การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารพทาเลท ในน้ำด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น

The Study on Treatment Efficiency of Phthalate Compound Contaminated in Water Using Microfiltration Membrane

วรินธร บุญยะโรจน์
ศิริชัย สาระมนัส

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้คณะ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารพทาเลทในน้ำด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น

ผู้วิจัย วรินธร บุญยะโรจน์
ศิริชัย สาระมนัส

ปีที่ทำวิจัย พ.ศ. 2562

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมลพิษทางน้ำที่เพิ่มขึ้นได้ปัญหามลพิษทางน้ำต่อแหล่งน้ำสาธารณะ สารอินทรีย์ตามธรรมชาติและสารอินทรีย์ขนาดเล็กนั้นสามารถพบได้ในสิ่งแวดล้อมที่ระดับความเข้มข้นต่ำ สาร Di- (2-Ethylhexyl) Phthalate (DEHP) เป็นหนึ่งในพลาสติไซเซอร์ที่พบบ่อยที่สุดในสิ่งแวดล้อม หากมนุษย์ได้รับสารนี้ที่อาจส่งผลถึงการขัดขวางการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ การวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากคลองบางเขนใหม่ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย (13 ° 49'06.1 "N 100 ° 30'42.4" E) ซึ่งได้รับน้ำเสียบางส่วนจากกิจกรรมของมนุษย์และสารปนเปื้อนในน้ำ ในปัจจุบันการกำจัดสิ่งเจือปนอนินทรีย์และสารอินทรีย์จากแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมนับว่ามีความสำคัญ ซึ่งกระบวนการกรองด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำและน้ำเสีย โดยเลือกใช้เยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นสองชนิด คือ Cellulose Acetate (CA) และ Polyvinylidene difluoride (PVDF) นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของเยื่อกรองพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดในการบำบัดค่าความขุ่น ปริมาณของแข็งแขวนลอย ซีโอดี และสาร Di- (2-Ethylhexyl) Phthalate (DEHP) โดยผลจากงานวิจัยนี้มีสามารถนำไปสู่การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในคลองเขนใหม่ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการจัดการทรัพยากรน้ำ

คำสำคัญ : การบำบัดน้ำ, ไมโครฟิลเตรชัน, เยื่อกรอง, สารประกอบพทาเลท, จุลมลสาร, ไมโครฟิลเตรชัน

Title STUDY ON THE EFFICIENCY OF THE TREATMENT OF PHTHALATE COMPOUND CONTAMINATION IN WATER USING MICROFILTRATION MEMBRANES

Researcher Varinthorn Boonyaroj
Sirichai Saramanus

Year 2019

Abstract

Nowadays, increasing water pollution has put significant pressure on water resources. Natural organic matter and organic micro-pollutants have been found in potentially harmful concentrations in numerous water sources. Phthalate plasticizers are also micro-pollutants of concern; Di- (2-Ethylhexyl) phthalate (DEHP) is one of the most frequently observed plasticizers in the environment, as well as one of the most persistent. The maximum permissible levels of these compounds in drinking water and wastewater discharged to the environment are set at low concentrations. In this research, water samples were collected from the New Bang Kaen Canal in Bangkok, Thailand (13°49'06.1"N 100°30'42.4"E), which receives wastewater from human activities and contains impurities in the water. Several common treatment technologies currently used to remove inorganic and organic contaminants from natural water supplies address serious environmental problems. Properly selected, microfiltration membrane processes are elements of effective systems for water purification. Polymeric membranes are of primary interest for membrane separation techniques because they are both practical and effective. However, pretreatment before using a microfiltration membrane is necessary for suspended solids reduction. This research used two types of polymeric membranes, namely cellulose acetate membrane (CA) and polyvinylidene difluoride membrane (PVDF), and covers the most applicable requirements regarding pretreatment of the water intake. The performance of polymeric membranes for water treatment was also investigated. The water quality of the New Bang Kaen Canal was assessed in terms of turbidity, SS, and COD. This research has the potential to contribute to the monitoring of water quality in the New Bang Kaen Canal. Water quality monitoring is a fundamental tool for water resources management. The performance of polymeric microfiltration membranes was effective for water and wastewater purification in terms of solids, organic substances, and micro-pollutant i.e. DEHP compounds. Nevertheless, the further development of polymeric membranes regarding fouling on the membrane surface and within pores needs to be improved to increase membrane performance and ameliorate the limitations of microfiltration polymeric membranes.

Keywords: water treatment, microfiltration, polymeric membranes, phthalate compounds, micropollutants, membrane microfiltration

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี พ.ศ. 2562

นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ สถานที่ อุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการฯ ในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิชาการและวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงินและพัสดุทุกท่าน

ท้ายสุดนี้ คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องที่จะนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
บัญชีตาราง	(ฉ)
บัญชีภาพประกอบ	(ช)
1. บทนำ	**1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	3
1.6 แผนการดำเนินการวิจัยโครงการวิจัย	3
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 น้ำผิวดิน (Surface Water)	4
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารกลุ่มพทาเลท	5
2.3 คุณสมบัติของสาร Di–(2–Ethylhexyl) Phthalate (DEHP)	6
2.4 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ / แมสสเปคโทรมิเตอร์ (GC/MS)	8
2.5 เทคโนโลยีเยื่อกรองกับการบำบัดน้ำและน้ำเสีย	9
2.6 ไมโครฟิลเตรชั่น (Microfiltration:MF)	11
2.7 ดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	13
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
3. วิธีดำเนินการวิจัย	**19**
3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ	19
3.2 การศึกษาประสิทธิภาพของเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชั่นในการบำบัดสาร DEHP	20
3.3 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารปนเปื้อนในน้ำด้วยเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชั่น	21
3.4 การสกัดสาร DEHP ในตัวอย่างน้ำ ด้วยวิธี Solid Phase Extraction	21
3.5 การวิเคราะห์สาร DEHP ด้วยเครื่อง GC/MS	21

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล **24**
4.1 ลักษณะสมบัติของตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลอง 24
4.2 ประสิทธิภาพของเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น 24
4.3 ประสิทธิภาพในการบำบัด 25
4.4 การวิเคราะห์สารปนเปื้อนด้วยเครื่อง GC/MS 27

5. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ **31**
5.1 สรุปผลการวิจัย 31
5.2 ข้อเสนอแนะ 31

บรรณานุกรม **32**

ภาคผนวก **35**

ประวัติผู้วิจัย **39**

บัญชีตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เกณฑ์คุณภาพน้ำที่แนะนำสำหรับกิจกรรมที่มนุษย์มีโอกาสสัมผัสและไม่มีโอกาสสัมผัสตามเกณฑ์ที่ US EPA กำหนด	5
2.2	คุณสมบัติของสาร DEHP	7
3.1	วิเคราะห์คุณภาพน้ำในระดับห้องปฏิบัติการ	21
3.2	สภาวะในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง GC/MS QP2010 Ultra	22

บัญชีภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
2.1	สูตรโครงสร้างโดยทั่วไปของสารกลุ่มพทาเลท	6
2.2	สูตรโครงสร้างโดยทั่วไปของสาร DEHP	7
2.3	เทคนิคของการกรองที่แบ่งตามขนาดรูพรุนของเยื่อกรอง	10
2.4	ไมโครฟิลเตรชั่นแบบ Dead-End (Dead-End Microfiltration)	11
3.1	การเก็บตัวอย่างน้ำภาคสนาม	19
3.2	การวิเคราะห์คุณภาพน้ำภาคสนาม	20
3.3	การกรองด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น	20
3.4	การวิเคราะห์สารตัวอย่างด้วยเครื่อง GC/MS QP2010 Ultra	22
3.5	ภาพรวมแสดงขั้นตอนดำเนินการวิจัย	23
4.1	ความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านของเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น	25
4.2	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด COD	27
4.3	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน DEHP	28
4.4	โครมาโทแกรมของการบำบัดสาร DEHP ด้วยเยื่อกรองชนิด PVDF	28
4.5	โครมาโทแกรมของการบำบัดสาร DEHP ด้วยเยื่อกรองชนิด CA	28
4.6	เปรียบเทียบตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการกรอง	30
ผ1	โปสเตอร์สำหรับนำเสนอในการประชุมวิชาการนานาชาติ ICOSCI10	36
ผ2	การนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการนานาชาติ ICOSCI10	37
ผ3	บรรยากาศการนำเสนอผลงานในรูปแบบโปสเตอร์และประกาศนียบัตร	38

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตมนุษย์ นอกเหนือจากการอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวันแล้ว น้ำยังมีบทบาทสำคัญในกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งชุมชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม แต่ในปัจจุบันน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ มีคุณภาพลดลง เนื่องจากมีการปนเปื้อนของสารมลพิษ หากนำน้ำไปใช้การอุปโภคบริโภคโดยไม่มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนจะส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะสารปนเปื้อนที่มีขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น สาร Di–(2–Ethylhexyl) Phthalate (DEHP) เป็นสารเคมีที่ใช้มากในผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทพีวีซีที่เป็น Consumer Products โดยใช้เป็น Plasticizers ทำให้พลาสติกเกิดความอ่อนตัว สารกลุ่มนี้ไม่ได้ยึดติดกับโพลิเมอร์ของพลาสติกเพียงอย่างเดียว แต่จะแทรกเข้าไปอยู่ระหว่างโมเลกุลพลาสติก ดังนั้นสารจึงอาจหลุดออกจากผลิตภัณฑ์พลาสติกและถ่ายเทลงสู่สิ่งแวดล้อมได้ง่าย ซึ่งก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบต่อมไร้ท่อของมนุษย์และสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้สามารถทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ และคลื่นไส้อาเจียน สำหรับไมโครฟิลเตรชั่น (Microfiltration) นั้นเป็นกลไกการแยกองค์ประกอบของสารแขวนลอย คอลลอยด์ หรือสารที่ปนเปื้อนในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษาหาปริมาณสาร DEHP ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำสาธารณะ และการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อบำบัดสารดังกล่าวด้วยเทคโนโลยีเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณสาร DEHP ในน้ำตังวอย่าง

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสาร DEHP ที่ปนปื้อนในน้ำด้วยของเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสาร DEHP ด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น (Microfiltration, MF) ชนิดแผ่น (Flat Sheet)

1.3.2 เยื่อกรองไมโครฟิลเตรชั่นในระดับห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย เยื่อกรองไมโครฟิลเตรชั่น ชนิด Cellulose Acetate (CA) และชนิด Polyvinylidene Difluoride (PVDF).

