณีที่น้ำมันที่ใช้มีกรดไขมันอิสระค่อนข้างสูง) เพียงแต่ระยะเวลาของการทำปฏิกิริยาจะยาวนานมากกว่าแบบแรก และจะต้องทำปฏิกิริยาที่ความดันสูง

สำหรับน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการกลั่นแล้ว เช่นน้ำมันปาล์มกลั่น ปริมาณกรดไขมันอิสระจะมีค่าที่ต่ำมากประมาณ 0.01-0.5 % ดังนั้น การใช้กระบวนการ transesterification โดยมีด่างผสมแอลกอฮอล์สามารถสังเคราะห์ให้น้ำมันเป็นเมทิลเอสเทอร์ หรือเอทิลเอสเทอร์ได้อย่างรวดเร็ว และได้ร้อยละของการแปลงเป็นเอสเทอร์ที่สูง อย่างไรก็ตามสำหรับน้ำมันพืชชนิดอื่น เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเรพซิด ซึ่ง carbon bonds ของโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันเหล่านี้สั้นกว่าของน้ำมันปาล์มมาก ดังนั้นน้ำมันดิบของพืชเหล่านี้สามารถใช้กระบวนการ transesterification ซึ่งใช้ด่างและแอลกอฮอล์สังเคราะห์ให้เป็นเอสเทอร์ได้

N. Coovattanachai (2003) กล่าวว่าตัวเลขความต้องการพลังงานปฐมภูมิของโลกในปี 2002 สูงถึง 9,500 Mtoe ซึ่งในจำนวนนี้ 87.6 % จะเป็นพลังงานจากฟอสซิล เช่น แก๊ส น้ำมันและถ่านหิน 7.2 % เป็นพลังงานนิวเคลียร์ และ 5.2 % เป็นพลังงานหมุนเวียน คาดกันว่าภายในปี ค.ศ. 2030 ความต้องการพลังงานของโลกจะเพิ่มขึ้น 67 % และในจำนวนนี้ พลังงานจากฟอสซิลจะมีตัวเลขที่เพิ่มขึ้น 90% ซึ่งการสำรวจพบว่า แหล่งพลังงานสำรองในโลกจะสามารถใช้ต่อไปได้อีกประมาณ 30 ปี ดังนั้นหลาย ๆ ประเทศได้มีการวิจัยและพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนชนิดอื่น ๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อนจากใต้พิภพ และพลังงานจากผลผลิตทางการเกษตร

ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่งซึ่งสังเคราะห์จากแหล่งพลังงานทดแทน มีคุณสมบัติย่อยสลายตามเวลา ไม่เป็นพิษ เมื่อใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลจะก่อให้เกิดผลบวก คือ จะปลดปล่อย CO HC และ particulate matters ที่ต่ำกว่า วิธีการในการผลิตไบโอดีเซลที่นิยมมากที่สุดก็คือปฏิกิริยา

transesterification ซึ่งก็คือปฏิกิริยาทางเคมีที่เกี่ยวข้องระหว่าง น้ำมันพืชและแอลกอฮอล์ ซึ่งจะได้ fatty acid alkyl esters และ glycerol องค์ประกอบหลักของน้ำมันก็คือไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ซึ่งจะประกอบด้วยกรดไขมันจับกันเป็นห่วงโซ่ ในกระบวนการ transesterification ห่วงโซ่กรดไขมันนี้จะถูก esterified โดยไตรกลีเซอไรด์จะทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ได้ fatty acid alkyl ester (ซึ่งก็คือเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน หรือFAME นั่นเอง) ผลพลอยได้ก็คือ กลีเซอรอล ปฏิกิริยา transesterification อาจเป็น alkali-catalyzed acid-catalyzed หรือ enzyme-catalyzed โดยที่ปฏิกิริยาชนิดหลังจะใช้ระยะเวลาานกว่า 2 ชนิดแรกมาก

ปัจจุบันประเทศไทยและประเทศอื่น ๆ ทั่วโลกประสบปัญหาด้านพลังงาน เนื่องจากราคาน้ำมันปิโตรเลียมมีราคาที่สูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ รัฐบาลไทยมีนโยบายที่จะส่งเสริมการนำเอาไบโอดีเซลมาใช้ผสมกับน้ำมันดีเซล และวางนโยบายในการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันให้ได้ 10 ล้านไร่ เพื่อนำมาใช้ผลิตเป็นไบโอดีเซล 8.5 ล้านลิตรต่อวัน ภายในปี 2012 เกษตรกรชาวสวนปาล์มจะเป็นผู้ได้รับผลกระทบโดยตรง ไม่ว่าจะเป็นผลบวกหรือผลลบ ผลบวกก็คือ ราคาผลผลิตอาจสูงขึ้น เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน หากผลผลิตมากในบางช่วงเวลา ราคาจะตกต่ำลง หรือราคาพลังงานสูงขึ้น เกษตรกรก็ได้รับผลกระทบเช่นกัน ดังนั้น เพื่อเป็นการบรรเทา หรือเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถเพิ่มมูลค่าของผลผลิตของตนเอง หรือของกลุ่ม การส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถทำการสกัดน้ำมันปาล์มจากผลผลิตของตนเอง และนำเอาน้ำมันที่ได้มาสังเคราะห์เป็นเมทิลเอสเทอร์ จะช่วยให้เกษตรกรสามารถมีพลังงานเชื้อเพลิงไว้ใช้สำหรับกลุ่ม หรือตนเอง หรือสามารถจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงได้ ทำให้ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันในภาวะที่ผลผลิตราคาตกต่ำ

การผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยโดยทั่วไปจะใช้กระบวนการแบบกะ ซึ่งมีข้อดีหลายประการ เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแบบต่อเนื่อง กล่าวคือเครื่องปฏิกรณ์แบบกะต้องการปริมาตรขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ จึงต้องใช้เงินลงทุนที่สูงกว่า มีความแตกต่างด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในแต่ละกะ อีกทั้งยังสิ้นเปลืองพลังงานและแรงงาน ปัจจัยเหล่านี้จึงส่งผลให้มีการพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้กระบวนการแบบต่อเนื่องเพื่อลดข้อดีของกระบวนการแบบกะ

การทำให้ไบโอดีเซลมีความบริสุทธิ์จึงมีความสำคัญต่อกระบวนการผลิต ไบโอดีเซลที่ผลิตต้องมีค่าความบริสุทธิ์ของเอสเทอร์ไม่น้อยกว่า 96.5% ตามมาตรฐานEN14130 รวมทั้งยังมีค่าของสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ที่ตกค้างอยู่ในไบโอดีเซล จึงต้องทำการแยกออกไปจากไบโอดีเซลก่อนนำไปใช้งาน กระบวนการทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์มีหลายวิธี เช่น การหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ซึ่งเหมาะกับการผลิตไบโอดีเซลแบบกะขนาดใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรม การกลั่นแบบสูญญากาศซึ่งนำไบโอดีเซลที่ผ่านการผลิตแต่มีค่าความบริสุทธิ์ของเอสเทอร์ น้อยกว่า 96.5% เพื่อกลั่นเอาเฉพาะเอสเทอร์ที่มีสารอื่นจำพวกกรดไขมันกลับมารวมตัวกันอีกครั้ง การใช้สารเคมีเป็นตัวดูดซับเอาสิ่งตกค้างในไบโอดีเซลให้ตกตะกอนออกมา (Magnesium Silicate Adsorbent Treatment) คือการใช้ แมกนีเซียม ซิลิเกตเป็นตัวดูดซับ เช่น ตัวเร่งปฏิกิริยา สาร กลีเซอริน นอกจากนี้ยังมีการใช้แผ่นเมมเบรนเป็นตัวกรอง (filter) ซึ่งมีขนาดของรูพรุนที่เล็กมากในระดับไมโครเมตร จึงสามารถกรองสิ่งตกค้างในไบโอดีเซลได้ เป็นต้น วิธีการที่ได้กล่าวมานั้นต้องใช้กรรมวิธีที่ยุ่ยากหลาย

ขั้นตอนและต้องลงทุนค่อนข้างสูง ยังมีอีกหนึ่งวิธีที่สามารถทำได้สะดวกและเหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทย คือ การใช้น้ำเป็นตัวชะล้าง (Water Washing) น้ำเป็นของเหลวที่ไม่สามารถรวมตัวกับไบโอดีเซล แต่สามารถชะล้างสิ่งปนเปื้อนออกมาได้ กล่าวคือ ตัวเร่งปฏิกิริยาส่วนมากนิยมใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ สารที่ละลายอยู่ในเมทิลเอสเทอร์ แอลกอฮอล์ สารตกค้างเหล่านี้สามารถละลายด้วยน้ำ เมื่อทำการล้างซ้ำด้วยน้ำหลายๆ ครั้งในแบบกะ (Batch) ซึ่งเหมาะสำหรับกำลังการผลิตไบโอดีเซลที่ไม่ใหญ่มากนัก เช่น การผลิตเมทิลเอสเทอร์ในระดับกิ่งอุตสาหกรรมในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่มีกำลังการผลิต 1000 ลิตรต่อวัน แต่ก็ยังมีข้อเสียเรื่องปริมาณน้ำที่ใช้ล้างไบโอดีเซล ที่ยังไม่สามารถกำหนดได้แน่นอน กล่าวคือต้องล้างจนกว่าจะได้ไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ถึงแม้ว่าจะมีอยู่มากในประเทศไทยแต่ก็ควรมีการใช้อย่างประหยัด การศึกษาปริมาณน้ำที่ใช้ล้างจึงเป็นเรื่องที่ควรคำนึงถึง รวมถึงปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการล้างด้วย

ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงวิธีที่สามารถใช้ในการล้างไบโอดีเซล โดยใช้น้ำให้น้อยลงแต่ยังสามารถล้างไบโอดีเซลได้ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยครั้งนี้เพื่อต้องการศึกษาเปรียบเทียบการทำความสะอาดไบโอดีเซลโดยใช้น้ำล้างและมีการทำงานแบบต่อเนื่อง หลักการทำงานจะอาศัยการผสมกันระหว่างน้ำและไบโอดีเซล การผสมจะช่วยให้เกิดการสัมผัสกันได้มากขึ้นเมื่อน้ำสัมผัสกับไบโอดีเซลได้มากขึ้น สิ่งปนเปื้อนในไบโอดีเซลก็จะถูกน้ำละลายออกมาได้มากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการช่วยให้เกิดการสัมผัสให้มากขึ้น เทคนิคที่ใช้กันมากคือการเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสระหว่างน้ำและสารตกค้างในไบโอดีเซล

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพการประยุกต์ใช้ระบบ Spray Column และ Mixer-Settler Column เป็นระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง
2. เพื่อสร้างต้นแบบระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง 2 แบบ ได้แก่ แบบ Spray Column และ แบบ Spray Column ร่วมกับ Mixer-Settler Column
3. เพื่อทดสอบหาสมรรถนะที่สำคัญของระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องทั้ง 2 แบบ ได้แก่ ปริมาณการล้างต่อหน่วยปริมาตรของระบบ ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยปริมาตรของไบโอดีเซล และ ปริมาณการได้กินของไบโอดีเซลหลังผ่านกระบวนการทำความสะอาด
4. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและข้อดี-ข้อเสีย ของระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องทั้ง 2 แบบ
5. เพื่อทดสอบหาผลกระทบของตัวแปรการทำงานที่สำคัญ 2 ตัว คือ อัตราส่วนการไหลของน้ำต่อไบโอดีเซล และ Residence Time ที่มีต่อสมรรถนะของต้นแบบระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องทั้ง 2 แบบ

## ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ไบโอดีเซลที่ป้อนเข้าสู่ระบบทำความสะอาด เป็นไบโอดีเซลที่ผ่านการแยกกลีเซอรอลแล้ว ซึ่งเตรียมได้โดยการปล่อยให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำปฏิกิริยาที่สมบูรณ์แล้วแยกตัวโดยแรงโน้มถ่วงเป็นระยะเวลา 1/2 ชั่วโมง

2. อัตราการไหลของไบโอดีเซลที่สนใจ สำหรับระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบ ต่อเนื่อง ต้นแบบ คือ 50 ลิตรต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ในช่วงการทดสอบหาผลกระทบของอัตราการไหล หรือ Residence time ที่มีต่อสมรรถนะของระบบจะมีการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของไบโอดีเซลในช่วง ประมาณ 40-80 ลิตรต่อชั่วโมง

3. น้ำที่ใช้ทำความสะอาดไบโอดีเซลเป็นน้ำที่อุณหภูมิห้อง

4. ถึงแม้ว่าโดยความเป็นจริง ลักษณะทางกายภาพของระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง เช่น ลักษณะหัวสเปร์ย์น้ำ, รูปแบบของคอลัมน์, รูปแบบของ packing ฯ จะมีผลต่อสมรรถนะของระบบก็ตาม ในงานวิจัยนี้ เมื่อได้ผลสรุปการออกแบบขั้นต้นของลักษณะทางกายภาพของระบบต้นแบบแล้วจะมีการจำกัดขอบเขตของการศึกษาโดยไม่มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงผลกระทบของตัวแปรลักษณะทางกายภาพของระบบดังกล่าว

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

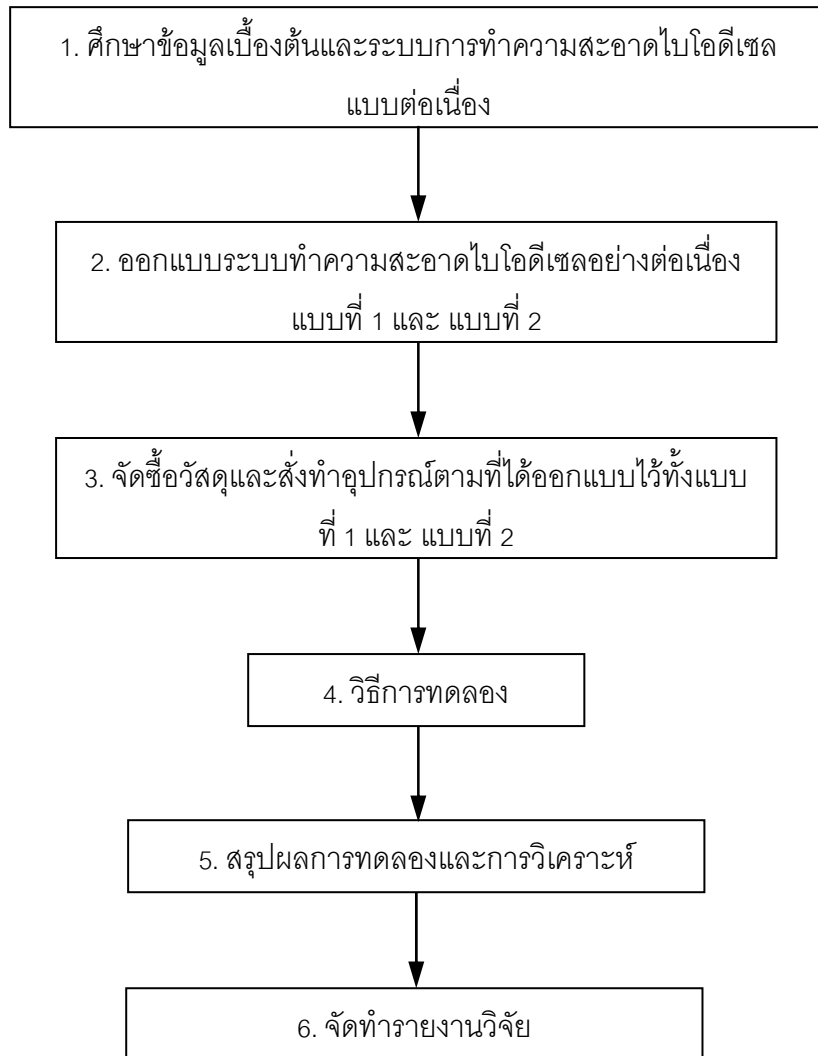
1. ได้ต้นแบบระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง 2 แบบ ที่ผ่านการทดสอบและเปรียบเทียบสมรรถนะรวมถึงข้อดี-ข้อเสีย ซึ่งสามารถสรุปหาแบบและสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานจริงเพื่อทำความสะอาดไบโอดีเซลให้ได้มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานในด้านปริมาณกลีเซอรินอิสระที่หลงเหลือ และค่าความเป็นกรด นอกจากนี้ผลสรุปของการวิจัยเชิงเปรียบเทียบนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อการพัฒนากระบวนการทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องให้มีสมรรถนะและประสิทธิภาพที่สูงขึ้นได้อีกต่อไป

2. ได้ทราบผลกระทบของตัวแปรการทำงานที่สำคัญ 2 ตัว คือ อัตราส่วนการไหลของน้ำต่อไบโอดีเซล และ Residence Time ที่มีต่อสมรรถนะของต้นแบบระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องทั้ง 2 แบบ ซึ่งสามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์สำหรับการออกแบบและการขยายขนาดต่อไป

3. ได้ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในระดับนานาชาติ

## วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองได้แยกสร้างชุดเครื่องมือสำหรับทดลองไว้สองแบบ คือ ระบบทำความสะอาด ไบโอดีเซลแบบอนุกรมโดยใช้ Spray column และ ระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบอนุกรมโดยใช้ Spray column ร่วมกับ Mixer-settler set ทั้งสองวิธีมีขั้นตอนการทดลองดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

โดยจากแผนภาพที่แสดงในรูปที่ 1 การดำเนินงานข้างต้นสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

### 1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและระบบการทำงานของระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง

1.1 ศึกษาหลักการทำความสะอาดแบบเบทซ์เพื่อเป็นพื้นฐานในการทำงานแบบต่อเนื่อง

1.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำความสะอาดไบโอดีเซล เช่น

1. การผสม (Mixing)
2. การไหลสวนทาง (Counter flow)
3. การแยกชั้น (Separation)

4. การตกตะกอน (Settling)

5. อิมัลชัน

## 2. การออกแบบระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง

การออกแบบการทดลองโดยการฉีดน้ำเป็นฝอยเล็กๆ เพื่อล้างไบโอดีเซลเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย แต่ยังมีข้อเสียคือ ต้องใช้น้ำในปริมาณมากจึงทำให้เกิดน้ำเสียที่ต้องนำไปบำบัด ซึ่งทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำ ดังนั้นการลดปริมาณการใช้น้ำจึงเป็นสิ่งที่สำคัญของกระบวนการล้าง เพราะน้ำเป็นต้นทุนที่ต้องคำนึงถึงอย่างมาก

1. ระบบทำความสะอาดแบบอนุกรมโดยใช้ Spray column
2. ระบบทำความสะอาดแบบอนุกรมโดยใช้ Spray column และ Mixer-settler

## 3. จัดซื้อวัสดุและสั่งทำอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ทั้งแบบที่ 1 และแบบที่ 2

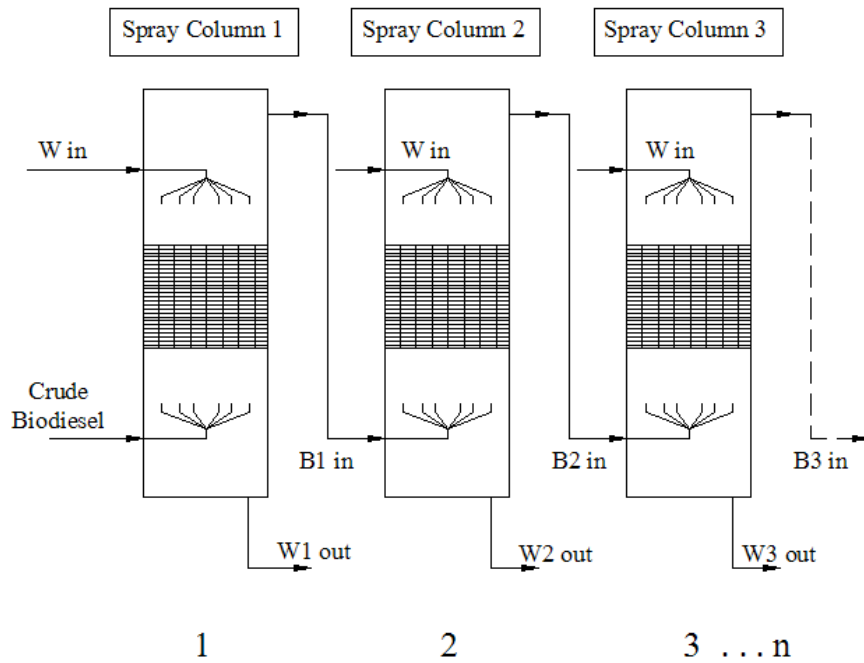
วัสดุที่จะใช้โดยหลักๆ สามารถจำแนกได้ดังนี้

รายการ	ชนิดของวัสดุ
1. กอถัมนั้	พลาสติก, Acrylic (วัสดุใสมองเห็นภายใน)
2. ชุดใบกวน	ทำจากสแตนเลส 304L
3. ท่อพีวีซี	พีวีซี
4. ท่ออ่อน	ยางสังเคราะห์ที่ทนการกัดกร่อนจากสารเคมี
5. ชุดโครงสร้าง	SS 400
6. ปุ่มควบคุมอัตราไหล	
7. อุปกรณ์ตรวจวัดการไหล	

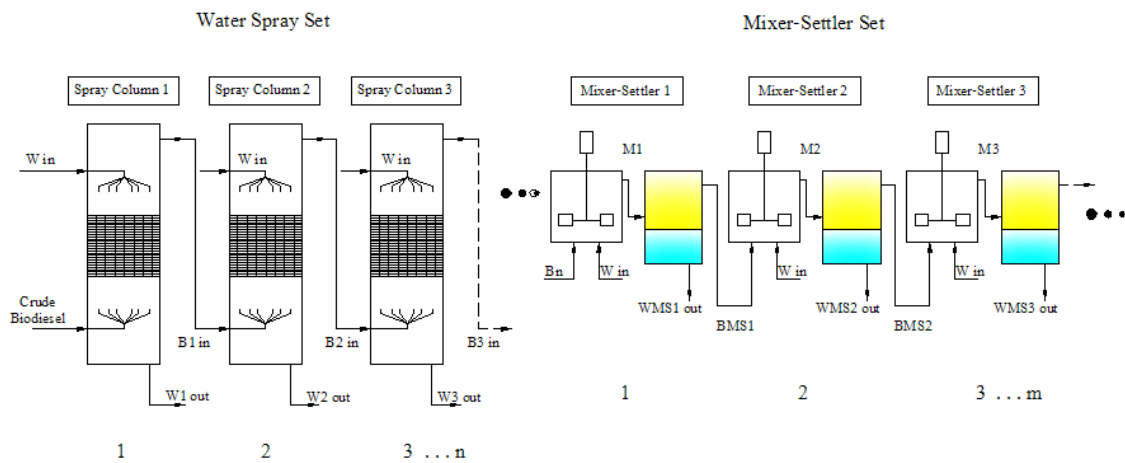
## 4. วิธีการทดลอง

การทำความสะอาดไบโอดีเซลด้วยน้ำเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย แต่ยังมีข้อเสียคือ การล้างครั้งแรกไม่สามารถผสมกันรุนแรงเพราะอาจจะทำให้เกิดอิมัลชัน ดังนั้นจึงใช้การสเปรย์น้ำเพื่อลดความรุนแรงในการผสม แต่วิธีนี้ต้องทำการล้างหลายๆ ครั้งเนื่องจากเมื่อลดความรุนแรงของการผสมเท่ากับลดการสัมผัสลงด้วย การกวนเป็นวิธีที่สามารถช่วยเพิ่มการสัมผัสระหว่างน้ำและไบโอดีเซล ดังนั้นในการทดลองได้เลือกใช้ระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบอนุกรม ที่ใช้การสเปรย์น้ำเพียงอย่างเดียวเปรียบ เทียบกับการกวนผสม ดังรูปที่ 2 และ 3 เพื่อศึกษาถึงสมรรถนะของระบบทั้งสองแบบ





รูปที่ 2 แสดงการทำงานของระบบทำความสะอาดแบบอนุกรมโดยใช้ Spray column



รูปที่ 3 แสดงการทำงานของระบบทำความสะอาดแบบอนุกรมโดยใช้ Spray column และ

Mixer-Settler column

โดยที่  $W_{in}$  = น้ำที่ใช้ป้อนเข้าระบบ

$W_{out}$  = น้ำที่ออกจากระบบ

WMS = น้ำที่ออกจาก settler column

B = ไบโอดีเซลที่เข้าและออกจาก Spray Column

BMS = ไบโอดีเซลที่ออกมาจาก settler column

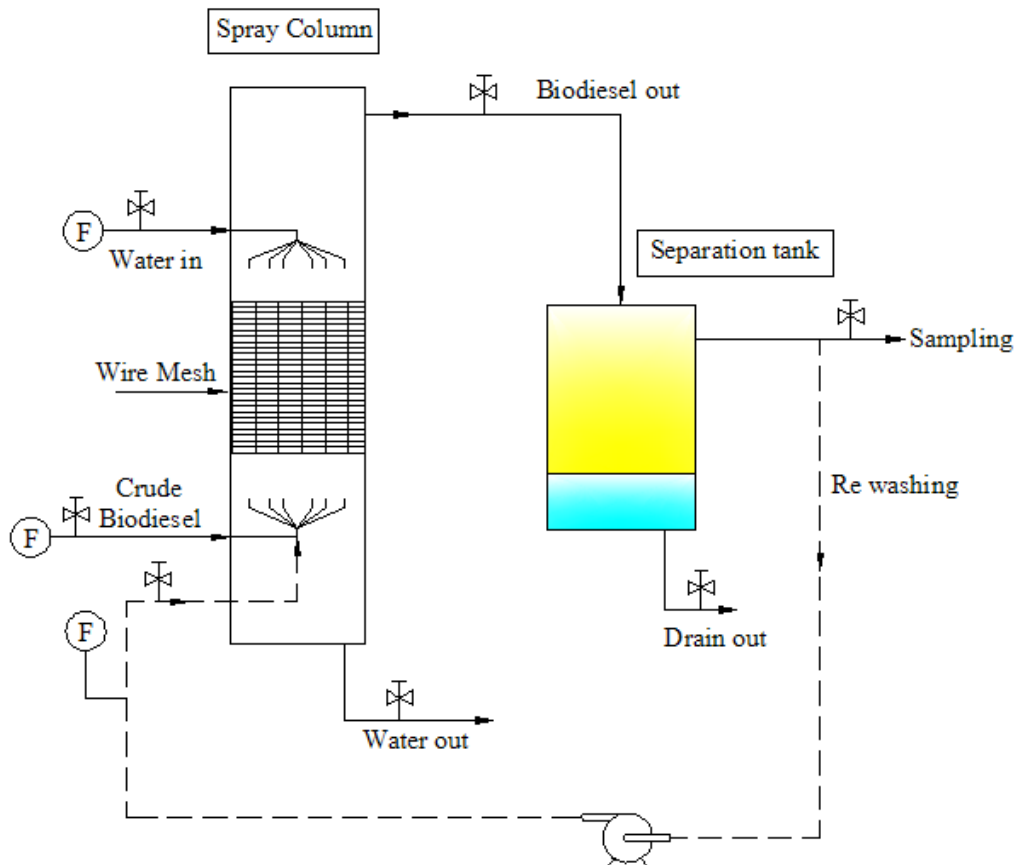
M = ไบโอดีเซลที่ผสมกับน้ำ

n = จำนวนของ Spray Column

m = จำนวนของ Mixer-Settler Column

ขั้นตอนแรกต้องหาจำนวนครั้งของการทำความสะอาดไบโอดีเซล ด้วยวิธีการสเปรย์น้ำและการกวนผสม เพื่อนำไปสู่การหาจำนวนคอลัมน์ที่ใช้ในการทดลองดังในรูปที่ 4

#### 4.1 ระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบอนุกรมโดยใช้ Spray column

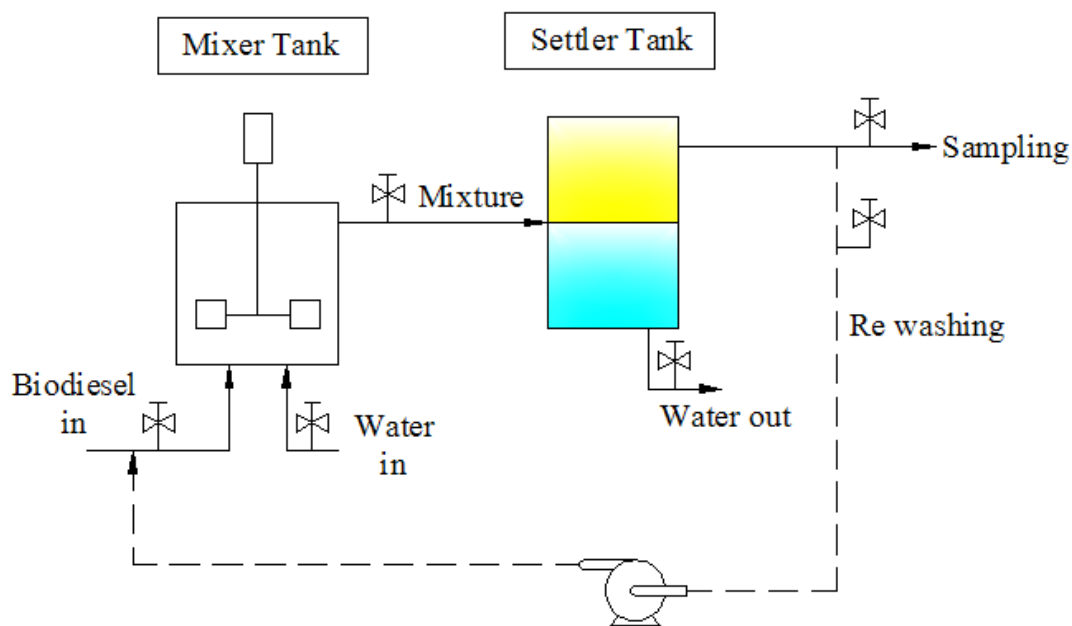


รูปที่ 4 แสดงการหาจำนวนของ Spray Column

#### ขั้นตอนการทดลอง

1. ป้อนไบโอดีเซลและน้ำเข้าไปยัง Spray column โดยเริ่มต้นกำหนดให้อัตราไหลของน้ำต่อไบโอดีเซลเท่ากับ 0.25:1
2. เมื่อไบโอดีเซลสิ้นออกมาเข้า Separation tank ทำการเก็บตัวอย่างไบโอดีเซลและน้ำไปตรวจค่า pH และดูความขุ่นของไบโอดีเซล
3. หากค่า pH ของน้ำและไบโอดีเซลยังไม่เท่ากับ 7 หรือไบโอดีเซลยังมีความขุ่นอยู่มาก ให้ป้อนไบโอดีเซลจาก Separation tank กลับไปล้างซ้ำใน Spray column
4. ทดลองซ้ำจากข้อ 1-3 ปรับอัตราไหลของน้ำต่อไบโอดีเซลเป็น 0.5:1, 1:1, 2:1 หน่วยตามลำดับ แล้วตรวจเช็คเหมือนข้อ 3
5. เปรียบเทียบค่า pH ของไบโอดีเซลและน้ำที่ใช้ล้างทั้งหมด และนำค่าที่ดีที่สุดไปตรวจ หาค่าความสะอาด

#### 4.2 ระบบทำความสะอาดไบโอดีเซลแบบอนุกรมโดยใช้ Spray column และ Mixer-settler



รูปที่ 5 แสดงการหาจำนวนของ Mixer-settler set

ขั้นตอนการทดลองตามรูปที่ 5

1. แบ่งตัวอย่างไบโอดีเซลที่ผ่านการล้างจาก Spray Column ในแต่ละครั้ง เข้าไปผสมกับน้ำใน Mixer tank โดยใช้อัตราไหลของไบโอดีเซลและน้ำในสัดส่วนที่เท่ากัน
2. นำตัวอย่างไบโอดีเซลและน้ำจาก Settler tank ไปตรวจค่า pH และ สังเกตความขุ่นของไบโอดีเซล
3. ทดลองซ้ำโดยใช้ไบโอดีเซลจาก Settler tank ป้อนกลับเข้าไปใน Mixer tank เพื่อผสมกับน้ำ และเก็บตัวอย่างไปตรวจค่า pH พร้อมทั้งสังเกตความขุ่นของไบโอดีเซล

#### 5. สรุปผลการทดลองและการวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์ความสะอาดของเมทิลเอสเทอร์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำแล้วนั้น ทำได้โดยการส่ง ตัวอย่างไปตรวจ ซึ่งในการทดลองได้ใช้ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity), ความหนืด (viscosity), และค่าความเป็นกรด (acid value) บ่งบอกถึงความสะอาดของไบโอดีเซล แต่ก่อนที่จะส่งไปตรวจควรมีการทดสอบความสะอาดในขั้นต้นเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อเป็นการคัดตัวอย่างที่ไม่สามารถตรวจหาความสะอาดด้วยวิธีการแบบง่าย ๆ เพื่อเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการตรวจตัวอย่างจำนวนมาก

1. วัด pH ของน้ำที่ใช้ล้างซึ่งควรมีค่าเท่ากับ 7 หรือมีความเป็นกลาง
2. สังเกตถึงความใสของน้ำมันไบโอดีเซล

เมื่อรู้ผลของการวิเคราะห์ความสะอาดต่อปริมาณน้ำที่ใช้ล้าง ควรมีการตรวจหา yield ของ ไบโอดีเซลภายหลังจากล้าง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกันและนำไปสู่การบอกสมรรถนะของระบบทำความสะอาดทั้งสองแบบ

### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 18 เดือน ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2553 – มีนาคม 2554

### สถานที่ดำเนินการ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>1. งบบุคลากร</b>	
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย 1 คน เดือนละ 8,000 บาท	96,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
<b>2.1 ค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ</b>	
2.1.1 ค่าอาหารนอกเวลาวันละ 120 บาท 1 คน จำนวน 45 วัน	5,400
2.1.2 ค่าใช้สอย	
ค่าจ้างด้านเทคนิคในการสร้างระบบ	30,000
ค่าจ้างในการเขียนแบบระบบ	15,000
ค่าเดินทาง	20,000
ค่าทดสอบคุณสมบัติเมทิลเอสเตอร์และน้ำมันตั้งต้น	50,000
ค่าประกันสังคม	4,800
2.1.3 ค่าวัสดุ	
ค่าวัสดุในการสร้างระบบ วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุสำนักงาน	100,000
สารเคมี เช่น แอลกอฮอล์ โซดาไฟ กรดซัลฟูริก น้ำมันปาล์มดิบ	120,000
2.2 ค่าสาธารณูปโภค	2,000
ค่าโทรศัพท์ โทรสาร	
<b>3. งบลงทุน (ค่าครุภัณฑ์)</b>	
- ป้อนสารเคมีชนิดปรับการไหลได้	45,000
- ป้อนของเหลว	60,000
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>548,200</b>

หมายเหตุ ขออภัยเงินจ่ายทุกรายการ

## ชื่อโครงการ   โครงการปลูกข้าวเพื่อบริโภคในสหกรณ์นิคมอ่าวลึก อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

### ความเป็นมา

โครงการปลูกข้าวเพื่อบริโภคในสหกรณ์นิคมอ่าวลึก เป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวซึ่งได้ทรงมีพระราชดำริ เมื่อวันที่ 23 กันยายน พ.ศ.2530 ณ พระตำหนักทักษิณราชนิเวศน์ จังหวัดนราธิวาส ทั้งนี้เนื่องจากสมาชิกสหกรณ์นิคมส่วนใหญ่มีอาชีพทำสวนปาล์มน้ำมันเป็นอาชีพหลักและต้องทำการซื้อข้าวจากแหล่งอื่นมาบริโภค จึงทรงมีพระราชดำริให้เกษตรกรในพื้นที่ซึ่งเคยทำนามาก่อนและได้เลิกร้างไปเนื่องจากฝนทิ้งช่วง ได้ทำนาปลูกข้าวเพื่อบริโภคกันเองในกลุ่มสมาชิกสหกรณ์นิคมโดยจะจัดให้มีโรงสีข้าวขนาดเล็กครบวงจร

จากพระราชดำริดังกล่าว มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ซึ่งเป็นหน่วยประสานงานจึงได้ร่วมกับส่วนราชการต่างๆ คือ กรมชลประทาน กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมสหกรณ์ กรมการปกครอง และกรมส่งเสริมการเกษตร เป็นหน่วยงานหลักที่จะดำเนินการร่วมกันเพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่เขตสหกรณ์นิคมอ่าวลึกทำการปลูกข้าวเพื่อบริโภคครบวงจร

### หน่วยงานที่รับผิดชอบ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### ระยะเวลาดำเนินการ

ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2552 – กันยายน 2553 (โครงการต่อเนื่อง)

### สถานที่ดำเนินการ

สหกรณ์นิคมปากน้ำ จำกัด จังหวัดกระบี่

### รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

#### งบดำเนินงาน

#### ค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ

#### ค่าใช้สอย

11,360 บาท

- ค่าเบี้ยเลี้ยง 2,160 บาท

(ระดับ 9 จำนวน 1 คน x 1 ครั้ง x 2 วัน ๆ ละ 240 บาท เป็นเงิน 480 บาท)

(ระดับ 3-8 จำนวน 2 คน x 2 ครั้ง x 2 วัน ๆ ละ 210 บาท เป็นเงิน 1,680 บาท)

- ค่าที่พัก 5,200 บาท	
(ระดับ9 จำนวน 1คนx2ครั้งx1วันx1,200บาท เป็นเงิน 1,200 บาท)	
(ระดับ3-8 จำนวน 2คนx2ครั้งx1วันx1,000บาท เป็นเงิน 4,000 บาท)	
- ค่าพาหนะเดินทางไปจังหวัดกระบี่ 4,000 บาท	
(จำนวน 2 ครั้งๆละ 2,000 บาท เป็นเงิน 4,000 บาท)	
<u>ค่าวัสดุ</u>	2,640 บาท
<b>รวมเงินทั้งสิ้น</b>	<b>14,000 บาท</b>
(ขอตัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ)	

### ผลการดำเนินงาน

โครงการนี้เป็นโครงการที่ดำเนินการต่อเนื่องเต็มโครงการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 สำหรับในปี 2550 - 2551 เกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าวรวมประมาณ 136 ไร่ โดยทางโรงสีข้าวพระราชทานได้รับจ้างสีข้าวเปลือกในช่วงเดือนสิงหาคม 2550 ถึงสิงหาคม 2551 จำนวน 36,058 กิโลกรัม ให้กับสมาชิก และหลังฤดูเกี่ยวข้าวปี 2550 ได้มีเกษตรกรหลายรายทำการปลูกผักสวนครัว และจะมีพื้นที่ประมาณ 40 ไร่ ที่เกษตรกรหันมาปลูกผักสวนครัวกันตลอดทั้งปี เนื่องจากมีระบบชลประทานที่สมบูรณ์ถึงแปลงนาทำให้ไม่มีปัญหาขาดแคลนน้ำ และยังสามารถทำรายได้สูงกว่าการปลูกข้าว และยังมีพ่อค้ามารับซื้อถึงในพื้นที่ด้วย ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ปัญหาหอยเชอรี่ระบาด ทางเกษตรกรได้นำมาเป็นปุ๋ยน้ำหมัก และหลังการเก็บเกี่ยวเกษตรกรก็จะทำการไถกลบตอ ซางข้าวและรดน้ำเชื้อเพื่อทำปุ๋ยหมักอีกด้วย

## ชื่อโครงการ      โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

### ความเป็นมา

โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากพระราชดำริได้ดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2528 ด้วยการสนับสนุนงบประมาณจาก กปร. ในช่วงปีแรก และต่อมาดำเนินงานโดยใช้งบประมาณของส่วนราชการ ผลการดำเนินงานมีดังนี้

1. จัดตั้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และตั้งโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส
2. จัดตั้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่สหกรณ์นิคมอ่าวลึก จำกัด จังหวัดกระบี่
3. จัดตั้งโรงงานสกัดและกลั่นน้ำมันปาล์มที่วิทยาลัยเกษตรกรรม จังหวัดตรัง จังหวัดกระบี่ และจังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อการเรียนการสอนนักศึกษา
4. ร่วมมือกับกระทรวงอุตสาหกรรมในการพัฒนาและปรับปรุงโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบแยกน้ำมันเปลือกรวมทั้งสร้างเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะเลลายที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส
5. จัดตั้งโรงงานผลิตไบโอดีเซล (เมทิลเอสเทอร์) จากน้ำมันปาล์มดิบที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส

### หน่วยงานที่รับผิดชอบ

คณะวิศวกรรมศาสตร์      มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### ระยะเวลาดำเนินการ

ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2552 – กันยายน 2553 (โครงการต่อเนื่อง)

### สถานที่ดำเนินการ

สหกรณ์นิคมอ่าวลึก จังหวัดกระบี่ และ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส

## รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

### ค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ

<u>ค่าใช้สอย</u>	34,260 บาท
- ค่าเบี้ยเลี้ยง 6,960 บาท (ระดับ 9 จำนวน 2 คน 2 ครั้งๆละ 2 วันๆละ 240 บาท เป็นเงิน 1,920 บาท) (ระดับ 3-8 จำนวน 2 คน 6 ครั้งๆละ 2 วันๆละ 210 บาท เป็นเงิน 5,040 บาท)	
- ค่าที่พัก 16,800 บาท (ระดับ 9 จำนวน 2 คน 2 ครั้งๆละ 1 วันๆละ 1,200 บาท เป็นเงิน 4,800 บาท) (ระดับ 3-8 จำนวน 2 คน 6 ครั้งๆละ 1 วันๆละ 1,000 บาท เป็นเงิน 12,000 บาท)	
- ค่าพาหนะ 10,500 บาท (เดินทางไปจังหวัดนครราชสีมา 3 ครั้งๆ ละ 1,500 บาท เป็นเงิน 4,500 บาท) (เดินทางไปจังหวัดกระบี่ 3 ครั้งๆ ละ 2,000 บาท เป็นเงิน 6,000 บาท)	
<u>ค่าวัสดุ</u>	3,740 บาท
<b>รวมเงินทั้งสิ้น</b>	<b>38,000 บาท</b>
(ขอถัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ)	

### ผลการดำเนินงาน

1. โครงการจัดสร้างโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดกำลังผลิต 2 ตันทะเลต่อชั่วโมง เพื่อการบริโภคและผลิตน้ำมันปาล์มทดแทนน้ำมันดีเซลที่สหกรณ์นิคมอ่าวลึก จำกัด จังหวัดกระบี่ ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากมูลนิธิชัยพัฒนา เงินอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และเงินกองทุนสนับสนุนโครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก งบประมาณทั้งสิ้น 11,301,000 บาท ซึ่งมหาวิทยาลัยฯ ได้ดำเนินการสนองพระราชดำริในการจัดสร้างโรงงานและติดตั้งเครื่องจักร พร้อมทั้งทดสอบการใช้งานในช่วงปี 2545 – 2546 จากนั้นก็ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาด้านเทคนิคต่างๆ จนถึงเดือนมีนาคม 2547 ทางสหกรณ์จึงได้เริ่มทำการสกัดน้ำมันปาล์มดิบสนองพระราชดำริได้ และในปี 2548 ทางโรงงานได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุนโดยการตัดกระบวนการตีปั่นและอบแห้ง ทำให้ลดค่าพลังงานไฟฟ้า และเพิ่มกำลังการผลิตได้ โดยในปี 2550 – 2551 ทางโครงการได้ติดตามผลการดำเนินงานและคำปรึกษาด้านต่างๆ

2. ติดตามผลการดำเนินงานและให้คำปรึกษาด้านต่างๆ ของโรงงานสกัดและแปรรูปน้ำมันปาล์มแก่เจ้าหน้าที่ของศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ จังหวัดนราธิวาส



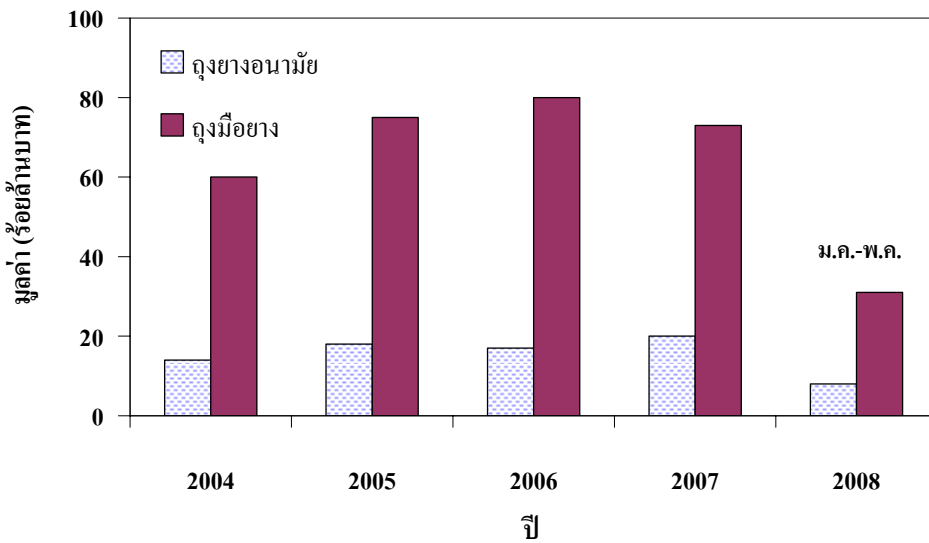
**ชื่อโครงการวิจัย** การสังเคราะห์วัสดุเคลือบระดับนาโนที่ทำความสะอาดตัวเองได้สำหรับแบบขึ้นรูป  
ถุงมือยางและถุงยางอนามัย

Synthesis of Self-Cleaned Nano Coating Materials for Rubber Hand Glove and  
Condom Formers

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

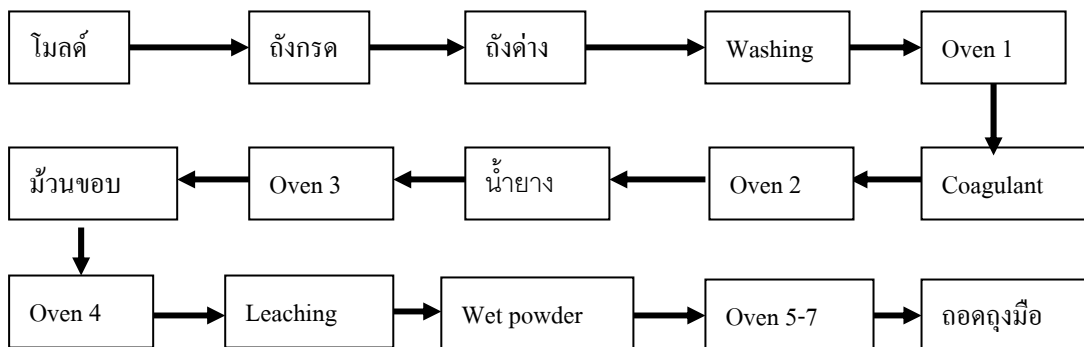
ผลิตภัณฑ์ถุงมือยางและถุงยางอนามัยถือเป็นอุตสาหกรรมที่สร้างรายได้แก่ประเทศไทยทำให้การส่งออกมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นตามอุปสงค์ในตลาดโลก (รูปที่ 1) สำหรับปี 2551 ได้แสดงตั้งแต่เดือนมกราคม-พฤษภาคม ปัจจุบันอุตสาหกรรมถุงมือยางและถุงยางอนามัยของไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญ ซึ่งถุงมือยางสามารถสร้างรายได้จากการส่งออกได้ปีละมากกว่า 6,000 ล้านบาท โดยไทยมีฐานะเป็นผู้ผลิตและส่งออกถุงมือยางอันดับสองของโลกรองจากมาเลเซีย และเป็นผู้ผลิตและส่งออกถุงยางอนามัยอันดับหนึ่งของโลกรองลงมาก็คืออินเดีย โดยมูลค่าการส่งออกถุงยางอนามัยของไทยปีละมากกว่า 1,530 ล้านบาท (<http://www.thaihed.com>) ปัจจุบันมีผู้ประกอบการภายในประเทศไทยในอุตสาหกรรมถุงมือยางและถุงยางอนามัยเป็นจำนวนทั้งสิ้น 65 และ 12 รายตามลำดับ (ที่มา:กรมโรงงานและ <http://www.fda.moph.go.th>)

