สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความสัมพันธ์ของค่าทีโอซี และซีโอดี สำหรับการบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม

นาย อรรจน์ โรจนวงศ์

นางสาว อรอุมา พิสิทธิ์ศักดิ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่ 2549

เลขทะเบียน 107797

วัน,เดือน,ปี 14 พ.ค. 2553

b 12212819

i

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Correlation of TOC and COD as Organic Indicators in Industrial Wastewater

Mr. Art Rojanavongse

Miss Aonouma Pisitsak

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for

the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าทีโอซี และซีโอดี สำหรับการบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม
นักศึกษา	นายอรรจน์ โรจนวงศ์
	นางสาวอรอุมา พิสิทธิ์ศักดิ์
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ชลอ จารุสุทธิรักษ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์	
กรรมการ ดร.สุวรรณี จรรยาพูน	
กรรมการ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์	

.....

(ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าทีโอซี และซีโอดี สำหรับการบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม

นักศึกษา นายอรรจน์ โรจนวงศ์

นางสาวอรอุมา พิสิทธิ์ศักดิ์

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2549

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ชลอ จารุสุทธิรักษ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าทีโอซี และซีโอดี สำหรับวิธีการวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม 4 ประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ คือ นิคมอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนรถยนต์ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 3 ลักษณะ คือ ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด ระหว่างการบำบัด และน้ำทิ้งหลังการบำบัด วิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อหาค่า TOC, NPOC, และ COD การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of Variance, ANOVA) ค่าเฉลี่ยของ NPOC/TOC และ COD/TOC ระหว่างกลุ่มตัวอย่างในแต่ละประเภทโรงงานส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมัน 95% การวิเคราะห์ความถดถอย และสหสัมพันธ์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง TOC และ COD ของตัวอย่างน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมโดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S_e) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่า TOC และ NPOC ของน้ำเสียระหว่างการบำบัดในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งมีความสัมพันธ์ด้วยสมการ NPOC = 1.062TOC และค่าTOC และ COD ของน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมสิ่งทอมีความสัมพันธ์ด้วยสมการ COD = 2.889TOC

คำสำคัญ : ค่าซีโอดี ค่าทีโอซี ความถดถอยและสหสัมพันธ์ น้ำเสียอุตสาหกรรม ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Correlation of TOC and COD as Organic Indicators in Industrial Wastewater
Students	Mr. Art Rojanavongse
	Miss Aonouma Pisitsak
Department	Chemistry
Program	Environmental Resource of Chemistry
Academic Year	2006
Special Project Advisor	Dr. Chalor Jarusutthirak

ABSTRACT

This project studied correlation of TOC and COD in determination of organic compounds concentration in industrial wastewater. The samples were obtained from different groups of industries, including frozen food, textile, chemical, and others (i.e. industrial estate and automobile part). Those samples were collected from 3 points of wastewater treatment plants: before treatment (influent), during treatment (in aeration tank), and after treatment (effluent). Parameters used as organic carbon indicators included total organic carbon (TOC), non-purge organic carbon (NPOC) and chemical oxygen demand (COD). The results from statistical analysis of the data, using Analysis of Variance (ANOVA), showed no significant difference among mean values of the ratio NPOC/TOC and of COD/TOC, at 95% confidence level. Regression and Correlation Analysis was carried out to determine correlation of TOC, NPOC, and COD values of wastewater from different industries. As consideration of correlation coefficient (R^2) and standard error of estimate (S_e), at 95% confidence level, the correlation equation between NPOC and TOC of wastewater from frozen food industry was achieved as NPOC = 1.062 TOC; whereas that between TOC and COD of effluent from textile industry was COD = 2.889 TOC.

Keywords: COD, Correlation, TOC, Regression, Industrial wastewater, ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากบุคคลหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน อันดับแรกขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และเอาใจใส่ช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา รวมถึงคณะกรรมการคุมสอบโครงงานพิเศษในครั้งนี้ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ บริษัท ออโตเมชั่น เซอร์วิส จำกัด สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย และความอนุเคราะห์ในการจัดเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งใช้ในการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ. วราพร เหลือสินทรัพย์ และอาจารย์กนกกรรณ์ ลี้โรจนาประภา ภาควิชาสถิติประยุกต์ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับวิเคราะห์ความแปรปรวน และการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์

ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์ สารเคมี และด้านเอกสารต่าง ๆ

นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ และช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ด้วยดีตลอดมา จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

อรรจน์ โรจนวงศ์

อรอุมา พิสิทธิ์ศักดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย	4
2.1.1 ค่าบีโอดี (Biological Oxygen Demand)	5
2.1.2 ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)	8
2.1.3 ค่าทีโอซี (Total Organic Carbon)	9
2.1.4 การวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำด้วยการดูดกลืนแสงยูวี (UV_{254nm})	10
2.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	11
2.2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)	11
2.2.2 การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis)	13
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี 17