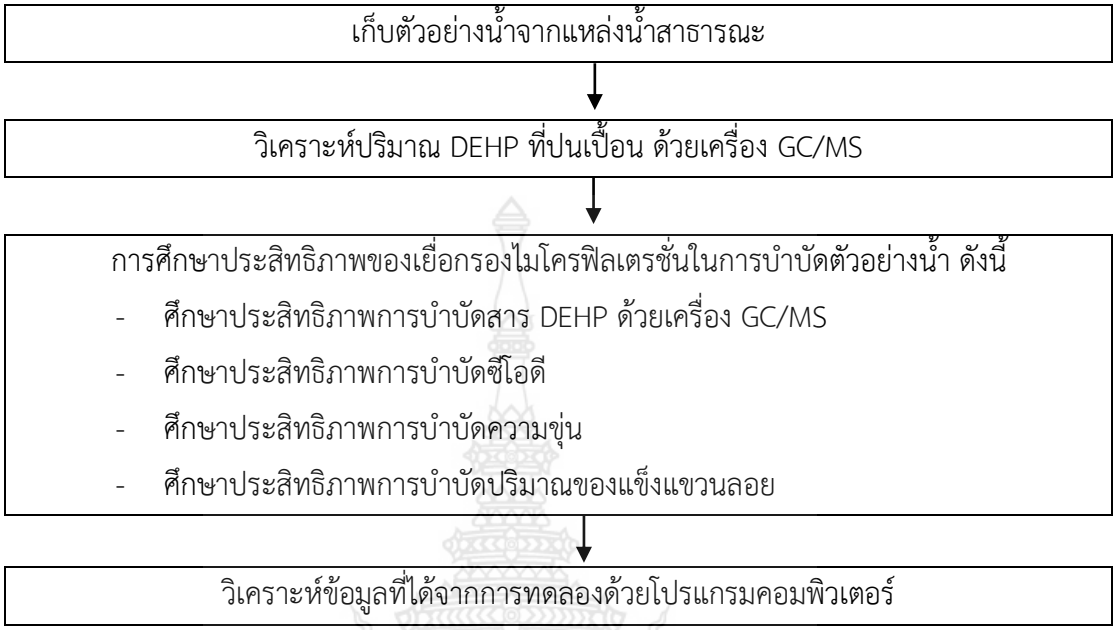
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบปริมาณสารสาร DEHP ที่ปนเปื้อนในน้ำตัวอย่าง

14.2 ทราบประสิทธิภาพการบำบัดสาร DEHP ที่ปนเปื้อนในน้ำด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น

14.3 นำไปสู่การฝึกทักษะเชิงปฏิบัติของนักศึกษาซึ่งเกิดจากการต่อยอดองค์ความรู้จากการวิจัย

1.5 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

1.6 แผนการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินโครงการวิจัย ตั้งแต่ วันที่ 1 ตุลาคม 2561 ถึง 30 กันยายน 2562

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำผิวดิน (Surface Water)

น้ำผิวดินเป็นองค์ประกอบหนึ่งของวัฏจักรของน้ำเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมามีการสะสมกันอยู่บริเวณพื้นผิวดิน ซึ่งฝนที่ตกลงมาในระยะแรกน้ำมักจะซึมลงไปในดินก่อนจนกระทั่งดินอิ่มตัวแล้วจึงมีน้ำแช่ขังอยู่ตามลุ่มน้ำหรือแหล่งน้ำขนาดเล็กลักษณะการไหลของน้ำผิวดินบนโลกแบ่งเป็นลักษณะการไหลแบบแผ่ซ่าน (Sheet Flow) โดยไหลไปตามความลาดเอียงของพื้นผิว และมีระดับความลึกไม่มาก ประเภทที่สอง คือ การไหลตามร่อง (Channel Flow) หรือเป็นลักษณะการไหลของน้ำไปตามลำธาร น้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำที่มีประโยชน์มากต่อมนุษย์ในด้านการดำรงชีวิต แหล่งน้ำผิวดินนอกจากจะเป็นส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่ผิวดินแล้วยังหมายถึงส่วนของน้ำที่ไหลล้นออกจากใต้ดินเข้ามาสมทบด้วย ปริมาณของน้ำผิวดินจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาด้วยเช่นกัน

แม่น้ำและลำคลอง (Stream and River) แหล่งน้ำผิวดินประเภทนี้เกิดจากการเซาะพังของลำคลองหรือแม่น้ำในเวลาเดียวกัน แหล่งน้ำผิวดินประเภทนี้จะไหลตามความลาดชันของสภาพภูมิประเทศลงสู่ทะเล

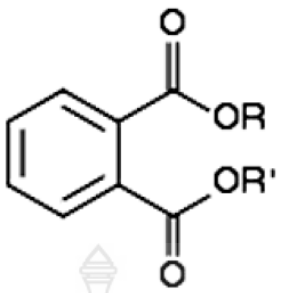
การใช้น้ำอย่างรู้คุณค่าและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้นจะทำให้สิ่งแวดล้อม การลดการปลอยน้ำเสียลงสูแหลงน้ำสาธารณะนั้นจะทำใหสิ่งแวดลอมดีขึ้น โดยต้องเริ่มต้นจากการสร้างจิตสำนึกที่ดีและความตระหนักในการใชน้ำอย่างรู้คุณค่านำไปสู่การนำน้ำกลับไปใช้ประโยชน์อีกครั้ง โดยเกณฑ์ความสะอาดที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค สามารถแสดงได้ดัง **ตารางที่ 2.1** ซึ่งน้ำสะอาดนั้นจะต้องมีสารปนเปื้อนไม่เกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและจะต้องไม่พบเชื้อโรคเจือปน [1,2]

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์คุณภาพน้ำที่แนะนำสำหรับกิจกรรมที่มนุษย์มีโอกาสสัมผัสและไม่มีโอกาสสัมผัส ตามเกณฑ์ที่ US EPA กำหนด [9]

Parameter	Unit	Value	
		มนุษย์มีโอกาสสัมผัส	มนุษย์ไม่มีโอกาสสัมผัส
Color	-	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
Odor	-	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
pH	-	6-9	6-9
Turbidity	NTU	<2	<30
Biochemical Demand	mg/L	<10	<30
Free Chlorine	Mg/L	1.0	-
Total Coliform	-	-	ไม่พบ
Fecal Coliform	Colony/100mL	ไม่พบ	ไม่พบ

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารกลุ่มพทาเลท

สารกลุ่มพทาเลทมีสมบัติช่วยทำให้พลาสติกมีความอ่อนนุ่มและช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้แก่ตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งถูกนำมาใช้ในพลาสติก PVC และนอกจากนี้ยังมีการเติมลงในผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ผลิตจากยาง เซลลูโลส และสไตรีน เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติกดังกล่าว ได้แก่ ของเล่นเด็ก บรรจุภัณฑ์สำหรับใส่เครื่องสำอาง บรรจุภัณฑ์บรรจุอาหาร ถุงใส่เลือด เป็นต้น สารประกอบกลุ่มพาเลทเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทเอสเทอร์ มีลักษณะเป็นของเหลวมีจุดเดือดสูงและมีความดันไอต่ำ เป็นสารที่มีความเสถียรและมีขั้วเล็กน้อยที่หมู่คาร์บอกซิล ทำให้มีสมบัติในการละลายน้ำได้น้อยแต่จะละลายได้ดีในไขมัน มีการระเหยต่ำ สารประกอบกลุ่มพาเลทผลิตมาจากการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่าง Phthalic Anhydride กับแอลกอฮอล์ แต่สารประกอบกลุ่มพทาเลทนั้นไม่ได้ยึดติดกับพอลิเมอร์ของพลาสติกแต่จะแทรกเข้าไปอยู่ระหว่างโมเลกุลของพลาสติก ดังนั้นสารประกอบกลุ่มพทาเลทจึงสามารถหลุดออกมาจากพลาสติกได้ โดยสูตรโครงสร้างทั่วไปของสาร พทาเลทนั้นแสดงไว้ดัง **ภาพที่ 2.1**



ภาพที่ 2.1 สูตรโครงสร้างโดยทั่วไปของสารกลุ่มพทาเลท [1]

2.3 คุณสมบัติของสาร Di–(2–Ethylhexyl) Phthalate (DEHP)

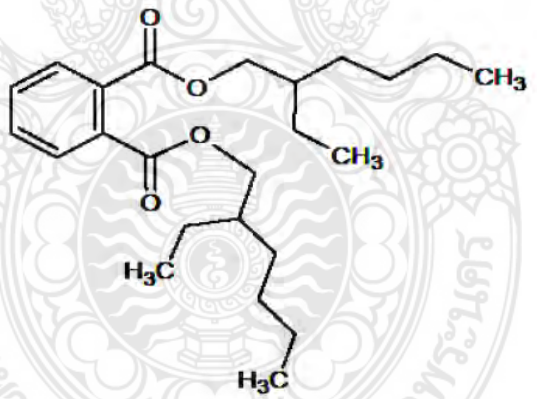
DEHP ถูกนำมาใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์ ถึง 50% ของสารกลุ่มพทาเลททั้งหมดเนื่องจากมีราคาถูกมีความเสถียรมีการระเหยที่ต่ำซึ่งเป็นสมบัติที่ดีของพลาสติไซเซอร์ DEHP เป็นของเหลวหนืดไม่มีสี สูตรโครงสร้างของสาร DEHP คือ $C_6H_4[COOCH_2CH(C_2H_5)(CH_2)_3CH_3]_2$ โดยคุณสมบัติต่างๆ ของสาร DEHP สามารถแสดงได้ดัง**ตารางที่ 2.2** สูตรโครงสร้างของสาร DEHP ดัง **ภาพที่ 2.2** ที่สำหรับการละลายน้ำของ DEHP นั้นได้มีรายงานการวิจัยจากหลายแห่งที่ทำการทดลองหาค่าการละลายน้ำและให้ค่าที่แตกต่างกันเนื่องจาก DEHP เกิดเป็นคนลอยได้ง่ายซึ่งค่าการละลายน้ำของ DEHP สามารถแสดงได้ดังตารางการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อม Environmental เฟส ของ DEHP ได้มีการวิจัย ทำการทดลองการสกัด DEHP ด้วยสารละลายกรดและสารละลายด่าง นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาการสลายตัวด้วยแสง Photo Degradation ของ DEHP ซึ่งทดลองโดยการใช้สารละลาย DEHP ที่ปรับค่า pH เป็นกลาง (pH = 7) ด้วยกรดเกลือ ด้วย 1N HCl และ 1 N NaOH สัมผัสกับรังสี UV โดยใช้หลอด UV จำนวน 8 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีความยาวคลื่น 254 nm และควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ± 1 ^{O}C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่า รังสี UV สามารถทำให้เกิดการสลายตัว 73.5% ส่วนการสลายตัวทางชีวภาพ (Biodegradation) ของ DEHP ในน้ำและตะกอนพบว่า ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน DEHP จะมีการสลายตัวอยู่ในช่วง 40 ถึง 90% ภายในระยะเวลา 10-35 วัน แต่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนนั้นจะใช้เวลาในการสลายตัวทางชีวภาพที่ยาวนาน

สำหรับความเป็นพิษของสาร DEHP สารนี้จะสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางการกิน ทางการหายใจ และการซึมผ่านผิวหนัง โดยสาร DEHP จะส่งผลให้เกิดความเป็นพิษแบบเฉียบพลันต่ำจะเกิดความเป็นพิษแบบเรื้อรัง ซึ่งจะไปทำความเสียหายต่อระบบสืบพันธุ์ สามารถออกฤทธิ์ขัดขวางการทำงานของต่อมไร้ท่อและยังมีผลต่อความผิดปกติของการทำงานของตับและไต นอกจากนี้ สาร DEHP ยังถูกจัดให้เป็นสารก่อมะเร็ง โดยปัจจุบันมาตรฐานการปนเปื้อนของสาร DEHP ของประเทศไทยนั้นมีเพียงการกำหนดถึงปริมาณการปนเปื้อนของสารดังกล่าวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสหกรรมในฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหารที่ทำจากพลาสติก PVC ซึ่งได้มีการกำหนดไว้ว่าห้ามใส่สาร DEHP ลงไปในผลิตภัณฑ์ [8] เพื่อป้องกันสารอันตรายจากการหลุดลอกของสาร DEHP ออกจากวัสดุสัมผัสอาหารและปนเปื้อนสู่อาหาร ซึ่งสามารถแพร่ออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของสาร DEHP [1]

CAS No.	สูตรโมเลกุล	น้ำหนักโมเลกุล	จุดเดือด (^{O}C)	ค่าการละลายน้ำ
117-81-7	$C_{24}H_{38}O_4$	390.62	385	1.0