กระบวนการผลิตถุงมือยาง(รูปที่ 2) และถุงยางอนามัย (รูปที่ 3) ขั้นตอนการผลิตจะขึ้นกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ จากกระบวนการผลิตถุงมือยางและถุงยางอนามัย โดยทั่วไปจะเริ่มจากการทำความสะอาดแบบขึ้นรูปหรือโมลด์ (Former) ซึ่งแบบขึ้นรูปสำหรับถุงมือยางและถุงยางอนามัยจะเป็นเซรามิกและแก้วตามลำดับ(รูปที่ 4) จะเห็นว่ากระบวนการทำความสะอาดมีหลายขั้นตอนได้แก่การทำความสะอาดด้วยสารเคมีได้แก่ ซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ), กรดไนตริก ( $HNO_3$ ), โซดาไฟ ( $NaOH$ )และ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ( $KOH$ ) หรือเป็นขั้นตอนการล้าง (Washing), การชะละลาย (Leaching) ซึ่งน้ำที่ใช้ควรมีอุณหภูมิประมาณ  $60-70^{\circ}C$  เพื่อนำเอาสารเคมีพวกตะกอนของโปรตีน คราบของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ติดค้างอยู่บนผิวแบบขึ้นรูปออกไป ซึ่งการทำความสะอาดแบบขึ้นรูปจะสูญเสียพลังงานไปกับกระบวนการล้างและการชะละลายโดยมีการใช้พลังงานมากเกินความต้องการสูงถึงร้อยละ 75 – 90 (พรณะและคณะ, 2545)

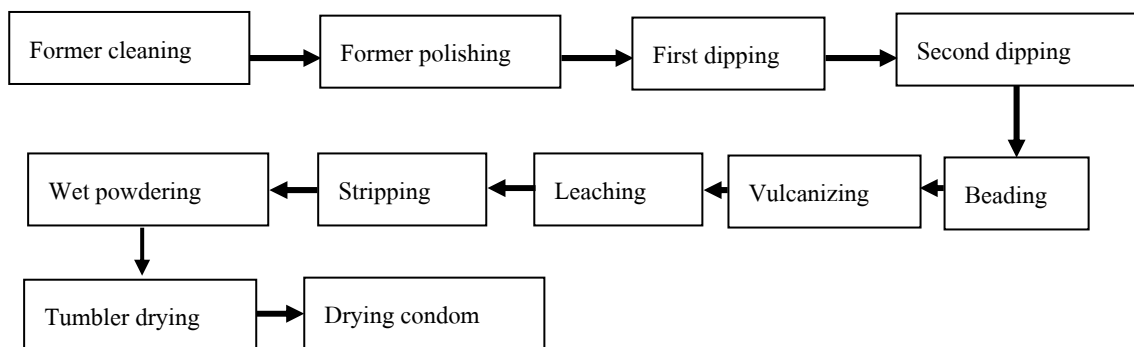


รูปที่ 1 สถิติการส่งออกถุงมือยางและถุงยางอนามัยของไทย

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร (<http://www.customs.go.th>)



รูปที่ 2 กระบวนการผลิตถุงมือยาง (วารสารณ์และคณะ, 2533)



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตถุงยางอนามัย (ที่มา:<http://www.smile-condoms.com>)

จากกระบวนการผลิตจะเห็นว่าขั้นตอนของการทำความสะอาดแบบขึ้นรูปมีอยู่หลายครั้ง และเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นถ้าได้เคลือบผิวแม่พิมพ์ด้วยวัสดุนาโนที่มีสมบัติโฟโตแคตาไลสต์จะสามารถทำความสะอาดผิวได้ง่าย ก็จะลดการใช้กรด-ด่าง หรือไม่ใช้กรด-ด่าง ในกระบวนการเลย เป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและลดขั้นตอนในการผลิตได้ ในขั้นตอนก่อนชุบน้ำยางจะนำแบบขึ้นรูปไปชุบสาร Coagulant เพื่อให้ น้ำยางเกาะผิวแบบขึ้นรูปดี เนื่องจากสภาพผิวของแบบขึ้นรูปมีสภาพไม่ค่อยชอบน้ำหรือมีสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก แต่เมื่อลอกเอาถุงมือยางออกแล้วจะต้องทำความสะอาดคราบเหล่านี้บนแบบขึ้นรูปก่อนนำไปใช้ใหม่ด้วย การเคลือบแบบขึ้นรูปด้วยวัสดุนาโนที่มีสมบัติโฟโตแคตาไลสต์ที่เหมาะสมจะทำให้ผิวมีสมบัติชอบน้ำหรือไฮโดรฟิลิก หรือซูเปอร์ไฮโดรฟิลิก ซึ่งจะเป็นการลดใช้สาร Coagulant ลงหรือไม่ใช้เลยได้ อันจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายลงได้อีกทางหนึ่ง ในการเพิ่มประสิทธิภาพของสารเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์มีหลายวิธีได้แก่การใช้สารโด๊ป (Dopant) เทคนิคการเคลือบ การควบคุมเฟสต่างๆที่เกิดขึ้นในระดับนาโนเมตร และการกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นที่เหมาะสม เป็นต้น

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้มุ่งเน้นการสังเคราะห์สารเคลือบที่มีประสิทธิภาพต่อการทำความสะอาดตัวเองได้โดยศึกษาเลือกสารที่เหมาะสมที่ทำให้ผิวเคลือบมีสมบัติไฮโดรฟิลิกหรือซูเปอร์ไฮโดรฟิลิก เลือกกระบวนการเคลือบที่เหมาะสมกับแบบขึ้นรูป ศึกษาถึงรายละเอียดของตัวพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเคลือบ ตลอดจนพัฒนาระบบการกระตุ้นด้วยแสงที่ค่อนข้างอยู่ในช่วงแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามากขึ้น ตลอดจนการศึกษาสมบัติการใช้งานจริงเช่นสมบัติการทำความสะอาดตัวเอง สมบัติการดูดซับน้ำยาง และอื่นๆ



ก)



ข)

รูปที่ 4 ก) แม่พิมพ์ถุงมือยางที่เป็นเซรามิก ข)แม่พิมพ์ถุงยางอนามัยที่เป็นแก้ว

ที่มา:(<http://www.warisantegas.com>)

## วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. สังเคราะห์สารเคลือบที่มีประสิทธิภาพต่อการทำความสะอาดตัวเองโดยให้มีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิกหรือซูเปอร์ไฮโดรโฟบิก และสามารถกระตุ้นด้วยแสงที่ค่อนข้างอยู่ในช่วงแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า
2. ศึกษาปัจจัยและตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการเคลือบบนผิวของเซรามิกและแก้ว
3. ศึกษาสมบัติการใช้งานจริงเช่นสมบัติการทำความสะอาดตัวเอง สมบัติการดูดซับน้ำยาง และอื่นๆ

## ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. สังเคราะห์สารเคลือบ  $TiO_2$  ที่มีสารตัวเติมพร้อมด้วยนิกเกิลและโบรอนหรือไนโตรเจนโดยวิธีโซล-เจล
2. ศึกษาหาสารเติมที่เพิ่มประสิทธิภาพของไทเทเนียมไดออกไซด์ ( $TiO_2$ ) ที่สามารถทำความสะอาดตัวเองโดยให้มีสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิกหรือซูเปอร์ไฮโดรโฟบิก และสามารถกระตุ้นด้วยแสงที่ค่อนข้างอยู่ในช่วงแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า
3. ศึกษากระบวนการเคลือบชิ้นงานเซรามิกและแก้วด้วยวิธี Spray coating
4. ศึกษาประสิทธิภาพของปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติก สมบัติไฮโดรฟิลิกและตรวจสอบคุณลักษณะของฟิล์มด้วยเครื่องมือ XRD, SEM, BET, AFM และ ทดสอบความคงทนของฟิล์มด้วยเครื่องมือ Nanoindentator
5. ศึกษาสมบัติการใช้งานจริงเช่นสมบัติการทำความสะอาดตัวเอง สมบัติการดูดซับน้ำยาง และอื่นๆ

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

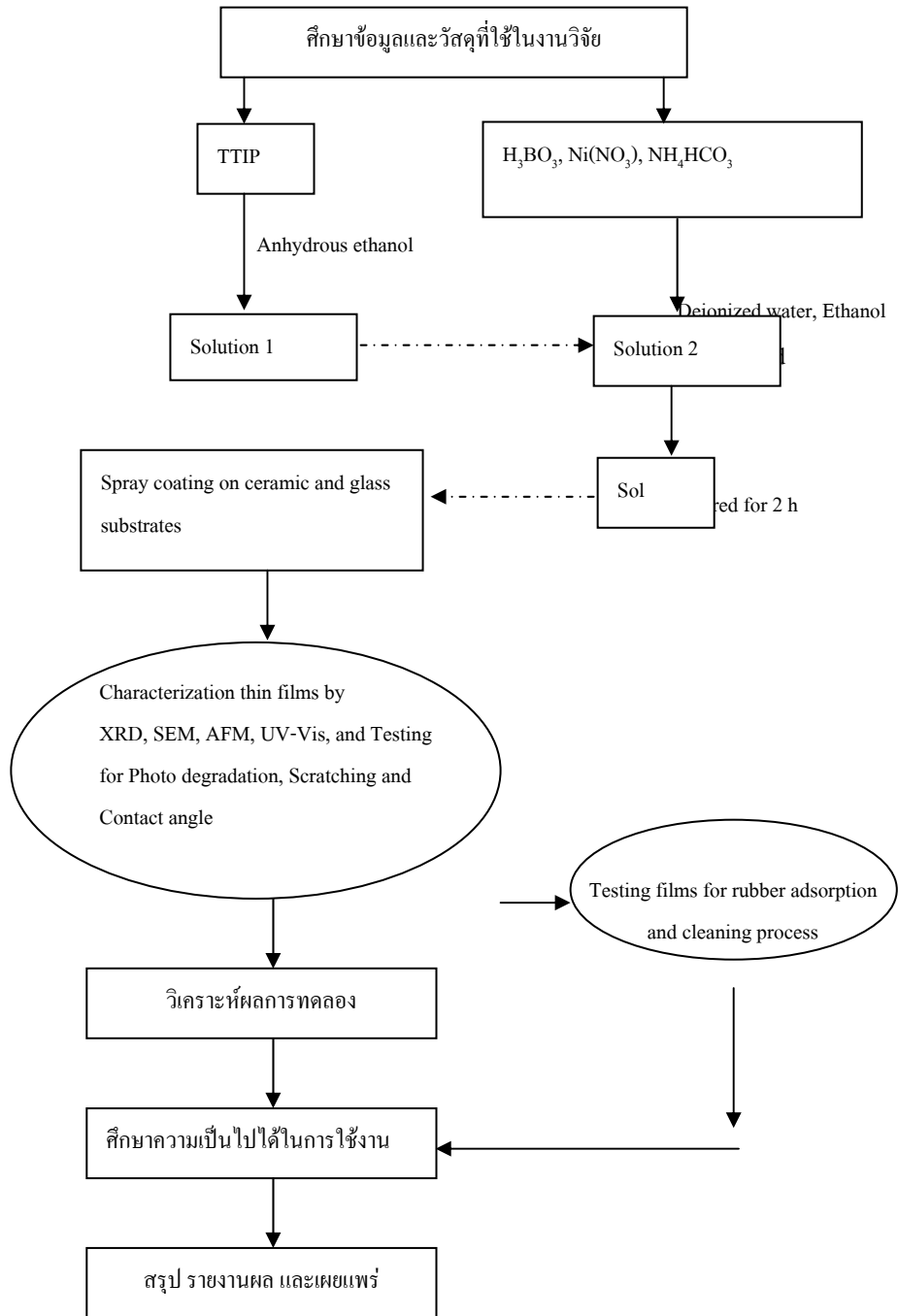
1. เป็นแนวทางสร้างระบบบูรณาการเพื่อการพัฒนาและนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ของแบบขึ้นรูปในการผลิตถุงมือยางและถุงยางอนามัยเพื่อลดขั้นตอนการผลิตและทำความสะอาดได้ง่ายขึ้นเพื่อลดการใช้พลังงาน และลดค่าใช้จ่าย
2. ได้สารเคลือบผิวที่มีสมบัติในการทำความสะอาดด้วยตัวเองอย่างมีประสิทธิภาพ
3. เผยแพร่งานวิจัยในวารสารทั้งในระดับชาติและนานาชาติ

## สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
บริษัท ยูโรเซรามิกจำกัด อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา  
บริษัท ชัวร์เท็กซ์จำกัด อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

# วิธีการดำเนินการวิจัย

## ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 15 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

- กิจกรรมที่ 1** ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสังเคราะห์  $\text{TiO}_2$  และการสังเคราะห์  $\text{TiO}_2$  ที่มีสารตัวเติมรวมทั้งวิธีการเคลือบและการทำให้  $\text{TiO}_2$  กระจายตัวในสารละลายและวิธีการทดสอบต่างๆ
- วิธีการ ค้นคว้าเอกสารข้อมูลจากห้องสมุด สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- ระยะเวลา ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยในปีแรก (ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553)
- กิจกรรมที่ 2** เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ วัสดุดิบตัวอย่างในการทดลอง
- วิธีการ ดำรงการทดลองพร้อมเตรียมสารเคมีและอุปกรณ์
- ระยะเวลา 3 เดือน (ตุลาคม 2552 – ธันวาคม 2552)
- กิจกรรมที่ 3** สังเคราะห์  $\text{TiO}_2$  และ  $\text{TiO}_2/\text{B}/\text{Ni}/\text{N}$  ที่มีสารตัวเติมวิเคราะห์โครงสร้างเบื้องต้น
- วิธีการ สังเคราะห์  $\text{TiO}_2$  และหาระบบสารเติมที่เหมาะสม ( $\text{B}/\text{Ni}/\text{N}$ ) และนำสารที่สังเคราะห์ได้ไปตรวจสอบสมบัติเบื้องต้นด้วยเครื่องมือ XRD, SEM, BET และทดสอบปฏิกิริยาโฟโตแคตะไลติก และทดสอบแถบช่องว่างของพลังงาน ศึกษาการเตรียมโซล-เจลและออกแบบระบบการเคลือบด้วย Spray coating หากว่าที่เหมาะสมของระบบเพื่อใช้ในการเคลือบด้วยวิธี Spray coating เตรียมชิ้นงานที่เคลือบ 2 ชนิดคือเซรามิกและแก้วขนาด 10x10 ซม.
- ระยะเวลา 6 เดือน (มกราคม 2553 - มิถุนายน 2553)
- กิจกรรมที่ 4** เตรียมโซล-เจล และเคลือบผิววัสดุฐาน ทำการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ โดยศึกษาตัวแปรต่างๆ
- วิธีการ เคลือบผิววัสดุฐาน ทดสอบความหนาของฟิล์ม ความขรุขระของฟิล์ม โครงสร้างของฟิล์มและความคงทนของฟิล์ม ทดสอบประสิทธิภาพของปฏิกิริยาโฟโตแคตะไลติกของฟิล์มภายใต้ภาวะการกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นต่างๆกัน เฟสที่เกิดขึ้น และขนาดของผลึกที่ได้ ตลอดจนทดสอบสมบัติความเป็นไฮโดรฟิลิกของฟิล์ม
- ระยะเวลา 6 เดือน (กรกฎาคม 2553 – ธันวาคม 2553)
- กิจกรรมที่ 5** ทดสอบสมบัติการใช้งานของเคลือบเช่นการจำลองลักษณะการทำงานของแบบขึ้นรูปในกระบวนการผลิตถุงมือยางและถุงยางอนามัย
- วิธีการ ศึกษากระบวนการผลิตในโรงงานผลิตถุงมือยางและถุงยางอนามัย ทดสอบสมบัติการใช้งานโดยศึกษาลักษณะการดูดซับของน้ำยางบนผิวเคลือบของวัสดุฐาน 2 ชนิด สมบัติการชะล้างด้วยน้ำ นำผลการทดลองที่ได้เปรียบเทียบกับแบบขึ้นรูปถุงมือยางและถุงยางอนามัยแบบเก่าที่ใช้ในโรงงานในด้านการใช้งานและทำความสะอาด
- ระยะเวลา 6 เดือน (มกราคม 2554 - มิถุนายน 2554)
- กิจกรรมที่ 6** วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลอง และเขียนรายงาน
- ระยะเวลา 3 เดือน (กรกฎาคม 2554 – กันยายน 2554)

## ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2553- กันยายน 2554

## รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	ปีที่ 1	
	6 เดือน	6 เดือน
<b>1. หมวดค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย</b>		
- ค่าจ้างชั่วคราว ผู้ช่วย วิจัยระดับ ป.เอก (นักศึกษา 1 คน)	55,920	55,920
- ค่าจ้างชั่วคราว ผู้ช่วย วิจัยระดับ ป.โท (นักศึกษา 1 คน)	42,000	45,780
<b>2. หมวดค่าตอบแทน</b>		
- ค่าตอบแทนนักวิจัย 3 คนตามสัดส่วน 6:2:2	24,000	24,000
<b>3. หมวดค่าใช้สอย</b>		
- ค่าจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์	-	-
- งบประมาณค่าเดินทางเข้าร่วมประชุมวิชาการ 4 วันของหัวหน้าโครงการและนักศึกษา ป.โท-เอก รวม 3คน	-	10,000
- ค่าเบี้ยเลี้ยงเดินทางและที่พัก 3 คน	-	6,000
- ค่าสารเคมี เช่น DEGUSSA P25, เมทิลีนบลู, TTIP, TEOS precursors, Ethanol, Hydrochloric acid, Nickel nitrate, Silver chloride etc.	19,000	15,000
- ค่าวัสดุ ชิ้นส่วนทำตู้เทียบแสง หลอดแบล็คไลท์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ระดับความยาวคลื่นต่างๆ อุปกรณ์ปลั๊กไฟสายไฟ บีกเกอร์ เครื่องแก้ว กระจกดวง ขวดรูปชมพู่ ชุดอุปกรณ์การเคลือบ กระจกและ กระจกเบื้องเคลือบ	10,000	15,000
- ค่าวิเคราะห์ XRD, SEM, XRF, UV-VIS spectroscopy, EDX, X-ray mapping, BET	-	-
- ค่าวิเคราะห์ XRD, SEM, XRF, UV-VIS spectroscopy, EDX, X-ray mapping, BET	15,000	20,000
<b>4. หมวดวัสดุสำนักงานและค่าสาธารณูปโภค</b>		
-ค่าส่งตัวอย่าง ค่าไปรษณีย์ และค่าวัสดุสำนักงาน	500	1,000

รายการ	ปีที่ 1	
	6 เดือน	6 เดือน
<b>5. หมวดครุภัณฑ์</b> -ค่าชุดอุปกรณ์การเคลือบด้วยวิธี Spray coating ซึ่งประกอบด้วยชุดฉีดสเปรย์ที่ปรับลักษณะหัวฉีดและขนาดไดชุดสายพานลำเลียง และชุดควบคุมอัตราการไหลและการเคลื่อนที่ของสายพาน และอื่นๆ	140,000	-
รวมงบประมาณ	306,420	192,700
<b>รวมงบประมาณทั้งสิ้น</b>	<b>499,120</b>	

หมายเหตุ ขอถัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ



## ชื่อโครงการวิจัย ศึกษาศักยภาพวัสดุสำหรับเพอร์มีเอเบิลรีแอกทีฟแบรริเออร์เพื่อบำบัดโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน

Feasibility Study of Media for Permeable Reactive Barrier for Treatment of Heavy Metal Contaminated in Groundwater

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากแนวโน้มปริมาณมลพิษที่มากขึ้น เช่น ในกรุงเทพมหานครที่มีปริมาณมลพิษเพิ่มขึ้นจาก 3,000-7,000 ตัน/วัน ในปี พ.ศ. 2547 เป็น 5,000-10,000 ตัน/วันในปี พ.ศ. 2548 ส่งผลให้มีน้ำชะมลพิษที่มากขึ้น ประกอบกับการปลดปล่อยสารพิษและน้ำชะจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่พื้นดินและซึมลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินในที่สุด ทำให้พบการปนเปื้อนของสารพิษในน้ำบาดาลที่สูงกว่ามาตรฐานในพื้นที่หลายแห่งของประเทศไทย เช่นจากรายงานการตรวจสอบตัวอย่างน้ำประปาบาดาลบริเวณรอบแหล่งอุตสาหกรรมที่พบการปนเปื้อนของตะกั่ว และสังกะสีในปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในมาตรฐานน้ำดื่มของไทย โดยพบสารตะกั่วสูงกว่ามาตรฐาน 4 เท่า และสังกะสีสูงกว่ามาตรฐานถึง 8 เท่า **ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งอ้างอิง** ทั้งนี้สารตะกั่วเป็นมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อเลือด ไต ระบบประสาท และระบบสืบพันธุ์ รวมทั้งยังส่งผลต่อการพัฒนาทางด้านสติปัญญาในเด็ก ส่วนสังกะสีจะทำให้ร่างกายขาดความสามารถในการดูดซึมวิตามินบางชนิดได้

การปนเปื้อนของสารมลพิษในแหล่งน้ำใต้ดินเป็นเรื่องสำคัญมาก เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนในชุมชนที่อาศัยน้ำบาดาลจากแหล่งนี้เพื่อการอุปโภคบริโภค และเป็นการทำลายแหล่งทรัพยากรอันมีค่าอย่างถาวร ซึ่งทางกรีนพีซ (Green Peace) ก็พยายามเรียกร้องความรับผิดชอบในเรื่องนี้มาโดยตลอด **ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งอ้างอิง** แต่ในประเทศไทยการศึกษา วิจัย เพื่อบำบัดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินยังมีอยู่น้อย และยังไม่มีการศึกษาการใช้กระบวนการเพอร์มีเอเบิลรีแอกทีฟแบรริเออร์ซึ่งเริ่มเป็นที่ยอมรับในต่างประเทศว่าสามารถลดปัญหาการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินเลย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของวัสดุสำหรับสร้างเพอร์มีเอเบิลรีแอกทีฟแบรริเออร์ (Permeable reactive barrier) เพื่อบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินสังเคราะห์ โดยวัสดุที่สนใจศึกษาได้แก่ผงตะไบเหล็กซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในกระบวนการเพอร์มีเอเบิลรีแอกทีฟแบรริเออร์ในต่างประเทศเปรียบเทียบกับวัสดุธรรมชาติคือ ดินลูกรัง และตะกอนจุลินทรีย์ ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการบำบัด ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการออกแบบกระบวนการเพอร์มีเอเบิลรีแอกทีฟแบรริเออร์สำหรับติดตั้งในแหล่งที่เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินต่อไป

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุชนิดต่างๆ ในการบำบัดโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน
2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน
3. ศึกษาสัดส่วนของวัสดุผสมที่เหมาะสมในการสร้างเพอร์มีเอเบิลรีแอกทีฟแบรริเออร์

#### 4. ศึกษาและตรวจสอบความสามารถในการบำบัดของวัสดุในสนามและกลไกการบำบัด

##### ขอบเขตของโครงการวิจัย

###### 7.1 สังเคราะห์น้ำปนเปื้อน 3 ประเภท

- น้ำปนเปื้อนสังกะสี
- น้ำปนเปื้อนตะกั่ว
- น้ำปนเปื้อนสังกะสีและตะกั่ว

7.2 ศึกษาการบำบัดน้ำปนเปื้อนทั้ง 3 ประเภทด้วยวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ Zero valent iron ดินลูกรัง และตะกอนจุลินทรีย์โดยการทดลองแบบแบตช์

7.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัด ได้แก่ ความเข้มข้นของโลหะหนัก และพีเอชโดยการทดลองแบบแบตช์

7.4 ศึกษาสัดส่วนของวัสดุผสมที่เหมาะสมในการสร้างเพอร์มีเอเบิลรีแอกทีฟแบรีเออร์โดยการทดลองแบบสแตมภ์

7.5 ศึกษาและตรวจสอบความสามารถในการบำบัดของวัสดุในสนามและกลไกการบำบัดโดยใช้แบบจำลองทาง

##### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถเผยแพร่ผลงานในรูปแบบความนำเสนอในที่ประชุมวิชาการ และตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติได้ โดยหน่วยงานที่สามารถนำผลวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ได้แก่

ภาครัฐ: กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำ เทศบาล กรมโรงงานอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมจังหวัด สำนักงานสิ่งแวดล้อม และกรมควบคุมมลพิษ

ภาคเอกชน: โรงงานอุตสาหกรรม

##### วิธีการดำเนินการวิจัย

###### กิจกรรมที่ 1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุ

ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุ 4 ชนิด ได้แก่ Zero valent iron ดินลูกรัง ตะกอนจุลินทรีย์ และ ทราซ คุณสมบัติที่สนใจ ได้แก่ พื้นที่ผิวซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง BET Surface Area และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่มีอยู่ในวัสดุก่อนการบำบัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

###### กิจกรรมที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุโดยการทดลองแบบแบตช์

ทำการทดลองแบบแบตช์โดยใช้ Reactive media 6 ประเภทดังนี้

- Zero valent iron
- ดินลูกรัง

- ตะกอนจุลินทรีย์
- ผงตะไบเหล็กผสมตะกอนจุลินทรีย์
- ดินลูกรังผสมตะกอนจุลินทรีย์
- ดินลูกรังผสมผงตะไบเหล็กและตะกอนจุลินทรีย์

**ตอนที่ 1** ศึกษาเวลาเข้าสู่สมดุล (Equilibrium time)

ทดลองหาเวลาเข้าสู่สมดุลของการบำบัดน้ำปนเปื้อนทั้ง 3 ประเภทโดยวัสดุทั้ง 6 ประเภท โดยใส่วัสดุปริมาณ 16 กรัมในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุน้ำปนเปื้อนความเข้มข้น 3 ประเภท

- น้ำปนเปื้อนสังกะสีความเข้มข้น 20 mg/L
- น้ำปนเปื้อนตะกั่วความเข้มข้น 20 mg/L
- น้ำปนเปื้อนสังกะสีความเข้มข้น 20 mg/L และตะกั่ว 20 mg/L

ปริมาตร 500 มิลลิลิตร โดยปรับพีเอชเป็น 6 ในตอนเริ่มบำบัด แต่จะไม่มีการควบคุมพีเอชระหว่างการบำบัด นำขวดรูปชมพู่ไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 160 รอบต่อนาที ทำการเก็บตัวอย่างสารละลายปริมาณ 5 มิลลิลิตร ที่เวลา 0, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง AAS

ผลจากการทดลองที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์หาระยะเวลาที่เข้าสู่สมดุลของการดูดซับของแต่ละวัสดุจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารปนเปื้อนของวัสดุดูดซับกับเวลา

**ตอนที่ 2** ศึกษา Adsorption Isotherm

ศึกษา Adsorption Isotherm โดยปรับความเข้มข้นของสังกะสีและตะกั่วในช่วง 5-100 mg/L โดยนำวัสดุดูดซับปริมาณ 8 กรัมใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุน้ำปนเปื้อนสังกะสีหรือตะกั่วสังเคราะห์ความเข้มข้น 5, 20, 40, 80 และ 100 mg/L ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ปรับพีเอชเป็น 6 ในตอนเริ่มบำบัด นำขวดรูปชมพู่ไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 160 รอบต่อนาที ทำการเก็บตัวอย่างสารละลายปริมาณ 5 มิลลิลิตร ที่เวลาเริ่มต้นและเวลาสมดุลของวัสดุดูดซับนั้นๆ จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีและตะกั่วด้วยเครื่อง AAS เพื่อหาปริมาณสารปนเปื้อนที่ถูกดูดซับต่อปริมาณวัสดุดูดซับ จากนั้นนำค่าที่ได้ศึกษา Adsorption Isotherm ด้วยสมการไอโซเทอมของการดูดซับแบบต่างๆ เพื่อพิจารณาสมการที่เหมาะสม

**ตอนที่ 3** ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดโดยการทดลองแบบเบทซ์

เมื่อทราบว่าวัสดุประเภทใดมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ในการศึกษานี้จะศึกษาของพีเอชต่อการบำบัดด้วยวัสดุประเภทนั้น ช่วงค่าพีเอชที่สนใจอยู่ในช่วง 4-8

**กิจกรรมที่ 3** ศึกษาสัดส่วนของวัสดุผสมที่เหมาะสมโดยการทดลองแบบสดมภ์

**ตอนที่ 1** ศึกษาความสามารถในการซึมผ่านวัสดุผสมของสารละลายโลหะหนัก

ในการสร้าง PRB นอกจากประสิทธิภาพในการบำบัด ความสามารถในการให้น้ำซึม

ผ่านได้ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญ โดยส่วนใหญ่โครงสร้างของ PRB จึงประกอบด้วยทรายเพื่อให้มีการซึมผ่านที่ดี ในกิจกรรมนี้จะทำการปรับสัดส่วนของวัสดุที่ได้ข้อมูลจากกิจกรรมที่ 2 กับทรายที่เหมาะสม เพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของวัสดุผสมโดยวิธี Constant head test

### **ตอนที่ 2** ศึกษาความสามารถในการดูดซับของ Reactive media โดยการทดสอบแบบสดมภ์

ในการประยุกต์ใช้ PRB จริงในสนาม พารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่า Residence time กล่าวคือ สารปนเปื้อนต้องมีระยะเวลาที่มากพอที่จะทำปฏิกิริยากับ Reactive media เพื่อให้เกิดการดูดซับที่สมบูรณ์ ดังนั้น PRB จะต้องมีความยาวมากพอสำหรับอัตราการไหลของน้ำใต้ดินหนึ่งๆ ในการทดสอบแบบสดมภ์นี้จะศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุผสม Reactive media และทรายสำหรับการบำบัดสารละลายสังกะสีและตะกั่ว โดยใช้ความยาวของสดมภ์เท่ากับ 50 cm ซึ่งเป็นความหนาของ PRB ที่ใช้กันทั่วไปในสนาม แล้วทำการปรับเปลี่ยนค่าอัตราการไหลเพื่อให้ได้ค่า Residence time ที่เหมาะสม

การทดลองแบบสดมภ์ทำได้โดยการนำน้ำปนเปื้อนสังเคราะห์ที่ต้องการศึกษาที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น  $C_0$  มาไหลผ่าน Reactive media แล้วทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ไหลผ่านออกมาเพื่อนำไปหาความเข้มข้นของสารปนเปื้อนเมื่อเวลาผ่านไป  $C_t$  การทดลองจะทำต่อเนื่องนานพอที่จะทำให้การดูดซับโลหะหนักของ Reactive media ถึงค่าสูงสุด (Cation exchange capacity) กล่าวคือเริ่มมี Breakthrough ของโลหะหนักออกมาที่ท้ายน้ำ ลักษณะการทดลองแบบสดมภ์นี้จะต้องมีการสุ่มตัวอย่างสารละลายที่ไหลผ่านออกมาไปทดสอบหาความเข้มข้น ดังนั้นจำนวนครั้งในการทดสอบจะมีมาก

### **กิจกรรมที่ 4** ศึกษาและตรวจสอบความสามารถในการบำบัดของวัสดุในสดมภ์และสนามโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

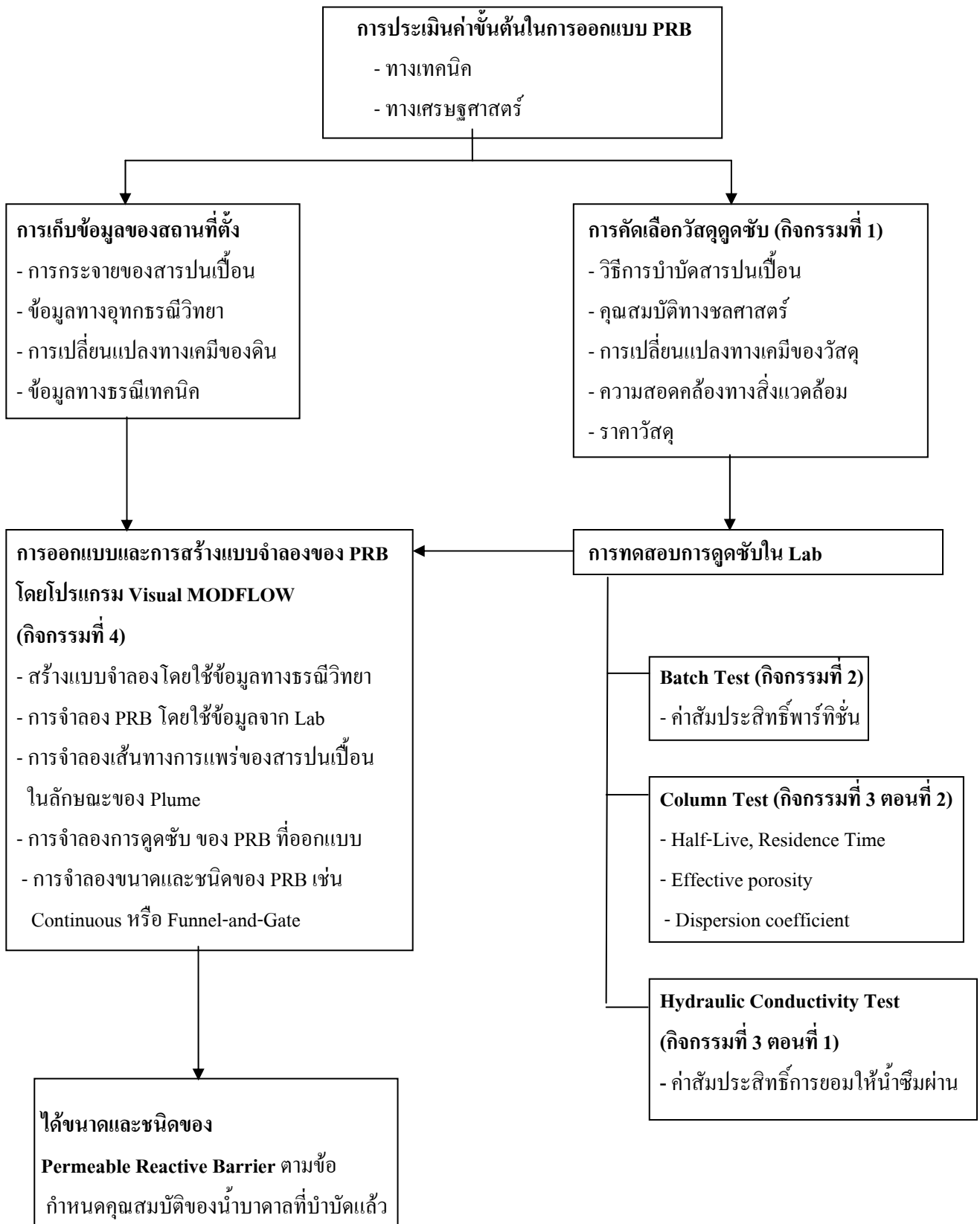
#### **ตอนที่ 1** การตรวจสอบกลไกการดูดซับจากผลการทดสอบแบบสดมภ์

ผลการทดสอบแบบสดมภ์ทั้งหมดในรูปของความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักที่ไหลผ่านสดมภ์เทียบกับเวลา จะถูกนำมา Fit กับสมการการเคลื่อนที่ของสารละลายเพื่อหากลไกการดูดซับของวัสดุผสมกับตะกั่วและสังกะสีโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

#### **ตอนที่ 2** การตรวจสอบประสิทธิภาพของ PRB ในสนามโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เพื่อตรวจสอบว่าวัสดุผสมที่ศึกษาจะมีประสิทธิภาพอย่างไรเมื่อถูกนำไปใช้ในสนาม การศึกษาครั้งนี้จึงจะจำลอง PRB โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยตัวแปรที่สนใจคือ ความกว้างของ PRB, ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะหนัก, Breakthrough time, ชนิดของ Reactive media โดยใช้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองจากกิจกรรมที่ 2 และ 3 โดยใช้ Software: VisualModflow

ซึ่งจากกิจกรรมการทดลองทั้งหมดจะทำให้ทราบวัสดุที่เหมาะสมที่จะใช้สร้าง PRB เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในภาคสนามได้ โดยมี Conceptual framework ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 Conceptual framework ของกระบวนการวิจัย

## ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลา 2 ปี ต.ค. 52 – ก.ย. 54

## สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>1. งบบุคลากร</b>	
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย 2 คน (น.ศ. ปริญญาโทอัตราเงินเดือน 5,000 บาท/คน 12 เดือน)	120,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
<b>2.1 ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ</b>	
2.1.1 ค่าตอบแทน (ค่าล่วงเวลาเดือนละ 4,000 บาท 12 เดือน)	48,000
2.1.2 ค่าใช้สอย	
1) ค่าเดินทางเพื่อสืบค้นข้อมูล	10,000
2) ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์	20,000
3) ค่าใช้ห้องปฏิบัติการ	10,000
4) ค่าจ้างสร้างและติดตั้งชุดทดลองแบบสดมภ์	50,000
5) ค่าใช้จ่ายในการเข้าร่วมประชุมวิชาการ	20,000
6) ค่าใช้จ่ายในการถ่ายทอดเทคโนโลยี	-
2.1.3 ค่าวัสดุ	
1) วัสดุสำนักงาน	5,000
2) วัสดุเชื้อเพลิงและหล่อลื่น เช่น แก๊สสำหรับวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS	20,000
3) วัสดุโฆษณาและเผยแพร่	-
4) วัสดุหนังสือ วารสารและตำรา	5,000
5) วัสดุเครื่องแก้ว	20,000
6) วัสดุสารเคมี	20,000
<b>รวม</b>	<b>348,000</b>

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

**ชื่อโครงการวิจัย** การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบเฝ้าตรวจวัดระดับน้ำในคลองเปิดแบบ  
ประมวลผลเวลาจริงผ่านเว็บ โดยใช้เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่พัฒนาขึ้นเอง  
Design and Development of Prototype Systems for Web-based Real-time Water  
Level Monitoring of Open Channel using Self-Development Wireless Sensor  
Networks

### **ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย**

อำเภอหาดใหญ่เป็นชุมชนขนาดใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่ของกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในด้านเศรษฐกิจ และการท่องเที่ยว เป็นทั้งศูนย์กลางทางธุรกิจหลายประเภท และยังเป็นจุดรวมนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติที่จะเดินทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆในประเทศไทย ดังนั้นเมื่อเกิดอุทกภัยทำให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิต และทรัพย์สิน โอกาสในการดำเนินธุรกิจ และค่าใช้จ่ายในการบูรณะซ่อมแซมสิ่งต่างๆนับเป็นมูลค่ามหาศาลเนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ของที่ตั้งอำเภอหาดใหญ่ และสาเหตุของการเกิดภัยธรรมชาติ จึงทำให้ไม่อาจหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดอุทกภัยขึ้นอีกได้

สำหรับระบบเตือนภัยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังไม่ครอบคลุมทั่วทั้งลุ่มน้ำ ด้วยเหตุนี้จึงเห็นได้ว่า อุทกภัยที่เกิดขึ้นเมื่อเดือนพฤศจิกายนปี พ.ศ. 2543 จึงเกิดความเสียหายมหาศาล ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบเฝ้าตรวจวัดระดับน้ำในคลองเปิด โดยและรวมข้อมูลของระดับน้ำตามจุดต่างๆที่ตรวจวัดโดยเครื่องมือต้นแบบที่พัฒนาขึ้นเองในโครงการวิจัยย่อยที่ 1 และทำการประมวลผลแบบเวลาจริงจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ระดับน้ำในรางเปิดที่จำลองเป็นลักษณะของคลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่พัฒนาขึ้นเองดังในโครงการวิจัยย่อยที่ 2

จากนั้นข้อมูลระดับน้ำในแต่ละจุดจะถูกแสดงผลผ่านทางเว็บเพื่อสามารถแจ้งเตือนภัยล่วงหน้าแก่ประชาชนเพื่อเตรียมตัวในการรับสถานะน้ำท่วมได้จะช่วยบรรเทาความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ โดยโครงการวิจัยนี้ยังเป็นการศึกษาเฉพาะในห้องปฏิบัติการเท่านั้น และได้มีการคำนึงถึงการพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับเซนเซอร์โหนดในโครงการวิจัยย่อยที่ 3 เพื่อทำให้ระบบต้นแบบเฝ้าตรวจวัดระดับน้ำในคลองเปิดเป็นโครงการวิจัยเชิงบูรณาการได้อย่างสมบูรณ์แบบที่สุด และสามารถนำผลวิจัยที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในระบบจริงได้

### **วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**

เพื่อให้ได้ระบบต้นแบบในการเฝ้าตรวจวัดระดับน้ำในคลองเปิดแบบประมวลผลเวลาจริงผ่านเว็บ โดยใช้เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่วิจัยขึ้น เพื่อใช้ในการทำนาย และเตือนภัยอุทกภัยที่จะเกิดขึ้น รวมทั้งยังสามารถนำระบบต้นแบบดังกล่าวมาใช้ในการบันทึกระดับน้ำขึ้นลง (Tidal recorder) เพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วย

แปรต่างๆในเชิงวิศวกรรมศาสตร์อย่างเช่นการพัดพาตะกอนชายฝั่ง การกัดเซาะชายฝั่ง การประมง การเดินเรือ เป็นต้น ได้อีกด้วย

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. เป็นการพัฒนา และออกแบบระบบต้นแบบสำหรับการเฝ้าตรวจวัดระดับน้ำในคลองเปิดแบบประมวลผลเวลาจริงผ่านเว็บโดยใช้เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่พัฒนาขึ้นเองในห้องปฏิบัติการ
2. สามารถแสดงค่าระดับน้ำในแต่ละจุดตรวจวัดแบบประมวลผลเวลาจริงผ่านเว็บและสามารถส่งผ่านข้อมูลไปยังโทรศัพท์มือถือได้อีกด้วย พร้อมกับผู้ใช้โทรศัพท์มือถือสามารถโทรศัพท์เข้ามาตรวจสอบได้อีกด้วย
3. เป็นระบบการเฝ้าตรวจวัดระดับน้ำต้นแบบที่ไว้รองรับในการเชื่อมโยงกับเครือข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (GSM network) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และทำนายสถานะการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ได้

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เหตุผลและประโยชน์ของโครงการที่เสนอ
  - 1.1 เป็นการพัฒนาระบบต้นแบบในการเฝ้าตรวจวัดระดับน้ำในคลองเปิดแบบประมวลผลเวลาจริงผ่านเว็บในห้องปฏิบัติการเพื่อสามารถประยุกต์ใช้ในสภาพจริงของคลองเปิดได้เพื่อช่วยให้สามารถประเมินสถานการณ์ในการเกิดอุทกภัยทำให้ประชาชนสามารถจัดการขนย้ายสิ่งของ ทรัพย์สินได้ทันก่อนที่จะสร้างความเสียหาย เพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตและสังคมซึ่งจะช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประเทศไทย
  - 1.2 เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีภายในประเทศ ทำให้สามารถพัฒนาระบบที่มีราคาถูกใช้งานง่ายสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และยังเป็นทางเลือกการนำเข้าระบบที่มีราคาแพงมาจากต่างประเทศ
  - 1.3 ได้ศึกษาและพัฒนาระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเอง ดังนั้นจึงทำให้นักวิชาการ และนักวิจัยที่สนใจสามารถนำระบบนี้ไปศึกษาต่อยอดเพื่อให้ได้องค์ความรู้ใหม่ๆในการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศได้ต่อไป
2. ประเภทและจำนวนของกลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์จากโครงการ
  - 2.1 ผลจากการพัฒนาระบบต้นแบบดังกล่าว จะมีประโยชน์ต่อประชาชนผู้อยู่อาศัย
  - 2.2 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำระบบต้นแบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆที่เกี่ยวข้องได้อีกทางหนึ่ง
  - 2.3 นอกจากนี่ยระบบต้นแบบดังกล่าวยังสามารถนำไปประยุกต์กับงานวิศวกรรมด้านอื่นๆ ได้ใน



อนาคต หากมีการค้นคว้าวิจัยและศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในการเฝ้าตรวจวัดตัวแปรอื่นๆ อย่างเช่น อัตราการไหลของน้ำ ความดัน เป็นต้น โดยใช้องค์ความรู้ในการประมวลผลสัญญาณแบบรวมข้อมูล (Data fusion) จากเซนเซอร์หลากหลายชนิด

3. สามารถที่จะเป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงสำหรับการเตือนภัยในอนาคต

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยจะทำให้ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และภาควิชาวิศวกรรมโยธา โดยจะนำต้นแบบของเซนเซอร์โหนดแบบไร้สายที่ได้เข้าไปแทนชุดเซนเซอร์ไร้สาย Mica ที่ได้จัดซื้อมา ทำการทดสอบระบบทั้งหมด วิเคราะห์การใช้พลังงาน ประสิทธิภาพของโดยรวมของระบบเครือข่าย ต้นทุนการผลิตต้นแบบ และจัดทำรายงานคู่มือการออกแบบและการใช้งาน โดยมีรายละเอียดที่ต้องศึกษาดังนี้

1. ศึกษาและหาวิธีที่ช่วยลดผลกระทบต่างๆจากการส่งข้อมูลระหว่างต้นแบบเซนเซอร์โหนดกับสถานีฐาน
2. ออกแบบอัลกอริทึมทาง DSP เพื่อชดเชยผลตอบสนองของเครื่องมือวัดต้นแบบในต้นแบบเซนเซอร์โหนด สถานีฐาน หรือ หน่วยประมวลผลกลาง
3. ออกแบบอัลกอริทึมทาง DSP เพื่อประเมินและคาดเดาค่าที่ขาดหายไปในช่วงการตรวจวัดของเครื่องมือวัดต้นแบบในสถานีฐาน หรือหน่วยประมวลผลกลาง
4. ทดลองการใช้พลังงาน โดยการหาอัตราการสูญเสียพลังงานในขณะที่การส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน
5. ศึกษาการประหยัดพลังงานโดยวิธีการอัลกอริทึมทาง DSP ให้เหมาะสมกับการส่งข้อมูล
6. ทดลองโดยใช้ PC เป็นสถานีฐานเพื่อทำหน้าที่เชื่อมต่อต้นแบบเซนเซอร์โหนดกับหน่วยประมวลผลกลาง
7. ออกแบบการคำนวณแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับวิเคราะห์สถานการณ์ที่จะเกิดอุทกภัยบนสถานีฐานก่อนส่งไปยัง Main server
8. ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือน (Virtual Instrument) สำหรับตรวจวัดระดับน้ำแล้วรายงานในรูปแบบของข้อมูล HTML ที่ Main server และส่งสัญญาณเตือนไปยังผู้ใช้
9. ออกแบบระบบที่ผู้ใช้โทรศัพท์มือถือสามารถโทรศัพท์เข้ายังหน่วยประมวลผลกลาง

### สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

การดำเนินงานวิจัยจะทำให้ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**ระยะเวลาทำการวิจัย**

ระยะเวลาในการทำวิจัย: 1 ปี (ต.ค. 52 – ก.ย. 53)

**รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553**

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	
	(6เดือนแรก)	(6 เดือนหลัง)
<b>1. งบบุคลากร</b>		
- ค่าจ้างนักศึกษาปริญญาโท 1 คนอัตรา 5,000 บาทต่อเดือนเป็นเวลา 12 เดือน	30,000.-	30,000.-
- ค่าจ้างนักศึกษาปริญญาตรี 1 คนอัตรา 3,000 บาทต่อเดือน เป็นเวลา 12 เดือน	18,000.-	18,000.-
- ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย 1 คนอัตรา 2,000 บาทต่อเดือนเป็นเวลา 12 เดือน	12,000.-	12,000.-
<b>2. งบดำเนินการ</b>		
<b>2.1 ค่าใช้สอย</b>		
- ค่าใช้จ่ายสำหรับการทดสอบภาคในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา	15,000.-	15,000.-
- ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพื่อดูงานและเข้าประชุมวิชาการจำนวน 2 คนคนละ 10,000 บาท	10,000.-	10,000.-
- ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	-	20,000.-
- ค่าจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	-	5,000.-
<b>2.2 ค่าวัสดุ</b>		
- ค่าวัสดุสำนักงาน	5,000.-	5,000.-
- อุปกรณ์สำรองไฟ	5,000.-	-
- ค่าวัสดุอิเล็กทรอนิกส์	60,000.-	-
- ค่า PCB	30,000.-	-
- ค่าหนังสือ	10,000.-	-
- ค่าสาธารณูปโภค	10,000.-	10,000.-
<b>3. งบลงทุน</b>		
ค่าครุภัณฑ์ที่จำเป็น		
- เครื่องคอมพิวเตอร์ความเร็วสูง 3 เครื่อง	90,000.-	-
- ชุด Wireless LAN 3 ตัว	30,000.-	-
- โทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถรองรับการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต 1 เครื่อง	30,000.-	-
- ค่าเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ 1,000 บาท/เดือน *12 เดือน	6,000.-	6,000.-
<b>รวม</b>	361,000	131,000
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>492,000</b>	

หมายเหตุ ขอล้างเงินในทุกรายการ

## ชื่อโครงการวิจัย การตรวจสอบชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอม

Classifying Young Aromatic Coconuts Flesh

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะพร้าว น้ำหอม เป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีการปลูกกันอย่างกว้างขวางในประเทศไทย เนื่องจากน้ำมะพร้าว และเนื้อมะพร้าว มีรสชาติหวานกลมกล่อม และมีกลิ่นหอมชื่นใจ ปัจจุบันจึงเป็นพืชที่นิยมบริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในประเทศไทย ก็นิยมรับประทาน นอกจากนี้ยังมีการส่งมะพร้าวออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศทั้งในรูปแบบผลสด และแปรรูปมูลค่าปีละหลายสิบล้านบาท[6] แต่ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของชาวสวนมะพร้าวคือ ปัญหาที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมีอยู่ 3 รูปแบบคือ มะพร้าวชั้นเดียว มะพร้าวชั้นครึ่ง และมะพร้าวเนื้อสองชั้น แต่มะพร้าวที่เป็นความต้องการของตลาดเหมาะสมกับการบริโภคคือมะพร้าวเนื้อสองชั้นเท่านั้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541) ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตชาวสวนจะสังเกตจากสีผลบริเวณรอยต่อผลกับชั้วผล ถ้าเห็นสีขาวเป็นวงกว้างแสดงว่ามะพร้าวอ่อนเกินไป แต่เมื่อสีขาวบริเวณรอยต่อเหลือเพียงเล็กน้อยแสดงว่าได้ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยที่ผลการจำแนกชั้นเนื้อมะพร้าวของชาวสวนผู้มีประสบการณ์สามารถจำแนกได้ถูกต้องเพียงประมาณ 30%[5] นราธร สังข์ประเสริฐ(2549)ได้ทำการนำเอาเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้ในการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอม โดยใช้ภาพถ่ายส่วนบนของมะพร้าวสามารถจำแนกได้ถูกต้อง 91.7% ซึ่งขั้นตอนในการจำแนกเริ่มจากตัดมะพร้าวออกจากต้นนำมาถ่ายภาพ จากนั้นนำภาพที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาคัดแยกชั้นเนื้อมะพร้าวได้ แต่ในกรณีที่มะพร้าวที่ตัดมามีเนื้อเยื่อไม่เหมาะสมกับการบริโภคต้องทิ้งไปทำให้เกิดการสูญเสีย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจทำการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอม โดยการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายบริเวณกัน ทำให้สามารถทำการทดสอบจากผลมะพร้าวบนต้นโดยตรง โดยที่ไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียผลมะพร้าว

### วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะสีภายนอกและสามารถจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนจากต้นมะพร้าวได้โดยตรง
2. เพื่อทำการปรับปรุงเทคโนโลยีการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน โดยไม่ทำลายและสูญเสียผลมะพร้าว
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวผลผลิตของชาวสวนและเพิ่มคุณภาพผลผลิตมะพร้าว น้ำหอม

## ขอบเขตของงานวิจัย

1. พันธุ์มะพร้าวที่ใช้ในการตรวจสอบใช้พันธุ์มะพร้าวน้ำหอมเปลือกสีเขียวกั้นจิบและสภาพผลไม่โดนทำลายจนไม่สามารถวิเคราะห์ลักษณะสีและรูปร่างได้
2. จำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมโดยการวิเคราะห์จากลักษณะสีภายนอกจากต้นมะพร้าวโดยตรง

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนได้จากต้นมะพร้าวโดยตรง
2. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมอ่อนของชาวสวนได้
3. เป็นแนวทางให้กับผู้ที่ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการคัดแยกพืชผลทางการเกษตรโดยไม่ทำลายผล

## วิธีการดำเนินการวิจัย

- ขั้นที่ 1: ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับ การแยกประเภทพืชผลทางการเกษตรด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ และบทความที่เกี่ยวข้อง
- ขั้นที่ 2: ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวอย่างของลูกมะพร้าว
- ขั้นที่ 3: ทำการออกแบบอัลกอริธึมเพื่อหาลักษณะเด่นและทำการแยกประเภทของลูกมะพร้าวน้ำหอมอ่อน
- ขั้นที่ 4: ทำการทดสอบและปรับปรุงแก้ไขอัลกอริธึม
- ขั้นที่ 5: ทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

## สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

## ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี คือ ตุลาคม 2552- กันยายน 2553

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน	
	6 เดือนแรก	6 เดือนหลัง
<b>1. งบบุคลากร</b>		
ค่าจ้างนักศึกษาปริญญาโท 1 คนอัตรา 7000 บาท/เดือน เวลา 12 เดือน	42,000	42,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>		
2.1 ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ		
2.1.1 ค่าตอบแทน	5,000	5,000
2.1.2 ค่าใช้สอย		
1) ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก ค่าพาหนะ	20,000	20,000
2) ค่าจ้างเหมาบริการ	5,000	10,000
3) ค่าใช้จ่ายในการสัมมนาและฝึกอบรม	10,000	10,000
4) ค่าใช้สอยอื่น ๆ	5,000	5,000
2.1.3 ค่าวัสดุ		
1) วัสดุสำนักงาน	4,000	5,000
2) ค่าวัสดุสำหรับทำชุดถ่ายภาพ	20,000	10,000
3) วัสดุโฆษณาและเผยแพร่	2,000	3,000
4) วัสดุหนังสือ วารสารและตำรา	3,000	2,000
5) ค่าวัสดุอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์	30,000	20,000
6) วัสดุอื่น ๆ	5,000	5,000
2.2 ค่าสาธารณูปโภค		
1) ค่าบริการด้านสื่อสารและโทรคมนาคม	2,000	2,000
รวม	153,000	139,000
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>292,000</b>	

หมายเหตุ : ตัวเฉลี่ยในทุกรายการ

**ชื่อโครงการ** การบำบัดและการนำน้ำเสียจากยางสกิมมาใช้ใหม่:กรณีศึกษาของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพและการระเหยแห้ง

Treatment and recycling of skim rubber wastewater: a case study of the utilization of biogas technology and evaporation

### ที่มาและความสำคัญ

กรรมวิธีการผลิตน้ำยางข้นของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นจะใช้วิธีการเซนตริฟิวจ์ โดยการผลิตจะเริ่มจากการรวบรวมน้ำยาง โดยโรงงานน้ำยางข้นจะรับน้ำยางดิบจากสวนเองและจากสวนข้างอื่น ในบางโรงงานจะมีการรับซื้อน้ำยางสดจากสวนยางในต่างจังหวัด อาจรับซื้อโดยตรงหรือรับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง ในการรวบรวมน้ำยางสดเพื่อส่งให้โรงงานจะมีการเติมสารละลายแอมโมเนียความเข้มข้น 10% ลงไปในน้ำยางดิบเพื่อรักษาคุณภาพน้ำยางไม่ให้บูดเน่าหรือจับตัวกันเป็นก้อน โดยเติมให้มีความเข้มข้นในช่วง 0.25-0.4% ของน้ำยางสด เมื่อน้ำยางสดส่งถึงโรงงานผลิตน้ำยางข้นจะผ่านการกรองด้วยตะแกรงขนาด 80 เมชลงสู่ถังรวบรวม จากนั้นจะมีการผ่านแก๊สแอมโมเนียสู่น้ำยางโดยให้มีความเข้มข้นเกินกว่า 0.4% ของน้ำยาง หลังจากนั้นจะมีการตรวจสอบปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางแล้วเติมสารเคมี (diamonium hydrogen phosphate : DAP) เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของสารประกอบแมกนีเซียมและสิ่งสกปรกต่าง ๆ จากนั้นจะเข้าสู่เครื่องปั่นน้ำยางความเร็วสูงหรือเครื่องเซนตริฟิวจ์ เพื่อแยกน้ำและสารอื่นที่อยู่ในน้ำยางออกไปบางส่วน น้ำยางที่ได้มาจากต้นยางพาราประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ อนุภาคเนื้อยางที่เป็นสารแขวนลอย (dispersed phase) กับส่วนที่เป็นน้ำซีรัมซึ่งเป็นเนื้อของเหลวที่ต่อเนื่อง (continuous phase) หน้าทีของเครื่องเซนตริฟิวจ์ คือ การแยกเนื้อทั้งสองของน้ำยางออกจากกัน โดยพยายามแยกเอาอนุภาคยางออกไปจากซีรัมให้ได้มากที่สุด ผลที่ได้จากการเซนตริฟิวจ์แล้ว คือ น้ำยางข้นและหางน้ำยาง ซึ่งหางน้ำยาง (skim latex) ก็จะถูกนำไปใช้ในการผลิตยางสกิมต่อไป

ดังนั้นยางสกิมเป็นยางธรรมชาติซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเซนตริฟิวจน์้ำยางสดให้กลายเป็นน้ำยางข้น โดยหางน้ำยางซึ่งเป็นวัตถุดิบของการทำยางสกิมนั้นปกติจะมีเนื้อยางอยู่ราว 4-8% DRC. (dry rubber content) หางน้ำยางที่ได้ อาจมีการไล่แอมโมเนียออกไปก่อนที่จะมีการเติมกรดซัลฟูริกในบ่อพักหางน้ำยางแล้วปล่อยให้เกิดการจับตัวของเนื้อยาง หลังจากนั้นจะทำการเก็บเกี่ยวเนื้อยางและนำเนื้อยางมารีดเพื่อกำจัดน้ำในเนื้อยางออกก่อนนำเสียดจากการแยกเนื้อยาง การล้างบ่อพักหางน้ำยาง และการรีดยาง จะถูกส่งไประบบบำบัดน้ำเสยรวมเพื่อบำบัดร่วมกับน้ำเสียจากการปั่นน้ำยางข้นต่อไป(สมทิพย์ ด้านธีรวณิชย์ และคณะ, 2545)

จากการดำเนินการดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าของเหลว/น้ำเสียที่ได้จากการผลิตยางสกิมนั้นจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นซีรัมจำนวนมากและจากรายงานผลการศึกษาคูณสมบัติของน้ำซีรัมของน้ำยางพบว่าในน้ำซีรัมมีส่วนประกอบของสารอาหารหลายประเภทด้วยกันเช่น สารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและกรดอะมิโนซึ่งสารเหล่านี้สามารถเป็นอาหารที่สำคัญของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ น้ำชีรั่มยังมีสารอื่นๆที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ตัวอย่างเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โซเดียม แมกนีเซียม เป็นต้น (สมทิพย์ คำนธิรวนิชย์ และคณะ, 2545)

ดังนั้น น้ำเสียจากขางสกิมจึงประกอบด้วยสารอาหารที่ยังมีประโยชน์ โดยเฉพาะในประเด็นขององค์ประกอบของธาตุอาหารพืชเพราะประกอบด้วยน้ำชีรั่มเป็นหลัก และหากมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการนำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขางสกิมมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะการทำให้เป็นปุ๋ยก็จะก่อให้เกิดประโยชน์ได้ในด้านการใช้ธาตุอาหารพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการสร้างมูลค่าจาก by product หรือน้ำเสียดังกล่าวได้ รวมทั้งช่วยแก้ปัญหามลพิษทางน้ำที่จะเกิดขึ้นจากโรงงานขางสกิม ภายใต้นโยบายดังกล่าวประกอบกับจากสภาพที่เป็นจริง อุตสาหกรรมขางสกิมที่ผลิตน้ำขางขุ่นนั้นมิได้มีการผลิตน้ำขางขุ่นหรือขางสกิมอย่างเดียว แต่ยังมีการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นร่วมด้วยเช่นการผลิตขางแผ่นรมควันหรือขางแห้ง ซึ่งการผลิตขางเหล่านี้ล้วนมีการใช้พลังงานความร้อนในการอบขาง และส่วนใหญ่มิได้มีการสูญเสียพลังงานความร้อนไปอย่างเปล่าประโยชน์ ดังนั้นหากมีการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากร้อนเหล่านี้ไปสู่การระเหยแห้งน้ำเสียจากขางสกิม และก่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ชีรั่มแห้งที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเป็นปุ๋ยได้ต่อไป รวมทั้งยังก่อให้เกิดการใช้พลังงานที่ต้องสูญเสียจากการผลิตให้เกิดประโยชน์ได้มากขึ้นด้วย

อนึ่งด้วยน้ำเสียดังกล่าวมีสารประกอบต่าง ๆ อยู่ทั้งในรูปสารละลายและไม่ละลาย แนวทางการ recovery น้ำเสียจากขางสกิม นอกจากแนวความคิดการใช้เทคโนโลยีการระเหยแห้งดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังน่าจะสามารถใช้หลักการของ bioconversion ได้ด้วย เนื่องจากน้ำเสียมีค่าสารอินทรีย์สูงมาก และในปัจจุบันได้มีองค์ความรู้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำขางขุ่นโดยใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ (biogas) มากขึ้น ประกอบกับในปัจจุบันความต้องการพลังงานทดแทนกำลังเป็นประเด็นสำคัญในทุกภาคส่วน ดังนั้นการใช้พลังงานจากbiogasจากน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงๆจึงเป็นประเด็นที่ควรพัฒนา รวมทั้งในกรณีของน้ำเสียจากการผลิตขางสกิม น้ำเสียจากการกระบวนการผลิตขางสกิมมีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง จึงมีศักยภาพสูงในการนำไปผลิตbiogas ได้ และหากใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพนอกจากได้ก๊าซชีวภาพแล้ว ในขณะเดียวกันยังเกิดการบำบัดน้ำเสียที่สามารถช่วยลดค่ามลพิษในเทอมของสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ด้วย แต่ด้วยน้ำเสียจากขางสกิมยังประกอบด้วยซัลเฟตที่มีความเข้มข้นสูงด้วย ดังนั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการนำเฉพาะน้ำเสียจากกระบวนการทำขางสกิมมาบำบัดด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ การดำเนินการภายใต้แนวคิดนี้ย่อมจะทำให้เกิดระบบบำบัดด้วยเทคโนโลยีชีวภาพที่มีน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์และซัลเฟตสูง แต่ในเทอมของปริมาณไม่มากเหมือนการบำบัดน้ำเสียรวมจากกระบวนการปั่นขางน้ำขุ่นและขางสกิม จากแนวความคิดดำเนินการดังกล่าวจึงมีความจำเป็นที่ต้องทำการศึกษาวิจัยเพื่อหาคำตอบถึงกลไกและวิธีการบำบัดน้ำเสียจากขางสกิมดังกล่าวเพิ่มเติม

ฉะนั้น ในโครงการวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการศึกษาถึงวิธีการบำบัดน้ำเสียและการนำน้ำเสียจากขางสกิมมาใช้ใหม่ภายใต้การประยุกต์ใช้ของเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพและการระเหยแห้ง ซึ่งการใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงระบบ pretreatment ทางกายภาพและเคมีที่อาจต้องดำเนินการสำหรับลดค่า

ซัลเฟตในน้ำเสียก่อนการบำบัดทางชีววิธี เนื่องจากน้ำเสียนี้มีค่าซัลเฟตที่สูงมากทั้งนี้ เพื่อเป็นการหาคำตอบของความเป็นไปได้และทางเลือกของเทคโนโลยีสำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมยาง

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

การประเมินศักยภาพการบำบัดและนำกลับมาใช้ใหม่ของน้ำเสียจากยางสกิมในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาอัตราการเกิดน้ำเสียจากยางสกิม และคุณลักษณะทางกายภาพ และเคมี ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ยางสกิม
2. ศึกษาการทำซีรัมแห้งเพื่อใช้ประโยชน์ในการเป็นปุ๋ยแห้ง โดยศึกษารอบคลุมถึงรูปแบบและเงื่อนไขของการระเหยแห้งของน้ำเสียจากยางสกิม และศึกษา คุณลักษณะทางกายภาพ และเคมี (สารอาหาร) ในของแข็งที่ได้จากการระเหยแห้งจากน้ำเสียจากยางสกิม
3. ศึกษาถึงผลของการบำบัดน้ำเสียจากยางสกิมโดยใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ และข้อจำกัดจากอินทรีย์สารและซัลเฟตที่มีค่าสูง
4. ศึกษาถึงผลของการบำบัดน้ำเสียจากยางสกิมเบื้องต้นด้วยวิธีทางเคมีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดต่อด้วยระบบเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ เพื่อช่วยลดค่าซัลเฟต

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้มีกรอบการวิจัย มุ่งเน้นเพื่อศึกษาถึงอัตราการผลิตน้ำเสียจากยางสกิม การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ และเคมี ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางสกิมของโรงงานน้ำยางชั้น พร้อมทำการทดลอง โดยการใช้น้ำเสียจากกระบวนการระเหยแห้ง เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพและการลดค่าซัลเฟตด้วยการบำบัดเบื้องต้นด้วยวิธีทางเคมี โดยมีเป้าหมายในการศึกษาถึงศักยภาพการนำสารอาหารในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางสกิมมาเพื่อใช้ประโยชน์ภายใต้แนวทางเทคโนโลยีดังกล่าวข้างต้น ข้อมูลที่ศึกษาได้จะนำไปประมวลผลและสรุปถึงแนวทางการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อไป

### วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้สถานที่ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการทดลองของคณะวิศวกรรมศาสตร์ และทำการศึกษาปริมาณอัตราการผลิตน้ำเสียจากยางสกิม ในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางชั้นในจังหวัดสงขลา จำนวน 5-7 แห่ง การดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- 1) การศึกษาคุณลักษณะและประเมินอัตราการเกิดน้ำเสียจากยางสกิมของโรงงานน้ำยางชั้น เพื่อใช้ประเมินถึงข้อมูลทางวิศวกรรมศาสตร์ในการบำบัดและนำน้ำเสียดังกล่าวมาใช้ใหม่ รวมถึงการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษาคูณลักษณะทางกายภาพ เคมี ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางสกิม โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากยางสกิมแบบ grab sample จากโรงงานน้ำยางชั้นที่ตั้งอยู่ในจังหวัดสงขลา จำนวน 5-7 โรงงาน



เพื่อนำไปวิเคราะห์หาตัวแปรต่างๆ คือ pH, temperature, TS, TDS, SS, COD, BOD, TKN, NH<sub>3</sub>-N, Org-N, TP, Mg, Zn และ ซัลเฟต โดยตัวอย่างน้ำเสียจากยางสกิมจะมีการตรวจหาค่า pH และอุณหภูมิ ในภาคสนาม และตัวแปรคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ได้มีการวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีการวิเคราะห์อันเป็นไปตามวิธีของ Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, and WPCF, 1995)

2) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการระเหยแห้งในการทำซีรัมแห้งจากน้ำเสียจากยางสกิมเพื่อใช้เป็นปุ๋ย การศึกษาการระเหยแห้งจะเก็บน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางสกิมจากโรงงานน้ำยางข้นซึ่งเป็นตัวอย่งน้ำเสียเดียวกันกับการทดลองบำบัดทางชีวภาพด้วยเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ และการลดค่าซัลเฟตด้วยวิธีทางเคมี โดยเก็บรักษาสภาพน้ำตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 °C จากนั้นนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการของคณะเพื่อศึกษาการระเหยแห้ง ในการระเหยแห้งจะทำภายใต้การใช้ความร้อนใน 3 รูปแบบ คือ การใช้ความร้อนทางตรง (อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 และ 70 °C ) การใช้ความร้อนทางอ้อม(การระเหยโดยการอังไอน้ำ) และการตากแดด ซึ่งได้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1เงื่อนไขการทดลองโดยการระเหยด้วยความร้อน

ชุดการทดลอง	เงื่อนไขการทดลอง	
	ตัวอย่างที่ใช้ในการระเหย	เงื่อนไขการระเหย
1	น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางสกิม	ระเหยโดยอบในตู้อบอุณหภูมิ 100°C
2		ระเหยโดยอบในตู้อบอุณหภูมิ 70°C
3		ระเหยโดยการอังด้วยไอน้ำ
4		ระเหยโดยการตากแดด

ในขั้นตอนการศึกษาครั้งนี้จะใช้ภาชนะในการระเหยที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน คือ ถาดขนาด 16×11×2.5 นิ้ว และใส่น้ำเสียปริมาตร 1 ลิตรก่อนนำไปให้ความร้อน โดยในขณะที่มีการอบแห้งจะทำการจับเวลา เพื่อคู่อัตราการระเหยแห้ง ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการระเหยแห้งด้วยความร้อนในวิธีต่างๆ แล้วจะได้ตัวอย่างแห้งที่เป็นของแข็ง จะนำของแข็งในแต่ละส่วนมาตรวจวัดพารามิเตอร์ ดังนี้ VS, Ash, TKN, TP, TK, Zn, Mg และ pH จากนั้นศึกษาลักษณะทางกายภาพของของแข็งที่ระเหยได้ เช่น ลักษณะสีและความร่วนซุยของของแข็ง และนำตัวอย่างของแข็งที่ระเหยได้ไปทดสอบการละลาย โดยนำตัวอย่างของแข็ง 2 g ผสมในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง GF/C และเก็บของเหลวที่ผ่านการกรองนำมาวิเคราะห์หาค่า COD, TP, TN,TK, Mg, Zn, pH และTDS โดยมีการวิเคราะห์อันเป็นไปตามวิธีของ Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, and WPCF, 1995)

3)การบำบัดน้ำเสียจากยางสกิมเบื้องต้นเพื่อลดค่าซัลเฟตโดยวิธีทางเคมี ทำการทดลองในลักษณะ batch test ในภาชนะทดสอบขนาด 1-2 ลิตร เพื่อหาเงื่อนไขการลดค่าซัลเฟตที่ดีที่สุด ภายใต้

ปฏิกิริยา precipitation กับ แคลเซียมในปุนขาว และเกลือของแบเรียม เพื่อให้ทราบ dose ที่ต้องการ การทดสอบที่จะดำเนินการจะทดสอบที่ความเข้มข้นของซัลเฟตในน้ำเสีย 5 ช่วงความเข้มข้นและใช้ ความเข้มข้นของปุนขาวและเกลือของแบเรียม ในช่วง 3-5 ความเข้มข้น รวมทั้งมีการทดสอบการใช้ปุนขาวรวมกับเกลือของแบเรียม การทดสอบดำเนินการที่HRT(hydraulic retention time)ที่ 3 ช่วงเวลา ทำการเก็บตัวอย่างก่อนและหลังเพื่อวิเคราะห์ค่า COD, Mg, Zn, pH และซัลเฟต โดยมีการวิเคราะห์อันเป็นไปตามวิธีของ Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, and WPCF, 1995)

เมื่อได้เงื่อนไขการใช้สารเคมีในการลดค่าซัลเฟตในช่วงที่ดีที่สุด พร้อมHRTที่ดีที่สุดแล้ว ก็ทำการทดลองระบบแบบsemi-continuous process โดยขยายระบบการผสมและการเกิดปฏิกิริยาให้มีขนาดใหญ่ขึ้นโดยใช้reactor ขนาด ไม่ต่ำกว่า 25 ลิตร ทำการเก็บตัวอย่างก่อนและหลังเพื่อวิเคราะห์ค่า COD, Mg, Zn, pH และซัลเฟต โดยมีการวิเคราะห์อันเป็นไปตามวิธีของ Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, and WPCF, 1995) นอกจากนี้ทำการประเมินคุณลักษณะกากตะกอนที่เกิดขึ้นและศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมี โดยวิเคราะห์ค่า Mg, Zn, Ba รวมถึงนำตัวอย่างแห้งไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence (XRF) เพื่อศึกษาถึงสารประกอบภายในกากตะกอน โดยส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และทดสอบด้วยการสกัดด้วยน้ำ โดยนำตัวอย่างกากตะกอนแห้งตัวอย่างละ 2 กรัมเติมน้ำกลั่นจำนวน 100 ml นำไปเขย่าในเครื่องเขย่าสารที่อุณหภูมิห้องนาน 0, 2, 4, และ 6 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง GF/C ของเหลวที่สกัดได้นำไปวิเคราะห์ค่า pH, Mg, Ba และ Zn ข้อมูลที่ได้นำมาศึกษาถึงอัตราการชะล้างออกของธาตุต่าง ๆ จากกากตะกอน อนึ่งวิธีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ จะใช้ตามวิธีของ Official Methods of The Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) และ Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, and WFF, 1992) และ Methods of Soil Analysis Part 2 : Chemical and Microbiological Properties ( Page, A.L., et al, 1982) สำหรับ Mg และ Zn จะใช้วิธีการวิเคราะห์ก็คือ EDTD Titration Method และ Atomic Absorption Spectrophotometric Method ตามลำดับ

4) การบำบัดน้ำเสียและนำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางสกิมมาใช้ใหม่ด้วยเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ ก่อนการนำมาศึกษาต้องปรับพีเอชของน้ำตัวอย่างให้เป็นกลางด้วย NaOH ทำการทดลองในลักษณะ small experiment โดยใช้reactor ขนาดประมาณ 20-40 ลิตรที่เป็นระบบปิดและติดตั้งระบบวัดปริมาณbiogas ที่เกิดขึ้นด้วย การทดลองที่จะดำเนินการจะทดสอบที่ความเข้มข้นของซัลเฟตและ สารอินทรีย์ในทอม COD ในน้ำเสียเข้าระบบอย่างละ 5 ช่วงความเข้มข้น ( อัตราส่วนCOD:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 5 ค่า) โดยการเตรียมน้ำเสียจะใช้น้ำเสียจากยางสกิมเป็นหลักและปรับค่าอัตราส่วนCOD:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> โดยผสมกับน้ำเสียจากการปั่นน้ำยางข้น (น้ำเสียจากการปั่นยางมีค่า COD สูงแต่ค่าซัลเฟตต่ำกว่าน้ำเสียจากยางสกิม)และทดสอบที่ HRT ที่ 3 ช่วงเวลา( 20 30 และ 45วัน) แต่ละชุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างก่อนและหลังทุกๆ 5วัน เพื่อวิเคราะห์ค่า SCOD, pH, SS, temperature, alkalinity, VFA, NH<sub>3</sub>, TKN, ซัลไฟด์, H<sub>2</sub>S และซัลเฟต โดยมีการวิเคราะห์อันเป็นไปตามวิธีของ Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, and WPCF,

1995) และทำการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวัน โดยการแทนที่น้ำ รวมถึงมีการเก็บตัวอย่างbiogas เพื่อศึกษาถึง องค์ประกอบของก๊าซโดยเฉพาะก๊าซมีเทน โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่องGC (วิเคราะห์ในทุก ช่วง 10-20วันครั้ง) นอกจากนี้ทำการทดลองโดยป้อนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในข้อ3 ด้วยเพื่อเปรียบเทียบกับ ชุดควบคุมที่ใช้น้ำเสียจากยางสกิมที่ไม่ได้ผ่าน pretreatment ก่อน การดำเนินการเช่นเดียวกับข้างต้น

#### 5) การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการข้างต้น(ข้อมูลจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการและมูลค่าของก๊าซชีวภาพที่คาดว่าจะได้รับประเมินจากการใช้เป็นพลังงานไฟฟ้า)จะนำมาวิเคราะห์ทาง เศรษฐศาสตร์

#### ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

การวิจัยมีระยะเวลา 1.6 ปี ตั้งแต่ตุลาคม 2552 – มีนาคม 2554

รายละเอียดรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	ปีที่1 (บาท)	
	งวด 1	งวด 2
<b>1. งบบุคคลากร</b>		
- ค่าจ้างนักศึกษาระดับปริญญาโท 6,000 บาทต่อเดือน x 12 เดือน สำหรับช่วยทดลองงานวิเคราะห์ นำส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ และประมวลผลวิเคราะห์	36,000	36,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>		
<b>2.1 ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ</b>		
2.1.1 ค่าตอบแทน เช่น ค่าอาหารทำการนอกเวลา ค่าตอบแทนผู้ปฏิบัติงานให้ราชการ 100 วันต่อปี (วันละ 100 บาท)	5,000	5,000
2.1.2 ค่าใช้สอย เช่น		
1) ค่าเบี้ยเลี้ยง และค่าใช้ยานพาหนะเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำเสีย และสำรวจข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง (500 บาท/ครั้ง) รวม 30 ครั้ง	7,500	7,500
2) ค่าจ้างเหมาจ่ายสร้างระบบบำบัดระดับห้องปฏิบัติการ	20,000	-
3) ค่าใช้จ่ายในการร่วมประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยฯ	-	10,000
4) ค่าวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ และ วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของตะกอน เช่น สังกะสี แมกนีเซียม และ Ba เป็นต้น รวมประมาณ 45 ตัวอย่าง (ตัวอย่างละ 2,000 บาท)	35,000	55,000
7) ค่าจัดทำเล่มรายงานความก้าวหน้าและรายงานฉบับสมบูรณ์	1,250	3,250
8) ค่าซ่อมแซม และบำรุงรักษาครุภัณฑ์ ที่ขออนุเคราะห์ใช้จากห้องปฏิบัติการต้นสังกัดฯ	2,500	7,500
2.1.2 ค่าวัสดุ เช่น		
1) อุปกรณ์ประกอบระบบ ได้แก่ อุปกรณ์เก็บกักก๊าซ มิเตอร์วัดปริมาณก๊าซ และวัสดุทำระบบบำบัดฯ (เช่น วาล์ว ข้อต่อ สายยาง อะคริลิกใสเป็นแผ่น หรือท่อความหนาอย่างน้อย 1 ซม. เป็นต้น)	80,000	-
2) วัสดุสำนักงาน และค่าถ่ายเอกสาร	3,750	1,250
3) สารเคมีสำหรับวิเคราะห์พารามิเตอร์น้ำเสีย (ดังระบุไว้ในกระบวนการวิจัย) และค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการวิเคราะห์ และทดลองในระบบบำบัดฯ วัสดุในการทดลองระเหยแห้ง สเกลห้องปฏิบัติการฯ เช่น เครื่องแก้ว กรด-ด่าง กระจกกรอง สารออกซิไดซ์ สารสร้างตะกอน เป็นต้น	35,000	35,000
<b>2.2 ค่าสาธารณูปโภค เช่น</b>		
- ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์โทรเลข ค่าบริการด้านสื่อสารและโทรคมนาคม	2,000	2,000

รายการ	ปีที่1 (บาท)	
	งวด 1	งวด 2
<b>3. งบลงทุน ค่าครุภัณฑ์</b>		
- ป้อนสูบแบบรีด (Peristaltic Pump) ที่ต้องการเพิ่มเติม จำนวน 1 ตัว*	50,000	-
- เครื่องวัดค่า ORP พร้อมระบบที่สามารถส่งสัญญาณต่อเนื่อง เก็บข้อมูลในชุดเก็บผลและแสดงบนจอได้	30,000	-
รวม	308,000	162,500
<b>รวมทั้งสิ้น</b>	<b>470,500</b>	

## ชื่อโครงการวิจัย การใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นสำหรับการบำบัดดินในสวนปาล์มน้ำมัน

Utilization of concentrated latex wastewater for land application in oil palm plantation

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

อุตสาหกรรมน้ำยางข้นเป็นหนึ่งในกลุ่มอุตสาหกรรมยางแปรรูปที่มีการขยายตัวในพื้นที่จังหวัดสงขลา พัทลุง ตรัง สตูล สุราษฎร์ธานี และชุมพร เป็นต้น น้ำยางข้นเป็นสินค้าเศรษฐกิจและประเทศไทยก็เป็นผู้ผลิตและส่งออก น้ำยางข้น เป็นอันดับหนึ่งของโลก ทั้งนี้การขยายตัวของ การส่งออกนั้นเป็นเพราะน้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมปลายน้ำ อาทิ อุตสาหกรรมถุงมือยาง ถุงยางอนามัย การผลิตของเล่นเด็ก อุปกรณ์ทางการแพทย์ สิ่งทอ และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางพาราประเภทอื่นๆ เพื่อการส่งออก (สถานการณ์พืชเศรษฐกิจ/ยางพารา และผลิตภัณฑ์ยาง, 2549 อ้างอิงจาก [www.rakbankerd.com/agriculture/index.html](http://www.rakbankerd.com/agriculture/index.html))

โรงงานน้ำยางข้นเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญ ที่อาจสร้างปัญหาความเดือดร้อนรำคาญให้กับชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง โรงงานน้ำยางข้นเป็นโรงงานประเภทหนึ่งที่มีศักยภาพสูงที่มีโอกาสในการก่อให้ เกิดมลพิษทั้งทางน้ำ โดยมีแหล่งกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นและยางสกิม ระบบบำบัดน้ำเสียที่ โรงงานน้ำยางข้นในภาคใต้ใช้สำหรับบำบัดน้ำเสีย พบว่ามีทั้งระบบที่อาศัยการบำบัดโดยทางธรรมชาติเป็น หลัก และเป็นระบบการบำบัดระดับสูงซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีในการบำบัด จากข้อมูลดังกล่าวสามารถจัด กลุ่มประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นในภาคใต้ได้เป็น 3 กลุ่ม กล่าวคือ

- (1) กลุ่มที่มีการใช้ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) โดยมีบ่อไร้อากาศ บ่อมีอากาศ-ไร้อากาศ และบ่อมีอากาศ
- (2) กลุ่มที่มีการใช้ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) ร่วมกับบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)
- (3) กลุ่มที่มีการใช้ระบบบำบัดที่เป็นเทคโนโลยีสูงและอื่นๆ ซึ่งได้แก่การใช้ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) หรือ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) หรือการใช้วิธี Land Application ในการบำบัดขั้นหลัง

โรงงานน้ำยางข้นที่มีการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ land application ในภาคใต้มีอยู่ 2 โรงงาน โดยอยู่ที่จังหวัดกระบี่ 1 โรง และจังหวัดปัตตานี 1 โรง การดำเนินการดังกล่าวจะใช้พื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้ทางโรงงานจะมีการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพก่อนนําระบายสู่สวนปาล์มต่อไป (สมทิพย์ ด้านธีรวิชัย และคณะ, 2545) อนึ่งการดำเนินการบำบัดน้ำเสียบนดินดังกล่าว ของโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านมายังไม่มีผล การศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบที่เกิดขึ้น ยังไม่ทราบเงื่อนไขของการใช้งานทางเทคโนโลยีและ ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อดิน หรือ runoff และผลผลิตที่เพิ่มขึ้นในสวนปาล์มน้ำมัน คำถามเหล่านี้ล้วนเป็น คำถามที่เกิดขึ้นในโรงงานที่มีการดำเนินการใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นสู่สวนปาล์มน้ำมัน เพื่อให้ สามารถได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในการตอบคำถามดังกล่าว ตลอดจนทราบถึงเงื่อนไขหรือ ข้อจำกัดที่

เกิดขึ้นจากการใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นในสวนปาล์มน้ำมัน และเกิดการเชื่อมันในการใช้เทคโนโลยีการบำบัดแบบ land treatment ดังกล่าวและเกิดการขยายผลในพื้นที่ที่มีความพร้อมในการดำเนินการดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำโครงการวิจัยเรื่อง การใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นสำหรับการบำบัดดินในสวนปาล์มน้ำมัน เพื่อศึกษาให้ได้องค์ความรู้ดังกล่าว สำหรับการใช้งานในกลุ่มอุตสาหกรรมน้ำยางชั้นต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

การประเมินศักยภาพการบำบัดและนำกลับมาใช้ใหม่ของน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นสำหรับการบำบัดดินในสวนปาล์มน้ำมัน ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาเพื่อให้ได้ design criteria ของอัตราการเติมและช่วงเวลาการเติมน้ำเสียที่เหมาะสมจากโรงงานน้ำยางชั้นที่ผ่านการบำบัดทางชีวภาพเบื้องต้นแล้วต่อการบำบัดดินสำหรับสวนปาล์มน้ำมัน
2. ศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อดิน และ คุณลักษณะของ runoff ที่เกิดขึ้นจากการนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นสำหรับการบำบัดดินในสวนปาล์มน้ำมัน
3. ศึกษาถึงผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่เกิดจากการนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นสำหรับการบำบัดดินในสวนปาล์มน้ำมัน

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้มีกรอบการวิจัย มุ่งเน้นเพื่อศึกษาถึง design criteria ของอัตราการเติมและช่วงเวลาการเติมน้ำเสียที่เหมาะสมจากโรงงานน้ำยางชั้นที่ผ่านการบำบัดทางชีวภาพเบื้องต้นแล้วต่อการบำบัดดินสำหรับสวนปาล์มน้ำมัน พร้อมทั้งการศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อดิน และ คุณลักษณะของ runoff และผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่เกิดจากการนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นสำหรับการบำบัดดินในสวนปาล์มน้ำมัน การศึกษาดำเนินการในแปลงทดลองในสวนปาล์มในโรงงานน้ำยางชั้น ที่จังหวัดกระบี่ โดยมีเป้าหมายในการศึกษาถึงศักยภาพการบำบัดและนำกลับมาใช้ใหม่ของน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นสำหรับการบำบัดดินในสวนปาล์มน้ำมัน ข้อมูลที่ศึกษาได้จะนำไปประมวลผลและสรุปถึงแนวทางการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อไปสำหรับการจัดการน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียบนดินของน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นสำหรับสวนปาล์มน้ำมัน เพื่อใช้เป็นทางเลือก ในการจัดการน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น ซึ่งเป็นวิธีการอนุรักษ์ทรัพยากรในน้ำเสียของโรงงานน้ำยางชั้น (เช่น น้ำ สารอาหาร และสารอินทรีย์) เพื่อเสริมประสิทธิภาพของดิน และผลผลิตของปาล์มน้ำมันมากกว่าการทิ้งสู่ดินอย่างธรรมดา

- ผลสำเร็จของโครงการวิจัยนี้ จะเป็นแนวทางของการพัฒนาอย่างยั่งยืนภายใต้แนวคิดหลักของการนำกลับของเสียมาใช้ประโยชน์ (waste recovery and recycling) ของอุตสาหกรรมยางน้ำข้น นอกจากนี้งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งภายใต้แนวคิดของกระบวนการ green technology ที่สามารถเพิ่มมูลค่าของของเสียของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นได้มากขึ้น
- การผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท 1 คน
- จำนวนผลงานตีพิมพ์ระดับนานาชาติ จำนวน 1 ชิ้น
- จำนวนผลงานเสนอในที่ประชุมระดับชาติจำนวน 1 ชิ้น

### วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้สถานที่ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการทดลองของคณะวิศวกรรมศาสตร์ และทำการศึกษาดทดลองโดยใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นจากบริษัทวังศัณษิต จำกัด และสวนปาล์มน้ำมันของโรงงานดังกล่าวในจังหวัดกระบี่ การดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1) การศึกษาคุณลักษณะและประเมินปริมาณน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นทางชีวภาพแล้ว เพื่อใช้ประเมินถึงข้อมูลทางวิศวกรรมศาสตร์ในการบำบัดน้ำเสียบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน รวมถึงการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษาคูณลักษณะทางกายภาพ เคมี ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ซึ่งผ่านระบบการบำบัดทางชีวภาพแล้วของโรงงานที่ศึกษา โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานจำนวน 7-10 ตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาตัวแปรต่างๆ คือ pH, temperature, TS, TDS, SS, COD, BOD, TKN, NH<sub>3</sub>-N, Org-N, TP, Mg, Zn และ ซัลเฟต โดยตัวอย่างน้ำเสียจะมีการตรวจหาค่า pH และอุณหภูมิในภาคสนาม และตัวแปร คุณ ภาพ น้ำ ทาง กาย ภาพ และ เคมี ได้มีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีการวิเคราะห์อื่นเป็นไปตามวิธีของ Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, and WEF, 1995)

2) การทดลองโดยการเติมน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดแล้วสู่แปลงทดสอบในสวนปาล์มน้ำมันเพื่อศึกษาค่าการเติมน้ำเสียและช่วงเวลาการเติมน้ำเสียที่เหมาะสม

การศึกษาดำเนินการ โดยเตรียมแปลงสวนปาล์มน้ำมันของโรงงานที่ศึกษาจำนวน 10 แปลง ขนาดแปลงละ 3-5 ไร่ (ขนาดแปลงจะปรับเป็นไปตามสภาพพื้นที่ที่เป็นจริงของสวนปาล์ม โดยมีขนาดไม่น้อยกว่า 40X120 ตารางเมตรต่อแปลง) การทดลองจะใช้ระบบ land treatment แบบ slow rate /irrigation process ปรับความลาดชันของร่องใส่ น้ำ ในสวนแปลงทดสอบประมาณ 2-6% แต่ร่องน้ำมีความกว้าง 30-45 ซม. ลึกประมาณ 30 ซม. และที่ปลายแต่ละร่องน้ำจะมีร่องน้ำที่เป็น interceptor รวมของทุกร่องไว้ และต่อท่อเพื่อรับน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดแล้วโดยไม่มีการเจือจางน้ำเสียดังกล่าวลงแปลงปาล์มที่ศึกษา การให้น้ำเสียสู่แปลงทดลองใช้ 4 ช่วงของ organic loading ของน้ำเสีย ( คำนวณโดยใช้ฐานคิดจากอัตราการ



เดิมที่เป็น *weekly loading rate* ในช่วง 5-7 ชม. 10-13 ชม. 15-17 ชม. และ 20-23 ชม.) โดยมีการให้น้ำเสียในเงื่อนไขของช่วงการให้น้ำสองแบบคือ 7 วันครั้ง และให้น้ำทุกวัน และกำหนดให้สองแปลงเป็นแปลงควบคุมโดยแปลงหนึ่งมีการรับน้ำฝนตามธรรมชาติ และอีกแปลงมีการเติมน้ำบ่อ(น้ำธรรมชาติ) โดยให้น้ำทุกๆ 7 วันครั้ง ขณะทำการทดลองทำการเก็บข้อมูลด้านอุณหภูมิของอากาศ การระเหยและความชื้นสัมพัทธ์ รวมถึง ปริมาณฝน ขณะทดลองทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนและหลังเข้าแปลงทดลองทุกๆ 10 วัน ตรวจวัดพารามิเตอร์ ดังนี้ COD, TKN, SS และ pH โดยมีวิธีการหาค่าอื่นเป็นไปตามวิธีของ Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, 1995)

3) การศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อดิน และลักษณะของ *runoff* ที่เกิดขึ้นจากการนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางขึ้นสำหรับการบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน

ในขณะที่ทำการทดลองในข้อ 2 จะมีการเก็บตัวอย่างดินของทุกแปลงมาเพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีด้วย การเก็บดินเก็บที่ระดับลึก 15 ซม. โดยเก็บดินในแนวทแยงมุมของแต่ละแปลงจำนวน 5 จุดแล้วนำมาผสมรวมกันเป็นหนึ่งตัวอย่าง การศึกษาดินนี้จะศึกษาใน 3 ช่วงเวลาของแต่ละเงื่อนไขการทดลองในข้อ 2 โดยศึกษาในช่วงก่อนเริ่ม ช่วงกลางและช่วงหลังการเดินระบบในการทดลองแต่ละเงื่อนไข ตัวอย่างดินที่ได้นำมาศึกษาหาค่า pH, Ca, Mg, Na, K, N, P, organic matter, Zn, CEC (cation exchange capacity) และ SAR (sodium adsorption ratio) วิธีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ จะใช้ตามวิธีของ Official Methods of The Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) นอกจากนี้ยังมีการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบดินเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของชนิดดินที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ และการศึกษาจะมีการเก็บตัวอย่าง *run off* ที่เกิดจากแปลงทดลองในช่วงหน้าฝนประมาณ 3 เดือน เดือนละครั้งและ แต่ละครั้งที่เก็บจะมีการเก็บแปลงละ 3 ตัวอย่างจากบริเวณร่องน้ำที่เป็น *interceptor* ของแต่ละชุดการทดลอง แล้วนำมารวมกันเป็น *composite sample* ตัวอย่างที่ได้จะนำไปศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีโดยทำการวิเคราะห์หาค่า pH, TS, TDS, SS, COD, BOD, TKN, NH<sub>3</sub>-N, Org-N, TP, Mg, Zn และ ซัลเฟต โดยมีวิธีการวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการ ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ การวิเคราะห์อื่นเป็นไปตามวิธีของ Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, and WEF, 1995)

4) ศึกษาถึงผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่เกิดจากการนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางขึ้นสำหรับการบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน

จะทำการประสานกับทางโรงงานเพื่อดำเนินการเก็บข้อมูลของผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่ได้จากแต่ละแปลงที่ศึกษา ข้อมูลที่ได้จะประเมินมาจากข้อมูลในรอบปีของผลผลิตที่ผลิตได้ นอกจากนี้ยังประสานขอข้อมูลที่เกี่ยวข้องในอดีตของแปลงที่ทดสอบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบและการวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำเสียดังกล่าวให้กับสวนปาล์มน้ำมัน

5) การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

ผลการทดลองที่ได้ทั้งในแง่ค่าใช้จ่ายจากการลงทุน ค่าไฟฟ้า ค่าอุปกรณ์ในการดำเนินการ ค่าดำเนินการ และค่าผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อสะท้อนให้เห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้เทคโนโลยี *land treatment* นี้ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมดจะนำมาวิเคราะห์และตั้งเคราะห์ผล และจัดทำเป็นรายงานการวิจัยต่อไป

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

การวิจัยมีระยะเวลา 1 ปี คือ ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	
	งวดที่ 1	งวดที่ 2
<b>1. งบบุคลากร</b>		
- ค่าจ้างนักศึกษาระดับปริญญาโท 7630 x 12 เดือน สำหรับช่วยงานวิจัย งานวิเคราะห์ นำส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์และประมวลผล	45,780	45,780
<b>2. งบดำเนินงาน</b>		
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ		
(1) ค่าตอบแทน		
- ค่าตอบแทนปฏิบัติงานนอกเวลาราชการ 20 อาทิตย์ x 2 วัน x 2 คนวันละ200บาท	8,000	8,000
- ค่าตอบแทนคนงานช่วยเก็บน้ำตัวอย่าง 10 ครั้ง @ 200 บาท	1,000	1,000
(2) ค่าใช้สอย		
- ค่าจัดประชุมในการเผยแพร่งาน 2 ครั้ง @ 40 คน @ 200 บาทต่อวัน	8,000	8,000
- ค่าเช่ารถ เหม่าจ่าย (รวมน้ำมัน + พ خر) สำหรับเก็บตัวอย่างมลพิษ 20 ครั้ง @ 2000 บาท	10,000	30,000
- ค่าเดินทางสำหรับนักวิจัย (รวมค่าที่พัก ไม่น้อยกว่า ครั้งละ 3,000 บาท 20 ครั้ง	30,000	30,000
- ค่าปรับปรุงพื้นที่ทดลองในภาคสนาม	50,000	
(3) ค่าวัสดุ		
- ค่าถ่ายเอกสาร ค่าใช้สอยวัสดุสำนักงาน ค่าสาธารณูปโภค	2,500	2,500
- ค่าสารเคมี - สำหรับวิเคราะห์มลพิษ	45,000	50,000
- วัสดุทางวิทยาศาสตร์และวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ	7,500	7,500
- ค่าวัสดุในการจัดการทดลองที่สถานที่จริง (ระบบท่อ)	70,000	-
<b>3. งบลงทุน (ค่าครุภัณฑ์)</b>		
- ชุดปั๊มตะกอน	30,000	-
	307,780	182,780
<b>รวมทั้งสิ้น</b>	<b>490,560</b>	

หมายเหตุ ขอถัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ

**ชื่อโครงการวิจัย** การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปล่องควันโดยการดูดซับด้วย  
ถ่านกัมมันต์ที่ดัดแปลงพื้นผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์  
Reduction of CO<sub>2</sub> Emission from Flue Gas Stack by Adsorption with Activated  
Carbon Modified by Sodium Hydroxide and Calcium oxide

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ภาวะโลกร้อน (global warming) หรือ ภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (climate change) คือ การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นจากผลของภาวะเรือนกระจก หรือ Greenhouse Effect อันเกิดจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ที่ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF<sub>6</sub>) ซึ่งก๊าซทั้ง 6 ชนิดนี้ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ก๊าซเรือนกระจกทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเนื่องจากก๊าซเหล่านี้มีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนไม่ให้สะท้อนกลับสู่บรรยากาศทั้งหมด การปกคลุมชั้นบรรยากาศของโลกด้วยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในโลกสูงขึ้น เป็นเหตุให้ฤดูกาลทั่วโลกเปลี่ยนไป แผ่นน้ำแข็งขั้วโลกจะละลายทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น และเกิดผลกระทบอีกมากมาย สำหรับประเทศไทยมีปรากฏการณ์ด้านโลกร้อนเกิดขึ้นเช่นกัน จากการสำรวจพบว่าระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยเพิ่มขึ้น 1 – 2 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งยังอยู่ในระดับปกติ แต่ในทะเลฝั่งอันดามันสูงขึ้น 8 – 12 มิลลิเมตรต่อปี มีผลอย่างมากต่อการกัดเซาะชายฝั่ง เนื่องจากที่ผ่านมามีปริมาณน้ำทะเลที่สูงเพียง 50 เซนติเมตร สามารถกัดเซาะชายฝั่งได้อย่างรุนแรง

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide, CO<sub>2</sub>) เป็นออกไซด์ (oxide) ของคาร์บอนที่เป็นผลผลิตหลักจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทุกภาคส่วนให้ความสำคัญ เนื่องจากปัจจุบันความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศของโลกที่เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น สำหรับในประเทศไทยมีแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญ ได้แก่ ไอเสียจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงในรถยนต์ ไอเสียจากปล่องควันของเตาเผาเชื้อเพลิงทั้งที่เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (biomass) และเชื้อเพลิงฟอสซิลในอุตสาหกรรม สำหรับแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคใต้ ได้แก่ โรงงานอบยางแผ่นและยางแท่ง เตาเผาของหม้อต้ม (boiler) ในโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม และเตาเผาขยะ (incinerator) ของชุมชน การค้นคว้าวิจัยเพื่อหาแนวทางและเทคโนโลยีใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างเร่งด่วนสำหรับประเทศไทย โดยเทคโนโลยีที่ใช้จะต้องมีราคาที่ไม่สูง ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน และไม่เกิดของเสียจากการดำเนินการ เทคโนโลยีชนิดหนึ่งที่มีความเป็นไปได้สูง คือ การดูดซับ (adsorption) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยถ่านกัมมันต์ที่อิมมัตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ/หรือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ในหอดูดซับ (adsorber) ซึ่งการใช้สารเคมีจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบการดูดซับโดยการเกิดปฏิกิริยาเป็นผลิตภัณฑ์คาร์บอเนต (carbonates) ที่สามารถละลายน้ำได้และสามารถหลุดออกจากรูพรุนของถ่านกัมมันต์ได้ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ โซดาแอช (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ที่ได้สามารถนำไปใช้ในการผลิต

กระดาษ แก้ว สิ่งทอ สบู่ ผงซักฟอก หรือสามารถนำผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเหล่านี้กลับสู่ธรรมชาติได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อใดๆ เกิดขึ้น

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปล่องควันของเตาเผา ด้วยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในหอดูดซับ โดยทำการคัดแปลงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการแทรกซึม (impregnation) ของสารเคมี 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์ สำหรับการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับและเกิดเป็นผลิตภัณฑ์คาร์บอเนต โดยในงานวิจัยนี้ใช้ก๊าซเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ที่จำลองขึ้น (simulated flue gas) เพื่อทำการศึกษา มวลการดูดซับของ  $\text{CO}_2$  บนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้น โดยข้อมูลการดูดซับที่จะทำการศึกษาประกอบด้วย breakthrough curve breakthrough time Saturation time และ isotherm การดูดซับ ของ  $\text{CO}_2$  บนถ่านกัมมันต์ที่เตรียม โดยดำเนินการศึกษาในหอดูดซับแบบเบดนิ่ง (fixed bed) และทำการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของระบบในหอดูดซับแบบ Packed column ศึกษาการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ และการเกิดผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเคมีการดูดซับ  $\text{CO}_2$  เพื่อนำผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมาใช้ประโยชน์อีกทางหนึ่งด้วยควบคู่ไปกับผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่อโลกอันเนื่องจากการลดการปล่อย  $\text{CO}_2$  สู่บรรยากาศ

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์โดยการคัดแปลงพื้นผิวถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการแทรกซึมด้วย NaOH และ CaO
2. ศึกษา กราฟเบรคทู (breakthrough curve) breakthrough time saturation time และ isotherm การดูดซับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยถ่านกัมมันต์
3. เพื่อศึกษาศึกษาการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ และการเกิดผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเคมีการดูดซับ  $\text{CO}_2$  เพื่อนำผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมาใช้ประโยชน์

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

ขอบเขตของโครงการวิจัยนี้คือศึกษาวิธีการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปล่องควันของก๊าซเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ การศึกษาในงานวิจัยนี้ทำโดยใช้ก๊าซเสียที่จำลองขึ้นในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาการดูดซับ  $\text{CO}_2$  ด้วยถ่านกัมมันต์ที่อิมมัวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์ที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ ประเด็นที่จะศึกษาประกอบด้วย วิธีการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ  $\text{CO}_2$  ศึกษากราฟเบรคทูของการดูดซับ breakthrough time saturation time และไอโซเทอร์มการดูดซับ  $\text{CO}_2$  ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์เพื่อทำนายเบรคทูของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยถ่านกัมมันต์ที่อิมมัวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และหรือแคลเซียมไดออกไซด์ ซึ่งจะนำไปสู่การศึกษาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์เพื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ใช้ไปแล้วกลับไปใช้ใหม่ พร้อมกับศึกษาผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับ

โซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์ที่แทรกซึมในถ่านกัมมันต์เพื่อนำผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นออกจากถ่านกัมมันต์และนำมาใช้ประโยชน์อีกทางหนึ่งด้วย

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. จดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และเผยแพร่ผลวิจัยในรูปแบบบทความทางวิชาการในวารสารวิชาการ เพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้
2. หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์เพื่อร่วมในการลดปัญหาภาวะโลกร้อน คือ
  - โรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นแหล่งกำเนิดของไอเสียจากปล่องควันของเตาเผาและเตาอบยาง
  - หน่วยงานภาครัฐที่รับผิดชอบการเผาขยะของชุมชน

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยของโครงการนี้สามารถแบ่งเป็น 4 กิจกรรมหลักๆ ตามแผนการวิจัยและลำดับขั้นตอนของการวิจัย คือ

**กิจกรรมที่ 1:** ศึกษาสภาวะการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่มีการดัดแปลงพื้นผิวด้วยการแทรกซึม (impregnation) ด้วยสารเคมีสำหรับการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจำลอง

มีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

- จัดเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้ยางพารา (ได้จากงานวิจัยการผลิตถ่านกัมมันต์จากงบประมาณแผ่นดินปี 2550) และถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวซึ่งสามารถสั่งซื้อได้จากผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศ

- ทำการดัดแปลงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์โดยการแทรกซึมด้วยสารเคมี 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งมีวิธีการ คือ เตรียมสารละลายของสารเคมีที่ความเข้มข้นต่างๆ ในช่วง 10-20% แخذถ่านกัมมันต์ลงในสารละลายที่เตรียมไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองแยกเอาถ่านกัมมันต์ออกจากสารละลาย นำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปอบแห้งที่ 115°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก็จะได้ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการดัดแปลงพื้นผิวเพื่อนำไปทดสอบการใช้งานในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

**กิจกรรมที่ 2:** สร้างชุดทดลองหอดูดซับ (adsorber) แบบเบดนิ่ง (fixed bed) ที่บรรจุด้วยถ่านกัมมันต์

ระบบหอดูดซับสำหรับการทดลองการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจำลองในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

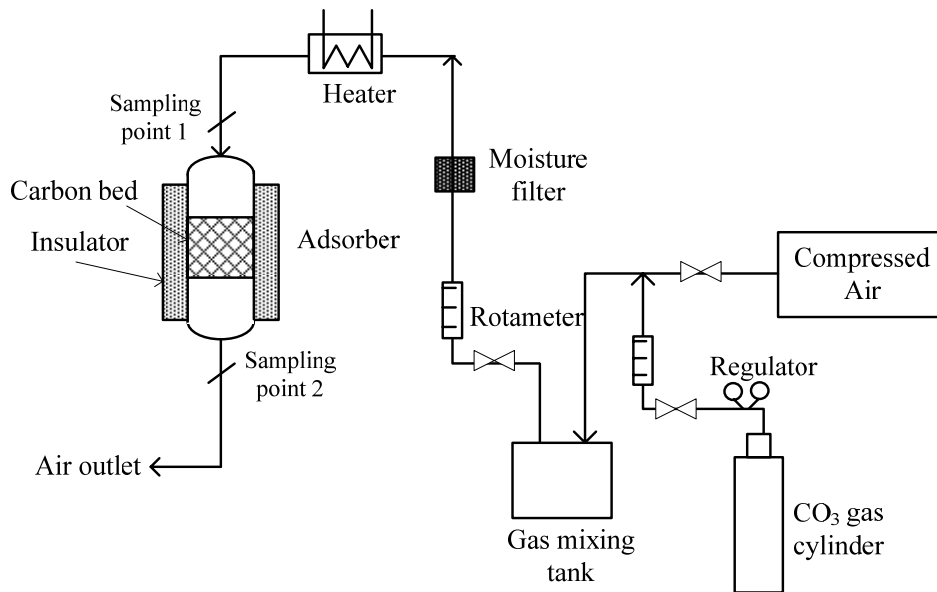
- หอบเบดนิ่ง (fixed-bed) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 cm และสูง 5 cm บรรจุด้วยตัวกลางดูดซับถ่านกัมมันต์น้ำหนัก 1 กรัม

- มีระบบท่อสำหรับผลิต ป้อน และท่อทางออกของไอเสียจำลองจากหอบเบดนิ่ง โดยชุดผลิตไอเสียจำลองประกอบด้วย อุปกรณ์วัดอัตราการไหล เครื่องให้ความร้อน (heater) ชุดดูดความชื้น (moisture filter) ถังผสมก๊าซ (gas mixing tank) และวาล์วปรับอัตราการไหล วิธีการผลิตไอเสียทำได้โดยการป้อนอากาศอัด (compressed air) เข้าผสมกับกระแสก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากถังบรรจุก๊าซ ส่งเข้าถังผสมก๊าซเพื่อให้ไอ

เสียจำลองที่จะไหลเข้าหอบอดหนึ่งมีความเข้มข้นที่คงที่และสม่ำเสมอ อัตราการป้อนไอเสียจำลองที่เข้าระบบคือ 2 l/min

- ติดตั้งท่อเก็บตัวอย่างไอเสียเพื่อการวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และติดตั้งจุดวัดความเข้มข้นของไอเสียโดยใช้หัววัดก๊าซ (CO<sub>2</sub> probe) ที่ทางเข้าและออกของคอลัมน์

ระบบหอดูดซับแบบเบดนิ่งที่จะสร้างขึ้นสำหรับการทดลองศึกษาการดูดซับในงานวิจัยนี้แสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ระบบหอบอดนิ่งสำหรับหาศึกษาไอโซเทอร์ม กราฟเบรคทู และจลนพลศาสตร์ของการดูดซับของตัวกลางดูดซับ

**กิจกรรมที่ 3:** ศึกษาชนิดของถ่านกัมมันต์ ชนิดของสารเคมีและสภาวะการตัดแปลงพื้นผิวถ่านกัมมันต์ด้วยการแทรกซึมของสารเคมีที่เหมาะสม

ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ศึกษาการดูดซับในงานวิจัยนี้ผลิตขึ้นจากวัสดุดิบ 2 ชนิด คือ ไม้ยางพาราและกะลามะพร้าว ส่วนสารเคมีที่ใช้ตัดแปลงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์มี 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งในการศึกษาหาชนิดของถ่านกัมมันต์ ชนิดสารเคมี และสภาวะการตัดแปลงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีการออกแบบการทดลองได้ตามตารางที่ 1 โดยมีแนวทางในการออกแบบการทดลอง คือ หาชนิดของถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมไปพร้อมๆ กับการหาความเข้มข้นและชนิดของสารเคมีที่เหมาะสมในการตัดแปลงพื้นผิว โดยในการศึกษามีการใช้สารเคมีชนิดเดียวและสารเคมีทั้ง 2 ชนิดร่วมในการตัดแปลงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ ผลการทดลองที่ได้ในกิจกรรมนี้จะแสดงผลอยู่ในรูปของประสิทธิภาพและกราฟเบรคทูของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อนำผลไปเปรียบเทียบหาสภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการนำสภาวะการเตรียมถ่านกัมมันต์ไปใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

**ตารางที่ 1** การทดลองหาชนิดของถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ชนิดสารเคมี และสภาวะการเตรียม ถ่านกัมมันต์ที่อิมตัวด้วยสารเคมีที่เหมาะสมในการดูดซับ CO<sub>2</sub> ในไอเสียจำลอง (C<sub>CO<sub>2</sub></sub> = 300 ppm)

การทดลอง	ชนิดของตัวกลางดูดซับ	ความเข้มข้น NaOH (%)	ความเข้มข้น CaO (%)	สภาวะที่เหมาะสม
1	AC <sub>wood</sub>	0	0	<p>ได้สภาวะที่เหมาะสม(ชนิดถ่านกัมมันต์ชนิดของสารเคมี และความเข้มข้นของสารเคมี)ที่ให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุด โดยประสิทธิภาพการดูดซับหาได้จากสมการ</p> $Adsorption\ eff. = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100$ <p>เมื่อ <math>C_{in}</math> และ <math>C_{out}</math> คือความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ที่ทางเข้าและที่ทางออกของหอดูดซับตามลำดับ</p>
2	AC <sub>Coconut shell</sub>	0	0	
3	AC <sub>wood</sub>	10	0	
4	AC <sub>wood</sub>	20	0	
5	AC <sub>Coconut shell</sub>	10	0	
6	AC <sub>Coconut shell</sub>	20	0	
7	AC <sub>wood</sub>	0	10	
8	AC <sub>wood</sub>	0	20	
9	AC <sub>Coconut shell</sub>	0	10	
10	AC <sub>Coconut shell</sub>	0	20	
11	AC <sub>opt</sub>	C <sub>opt</sub>	C <sub>opt</sub>	

หมายเหตุ AC<sub>wood</sub> = ถ่านกัมมันต์จากไม้ยางพารา, AC<sub>Coconut shell</sub> = ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

**กิจกรรมที่ 4:** ศึกษาไอโซเทอร์ม กราฟเบรคทู และจลนพลศาสตร์ของการดูดซับก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ในหอบอดหนึ่งด้วยถ่านกัมมันต์ที่ดัดแปลงพื้นผิวทางเคมี

ทำการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการดัดแปลงพื้นผิวด้วยการแทรกซึมของสารเคมีที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมจากกิจกรรมที่ 3 ให้เพียงพอต่อการทดลองในงานวิจัย นำถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มาทำการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากไอเสียจำลองในหอบอดหนึ่ง ตามการออกแบบการทดลองในตารางที่ 2 ตัวแปรที่ทำการศึกษาประกอบด้วยความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียและอุณหภูมิการดูดซับ โดยควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ และน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ให้มีค่าคงที่ในทุกการทดลอง วัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจำลองที่ทางเข้าและทางออกของหอบอดหนึ่งทุก 10 นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟเบรคทู กราฟไอโซเทอร์ม และวิเคราะห์ผลทางจลนพลศาสตร์ของการดูดซับ

**ตารางที่ 2** การออกแบบการทดลองของการศึกษากราฟเบรคทรู กราฟไอโซเทอร์ม และวิเคราะห์ผลทางจลนพลศาสตร์ของการดูดซับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยถ่านกัมมันต์

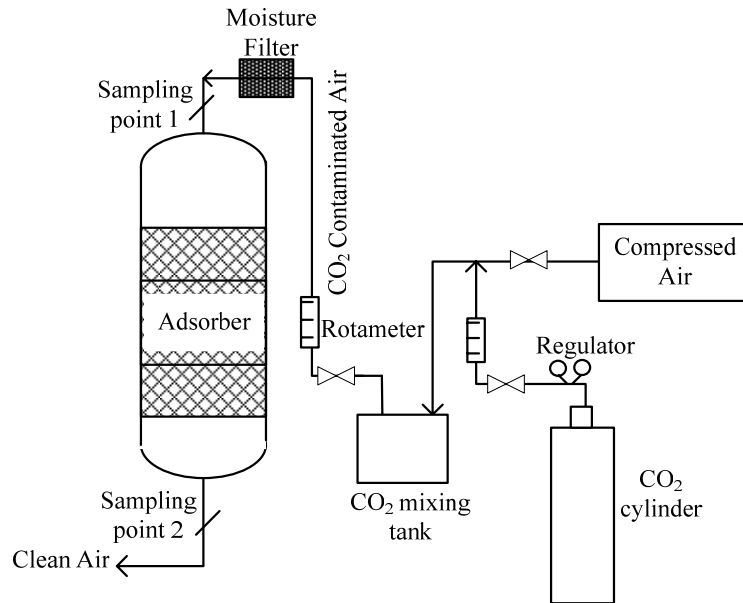
การทดลอง	ความเข้มข้น CO <sub>2</sub> (ppm)	อุณหภูมิ (°C)
1	100	70
2	300	70
3	700	70
4	1000	70
5	100	80
6	300	80
7	700	80
8	1000	80
9	100	110
10	300	110
11	700	110
12	1000	110

**กิจกรรมที่ 5:** การศึกษาการดูดซับ การฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียในหอดูดซับและการแยกผลผลิตพลอยได้จากการเกิดปฏิกิริยา

มีรายละเอียดของงานดังต่อไปนี้

1. ออกแบบและสร้างหอดูดซับแบบ Packed column ขนาดห้องปฏิบัติการดังแสดงในรูปที่ 2 ด้วยการหาความสูงช่วงการถ่ายโอนมวลของเบด (mass transfer zone) โดยใช้ผลไอโซเทอร์มการดูดซับและกราฟเบรคทรูของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกิจกรรมที่ 4 ระบบหอดูดซับที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย คอลัมน์ดูดซับและระบบท่อซึ่งมีลักษณะของระบบแสดงตามรูปที่ 3 โดยหอดูดซับที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 cm และความสูง 30 cm มีตะแกรงกั้นไม่ให้ถ่านกัมมันต์ตกลงสู่ส่วนล่างของคอลัมน์ มีชุดผลิตไอเสียจำลองที่มีหลักการเช่นเดียวกับระบบหอเบดนิ่งที่สร้างขึ้นในกิจกรรมที่ 2 หอดูดซับที่สร้างขึ้นในกิจกรรมนี้ใช้เพื่อการทดลองหาประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียและการนำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการดูดซับไปทำการศึกษาฟื้นฟูสภาพ (regeneration)





รูปที่ 2 ชุดทดลองการดูดซับขนาดห้องปฏิบัติการของระบบหอดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเสียด้วยถ่านกัมมันต์

2. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการตัดแปลงพื้นผิวด้วยวิธีการแทรกซึมด้วยสารเคมีในหอดูดซับแบบ Packed column โดยตัวแปรที่ทำการศึกษาซึ่งเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ป้อนเข้าระบบและอัตราการไหลของไอเสียจำลอง โดยการออกแบบการทดลองสำหรับขั้นตอนนี้แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การออกแบบการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์ในหอดูดซับแบบ Packed column

การทดลอง	ความเข้มข้น CO <sub>2</sub> (ppm)	อัตราการไหลของไอเสีย (l/min)	Removal Efficiency (%)
1	100	5	Y %
2	300	5	
3	700	5	
4	1000	5	
5	300	3	
6	300	7	
7	300	10	

3. การฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ในการศึกษานี้ ดำเนินการโดยใช้ไอน้ำป้อนเข้าสู่สัมผัสกับถ่านกัมมันต์ที่อยู่ในคอลัมน์ เพื่อให้ถ่านกัมมันต์ร้อนขึ้นและเกิดการละลายของสารเคมีที่อยู่ในรูพรุนของถ่านกัมมันต์ออกมาสู่ภายนอก ไอน้ำและน้ำที่ผ่านเบคของถ่านกัมมันต์จะถูกควบแน่นได้เป็นสารละลายคาร์บอนेट โดยหากเกิดเป็นผลิตภัณฑ์แคลเซียมคาร์บอนेटจากการใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นสารเคมีสำหรับการตัดแปลงพื้นผิว ก็จะเกิดการตกตะกอนแยกตัวออกจากสารละลาย ส่วนผลิตภัณฑ์โซเดียมคาร์บอนेटหรือโซดาแอชที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะละลายผสมอยู่ในสารละลายที่ได้จากการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ นำสารละลายที่ได้ไปวัดความเข้มข้นของสารเคมีและหาปริมาณสารเคมีที่เกิดขึ้น เพื่อการศึกษาศักยภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากระบบการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ทางการค้าต่อไป

### สถานที่ดำเนินการวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาในการทำวิจัย 1 ปี ต.ค. 52 - ก.ย. 53

### รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน
<b>1. งบบุคลากร</b>	
ค่าจ้างนักศึกษาริปัญญาโท 1 คน อัตรา 7,000 บาทต่อเดือน เป็นเวลา 10 เดือน	70,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
<b>2.1 ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ</b>	
2.1.1 ค่าตอบแทน เช่น ค่าอาหารทำการนอกเวลา ค่าตอบแทน ค่าอาหารทำการนอกเวลา 25 วัน/คน (อัตราวัน/คน 100 บาท)	10,000
2.1.2 ค่าใช้สอย เช่น	
1) ค่าจ้างวิเคราะห์หาความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซเพื่อสอบ เทียบผลการวัดในห้องปฏิบัติการของการวิจัย	10,000
2) ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพื่อดูงานและเข้าประชุมวิชาการจำนวน 2 คน	15,000
3) ค่าจ้างเช่าซ่อมแซมปั้มเก็บตัวอย่าง เครื่องมือวัด และ GC	20,000
4) ค่าจ้างเช่าสร้างชุดทดลองหอดูดซับ Fixed bed และ Packed column (ดัง แสดงในรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ)	10,000
5) ค่าจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	4,000

รายการ	จำนวนเงิน
2.1.3 ค่าวัสดุ เช่น	
1) ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ถุงเก็บตัวอย่าง (sampling bag) อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ และสารเคมี	13,000
2) ค่าวัสดุไฟฟ้า เครื่องกล สำหรับสร้างชุดทดลองหอดูดซับ Fixed bed และ Packed column พร้อมอุปกรณ์ควบคุม	40,000
3) ค่าวัสดุสำนักงาน	4,000
4) วัสดุคอมพิวเตอร์สำหรับการเก็บและบันทึกข้อมูล	4,000
<b>3. งบลงทุน สำหรับจัดซื้อครุภัณฑ์ที่จำเป็น</b>	
ชุดเครื่องมือวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียแบบสำเร็จรูป (CO <sub>2</sub> detector)	300,000
<b>รวม</b>	<b>500,000</b>

หมายเหตุ: ขอดั้วเฉลี่ยในทุกรายการ

## ชื่อโครงการวิจัย การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจากเตาเผาด้วยกระบวนการดูดซึมทางเคมี Removal of CO<sub>2</sub> in flue gas from furnace by chemical absorption

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ภาวะโลกร้อน (global warming) หรือ ภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (climate change) คือ การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นจากผลของภาวะเรือนกระจก หรือ Greenhouse Effect อันเกิดจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ที่ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF<sub>6</sub>) ซึ่งก๊าซทั้ง 6 ชนิดนี้ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ก๊าซเรือนกระจกทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเนื่องจากก๊าซเหล่านี้มีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนไม่ให้สะท้อนกลับสู่บรรยากาศทั้งหมด การปกคลุมชั้นบรรยากาศของโลกด้วยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในโลกสูงขึ้น เป็นเหตุให้ฤดูกาลทั่วโลกเปลี่ยนไป แผ่นน้ำแข็งขั้วโลกจะละลายทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น และเกิดผลกระทบอีกมากมาย สำหรับประเทศไทยมีปรากฏการณ์ด้านโลกร้อนเกิดขึ้นเช่นกัน จากการสำรวจพบว่าระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยเพิ่มขึ้น 1 – 2 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งยังอยู่ในระดับปกติ แต่ในทะเลฝั่งอันดามันสูงขึ้น 8 –12 มิลลิเมตรต่อปี มีผลอย่างมากต่อการกัดเซาะชายฝั่ง เนื่องจากที่ผ่านมามีปริมาณน้ำทะเลที่สูงเพียง 50 เซนติเมตร สามารถกัดเซาะชายฝั่งได้อย่างรุนแรง

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นออกไซด์ (oxide) ของคาร์บอนที่เป็นผลผลิตหลักจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทุกภาคส่วนให้ความสำคัญ เนื่องจากปัจจุบันความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศของโลกที่เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น สำหรับในประเทศไทยมีแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญ ได้แก่ ไอเสียจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงในรถยนต์ ไอเสียจากปล่องควันของเตาเผาเชื้อเพลิงทั้งที่เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (biomass) และเชื้อเพลิงฟอสซิลในอุตสาหกรรม สำหรับแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคใต้ ได้แก่ โรงงานอบยางแผ่นและยางแท่ง เตาเผาของหม้อต้ม (boiler) ในโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม และเตาเผาขยะ (incinerator) ของชุมชน การค้นคว้าวิจัยเพื่อหาแนวทางและเทคโนโลยีใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างเร่งด่วนสำหรับประเทศไทย โดยเทคโนโลยีที่ใช้จะต้องมีราคาที่ไม่สูง ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน และไม่เกิดของเสียจากการดำเนินการ เทคโนโลยีชนิดหนึ่งที่มีความเป็นไปได้สูง คือ การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวิธีการดูดซึมทางเคมี (chemical absorption) ของสารดูดซึมชนิดปูนขาว (CaO) ร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในหอดูดซึม (absorber) ซึ่งการใช้สารดูดซึมร่วมนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ โดยการเกิด NaOH ขึ้นจากปฏิกิริยา ทำให้สามารถวนกลับสารดูดซึมไปใช้ใหม่ในการทำปฏิกิริยาในระบบได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำผลิตภัณฑ์คาร์บอเนต (carbonates) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO<sub>3</sub>) สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อาหารสัตว์ สี กระจก ท่อ PVC เป็นต้น และโซดาแอช (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ที่ได้สามารถนำไปใช้ในการผลิตกระดาษ

แก้ว สิ่งทอ สบู่ ผงซักฟอก หรือสามารถนำผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเหล่านี้กลับสู่ธรรมชาติได้โดยไม่มีผลกระทบต่อใดๆ เกิดขึ้น

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจากปล่องควัน ด้วยกระบวนการดูดซับทางเคมีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในหอดูดซับ โดยใช้สารดูดซับร่วมชนิดปูนขาวและโซเดียมไฮดรอกไซด์สำหรับการเกิดปฏิกิริยาและเกิดเป็นผลิตภัณฑ์คาร์บอนที่สามารนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ โดยในงานวิจัยจะทำการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซับ (kinetic of absorption) การออกแบบและสร้างหอดูดซับแบบคอลัมน์บรรจุ (packed column) ขนาดชุดทดลองในห้องปฏิบัติการ (laboratory scale) เพื่อการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบและหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) ของการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบ รวมทั้งทำการศึกษาการผลิตและการแยกผลิตภัณฑ์จากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสารดูดซับให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าได้

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสารดูดซับที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจากปล่องควันของเตาเผาโดยกระบวนการดูดซับทางเคมีในหอดูดซับ
2. ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซับทางเคมีและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยการดูดซับทางเคมีในหอดูดซับ
3. เพื่อศึกษาการผลิตและการแยกผลิตภัณฑ์จากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสารดูดซับให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางการค้า

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจากเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรมและเตาเผาขยะของชุมชน โดยใช้ไอเสียจำลอง (simulated flue gas) ในการทดลองการดูดซับทางเคมีในระบบหอดูดซับชนิดวัสดุบรรจุ (Packed column) ซึ่งมีขอบเขตการวิจัยที่ชัดเจนดังนี้

1. พัฒนาสารดูดซับสำหรับการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียในหอดูดซับโดยการเกิดปฏิกิริยาเคมีในสารดูดซับร่วมชนิดปูนขาว (CaO) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
2. ศึกษาจลนพลศาสตร์การดูดซับ (kinetics of absorption) ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยการดูดซับทางเคมีในถังปฏิกรณ์แบบชุดปฏิกรณ์ Stirred Cell
3. ออกแบบและติดตั้งระบบหอดูดซับชนิด Packed column และระบบการแยกผลิตภัณฑ์จากการเกิดปฏิกิริยาเคมีขนาดห้องทดลอง (laboratory scale) สำหรับการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจำลอง
4. ทำการทดลองและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจำลองด้วยการดูดซับทางเคมีด้วยหอดูดซับขนาดห้องทดลอง

5. ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อแสดงให้เห็นค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. จดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และเผยแพร่ผลวิจัยในรูปแบบบทความทางวิชาการในวารสารวิชาการ เพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้
2. หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์เพื่อร่วมในการลดปัญหาภาวะโลกร้อน คือ
  - โรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นแหล่งกำเนิดของไอเสียจากปล่องควันของเตาเผาและเตาอบยาง
  - หน่วยงานภาครัฐที่รับผิดชอบการเผาขยะของชุมชน

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยของโครงการนี้สามารถแบ่งเป็น 3 กิจกรรมหลักๆ ตามแผนการวิจัยและลำดับขั้นตอนของการวิจัย คือ

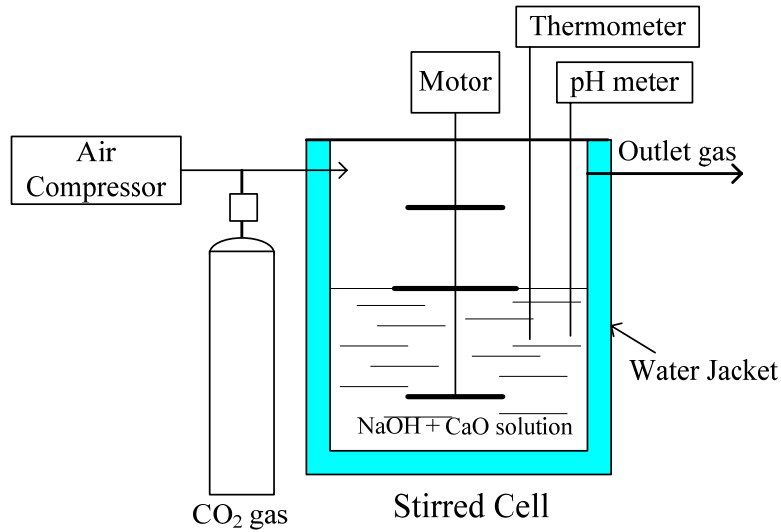
**กิจกรรมที่ 1:** ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารดูดซึมและหาจลนพลศาสตร์ของการดูดซึม (kinetics of absorption) ทางเคมีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การศึกษาในกิจกรรมนี้เป็นการดำเนินการแบบ Heterogeneous ในถังปฏิกรณ์ของชุดทดลองแบบ Stirred Cell Reactor ที่มีขนาด 1 ลิตร โดยมีการป้อนอย่างต่อเนื่องของกระแสแก๊สผ่านพื้นผิวสัมผัส (interface) ของเหลวที่บรรจุอยู่ในถังปฏิกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

1) ชุดปฏิกรณ์ Stirred Cell ประกอบด้วยใบกวน 3 ชั้น ติดตั้งที่ตำแหน่งเฟสก๊าซ ที่ Interface และในของเหลว เพื่อลดความต้านทานในการถ่ายโอนมวล (mass transfer) โดยมีกระแสแก๊สที่ปนเปื้อนคาร์บอนไดออกไซด์ป้อนเข้าและกระแสแก๊สที่ผ่านการดูดซึมออกจากถังปฏิกรณ์

2) ชุดเตรียมกระแสแก๊สไอเสียจำลองที่ปนเปื้อนคาร์บอนไดออกไซด์ ทำได้โดยการผสมกระแสอากาศอัดจากเครื่องอัดอากาศกับกระแสแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากถังบรรจุแก๊ส (cylinder) ให้เกิดเป็นกระแสไอเสียจำลองที่มีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ตามต้องการ

3) เทอร์โมมิเตอร์และ pH มิเตอร์สำหรับการวัดค่าตัวแปรดำเนินการของสารดูดซึม



รูปที่ 3 ชุดทดลองจลนพลศาสตร์ Stirred cell reactor สำหรับการทดลองการดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจำลอง

ในการดำเนินการทดลองด้วย Stirred cell reactor ในขั้นต้นจะต้องหาช่วงการดำเนินการที่เหมาะสมของค่าความเข้มข้นในการเตรียมสารละลายสารดูดซึมของ NaOH และ CaO เพื่อนำไปใช้ในการทดลองการดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไป หลังจากนั้นทำการทดลองหาจลนพลศาสตร์ของการดูดซึมคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึม อันได้แก่ ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเฟสก๊าซ ความเข้มข้นของสารดูดซึมที่ใช้ และอุณหภูมิการดูดซึม โดยมีขั้นตอนการเตรียมสารเคมี อุปกรณ์ และการดำเนินการทดลอง ดังนี้

- เตรียมสารละลายของ NaOH และ CaO ในถังปฏิกรณ์ด้วยความเข้มข้นและอัตราส่วนต่างๆ วิเคราะห์หาความเข้มข้นเริ่มต้นของสาร
- เตรียมไอเสียจำลองโดยการผสมระหว่างอากาศอัดและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากถังบรรจุก๊าซ ให้ได้ความเข้มข้น 100 – 1000 ppm และทำการป้อนเข้าระบบที่อัตราการไหล 5 l/min
- ควบคุมอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาการดูดซึมทางเคมีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสารดูดซึมที่อุณหภูมิ 30 – 50°C
- ดำเนินการทดลองโดยการปล่อยก๊าซที่เตรียมได้เข้าสู่ส่วนเฟสก๊าซของถังปฏิกรณ์ เพื่อการสัมผัสและการดูดซึมที่ Interface ของก๊าซและสารดูดซึมที่บรรจุอยู่ในถังปฏิกรณ์
- เก็บตัวอย่างสารละลายของสารดูดซึม ไอเสียป้อน และไอเสียที่ผ่านการบำบัดที่ทางออกของปฏิกรณ์ ที่เวลาใดๆ ของการทดลอง ทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารดูดซึมและความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระแสก๊าซ เพื่อการคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบตามสมการที่ (1) และหาจลนพลศาสตร์ของการดูดซึม

$$\% \text{ eff.} = \frac{\text{Inlet conc.} - \text{Outlet conc.}}{\text{Inlet conc.}} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ  $\% \text{ eff} =$  ร้อยละของประสิทธิภาพการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์

Inlet conc. = ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเสียที่ทางเข้าของระบบ

Outlet conc. = ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเสียที่ทางออกของระบบ

สถานะของการดำเนินการทดลองศึกษาในกิจกรรมนี้สามารถออกแบบการทดลองได้ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะช่วยให้ได้ความเข้มข้นของสารดูดซึมที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจำลอง และนำผลการทดลองไปใช้ในการวิเคราะห์หาจลนพลศาสตร์ของการดูดซึมทางเคมีต่อไป

ตารางที่ 1 การออกแบบการทดลองเพื่อหาช่วงการดำเนินการของสารดูดซึมที่เหมาะสมและการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซึมในชุดทดลอง Stirred cell reactor

Exp#	$C_{CaO}$ (g/l)	$C_{NaOH}$ (g/l)	$C_{CO_2}$ (ppm)	Temperature (°C)	สถานะที่เหมาะสม
1	10	20	300	30	$C_{CaO,Opt}$
2	20	20	300	30	
3	30	20	300	30	
4	40	20	300	30	
5	$C_{CaO,Opt}$	10	300	30	$C_{NaOH,Opt}$
6	$C_{CaO,Opt}$	30	300	30	
7	$C_{CaO,Opt}$	40	300	30	
8	$C_{CaO,Opt}$	$C_{NaOH,Opt}$	100	30	-
9	$C_{CaO,Opt}$	$C_{NaOH,Opt}$	500	30	
10	$C_{CaO,Opt}$	$C_{NaOH,Opt}$	700	30	
11	$C_{CaO,Opt}$	$C_{NaOH,Opt}$	300	40	-
12	$C_{CaO,Opt}$	$C_{NaOH,Opt}$	300	50	
13	$C_{CaO,Opt}$	$C_{NaOH,Opt}$	300	60	

จากข้อมูลการทดลองทำให้สามารถเขียนสมการจลนพลศาสตร์ของอัตราการดูดซึม  $CO_2$  ( $N_{CO_2}$ , mol/(m<sup>2</sup> s)) กับค่า Overall Mass Transfer Coefficient ( $K_{CO_2,g}$ ) และความเข้มข้นของสารในการเกิดปฏิกิริยาการดูดซึมได้โดยใช้จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาที่ได้จากกิจกรรมที่ 1 ร่วมในการเขียนสมการ

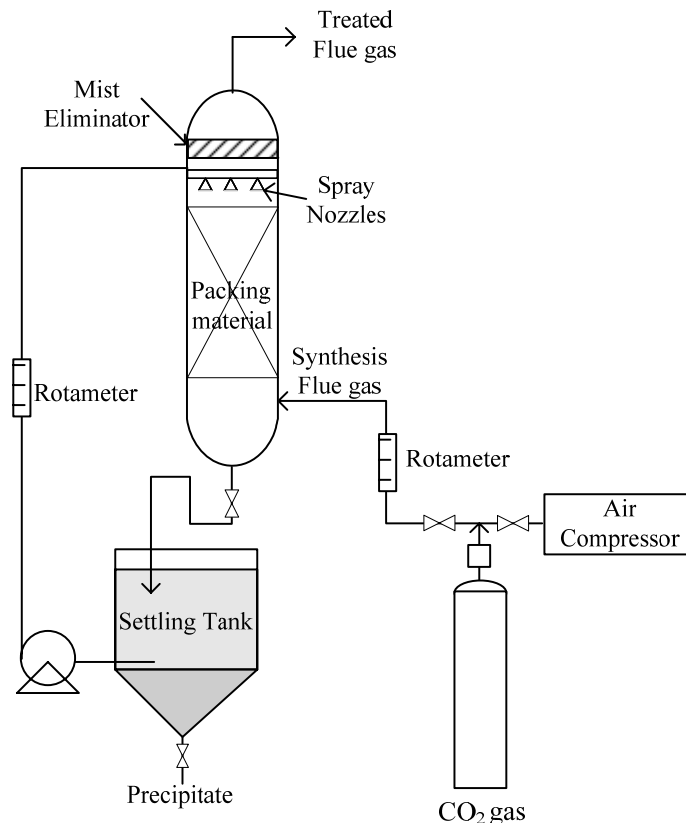
จากผลการทดลองในกิจกรรมนี้จะทำให้ได้ประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละสถานะของสารดูดซึม ทำการเปรียบเทียบผลประสิทธิภาพของระบบที่ความเข้มข้นต่างๆ ของสาร



ดูดซึม ซึ่งจะทำให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารดูดซึมในปฏิกรณ์แบบเคมีแบบท่สำหรับดูดซึม ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจำลอง

**กิจกรรมที่ 2:** ศึกษาการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์โดยหอดูดซึม Packed column ขนาดห้องปฏิบัติการ (laboratory scale)

ทำการออกแบบและสร้างระบบหอดูดซึมตามหลักการและทฤษฎีการออกแบบหอดูดซึม โดย ลักษณะของระบบหอดูดซึมสำหรับงานวิจัยนี้แสดงได้ตามรูปที่ 4 ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้



รูปที่ 4 ชุดทดลองระบบเพคคอลลัมน์ขนาด Laboratory scale สำหรับการกำจัดคาร์บอน ไดออกไซด์ในไอเสียจำลองด้วยการดูดซึมร่วมกับการเกิดปฏิกิริยา

1) หอดูดซึม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 cm และความสูง 50 cm มีวัสดุบรรจุ (packing material) ชนิด Raching ring บรรจุอยู่ในคอลัมน์ มีระบบกระจายของเหลวดูดซึมเข้าสู่ Packing material ด้วยหัวสเปรย์ มีการไหลของไอเสียที่ปนเปื้อนด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ระบบทางด้านล่างและเกิดการไหลสวนทางกับของเหลวดูดซึมภายในคอลัมน์

2) ระบบท่อป้อนอากาศเสีย ประกอบด้วย วาล์ว โรตاميเตอร์ ถังก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ เครื่องอัดอากาศ การควบคุมความเข้มข้นและอัตราการไหลของก๊าซที่ป้อนเข้าระบบ ทำได้โดยการปรับ วาล์วก๊าซที่ป้อนเข้าระบบ และวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยหัววัด (CO<sub>2</sub> probe)

3) ถังตกจม (settling tank) ติดตั้งเพื่อการเตรียมสารดูดซึมและรองรับสารดูดซึมที่ผ่านการดูดซึม ร่วมกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในหอดูดซึม การออกแบบดังจะเป็นแบบดังกัน

กรวย เพื่อการแยกสารคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นผลึกของแข็งจากการเกิดปฏิกิริยา และในขณะเดียวกันเป็นถังเก็บสารดูดซับเพื่อการไหลวนกลับไปใช้ใหม่ในหอดูดซับอย่างต่อเนื่อง

การทดลองในกิจกรรมที่ 2 เป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการออกแบบการทดลองด้วยหลักการทางสถิติโดยใช้เทคนิค Response Surface Method (RSM) เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) ของระบบและหาสภาวะที่เหมาะสมในการดำเนินการ ซึ่งสามารถแสดงผลของการออกแบบการทดลองได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางการออกแบบการทดลองหอดูดซับเพื่อการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจำลองโดยการดูดซับทางเคมี ด้วยเทคนิค RSM

การทดลอง	x1 = $C_{CO_2}$ (ppm)	x2 = Gas flow rate ( $m^3/min$ )	x3 = Liquid flow rate (l/min)	ประสิทธิภาพ (%)
1	550	0.30	3.0	Response = $y_i$
2	820	0.18	4.2	
3	820	0.18	1.8	
4	280	0.18	4.2	
5	550	0.30	5.0	
6	280	0.18	1.8	
7	100	0.30	3.0	
8	550	0.30	1.0	
9	280	0.42	4.2	
10	550	0.30	3.0	
11	1000	0.30	3.0	
12	280	0.42	1.8	
13	550	0.10	3.0	
14	550	0.50	3.0	
15	820	0.42	1.8	
16	550	0.30	3.0	
17	820	0.42	4.2	