* ค่าการละลายน้ำของสาร DEHP ที่อุณหภูมิ 25 ^{O}C ในหน่วย mg/L



ภาพที่ 2.2 สูตรโครงสร้างโดยทั่วไปของสาร DEHP [1]

2.4 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ / แมสสเปคโทรมิเตอร์ (GC/MS)

เครื่อง Gas Chromatograph / Mass Spectrometer ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารปนเปื้อนขนาดเล็กนั้น มีคุณสมบัติตรวจวัดปริมาณสารและคุณลักษณะจำเพาะของสารในระดับมวล สามารถควบคุมการทำงานและประมวลผลทางโครมาโทกราฟด้วยซอฟท์แวร์คอมพิวเตอร์ และมีที่ฉีดสารตัวอย่าง (Injection port) ที่สามารถเลือกทำการฉีดสารแบบ Split และ Splitless และกำหนดตั้งอุณหภูมิได้ในช่วงระหว่าง -80°C ถึง 400°C โดยเครื่อง GC/MS ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่อง Gas Chromatograph (GC) และส่วนของเครื่อง Mass Spectrometer (MS) [4]

เครื่อง Gas Chromatograph (GC) ทำหน้าที่ในการแยกองค์ประกอบของสารที่สามารถระเหยกลายเป็นไอ (Volatile organic compounds) ได้เมื่อถูกความร้อน กลไกที่ใช้ในการแยกองค์ประกอบต่างๆ ในสารตัวอย่างอาศัยความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุล จุดเดือด โครงสร้างของสาร และสมบัติทางเคมีในการทำปฏิกิริยากับสารที่อยู่ภายในคอลัมน์ ซึ่งหลังจากที่ สารแต่ละชนิดถูกแยกเป็นส่วนๆ จะเคลื่อนที่อยู่ภายในคอลัมน์ในเวลาที่ต่างกัน จากนั้นสารเชิงเดี่ยวแต่ละชนิดจะผ่านเข้าสู่อุปกรณ์วัดสัญญาณ (Detector) และแปรผลออกมาเป็นโครมาโทแกรม (Chromatogram) ซึ่งสารเชิงเดี่ยว แต่ละสารจะมีระยะเวลาที่อยู่ในคอลัมน์ (Retention time, RT) เฉพาะตัว ในการวิเคราะห์ผลจะนำพื้นที่ใต้พีค (Peak) ของแต่ละสารมาคำนวนผลเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) ก็จะทราบปริมาณของสารตัวอย่างได้ องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง GC สามารถแบ่งออกได้ 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

2.4.1 Injector คือ ส่วนที่สารตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าเครื่องและระเหยเป็นไอ ก่อนที่จะเข้าสู่ Column อุณหภูมิที่เหมาะสมของ Injector ควรเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้สารตัวอย่างสามารถระเหยได้แต่ต้องไม่ทำให้สารสลายตัว ตัวอย่างของ Injector ได้แก่ Split, Splitless, On column

2.4.2 Oven คือ ส่วนที่ใช้สำหรับบรรจุ Column และเป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของ Column ให้เปลี่ยนไปตามความเหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิของ Oven นั้นมี 2 แบบ คือ Isocratic Temperature และ Gradient Temperature

2.4.3 Detector คือ ส่วนที่จะใช้สำหรับตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่างชนิดที่เราสนใจ

เครื่อง Mass Spectrometer (MS) เป็น Detector ที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างโดยอาศัยกลไก คือ โมเลกุลขององค์ประกอบที่ถูกแยกออกมาจากสารตัวอย่างโดยเครื่อง MS

จะถูกไอออไนซ์ในสภาวะสุญญากาศและตรวจวัดออกมาเป็นเลขมวล (Mass number) เทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิงแล้วแปลผลออกมาเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้นๆ [4]

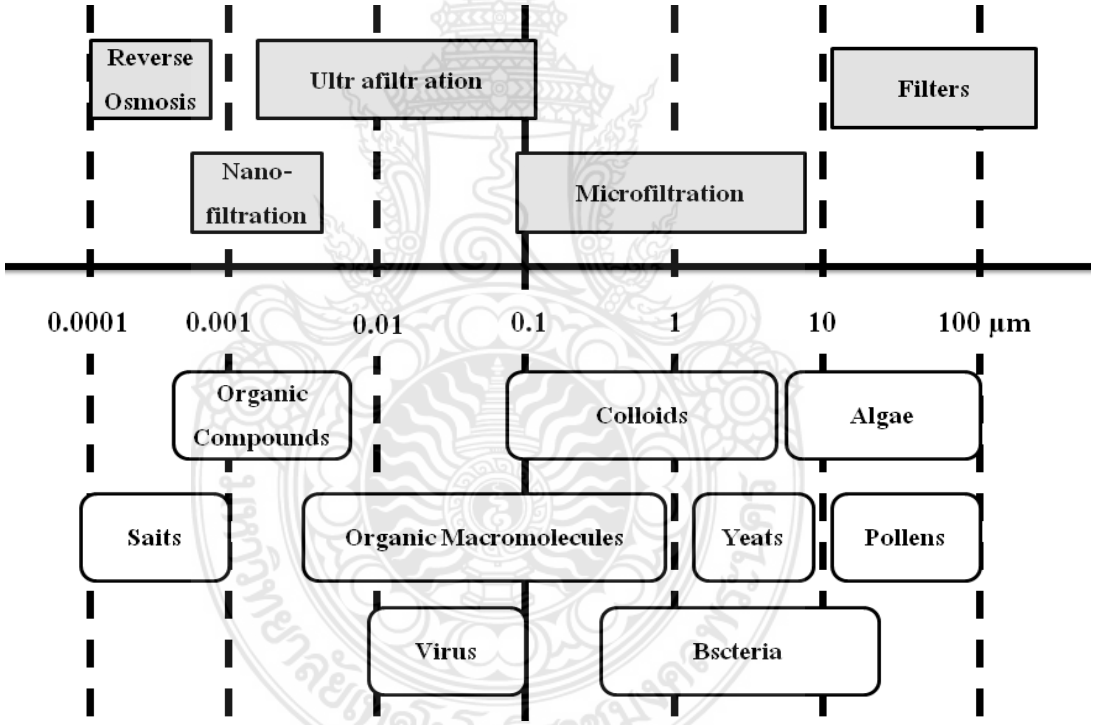
2.5 เทคโนโลยีเยื่อกรองกับการบำบัดน้ำและน้ำเสีย (Membrane Filtration)

การกรอง (Filtration) เป็นการแยก (separation) ทางกล เพื่อแยกอนุภาคของแข็งที่ไม่ละลายซึ่งแขวนลอยอยู่ในสารละลายออกจากส่วนที่เป็นของเหลว โดยให้ของเหลวที่มีส่วนผสมของทั้งของแข็งและของเหลวไหลผ่านเยื่อกรอง ซึ่งมีหน้าที่กักของแข็งที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดรูพรุนของเยื่อกรองไว้และปล่อยให้ส่วนที่เป็นของเหลวไหลผ่านของเหลวที่กรองได้เรียกว่า ฟิลเทรต (Filtrate) ในบางครั้งสารแขวนลอยไม่สามารถแยกออกได้แต่จำเป็นต้องใช้สารช่วยกรอง (Filter Aid) [13]

กระบวนการเมมเบรน (Membrane) คือ การกรองโดยใช้เยื่อบางเพื่อการแยกของเหลวที่มีส่วนประกอบหลายชนิดออกจากกัน ทิศทางการกรองเป็นแบบ Cross Flow Filtration โดยใช้แรงดันให้ของเหลวที่ป้อนเข้า (Feed) เคลื่อนที่ขนานกับผิวของเยื่อกรองและของเหลวที่ผ่านรูของเยื่อกรองได้ เรียกว่า เพอมิเอต (permeate) ซึ่งจะไหลออกในทิศตั้งฉากกับเยื่อ ส่วนที่ไม่ถูกกรองผ่านเยื่อเรียกว่า รีเทนเทต (retentate) [13]

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีเยื่อกรองมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง เช่น ระบบการรีไซเคิลน้ำไว้ใช้หมุนเวียนภายในอาคาร ในระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับชุมชนขนาดเล็ก ระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค ตลอดจนการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ เป็นต้น เนื่องจากสามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาทางชีววิทยาได้ดี น้ำที่ออกจากระบบจะมีคุณภาพสูงปราศจากแบคทีเรียและเชื้อโรค ระบบมีขนาดเล็กและสามารถรองรับน้ำเสียที่มี Organic Loading rate สูงๆ ได้ ทั้งยังต้องการพลังงานในการเดินระบบต่ำ และสะดวกต่อการนำไปใช้ร่วมกับการบำบัดน้ำเสียระบบบำบัดอื่นๆ โดยเยื่อกรองส่วนใหญ่ที่นิยมใช้ ได้แก่ Microfiltration (MF) Ultrafiltration (UF) Nanofiltration (NF) และ Reverse Osmosis (RO) ทั้งนี้แบ่งชนิดของเยื่อกรองโดยแบ่งตามความสามารถในการแยกของขนาดของรูเยื่อกรองที่คัดแยกอนุภาคโมเลกุล และอิออนต่างๆ ในของเหลวนั้น ซึ่งการพิจารณาเลือกใช้เยื่อกรองจะขึ้นอยู่กับความต้องการคุณภาพน้ำหลังการบำบัด รวมถึงชนิดของมลสารที่ต้องการแยกออกจากน้ำ ความต้องการพลังงานในการเดินระบบ ตลอดจนค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการลงทุน เทคนิคของการกรองที่แบ่งตามขนาดรูพรุนของเยื่อกรองจากรูพรุนเล็กไปถึงรูพรุนขนาดใหญ่ [15, 19] ดัง**ภาพที่ 2.3**

สำหรับการกรองอนุภาคแขวนลอยโดยใช้เยื่อกรองนี้จะเป็นการทำให้ของเหลวเกิดการแยกตัวแล้วแพร่ผ่านเยื่อกรอง ซึ่งความสามารถในการกรองอนุภาคนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคและน้ำหนักของมวลโมเลกุลที่แตกต่างกัน โดยหลักการสำคัญของกระบวนการกรองด้วยเยื่อกรองนั้นจะต้องมีแรงขับดันที่ทำให้สารละลายไหลผ่านแผ่นเยื่อกรองและเกิดการแยก เช่น ผลต่างของความเข้มข้น หรือผลต่างของความดัน เทคโนโลยีเยื่อกรองเป็นกระบวนการหนึ่งที่นิยมประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียทั้งในภาคชุมชนและภาคอุตสาหกรรมเพื่อช่วยแยกองค์ประกอบของสารแขวนลอยคอลลอยด์ สารละลาย โมเลกุล และอิออนต่างๆ ออกจากส่วนที่เป็นของเหลวเพื่อการนำไปสู่การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ประโยชน์

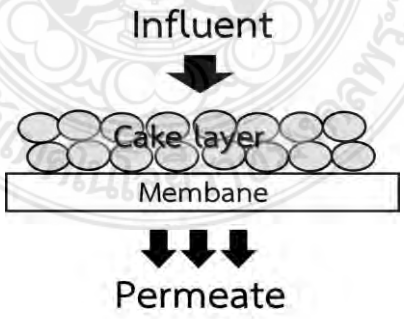


ภาพที่ 2.3 เทคนิคของการกรองที่แบ่งตามขนาดรูพรุนของเยื่อกรอง [9, 13, 14]

2.6 ไมโครฟิลเตรชั่น (Microfiltration : MF)

ไมโครฟิลเตรชั่นเป็นการกรองประเภทการกรองโดยใช้เยื่อกรองสังเคราะห์ (Synthetic membrane) ชนิด Microfiltration Membrane เพื่อแยกอนุภาคขนาด 0.1-10 μm ออกจากสารแขวนลอย ใช้เพื่อทำให้ใส (Clarification) โมเลกุลของน้ำสามารถผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชั่นได้ ส่วนที่แยกออกมาคือโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ เช่น เซลล์ของแบคทีเรียโมเลกุลของไขมัน ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าขนาดรูของเยื่อกรอง ส่วนโมเลกุลของแร่ธาตุเกลือต่างๆ รวมทั้งโมเลกุลของโปรตีน น้ำตาลแลคโตสจะผ่านได้บางส่วนและบางส่วนจะถูกแยกออกมา ซึ่งไมโครฟิลเตรชั่นจะใช้เพื่อเป็นการกรองเบื้องต้นโดยการแยกตะกอนขนาดใหญ่บางส่วนออกมาก่อนที่จะผ่านไปกรองระดับที่ละเอียดกว่า ได้แก่ Ultra Filtration, Nano Filtration และ Reverse Osmosis ตามลำดับ

กระบวนการเมมเบรนสามารถแบ่งกระบวนการกรองตามรูปแบบการกรองและทิศทางการไหลของสารป้อน โดยแบ่งเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การกรองแบบไหลขวาง (Cross Flow Filtration) การกรองแบบไหลขวางเป็นการป้อนสารละลายในทิศทางขนานกับเมมเบรน หรือตั้งฉากกับทิศทางการไหลของเพอมิเอท โดยการกรองแบบไหลขวางสามารถลดการสะสมของอนุภาคที่ผิวหน้าเยื่อแผ่นเมมเบรนได้ มีความเหมาะสมกับสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง และนิยมใช้กันมากในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถลดความเข้มข้นสะสม (Concentration Polarization) และการเกิดเค้กบนผิวหน้าเมมเบรน และการกรองแบบ Dead-End หลักการกรองจะป้อนสารในทิศทางตั้งฉากกับเยื่อกรอง และภายหลังการกรองจะเกิดการสะสมของอนุภาคบนผิวเยื่อกรอง ที่เรียกว่า เค้ก (Cake) ทั้งนี้เค้กจะส่งผลให้ความต้านทานการไหลเพิ่มสูงขึ้น และในขณะเดียวกันจะส่งผลให้ฟลักซ์ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยการกรองลักษณะนี้จะเหมาะกับสารป้อน (Influent) ที่มีความเข้มข้นต่ำและมีอนุภาคขนาดเล็ก [2, 9, 14] สามารถแสดงได้ดัง**ภาพที่ 2.4**



ภาพที่ 2.4 ไมโครฟิลเตรชั่นแบบ Dead-End (Dead-End Microfiltration)

2.6.1 คุณสมบัติของเยื่อกรอง

เยื่อกรองสามารถแบ่งตามวัสดุที่ใช้ผลิตได้ 2 แบบ คือ เยื่อกรองที่ทำจากสารอินทรีย์และเยื่อกรองที่ทำจากสารอนินทรีย์ โดยทั่วไปเยื่อกรองที่ทำจากสารอนินทรีย์จะมีความต้านทานต่อความดันและสารเคมี โดยเฉพาะการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน แต่จะมีความยุ่งยากและราคาแพงกว่า เยื่อกรองที่ทำจากสารอินทรีย์จะมีความยืดหยุ่นดีกว่า และสามารถใส่ไว้ในระบบที่มีเนื้อที่จำกัดซึ่งจะได้พื้นที่ผิวต่อปริมาตรมาก

เยื่อกรองที่มีคุณสมบัติที่ชอบน้ำ (Hydrophilicity) จะสามารถดูดซับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตได้ดีกว่าเยื่อกรองที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobicity) ทำให้เกิดการอุดตันได้ง่าย ดังนั้นเยื่อกรองที่มีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำมากกว่าจะทำให้เกิดค่า Flux สูงและมีแนวโน้มในการเกิดการอุดตันต่ำกว่า โดยทั่วไปมักเข้าใจว่าเยื่อกรองที่มีรูพรุนขนาดใหญ่จะให้ค่า Flux สูง แต่พบว่าจะเกิดขึ้นจริงเฉพาะในช่วงแรกของการดำเนินการเท่านั้น เพราะเยื่อกรองที่มีขนาดรูพรุนใหญ่กว่าขนาดของตัวถูกละลายหรืออนุภาคถึงแม้ว่าจะให้ค่า Flux ที่สูงในช่วงเริ่มต้นแต่จะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการอุดตันภายในรูพรุนของเยื่อกรอง โดยการอุดตันที่เกิดขึ้นมักเป็นทั้งที่เกิดภายใน (Internal Fouling) และภายนอกเยื่อกรอง (External Fouling) ขณะที่เยื่อกรองที่มีขนาดรูพรุนเล็กกว่าตัวถูกละลายมากๆ มีแนวโน้มว่าจะเป็นการอุดตันภายนอก อีกทั้งลักษณะของผิวหน้าเยื่อกรองเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจทำให้เกิดการอุดตันได้ โดยเยื่อกรองที่มีผิวหน้าเรียบมีแนวโน้มที่จะเกิดการอุดตันน้อยกว่าเยื่อกรองที่มีผิวหน้าขรุขระ [2, 19]

2.6.2 สภาวะการเดินระบบ

การเพิ่มอุณหภูมิที่สูงขึ้นภายใต้สภาวะความดันคงที่ จะทำให้ค่า Flux เพิ่มขึ้นเนื่องจากทำให้ความหนืดของของเหลวผสมลดลง จึงซึมผ่านเยื่อกรองได้ดีขึ้น โดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศา ค่า Flux จะเพิ่มขึ้น 3-5% แต่อุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพธรรมชาติส่งผลให้โปรตีนจะดูดซับที่ผิวเยื่อกรองมากขึ้น โดยการเพิ่มแรงดันมากขึ้นจะทำส่งผลให้ค่า Flux ของเยื่อกรองและคุณภาพน้ำที่ผลิตได้ดีขึ้น แต่ในทางกลับกันถ้าแรงดันเพิ่มขึ้นเกินขีดจำกัด (Critical Pressure) จะทำให้โครงสร้างและอนุภาคสารต่างๆ ที่สะสมตัวบริเวณผิวหน้าเยื่อกรองถูกอัดตัวกันบนผิวของเยื่อกรองเกิดการอุด

ตันบนผิวของเยื่อกรองมากขึ้นจนกระทั่งค่า Flux ลดลงและอาจทำลายโครงสร้างภายในของเยื่อกรองจนไม่อาจคืนสภาพการกรองได้เหมือนเยื่อกรองที่เริ่มต้นใช้งาน

2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการอุดตันของเยื่อกรอง (Major Factors Affecting Fouling)

การอุดตันของเยื่อกรองจัดว่าเป็นข้อจำกัดสำคัญที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการแยกมลสารออกจากน้ำลดลง การอุดตันของเยื่อกรองเกิดจากการสะสมตัวของอนุภาคของแข็งบนผิวหน้าของเยื่อกรองหรือภายในรูพรุนของเยื่อกรองจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสำหรับการทำความสะอาดเยื่อกรอง ทั้งนี้การใช้สารเคมีเพื่อทำความสะอาดเยื่อกรองจะส่งผลต่ออายุการใช้งานของเยื่อกรองชนิดที่ผลิตจากเซลลูโลสอะซิเตท แต่จะส่งผลไม่มากกับเยื่อกรองที่ผลิตจากวัสดุพอลิเมอร์ชนิดอื่นและเซรามิกส์ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการอุดตันของเยื่อกรองที่สำคัญ ได้แก่ คุณสมบัติของเยื่อกรอง สภาวะการเดินระบบ และลักษณะของสารป้อน (Influent) [6, 7]

2.7 ดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

2.7.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ คือ ความร้อนและความเย็นของน้ำ อุณหภูมิของน้ำจะสูงกว่าอุณหภูมิในบรรยากาศ ยกเว้นในฤดูร้อน อุณหภูมิของน้ำมีผลกระทบ คือ มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำการเจริญเติบโตของสัตว์และพืชน้ำมีผลต่อปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ซึ่งปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิสูง หรืออาจกล่าวได้ว่า อุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาตัวหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำ โดยจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25-35 °C และหยุดการเติบโตที่ 50 °C มีผลต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ พบว่าออกซิเจนละลายในน้ำได้ 7.54-9.08 mg/L ที่อุณหภูมิบรรยากาศ [2]

2.7.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

น้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) น้อยกว่า 7 ซึ่งมีความเป็นกรดสูงและมีฤทธิ์กัดกร่อน สำหรับการวัดค่า pH ทำได้ง่าย โดยการใช้กระดาษลิตมัสในการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ซึ่งให้สีตามความเข้มข้นของ $[H^+]$ หรือการวัดโดยใช้ pH Meter เมื่อต้องการให้มีความละเอียดมากขึ้น ความเป็นด่าง (alkalinity) คือ สภาพที่น้ำมีสภาพความเป็นด่างสูง จะประกอบด้วยไอออนของ OH^-,CO_3^-, H_2CO_3 ของธาตุแคลเซียม โซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม หรือแอมโมเนีย ซึ่งสภาพความเป็นด่างนี้จะช่วยทำหน้าที่คล้ายบัฟเฟอร์ต้านการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในน้ำทิ้ง สภาพกรด (acidity) โดยทั่วไปน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนจะมีบัฟเฟอร์ในสภาพด่างจึงไม่ทำให้น้ำมีค่า pH ต่ำเกินไป แต่น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 ซึ่งมาจาก CO_2 ที่ละลายน้ำ [2]

2.7.3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO)

การหาปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในน้ำแบบใช้ออกซิเจนอิสระ (Aerobic) หรือไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ (Anaerobic) ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายในน้ำมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำ ความดันบรรยากาศ และสิ่งเจือปนในน้ำ (Impurities) ออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ทั้งที่อาศัยอยู่บนพื้นดินและในน้ำ สิ่งมีชีวิตในน้ำได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของพืชที่ปล่อยออกซิเจนอิสระออกมาละลายอยู่ในน้ำ และจากการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศลงสู่พื้นน้ำ ออกซิเจนเป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้น้อยมากและไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ การละลายของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความดัน อุณหภูมิ และปริมาณของแข็งละลายในน้ำ ปริมาณออกซิเจนในน้ำธรรมชาติและน้ำเสียขึ้นอยู่กับลักษณะทางเคมีกายภาพ และกระบวนการชีวเคมีในสิ่งมีชีวิต ค่าออกซิเจนละลายมีความสำคัญที่จะทำให้ทราบได้ว่าน้ำนั้นมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำและใช้ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียและตรวจติดตามมลพิษทางน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะ [2]

2.7.4 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำ (Turbidity) หมายถึง ความสามารถของน้ำที่กั้นหรือดูดซับปริมาณแสงที่ส่องผ่านไว้ได้ สิ่งที่ทำให้น้ำขุ่น ได้แก่ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในน้ำ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตเล็กๆ โดยปรากฏอยู่ในลักษณะสารแขวนลอย เช่น อนุภาคของดิน ทราย แพลงก์ตอน แบคทีเรีย เป็นต้น ความขุ่นมีหน่วยเป็น NTU (Nephelometric Turbidity Units) น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีความ

ขุ่นอยู่เสมอ โดยน้ำใสจะมีค่าความขุ่นไม่เกิน 25 NTU ส่วนน้ำขุ่นปานกลางจะมีค่าความขุ่นระหว่าง 25–100 NTU และน้ำมีความขุ่นมากจะมีค่าความขุ่นมากกว่า 100 NTU [2]

2.6.5 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)