โดยค่าความเข้มข้นของสารดูดซับในการทดลองนี้จะมีค่าคงที่ ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้จากผลของกิจกรรมที่ 1 และจะต้องเปลี่ยนสารดูดซับใหม่ในทุกครั้งของการดำเนินการทดลอง กำหนดช่วงการดำเนินการทดลองของตัวแปรดำเนินการ คือ ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ( $C_{CO_2,in}$ ) 100 – 1,000 ppm อัตราการไหลของก๊าซ 0.10-0.50  $m^3/min$  และอัตราการไหลของสารดูดซับ 1-5 l/min ผลของการออกแบบการทดลอง โดยมีเงื่อนไขการออกแบบการทดลอง ดังนี้

Input Data:      - Number of factors        = 3  
                  - Number of centerpoints = 3  
                  - Number of response       = 1

Response Surface Designs Second Order Model :

- Central Composite 14 Run
- Central Composite Type: Circumscribed (Min&Max = Star Points)

Quadratic Model with 10 terms

ทำการทดลองการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจำลองด้วยสารดูดซึ่มในคอลัมน์วัสดุบรรจุตามการออกแบบการทดลองในตารางที่ 3 ได้ผลการทดลองของระบบจากการวัดความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ทางเข้าและทางออกของระบบ และทำการคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ตามสมการที่ (1) เพื่อให้ได้เป็น Response ของการเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ ของการดูดซึ่มและเขียนเป็นกราฟพื้นผิวโดยใช้โปรแกรม Essential Regression และทำการหาสถานะที่เหมาะสมของการดำเนินการโดยเขียน Optimization Problem อันประกอบด้วย Objective function ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพของระบบกับตัวแปรดำเนินการ และ Constraints ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาและการดูดซึ่มที่ได้จากกิจกรรมที่ 1 และ 2 ทำการแก้ปัญหา Optimization Problem โดยใช้ Optimization Toolbox ของโปรแกรม Matlab

**กิจกรรมที่ 3:** ทำการศึกษาการผลิตและการแยกผลิตภัณฑ์คาร์บอนเนตจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสารดูดซึ่ม

จากการทดลองกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียจำลอง ด้วยกระบวนการดูดซึ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสารดูดซึ่มร่วมกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีในหอดูดซึ่ม โดยใช้สารดูดซึ่มร่วมชนิดปูนขาวและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เกิดปฏิกิริยาและได้เป็นผลิตภัณฑ์คาร์บอนเนตที่เป็นของแข็งที่สามารถแยกออกจากระบบสารดูดซึ่มได้โดยการตกจม การศึกษาในกิจกรรมนี้จึงเป็นการศึกษาชนิดและปริมาณผลิตภัณฑ์คาร์บอนเนตที่เกิดขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยา และศึกษาถึงอัตราการตกจมเพื่อการออกแบบถังตกจมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้

**สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล**

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล คือ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**ระยะเวลาทำการวิจัย**

ระยะเวลาในการทำวิจัย: 1 ปี ค.ศ. 52 - ก.ย. 53

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน
<b>1. งบบุคลากร</b>	
ค่าจ้างนักศึกษาปริญญาโท 1 คน อัตรา 7,000 บาทต่อเดือน เป็นเวลา 10 เดือน	70,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
<b>2.1 ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ</b>	
2.1.1 ค่าตอบแทน เช่น ค่าอาหารทำการนอกเวลา ค่าตอบแทน ค่าอาหารทำการนอกเวลา 25 วัน/คน (อัตราวัน/คน 100 บาท)	10,000
2.1.2 ค่าใช้สอย เช่น	
1) ค่าจ้างวิเคราะห์หาความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซจำนวน 30 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1,000 บาท	30,000
2) ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพื่อดูงานและเข้าประชุมวิชาการจำนวน 2 คน	15,000
3) ค่าจ้างเหมาซ่อมแซมปั๊มเก็บตัวอย่าง เครื่องมือวัด และ GC	20,000
4) ค่าจ้างเหมาสร้างชุดทดลอง Stirred cell reactor และหอดูดซึม Packed column ขนาดห้องปฏิบัติการ (อุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4)	30,000
5) ค่าจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	4,000
2.1.3 ค่าวัสดุ เช่น	
1) ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ถุงเก็บตัวอย่าง (sampling bag) อุปกรณ์สำหรับการ การวิเคราะห์ และสารเคมี	30,000
2) ค่าวัสดุไฟฟ้า เครื่องกล สำหรับสร้างชุดทดลอง	
2.1 ชุดทดลองถึงปฏิบัติการสำหรับการศึกษาด้านพลศาสตร์	10,000
2.2 ชุดทดลองหอดูดซึมขนาดห้องปฏิบัติการ	30,000
3) ค่าวัสดุสำนักงาน	2,000
4) ค่าเดินทางระหว่างมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์กับโรงงานเพื่อเก็บตัวอย่าง ไอเสียจากปล่องควัน (วัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)	4,000
5) วัสดุคอมพิวเตอร์	5,000
<b>3. งบลงทุน</b>	
เครื่องมือวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสีย (CO <sub>2</sub> probe)	40,000
เครื่องวัด pH	30,000
<b>รวม</b>	<b>330,000</b>

หมายเหตุ: ขอถัวเฉลี่ยในทุกรายการ

## ชื่อโครงการวิจัย การกำจัดสีในน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบด้วยปฏิกิริยาเฟนต์ันและ การใช้สารดูดซับ

Color removal from wastewater effluent of crude palm oil industry using Fenton  
reaction and adsorbent material

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปาล์มน้ำมันนับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภาคใต้ของประเทศไทย ผลผลิตปาล์มสดจากสวนปาล์มจะขายเข้าสู่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ วิธีการผลิตน้ำมันปาล์มดิบที่นิยมใช้กันมาก คือ การบีบและการแยกโดยใช้ไอน้ำและน้ำ เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถรองรับวัตถุดิบได้ในปริมาณมาก ให้ผลผลิตน้ำมันปาล์มที่มีคุณภาพสูง และเหมาะกับโรงงานขนาดใหญ่ จึงทำให้เกิดน้ำทิ้งในปริมาณมากจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม โดยปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดมีประมาณ 2.5-3.0 เท่าของน้ำมันปาล์มที่ผลิตได้ทั้งหมด (กัลยา ศรีสุวรรณ 2547) เมื่อน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบผ่านการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีววิทยา ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้แบบไม่ใช้อากาศ (anaerobic) จะทำให้ได้น้ำทิ้ง (wastewater effluent) ที่ยังคงมีลักษณะสีน้ำตาลถึงน้ำตาลคล้ำ ซึ่งพบว่า สีที่ยังคงปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งเกิดจากสีของสารต่างๆ ที่มาจากผลปาล์มและเกิดขึ้นในระหว่างการให้ความร้อนในกระบวนการ อันได้แก่ สารจำพวกแอนโทไซยานิน (anthocyanins) แครโรทีน (carotene) สารประกอบพอลิฟีนอล (poly phenol) ซึ่งพบว่าเป็นตัวหลักที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลคล้ำ นอกจากนี้มีสารพวกแทนนิน (tannin) เพกติน (pectin) โพลีแอลกอฮอล์ (polyalcohol) สารประกอบพวกเมลานอยดิน (melanoidin) และสารประกอบพวกกัม (gum) ซึ่งเมื่อโดนความร้อนจะทำให้เกิดสีน้ำตาลคล้ำและคงตัวในน้ำทิ้งได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้โรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบไม่สามารถระบายน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะและไม่สามารถนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในระบบการผลิตได้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาวิจัยถึงวิธีการบำบัดสีในน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายด้วยวิธีการที่ง่าย ให้ประสิทธิภาพสูง และมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูง

วิธีการกำจัดสีในน้ำเสียทำได้หลายวิธี เช่น วิธีทางชีววิทยาโดยใช้เอ็นไซม์และจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายองค์ประกอบสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดสี วิธีทางเคมี ได้แก่ การใช้โพลีเพอร์ริทร่วมกับด่าง โดยมีข้อเสียคือ ทำให้น้ำที่ได้นั้นเป็นด่างเพิ่มขึ้น การใช้ปฏิกิริยาเฟนต์ัน (Fenton,  $H_2O_2 + Fe^{2+}$ ) ให้ประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสี แต่ยังคงไม่สามารถกำจัดสีในน้ำทิ้งของโรงงานปาล์มได้อย่างสมบูรณ์และสิ้นเปลืองสารเคมีในการเกิดปฏิกิริยา วิธีการตกตะกอน เช่น การใช้สารส้ม เพอร์ริทคลอไรด์ เพอร์ริทซัลเฟต และ โพลีเมอร์ วิธีการนี้จะทำให้เกิดการตะกอนของสีขนาดใหญ่ แต่ยังคงมีอนุภาคขนาดเล็กตกค้างอยู่ วิธีการดูดซับด้วยสารดูดซับ เช่น ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) และขี้เถ้า (ash) ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับสีได้ดี จากข้อดีและข้อเสียของวิธีการที่ได้กล่าวมา งานวิจัยนี้จึงสนใจทำการศึกษากำจัดสีในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบ โดยใช้กระบวนการทางเคมีร่วมกับกระบวนการดูดซับ คือ การใช้ปฏิกิริยาเฟนต์ันด้วย Fenton's reagent เพื่อทำให้ได้ไฮดรอกซิลเรดิคัล  $OH^{\bullet}$  ที่ช่วยให้เกิดการสลายตัวของสารอินทรีย์และใช้สารดูดซับในการดูดซับสีที่เหลือจากการเกิดปฏิกิริยา โดยงานวิจัยนี้จะทำการศึกษากำจัดสีจากบ่อตะกอนเฟนต์ันกลับมาใช้ใหม่

ในกระบวนการกำจัดสีเพื่อลดการใช้สารเคมีในระบบ และศึกษาการใช้สารดูดซับชนิดถ่านกัมมันต์ที่ผลิตขึ้นจากใยปาล์มและขี้เลื่อยไม้ยางพารา และใช้ขี้เถ้าจากการเผาใยปาล์มในเตาเผาของโรงงาน รวมทั้งศึกษาการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ด้วยไอน้ำ ซึ่งในการประยุกต์ใช้งานจริงในโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มสามารถใช้ไอน้ำที่ผลิตขึ้นได้ภายในโรงงาน

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสถานะและกระบวนการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งขั้นสุดท้ายของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบ โดยใช้ปฏิกิริยาเฟนตันและการดูดซับด้วยสารดูดซับให้ได้คุณภาพน้ำที่สามารถส่งน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตได้
2. เพื่อศึกษาการออกแบบหอดูดซับในระบบการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มโดยศึกษากราฟเบรคทูร (breakthrough curve) การดูดซับสีของสารดูดซับในหอดูดซับแบบ Packed column
3. เพื่อศึกษากระบวนการบำบัดน้ำทิ้งที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำด้วยการวนกลับตะกอนเฟนตันมาใช้ใหม่ในขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเฟนตันและการฟื้นฟูสภาพของสารดูดซับ

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นกำจัดสีในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบด้วยกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน ใช้วัสดุจากของเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรม และมีค่าใช้จ่ายต่ำ ซึ่งมีขอบเขตการวิจัยที่ชัดเจนดังนี้

1. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการกำจัดสีในน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้ปฏิกิริยาเฟนตันและการดูดซับด้วยสารดูดซับชนิดถ่านกัมมันต์ที่ผลิตขึ้นจากใยปาล์มและขี้เลื่อยไม้ยางพารา และใช้ขี้เถ้าจากการเผาใยปาล์มในเตาเผาของโรงงาน
2. ศึกษาการนำตะกอนเฟนตันกลับมาใช้ใหม่ในขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเฟนตันของการกำจัดสีของน้ำทิ้ง
3. ออกแบบและสร้างชุดทดลองที่มีการดำเนินการแบบต่อเนื่องขนาดชุดทดลองต้นแบบ (pilot scale) สำหรับการทดลองการกำจัดสีในน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบ
4. ศึกษากราฟเบรคทูร (breakthrough curve) การดูดซับสีของสารดูดซับในหอดูดซับแบบ Packed column สำหรับการออกแบบหอดูดซับในการกำจัดสีในน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม
5. ศึกษาการฟื้นฟูสภาพสารดูดซับชนิดถ่านกัมมันต์ด้วยไอน้ำและการนำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพกลับมาใช้ใหม่

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

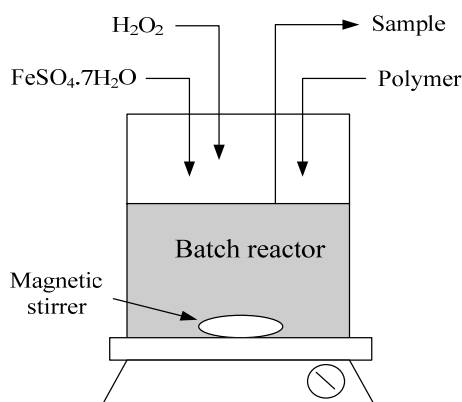
1. จดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และเผยแพร่ผลวิจัยในรูปแบบบทความทางวิชาการในวารสารวิชาการ เพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้
2. หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ คือ โรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มดิบและโรงงานอื่นๆ ที่มีปัญหาเรื่องการกำจัดสีของน้ำทิ้ง

## วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยของโครงการนี้สามารถแบ่งเป็น 4 กิจกรรมหลักๆ ดังนี้

**กิจกรรมที่ 1:** การศึกษาการกำจัดสีในน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มด้วยปฏิกิริยาเฟนตัน

การทดลองในกิจกรรมนี้มีการดำเนินการในปฏิกรณ์แบบแบทช์ ดังแสดง ไดอะแกรมในรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย ถังปฏิกรณ์ขนาด 1 ลิตร วางอยู่บนเครื่องกวนแบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ คือ นำน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มมาเติมในถังปฏิกรณ์และเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสีเริ่มต้นของน้ำ เติมสารละลาย Fenton reagent ชนิด Ferrous sulfate ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) และ  $\text{H}_2\text{O}_2$  และเติมโพลิเมอร์ชนิด Polyethylamine เพื่อการรวมตะกอนลงในถังปฏิกรณ์ตามความเข้มข้นที่กำหนดในการออกแบบการทดลองในตารางที่ 1



รูปที่ 3 ถังปฏิกรณ์แบบแบทช์สำหรับการทดลองการเกิดปฏิกิริยาเฟนตันในการกำจัดสีในน้ำทิ้ง

**ตารางที่ 1** การออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาเฟนตันของการกำจัดสีในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบ

Exp#	$C_{Fe(II)}$ (g/l)	$C_{H_2O_2}$ (ml/l)	Polymer (mg/l)	สภาวะที่เหมาะสม
1	0.25	7.0	3	ความเข้มข้นของ Fe(II) $= C_{Fe(II),opt}$
2	0.30	7.0	3	
3	0.35	7.0	3	
4	0.40	7.0	3	
5	$C_{Fe(II),opt}$	5.0	3	ความเข้มข้นของ $H_2O_2$ $= C_{H_2O_2,opt}$
6	$C_{Fe(II),opt}$	6.0	3	
7	$C_{Fe(II),opt}$	8.0	3	
8	$C_{Fe(II),opt}$	$C_{H_2O_2,opt}$	2	ความเข้มข้นของ polymer $= C_{polymer}$
9	$C_{Fe(II),opt}$	$C_{H_2O_2,opt}$	4	
10	$C_{Fe(II),opt}$	$C_{H_2O_2,opt}$	5	

การหาผลของประสิทธิภาพการบำบัดสีโดยการวัดความเข้มข้นของสี COD, TDS, และ SS ในน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยปฏิกิริยาเฟนตัน และคำนวณผลประสิทธิภาพตามสมการที่ (1) จากการทดลองตามการออกแบบการทดลองจะทำให้ได้ความเข้มข้นของการเติมสาร Fenton reagent ที่เหมาะสม

$$\% \text{ eff.} = \frac{\text{Inlet conc.} - \text{Outlet conc.}}{\text{Inlet conc.}} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ % eff. = ร้อยละของประสิทธิภาพการกำจัดสีด้วยปฏิกิริยาเฟนตัน

Inlet conc. = ความเข้มข้นของสี COD, TDS, และ SS ในน้ำทิ้งที่ป้อนเข้าปฏิกิริยา

Outlet conc. = ความเข้มข้นของสี COD, TDS, และ SS ในน้ำที่ผ่านการเกิดปฏิกิริยาในถังปฏิกิริยา

**กิจกรรมที่ 2:** การศึกษาการนำตะกอนเฟนตันกลับมาใช้ใหม่ในการเกิดปฏิกิริยาเฟนตันของการกำจัดสีในน้ำทิ้ง

เมื่อนำน้ำทิ้งมาผ่านการเกิดปฏิกิริยาเฟนตันจะได้ตะกอนเฟนตันเกิดขึ้น ซึ่งตะกอนจะอยู่ในรูปของ  $Fe^{3+}$  หากนำตะกอนนี้มาทำปฏิกิริยาเฟนตันกับสีในน้ำทิ้งจะเรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นว่า Fenton like reaction ซึ่งมีความสามารถในการกำจัดสีได้เช่นเดียวกัน โดยการศึกษาในกิจกรรมนี้จะดำเนินการโดยการชั่งน้ำหนักตะกอนที่เกิดขึ้นและทำการตรวจวัดคุณสมบัติความเป็น  $Fe^{3+}$  และ  $Fe^{2+}$  ของตะกอนเหล็กโดยใช้ UV spectrophotometer หลังจากนั้นนำตะกอนที่ได้มาเติมผสมกับน้ำทิ้งที่ต้องการบำบัดและหาปริมาณ  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ที่เหมาะสมที่จะต้องเติมเพิ่มเพื่อการกำจัดสีในน้ำทิ้ง ทำการทดลองอย่างต่อเนื่องโดยการนำตะกอนจากการบำบัดในรอบที่ 1 และ 2 มาใช้ในการกำจัดสีตามการออกแบบการทดลองในตารางที่ 2 เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของตะกอนเฟนตันที่จะนำมาใช้ในการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดสี

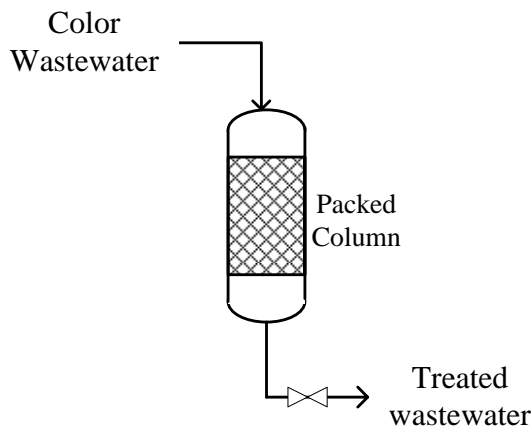


ตารางที่ 2 การออกแบบการทดลองเพื่อการศึกษาการนำตะกอนฟอสฟอรัสกลับมาใช้ใหม่ในการเกิดปฏิกิริยาฟอสฟอไรเซชันของการกำจัดสีในน้ำทิ้ง

Exp#	Round 1 $C_{Fe(II)} \text{ (g/l)}$	Round 2 $C_{Fe(II)} \text{ (g/l)}$	Round 3 $C_{Fe(II)} \text{ (g/l)}$	สภาวะที่เหมาะสม
1	$C_{Fe(II),opt}$	0.15	-	ความเข้มข้นของ Fe(II) = $C_{Fe(II),opt,1}$
2	$C_{Fe(II),opt}$	0.20	-	
3	$C_{Fe(II),opt}$	0.25	-	
4	$C_{Fe(II),opt}$	0.30	-	
5	$C_{Fe(II),opt}$	$C_{Fe(II),opt,1}$	0.15	ความเข้มข้นของ Fe(II) = $C_{Fe(II),opt,1}$
6	$C_{Fe(II),opt}$	$C_{Fe(II),opt,1}$	0.20	
7	$C_{Fe(II),opt}$	$C_{Fe(II),opt,1}$	0.25	
8	$C_{Fe(II),opt}$	$C_{Fe(II),opt,1}$	0.30	

กิจกรรมที่ 3: การหาชนิดของสารดูดซับที่เหมาะสม ศึกษากราฟเบรคทรูการดูดซับ (breakthrough curve) และสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ สำหรับการดูดซับสีในน้ำทิ้งในหอดูดซับแบบ Packed column ในการศึกษาในกิจกรรมนี้มีรายละเอียดของขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1. ทำการเตรียมสารดูดซับชนิดถ่านกัมมันต์จากไฮปาล์ม ถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา (จากงานวิจัยงบประมาณแผ่นดินปี 2550) และขี้เถ้าจากการเผาไฮปาล์มที่เก็บตัวอย่างมาจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม
2. ออกแบบและสร้างหอดูดซับแบบ Packed column ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm สูง 30 cm ที่มีการต่อท่อทางเข้าและทางออกของคอลัมน์ดังแสดงไดอะแกรมในรูปที่ 4 โดยติดตั้งปั๊มอัตราการไหลต่ำชนิด peristaltic pump เพื่อป้อนน้ำทิ้งเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง
3. เติมสารดูดซับในคอลัมน์ดูดซับที่มีความสูง 5-15 cm (packing height) ทำการป้อนน้ำทิ้งที่ผ่านการศึกษาปฏิกิริยาฟอสฟอไรเซชันเข้าหอดูดซับอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหล 0.5-1.0 l/min เพื่อทำการดูดซับสีที่ยังคงตกค้างในน้ำ เก็บตัวอย่างน้ำที่ทางเข้าและทางออกของหอดูดซับเพื่อวัดค่าสี COD, TDS, และ SS ทุก 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟเบรคทรูการดูดซับ เปรียบเทียบผลของกราฟเบรคทรูของสารดูดซับแต่ละชนิดเพื่อหาชนิดของสารดูดซับที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในกระบวนการกำจัดสีในน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มต่อไป



รูปที่ 4 หอดูดซับ Packed column สำหรับการศึกษากาแฟเบรคทรูของการดูดซับสีในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบ

**กิจกรรมที่ 4:** ออกแบบและสร้างชุดทดลองที่มีการดำเนินการแบบต่อเนื่องขนาด small scale สำหรับการทดลองการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบ

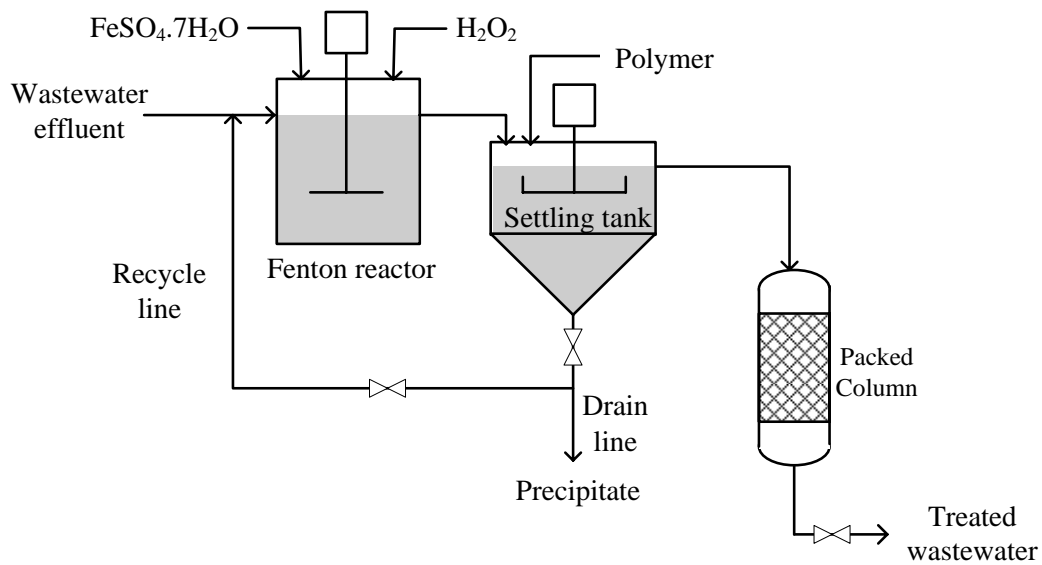
ชุดทดลองของระบบการบำบัดน้ำทิ้งแบบต่อเนื่อง ประกอบด้วย ถังปฏิกรณ์เฟนตัน (Fenton reactor) พร้อมใบกวน (agitator) ขนาดความจุ 3 ลิตร ถังตกจม (settling tank) ก้นกรวยขนาด 3 ลิตร และ คอลัมน์ดูดซับ (packed column) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm สูง 30 cm โดยมีรายละเอียดของกระบวนการ คือ

1. น้ำทิ้งถูกปั๊มเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เฟนตันอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหล 0.5-1.0 l/min ทำการกวนผสมและเติมสาร Fenton reagent 2 ชนิด คือ  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}_2$  อย่างต่อเนื่องด้วยสัดส่วนที่เหมาะสมตามที่กำหนดในกิจกรรมที่ 1

2. น้ำที่ผ่านการเกิดปฏิกิริยาจะไหลล้นออกจากถังปฏิกรณ์เข้าสู่ถังตกจมเพื่อการรวมตะกอนและแยกตะกอนเฟนตัน (precipitate) ด้วยการเติมสาร โพลีเมอร์และทำการกวนช้าด้วยใบกวนอย่างต่อเนื่อง ตะกอนเฟนตันจะตกลงสู่ส่วนล่างของถังตกจมและไหลออกจากถังตกจมทางก้นถัง ตะกอนจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ปั่นกลับ (recycle) สู่อุปกรณ์ เพื่อใช้เป็นสาร Fenton reagent แทนการป้อน  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ซึ่งเรียกว่า Fenton like ซึ่งจะทำให้สามารถลดการใช้สารเคมีของระบบ ตะกอนอีกส่วนจะถูกปล่อยทิ้งเพื่อการกำจัดตะกอนส่วนเกิน ในการศึกษานี้จะทำการทดลองหาสัดส่วนการปั่นกลับตะกอนที่เหมาะสมสำหรับการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดสีโดยใช้ผลการทดลองจากกิจกรรมที่ 2 ประกอบในการดำเนินการทดลอง

3. น้ำที่ผ่านการแยกตะกอนด้วยการตกจมในถังตกจม จะได้เป็นน้ำใสไหลล้นเข้าสู่หอดูดซับ Packed column ที่บรรจุด้วยสารดูดซับชนิดและความสูงที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในกิจกรรมที่ 3 เพื่อการดูดซับสีในน้ำทิ้งที่ผ่านการเกิดปฏิกิริยาเฟนตันอย่างต่อเนื่อง

ระบบหอดูดซับแบบเบดนิ่งที่จะสร้างขึ้นสำหรับการทดลองศึกษาการดูดซับในงานวิจัยนี้แสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ชุดทดลองต้นแบบ (pilot scale) สำหรับการไหลแบบต่อเนื่องของการกำจัดสีในน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบ

**กิจกรรมที่ 5:** ศึกษาการฟื้นฟูสภาพสารดูดซับชนิดถ่านกัมมันต์ด้วยไอน้ำและการนำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพกลับมาใช้ใหม่ (กรณีที่ชนิดสารดูดซับที่เหมาะสม คือ ถ่านกัมมันต์)

การฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ในการศึกษานี้ ดำเนินการโดยใช้ไอน้ำป้อนเข้าสัมผัสกับถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการใช้งานจนอิ่มตัวในคอลัมน์ เพื่อให้ถ่านกัมมันต์มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนเกิดการละลายและแยกของสารสีที่อยู่ในรูพรุนของถ่านกัมมันต์ออกมาสู่ภายนอก นำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพไปทำการทดลองการดูดซับสีในระบบหอดูดซับ Packed column ใหม่เป็นรอบที่ 1, 2 และ 3 เพื่อหาประสิทธิภาพการดูดซับในแต่ละรอบของการฟื้นฟูสภาพ การดำเนินการนี้ทำให้ทราบถึงความสามารถในการคายซับของสารสีและอายุการใช้งานของถ่านกัมมันต์ในการกำจัดสีสำหรับการประยุกต์ใช้กับระบบจริงได้

### สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล คือ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาในการทำวิจัย: 1 ปี ค.ศ. 52 - ก.ย. 53

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน
<b>1. งบบุคลากร</b>	
ค่าจ้างนักศึกษาศึกษาปริญญาโท 1 คน อัตรา 7,000 บาทต่อเดือน เป็นเวลา 10 เดือน	70,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
<b>2.1 ค่าตอบแทน วัสดุ และวัสดุ</b>	
2.1.1 ค่าตอบแทน เช่น ค่าอาหารทำการนอกเวลา ค่าตอบแทน ค่าอาหารทำการนอกเวลา 25 วัน/คน จำนวน 4 คน (อัตราวัน/คน 100 บาท)	10,000
2.1.2 ค่าใช้สอย เช่น	
1) ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพื่อดูงานและเข้าประชุมวิชาการจำนวน 2 คน	15,000
2) ค่าดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม	50,000
3) ค่าจ้างเหมาสร้างชุดทดลองคอตมันน์คูชับและระบบบำบัดน้ำเสีย แบบต่อเนื่อง (ในรูปที่ 2 และ 3)	20,000
4) ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด	12,000
5) ค่าเดินทางไปเก็บตัวอย่างน้ำในโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม	7,000
6) ค่าจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	4,000
2.1.3 ค่าวัสดุ เช่น	
1) ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง การวิเคราะห์ และ การเตรียมสารคูดซับ อุปกรณ์เครื่องแก้ว	30,000
2) ค่าวัสดุไฟฟ้า เครื่องกล สำหรับสร้างชุดทดลองบำบัดน้ำเสียแบบต่อเนื่อง พร้อมอุปกรณ์ควบคุม	20,000
3) ค่าวัสดุสำนักงานและวัสดุคอมพิวเตอร์สำหรับการเก็บและบันทึกข้อมูล	4,000
<b>3. งบลงทุน</b>	
- เครื่องกวนแม่เหล็ก (magnetic stirrer)	20,000
- ปั๊มป้อนสารเคมีอัตราการไหลต่ำ (peristaltic pump)	50,000
<b>รวม</b>	<b>312,000</b>

หมายเหตุ: ขอล้างเกลี่ยในทุกรายการ

## ชื่อโครงการวิจัย เท้าเทียมจากยางธรรมชาติ

Natural Rubber Prosthetic Foot

### ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากผลการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติเมื่อ พ.ศ.2544 พบว่าทั่วประเทศมีผู้พิการจำนวน 1.1 ล้านคน หรือเกือบ 2% ของประชากรประเทศ โดยพิการทางกาย แขน-ขาขาดหรือด้วน เท้ากุดมากที่สุด 47% อีกทั้งข้อมูลทางสถิติของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบราชนนีในปีเดียวกันพบว่าผู้พิการทุพพลภาพขาขาดเป็นจำนวนประมาณ 35,000 ราย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี และจากการที่นักวิจัยได้รับข้อมูลจากมูลนิธิองค์การทหารผ่านศึกพบว่าผู้ต้องการเท้าเทียมเฉพาะที่มูลนิธิดังกล่าวเป็นจำนวนถึง 4,000 คนต่อปี ดังนั้นผู้พิการที่มีความต้องการเท้าเทียมทั้งหมดในประเทศไทยคาดได้ว่ามีจำนวนมากหลายเท่า ทำให้มีผู้พิการทางขาที่ต้องการเท้าเทียมเพื่อประกอบการดำเนินชีวิตประจำวันมีเป็นจำนวนมาก ผู้พิการที่มีทั้งจากโรคร้าย อุบัติเหตุทางท้องถนนและการปฏิบัติงานต่างๆ ตลอดถึงสถานการณ์ความไม่สงบในจังหวัดชายแดนภาคใต้ อันส่งผลต่อความปลอดภัยในชีวิตของผู้ปฏิบัติหน้าที่ เช่น พลเรือน ทหาร ตำรวจ ตลอดจนถึงบุคลากรสายอื่นๆ เช่น ครู เป็นต้น ทำให้มีความจำเป็นต้องใช้เท้าเทียมซึ่งโดยทั่วไปนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพงมากเกินกว่าที่บุคคลทั่วไปจะสามารถจัดซื้อและจัดหาได้ ในอดีตที่ผ่านมา (จากการสอบถามข้อมูลว่าประมาณปี 2525-2527) มูลนิธิสายใจไทยฯ ร่วมกับบริษัทยางสยาม จำกัด ในเครือปูนซิเมนต์ไทย และศูนย์วิจัยยาง จ. สงขลา ทดลองทำเท้าเทียมจากยางในประเทศขึ้นตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (ดังแสดงในรูปที่ 1) อันเนื่องจากมีความจำเป็นต้องใช้เท้าเทียมเพื่อช่วยเหลือผู้พิการจากการปฏิบัติหน้าที่ป้องกันประเทศชาติเป็นจำนวนมาก จากผลการทดลองผลิตเท้าเทียมดังกล่าวใช้ได้ผลดีพอควรแต่ก็มีน้ำหนักมากไป อย่างไรก็ตามมูลนิธิสายใจไทยฯ ได้พิจารณาเห็นว่าเนื่องจากเท้าเทียมที่ผลิตได้ มีราคาถูกกว่าของต่างประเทศมากจึงได้ทดลองผลิตและนำไปใช้งานก่อน นอกจากนั้นยังได้นำไปช่วยเหลือหน่วยงานต่างๆ เช่น ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า โรงพยาบาลสมเด็จพระปิ่นเกล้า จังหวัดจันทบุรี เป็นต้น โดยราคาทุนที่ผลิตได้ในขณะนั้นอยู่ที่ข้างละ 200-260 บาท

สำหรับเท้าเทียมในเมืองไทยนั้นได้มีการทำกันมานาน โดยการเปลี่ยนวัสดุ รูปทรงต่างๆ แต่ไม่มีข้อมูลเปิดเผยถึงการใส่ว่าแพร่หลายมากน้อยขนาดไหน ปัจจุบันนี้ส่วนใหญ่ยังต้องซื้อจากต่างประเทศเป็นสำคัญ การจัดซื้อเป็นไปอย่างจำกัดและไม่สามารถแจกจ่ายให้กับผู้ต้องการได้อย่างทั่วถึงซึ่งเป็นเรื่องที่น่าเห็นใจสำหรับผู้พิการที่ไม่มีกำลังจัดหาไว้ใช้เองได้ ด้วยเหตุดังกล่าวข้างต้นงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาใช้วัสดุยางธรรมชาติผสมผสานกับการออกแบบ เพื่อปรับปรุงข้อด้อยของเท้าเทียมที่วางจำหน่าย และราคาถูก เพื่อให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถจัดหาเองและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้



รูปที่ 1 เท้าเทียมของบริษัททางสยาม จำกัด

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวัสดุยางธรรมชาติให้สามารถนำมาใช้ขึ้นรูปเท้าเทียมที่มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา
2. เพื่อพัฒนาเท้าเทียมให้ทนต่อการน็อกขาบริเวณปลายเท้าและลดแรงกระแทกบริเวณสันเท้า
3. เพื่อทดสอบ เปรียบเทียบการรับและกระจายแรง และอายุใช้งานของเท้าเทียมต้นแบบ

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้จะเน้นถึงการนำยางธรรมชาติมาทำเท้าเทียมโดยมีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

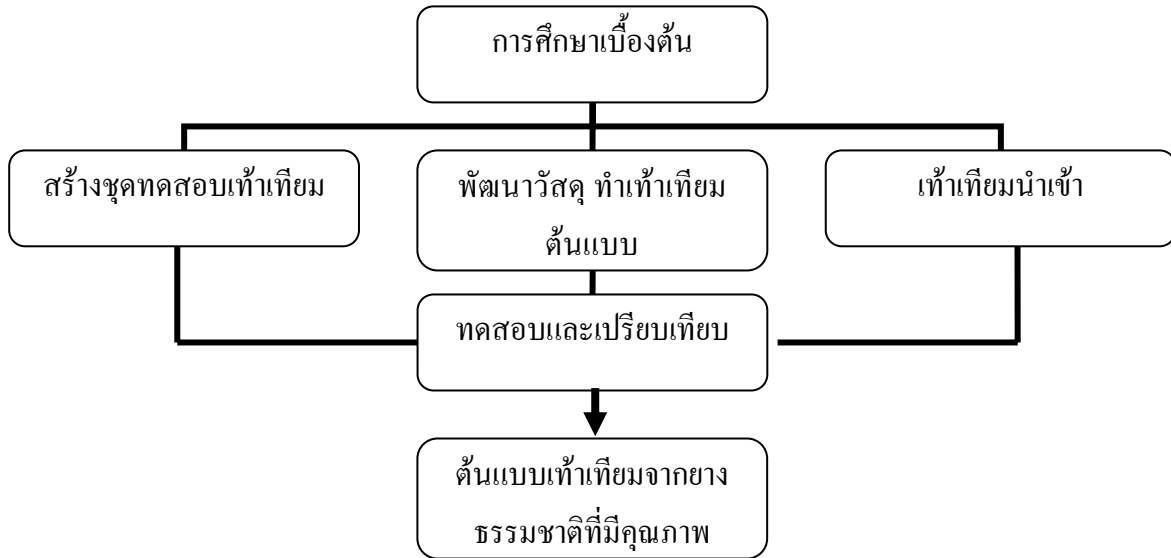
1. ส่วนแกนของเท้าเทียมทำจากไม้หรือพอลิเมอร์
2. เท้าเทียมต้นแบบเป็นแบบ SACH (Solid Ankle Cushioned Heel)
3. เท้าเทียมต้นแบบจะทำเฉพาะเท้าผู้ชายเบอร์ 4 (ความยาวจากปลาย-สันเท้าสูงสุด 25 cm)
4. ส่วนสันเท้าทำการเสริมด้วยโฟมพอลิเมอร์
5. การทดสอบทำตามมาตรฐาน ISO-10328

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เท้าเทียมต้นแบบทำจากยางธรรมชาติที่มีคุณภาพเท้าเทียมกับเท้าเทียมนำเข้า
2. เผยแพร่ในวารสารทางวิชาการ 1 เรื่อง
3. หน่วยงานภาครัฐ และพลเรือนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
4. เป็นฐานงานวิจัยเพื่อผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท 1 คน

### วิธีการดำเนินการวิจัย

โครงการนี้มีกิจกรรมหลักๆ 4 กิจกรรมหลักดังแผนภาพรวมที่แสดงในรูปที่ 14 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 14 แผนภาพกิจกรรมหลักของโครงการ

### กิจกรรมที่ 1 การศึกษาเบื้องต้น

รายละเอียด: กิจกรรมนี้มีการดำเนินการดังต่อไปนี้

- สืบค้นข้อมูลและสิทธิบัตรที่ทันสมัยเพื่อเป็นเป็นแนวทางในการพัฒนาวัสดุ
- ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบเท่าเทียมระดับห้องปฏิบัติการ
- ทดสอบเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องทดสอบที่สร้างขึ้น (กับเครื่องทดสอบที่ได้มาตรฐานของศูนย์สิรินธร)

### กิจกรรมที่ 2 พัฒนาวัสดุ ออกแบบเท่าเทียมและจัดสร้างโมลเท่าเทียมต้นแบบ

รายละเอียด: ในกิจกรรมนี้การดำเนินการจะประกอบไปด้วย

- พัฒนาวัสดุยางธรรมชาติทั้งยางแข็งยืดหยุ่นและโฟมยาง (เปรียบเทียบโฟมจากน้ำยางและโฟมจากยางแห้ง) และวัสดุทำแกนเท่าเทียม
- ออกแบบเท่าเทียมและโมลสำหรับขึ้นรูปเท่าเทียม
- จัดสร้างโมล

### กิจกรรมที่ 3 ขึ้นรูปเท่าเทียมต้นแบบ

รายละเอียด: ในกิจกรรมนี้การดำเนินการจะประกอบไปด้วย

- ขึ้นรูปส่วนของวัสดุแกนเท่าเทียม
- ขึ้นรูปเท่าเทียมต้นแบบ

### กิจกรรมที่ 4 ทดสอบ เปรียบเทียบและสรุปผล

รายละเอียด: ในกิจกรรมนี้การดำเนินการจะประกอบไปด้วย

- ทดสอบเท่าเทียมต้นแบบ ทดสอบอายุการใช้งาน การรับแรงและ น้ำหนักรวม เปรียบเทียบกับเท่าเทียมนำเข้า

- วิเคราะห์ต้นทุน
- พัฒนาค้นแบบ ทดสอบและสรุปผลการวิจัย

### สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

- คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาในการทำวิจัย: ต.ค. 52 - ก.ย.54 (รวมเป็นระยะเวลา 2 ปี)

### รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>1. งบบุคลากร</b>	
- จ้างผู้ช่วยวิจัย (นศ. ปริญญาโท 1 คน เดือนละ ~7,630 บาท เวลา 24 เดือน)	91,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
<b>2.1 ค่าตอบแทน</b>	
- ค่าตอบแทนเก็บข้อมูล เอกสาร บิล ทำบัญชี งานธุรการต่างๆ	12,000
<b>2.2 ค่าใช้สอย</b>	
- ค่าจ้างเขียนแบบเครื่องทดสอบเท้าเทียมและโมล	15,000
- จ้างสร้าง โมลขึ้นรูปเท้าเทียม	65,000
- ค่าเดินทางสืบค้นข้อมูล อบรม นำเสนอผลงานของ หัวหน้าโครงการ	10,000
- ค่าเดินทางสืบค้นข้อมูล อบรม นำเสนอผลงานของนักศึกษาบัณฑิตในโครงการ	8,000
- ค่าวัสดุสำนักงานและค่าสาธารณูปโภค	5,000
- ค่าวิเคราะห์ตัวอย่าง (TGA, DMTA, UTM)	10,000
- ค่าจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	2,000
<b>2.3 ค่าวัสดุ</b>	
- ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์ ยาง สารเคมีต่างๆ	25,000
- ค่าเท้าเทียมนำเข้าเพื่อทดสอบเปรียบเทียบ	20,000
- ค่าวัสดุทางเครื่องกล ไฟฟ้า เหล็ก ต่างๆสำหรับปรับปรุงเครื่องทดสอบเชิงกล รวมทั้งซ่อมแซมอุปกรณ์ที่จำเป็น	45,000



รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>3. งบลงทุน</b>	
ค่าครุภัณฑ์	
- ชุด Sensor (Force transducer)	100,000
- ชุด Pneumatic สำหรับขับเคลื่อน	200,000
- ชุดควบคุมรวมถึง microcontroller	100,000
<b>รวม</b>	<b>708,000</b>

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยในทุกรายการ

\*\* เหตุผลและความจำเป็น ในการตั้งงบประมาณค่าครุภัณฑ์

เนื่องจากการออกแบบและสร้างชุดทดสอบเท้าเทียมในระดับห้องปฏิบัติการสำหรับทดสอบเท้าเทียมต้นแบบเทียบกับเท้าเทียมนำเข้าเพื่อปรับปรุงคุณภาพเท้าเทียมต้นแบบทำได้ง่ายขึ้นดังนั้นครุภัณฑ์นี้จึงมีความจำเป็นสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งเครื่องทดสอบเท้าเทียมจริงมีราคาสูงมาก (~8,000,000 บาท)

**ชื่อโครงการวิจัย** การพัฒนากระบวนการผลิตชิ้นส่วนขาเทียมโลหะด้วยเทคโนโลยีโลหะกึ่งของแข็ง  
Development of the Production Process of Prosthetic Metal Parts by Semi-Solid  
Metal Technology

**ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย**

ในปัจจุบันประเทศไทยมีผู้พิการแขน ขาขาด ซึ่งไม่สามารถประกอบอาชีพได้เป็นจำนวนมากจากข้อมูลเบื้องต้นพบว่าสาเหตุของผู้พิการที่ถูกตัดขา 40% มาจากอุบัติเหตุและอีกกว่า 25% มาจากการเหยียบกับระเบิด และผู้พิการบางส่วนเป็นผลมาจากความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ของไทยในปัจจุบัน จากข้อมูลสถิติเบื้องต้นพบว่าขณะนี้ผู้พิการที่ต้องการขาเทียมอีกจำนวนมากประมาณ 50,000 คน [ที่มา : ไทยโพสต์ออนไลน์ 20 ก.พ. 2551] แต่ขาเทียมที่มีคุณภาพสูงนั้นต้องมีการนำเข้าซึ่งมีราคาสูง ข้อมูลจากชมรมนักพัฒนาอุตสาหกรรมไทยแสดงให้เห็นว่าราคาขาเทียมได้เข้าจากต่างประเทศมีราคาสูงถึงข้างละ 24,900 บาท ส่วนขาเทียมเหนื่อเข้ามีราคาข้างละ 78,000 บาท หากจะให้ผู้พิการทุกคนมีขาเทียมคุณภาพสูง จะต้องมีการนำเข้าขาเทียมสูงถึง 1,245 – 3,900 ล้านบาท ซึ่งเป็นมูลค่าที่สูงมาก นอกจากนี้ผู้พิการส่วนใหญ่เป็นผู้ยากไร้ ไม่สามารถซื้อขาเทียมที่มีคุณภาพจากต่างประเทศเหล่านี้ได้ จึงมีการวิจัยและพัฒนาโดยหน่วยงานต่างๆในประเทศ เช่น มูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี และชมรมนักพัฒนาอุตสาหกรรมไทย เพื่อออกแบบและผลิตขาเทียมให้แก่ผู้พิการต่างๆ ซึ่งขาเทียมที่ผลิตในประเทศโดยหน่วยงานเหล่านี้ มีราคาประมาณข้างละ 1,000-1,500 บาท โดยวัสดุหลักที่ใช้ประกอบด้วยพลาสติก ได้แก่ HDPE, ABS, Nylon, Polyurethane และโลหะ ได้แก่ Stainless Steel และอะลูมิเนียมรีไซเคิล ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านี้มีความทนทานน้อยกว่าชิ้นส่วนที่นำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้อายุการใช้งานสั้นหรือความสบายในการใส่ไม่ดีเท่าขาเทียมนำเข้า ผู้พิการซึ่งอยู่ในพื้นที่ห่างไกลจะประสบปัญหามากเมื่อขาเทียมชำรุดบ่อย เนื่องจากไม่สะดวกในการเดินทางเข้ามาเปลี่ยนในโรงพยาบาลในตัวเมืองเพราะต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง นอกจากนี้จากการสัมภาษณ์แพทย์ที่องค์การทหารผ่านศึกพบว่า หากเลือกได้ ผู้พิการทุกคนต้องการขาเทียมที่มีน้ำหนักเบาใส่สบายและมีความทนทานไม่ต้องเปลี่ยนบ่อย และจากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่โรงพยาบาลสงขลานครินทร์พบว่า ผู้พิการที่มีสิทธิในการเบิกไม่สูง เช่น สิทธิบัตรทอง ซึ่งมีจำนวนมาก จะไม่ได้รับขาเทียมที่มีคุณภาพสูงจากต่างประเทศ ซึ่งต่างจากผู้พิการที่มีสิทธิในการเบิกสูงหรือจ่ายเงินเองที่จะได้รับขาเทียมจากต่างประเทศ ข้อมูลเหล่านี้เป็นที่มาของโครงการวิจัยนี้ที่จะพัฒนาชิ้นส่วนขาเทียมที่มีคุณภาพสูงเท่าเทียมกับขาเทียมจากต่างประเทศในราคาไม่แพงซึ่งผู้พิการทุกคนมีสิทธิที่จะได้รับ