ซีโอดี คือ ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการออกซิไดซ์ในการสลายสารอินทรีย์ด้วยสารเคมีโดยใช้สารละลาย เช่น โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ในปริมาณมากเกินพอในสารละลายกรดซัลฟิวริกซึ่งสารอินทรีย์ในน้ำทั้งหมดทั้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้จะถูกออกซิไดซ์ภายใต้ภาวะที่เป็นกรดและการให้ความร้อน ซึ่งค่าซีโอดีจะเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งที่แสดงถึงความสกปรกของน้ำเสีย [2, 5]

2.6.6 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS)

ของแข็งแขวนลอยเป็นสารที่ทำให้เกิดสี และความขุ่น มีขนาดอนุภาคของสารใหญ่กว่า 1 μm เช่น เศษอาหารซากสิ่งมีชีวิต และแพลงก์ตอนบางชนิด สารเหล่านี้จะพบมากในน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ ทั้งโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำเสียชุมชน [2]

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นลินี เหลืองรังรอง [6] ศึกษาถึงการทำงานของกระบวนการไมโครฟิลเตรชั่นในการผลิตน้ำประปา โดยใช้น้ำดิบจากคลองประปาบริเวณจุดรับน้ำของโรงงานผลิตน้ำบางเขนในช่วงที่มีค่าความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) และในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) โดยใช้โมดูลเมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงที่มีขนาดรูพรุน 0.1 และ 0.4 μm จากประสิทธิภาพการกรองของเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูพรุน พบว่าขนาดรูพรุน 0.1 μm มีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น สี และเหล็ก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับเมมเบรนขนาดรูพรุน 0.4 μm ในทุกการทดลอง ส่วนประสิทธิภาพการกำจัด UV260 และ TOC พบว่า เมมเบรนขนาดรูพรุน 0.4 μm มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่าเมมเบรนขนาดรูพรุน 0.1 μm

ภานุวัฒน์ สีทา [7] ศึกษาประสิทธิภาพของระบบการกรองผ่านเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชั่น (Microfiltration, MF) ในการบำบัดเบื้องต้นของแหล่งน้ำผิวดินด้วยการดำเนินระบบการไหลตามแนวดิ่ง (Dead-End Filtration) ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการกรองแบบไมโครฟิลเตรชั่นจะถูกทดสอบโดยการกรองแบบออสโมซิสย้อนกลับภายใต้เครื่องมือทดสอบแบบไหลขวาง (Cross-Flow Filtration) เพื่อเปรียบเทียบ Permeate Flux กับผลจากแหล่งน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดเบื้องต้น สภาวะการดำเนินระบบแบ่งเป็นสองสภาวะ ได้แก่ การทดลองระบบแบบอนุกรม (Series)

และแบบกะ (Batch) โดยใช้ขนาดรูพรุนของเมมเบรนที่แตกต่างกัน ได้แก่ 5, 1.2 และ 0.45 μm ผลการศึกษาพบว่า การลดลงของ Permeate Flux จากกระบวนการออสโมซิสย้อนกลับมีค่าลดลงเนื่องจากการบำบัดเบื้องต้นจากการกรองผ่านเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชั่นขนาดรูพรุน 5, 1.2 และ 0.45 μm สำหรับการทดสอบแบบอนุกรมและแบบกะ ค่า Permeate Flux มีอัตราการลดลงอย่างเด่นชัดในช่วงระยะเวลา 10 นาทีแรกโดยค่า Permeate Flux จะลดลงน้อยกว่าร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Permeate Flux เริ่มต้นอาจเนื่องจากมีการสะสมสารแขวนลอยและคอลลอยด์บนผิวของเมมเบรนและหรือภายในช่องรูพรุนเมมเบรนทำให้เกิดการอุดตันบนแผ่นเมมเบรน ส่วนการเพิ่มความดันส่งผลทำให้เกิดการอัดตัวของอนุภาคสารแขวนลอยและคอลลอยด์ที่บริเวณผิวหน้าเมมเบรนและภายในรูพรุนเมมเบรนทำให้ขนาดรูพรุนเล็กลง จึงมีผลทำให้ค่าการกำจัดความขุ่นและสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น

สกล ขุขันธิน [16] การบำบัดน้ำเสียเป็นการกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียให้หมดไปหรือเหลือน้อยที่สุดให้ได้มาตรฐานที่กำหนดและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม น้ำเสียจากแหล่งต่างกันจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกันดังนั้นกระบวนการบำบัดน้ำจึงมีหลายวิธี โดยระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปมี 3 วิธีคือ กระบวนการทางเคมี (Chemical Process) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยการแยกสารต่าง ๆ หรือสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียที่บำบัดที่ปนเปื้อนอยู่ด้วยการเติมสารเคมีต่าง ๆ ลงไปเพื่อ ให้เข้าไปทำปฏิกิริยา กระบวนการทางชีววิทยา (Biological Process) เป็นการอาศัยหลักการใช้จุลินทรีย์ต่าง ๆ มาทำการย่อยสลายเปลี่ยนอินทรียสารไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย กระบวนการทางกายภาพ (Physical Process) เป็นการบำบัดน้ำเสียอย่างง่ายซึ่งจะแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออก วิธีนี้จะแยกตะกอนได้ประมาณ 50-65% ส่วนเรื่องการแยกความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD_5) ประมาณ 20-30% เท่านั้น และกระบวนการทางกายภาพ-เคมี (Physical-Chemical Process) เป็นกระบวนการที่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยมากกว่ากระบวนการที่กล่าวมา ซึ่งกระบวนการนี้จะใช้ในขั้นตอนสุดท้ายในการบำบัดน้ำเสีย ที่ผ่านกระบวนในขั้นตอนอื่นแล้ว เช่น การดูดซับด้วยถ่าน การแลกเปลี่ยนประจุ เป็นต้น

วรวัฒน์ ทิพย์จ้อย [10] ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปการบำบัดน้ำทิ้งแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้น คือ การบำบัดขั้นเตรียมการ (Preliminary Treatment) เป็นขั้นตอนการแยกสิ่งสกปรกที่มีขนาดใหญ่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำ โดยการใช้ตะแกรง (Screens) สำหรับการบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) น้ำเสียจะถูกนำมาตกตะกอนในถังตกตะกอน ซึ่งเรียกว่า Primary Sludge การบำบัดในขั้นนี้จะลดค่า BOD ได้ประมาณ 25-40% แล้วแต่คุณลักษณะของน้ำทิ้งและประสิทธิภาพ

ของถังตกตะกอน การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) น้ำเสียจากการบำบัดขั้นที่สองจะถูกนำเข้าไปสู่ถังเติมอากาศซึ่งจะมีการเติมอากาศให้แก่แบคทีเรียโดยใช้เครื่องเติมอากาศ แบคทีเรียในระบบจะช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียหรือ BOD ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายหรือ อนุภาคคอลลอยด์ออกไปจากน้ำเปลี่ยนเป็นตะกอนและตะกอนจะถูกปล่อยให้ตกลงตามแนวโน้มถ่วงของโลก สำหรับกากตะกอนในส่วนนี้จะถูกนำไปกำจัดต่อไป น้ำในส่วนบนของถังตกตะกอนจะใสขึ้น ในขั้นตอนนี้จะช่วยลดค่า BOD ลงได้ประมาณ 75-95% ซึ่งค่า BOD ของน้ำส่วนนี้จะต่ำกว่า 20 mg/L สามารถปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำได้แต่ถ้าต้องการความสะอาดเหมาะแก่การนำกลับมาใช้ใหม่เข้าสู่การบำบัดขั้นที่สามต่อไป และการบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment) ต้องการน้ำสะอาดเพื่อใช้สำหรับอุปโภคและบริโภคได้ กระบวนการบำบัดนี้จึงเป็นกระบวนการเคมีรวมกับฟิสิกส์ - เคมี น้ำทิ้งจากการบำบัดขั้นตอนที่สองจะถูกนำมาตกตะกอนด้วยวิธีทางเคมีแยกสารประกอบฟอสเฟตออกด้วยปูนขาว จากนั้นจึงนำมากำจัดสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ด้วยกระบวนการทางฟิสิกส์ - เคมีด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งจะได้น้ำที่สะอาดเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อโรค

วิชุดา ทองภูสวรรค์ และนภา ตั้งเตรียมจิตมั่น [12] ศึกษาการสกัดระดับจุลภาคด้วยวัฏภาคของเหลวโดยใช้เมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างน้ำชา งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์สารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) จำนวน 9 ชนิดในน้ำชาโดยใช้การสกัดระดับจุลภาคด้วยวัฏภาคของเหลวและใช้เมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงเป็นตัวพยุง แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS โดยเมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงที่ใช้ทำจากพอลิพรอพิลีนที่มีรูพรุน ภายในบรรจุตัวทำละลายอินทรีย์ 25 ไมโครลิตร ในการสกัดสารละลายตัวอย่าง 15 mL โดยใช้วิธี Liquid-Liquid Extraction ในการสกัดสาร

วรพัฒน์ อรรถยุกติ [11] การศึกษากระบวนการสกัดของเหลวที่จะเป็นประโยชน์ต่อการอุตสาหกรรมในประเทศไทย การสกัดแบบ Liquid-Liquid Extraction เป็นการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมละลายสารที่ต้องการออกมาจากสารผสมซึ่งเป็นของเหลว โดยจะแยกสารอนินทรีย์ออกจากสารอินทรีย์ ซึ่งนิยมให้ของผสมละลายหรือแขวนลอยในน้ำ เรียกว่า ชั้นน้ำ (Aqueous Layer) และสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic Solvent) ที่ไม่ละลายน้ำแยกชั้นอยู่เรียกว่าชั้นสารอินทรีย์ (Organic Layer) ตัวทำละลายนี้ ได้แก่ อีเทอร์ (Ether) เมทิลลีนคลอไรด์ (Methylene Chloride) คลอโรฟอร์ม (Chloroform) คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride) เบนซีน (Benzene) และเอ็นเฮกเซน (n–Hexane) ในการสกัดวิธีนี้นิยมทำในกรวยแยก (Separatory Funnel) โดยของผสมจะแยกชั้นอยู่ตามความสามารถในการละลาย คือ สารอนินทรีย์หรือเกลือที่

ละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนอยู่ในชั้นน้ำ ในขณะที่สารอินทรีย์จะละลายอยู่ในชั้นสารอินทรีย์ โดยวิธีนี้สารจะถูกถ่ายเทจากตัวทำละลายหนึ่งไปยังอีกตัวทำละลายหนึ่ง โดยทั่วไปสารหนึ่ง ๆ จะละลายในตัวทำละลายจำนวน 2 ชนิด ในอัตราส่วนที่คงที่ ณ อุณหภูมิหนึ่ง