ขาเทียมมีหลายประเภท โครงการวิจัยนี้เลือกพัฒนาขาเทียมได้เข้าก่อนเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาขาเทียมประเภทอื่น ซึ่งขาเทียมได้เข้าจากต่างประเทศส่วนใหญ่ประกอบด้วยชิ้นส่วนสองประเภทคือเท้าเทียม ซึ่งทำจากไม้หรือยางซึ่งได้กล่าวในโครงการย่อยที่ 1 แล้ว อีกส่วนคือแกนขาและข้อต่อต่างๆที่ทำจากอะลูมิเนียมผสม เหตุผลหนึ่งที่ทำให้ชิ้นส่วนขาเทียมที่ทำจากโลหะมีราคาแพงมากคือ การขึ้นรูปชิ้นส่วนโลหะ จำเป็นต้องอาศัยเครื่องจักรใหญ่ในการขึ้นรูปแท่งโลหะในสถานะของแข็งให้มีรูปร่างได้ตามความ

ต้องการ ซึ่งเครื่องจักรดังกล่าวมีราคาสูงมาก หากใช้กรรมวิธีการหล่อทั่วไปก็จะได้ชิ้นงานที่มีสมบัติต่ำกว่า การอัดขึ้นรูป ในประเทศไทยก็มีการขึ้นรูปอะลูมิเนียมผสมอยู่มาก เช่น การอัดขึ้นรูปขอบประตู หน้าต่าง หรือ การหล่อขึ้นรูปชิ้นส่วนในรถยนต์ต่างๆ แต่ชิ้นงานอะลูมิเนียมผสมที่ได้ก็มีความแข็งแรงไม่มากนักเมื่อเทียบกับชิ้นส่วนอะลูมิเนียมที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ทีมวิจัยมีเทคโนโลยีการขึ้นรูปอะลูมิเนียมแบบกึ่งของแข็งที่เรียกว่ากระบวนการ Gas Induced Semi-Solid หรือ GISS ซึ่งสามารถทำให้สามารถขึ้นรูปอะลูมิเนียมผสมเกรดที่มีความแข็งแรงสูงที่ใช้ในเครื่องบินโดยการอัดในสถานะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ซึ่งอะลูมิเนียมจะมีพฤติกรรมคล้ายไอศกรีมทำให้สามารถอัดขึ้นรูปโดยไม่ต้องใช้เครื่องจักรที่ใหญ่และมีราคาแพงแต่ก็ยังสามารถได้สมบัติเชิงกลที่สูง ผลการวิจัยเบื้องต้นของทีมวิจัยพบว่าเทคโนโลยี GISS ทำให้สามารถผลิตชิ้นส่วนอะลูมิเนียมผสมเกรด A7075-T6 ที่มีความแข็งแรงเท่ากับเหล็กหล่อโดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูปขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการได้ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีโลหะกึ่งของแข็งมีศักยภาพในการนำมาผลิตชิ้นส่วนอากาศยานที่มีคุณภาพสูงและราคาถูกลงได้ โครงการวิจัยนี้จะศึกษาและพัฒนาการผลิตชิ้นส่วนอากาศยานได้เข้าที่เป็นโลหะโดยอาศัยการขึ้นรูปโลหะกึ่งของแข็งโดยกระบวนการ GISS เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนอากาศยานที่มีคุณภาพเท่าเทียมกับชิ้นส่วนที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชิ้นส่วนโลหะต้นแบบในอากาศยานได้เข้าที่มีคุณภาพสูงและราคาไม่แพง ซึ่งจะช่วยลดมูลค่าการนำเข้าของประเทศ และจะช่วยให้ผู้พิการทุกคนเข้าถึงอากาศยานที่มีคุณภาพสูงได้
2. เพื่อพัฒนากระบวนการขึ้นรูปอะลูมิเนียมผสมที่มีความแข็งแรงสูงด้วยเทคโนโลยีโลหะกึ่งของแข็งซึ่งจะทำให้สามารถนำไปประยุกต์ในการผลิตชิ้นส่วนทางการแพทย์ที่เบาและแข็งแรงอื่นๆ ได้ต่อไป
3. เพื่อศึกษากระบวนการทางความร้อนในการเพิ่มสมบัติเชิงกลของชิ้นส่วนอะลูมิเนียมที่ผลิตได้ ซึ่งจะทำให้สามารถปรับความแข็งแรงและความเหนียวของชิ้นงานตามความต้องการในงานที่ใช้ได้

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

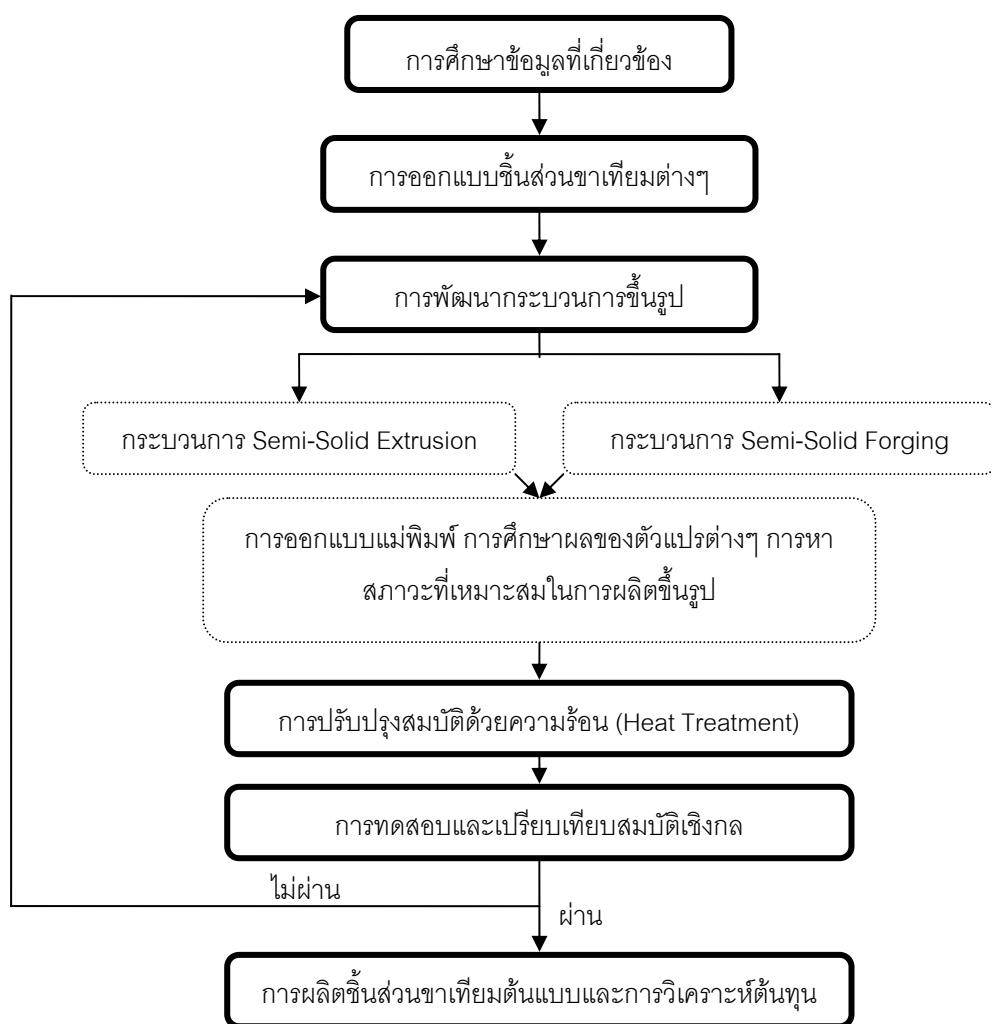
โครงการวิจัยนี้เน้นการพัฒนากระบวนการผลิตชิ้นส่วนอากาศยานได้เข้าที่เป็นโลหะ ซึ่งมีขอบเขตรวมถึง การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งของแข็งของชิ้นส่วนต่างๆ การปรับปรุงสมบัติของชิ้นงานด้วยกระบวนการทางความร้อน การทดสอบชิ้นงานที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับชิ้นส่วนที่นำเข้ามา การผลิตอากาศยานได้เข้าต้นแบบซึ่งจะรวมกับโครงการย่อยที่ 1 และการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ชิ้นส่วนโลหะที่จะนำไปประกอบกับเท้าเทียมจากยางพาราที่ผลิตได้จากโครงการวิจัยย่อยที่ 1 เพื่อให้ได้ชุดขาเทียมได้เข้าต้นแบบที่มีคุณภาพเท้าเทียมกับขาเทียมที่นำเข้าจากต่างประเทศ
2. ได้กระบวนการขึ้นรูปอะลูมิเนียมที่มีน้ำหนักเบาและแข็งแรงสูง ซึ่งสามารถนำไปผลิตชิ้นส่วนโลหะต่างๆในทางการแพทย์ เช่น เท้าเทียมเนื้อเข้า รถเข็น ไม้เท้า แขนเทียม มือเทียม เป็นต้น หรือนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์ จักรยาน หรือ ชิ้นส่วนทางการทหาร เป็นต้น
3. ได้ข้อมูลพื้นฐานของกระบวนการทางความร้อนที่เหมาะสมสำหรับอะลูมิเนียมผสมโลหะกึ่งของแข็ง เพื่อให้ได้ความแข็งแรงและความเหนียวตามที่ต้องการ และเหมาะสมกับสภาวะงานที่นำไปใช้
4. องค์ความรู้ที่ได้สามารถนำไปถ่ายทอดให้กับอุตสาหกรรมที่มีความสนใจเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องได้ต่อไป
5. ผลงานวิจัยนำไปเผยแพร่ในระดับชาติและนานาชาติ 2 เรื่อง
6. พัฒนาและผลิตนักศึกษาและบัณฑิต ระดับปริญญาตรี 3 คน และระดับปริญญาโท 3 คน

## วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

กระบวนการวิจัยและพัฒนาประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ดังแสดงในแผนผังด้านล่างนี้ รายละเอียดของกิจกรรมต่างๆ แสดงดังต่อไปนี้



### กิจกรรมที่ 1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูล สิ่งตีพิมพ์ สิทธิบัตรและสินค้าในตลาดของขาเทียมได้เข้าเพิ่มเติม เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบชิ้นส่วนโลหะต่างๆในขาเทียมได้เข้า

### กิจกรรมที่ 2 การออกแบบชิ้นส่วนขาเทียมต่างๆ

ออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงความทนทานในการใช้งาน การนำไปใช้ได้กับหน่วยงานทั่วไปได้ ความเป็นไปได้ในการขึ้นรูป และต้นทุนการผลิต

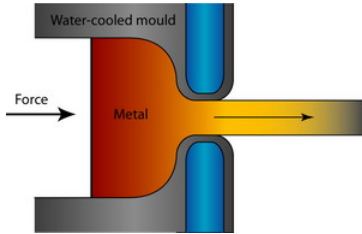
### กิจกรรมที่ 3 การพัฒนากระบวนการขึ้นรูป

ในการวิจัยจะเน้นการขึ้นรูป 2 กรรมวิธีคือ Semi-Solid Extrusion และ Semi-Solid Forging ดังแสดงในรูปที่ 21-22 ซึ่งในแต่ละกระบวนการจะมีการศึกษาดังนี้

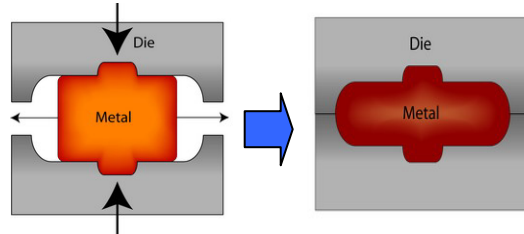
- a. การออกแบบแม่พิมพ์
- b. การศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ในการขึ้นรูป ได้แก่ สัดส่วนของแข็งของโลหะกึ่งของแข็ง อุณหภูมิของแม่พิมพ์ ความเร็วในการอัด

### c. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขึ้นรูป

โดยในการวิจัยจะเน้นการใช้อะลูมิเนียมผสมเกรดที่ให้ความแข็งแรงสูงที่ใช้ในอุตสาหกรรมอากาศยาน เช่น A7075 A2024 A5083 และ A6063 เป็นต้น



รูปที่ 21. กระบวนการ Semi-Solid Extrusion



รูปที่ 22. กระบวนการ Semi-Solid Forging

### กิจกรรมที่ 4 การปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อน (Heat Treatment)

ชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้จะมีการปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อน ซึ่งจะมีขั้นตอนการวิจัยโดยสรุปมีดังนี้

- การตรวจสอบหาส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่อง Emission Spectrometer เพื่อวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีในชิ้นงานที่หล่อได้
- การทดสอบสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน ซึ่งได้แก่ Hardness, Tensile Strength, Bending Strength, Compressive Strength และ Impact Strength และวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกวาด (SEM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)
- การอบละลายและบ่มแข็งที่ อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน
- การทดสอบสมบัติเชิงกลและวิเคราะห์โครงสร้างของชิ้นงานหลังการทำ Heat Treatment โดยการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคจะใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการอธิบายสมบัติเชิงกล โดยในแต่ละอุณหภูมิของการบ่มแข็งจะนำชิ้นงานมาศึกษา 3 ชิ้นงาน คือ (1) ชิ้นงานที่ยังบ่มไม่ถึงความแข็งสูงสุด (Under aging) (2) ชิ้นงานที่บ่มได้ความแข็งสูงสุด (Optimum aging) และ (3) ชิ้นงานที่บ่มนานเกินไป (Over aging)
- การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการ Heat Treatment โครงสร้างจุลภาค และสมบัติเชิงกล เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้

### กิจกรรมที่ 5 การทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติเชิงกล

ชิ้นงานที่ผลิตได้และผ่านการปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อนจะทดสอบเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนขาเทียมจากต่างประเทศ โดยจะเป็นการทดสอบสมบัติเชิงกลเชิงเปรียบเทียบเพื่อประเมินว่าคุณภาพเทียบเท่ากันหรือไม่ หากไม่ได้ ก็จะปรับกระบวนการต่างๆ ในกิจกรรมที่ 3 และกิจกรรมที่ 4 และทดสอบอีกครั้งจนได้สมบัติเชิงกลที่เท่าเทียมกัน

## กิจกรรมที่ 6 การผลิตชิ้นส่วนขาเทียมต้นแบบและการวิเคราะห์ต้นทุน

เมื่อได้กระบวนการการผลิตที่ยอมรับได้ก็จะผลิตชิ้นส่วนต้นแบบเพื่อนำไปประเมินโดยหน่วยงานต่างๆ นอกจากนี้จะดำเนินการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเพื่อประกอบการตัดสินใจในการนำไปใช้ต่อไป

### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2552 – กันยายน 2554

### รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	
	6 เดือน	6 เดือน
<b>1. งบบุคลากร</b>		
ค่าจ้างนักศึกษาริทยูญาโท 3 คน อัตรา 7,630 บาท/เดือน เวลา 24 เดือน (3หัวข้อ ได้แก่ Semi-Solid Extrusion, Semi-Solid Forging และ Heat Treatment)	137,340	137,340
<b>2. งบดำเนินงาน</b>		
<b>2.1 ค่าตอบแทน</b>	5,000	5,000
- ค่าอาหารทำการนอกเวลา 50 วัน/คน (อัตราวัน/คน 100 บาท)	12,000	12,000
- ค่าตอบแทนเก็บข้อมูล เอกสาร บิด ทำบัญชี งานธุรการต่างๆ		
<b>2.2 ค่าใช้สอย</b>	15,000	-
- ค่าจ้างเขียนแบบแม่พิมพ์และเครื่องมือขึ้นรูปต่างๆ	-	600,000
- ค่าจ้างจัดทำแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปชิ้นส่วนจำนวน 5 ชิ้น (~150,000 บ/ชิ้น)	20,000	-
- ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์ (เตาหลอมและเครื่องมือต่างๆ)		45,000
- ค่าจ้างวิเคราะห์ต่างๆ เช่น SEM TEM OES EDX และ Tensile	10,000	40,000
- ค่าจ้างเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง	-	12,000
- ค่าเดินทางสืบค้นข้อมูล อบรม นำเสนอผลงาน ของหัวหน้าโครงการ	-	-
- ค่าเดินทางไปวิเคราะห์ TEM ที่กรุงเทพฯ	-	15,000
- ค่าเดินทาง สืบค้นข้อมูล อบรม นำเสนอผลงาน ของนักศึกษาบัณฑิตในโครงการ (3 คน)	3,000	5,000
- ค่าจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ค่าสาธารณูปโภค ค่าส่งจดหมาย และค่าธรรมเนียมธนาคารต่างๆ	70,000	-
- ค่าจัดทำชุดควบคุมความร้อนในแม่พิมพ์		

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	
	6 เดือน	6 เดือน
<b>2.3 ค่าวัสดุ</b>		
- ค่าวัสดุสำนักงาน	1,500	1,500
- ค่าวัสดุในการหลอมและหล่ออะลูมิเนียม เช่น อะลูมิเนียม เทอร์โมคัปเปิล เบ้าหลอมโลหะ ถังมือถักความร้อน อีฐกันความร้อน แก๊สไนโตรเจน แก๊ส อาร์กอน แก๊สหุงต้ม เป็นต้น	50,000	50,000
- ค่าวัสดุซ่อมแซมและปรับปรุง เตาหลอมโลหะ โลหะต่างๆ	-	20,000
- ค่าพาหนะนำเข้าจากต่างประเทศเพื่อทดสอบเปรียบเทียบ	50,000	-
- ค่าวัสดุที่ใช้ในการเตรียมชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้าง	-	20,000
<b>3. งบลงทุน</b>		
<b>3.1 ค่าครุภัณฑ์</b>		
- เครื่องอัดขึ้นรูปโลหะ Hydraulic Press	-	400,000
รวมงบประมาณ	373,840	1,362,840
<b>รวมงบประมาณทั้งหมด</b>		<b>1,736,680</b>

หมายเหตุ \* ขอล้างเฉลี่ยในทุกรายการ

\*\* เหตุผลและความจำเป็นในการตั้งงบประมาณค่าครุภัณฑ์ เนื่องจากเครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีมูลค่าสูงมาก (ประมาณ 5 - 10 ล้านบาท) จึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาจากเครื่องอัดขึ้นรูปโลหะ Hydraulic Press เพื่อใช้ในกับกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งของแข็ง



**ชื่อโครงการวิจัย** การกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพจากโรงงานน้ำยางข้นด้วยระบบ  
กรองชีวภาพเพื่อผลิตกรดซัลฟูริกความเข้มข้นสูง  
Hydrogen Sulfide Removal from Biogas of Rubber Latex Factory to Produce  
Concentrated Sulfuric Acid by Biofiltration

**ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย**

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่ อยู่ในภาคใต้ จึงทำให้เกิดอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับยางพารา เช่น น้ำยางข้น ยางแท่ง ยางแผ่น ยางรมควัน เป็นต้น ปี 2550 ประเทศไทยส่งออกยางพาราทั้งสิ้น 2.050 ล้านตัน มูลค่าการส่งออกประมาณ 153,429 ล้านบาท โดยในจำนวนนี้เป็นน้ำยางธรรมชาติ 0.027 ล้านตัน น้ำยางข้น 0.436 ล้านตัน ยางแท่ง 0.681 ล้านตัน และยางธรรมชาติอื่นๆ 0.148 ล้านตัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมีมากในบริเวณภาคใต้ตอนล่างและภาคตะวันออกของประเทศ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นเกิดขึ้นเนื่องจากน้ำเสียจากกระบวนการผลิต มีปริมาณและความสกปรกสูง ในรูปสารอินทรีย์ ไนโตรเจน ซัลเฟตและสารแขวนลอย ในปัจจุบันการบำบัดน้ำเสียจึงนิยมใช้ระบบบ่อบำบัดอากาศ แล้วตามด้วยบ่อบำบัดอากาศ ก่อนจะเข้าสู่บ่อบำบัดสภาพ (กัลยา ศรีสุวรรณ, 2540) แล้วปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ถึงแม้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัดอากาศจะสามารถผลิตก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซชีวภาพที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงได้ก็ตาม แต่โรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมักประสบปัญหาการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากน้ำเสียมีปริมาณซัลเฟตสูง เมื่อเข้าสู่กระบวนการบำบัด จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้ซัลเฟตถูกเปลี่ยนรูปเป็นซัลไฟด์โดยกลุ่มจุลินทรีย์ Sulfate Reducing Bacteria (SRB) ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจึงมีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) สูง เมื่อสัมผัสกับความชื้นเกิดการทำปฏิกิริยาเป็นกรดซัลฟูริก เป็นปัญหากัดกร่อนเครื่องยนต์เผาไหม้ ดังนั้น สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2546) จึงกำหนดคุณภาพก๊าซชีวภาพที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เพื่อผลิตไฟฟ้า ต้องมีความเข้มข้นไม่เกิน 500 ppm นอกจากนี้  $H_2S$  ยังเป็นก๊าซมีกลิ่นเหม็นเหมือนไข่เน่า รวมทั้งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ความเข้มข้น  $H_2S$  200 ppm จะทำให้รู้สึกอ่อนเพลีย เป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจ และถ้าความเข้มข้นสูงกว่า 700 ppm จะทำให้หมดสติอย่างรวดเร็ว อาจเสียชีวิตหากไม่ได้รับการช่วยเหลือ (พัฒนานวธรรม วิทยกุล, 2544)

ปัจจุบันเทคโนโลยีการกำจัด  $H_2S$  มีทั้งการใช้วิธีทางเคมีและวิธีทางชีวภาพ วิธีทางเคมีนั้นมีความง่ายสูง เช่น ใช้ NaOH ทำปฏิกิริยากับ  $H_2S$  แล้วเปลี่ยนเป็นสารประกอบ  $Na_2S$  (Couvert *et al.*, 2006) ซึ่งต้องนำไปกำจัดอีกครั้ง ส่วนวิธีทางชีวภาพ เช่น ระบบกรองชีวภาพ เป็นการใช้อินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติทำหน้าที่ออกซิไดส์  $H_2S$  เป็นซัลเฟต และกรดซัลฟูริกในกรณีที่ไม่มีออกซิเจนเพียงพอ (Carlen and Sonneville, 2000) ซึ่งกรดซัลฟูริกสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตยางสก็มได้ นอกจากนี้

ต้นทุนในการสร้างระบบและค่าใช้จ่ายในการเดินระบบต่ำ รวมทั้งไม่มีของเสียจากระบบที่ต้องนำไปบำบัด  
อีก (Devinny *et al.*, 1999) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีความมุ่งหวังต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัด  $H_2S$  ใน  
ก๊าซชีวภาพจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นด้วยระบบกรองชีวภาพเพื่อการผลิตกรดซัลฟูริก รวมทั้งลดความ  
เข้มข้น  $H_2S$  ในก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งในพลังงานทางเลือก

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อหาระยะเวลาการเก็บกัก (Retention Time, RT) ของก๊าซ pH เริ่มต้นและอัตราหมุนเวียนน้ำซีรัม  
ที่เหมาะสมต่อการกำจัด  $H_2S$  จากก๊าซชีวภาพด้วยระบบกรองชีวภาพ ภายใต้สภาวะความเป็นกรด  
สูง
2. เพื่อศึกษาหารูปแบบการออกแบบระบบกรองชีวภาพระหว่างแบบชั้นเดียวและหลายชั้นเพื่อเพิ่ม  
ประสิทธิภาพการกำจัด  $H_2S$  ในก๊าซชีวภาพ ภายใต้สภาวะกรดสูง
3. เพื่อปรับปรุงคุณภาพของก๊าซชีวภาพให้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก  
ขึ้น และผลิตกรดซัลฟูริกความเข้มข้นสูงได้
4. เพื่อศึกษาชนิดจุลินทรีย์ที่ทำงานในระบบกรองชีวภาพภายใต้สภาวะกรดสูงและความเข้มข้น  $H_2S$   
สูง

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ใช้ก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสีย Sulfate Reducing Reactor (SRR) น้ำเสีย  
จากบ่อเติมอากาศ และน้ำเสียจากระบวนการผลิตยางสกิม จาก บริษัททดลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด  
เพื่อศึกษาการกำจัด  $H_2S$  ในก๊าซชีวภาพ เพื่อผลิตเป็นกรดซัลฟูริกความเข้มข้นสูงด้วยระบบกรองชีวภาพ  
ชนิดตัวกลาง 1 และ 3 ชั้น ภายใต้สภาวะกรดสูง โดยทำการศึกษาระดับห้องปฏิบัติการที่การคณะกรรมการจัดการ  
สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. องค์ความรู้ใหม่สำหรับทำความเข้าใจความสะอาดก๊าซชีวภาพและผลิตกรดซัลฟูริกใน  
ขณะเดียวกัน ซึ่งจะทำให้โรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นได้ก๊าซชีวภาพที่มีคุณภาพสูงขึ้น ลดการกักกรอง  
ของเครื่องจักรกลที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงและยังได้กรดซัลฟูริกกลับไปใช้ในกระบวนการผลิต
2. เผยแพร่ในที่ประชุมวิชาการและวารสารวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ
3. จดสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร

## วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ก๊าซชีวภาพที่ใช้ในการวิจัย

ก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SRR ของ บริษัท ฉลองอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น จำกัด ตำบลบ้าน อำเภोजะนะ จังหวัดสงขลา

ตัวอย่างน้ำเสียสำหรับเพาะเชื้อ

น้ำเสียจากบ่อ desulfide ซึ่งเป็นบ่อเติมอากาศ ที่รับน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบ SRR ของ บริษัท ฉลองอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น จำกัด ตำบลบ้าน อำเภोजะนะ จังหวัดสงขลา

ตัวอย่างน้ำชีรั่ม

น้ำชีรั่มเป็นน้ำเสียที่เกิดจากระบวนการผลิตยางสกิม ซึ่งมีกรดซัลฟูริกที่ตกค้างจากการจับตัวของยางทำให้มี pH 2.54±0.02 (โรฮานา, 2551) ในการทดลองจะใช้น้ำชีรั่มจากบริษัท ฉลองอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น จำกัด ตำบลบ้าน อำเภोजะนะ จังหวัดสงขลา

อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้ออนินทรีย์สังเคราะห์ Mineral Salt Medium (MSM) สำหรับวิเคราะห์จุลินทรีย์ Chemoautotrophic Sulfur Oxidizing Consortium โดยมีองค์ประกอบดังตารางที่ 2  
ตารางที่ 2 อาหารเลี้ยงเชื้ออนินทรีย์สังเคราะห์ Mineral Salt Medium

องค์ประกอบ	จำนวน (กรัม)
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.2
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.8
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.1
NH <sub>4</sub> Cl	0.5
CaCl <sub>2</sub>	0.03
MnSO <sub>4</sub>	0.02
FeCl <sub>3</sub>	0.02
NaHCO <sub>3</sub>	4.0
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O	20
น้ำกลั่น	1,000 มล.

ที่มา : Sanchez *et al.*, 2005

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. ถังเก็บก๊าซชีวภาพสร้างจากพลาสติกพีวีซี ปริมาตร 2 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 6 ใบ
2. สายยางเชื่อมถังเก็บก๊าซกับท่อก๊าซของโรงงาน
3. Peristaltic pump, ไคอะเฟรมปั๊ม และปั๊มพ่นอากาศ

4. Flow meter
5. เครื่องวัด pH
6. กล้องจุลทรรศน์

#### วิธีดำเนินการวิจัย

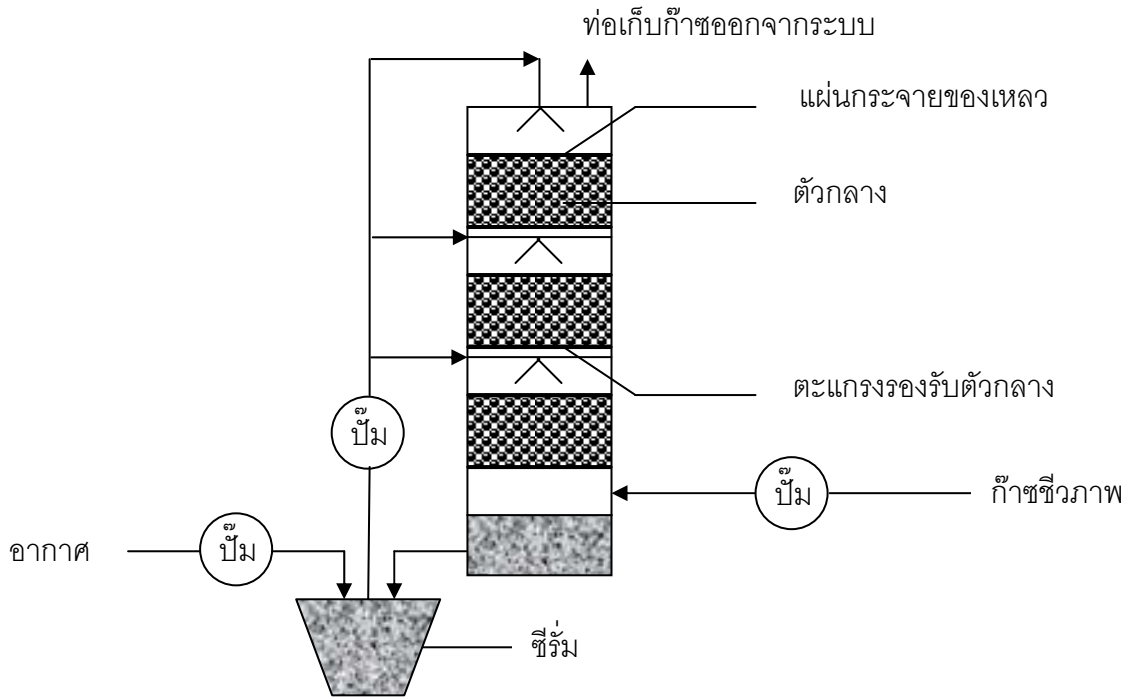
##### 1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในโรงงาน

ทำการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในโรงงาน ได้แก่ ปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตแยกตามขั้นตอนการผลิต น้ำเสียรวมก่อนเข้าระบบบำบัดและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด กระบวนการบำบัดน้ำเสียและอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ แล้วเก็บก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำยางขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SRR โดยต่อสายจากวาล์วท่อก๊าซของถังปฏิกรณ์ SRR เพื่อให้ก๊าซชีวภาพไหลเข้าสู่ถังเก็บก๊าซ แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้น  $H_2S$  และมีเทน ซึ่งการวิเคราะห์ใช้วิธี Sulfide Method (Jacob, 1960) และวิธี Gas Chromatography (Taconi *et al.*, 2007) ตามลำดับ

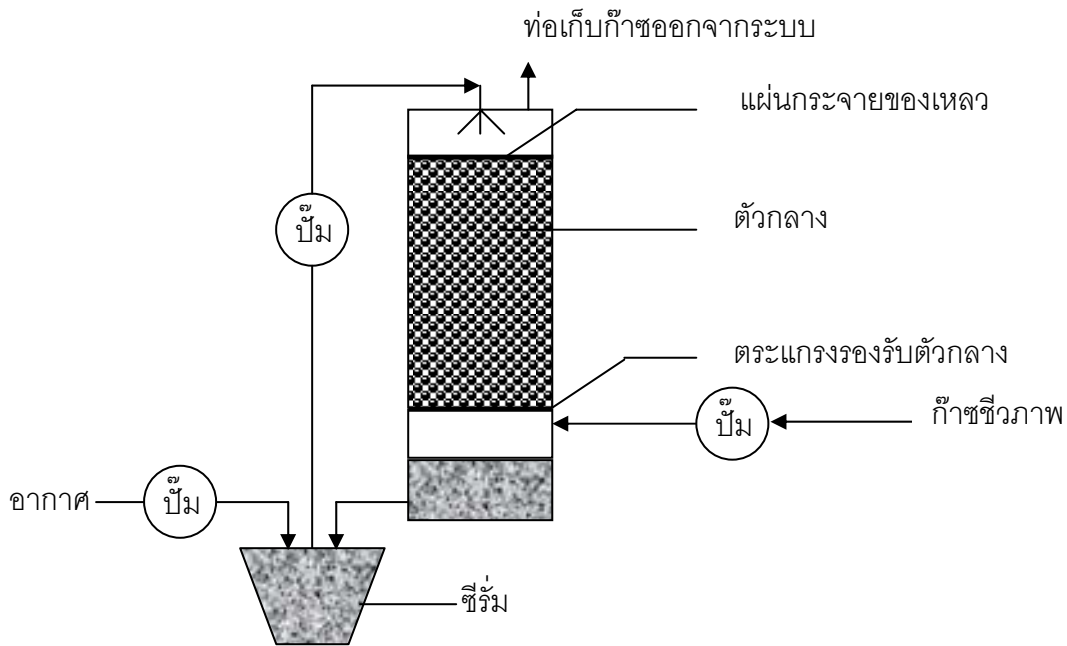
##### 2. ออกแบบและดำเนินการสร้างถังปฏิกรณ์ชนิดตัวกลาง 3 ชั้น จำนวน 3 ชุด และถังปฏิกรณ์ชนิดตัวกลาง 1 ชั้น จำนวน 3 ชุด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ทำการสร้างถังปฏิกรณ์ ชนิดตัวกลาง 3 ชั้น ทรงกระบอก โดยใช้ท่อ pvc ซึ่งเป็นวัสดุทนกรด เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. สูง 66 ซม. (ปริมาตร 1,296 ลบ.ซม.) แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง ส่วนบนจะมีช่องสำหรับเก็บก๊าซที่ออกจากระบบไปวิเคราะห์ ส่วนกลางสำหรับบรรจุตัวกลางพลาสติก ทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. สูง 1.5 ซม. แบ่งเป็น 3 ชั้น ความหนาชั้นละ 11.7 ซม. ความหนาตัวกลางรวม 35 ซม. (ปริมาตร 687 ลบ.ซม.) และส่วนล่างสูง 21 ซม. (ปริมาตร 412 ลบ.ซม.) สำหรับบรรจุน้ำชีวม โดยมีวาล์วระบายของเหลวที่ได้จากการทดลองและท่อสำหรับหมุนเวียนน้ำชีวมไปยังส่วนบนสุดของแต่ละชั้นตัวกลางเพื่อสเปรย์น้ำชีวม ดังภาพประกอบ 6

ถังปฏิกรณ์ ชนิดตัวกลาง 1 ชั้น ทรงกระบอก โดยใช้ท่อ pvc ซึ่งเป็นวัสดุทนกรด เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. สูง 60 ซม. (ปริมาตร 1,178 ลบ.ซม.) แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง ส่วนบนจะมีช่องสำหรับเก็บก๊าซที่ออกจากระบบไปวิเคราะห์ ส่วนกลาง สูง 35 ซม. (ปริมาตร 687 ลบ.ซม.) สำหรับบรรจุตัวกลางทำจากพลาสติก ทรงกระบอก มีรูพรุน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. สูง 1.5 ซม. และส่วนล่างสูง 21 ซม. (ปริมาตร 412 ลบ.ซม.) สำหรับบรรจุน้ำชีวม โดยมีวาล์วระบายน้ำชีวมที่ได้จากการทดลองและท่อสำหรับหมุนเวียนน้ำชีวมไปยังส่วนบนสุดของชั้นตัวกลางเพื่อสเปรย์น้ำชีวม ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 6 ถึงปฏิกรณ์ระบบกรองชีวภาพ ชนิดตัวกลาง 3 ชั้น



ภาพประกอบ 7 ถึงปฏิกรณ์ระบบกรองชีวภาพ ชนิดตัวกลาง 1 ชั้น

### 3. การตรึงจุลินทรีย์บนตัวกลาง

การเลี้ยงเชื้อและการตรึงจุลินทรีย์บนตัวกลางพลาสติกเพื่อใช้ในระบบการกรองชีวภาพ กระทำโดยแช่ตัวกลางพลาสติกในถังพลาสติกที่บรรจุน้ำเสียจากบ่อ desulfide ซึ่งเป็นบ่อเติมอากาศที่รับน้ำเสียจากบ่อ SRR

เพื่อให้เกิดฟิล์มจุลินทรีย์บนตัวกลางพลาสติก เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยเติมอากาศตลอดเวลาด้วย Air Pump จากนั้นหาค่าเฉลี่ยจำนวนแบคทีเรียต่อกรัมตัวกลางพลาสติก โดยสุ่มเก็บตัวอย่างตัวกลางพลาสติกที่ผ่านการเพาะเชื้อ นับจำนวนแบคทีเรียด้วยวิธี Spread Plate Technique (APHA, AWWA and WEF, 1998) บนอาหาร Mineral Salt Agar (MSA) ส่วนประกอบดังตารางที่ 2 และอาหาร Plate Count Agar (PCA) ซึ่งเป็นอาหารคัดเลือกจุลินทรีย์พวก Heterotroph จากนั้นนำไปบรรจุในถังปฏิกรณ์ โดยใช้เทคนิคการเลือกแบบ Accidental Sampling

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ ความถี่และวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	ความถี่ในการวิเคราะห์	เอกสารอ้างอิง
ความเข้มข้น H <sub>2</sub> S	Cadmium Sulfide Method	1 ครั้ง/วัน	Jacobs (1960)
ความเข้มข้นมีเทน	Gas Chromatography	2 ครั้ง/ชุดการทดลอง(เริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง)	Taconi <i>et al.</i> , (2007)
อุณหภูมิห้อง/น้ำซีรัม	Thermometer	2 ครั้ง/วัน	APHA, AWWA, and WEF. (1998)
pH น้ำซีรัม	pH meter	1 ครั้ง/วัน	APHA, AWWA, and WEF. (1998)
ซัลเฟตในน้ำซีรัม	Turbidimetric Method	2 ครั้ง/ชุดการทดลอง (เริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง)	APHA, AWWA, and WEF. (1998)
ไนโตรเจนในน้ำซีรัม	Total Kjeldalh Method	2 ครั้ง/ชุดการทดลอง (เริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง)	APHA, AWWA, and WEF. (1998)
ซีโอดีในน้ำซีรัม	Close Reflux	2 ครั้ง/ชุดการทดลอง (เริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง)	APHA, AWWA, and WEF. (1998)
ออกซิเจนละลายในน้ำซีรัม	Azide Modification	1 ครั้ง/วัน	APHA, AWWA, and WEF. (1998)

4. ศึกษาระยะเวลาการเก็บกัก (Retention Time, RT) ของก๊าซชีวภาพและ pH ของน้ำซีรัมเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการกำจัด H<sub>2</sub>S จากก๊าซชีวภาพด้วยระบบกรองชีวภาพ ภายใต้สภาวะกรดสูง

ทำการทดลองเปรียบเทียบการใช้ถังปฏิกรณ์ชนิดตัวกลาง 3 ชั้น และถังปฏิกรณ์ชนิดตัวกลาง 1 ชั้น กำหนดการป้อนก๊าซชีวภาพ RT เท่ากับ 240, 120 และ 60 วินาที ตลอดเวลาและปรับ pH เริ่มต้นของซีรัม เท่ากับ 2, 1.5 และ 1 ปริมาตร 250 มล. โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก หลังจากนั้นวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต ไนโตรเจน และซีโอดี ดังตารางที่ 3 แล้วจึงนำไปใช้หมุนเวียนที่อัตราเร็ว 0.76 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ทำการเติมอากาศให้ระบบ โดยวิธีพ่นอากาศให้น้ำซีรัมมีค่าออกซิเจนละลายมากกว่า 2 มก./ลิตร ซึ่งจะใช้ในการหมุนเวียนในระบบ ตลอดเวลา ระหว่างการเดินระบบวัดอุณหภูมิน้ำซีรัมที่ไหลออกจากถังปฏิกรณ์ด้วย Thermometer วันละ 2 ครั้ง

ทำการเดินระบบจนสิ้นสุดการทดลอง คือสามารถลดความเข้มข้น  $H_2S$  จนมีค่าต่ำกว่า 500 ppm และ pH ของซีรัมไม่ต่ำกว่า 0.5 เก็บตัวอย่างก๊าซที่ออกมาจากถังปฏิกรณ์มาวิเคราะห์ความเข้มข้น  $H_2S$  และมีเทน และเก็บน้ำซีรัมที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ pH ความเข้มข้นของซัลเฟต ไนโตรเจน ซีโอดีและปริมาณออกซิเจนละลาย ดังตารางที่ 3 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์และศึกษาลักษณะการกระจายตัวของแบคทีเรียในชั้นตัวกลาง โดยวิธี Spread Plate Technique (APHA, AWWA and WEF, 1998) และจำแนกสกุลของแบคทีเรียเบื้องต้นด้วยการจำแนกตั้งฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดังข้อ 14.6.8

เกณฑ์การคัดเลือก RT และ pH ของชุดการทดลองที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองในการทดลองขั้นต่อไปนั้น จะพิจารณาจากประสิทธิภาพการกำจัด  $H_2S$  และความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก ซึ่งจะเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่สุด จำนวน 1 สภาวะต่อชนิดถังปฏิกรณ์

5. ศึกษาอัตราการหมุนเวียนซีรัมที่เหมาะสมต่อการกำจัด  $H_2S$  จากก๊าซชีวภาพด้วยระบบกรองชีวภาพ ภายใต้สภาวะกรดสูง

ทำการทดลอง โดยใช้ถังปฏิกรณ์ชนิดตัวกลาง 3 ชั้น และถังปฏิกรณ์ชนิดตัวกลาง 1 ชั้น กำหนดอัตราการไหลเวียนซีรัม 0.76, 1.15 และ 1.53 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ปริมาตร 250 มล. ควบคุมอัตราการไหลด้วยปั๊มและตรวจวัดอัตราการไหลด้วย Flow meter ป้อนก๊าซชีวภาพตลอดเวลาด้วย RT และ pH ซีรัมเริ่มต้นที่เหมาะสมของแต่ละชนิดถังปฏิกรณ์จากการทดลองในข้อ 14.6.4 โดยปรับ pH ด้วยกรดไฮโดรคลอริก แล้ววิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต ไนโตรเจนและซีโอดี ดังตารางที่ 3 หลังจากนั้นจึงนำไปเติมอากาศให้ระบบโดยวิธีพ่นอากาศใต้น้ำซีรัมมีค่าออกซิเจนละลายมากกว่า 2 มก./ลิตร ซึ่งจะใช้ในการหมุนเวียนในระบบตลอดเวลา ระหว่างการเดินระบบวัดอุณหภูมิน้ำซีรัมที่ไหลออกจากถังปฏิกรณ์ด้วย Thermometer วันละ 2 ครั้ง ทำการเดินระบบจนสิ้นสุดการทดลอง คือ สามารถลดความเข้มข้น  $H_2S$  จนมีค่าต่ำกว่า 500 ppm และ pH ของน้ำซีรัมไม่ต่ำกว่า 0.5 เก็บตัวอย่างก๊าซที่ออกมาจากถังปฏิกรณ์มาวิเคราะห์ความเข้มข้น  $H_2S$  และมีเทน และเก็บตัวอย่างน้ำซีรัมเพื่อวิเคราะห์ pH ความเข้มข้นของซัลเฟต ไนโตรเจน ซีโอดีและปริมาณออกซิเจนละลาย ดังตารางที่ 3 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์และศึกษาลักษณะการกระจายตัวของแบคทีเรียในชั้นตัวกลางโดยวิธี Spread Plate Technique (APHA, AWWA and WEF, 1998) และจำแนกสกุลของแบคทีเรียเบื้องต้นด้วยการจำแนกตั้งฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดังข้อ 14.6.8

เกณฑ์การคัดเลือก RT pH และอัตราการหมุนเวียนซีรัมของการทดลองที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองในการทดลองขั้นต่อไปนั้น จะพิจารณาจากประสิทธิภาพการกำจัด  $H_2S$  และความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก โดยจะคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่สุด จำนวน 1 สภาวะ

6. เปรียบเทียบผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัด  $H_2S$  และความเข้มข้น ซัลฟูริกในซีรัม ระหว่างถังปฏิกรณ์ชนิดตัวกลาง 3 ชั้นกับถังปฏิกรณ์ชนิดตัวกลาง 1 ชั้น

7. ศึกษาการเปลี่ยนซีรัมหมุนเวียนแบบกึ่งต่อเนื่องต่อการกำจัด  $H_2S$  จากก๊าซชีวภาพด้วยระบบกรองชีวภาพ ภายใต้สภาวะกรดสูง

ทำการทดลองโดยใช้ถังปฏิกรณ์ชนิดตัวกลาง 3 ชั้น โดยการเปลี่ยนน้ำซีรัมหมวนเวียนแบบกึ่งต่อเนื่อง ด้วยอัตราเร็วการหมวนเวียนและ pH ซีรัมเริ่มต้น รวมทั้ง RT ของก๊าซชีวภาพที่คัดเลือกจากการทดลองในข้อ 14.6.5 เดิมอากาศให้ระบบโดยวิธีฟอนอากาศให้น้ำซีรัมมีค่าออกซิเจนละลายมากกว่า 2 มก./ลิตร ซึ่งจะใช้ในการหมวนเวียนในระบบตลอดเวลา ทำการเดินระบบโดยป้อนก๊าซชีวภาพตลอดเวลา ระหว่างการเดินระบบวัดอุณหภูมิน้ำซีรัมที่ไหลออกจากถังปฏิกรณ์ด้วย Thermometer วันละ 2 ครั้ง ทำการเดินระบบจนกระทั่งสามารถลดความเข้มข้น  $H_2S$  จนมีค่าต่ำกว่า 500 ppm และ pH ของซีรัมไม่ต่ำกว่า 0.5 เก็บตัวอย่างก๊าซที่ออกจากถังปฏิกรณ์วิเคราะห์ความเข้มข้น  $H_2S$  และมีเทนที่ออกจากถังปฏิกรณ์ และเก็บตัวอย่างน้ำซีรัมวิเคราะห์ pH ความเข้มข้นซัลเฟต ไนโตรเจน ซีโอดีและปริมาณออกซิเจนละลาย ดังตารางที่ 3 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์และศึกษาลักษณะการกระจายตัวของแบคทีเรียในชั้นตัวกลาง โดยวิธี Spread Plate Technique (APHA, AWWA and WEF, 1998) จำแนกสกุลของแบคทีเรียเบื้องต้นและจำแนกระดับชีวโมเลกุล รวมทั้งศึกษาการยัดเกาะตัวกลางของแบคทีเรีย ในทุกชั้นตัวกลาง ดังข้อ 14.6.8

#### 8. การวิเคราะห์จุลินทรีย์

- การวิเคราะห์ปริมาณและศึกษาลักษณะการกระจายตัวของแบคทีเรียในชั้นตัวกลาง กระทำโดยสุ่มเก็บตัวกลางในแต่ละชั้น แล้วนำมานับจำนวนแบคทีเรียด้วยวิธี Spread Plate Technique (APHA, AWWA and WEF, 1998) บนอาหาร MSA ส่วนประกอบดังตารางที่ 2 และอาหาร PCA จากนั้นทำการแยกโคโลนีที่มีลักษณะแตกต่างกันเพื่อนำไปเพาะเชื้อเป็น Pure Culture ใน NA Slant ทำการจำแนกสกุลของแบคทีเรียเบื้องต้นด้วยการจำแนกสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์

- การวิเคราะห์ทางชีวโมเลกุลเพื่อวิเคราะห์ 16S rDNA โดยการนำ Pure Culture ใน Slant มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction (PCR)

- ศึกษาลักษณะการยัดเกาะของแบคทีเรียบนตัวกลางในถังปฏิกรณ์ โดยนำตัวกลางมาถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

#### 9. วิเคราะห์ผลการทดลอง

- การเปลี่ยน  $H_2S$  เป็นกรดซัลฟูริกโดยเปรียบเทียบความเข้มข้น ซัลเฟตก่อนเริ่มและสิ้นสุดการเดินระบบ ซึ่งกรดซัลฟูริก 1 โมล สามารถแตกตัวได้ซัลเฟต 1 โมล ดังนั้นจึงสามารถคำนวณจำนวน โมลกรดซัลฟูริกที่ผลิตได้ดังสมการที่ 11

$$H_2SO_4 \text{ Production (mol)} = \frac{(C_{out} \times V_{out}) - (C_{in} \times V_{in})}{MW \times 1,000} \quad (11)$$

เมื่อ  $C_{in}$  = ความเข้มข้นซัลเฟตในน้ำซีรัมก่อนเริ่มเดินระบบ (มก./ลิตร)  
 $C_{out}$  = ความเข้มข้นซัลเฟตในน้ำซีรัมสิ้นสุดการเดินระบบ (มก./ลิตร)  
 $V_{in}$  = ปริมาตรน้ำซีรัมตอนเริ่มต้นเดินระบบ (มล.)