กิตติศักดิ์ จั่นเพชร [3] ศึกษาสภาวะการสกัดน้ำมันจากเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยใช้วิธี Solid - Liquid Extraction ในการสกัด โดยวิธีการสกัดแบบ Solid - Liquid Extraction เป็นการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมละลายสารที่ต้องการออกมาจากสารผสมซึ่งเป็นของแข็ง การสกัดวิธีนี้ทำได้โดยแช่ของแข็งที่ต้องการสกัดในตัวทำละลายที่ต้องการเป็นเวลานานโดยใช้ภาชนะที่เหมาะสม เช่น เครื่องมือสกัดแบบซ็อกเล็ต (Soxhlet Extractor) การสกัดทำโดยอาศัยหลักการการให้ตัวทำละลายระเหยกลายเป็นไอ จากนั้นกลั่นตัวเป็นของเหลวผ่านลงไปในสารทั้งในลักษณะของแข็งหรือของเหลว จากนั้นตัวทำละลายที่ได้สัมผัสกับสารจะไหลลงสู่ขวดรองรับ ตัวทำละลายที่พาสารลงมาในขวดนี้จะถูกระเหยกลับขึ้นไป (ทิ้งสารที่สกัดออกมาไว้ในขวดรองรับ) แล้วกลั่นตัวลงบนสารซ้ำแล้วซ้ำอีกดังนี้ไปเรื่อยๆ การกระทำเช่นนี้จะทำให้ได้สารที่ต้องการสกัดในขวดรองรับในที่สุด แต่การสกัดเช่นนี้จะใช้เวลาในการสกัดนาน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำแหล่งน้ำสาธารณะบริเวณลองบางเขนใหม่ โดยกำหนดตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างบริเวณด้านข้าง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ตำแหน่ง 13°49'06.1"N 100°30'42.4"E (**ภาพที่ 3.1**) โดยการกำหนดพิกัดของละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) โดยใช้แอพพลิเคชั่น Google Maps ในโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นตัวระบุพิกัด และทำการวิเคราะห์ภาคสนามและจดบันทึกข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ ตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ ความขุ่น และความเป็นกรดเป็นด่าง จากนั้นนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ในระดับห้องปฏิบัติการ

ภาพที่ 3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำภาคสนาม

ภาพที่ 3.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำภาคสนาม

3.2 การศึกษาประสิทธิภาพของเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชั่นในการบำบัดสาร DEHP

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน DEHP 500g (>98% Purification) และการกรองตวงตัวอย่างน้ำด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น ชนิด CA และชนิด PVDF ที่มีขนาดรูพรุน 0.45 µm ตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 100 mL กรองผ่านเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น (**ภาพ 3.3**) พร้อมจับเวลาที่ใช้ในการกรอง จดบันทึกข้อมูล

ภาพที่ 3.3 การกรองด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น

3.3 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารปนเปื้อนในน้ำด้วยเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชั่น

นำตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการกรองผ่านเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น ชนิด CA และชนิด PVDF ที่มีขนาดรูพรุน 0.45 μm มาวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ ดัง**ตารางที่ 3.1**

ตารางที่ 3.1 วิเคราะห์คุณภาพน้ำในระดับห้องปฏิบัติการ [17]

Parameter	Sampling Point	Method
pH	Influent/Effluent	Electronic pH meter
COD	Influent/Effluent	Closed reflux
SS	Influent/Effluent	Dried at 103-105°C

3.4 การสกัดสาร DEHP ในตัวอย่างน้ำ ด้วยวิธี solid phase extraction

การวิเคราะห์สาร DEHP ในตัวอย่างน้ำ ด้วยวิธี solid phase extraction (SPE) จะเริ่มต้นด้วยการปรับสภาพคอลัมน์ที่บรรจุตัวกลางชนิด C18 ด้วยสาร Dichloromethane : Methanol อัตราส่วน 1:1 จากนั้นตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 50 mL ผ่าน SPE คอลัมน์ ด้วยอัตราการไหล 1 mL ต่อนาที จากนั้นชะตัวอย่างด้วย สาร Dichloromethane จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 6 mL นำตัวอย่างที่ได้ไประเหยที่อุณหภูมิห้องให้ได้ปริมาณ 2 mL เก็บตัวอย่างใส่ขวด vial สีชา ปริมาตร 2 mL เพื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ/แมสสเปคโทรมิเตอร์ (GC/MS)

3.5 การวิเคราะห์สาร DEHP ด้วยเครื่อง GC/MS

บันทึกข้อมูลประสิทธิภาพของเยื่อกรองระดับไมโครฟิเตรชั่น ชนิด CA และ ชนิด PVDF ในการกักกันสาร DEHP โดยตั้งค่าสภาวะในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง GC/MS QP2010 Ultra ดัง **ภาพที่ 3.4** และ**ตารางที่ 3.2** จากนั้นประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 3.4 การวิเคราะห์สารตัวอย่างด้วยเครื่อง GC/MS QP2010 Ultra

ตารางที่ 3.2 สภาวะในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง GC/MS QP2010 Ultra

Conditions	Details
Column	SH-RXi-5Sil MS (capillary, 0.25 mm I.D., thickness 0.25 µm, Length 30 m)
Sample	1 µL
Injection Mode	splitless
Temperature	40 °C (held for 1.50 min then ramped to 270 °C held for 8 min at 5 °C min^{-1})
Total Time Program	27.50 mins/ sample

ภาพที่ 3.5 ภาพรวมแสดงขั้นตอนดำเนินการวิจัย

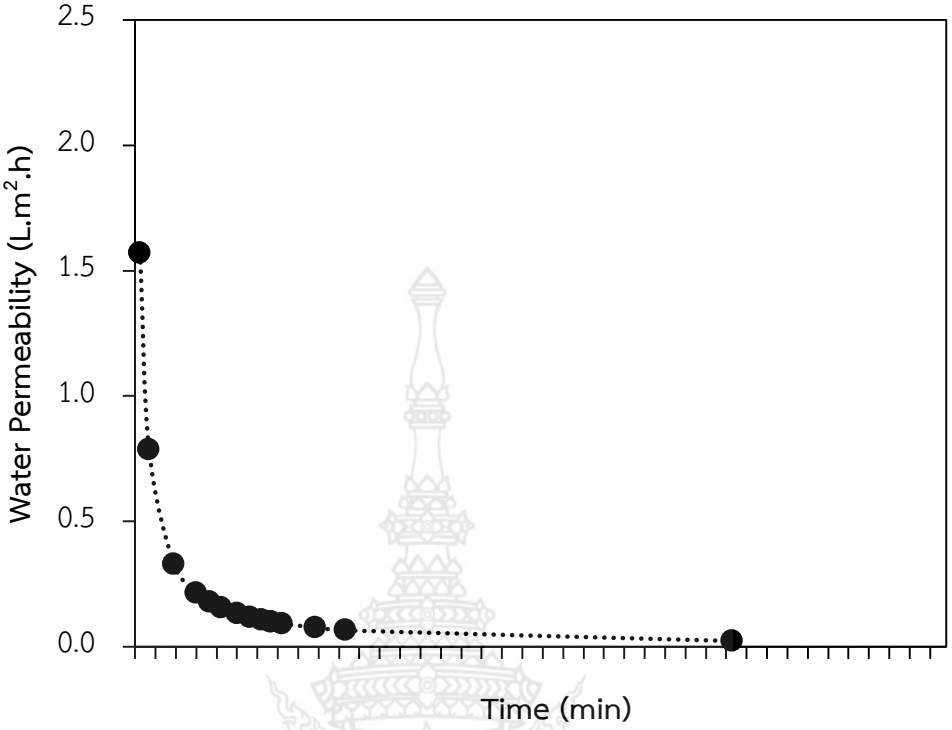
บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ลักษณะสมบัติของตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างน้ำที่เก็บตัวอย่างน้ำจากคลองบางเขนใหม่ มีค่า pH อยู่ในช่วง 6.31-6.70 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 0.5–5.16 mg/L มีค่าซีโอดี (COD) อยู่ในช่วง 32–140 mg/L มีค่าบีโอดี (BOD) อยู่ในช่วง 9.00-18.25 mg/L มีค่าความขุ่น (Turbidity) อยู่ในช่วง 5.20–7.86 NTU ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) อยู่ในช่วง 2.50–37.50 mg/L และอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำอยู่ในช่วง 28.0–32.0°C ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง พบว่า มีลักษณะใสไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย แต่อาจจะมีความขุ่นและตะกอนมีสีน้ำตาลปะปนมาเล็กน้อย

4.2 ประสิทธิภาพของเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น

ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่าง หากลักษณะน้ำมีค่าความสกปรกมาก เยื่อกรองมีรูพรุนขนาดเล็กเพียง 0.45 μm จึงมีความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านได้น้อยซึ่งส่งผลให้เกิดการอุดตันภายในรูพรุนของเยื่อกรอง โดยค่าความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านเยื่อกรองทั้ง 2 ชนิดนั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านจะมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่ใช้ในการกรอง สามารถสรุปค่าเฉลี่ยความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านเยื่อกรองทั้ง 2 ชนิด ได้ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านของเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น

4.3 ประสิทธิภาพในการบำบัด

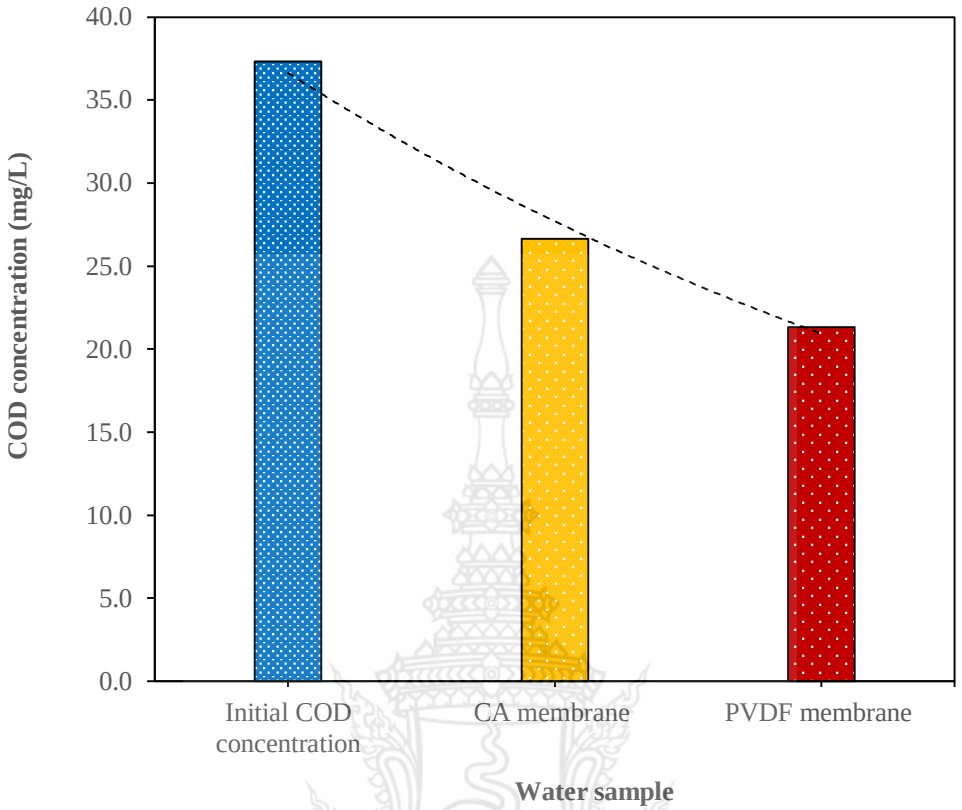
การประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นโดยใช้เยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นชนิด CA และชนิด PVDF โดยใช้ดัชนีตรวจวัดที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ค่าความขุ่น (Turbidity) ค่าซีโอดี (COD) ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้ในการทดลองสามารถแสดงดังรายละเอียดได้ดังนี้

ความขุ่นของน้ำ (Turbidity) จะแสดงถึงปริมาณแสงที่ส่องผ่านน้ำได้ ซึ่งน้ำขุ่นอาจมีสาเหตุมาจากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สารแขวนลอย และสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็ก เช่น อนุภาคของดิน ทราย แพลงก์ตอน แบคทีเรีย เป็นต้น จากการศึกษา พบว่า ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการศึกษามีค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 5.20–7.86 NTU ซึ่งน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีความใสโดยมีค่าความขุ่นไม่เกิน 25 NTU [2] หลังจากที่ผ่านการบำบัดด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นทั้ง 2 ชนิด พบว่า ปริมาณความขุ่น