$V_{ou}$  = ปริมาณน้ำชีวมัตถ์สิ้นสุดการเดินระบบ (มล.)

MW = มวลโมเลกุลของซัลเฟต (96 กรัม/โมล)

1,000 = การปรับหน่วย มก./กรัม

14.6.9.2 ประสิทธิภาพในการกำจัด  $H_2S$  ของระบบกรองชีวภาพ ดังสมการที่ 12

(Bing and William, 2006)

$$RE = \frac{(C_{in} - C_{out})}{C_{in}} \times 100 \quad (12)$$

เมื่อ RE = ประสิทธิภาพในการกำจัด  $H_2S$  (%)

$C_{in}$  = ความเข้มข้น  $H_2S$  ที่เข้าระบบ (ppm)

$C_{out}$  = ความเข้มข้น  $H_2S$  ที่ออกจากระบบ (ppm)

- กำหนดหาความสามารถในการกำจัด  $H_2S$  สูงสุดของระบบกรองชีวภาพ จากสมการที่ 10

10. การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกรองชีวภาพ ที่ RT และ อัตราหมุนเวียนชีวมัตถ์ ต่าง ๆ ในรูปของร้อยละ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้โปรแกรม SPSS ในการประมวลข้อมูล

**ระยะเวลาทำการวิจัย**

ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน	
	6 เดือน	6 เดือน
<b>1. งบบุคลากร</b>		
- ค่าจ้างนักศึกษาระดับปริญญาโท 5,400 X 12 เดือน สำหรับช่วยทดลองงานวิเคราะห์ นำตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์และประมวลผล	32,400	32,400
<b>2. งบดำเนินการ</b>		
(2.1) ค่าใช้สอย		
- ค่าจ้างวิเคราะห์ทางชีวโมเลกุลของจุลินทรีย์ SEM และก๊าซชีวภาพ	20,000	10,000
- ค่าจ้างเหมาสร้างชุดตั้งปฏิกรณ์ระบบกรองชีวภาพ จำนวน 6 ชุด	50,000	-
- ค่าจ้างพิมพ์เอกสาร	2,000	2,000
- ค่าจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์	-	5,000
- ค่าใช้จ่ายเพื่อเข้าร่วมประชุม/สัมมนาหรือเสนอผลงาน	-	20,000
- ค่าพาหนะในการเก็บตัวอย่างและหาข้อมูล 14 ครั้ง (1,000 บาทต่อครั้ง)	8,000	6,000
(2.2) ค่าวัสดุ		
- ค่าถ่ายเอกสารและค่าใช้สอยวัสดุสำนักงาน	2,500	2,500
- ค่าวัสดุสำหรับเก็บตัวอย่าง	10,000	2,000
- ค่าวัสดุสำหรับสร้างชุดตั้งปฏิกรณ์ระบบกรองชีวภาพ จำนวน 6 ชุด	150,000	-
- ค่าสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ตัวอย่าง	30,000	30,000
(2.3) ค่าสาธารณูปโภค		
- ค่าใช้จ่ายเพื่อการติดต่อทางโทรศัพท์/ไปรษณีย์	1,000	1,000
<b>3. งบลงทุน (ค่าครุภัณฑ์)</b>		
- ปั๊มสูบแบบบริด (Peristaltic Pump) จำนวน 2 ชุด	83,000	-
รวม	388,900	110,900
<b>รวมทั้งสิ้น</b>	<b>499,800</b>	

หมายเหตุ : ขอถัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ

## ชื่อโครงการ การผลิตเอทิลเอสเทอร์เชิงอุตสาหกรรมจากน้ำมันปาล์มดิบ

Commercial Production of Ethyl Ester from Crude Palm Oil

### ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากวิกฤตการณ์ด้านน้ำมันเชื้อเพลิงของโลกที่มีราคาสูงขึ้นอย่างมาก ทำให้หลายประเทศทั่วโลก ค้นหาพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม เช่น การผลิตเอทานอลในประเทศบราซิลเพื่อพึ่งตนเองทำให้ ปี จ จู บั น ป ร ะ เ ท ศ บ ร ะ ชี ล น ำ เ ข ้า น ำ ม ัน เ พี ย ง ร้อยละ 20 โดยประเทศบราซิลสามารถผลิตเอทานอลในปี พ.ศ. 2542-2543 จำนวน 13,000 ล้านลิตรต่อปี (สุริยา อยชานันท์, 2545) นอกจากการผลิตเอทานอลแล้วไบโอดีเซลก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่หลายประเทศได้ ทดลองเพื่อนำมาทดแทนน้ำมันจากปิโตรเลียม ซึ่งในปัจจุบันมีการตั้งโรงงานผลิต ไบโอดีเซลในกลุ่ม ประเทศยุโรปเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล โดยมีโรงงานที่ได้ใบรับรองในประเทศฝรั่งเศสที่มีกำลังผลิต 230,000 ตันต่อปี และโรงงานในอิตาลีซึ่งมีกำลังการผลิต 120,000 ตันต่อปี สำหรับโรงงานที่ยังไม่มีใบรับรองแต่ สามารถผลิตไบโอดีเซลได้เช่นกัน ได้แก่โรงงานในประเทศเยอรมนี ออสเตรเลีย ประเทศแถบสแกนดิเนเวีย เบลเยียม เนเธอร์แลนด์ และประเทศนอกกลุ่มยุโรป โดยจากผลการสำรวจล่าสุดพบว่ากำลังการผลิตประเทศ ดังกล่าวรวมกันมีปริมาณถึง 1.3 ล้านตันต่อปี (ศิริพร คำนคร, 2544)

สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ประเทศไทย ต้องนำเข้าน้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูปจากต่างประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2546 มีปริมาณนำเข้าน้ำมันดิบ 283.20 ล้านบาร์เรล คิดเป็นมูลค่าการนำเข้าน้ำมันดิบ 3,461,654 ล้านบาท (สำนักงานนโยบายและวางแผน พลังงาน, 2548) การผลิตไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนเพื่อใช้ในประเทศเป็นทางหนึ่งที่จะช่วยความมั่นคง ด้านพลังงานให้กับประเทศ รักษาเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าพลังงาน และลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งประเทศไทยมีพืชน้ำมันที่สามารถนำมาผลิตให้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงที่สำคัญ คือ ปาล์มน้ำมัน เนื่องจาก เป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อพื้นที่ปลูกสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น และเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในประเทศไทย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำน้ำมันปาล์มมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซลเพื่อใช้เป็นพลังงาน ทดแทน

การผลิตไบโอดีเซลเชิงอุตสาหกรรมของประเทศไทยและต่างประเทศในขณะนี้ ใช้เมทานอลเป็น แอลกอฮอล์ในการทำปฏิกิริยาเนื่องจากมีราคาถูกและมีปริมาณมาก เนื่องจากได้จากการสังเคราะห์จาก ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม อย่างไรก็ตามเมทานอลที่ใช้ในประเทศเกือบทั้งหมดต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และ ราคาที่ผันผวนตามราคาตลาดโลก ดังเช่นช่วงปลายปี 2549 ถึงต้นปี 2550 ราคาเมทานอลมีราคาสูงขึ้นจาก ราคาปกติประมาณ 70% และโดยที่เอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ที่สามารถผลิตได้ในประเทศไทย จากผลิตผล ทางการเกษตร เช่น อ้อย และมันสำปะหลัง ดังนั้นในอนาคตหากราคาปิโตรเลียมมีราคาผันผวนอย่างมาก อาจทำให้ราคาเมทานอลสูงตามไปด้วย และหากเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลในประเทศไทยได้ถูกพัฒนา

ได้ดี เช่นประเทศบราซิล เอทานอลในอนาคตอาจมีราคาถูกกว่าเมทานอลได้ ดังนั้นเอทิลเอสเทอร์ จึงเป็นไบโอดีเซลที่เป็นทางเลือกในอนาคตได้ดี

ถึงแม้ว่าการวิจัยการผลิตเอทิลเอสเทอร์ในประเทศไทยจะมีการศึกษาไว้บ้าง เช่นที่ สวทช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจันทบุรี ปาล์มและพืชน้ำมัน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และสถาบันการศึกษาอื่น ๆ แต่ก็ยังเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในเบื้องต้นเท่านั้น การทดลองยังใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กราคาสูง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating Cost) ยังสูงมากที่ไม่สะท้อนความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงอุตสาหกรรม โดยที่กระบวนการผลิตเอทิลเอสเทอร์อาจจะแตกต่างไปจากเมทานอลโดยสิ้นเชิง เพราะคุณสมบัติเชิงกายภาพ เช่น ค่าสภาพการละลาย (solubility) ของเมทานอล เมทิลเอสเทอร์ ในกลีเซอรอล จะแตกต่างกับ เอทานอล เอทิลเอสเทอร์ ในกลีเซอรอล ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดการแยกชั้น (phase separation) ทำให้ความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาต่างกัน และต้องใช้เทคนิคการผลิตที่ต่างกัน ในการที่จะได้ค่าที่เหมาะสมในการผลิต

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้ จะทำการศึกษาระบบวิธีการผลิตเชิงอุตสาหกรรมของเอทิลเอสเทอร์ เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเชิงอุตสาหกรรม ซึ่งอาจจะมีความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ในอนาคตอันใกล้

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตเอทิลเอสเทอร์เชิงอุตสาหกรรมจากน้ำมันปาล์มดิบ ในระดับโรงงานสาธิต (pilot plant) เพื่อให้ได้องค์ความรู้และแนวทาง ที่สามารถนำไปขยายผล/ต่อยอดในเชิงอุตสาหกรรมได้อย่างทันที โดยมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทิลเอสเทอร์
2. ศึกษาการทำทรานส์เอสเตอริฟิเคชันพื้นฐานระดับห้องปฏิบัติการขนาด 100-500 มล. โดยมีปัจจัยหลัก 4 ปัจจัย คือ อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา, ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา (NaOH, KOH และ NaOCH<sub>3</sub>), สัดส่วนปริมาณแอลกอฮอล์ และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา รวมทั้งการทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง (2 stage reaction)
3. พัฒนาระบบการผลิตในระดับสาธิต ในแบบแบทช์หรือต่อเนื่อง (ตัดสนใจเลือกจากความเหมาะสมเมื่อได้ข้อมูลพื้นฐานแล้ว) ขนาดการผลิตประมาณ 500 ลิตร/วัน
4. กระบวนการผลิตประกอบด้วย
  - กระบวนการ pre-treatment น้ำมันปาล์มดิบ (ขจัดยางเหนียว(gum), ลดกรด และขจัดน้ำ)
  - กระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน
  - กระบวนการแยกกลีเซอรอล

⇒ การแยกด้วยกรรมวิธี settling

⇒ การใช้ Co-solvent ต่าง ๆ เช่น ดีเซล หรือน้ำ ช่วยในการแยกชั้น(phase separation)

■ กระบวนการแยกคีนเอทานอล

■ กระบวนการปรับแต่งคุณสมบัติไบโอดีเซล (แยกสารปนเปื้อน, ขจัดน้ำ ฯ)

⇒ การใช้น้ำล้าง

⇒ การใช้ Solid Adsorption

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเอทิลเอสเทอร์มาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลในเชิงอุตสาหกรรมได้ในอนาคต และเป็นการพึ่งพาตนเองของประเทศไทย 100%

2. สามารถนำผลงานวิจัยไปเผยแพร่ในวารสารระดับชาติได้

3. จดสิทธิบัตรได้

4. เป็นประโยชน์ในด้าน การค้า เกษตรกรรม พลังงาน และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องตลอดจนหน่วยงานรัฐบาลในการกำหนดนโยบายพัฒนาด้านการพลังงานทดแทน

### วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

กิจกรรมที่ 1 เตรียมน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ในการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ ด้วยการนำมาขจัดกัม อดกรด และขจัดน้ำ ในปริมาณที่เพียงพอต่อการทดลองทั้งหมด และวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานจัดหาเอทานอลและวัดคุณสมบัติของเอทานอล จัดหาตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่าง ๆ

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้กระบวนการเอสเทอริฟิเคชัน

กิจกรรมที่ 3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านกระบวนการเอสเทอริฟิเคชันที่สภาวะเหมาะสม (ตามกิจกรรมที่ 2) โดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

กิจกรรมที่ 4 ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการแยกชั้นของเอทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอล

กิจกรรมที่ 5 ศึกษาหาวิธีการที่ดีที่สุดในการปรับแต่งคุณภาพไบโอดีเซล

กิจกรรมที่ 6 ศึกษาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของเอทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้ตามมาตรฐานของกรมมาตรฐานพลังงาน

### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2552- กันยายน 2553

## สถานที่ดำเนินการวิจัย

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>1. งบบุคลากร</b>	
ค่าจ้างชั่วคราว	90,000
ค่าจ้างนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา	30,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
2.1 ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ	
2.1.1 ค่าตอบแทน เช่น ค่าอาหารทำการนอกเวลา ค่าตอบแทน ผู้ปฏิบัติงานให้ราชการ ค่าเบี้ยประชุมกรรมการ ฯลฯ (420 x 60)	25,200
2.1.2 ค่าใช้สอย เช่น	
1) ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก ค่าพาหนะ	10,000
2) ค่าซ่อมแซมยานพาหนะและขนส่ง	
3) ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์ <b>เดินท่อระบบความร้อน</b>	60,000
4) ค่าจ้างเหมาบริการ สร้างอุปกรณ์สาริต	400,000
5) ค่าใช้จ่ายในการสัมมนาและฝึกอบรม	20,000
6) ค่ารับรองและพิธีการ	
7) ค่าเงินประกันสังคม	
8) ค่าใช้สอยอื่น ๆ เช่น ค่าวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์	40,000
ฯลฯ	
2.1.3 ค่าวัสดุ เช่น	
1) วัสดุสำนักงาน	3,000
2) วัสดุเชื้อเพลิงและหล่อลื่น	20,000
3) วัสดุไฟฟ้าและวิทยุ	
4) วัสดุโฆษณาและเผยแพร่	
5) วัสดุหนังสือ วารสารและตำรา	3,000
6) วัสดุคอมพิวเตอร์	
7) วัสดุอื่น ๆ สารเคมี เช่น เอทิลแอลกอฮอล์ 2000 กก. น้ำมันปาล์มดิบ 5000 กก.	200,000
โซเดียมเมทิลเลท (NaOCH <sub>3</sub> )	
ฯลฯ	

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
2.2 ค่าสาธารณูปโภค เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์โทรเลข ค่าบริการด้านสื่อสารและโทรคมนาคม	3,000
3. งบลงทุน ค่าครุภัณฑ์ ปื้มสารเคมี และน้ำมัน	80,000
รวมทั้งหมด	984,200

หมายเหตุ ขออ่าวเจลี่ยทุกรายการ

**ชื่อโครงการ** การล้างไบโอดีเซลโดยใช้สารดูดซับอุตสาหกรรมร่วมกับการล้างด้วยน้ำ  
Biodiesel co-washing using water and an industrial adsorbent.

### ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากวิกฤตการณ์ด้านน้ำมันเชื้อเพลิงของโลกที่มีราคาสูงขึ้นอย่างมาก ทำให้หลายประเทศทั่วโลกค้นหาพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม เช่น การผลิตเอทานอลในประเทศบราซิล เพื่อพึ่งตนเองทำให้ปัจจุบันประเทศบราซิลนำเข้าน้ำมันเพียงร้อยละ 20 โดยประเทศบราซิลสามารถผลิตเอทานอลในปี พ.ศ. 2542-2543 จำนวน 13,000 ล้านลิตรต่อปี (สุริยา อุษานันท์, 2545) นอกจากการผลิตเอทานอลแล้วไบโอดีเซลก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่หลายประเทศได้ทดลองเพื่อนำมาทดแทนน้ำมันจากปิโตรเลียม ซึ่งในปัจจุบันมีการตั้งโรงงานผลิตไบโอดีเซลในกลุ่มประเทศยุโรปเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล โดยมีโรงงานที่ได้ใบรับรองในประเทศฝรั่งเศสที่กำลังผลิต 230,000 ตันต่อปี และโรงงานในอิตาลีซึ่งมีกำลังการผลิต 120,000 ตันต่อปี สำหรับโรงงานที่ยังไม่มีใบรับรองแต่สามารถผลิตไบโอดีเซลได้เช่นกัน ได้แก่โรงงานในประเทศเยอรมนี ออสเตรเลีย ประเทศแถบสแกนดิเนเวีย เบลเยียม เนเธอร์แลนด์ และประเทศนอกกลุ่มยุโรป โดยจากผลการสำรวจล่าสุดพบว่ากำลังการผลิตประเทศดังกล่าวรวมกันมีปริมาณถึง 1.3 ล้านตันต่อปี (ศิริพร ค่านคร, 2544)

โดยทั่วไป ในการผลิตไบโอดีเซลจะใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน นิยมใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับแอลกอฮอล์ส่วนใหญ่จะใช้แอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่คาร์บอนสั้นในการทำปฏิกิริยาโดยเฉพาะเมทานอล ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่มีข้อได้เปรียบในเชิงพาณิชย์สูง ตัวอย่างเช่น มีราคาถูก มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสมเป็นแอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่คาร์บอนที่สั้นที่สุด และมีความเป็นขั้วสูง สามารถช่วยเพิ่มอัตราเร็วในการทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ได้มากที่สุด ในเทอมทั่วไปถ้าใช้เมทานอลจะเรียกว่า methanolysis ที่นิยมใช้เมทานอลเนื่องจากมีราคาถูก แต่แอลกอฮอล์ชนิดอื่นก็สามารถใช้ได้เช่นกัน โดยหลังการทำปฏิกิริยาไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะยังปนเปื้อนด้วยสารอื่น ๆ เช่น สบู่ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยาด่างกับกรดไขมันอิสระหรือน้ำมัน กลีเซอรินที่ละลายอยู่ในชั้นไบโอดีเซล ตัวเร่งปฏิกิริยา แอลกอฮอล์ส่วนเกินที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และน้ำมันที่ทำปฏิกิริยาไม่หมด การขจัดสารปนเปื้อนกลีเซอรอลอิสระ, ตัวเร่งปฏิกิริยา, แอลกอฮอล์ และสบู่ มักใช้วิธีการล้างด้วยน้ำอุ่นหลาย ๆ ครั้ง (ชาคริต ทองอุไร และคณะ, 2544) ซึ่งจะทำให้มีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในปริมาณ 1 เท่าของปริมาณน้ำมันไบโอดีเซล โดยน้ำเสียจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม การใช้น้ำล้างที่น้อยลงสามารถทำได้ โดยการใช้อุปกรณ์เหวี่ยงแยก (centrifuge) ช่วยในการล้าง แต่อุปกรณ์นี้มีราคาสูงมากจึงเหมาะกับการผลิตเชิงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เท่านั้น เมื่อเร็ว ๆ นี้ มีการนำเสนอกรรมวิธีการขจัดสารปนเปื้อนโดยใช้การดูดซับด้วยของแข็ง (solid adsorption) โดยเป็นสารสังเคราะห์ที่มีส่วนประกอบของแมกนีเซียม ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่าแมกนีซอล (magnesol) หรืออื่น ๆ แต่มีราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งหวังที่จะหาสารดูดซับชนิดอื่นที่มีราคาถูกกว่า มาประยุกต์ใช้เพื่อขจัดสิ่ง



ปนเปื้อนในไบโอดีเซล โดยอาจใช้ร่วมกับการล้างด้วยน้ำ ซึ่งทำให้น้ำล้างน้อยลง โดยจะเป็นกรรมวิธีทางเลือกที่เหมาะสมกับผู้ผลิตขนาดกลาง หรือระดับชุมชน โดยจะลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นด้านสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี และมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ด้วย

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหากระบวนการที่เหมาะสมในการขจัดสิ่งปนเปื้อนในไบโอดีเซล โดยการใช้ตัวดูดซับ (absorbent material) ราคาถูกและหาได้ง่ายในประเทศไทยเพื่อลดปัญหาการบำบัดน้ำล้างที่เกิดในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ในขนาดกลาง ขนาดเล็ก หรือระดับชุมชน

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ใช้สารดูดซับ (adsorbent material) ทางการค้าราคาถูก เช่นสารฟอกสีน้ำมันปาล์ม (bleaching earth) มาประยุกต์ในการดูดซับสบู่ สี จากไบโอดีเซลที่แยกคีนแอลกอฮอล์แล้ว
2. ใช้การล้างด้วยน้ำเข้าเสริม หากสารดูดซับไม่สามารถขจัดสารปนเปื้อนได้ถึงค่ามาตรฐาน หรือผสมผสานทั้ง 2 กรรมวิธี หากมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ดีกว่า
3. ทำการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ และขยายสเกลเป็นระดับสาธิตเมื่อได้สถานะที่เหมาะสมแล้ว (ขนาดการผลิตไม่ต่ำกว่า 200 ลิตร/วัน)
4. ศึกษาการสูญเสียของไบโอดีเซลที่เกิดไปพร้อมกับสารดูดซับ และการล้าง ประเมินค่าใช้จ่ายในการขจัดสารปนเปื้อนทั้งหมด
5. วัตถุประสงค์ สมบัติไบโอดีเซลที่ได้รับผลกระทบจากการขจัดสารปนเปื้อน คือ ความหนืด กากถ่าน เถ้าซัลเฟต สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด และค่าความเป็นกรด

วศ1223

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล
2. เป็นประโยชน์ในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลของไทย
3. การเผยแพร่องค์ความรู้สู่ชุมชน

### วิธีการดำเนินการวิจัย

- กิจกรรมที่ 1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและปริมาณของน้ำเสียจากโรงงานผลิตไบโอดีเซล ตามวิธีการล้างปกติ
- กิจกรรมที่ 2 วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและสมบัติของดินฟอกสี หรือสารดูดซับต่าง ๆ
- กิจกรรมที่ 3 ศึกษาอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการขจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้ของแข็งดูดซับ โดยศึกษาในปัจจัยด้านปริมาณ ลักษณะการดำเนินการ เวลาและอุณหภูมิ ร่วมกับการล้างด้วยน้ำ

กิจกรรมที่4 ทดลองใช้แมกนีซอลงจัดตั้งป่นเปื้อน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

กิจกรรมที่5 วัตวิเคราะห์คุณสมบัติไบโอดีเซลที่ผ่านการล้าง รวมถึงการวัดคุณสมบัติของน้ำล้างที่  
ใช้ในกระบวนการร่วมการดูดซับ

กิจกรรมที่6 ประเมินความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ของการล้างร่วมการใช้สารดูดซับ

### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2552- กันยายน 2553

### สถานที่ดำเนินการวิจัย

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ  
ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>1. งบบุคลากร</b>	
ค่าจ้างชั่วคราว	90,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
<b>2.1 ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ</b>	
2.1.1 ค่าตอบแทน เช่น ค่าอาหารทำการนอกเวลา ค่าตอบแทน ผู้ปฏิบัติงานให้ราชการ ค่าเบี้ยประชุมกรรมการ ฯลฯ (420 x 60)	25,200
2.1.2 ค่าใช้สอย เช่น	
1) ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก ค่าพาหนะ	10,000
2) ค่าซ่อมแซมยานพาหนะและขนส่ง	
3) ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	
4) ค่าจ้างเหมาบริการ	100,000
5) ค่าใช้จ่ายในการสัมมนาและฝึกอบรม	
6) ค่ารับรองและพิธีการ	
7) ค่าเงินประกันสังคม	
8) ค่าใช้สอยอื่น ๆ	
ฯลฯ	

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
2.1.3 ค่าวัสดุ เช่น	
1) วัสดุสำนักงาน	3,000
2) วัสดุเชื้อเพลิงและหล่อลื่น	1,000
3) วัสดุไฟฟ้าและวิทยุ	
4) วัสดุโฆษณาและเผยแพร่	
5) วัสดุหนังสือ วารสารและตำรา	3,000
6) วัสดุคอมพิวเตอร์	
7) วัสดุอื่น ๆ สารฟอกสี, แมกนีซอล	30,000
ฯลฯ	
2.2 ค่าสาธารณูปโภค เช่น	
ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์โทรเลข ค่าบริการด้านสื่อสาร และโทรคมนาคม	3,000
3. งบลงทุน	
ค่าครุภัณฑ์ ปีงบประมาณ	80,000
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>345,200</b>

หมายเหตุ ขอตัวเลขทุกรายการ

**ชื่อโครงการ**      การพัฒนากระบวนการแยกคีนแอลกอฮอล์จากเฟสกลีเซอรอล  
Development of methanol recovery process from glycerol phase

**ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย**

ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่ทั่วโลกให้ความสนใจ ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับสนับสนุนและส่งเสริมการผลิตไบโอดีเซล โดยในวันที่ 17 พฤษภาคม 2548 คณะรัฐมนตรีได้มีมติเห็นชอบในหลักการที่กระทรวงพลังงานและคณะกรรมการพัฒนาและส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพเสนอแผนปฏิบัติการพัฒนาและส่งเสริมไบโอดีเซล ในการพิจารณาของคณะรัฐมนตรีในครั้งนี้ กระทรวงพลังงานร่วมกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้เสนอแผนปฏิบัติการการพัฒนาและส่งเสริมการใช้น้ำมันไบโอดีเซลระหว่างปีพ.ศ. 2548-2549 จะจัดทำมาตรฐานไบโอดีเซลและส่งเสริมผลิตไบโอดีเซลในชุมชน โดยใช้น้ำมันพืชใช้แล้วและน้ำมันปาล์มดิบ กำลังการผลิตรวม 0.6 ล้านลิตรต่อวัน ในปี พ.ศ. 2549 เป็นต้นไปจะผลิตไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ โดยมีเป้าหมายจะจำหน่ายไบโอดีเซล 5% (ไบโอดีเซล 5% ผสมน้ำมันดีเซล 95%) บางพื้นที่ในภาคใต้และกรุงเทพมหานคร และจะขยายทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2554 โดยมีกำลังการผลิตรวม 79 ล้านลิตรต่อวัน ในปี พ.ศ. 2555 จะจำหน่ายไบโอดีเซล 10% (ไบโอดีเซล 10% ผสมน้ำมันดีเซล 90%) ทั่วประเทศโดยมีกำลังการผลิตรวม 85 ล้านลิตรต่อวัน (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ซึ่งจะทำให้มีผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล คือ กลีเซอรอล ประมาณ 17 ล้านลิตรต่อวัน

เนื่องจากในกระบวนการการผลิตไบโอดีเซลทั่วไปจะใช้แอลกอฮอล์ในการทำปฏิกิริยา ซึ่งจะต้องใช้แอลกอฮอล์ในปริมาณที่มากเกินไปในการทำปฏิกิริยา จึงมีแอลกอฮอล์ที่เหลือในการทำปฏิกิริยา ซึ่งจะปนอยู่ในชั้นของไบโอดีเซลและกลีเซอรอลดิบ ซึ่งหากไม่มีระบบการแยกคีนแอลกอฮอล์จะทำให้ต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลไม่คุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์และแม้มีหลายหน่วยงานซึ่งรวมถึงมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ได้ศึกษากระบวนการแยกคีนแอลกอฮอล์จากกลีเซอรอลดิบก็ยังคงพบปัญหาการใช้พลังงานสูงซึ่งทำให้ไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ และแอลกอฮอล์ที่แยกคีนได้ยังมีมีน้ำในปริมาณสูง งานวิจัยที่กระทำในประเทศไทยมักศึกษาเฉพาะการแยกคีนแอลกอฮอล์จากเฟสไบโอดีเซลเท่านั้น ทั้ง ๆ ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ที่อยู่ในเฟสกลีเซอรอลจะมีอยู่มากกว่าเล็กน้อย

แนวคิดการแยกคีนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล แบ่งออกเป็น 2 แนวทางคือ การแยกคีนแอลกอฮอล์จากแต่ละเฟสของไบโอดีเซล และกลีเซอรอล และการล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำ และนำน้ำล้างที่มีแอลกอฮอล์ละลายอยู่ด้วยไปผสมกับกลีเซอรอลเฟส แล้วทำการแยกคีนแอลกอฮอล์ในครั้งเดียวกัน เมทานอล และเอทานอล มีสภาพขั้ว (polarity) ต่างกัน และมีสมบัติเชิงกายภาพต่างกัน นอกจากนั้นการปริมาณสบู่ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตยังมีอิทธิพลต่อการละลายของแอลกอฮอล์และการแยกคีนอีกด้วย นอกจากนั้นแอลกอฮอล์ที่แยกคีนได้ยังมีน้ำปนเปื้อน ซึ่งยังต้องมีกระบวนการแยกน้ำออกเพื่อนำแอลกอฮอล์กลับไปใช้ใหม่ และถึงแม้การแยกคีนสามารถศึกษาได้ในระดับห้องปฏิบัติการ แต่การศึกษาประสิทธิภาพเชิงพลังงานในระดับอุตสาหกรรมก็ยังคงมีความแตกต่างอย่างมากอีกด้วย ดังนั้น

โครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาระบบการแยกคั้นแอลกอฮอล์จากเฟสกลีเซอรอล ในระดับโรงงาน สาธิต เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเชิงอุตสาหกรรม ได้อย่างชัดเจน

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาระบบที่เหมาะสมที่สุด ในกระบวนการแยกคั้น แอลกอฮอล์ ของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ในระดับโรงงานสาธิต เพื่อให้มีความคุ้มค่าทาง เศรษฐศาสตร์มากที่สุด

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาทั้งการแยกคั้นเมทานอลและเอทานอล ในไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันทอดใช้แล้ว/ น้ำมันปาล์ม (คุณสมบัติเชิงกายภาพไม่ต่างกันมากนัก)
2. ศึกษาการทำแยกคั้นแอลกอฮอล์ทั้งแบบ การแยกคั้นในแต่ละเฟส และการแยกคั้นรวมในเฟส กลีเซอรอลครั้งเดียว
3. พัฒนาระบบการแยกคั้นในระดับสาธิต ขนาดการผลิตประมาณ 100 ลิตร/วัน ของเอทิลเอส เตอร์ และ1000 ลิตร/วัน ของเมทิลเอสเตอร์
4. พัฒนาระบบการแยกน้ำจากแอลกอฮอล์ที่แยกคั้น เพื่อให้สามารถนำแอลกอฮอล์กลับไปใช้ ในกระบวนการผลิตได้
5. ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และประสิทธิภาพเชิงพลังงาน ของการแยกคั้น แอลกอฮอล์ในขั้นตอน ต่าง ๆ

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลและทำให้การผลิตไบโอดีเซลมีความคุ้มค่า ในเชิงเศรษฐศาสตร์มากขึ้น
2. สามารถนำผลงานวิจัยไปเผยแพร่ในวารสารระดับชาติได้
3. เป็นประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมไบโอดีเซล

### วิธีการดำเนินการวิจัย

- |              |   |
|--------------|---|
| กิจกรรมที่ 1 | ศึกษาลักษณะทางกายภาพและปริมาณกลีเซอรอลดิบที่ได้จาก กระบวนการผลิตไบโอดีเซล               |
| กิจกรรมที่ 2 | ศึกษาทั้งการแยกคั้นเมทานอลและเอทานอล ในไบโอดีเซลที่ผลิตจาก น้ำมันทอดใช้แล้ว/น้ำมันปาล์ม |

- กิจกรรมที่ 3 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการแยกคั้นเมทานอลในเฟสกลีเซอรอล ศึกษาการทำแยกคั้นแอลกอฮอล์ทั้งแบบ การแยกคั้นในแต่ละเฟส และการแยกคั้นรวมในเฟสกลีเซอรอลครั้งเดียว
- กิจกรรมที่ 4 ศึกษาและพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมในการแยกคั้นเมทานอลในเฟสกลีเซอรอลในชุดสาริตขนาด 100 ลิตรต่อวันของเอทิลเอสเทอร์ และ 1000 ลิตร/วัน ของเมทิลเอสเทอร์
- กิจกรรมที่ 5 ศึกษาและพัฒนาระบบการแยกน้ำจากแอลกอฮอล์ที่แยกคั้น เพื่อให้สามารถนำแอลกอฮอล์กลับไปใช้ในกระบวนการผลิตได้
- กิจกรรมที่ 6 ศึกษาคุณสมบัติเมทานอลที่แยกคั้นได้
- กิจกรรมที่ 7 ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และประสิทธิภาพเชิงพลังงานของการแยกคั้นแอลกอฮอล์ในขั้นตอน ต่าง ๆ

#### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553

#### สถานที่ดำเนินการ

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

#### รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>1. งบบุคลากร</b>	
ค่าจ้างชั่วคราว	90,000
ค่าจ้างนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา	30,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
2.1 ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ	
2.1.1 ค่าตอบแทน เช่น ค่าอาหารทำการนอกเวลา ค่าตอบแทนผู้ปฏิบัติงานให้ราชการ ค่าเบี้ยประชุมกรรมการ ฯลฯ (420 x 60)	25,200

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
2.1.2 ค่าใช้สอย เช่น	
1) ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก ค่าพาหนะ	10,000
2) ค่าซ่อมแซมยานพาหนะและขนส่ง	
3) ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	
4) ค่าจ้างเหมาบริการ ชุคแยกคีนแอลกอฮอล์ ขนาด 100 ลิตรและ 1,000 ลิตร	400,000
5) ค่าใช้จ่ายในการสัมมนาและฝึกอบรม	
6) ค่ารับรองและพิธีการ	
7) ค่าเงินประกันสังคม	
8) ค่าใช้สอยอื่น ๆ เช่น ค่าวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์	40,000
ฯลฯ	
2.1.3 ค่าวัสดุ เช่น	
1) วัสดุสำนักงาน	3,000
2) วัสดุเชื้อเพลิงและหล่อลื่น	1,000
3) วัสดุไฟฟ้าและวิทยุ	
4) วัสดุโฆษณาและเผยแพร่	
5) วัสดุหนังสือ วารสารและตำรา	3,000
6) วัสดุคอมพิวเตอร์	
7) วัสดุอื่น ๆ	
ฯลฯ	
2.2 ค่าสาธารณูปโภค เช่น	
ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์โทรเลข	3,000
ค่าบริการด้านสื่อสารและโทรคมนาคม	
<b>3. งบลงทุน</b>	
ค่าครุภัณฑ์ ปื้มสุญญากาศ	100,000
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>705,200</b>

หมายเหตุ ขอตัวเฉลี่ยทุกรายการ

**ชื่อโครงการวิจัย** การจำแนกลักษณะสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำผิวดินเพื่อนำมาควบคุมการเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปา

Characterization of Natural Organic Matter in Surface Water for

Carcinogenic Substance Control in Water Supply

## ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการทำวิจัย

### หลักการและเหตุผล

การขยายตัวของพื้นที่เมืองและชุมชนของพื้นที่ภาคใต้ในปัจจุบัน เป็นแรงผลักดันให้เกิดกิจกรรมการใช้ประโยชน์พื้นที่ลุ่มน้ำอย่างเข้มข้น การบุกรุกเพื่อใช้ประโยชน์พื้นที่ดินน้ำเพื่อการเกษตรเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอรวมทั้งโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนได้ขยายตัวตลอดลำน้ำโดยไม่มีการกำหนดเขตพื้นที่ที่เหมาะสม กิจกรรมดังกล่าวได้ก่อให้เกิดมลพิษไม่ว่าจะเป็นสารพิษในรูปของยาปราบศัตรูพืชและยาฆ่าแมลงจากพื้นที่การเกษตรไหลลงสู่อ่างจากโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนเมือง และสารอินทรีย์ ไหลลงสู่ลำน้ำโดยขาดการควบคุมอย่างเข้มงวด การปนเปื้อนของแหล่งน้ำในลุ่มน้ำต่างๆส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำโดยรวมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำน้ำในลุ่มน้ำเหล่านั้นมาผลิตน้ำประปา ทั้งนี้เนื่องจากในระบบประปาโดยทั่วไปนั้นจะใช้สารคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคและสารคลอรีนสามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งมีอยู่แล้วเดิมตามธรรมชาติหรือสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนจากน้ำที่ชุมชนและอุตสาหกรรมก่อให้เกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปาได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรที่อุปโภคบริโภคน้ำประปาโดยตรงลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภา เป็นหนึ่งในหลายตัวอย่างลำน้ำสำคัญที่ถูกนำไปใช้ผลิตน้ำประปา ซึ่งลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาจัดได้ว่าเป็นลุ่มน้ำย่อยที่ใหญ่และมีความสำคัญที่สุดในบรรดาลุ่มน้ำย่อยทั้ง 12 ลุ่มน้ำของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภานี้มีต้นน้ำมาจากเทือกเขาเขตรชายแดนของประเทศไทย-มาเลเซีย ลำน้ำคลองอู่ตะเภาจึงมีทิศทางการไหลจากทิศใต้ขึ้นมาทิศเหนือและไหลผ่านอำเภอต่าง ๆ อาทิเช่น อำเภอสะเดา อำเภอหาดใหญ่ อำเภอรัตนบุรี เป็นต้น ลำน้ำคลองอู่ตะเภามีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 130 กิโลเมตร จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำของคลองอู่ตะเภาของหน่วยงานต่าง ๆ ได้รายงานไปในแนวเดียวกันว่าคุณภาพน้ำในคลองอู่ตะเภาเสื่อมโทรมลงอย่างมาก ทั้งนี้เป็นเพราะมีการนำน้ำจากคลองอู่ตะเภามาใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ตลอดตามความยาวของคลอง รวมทั้งการใช้ประโยชน์ในการอุปโภค-บริโภค ของประชาชนที่ตั้ง 5 บ้านเรือนอยู่ใกล้ ๆ คลองอู่ตะเภา น้ำที่จากการอุปโภค-บริโภค และกระบวนการผลิตต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งที่ผ่านการบำบัดแล้วและที่ยังไม่ผ่านการบำบัดก็ถูกปล่อยทิ้งกลับลงสู่คลองอู่ตะเภา ทำให้ภาระบรรทุกอินทรีย์ (organic loading) ในลำน้ำมีค่าสูงขึ้นจนเป็นเหตุให้ค่าออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen, DO) ในลำน้ำมีค่าต่ำลง จนส่งผลกระทบต่อพืชน้ำและสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในลำคลอง รวมไปถึงผลกระทบต่อการนำน้ำมาผลิตน้ำประปาเพื่อการอุปโภค-บริโภค อีกด้วย นอกจากนี้มลสารที่ปนเปื้อนในลำน้ำนี้ยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา กล่าวคือทำให้คุณภาพ



น้ำในทะเลสาบลดลงอีกด้วยจากการจัดทำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของแหล่งน้ำดิบเพื่อการผลิตประปา และแหล่งกำเนิดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ตลอดจนพิภคของชุมชนที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ลุ่มน้ำ คลองอยู่ตะเกาะซึ่งจะดำเนินการวิจัยในโครงการวิจัยย่อย 1 นั้นจะทำให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ว่าแหล่งผลิตน้ำประปา ของชุมชนใดในลุ่มน้ำคลองอยู่ตะเกาะมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ที่เป็นสารตั้งต้นของสารก่อมะเร็งค่อนข้างสูง ดังนั้นการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน ตลอดจน สารอินทรีย์กลุ่มชอบน้ำและสารอินทรีย์กลุ่มไม่ชอบน้ำของน้ำบริเวณต้นน้ำ จุดสูบน้ำ และท้ายน้ำของระบบ ผลิตประปาดังกล่าวตลอดระยะเวลา 1 ปี จะนำไปสู่การจัดทำแนวทางต้นแบบการป้องกัน แก้ไขและควบคุมการ ปนเปื้อนของสารอินทรีย์ลงสู่ลุ่มน้ำและแหล่งน้ำดิบประปา ตลอดจนการนำผลการศึกษาไปใช้เป็นข้อมูลใน การศึกษาการลดการเกิดสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาในโครงการย่อยที่ 3 ต่อไป

### วัตถุประสงค์หลัก

1. เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ตลอดจนประเมินการ โอกาสการก่อตัวของ สารไตรฮาโลมีเทนของน้ำบริเวณต้นน้ำ จุดสูบน้ำ และท้ายน้ำของระบบผลิตประปาในบริเวณลุ่มน้ำคลองอยู่ ตะเกาะที่มีสภาวะการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูง
2. เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และสารไตรฮาโลมีเทนของน้ำประปาที่ผลิตจาก ระบบประปาในบริเวณลุ่มน้ำคลองอยู่ตะเกาะที่ใช้น้ำดิบซึ่งมีสภาวะการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูง

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ลุ่มน้ำที่ทำการศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณต้นน้ำ จุดสูบน้ำ และท้ายน้ำของระบบผลิตน้ำประปา ได้แก่ลุ่มน้ำคลองอยู่ตะเกาะ
2. คุณภาพน้ำประปาที่ทำการศึกษาได้แก่คุณภาพน้ำประปาของระบบผลิตน้ำประปาใน บริเวณลุ่มน้ำคลองอยู่ตะเกาะที่ใช้น้ำดิบที่มีสภาวะการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูง
3. คุณลักษณะของน้ำที่ศึกษาบริเวณต้นน้ำ จุดสูบน้ำ และท้ายน้ำของระบบผลิตน้ำประปา ประกอบด้วย ความขุ่น (turbidity) ของแข็งแขวนลอย (suspended solids) อุณหภูมิ(temperature) ปริมาณตะกอน (sediment) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความเป็นกรด(acidity) ความเป็นด่าง (alkalinity) ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) ไนเตรต (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 6แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform bacteria) และแบคทีเรีย กลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มทั้งหมด (fecal coliform bacteria)
4. โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำประเมินโดยการวิเคราะห์สารอินทรีย์ คาร์บอนละลาย (dissolved organic carbon) โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน(trihalomethane formation potential; THMFP), ultraviolet adsorption at wavelength 254 nm (UV-254), fluorescent excitation-emission

matrix (FEEM), สารอินทรีย์กลุ่มไม่ชอบน้ำ (hydrophobic organic fractions; HPO) และสารอินทรีย์กลุ่มชอบน้ำ (hydrophilic organic Fractions; HPI)

5. คุณลักษณะของน้ำประปาที่ศึกษาประกอบด้วย ความขุ่น (turbidity) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความเป็นกรด (acidity) ความเป็นด่าง (alkalinity) ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) สารไตรฮาโลมีเทน dissolved organic carbon, ultraviolet adsorption at wavelength 254 nm, fluorescent excitation-emission matrix, สารอินทรีย์กลุ่มไม่ชอบน้ำ (hydrophobic organic fractions) และสารอินทรีย์กลุ่มชอบน้ำ (hydrophilic organic fractions)

6. ตัวอย่างน้ำจะถูกเก็บบริเวณต้นน้ำ (3 ตัวอย่าง) จุดสูบน้ำ (1 ตัวอย่าง) และท้ายน้ำ (1 ตัวอย่าง) ของระบบผลิตน้ำประปา

7. ตัวอย่างน้ำประปาจะถูกเก็บจากระบบผลิตน้ำประปาในบริเวณลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาใช้น้ำดิบที่มีสถานะการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูง โดยตลอดระยะเวลา 12 เดือน จะทำการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้จะนำไปเพื่อการตีพิมพ์เผยแพร่ในเอกสารประกอบการประชุมและวารสารวิชาการระดับชาติ การประชาสัมพันธ์ กรมชลประทาน ตลอดจนหน่วยงานระดับท้องถิ่นภายในจังหวัดสงขลา และบุคคลซึ่งสนใจด้านสารอินทรีย์ธรรมชาติและ การเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปาสามารถใช้ผลการทดลองครั้งนี้ให้เกิดประโยชน์ต่อการทำงานได้

### วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วิเคราะห์ข้อมูลและเลือกจุดเก็บน้ำตัวอย่างน้ำบริเวณต้นน้ำ จุดสูบน้ำ และท้ายน้ำของระบบผลิตประปาบริเวณลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาจากผลการทดลองโครงการย่อย 1
2. เลือกระบบผลิตน้ำประปาที่ทำการศึกษา
3. เก็บน้ำตัวอย่างจากแหล่งน้ำในข้อที่ 2 บริเวณต้นน้ำ (3 จุด) จุดสูบน้ำ (1 จุด) และท้ายน้ำ (1 จุด) ของระบบผลิตประปาและนำน้ำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ความขุ่น (turbidity) 16 ของแข็งแขวนลอย (suspended solids) อุณหภูมิ (temperature) ปริมาณตะกอน (sediment) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความเป็นกรด (acidity) ความเป็นด่าง (alkalinity) ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) ไนเตรต (NO<sub>3</sub>) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform bacteria) และแบคทีเรียกลุ่มฟิโคลโคลิฟอร์มทั้งหมด (fecal coliform bacteria)
4. โอกาสการเกิดสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำบริเวณต้นน้ำ จุดสูบน้ำ และท้ายน้ำของระบบผลิต

ประปาประเมินโดยการวิเคราะห์สารอินทรีย์คาร์บอนละลาย (dissolved organic carbon) โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน (trihalomethane formation potential), ultraviolet adsorption at wavelength 254 nm, fluorescent Excitation emission matrix, สารอินทรีย์กลุ่มไม่ชอบน้ำ (hydrophobic organic fractions) และสารอินทรีย์กลุ่มชอบน้ำ (hydrophilic organic fractions)

5. เก็บตัวอย่างน้ำประปาและนำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ ความขุ่น (turbidity) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความเป็นกรด (acidity) ความเป็นด่าง (alkalinity) ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) สารไตรฮาโลมีเทน สารอินทรีย์คาร์บอนละลาย (dissolved organic carbon) ultraviolet adsorption at wavelength 254 nm, fluorescent excitation-emission matrix, สารอินทรีย์กลุ่มไม่ชอบน้ำ (hydrophobic organic fractions; HPO) และสารอินทรีย์กลุ่มชอบน้ำ (hydrophilic organic fractions; HPI)

**สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล**

ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีความร่วมมือจากผู้ร่วมวิจัยที่มาจาก คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ฝ่ายข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและ การจัดการสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาภูเก็ต

**ระยะเวลาทำการวิจัย**

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 1 ปี คือ ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553

**รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553**

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>1. งบบุคลากร</b>	
- เลขานุการ ( 1 คน * 12 เดือน * 8,000 บาท)	96,000
- ผู้ช่วยวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม 1 คนจำนวน 12 เดือนๆละ 7,500	90,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
2.1.1 ค่าตอบแทน	
2.1.1.1 ค่าภาคสนาม (4วัน*3ครั้ง*4คน*400 บาท/วัน)	19,200
2.1.2 ค่าใช้สอย เช่น	
2.1.2.1 ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก ค่าพาหนะ	
- ค่าเช่ารถ (4วัน*3ครั้ง*1,000 บาท/วัน)	12,000
- ค่าน้ำมันรถ (4วัน*3ครั้ง*1,000 บาท/วัน)	12,000

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
- ค่าวัสดุอุปกรณ์การทดลอง	
2.1.2.2 ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	52,800
2.1.2.3 ค่าใช้จ่ายในการสัมมนาและฝึกอบรม	
- จัดสัมมนาและฝึกอบรม	30,000
- นำเสนอผลงานในประเทศ 1 ครั้ง	25,000
- นำเสนอผลงานต่างประเทศ 1 ครั้ง	50,000
2.1.2.4 ค่าวิเคราะห์ตัวอย่าง	
- ค่าวิเคราะห์ THMFP (18 ตัวอย่าง*3 ชั่วโมง)	54,000
- ค่าวิเคราะห์ DOC (18 ตัวอย่าง*3 ชั่วโมง)	10,800
- ค่าวิเคราะห์ FEEM (18 ตัวอย่าง*3 ชั่วโมง)	10,800
2.1.2.5 ค่าวิเคราะห์ตัวอย่าง ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย ปริมาณตะกอน ความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ ไนเตรต แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ทั้งหมด ( 6 ตัวอย่าง * 3 ครั้ง)	21,600
2.1.2.6 ค่าเดินทางและที่พักนักวิจัยต่างวิทยาเขต 4 ครั้ง (4ครั้ง*2,000 บาท)	8,000
2.1.2.7 ค่าเรชั่นในการแยก Fraction	25,000
2.1.2.8 ค่าจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	5,000
2.1.3 ค่าวัสดุ	
2.1.3.1 ค่าวัสดุสำนักงาน	5,000
2.1.3.2 ค่าวัสดุอุปกรณ์การทดลอง	50,000
2.1.3.3 ค่าสารเคมีในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	75,000
2.1.3.4 ค่าวัสดุทางวิทยาศาสตร์	72,000
<b>รวม</b>	<b>724,200</b>

หมายเหตุ ขอด้วงเงินจ่ายทุกรายการ

ชื่อโครงการวิจัย การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการลดสารอินทรีย์ธรรมชาติเพื่อใช้ควบคุมการเกิดสาร  
ก่อมะเร็งในน้ำประปา

Treatment of Natural Organic Matters for Carcinogenic Substance Control in  
Water Supply

หลักการและเหตุผล

การขยายตัวของพื้นที่เมืองและชุมชนของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาและลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาในปัจจุบัน เป็นแรงผลักดันให้เกิดกิจกรรมการใช้ประโยชน์พื้นที่ลุ่มน้ำอย่างเข้มข้น การบุกรุกเพื่อใช้ประโยชน์พื้นที่ดินน้ำเพื่อการเกษตรเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนได้ขยายตัวตลอดลำน้ำ โดยไม่มีการกำหนดเขตพื้นที่ที่เหมาะสม กิจกรรมดังกล่าวได้ก่อให้เกิดมลพิษไม่ว่าจะเป็นสารพิษในรูปของยาปราบศัตรูพืชและยาฆ่าแมลงจากพื้นที่การเกษตร โลหะหนักจากโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนเมือง และสารอินทรีย์ ไหลลงสู่ลำน้ำโดยขาดการควบคุมอย่างเข้มงวด การปนเปื้อนของแหล่งน้ำในลุ่มน้ำต่างๆ ส่งผลต่อคุณภาพน้ำโดยรวมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำน้ำในลุ่มน้ำเหล่านั้นมาผลิตน้ำประปา ทั้งนี้เนื่องจากในระบบประปาโดยทั่วไปนั้นจะใช้สารคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค และสารคลอรีนสามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งมีอยู่แล้วเดิมตามธรรมชาติหรือเกิดจากการปนเปื้อนจากน้ำทั้งชุมชนและอุตสาหกรรมก่อให้เกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปาได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรที่อุปโภคบริโภคน้ำประปาโดยตรง ในความเป็นจริงแล้วการผลิตน้ำประปาโดยทั่วไปเป็นการตกตะกอนทางเคมีซึ่งสามารถบำบัดสารอินทรีย์ได้บางส่วนก่อนที่จะนำไปสู่การตกตะกอน การกรอง แต่ยังคงมีปริมาณสารอินทรีย์หลงเหลือตกค้างอยู่ และการฆ่าเชื้อโรคซึ่งมักใช้คลอรีนดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจึงมักตรวจพบสารก่อมะเร็งจำพวก ไตรฮาโลมีเทนปนเปื้อนกับน้ำประปาได้ โดยเฉพาะกับน้ำดิบที่มีคุณภาพต่ำมีการปนเปื้อนสารอินทรีย์สูงลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภา เป็นหนึ่งในหลายตัวอย่างลำน้ำสำคัญที่ถูกนำไปใช้ผลิตน้ำประปา ซึ่งลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาจัดได้ว่าเป็นลุ่มน้ำย่อยที่ใหญ่และมีความสำคัญที่สุดในบรรดาลุ่มน้ำย่อยทั้ง 12 ลุ่มน้ำของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภานี้มีต้นน้ำมาจากเทือกเขาเขตชายแดนของประเทศไทย-มาเลเซีย ลำน้ำคลองอู่ตะเภาจึงมีทิศทางไหลจากทิศใต้ขึ้นมาทิศเหนือ และไหลผ่านอำเภอต่าง ๆ อาทิ เช่น อำเภอสะเดา อำเภอหาดใหญ่ อำเภอรัตนภูมิ เป็นต้น ลำน้ำคลองอู่ตะเภา มีคว3623 นยาวทั้งสิ้นประมาณ 130 กิโลเมตร จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำของคลองอู่ตะเภาของหน่วยงานต่าง ๆ ได้รายงานไปในแนวเดียวกันว่าคุณภาพน้ำในคลองอู่ตะเภา มีสภาพเสื่อมโทรมลงอย่างมาก ทั้งนี้เป็นเพราะมีการนำน้ำจากคลองอู่ตะเภามาใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ตลอดตามความยาวของคลองรวมทั้งการใช้ประโยชน์ในการอุปโภค-บริโภค ของประชาชนที่ตั้งบ้านเรือนอยู่ใกล้ ๆ คลองอู่ตะเภา น้ำที่จากการอุปโภค-บริโภค และกระบวนการผลิตต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งที่ผ่านการบำบัดแล้วและที่ยังไม่ผ่านการบำบัดก็ถูกปล่อยทิ้งกลับลงสู่คลองอู่ตะเภา ทำให้ภาระบรรทุกอินทรีย์ (Organic

Loading) ในลำน้ำมีค่าสูงขึ้น จนเป็นเหตุให้ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) ในลำน้ำมีค่าต่ำลง จนส่งผลกระทบต่อพืชน้ำและสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในลำคลอง รวมไปถึงผลกระทบต่อการนำน้ำมาผลิตน้ำประปาเพื่อการอุปโภค-บริโภค อีกด้วย นอกจากนี้มลสารที่ปนเปื้อนในลำน้ำนี้ยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา กล่าวคือทำให้คุณภาพน้ำในทะเลสาบลดลงอีกด้วย เพื่อให้การจัดการลุ่มน้ำเป็นไปอย่างมีระบบมีการบันทึกอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะส่งผลให้การกำหนดกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำในการผลิตน้ำประปาที่เป็นประเด็นศึกษาในโครงการย่อยชุดที่ 3 นี้ก็จะทำได้ง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพ หนึ่งในเครื่องมือหลายอย่างที่มีการพูดถึงกันมาก ก็คือระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนอย่างไรก็ตามยังไม่มีจัดการระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อใช้ในการบริหารจัดการลุ่มน้ำให้มีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ มีประสิทธิภาพและยั่งยืน ตลอดจนการก่อให้เกิดมิติใหม่ในการบริหารจัดการลุ่มน้ำเพื่อการควบคุมและการป้องกันการเกิดสารก่อมะเร็ง อันจะเกิดประโยชน์ในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชากรให้ดีขึ้น ปัจจุบันภาครัฐได้เล็งเห็นถึงความเสื่อมโทรมของลำน้ำสำคัญเช่นคลองอู่ตะเภาและทะเลสาบสงขลา จึงได้จัดทำโครงการต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น ซึ่งโครงการส่วนใหญ่จะเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาเฉพาะ ยังไม่มีการบูรณาการเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มาใช้ในการศึกษาถึงการควบคุมการเกิดสารก่อมะเร็งและแนวทางการควบคุมสารก่อมะเร็ง ดังกล่าว ดังนั้นการจัดทำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของแหล่งกำเนิดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม ขนาดกลางและขนาดใหญ่ตลอดจนพิกัดของชุมชนที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาจากชุดโครงการย่อยที่ 1 และการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ และโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนของน้ำบริเวณต้นน้ำ จุดสูบน้ำ และท้ายน้ำของระบบผลิตประปาขนาดใหญ่ในบริเวณลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ของโครงการย่อยที่ 2 จะนำไปสู่การจัดทำแนวทางการป้องกัน แก้ไขและควบคุมการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สังเคราะห์และแหล่งน้ำดิบประปา และใช้เป็นแนวทางในการหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาให้เหมาะสมของโครงการนี้ต่อไป

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของแหล่งกำเนิดน้ำเสียประกอบด้วยพิกัดของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดใหญ่ตลอดจนพิกัดของชุมชนที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาจากโครงการย่อยที่ 1 และผลการจำแนกสารอินทรีย์จากโครงการย่อยที่ 2 มาวิเคราะห์การเกิดสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำดิบประปาบริเวณต้นน้ำคลองอู่ตะเภาและบริเวณจุดสูบน้ำดิบประปาขนาดใหญ่ในปัจจุบัน เพื่อหาแนวทางการลดสารดังกล่าว

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำดิบประปาของระบบผลิตประปาขนาดใหญ่ในบริเวณลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาะสองแห่งคือบริเวณต้นน้ำคลองอุต๊ะเกาะและบริเวณจุดสูบน้ำดิบประปาขนาดใหญ่ในปัจจุบัน ด้วยเทคโนโลยีที่ประหยัดและเหมาะสม

3. เสนอแนวทางในการกำจัดสารไตรฮาโลมีเทนจากน้ำประปาทั้งในกรณีการกำจัดสารอินทรีย์เริ่มต้นและในกรณีที่ไม่สามารถลดปริมาณไตรฮาโลมีเทนได้ตามมาตรฐานน้ำดื่มของการผลิตน้ำประปาด้วยวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ประหยัดและเหมาะสม

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพน้ำในการผลิตประปาจากลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาะสองจุดคือต้นน้ำและบริเวณจุดสูบน้ำดิบประปาหนึ่งแห่งเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์

2. คุณลักษณะของน้ำที่ศึกษาบริเวณต้นน้ำและจุดสูบน้ำดิบประปาของระบบผลิตประปาในบริเวณลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาะประกอบด้วย ความขุ่น (turbidity) ของแข็งแขวนลอย (suspended solids) อุณหภูมิ (temperature) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความเป็นกรด (acidity) ความเป็นด่าง (alkalinity) ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) Total organic carbon (TOC) ไนเตรต( $\text{NO}_3^-$ ) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform bacteria) และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอล โคลิฟอร์มทั้งหมด (fecal coliform bacteria)

3. โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาโดยการวิเคราะห์สารอินทรีย์คาร์บอนละลาย (dissolved organic carbon; DOC) โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน(trihalomethane formation potential; THMFP) ultraviolet adsorption at wavelength 254 nm (UV-254), fluorescent excitation-emission matrix (FEEM), สารอินทรีย์กลุ่มไม่ชอบน้ำ (hydrophobic organic fractions; HPO) และสารอินทรีย์กลุ่มชอบน้ำ (hydrophilic organic Fractions; HPI)

4. ตัวอย่างในการศึกษาในข้อที่ 2 และ 3 ได้แก่น้ำบริเวณ ต้นน้ำและจุดสูบน้ำดิบของระบบผลิตประปาขนาดใหญ่ในบริเวณลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาะในข้อที่ 1 ทำการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ตลอดระยะเวลา 12 เดือนเพื่อนำมาศึกษากระบวนการโคแอกกูเลชันในการศึกษาการลดสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดสารไตรฮาโลมีเทน

5. นำเสนอแนวทางหรือเทคโนโลยีอื่นๆในการบำบัดสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดสารไตรฮาโลมีเทนหรือการกำจัดสารไตรฮาโลมีเทนในกรณีที่เป็น

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ใช้พื้นฐานความรู้ทางทฤษฎีและวิธีการปฏิบัติที่มีอยู่แล้ว เพื่อหาองค์ความรู้ที่เหมาะสมในด้านการจัดการเพื่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบประปาที่เหมาะสมในแหล่งน้ำที่ศึกษา เพื่อลดสารอินทรีย์ธรรมชาติ

และลดสารไตรฮาโลมีเทน ให้เหมาะสมกับคุณลักษณะน้ำดิบประปาและประหยัด โดยมีเป้าหมายในการสร้างผลงานดังนี้

### วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วิเคราะห์ข้อมูลและเลือกจุดเก็บน้ำตัวอย่างน้ำบริเวณต้นน้ำและจุดสูบน้ำดิบของระบบผลิตประปาขนาดใหญ่ในบริเวณลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำจุดดังกล่าวที่ระบุไว้ในข้อ 3-5 ของโครงการวิจัยย่อยที่ 2 มาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับการทำการทดลองการลดปริมาณสารไตรฮาโลมีเทนในข้อ 2-3 ข้างล่างนี้

2. ทำการทดลองโดยกระบวนการโคแอกกูเลชัน เพื่อหาสารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม(สารส้มหรือสารโพลิเมอร์ที่โรงผลิตประปานั้นๆ ใช้อยู่)และสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์ เพื่อลดโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน

3. นำน้ำตัวอย่างหลังจากกระบวนการโคแอกกูเลชันมาทำการวิเคราะห์ได้แก่ พีเอช ความเป็นกรด ความเป็นด่าง ความขุ่น (turbidity) สารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (total organic carbon; TOC) สารอินทรีย์คาร์บอนละลาย (dissolved organic carbon; DOC) โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน (trihalomethane formation potential; THMFP) ultraviolet adsorption at wavelength 254 nm (UV-254) fluorescent excitation-emission matrix (FEEM), สารอินทรีย์กลุ่มไม่ชอบน้ำ (hydrophobic organic fractions; HPO) และสารอินทรีย์กลุ่มชอบน้ำ (hydrophilic organic Fractions; HPI) และปริมาณ Free residual chlorine

### สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษาวิจัย ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีความร่วมมือจากผู้ร่วมวิจัยที่มาจาก คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ฝ่ายข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและจัดการสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาภูเก็ต

### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553



รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>1. งบบุคลากร</b>	
- ผู้ช่วยวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม 1 คนจำนวน 12 เดือนๆละ 7,500	90,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
2.1.1 ค่าตอบแทน	
2.1.1.1 ค่าภาคสนาม (12วัน*2จุด*4คน*400 บาท/วัน)	38,400
2.1.2 ค่าใช้สอย เช่น	
2.1.2.1 ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก ค่าพาหนะ	
- ค่าโรงแรม (2 ห้อง*12วัน*2จุด*400 บาท/ห้อง/คืน)	19,200
- ค่าเช่ารถ (12 วัน*2จุด*1,000 บาท/วัน)	24,000
- ค่าน้ำมันรถ (12วัน*2จุด*1,000 บาท/วัน)	24,000
2.1.2.2 ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	82,000
2.1.2.3 ค่าใช้จ่ายในการสัมมนาและฝึกอบรม	
- จัดสัมมนาและฝึกอบรม	30,000
- นำเสนอผลงานในประเทศ 1 ครั้ง	25,000
- นำเสนอผลงานต่างประเทศ 1 ครั้ง	50,000
2.1.2.4 ค่าวิเคราะห์ตัวอย่าง	
- ค่าวิเคราะห์ THMFP (24ตัวอย่าง*3ซ้ำ)	72,000
- ค่าวิเคราะห์ DOC (24 ตัวอย่าง*3ซ้ำ)+8 ตัวอย่าง	16,000
- ค่าวิเคราะห์ FEEM (24 ตัวอย่าง*3ซ้ำ)	14,400
2.1.2.5 ค่าวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำดิบ ความขุ่นของแข็งแขวนลอย อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนละลายน้ำไนเตรต แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟิโคไลโคลิฟอร์มทั้งหมด (2 จุด*3ครั้ง*1,200 บาท/ครั้ง)	7,200
2.1.2.6 ค่าเดินทางและที่พักนักวิจัยต่างวิทยาเขต 4 ครั้ง (4ครั้ง*2,000 บาท	8,000
2.1.2.7 ค่าเรชั่นในการแยก Fraction	30,000
2.1.2.8 ค่าจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	5,000

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
2.1.3 ค่าวัสดุ	
2.1.3.1 ค่าวัสดุสำนักงาน	5,000
2.1.3.2 ค่าวัสดุอุปกรณ์การทดลอง	205,000
2.1.3.3 ค่าสารเคมีในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	80,000
2.1.3.4 ค่าวัสดุทางวิทยาศาสตร์	78,000
<b>3. งบลงทุน</b>	
3.1 คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง	50,000
<b>รวม</b>	<b>953,200</b>

หมายเหตุ ขอถัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ

## ชื่อโครงการวิจัย พลวัตระบบของออกซิเจนละลายของคลองอุตะเถา

System Dynamics of Dissolved Oxygen of Klong U-taphao

### ความสำคัญและที่มาของการทำวิจัย

คลองอุตะเถา เป็นคลองสายหลักของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุตะเถา เป็นคลองที่มีความสำคัญและผูกพันกับวิถีชีวิตของชาวสงขลามายาวนาน ทั้งในด้านของศิลปวัฒนธรรมท้องถิ่น การดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพที่สำคัญคือเป็นแหล่งน้ำดิบของการประปาภูมิภาค แต่เช่นเดียวกับคลองหลายสายในประเทศไทย คุณค่าบางประการของคลองแห่งนี้กำลังลดถอยความสำคัญลง สืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง พัฒนาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในคลองอุตะเถา คลองอุตะเถามีความยาวประมาณ 68 กิโลเมตร มีคลองเล็กๆหลายสายไหลมาบรรจบ ไหลผ่านอำเภอสะเดา อำเภอหาดใหญ่และไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ในปัจจุบันคลองแห่งนี้ยังรับน้ำที่เป็นแหล่งรองรับการระบายน้ำและการระบายน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆของชุมชน เกษตรกรรมและอุตสาหกรรม จากการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำของคลองอุตะเถา พบว่าของคุณภาพน้ำในคลองมีสภาพเสื่อมโทรมลงเป็นอย่างมาก ภาระบรรทุกอินทรีย์ (Organic Loading) ในลำน้ำมีค่าสูงขึ้นจากการระบายน้ำทิ้งจากสองฝั่งคลองหลักและคลองสาขา จนเป็นเหตุให้ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) ในลำน้ำมีค่าต่ำลง ส่งผลกระทบต่อพืชน้ำและสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในลำคลอง รวมไปถึงผลกระทบต่อการนำน้ำมาผลิตน้ำประปาเพื่อการอุปโภคบริโภค นอกจากนี้มลสารที่ปนเปื้อนในลำน้ำนี้ยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา กล่าวคือทำให้คุณภาพน้ำในทะเลสาบลดลงอีกด้วย

ปัจจุบัน ภาครัฐได้เล็งเห็นถึงความเสื่อมโทรมของคลองอุตะเถา จึงได้จัดทำโครงการต่าง ๆ เพื่อฟื้นฟูและปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น รวมทั้งการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่อง แต่โครงการดังกล่าวส่วนใหญ่จำเป็นต้องดำเนินการตามยุทธศาสตร์แก้ไขปัญหาไปก่อน เพื่อบรรเทาสถานการณ์ความรุนแรงของการเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ ส่วนยุทธศาสตร์การป้องกันและพัฒนาซึ่งมีความจำเป็นและจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืนนั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยทางสิ่งแวดล้อมของคลองอุตะเถาที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพพื้นที่และเวลา (Spatial and temporal change) พลวัตระบบ (System dynamics, SD) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ทางสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่และเวลา ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพสิ่งแวดล้อม 3629 ม เพราะจะทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองพลวัตระบบ (SD model) ของออกซิเจนละลายของคลองอุตะเถา เนื่องจากออกซิเจนละลายเป็นตัวแปรคุณภาพน้ำที่สามารถชี้วัดคุณภาพน้ำได้โดยตรงและเป็นตัวแปรสำคัญที่ต้องพิจารณาทั้งในการกำหนดดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆ หรือมาตรฐานคุณภาพน้ำทุกมาตรฐาน โดยใช้คลองอุตะเถาเป็นพื้นที่ศึกษา ผลที่ได้เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ

ที่ก่อให้เกิดความเสื่อมสภาพของคลอง เพื่อจะได้นำไปจัดทำแผนการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับคลองอยู่  
ตะเภา และเป็นต้นแบบสำหรับการศึกษาพลวัตระบบของคลองหรือคูน้ำอื่นต่อไป

### วัตถุประสงค์หลัก

1. เพื่อป้องกันปัจจัยหลักต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อค่าออกซิเจนละลายในคลองอยู่ตะเภา
2. เพื่อพัฒนาแบบจำลองพลวัตระบบ (SD model) ของออกซิเจนละลายในคลองอยู่ตะเภา
3. เพื่อวางแผนการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับคลองอยู่ตะเภา

### ขอบเขตของโครงการวิจัยย่อย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาพลวัตระบบของออกซิเจนละลายของคลองอยู่ตะเภา โดยจะทำการศึกษา  
ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อคุณภาพน้ำในคลอง โดยพิจารณาเฉพาะตัวแปรคุณภาพน้ำคือ ออกซิเจนละลาย  
น้ำ ทั้งจากข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิจากนั้นจึงทำการสร้างโมเดลของพลวัตระบบทดสอบความถูกต้องของ  
โมเดล และนำโมเดลมาใช้จำลองสถานการณ์ของคลอง เพื่อเสนอแนวทางการวางแผนสิ่งแวดล้อมสำหรับคลอง  
อยู่ตะเภาต่อไป

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลผลิตเชิงองค์ความรู้
  - จำนวนผลงานตีพิมพ์ ระดับชาติ 1 ชิ้น
  - จำนวนผลงานตีพิมพ์ ระดับนานาชาติ - 1 ชิ้น
2. จำนวนผลงานที่นำเสนอในที่ประชุม/สัมมนา
  - ระดับชาติ 1 ชิ้น
  - ระดับนานาชาติ - 1 ชิ้น
3. ผลผลิตเชิงการสร้างบุคลากร
  - บัณฑิตระดับปริญญาโท 1 ท่าน

### วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำของคลองอยู่ตะเภา จากข้อมูลทุติยภูมิ
2. จัดลำดับความสำคัญของพื้นที่คลอง โดยพิจารณา การใช้ประโยชน์และความรุนแรง  
ของสภาพปัญหา เพื่อเลือกพื้นที่ศึกษา
3. กำหนดขอบเขตของพื้นที่ทำการศึกษา

4. กำหนดองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนละลายในแหล่งน้ำ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีและสารสนเทศภูมิศาสตร์
5. สร้าง feedback loop และ causal loop diagram เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยในระบบของออกซิเจนละลาย โดยใช้ข้อมูลทฤษฎีภูมิและการตรวจวัดจริงภาคสนามในขอบเขตที่ทำการศึกษา
6. สร้างโมเดลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
7. ทดสอบระบบโดยการจำลองสถานการณ์ที่มีการแกว่งไกวของปัจจัยในระบบ
8. เสนอแนะแนวทางการจัดการคุณภาพน้ำในคลองอุ้ตะเภาจากผลการวิเคราะห์พลวัตระบบออกซิเจนละลาย

#### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 1 ปี ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553

#### รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>1. งบบุคลากร</b>	
1.1 ผู้ช่วยวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม จำนวน 12 เดือน	90,000
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	
2.1 ค่าตอบแทน เช่น ค่าภาคสนาม (4วัน*3ครั้ง*4คน*400 บาท)	19,200
2.2 ค่าใช้สอย เช่น ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก ค่าพาหนะ	
- ค่าเช่ารถ (4 วัน*3ครั้ง*1,000 บาท/วัน)	12,000
- ค่าน้ำมัน (4วัน*3ครั้ง*1,000บาท/วัน)	12,000
- ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	30,000
- ค่าใช้จ่ายในการสัมมนาและฝึกอบรม	30,000
- ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานภายในประเทศ 1 ครั้ง	25,000
- ค่าวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง	5,000
- ค่าจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	5,000
2.3 ค่าวัสดุ	
- วัสดุสำนักงาน	5,000
- ค่าสารเคมีในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	20,000
- ค่าวัสดุทางวิทยาศาสตร์	21,800

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
<b>3. งบลงทุน</b>	
- คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง	50,000
- ค่าจัดซื้อ โปรแกรมสำเร็จรูป	375,000
<b>รวมทั้งสิ้น</b>	<b>700,000</b>

หมายเหตุ ขอถัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ

## ชื่อโครงการวิจัย ศึกษาการประยุกต์การจัดการความรู้ไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม

The Study of Knowledge Management practice in the Industrial Sector

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การแข่งขันในโลกธุรกิจปัจจุบันมีความรุนแรงมากขึ้น สืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านสังคม วัฒนธรรม ด้านเศรษฐกิจ ด้านการเมืองการปกครอง ด้านประชากร ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้การดำเนินธุรกิจและอุตสาหกรรมปัจจุบันต้องอาศัยการปรับตัว และพัฒนาองค์กรอย่างต่อเนื่อง Smith และ Farquhar (2000) ให้ข้อมูลถึงปัจจัยที่ใช้ในการแข่งขันทางธุรกิจที่มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยจากช่วงปี 1970 นั้นเป็นการแข่งขันพัฒนากระบวนการผลิต ในช่วงปี 1980 เป็นการเน้นในเรื่องของคุณภาพ ต่อมาในช่วงปี 1990 เป็นการเน้นการบริการและเข้าถึงความต้องการของลูกค้า และต่อมาในช่วงปี 2000 นี้เป็นการแข่งขันในเรื่องของการเรียนรู้และปรับตัวที่รวดเร็ว และต่อเนื่อง รวมทั้งการคิดค้นสิ่งใหม่ๆ ออกสู่ตลาด ด้วยเหตุดังกล่าว ความรู้ (Knowledge) จึงกลายมาเป็นปัจจัยในการแข่งขัน หรือทรัพยากรสำคัญขององค์กรต่างๆ ในการแข่งขันทางธุรกิจ การจัดการความรู้ (Knowledge Management) และ การสร้างความรู้ใหม่ (Knowledge Creation) จึงกลายเป็นประเด็นสำคัญในการจัดการทางธุรกิจ

แนวคิดทางด้านการจัดการความรู้ (Knowledge Management: KM) เป็นหนึ่งในแนวทางสำหรับการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานขององค์กร กล่าวคือการจัดการความรู้ คือ การรวบรวมองค์ความรู้ที่มีอยู่ในหน่วยงานในองค์กรซึ่งกระจัดกระจายอยู่ในตัวบุคคลหรือเอกสาร มาพัฒนาให้เป็นระบบ เพื่อให้ทุกคนในองค์กรสามารถเข้าถึงความรู้ และพัฒนาตนเองให้เป็นผู้รู้ รวมทั้งปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลให้องค์กรมีความสามารถในเชิงแข่งขันสูงสุด

อาจกล่าวได้ว่า ในปัจจุบันนี้ มีหน่วยงานทั้งในภาครัฐและเอกชนได้นำแนวคิดด้านการจัดการความรู้ไปประยุกต์ใช้อย่างหลากหลาย การนำไปใช้ที่แตกต่างกันในแต่ละองค์กรหรือแผนก หรือแม้แต่ความแตกต่างทางวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ ย่อมนำมาซึ่งความหลากหลายทางเทคนิคหรือเครื่องมือทางการจัดการความรู้ สิ่งเหล่านี้ส่งผลต่อความต้องการศึกษาการนำการจัดการความรู้ไปใช้ในอุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน และสร้างการผลลัพธ์ที่แตกต่างกันออกไปในลักษณะใดบ้าง ปัญหาอุปสรรค และเทคนิคที่นำมาใช้บริหารจัดการความรู้ นั้นมีความหลากหลายมากเพียงใด

นอกจากนี้ ในเรื่องของการวัดผลการดำเนินงานที่เกี่ยวกับการจัดการความรู้ นั้น ยังมิได้มีการกำหนดตัววัดประสิทธิภาพที่ชัดเจน โดยในแต่ละองค์กรอาจมีการวัดที่แตกต่างกันไป บางองค์กรประสบปัญหาเกี่ยวกับการไม่สามารถวัดผลการดำเนินการ และสะท้อนกลับมาสู่การลงทุน หรือผลลัพธ์ให้ผู้บริหารหรือแม้แต่คนในองค์กรได้เข้าใจ ประเด็นดังกล่าว จึงส่งผลกระทบต่อไปยังการศึกษาในเชิงลึกในองค์กรที่มีการประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ได้อย่างต่อเนื่อง และผู้บริหารหรือคนในองค์กรยอมรับนั้น มีการวัดประสิทธิภาพในการดำเนินการได้ด้วยวิธีการใด และมีการดำเนินงานด้านการจัดการความรู้อย่างต่อเนื่อง

ได้ด้วยปัจจัยใดบ้าง โดยการศึกษาดังกล่าวเชื่อว่าจะสามารถนำสู่การพัฒนาตัวชี้วัดที่เหมาะสมให้กับการจัดการความรู้ในภาคอุตสาหกรรม และการนำการจัดการความรู้มาใช้ได้อย่างยั่งยืนในองค์กร

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการนำการจัดการความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานของอุตสาหกรรม
2. เพื่อพัฒนาตัวชี้วัดเกี่ยวกับการจัดการความรู้สำหรับการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

#### ขอบเขตเชิงประเด็นการวิจัย

โครงการวิจัยนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนของการดำเนินงาน โดยส่วนแรกจะเป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการนำการจัดการความรู้ไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม โดยขอบเขตที่จะทำการศึกษาศาสามารถสรุปเบื้องต้นได้คือ

- เป้าหมายของการนำการจัดการความรู้ไปใช้
- หน่วยงาน หรือแผนกที่ทำการประยุกต์ใช้
- รูปแบบ เครื่องมือ และเทคนิคทางการจัดการความรู้
- ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน
- ปัจจัยแวดล้อมภายในองค์กรที่ส่งผลต่อการจัดการความรู้ เช่น กระบวนการจัดการความรู้ ภาวะผู้นำ วัฒนธรรมองค์กร

การศึกษาในส่วนแรกเพื่อรวบรวมข้อมูลการประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ในภาคอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม กลุ่มอุตสาหกรรมที่จะทำศึกษานั้นจะดำเนินการเพียง 2 อุตสาหกรรมหลัก (ปัจจัยในการเลือกอุตสาหกรรมจะได้กล่าวถึงใน 7.2) แต่จะรวบรวมข้อมูลให้ครอบคลุมทั้ง 3 ขนาดของอุตสาหกรรม (เล็ก กลางและใหญ่) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบของ 2 อุตสาหกรรม

ในส่วนที่สองของงานวิจัย จะเป็นการคัดเลือกองค์กรตัวอย่างเพื่อเข้าไปทำการศึกษาเชิงลึก (In-depth Interview) ถึงการดำเนินงานด้านการจัดการความรู้ในองค์กรที่ดำเนินการ และการวัดผลการดำเนินงานด้านการจัดการความรู้ (เกณฑ์ในการคัดเลือกองค์กรตัวอย่างจะกล่าวถึงใน 7.2) โดยประเด็นหลักที่จะทำการศึกษาของส่วนที่สองคือ

- การดำเนินงานด้านการจัดการความรู้ในองค์กร (Knowledge Management Process)
- ปัจจัยสู่ความสำเร็จ (Key Success Factors)
- การวัดผลการดำเนินการ (Key Performance Indicators)

#### ขอบเขตเชิงกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนแรกของงานวิจัย จะทำการรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) ถึงการดำเนินงานด้านการจัดการความรู้ใน 2 ประเภทของอุตสาหกรรม การวิจัยครั้งนี้จึงใช้เกณฑ์ “อุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวสูงสุด” ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง



ข้อมูลอัตราการขยายตัวของสาขาอุตสาหกรรม ปี 2551 (ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ) ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าอุตสาหกรรมสาขาสินค้าทุนและเทคโนโลยีมีการขยายตัวร้อยละ 20.3 ซึ่งสูงที่สุดใน 3 สาขาอุตสาหกรรมและเมื่อศึกษาข้อมูลในสาขาอุตสาหกรรมดังกล่าวพบว่าอุตสาหกรรมยานยนต์ (ขยายตัวร้อยละ 33.6) และอุตสาหกรรมเครื่องจักรสำนักงาน (ขยายตัวร้อยละ 30.4) เป็นสองอันดับแรกที่มีการขยายตัวสูงสุดในกลุ่มสินค้าทุนและเทคโนโลยี งานวิจัยครั้งนี้จึงเลือกสองกลุ่มของอุตสาหกรรมดังกล่าวในการทำการศึกษาวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงอัตราการขยายตัวของสาขาอุตสาหกรรม

อัตราการขยายตัวสาขาอุตสาหกรรม						(ร้อยละ)
	2550	2550				2551
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1
อุตสาหกรรมเบา	2.6	5.6	4.5	0.3	-0.5	1.1
อุตสาหกรรมวัตถุดิบ	2	0.5	1.3	2.2	4	5.8
อุตสาหกรรมสินค้าทุนและเทคโนโลยี	10.5	6	6.3	11.8	16.9	20.3
อุตสาหกรรมรวม	5.7	4.6	4.5	5.7	8	9.7

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่จะรวบรวมข้อมูล แสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยการอ้างอิงทฤษฎีการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างของ ยามาเน่ (Yamane) คิดค่าความเชื่อมั่นที่ 95%

ตารางที่ 2 ตารางสรุปจำนวนกลุ่มตัวอย่างแยกตามขนาดและประเภทอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรม	ขนาด	ใหญ่	กลาง	เล็ก
		(จำนวน ตัวอย่าง)	(จำนวน ตัวอย่าง)	(จำนวน ตัวอย่าง)
อุตสาหกรรมยานยนต์ (จำนวนโรงงานทั้งหมด)		196	143	341
		224	157	434
อุตสาหกรรมเครื่องจักรสำนักงาน (จำนวนโรงงานทั้งหมด)		46	22	125
		47	22	136

ข้อมูลจำนวนโรงงาน: กรมโรงงาน ข้อมูลปี 2551

ส่วนที่สองของงานวิจัย จะทำการคัดเลือกองค์กรเพื่อทำ In-depth Interview นั้น จะได้ใช้ข้อมูลจากงานวิจัยส่วนแรกในการเลือกองค์กร อย่างไรก็ตามเกณฑ์ในการเลือกสามารถสรุปเบื้องต้นได้คือ องค์กรที่มีการดำเนินการด้านการจัดการความรู้มาเป็นเวลาต่อเนื่องมากกว่า 2 ปี องค์กรที่มีการกำหนดตัววัดผลการดำเนินการด้านการจัดการความรู้ ผู้บริหารและคนในองค์กรร่วมมือในการดำเนินงานด้านการจัดการ

ความรู้ โดยจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่คาดการณ์ไว้คือ 12 องค์กร โดยเป็นองค์กรขนาดเล็ก กลางและย่อม ประเภทละ 4 องค์กร เพื่อให้การศึกษาได้ครอบคลุมความแตกต่างในขนาด และความพร้อมด้านทรัพยากร ขององค์กรต่างๆ

#### ขอบเขตเชิงผู้ให้ข้อมูล

ในส่วนแรกที่เป็นการจัดส่งแบบสอบถาม จะเป็นการเจาะจงไปที่ผู้รับผิดชอบด้านการจัดการความรู้ ในองค์กร โดยทั่วไปคือ CKO (Chief Knowledge Organization) หรือตำแหน่งเทียบเท่า ทั้งนี้เนื่องจาก ประเด็นในการถามเป็นลักษณะภาพรวมของการดำเนินการ และเป้าหมายของงานวิจัยส่วนแรกเป็นการมอง แบบมหภาพ

ในส่วนที่สองที่เป็น In-depth Interview จะเป็นการสัมภาษณ์จากทั้งผู้รับผิดชอบโดยตรงด้านการจัดการความรู้ และผู้ปฏิบัติการอื่นๆ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้รับนั้นสะท้อนจากหลายระดับการดำเนินการ ผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถมองในหลายมิติและสรุปเป็นปัจจัยแห่งความสำเร็จได้

#### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นฐานงานวิจัยด้านการประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ในภาคอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การทำงาน และส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนขององค์กรด้วย Knowledge (ความรู้) และ Innovation (การ สร้างสรรค์)

ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จะเป็นต้นแบบสู่การขยายผลการนำการจัดการความรู้ไปใช้ในองค์กร ภาคอุตสาหกรรม โดยเผยแพร่ผ่านการตีพิมพ์ และอาจขยายผลผ่านการบริการวิชาการสู่องค์กร ภาคอุตสาหกรรม

#### วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ส่วนแรก (Phase I) ของงานวิจัย สามารถสรุปวิธีการวิจัยได้ดังนี้

การเตรียมการ คือการรวบรวมประเด็นที่จะทำการศึกษา พัฒนาขึ้นเป็นแบบสอบถาม และทดสอบ ความเชื่อมั่นในแบบสอบถาม นอกจากนี้ยังครอบคลุมการหาข้อมูลเกี่ยวกับองค์กรที่จะทำการส่ง แบบสอบถามเพื่อประเมิน

การเก็บข้อมูล คือ การส่งแบบสอบถามไปยังองค์กร และการกระตุ้นการตอบรับ (Boost Response Rate)

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล คือการรวบรวมผลจากการตอบแบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูล ที่ได้ตามประเด็นดังนี้

- เป้าหมายของการนำการจัดการความรู้ไปใช้
- หน่วยงาน หรือแผนกที่ทำการประยุกต์ใช้
- รูปแบบ เครื่องมือ และเทคนิคทางการจัดการความรู้
- ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

- ปัจจัยแวดล้อมภายในองค์กรที่ส่งผลต่อการจัดการความรู้ เช่น กระบวนการจัดการความรู้ ภาวะผู้นำ วัฒนธรรมองค์กร

ส่วนที่สอง (Phase II) ของงานวิจัย สามารถสรุปวิธีการวิจัยได้ดังนี้

การเตรียมการ คือ การสรุปประเด็นที่จะทำการเก็บข้อมูล สรุปเกณฑ์การเลือกองค์กร คัดเลือกองค์กรที่จะทำการเก็บข้อมูล และทำการติดต่อองค์กรเพื่อขอความร่วมมือในการให้ข้อมูล

การเก็บข้อมูล คือการ In-depth Interview ในองค์กรตัวอย่างจำนวน 12 องค์กร โดยจะได้เข้าไปทำการสัมภาษณ์ผู้ที่รับผิดชอบด้านการจัดการความรู้โดยตรงเพื่อให้ข้อมูลที่ได้นั้นสะท้อนจากหลายระดับ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการสัมภาษณ์นั้นจะสามารถมองได้หลายมิติ และสามารถสรุปเป็นปัจจัยสู่ความสำเร็จได้

การวิเคราะห์ผล คือการนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ตามประเด็นต่างๆ ดังนี้คือ วิธีการดำเนินงานด้านการจัดการความรู้ ปัจจัยสู่ความสำเร็จและการวัดผลการดำเนินงาน โดยทำการถอดบทเรียน

#### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาการทำวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2552 – กันยายน 2554

#### วิธีการดำเนินงาน

##### กิจกรรมในPhase I :

1. วิจัยเอกสารและทำการรวบรวมประเด็นที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล  
ระยะเวลาดำเนินการ : 1 เดือน
2. พัฒนาแบบสอบถามเพื่อจะส่งไปยังกลุ่มตัวอย่าง  
ระยะเวลาดำเนินการ : 1 เดือน
3. ทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม และรวบรวมข้อมูลขององค์กรที่จะทำการจัดส่งแบบสอบถามไปเพื่อทำการสำรวจ  
ระยะเวลาดำเนินการ : 2 เดือน
4. ส่งแบบสอบถามไปยังองค์กรตัวอย่าง  
ระยะเวลาดำเนินการ : 2 เดือน
5. กระตุ้นการตอบแบบสอบถามเพื่อให้ได้แบบสอบถามตามจำนวน  
ระยะเวลาดำเนินการ : 1 เดือน หลังการส่งแบบสอบถาม
6. รวบรวมและวิเคราะห์ผลจากการตอบแบบสอบถามขององค์กรตัวอย่างที่ตอบกลับมา  
ระยะเวลาดำเนินการ : เดือนที่ 3 หลังจากส่งแบบสอบถาม
7. จัดทำเอกสารเพื่อเผยแพร่เอกสารในPhase ที่ 1  
ระยะเวลาดำเนินการ : 1 เดือนหลังการวิเคราะห์ผลจากแบบสอบถาม

## กิจกรรมในPhase II :

1. สรุประเด็นที่จะทำการIn depth Interview  
ระยะเวลาดำเนินการ : 2 เดือน
2. สรุปรเกณฑ์ในการคัดเลือกองค์กรตัวอย่างที่จะเข้าไปทำการIn depth Interview  
ระยะเวลาดำเนินการ : 1 เดือนควบคู่กับการสรุประเด็น In- depth Interview
3. คัดเลือกองค์กรตัวอย่างที่จะเข้าไปทำการIn depth Interview และติดต่อองค์กรตัวอย่างเพื่อขอความร่วมมือในการให้ข้อมูล  
ระยะเวลาดำเนินการ : 2 สัปดาห์หลังจากสรุปรเกณฑ์ในการคัดเลือกองค์กรตัวอย่าง
4. In depth Interview ในองค์กรตัวอย่าง จำนวน 12 องค์กร  
ระยะเวลาดำเนินการ : 5 เดือนหลังจากติดต่อองค์กรเพื่อขอความร่วมมือในการให้ข้อมูล
5. วิเคราะห์การดำเนินงานด้านการจัดการความรู้ในองค์กรตัวอย่าง  
ระยะเวลาดำเนินการ : 7 เดือนควบคู่กับการ In-depth Interview องค์กรตัวอย่างก่อนหน้า
6. วิเคราะห์ปัจจัยสู่ความสำเร็จของการดำเนินงาน ด้านการจัดการความรู้  
ระยะเวลาดำเนินการ : 2 เดือน ควบคู่กับการวิเคราะห์การดำเนินงานด้านการจัดการความรู้

## กิจกรรมสุดท้าย

1. วิเคราะห์การวัดผลการดำเนินงานและตัวชี้วัดในองค์กรตัวอย่าง  
ระยะเวลาดำเนินการ : 3 เดือนหลังจากวิเคราะห์ปัจจัยสู่ความสำเร็จของการดำเนินงานเสร็จ
2. พัฒนาตัวชี้วัดต้นแบบสำหรับการจัดการความรู้ในภาคอุตสาหกรรม  
ระยะเวลาดำเนินการ : 4 เดือนควบคู่กับการวิเคราะห์การวัดผลการดำเนินงานและตัวชี้วัด
3. จัดทำเอกสารเพื่อการเผยแพร่ผลงานวิจัย Phase2  
ระยะเวลาดำเนินการ : 1 เดือน ควบคู่กับการพัฒนาตัวชี้วัดต้นแบบ
4. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์  
ระยะเวลาดำเนินการ : 1 เดือนควบคู่กับการจัดทำเอกสารเพื่อการเผยแพร่งานวิจัย

รายละเอียดงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2553

รายการ	จำนวนเงิน	
	6 เดือน	6 เดือน
<b>1. หมวดค่าจ้าง</b>		
ค่าจ้างนักศึกษาปริญญาโท 1 คน อัตรา 5,000 บาท/เดือน เป็นเวลา 24 เดือน	30,000	30,000
<b>2. งบดำเนินการ</b>		
<b>2.1 ค่าตอบแทน ใช้น้อย และวัสดุ</b>		
(1) <u>ค่าตอบแทน</u>		
- การทำงานนอกเวลา นักวิจัย 2 คน 8 ชั่วโมง / เดือน / คน ชั่วโมงละ 60 บาท เป็นเวลา 12 เดือน	5,760	5,760
- ค่าอาหาร การทำงานนอกเวลา 24 วัน/คน (อัตรา 100 บาท/วัน/คน)		
(2) <u>ค่าใช้น้อย</u>	1,200	1,200
- ค่าจัดทำและถ่ายเอกสารแบบสอบถาม (แบบสอบถาม 1,300 ชุด ชุดละ 15 บาท)	19,500	-
- ค่าจัดทำรายงานและรายงานฉบับสมบูรณ์	1,000	1,000
<u>ค่าวัสดุ</u>		
- วัสดุสำนักงาน	1,000	1,000
- วัสดุหนังสือ วารสารและตำรา	2,000	1,000
<b>2.2 ค่าสาธารณูปโภค</b>		
(1) ค่าไปรษณีย์ จัดส่งแบบสอบถาม (จำนวน 1,300 ชุด ชุดละ 20 บาท)	26,000	-
(2) ค่าโทรศัพท์ และโทรสาร ติดต่อบริษัทในงานวิจัย Phase I (จำนวน 1,300 บริษัท เหมายจ่าย 50 บาท/บริษัท)	65,000	-
(3) ค่าไปรษณีย์ โทรศัพท์ และโทรสารเพื่อการติดต่อองค์กร รวมทั้ง การกระตุ้นการตอบแบบสอบถาม เหมายจ่าย 2,000 บาท	1,000	-
รวม	152,460	39,960
<b>รวมเงินทั้งสิ้น</b>	<b>192,420</b>	

หมายเหตุ - จำนวนบริษัทใน Phase I ประมาณ 1,109 บริษัท ขอคิดการเตรียมแบบสอบถามและการติดต่อ  
บริษัท เป็น 1,300 ชุด