ของน้ำมีค่าลดลงใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.37–0.44 NTU ซึ่งสามารถบำบัดความขุ่นของน้ำได้มากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่ US EPA กำหนดไว้ไม่เกิน 2 NTU

ของแข็งแขวนลอย (SS) เป็นอนุภาคสารที่มีขนาดใหญ่แต่อนุภาคจะสารไม่ละลายและแขวนลอยอยู่ในตัวกลาง สามารถมองเห็นอนุภาคได้ด้วยตาเปล่าและสามารถแยกอนุภาคของสารได้อย่างชัดเจน ซึ่งตัวอย่างน้ำที่ใช้มีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 2.50–37.50 mg/L หลังจากที่ผ่านการบำบัดด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นแล้วไม่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลืออยู่ในน้ำที่ผ่านการบำบัดเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น สามารถคิดประสิทธิภาพในการบำบัดของปริมาณแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 100 ซึ่งผ่านเกณฑ์เปรียบเทียบคุณภาพน้ำกับมาตรฐานการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในกิจกรรมที่มนุษย์มีโอกาสสัมผัสได้ของประเทศออสเตรเลียที่กำหนดให้มีปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่เกิน 10 mg/L ทั้งนี้การบำบัดด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นเป็นการกรองมลสารที่มีขนาดเล็กทำให้อนุภาคของสารแขวนลอยไม่สามารถผ่านรูพรุนของเยื่อกรองได้จึงติดอยู่ที่พื้นผิวของเยื่อกรอง น้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยเยื่อกรองทั้ง 2 ชนิดนี้จึงมีความเหมาะสม ปลอดภัย สำหรับนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้

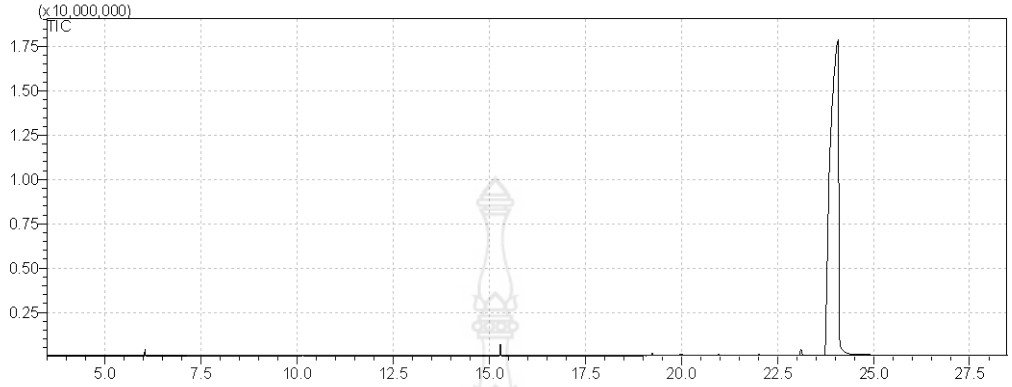
ค่าซีโอดี (COD) เป็นค่าความสกปรกของน้ำที่เกิดจากการใช้ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดเพื่อทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งตัวอย่างน้ำที่มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 37.30-80 mg/L หลังจากที่ผ่านการบำบัดด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น พบว่า ค่าซีโอดีมีปริมาณลดลงอยู่ในช่วง 21.30-26.70 mg/L ซึ่งสามารถบำบัดซีโอดีได้อยู่ในช่วงร้อยละ 20-70 ซึ่งหากต้องการให้เยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นมีประสิทธิภาพดีขึ้นอาจต้องมีการบำบัดน้ำเบื้องต้น (Preliminary Treatment) ก่อนการกรองด้วยเยื่อกรองดังกล่าว เช่น การตกตะกอน เป็นต้น



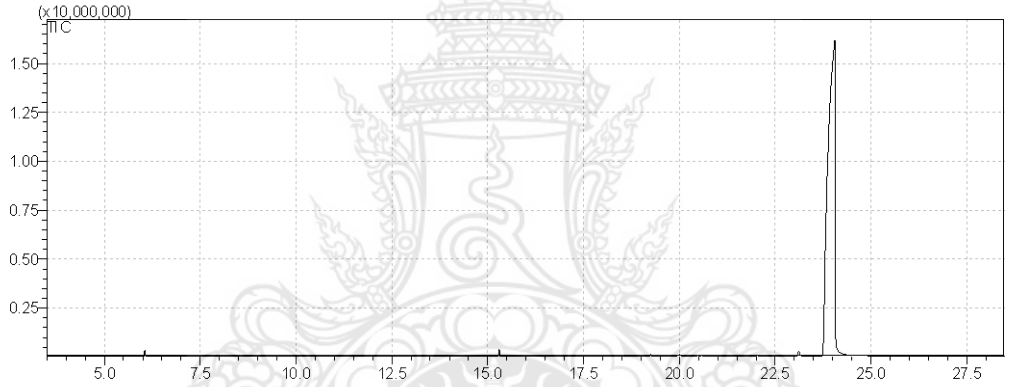
ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด COD

4.4 การวิเคราะห์สารปนเปื้อนด้วยเครื่อง GC/MS

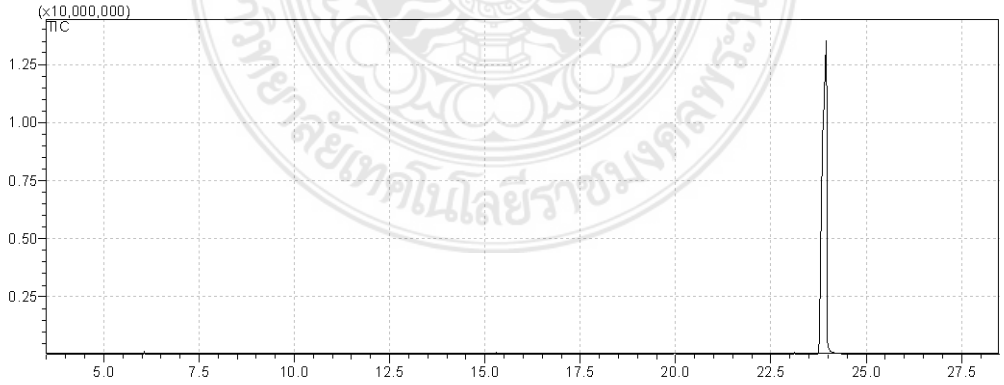
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างแก๊สด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟ-แมสสเปคสเปคโทรมิเตอร์ (GC/MS) รุ่น GC-MS QP2010 Ultra ของตัวอย่างและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้กับฐานข้อมูล Library Searched : NIST14 และสารละลายมาตรฐาน DEHP ความเข้มข้น 100 ppm 300 ppm และ 500 ppm เมื่อวิเคราะห์สารปนเปื้อนขนาดเล็กในตัวอย่างน้ำที่สกัดด้วยวิธี Solid Phase Extraction พบว่า โครมาโทแกรมของการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS โดยตัวอย่างน้ำธรรมชาติที่วิเคราะห์นั้นไม่พบสาร DEHP ปนเปื้อนในตัวอย่าง เนื่องจากค่าที่วิเคราะห์ไม่อยู่ในช่วงของสารมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ คือ 100 ppm 300 ppm และ 500 ppm ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าปริมาณสารดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง



ภาพที่ 4.3 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน DEHP



ภาพที่ 4.4 โครมาโทแกรมของการบำบัดสาร DEHP ด้วยเยื่อกรองชนิด PVDF

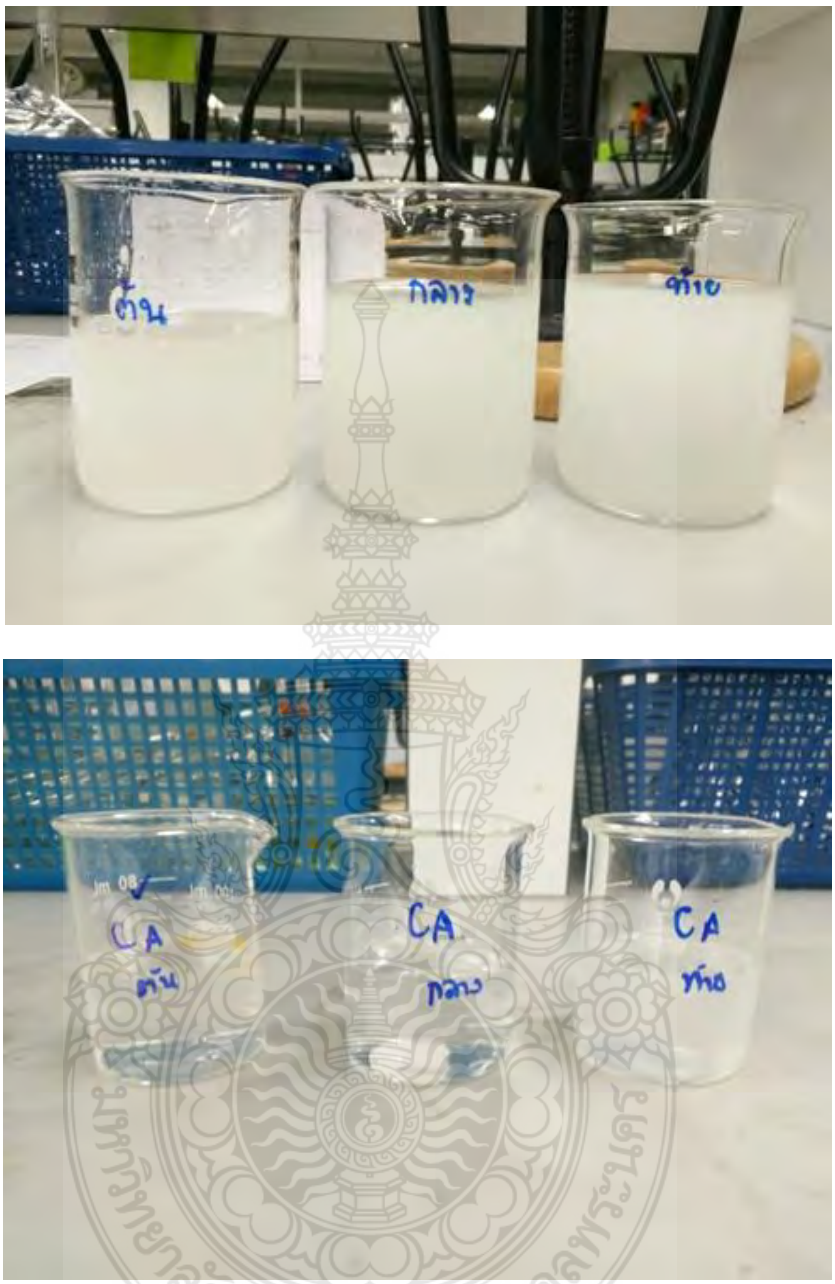


ภาพที่ 4.5 โครมาโทแกรมของการบำบัดสาร DEHP ด้วยเยื่อกรองชนิด CA

การอุดตันภายในรูพรุนของเยื่อกรองเมมเบรนนับว่าเป็นข้อจำกัดสำคัญที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการแยกสารปนเปื้อนออกจากน้ำลดลง โดยการอุดตันของเยื่อกรองเกิดจากการสะสมตัวของอนุภาคของแข็งบนผิวหน้าของเยื่อกรองหรือภายในรูพรุนของเยื่อกรองจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสำหรับการทำความสะอาดเยื่อกรอง

ทั้งนี้การใช้สารเคมีเพื่อทำความสะอาดเยื่อกรองจะส่งผลต่ออายุการใช้งานของเยื่อกรองชนิดที่ผลิตจากเซลลูโลสอะซิเตท (CA) และส่งผลให้ประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของเยื่อกรองเมมเบรนลดลง ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้าระบบเยื่อกรองเมมเบรนนั้นเป็นวิธีการที่จะช่วยลดปัญหาการอุดตันภายในรูพรุนของเยื่อกรองเมมเบรน สำหรับระบบบำบัดขั้นต้น (Preliminary Treatment) ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ กระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางชีวภาพ [2, 6, 7, 19]

การใช้น้ำอย่างรู้คุณค่าและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้นจะทำให้สิ่งแวดล้อม การลดการปลอยน้ำเสียลงสูแหลงน้ำสาธารณะนั้นจะทำใหสิ่งแวดลอมดีขึ้น โดยต้องเริ่มต้นจากการสรางจิตสำนึกที่ดีและความตระหนักในการใชน้ำอย่างรู้คุณค่านำไปสู่การนำน้ำกลับไปใช้ประโยชน์อีกครั้ง



ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการกรอง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยสามารถสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ลักษณะทางกายภาพของน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง พบว่า มีลักษณะใสไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย แต่อาจจะมีความขุ่นและตะกอนมีสีน้ำตาลปะปนมาเล็กน้อย โดยประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำด้วยเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นชนิด CA มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า ชนิด PVDF แต่จะมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการอุดตันภายในรูพรุนของเยื่อกรองซึ่งจะส่งผลให้เยื่อกรองมีอายุการใช้งานที่ลดลง โดยค่าความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านเยื่อกรองทั้ง 2 ชนิดนั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านจะมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่ใช้ในการกรอง และเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นมีประสิทธิภาพในการบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอย ร้อยละ 100 นอกจากนี้ตัวอย่างน้ำธรรมชาติที่วิเคราะห์นั้นไม่พบสาร DEHP ปนเปื้อนในตัวอย่าง เนื่องจากค่าที่วิเคราะห์ไม่อยู่ในช่วงของสารมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ คือ 100 ppm 300 ppm และ 500 ppm ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าปริมาณสารดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง ซึ่งหากต้องการให้เยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นมีประสิทธิภาพดีขึ้นอาจต้องมีการบำบัดน้ำเบื้องต้น (Preliminary Treatment) ก่อนการกรองด้วยเยื่อกรองดังกล่าว เช่น การตกตะกอน เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรคำนึงถึงอายุการใช้งานและความทนทานของเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นชนิด CA และชนิด PVDF

5.2.2 ควรปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้าระบบเยื่อกรองเมมเบรนเพื่อช่วยลดปัญหาการอุดตันภายในรูพรุนของเยื่อกรองเมมเบรน

บรรณานุกรม

[1] กรมควบคุมมลพิษ. (2544). เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS): phthalate. (ออนไลน์) ค้นหาได้จาก http://msds.pcd.go.th/abc.asp?vName=P (14 ตุลาคม 2562)

[2] กรมโรงงานอตุสาหกรรมกระทรวงอตุสาหกรรมและสมาคมวศิวกรรมสิ่งแวดลอ้มแห่งประเทศไทย. (2545) ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม แห่งประเทศไทย.

[3] กิตติศักดิ์ จั่นเพชร. (2540). การศึกษาสภาวะการสกัดน้ำมันจากเม็ดมะม่วงหิมพานต์. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] เกษศิรินทร์ เอี่ยมโพธิ์. (10 มกราคม 2561) เครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟ / แมสสเปกโทรมิเตอร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.thapra.lib.su.ac.th/objects/thesis /fulltext/snamcn/Katesirin_lampo/Katesirin_lampo_fulltext.pdf

[5] ณัฐพันธ์ กลิ่นเกสร. (2545). การกำจัดซีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ด้วยกระบวนการทางชีวภาพร่วมกับไมโครฟิลเตรชัน. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] นลินี เหลืองรังรอง. (28 ธันวาคม 2560). กระบวนการไมโครฟิลเตรชันในการผลิตน้ำประปา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.tnrr.in.th/?page=result_search&record_id= 28933

[7] ภานุวัฒน์ สีทา. (28 ธันวาคม 2560) การบำบัดน้ำผิวดินเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครฟิลเตรชั่น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://qakm.lib.ubu.ac.th/eresearch/?q=node

[8] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2536. มอก. 1136-2536 ฟิล์มยืดห่อหุ้มอาหาร. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1868.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[9] รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของระบบ Biological Activated Carbon ร่วมกับ Membrane Micro Filtration ในการบำบัดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

[10] วรวัฒน์ ทิพย์จ้อย. (2551). การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. สาขาวิชาการมัธยมศึกษา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[11] วรพัฒน์ อรรถยุกติ. (2526). การศึกษากระบวนการสกัดของเหลวที่จะเป็นประโยชน์ต่อการอุตสาหกรรมในประเทศไทย. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ.

[12] วิชุดา ทองภูสวรรค์ และนภา ตั้งเตรียมจิตมั่น. (2555). การสกัดระดับจุลภาคด้วยวัฏภาคของเหลวโดยใช้เมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างน้ำชา. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเคมี. มหาวิทยาลัยบูรพา.

[13] ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. (16 กุมภาพันธ์ 2561). การกรอง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0320/ filtration

[14] ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2012). โครงการจัดทำแนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ของประเทศไทย.

[15] สุภาภรณ์ ทิวาวรรณ และ เทอดพงศ์ ศรีสุขพันธุ์. (2558). การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนสีสังเคราะห์จากโรงงานฟอกย้อมโดยใช้ระบบเยื่อกรองชีวภาพร่วมกับถ่านกัมมันต์. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

[16] สกล ขุขันธิน. (2553). การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. สาขาวิชาการมัธยมศึกษา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[17] APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition. American Public Health Association. Washington. D.C.

[18] Saiviwat N. and T. Fujioka. (2004). Experiments of Wastewater Reuse in Textile and Finishing/ Dyeing Factories. pp. 7-10 – 7-19. In The Seminar on Wastewater Reuse Project in Thailand, Entitled “The Development of Environmental Wastewater Reuse Technology”. Department of Industrial Works, Century Park Hotel, Bangkok.

[19] Srisukphun, T. (2009). Study of Fouling Mechanism and Fouling Indicators of Reverse Osmosis Membrane for Enhancing Reuse Potential of Wastewater for Textile Industry. Doctoral Desertation. Environmental Engineering. Faculty of Engineer. Kasetsart University.

.

ภาคผนวก

การนำเสนองานวิจัย ในการประชุมวิชาการ ICONSCI10

ระหว่างวันที่ 4 - 5 มิถุนายน 2562

ณ The Sukosol, Bangkok, Thailand

ภาพภาคผนวกที่ 1 โปสเตอร์สำหรับนำเสนอในการประชุมวิชาการนานาชาติ ICOSCI10

ภาพภาคผนวกที่ 2 การนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการนานาชาติ ICOSCI10

Certificate of Participation

THIS IS TO CERTIFY THAT

Sirichai Saramanus, Varinthorn Boonyaroj

HAS PRESENTED RESEARCH TOPIC ENTILED

ADVANCE WATER TREATMENT USING POLYMERIC MICROFILTRATION MEMBRANE

AT

THE 10th RMUTP INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: Turning Digital Disruptions into Opportunities

BANGKOK, THAILAND, 4 – 5 JUNE 2019

ASSOC. PROF. SUPATRA KOSAIYAKANONT

ACTING PRESIDENT,

RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON

CONFERENCE CHAIR

ภาพภาคผนวกที่ 3 บรรยากาศการนำเสนอผลงานในรูปแบบโปสเตอร์และประกาศนียบัตร

ประวัติผู้ทำวิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) ดร. วรินธร บุญยะโรจน์

(ภาษาอังกฤษ) Dr. VARINTHORN BOONYAROJ

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ 0 2836 3000 ต่อ 4189

E-mail : varinthorn.b@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

วท.บ.(อนามัยสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยบูรพา	พ.ศ. 2546
วศ.ม.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	พ.ศ. 2549
วท.ด.(สหสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	พ.ศ. 2555

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

Waste Utilization

Land application of solid waste landfill leachate

Landfill leachate treatment

Membrane bioreactor

Wastewater treatment system

Micro-pollutants removal

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่/ตีพิมพ์

<u>โครงการวิจัย</u>

1) โครงการ การประเมินปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

แหล่งทุน: งบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

2) โครงการ การผลิตน้ำมันหอมระเหยไล่แมลงจากใบยาสูบ

แหล่งทุน: งบประมาณกลางมหาวิทยาลัยฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

3) โครงการ การผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาด

แหล่งทุน: งบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

4) โครงการ การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เศษใบยางพาราเพื่อผลิตต้นแบบแผ่นมวลเบา

แหล่งทุน: งบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

1. **Boonyaroj V.**, Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan S., and Yamamoto, K. (2012) “Toxic organic micro-pollutants removal mechanisms in long-term operated membrane bioreactor treating municipal solid waste leachate”, Bioresource technology 113, 174-180.
2. **Boonyaroj, V.**, Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., and Yamamoto, K. (2012) “Removal of organic micro-pollutants from solid waste landfill leachate in membrane bioreactor operated without excess sludge discharge”, Water science and technology 66(8), 1774-80.
3. **Varinthorn Boonyaroj**, Pattanasorn Peansawang, Nonthavorn Sonchan, Atcharaporn Sukrasorn (2015) “Environmental survey on physicochemical parameters in surface water: a case of Klong Prem Prachakorn, Thailand”, Applied Mechanics and Materials 804, 231-234.
4. **Varinthorn Boonyaroj**, Jiraporn Jinasam, Warangkana Nachailan (2015) “The removal mechanisms of organic compounds in household wastewater by soil sediment”, Applied Mechanics and Materials 804, 263-266.
5. **Varinthorn Boonyaroj, Chart Chiemchaisri, Wilai Chiemchaisri, Kazuo Yamamoto** (2018) “Enhanced biodegradation of phenolic compounds in landfill leachate by enriched nitrifying membrane bioreactor sludge”, Journal of Hazardous Material. (http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.06.064)

<u>การนำเสนอผลงานวิชาการ</u>

1 . **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan S., and Yamamoto, K. (2011) Removal of organic micro-pollutants and bio-toxicity from municipal solid waste landfill leachate in two-stage membrane bioreactor. Proceedings of the 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 1-3 December, 2011, Bangkok, Thailand. **(Received Asian Young Professional on Water Research Award).**

2. **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan and Yamamoto, K. (2012) Removal of organic micro-pollutants and bio-toxicity from municipal solid waste landfill leachate in two-stage membrane bioreactor. Proceedings of the 10th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 8-10 November, 2012, Hanoi, Vietnam. **(Received Best Poster Award)**

3. **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W. and Yamamoto, K. (2012) Evaluation of bio-toxicity removal in two-stage membrane bioreactor for landfill leachate treatment. Proceedings of the 10th International Conference on Membrane Science and Technology 2012: Membrane for Sustainable Energy, August 22-24, 2012, Bangkok, Thailand.

4. **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W. and Yamamoto, K. (2011) Removal of phenolic and phthalic acid esters in two-stage membrane bioreactor treating municipal solid waste landfill leachate. Proceedings of the 1st EnvironmentAsia International Conference on “Environmental Supporting in Food and Energy Security: Crisis and Opportunity”, 22-25 March, 2011, Bangkok, Thailand.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) นาย ศิริชัย สาระมนัส

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Sirichai Saramanus

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ 0 2836 3000

E-mail : sirichai.s@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

คอ.บ.(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2540
วท.ม.(เทคโนโลยีสารสนเทศ)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ. 2549

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- Cluster Analysis
- Computer System
- Computer Network
- Data Communication
- Computer Organization and Architecture
- Microcomputer System and Interfacing
- Internet and Intranet System