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ 17

3.3 การเก็บและการรักษาตัวอย่าง 18

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 19

3.4.1 สารละลายมาตรฐาน 19

3.4.2 จำนวนตัวอย่าง 19

3.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ 21

3.4.4 การควบคุมคุณภาพ 22

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 23

3.5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน 23

3.5.2 การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ 24

3.6 การศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติ 27

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในสารละลายมาตรฐาน 31

4.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC 31

4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD 32

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ตัวอย่างน้ำเสียอุตสาหกรรม 34

4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC 36

4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD 38

4.3 การทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติ 41

4.3.1 การทดสอบความแปรปรวน 41

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC, NPOC และ COD ของสารละลายมาตรฐาน 42

4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC, NPOC และ COD ของน้ำเสียอุตสาหกรรม 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการทดลอง	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก ก	50
ภาคผนวก ข	63
ภาคผนวก ค	67
ภาคผนวก ง	74
ภาคผนวก จ	81
ภาคผนวก ฉ	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของกรดแลกติก 4

2.2 สารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ของเชื้อ *Lactobacillus sp.* สายพันธุ์ต่าง 16

2.3 ลักษณะและความแตกต่างของ *Lactobacillus sp* 20

4.1 ผลของแหล่งคาร์บอนชนิดต่าง ๆที่มีผลต่อการผลิตกรดแลกติก..... 38
โดยเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 10863

4.2 ผลของน้ำตาลกลูโคสที่มีค่าความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการผลิตกรดแลกติก 44
โดยเชื้อ *L. casei* ATCC 10863

4.3 ผลของการผลิตกรดแลกติก โดยเชื้อ *L. casei* ATCC 10863.....52
ที่ทำการหมักภายในฟลากส์ขนาด 2 ลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับการหมัก
ในถังหมักขนาด 2 ลิตร ในสภาวะที่เหมาะสมของแหล่งอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างของ L (+) lactic acid และ D (-) lactic acid 4
2.2 กรดพอลิแลกติกแอซิด 5
2.3 ไซคลิกพอลิเมอร์ของกรดแลกติก 5
2.4 ไดอแกรมการใช้กรดแลกติกทางการค้าและการนำมาประยุกต์ในรูปแบบต่าง ๆ 9
2.5 โครงสร้างทางเคมีของสารไดอะซิทิล 13
2.6 วิถี Embden-Meyerhof-Parnas (EMP) ในการผลิตกรดแลกติกของกลุ่ม 17
Obligately homofermentative lactobacilli
2.7 วิถี Embden-Meyerhof-Parnas (EMP) ในการผลิตกรดแลกติก..... 18
ของกลุ่ม heterofermentative lactobacilli
2.8 วิถีฟอสโฟกลูโคเนตของกลุ่ม Obligately heterofermentativelactobacill 19
2.9 ตัวอย่างเครื่อง HPLC ของ Shimadzu 26
4.1 การศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 10863 39
ในอาหารสังเคราะห์ที่มีแหล่งคาร์บอนต่างชนิดกัน
4.2 ปริมาณกรดแลกติกที่ผลิตโดยเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 39
ในอาหารสังเคราะห์ที่มีแหล่งคาร์บอนต่างชนิดกัน
4.3 กราฟแสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ 40
ของการผลิตกรดแลกติกจากแหล่งคาร์บอนต่างชนิดกัน
4.4 ปริมาณน้ำตาลที่เปลี่ยนแปลง เมื่อเลี้ยงเชื้อ *L. casei* ATCC 10863..... 41
ในอาหารสังเคราะห์ที่มีแหล่งคาร์บอนต่างชนิดกัน
4.5 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช เมื่อเลี้ยงเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 42
ในอาหารสังเคราะห์ที่มีแหล่งคาร์บอนต่างชนิดกัน
4.6 การเจริญเติบโตของเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 ในอาหารสังเคราะห์ 43
ที่ใช้น้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นต่าง ๆ กันเป็นแหล่งคาร์บอน
4.7 ปริมาณกรดแลกติกที่ผลิตโดยเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 ในอาหารสังเคราะห์..... 45
ที่ใช้น้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นต่าง ๆ กันเป็นแหล่งคาร์บอน
4.8 กราฟแสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ของการผลิตกรดแลกติก 45
จากความเข้มข้นกลูโคสที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.9 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลง 46
โดยการเลี้ยงเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 ในอาหารสังเคราะห์ที่มีน้ำตาลกลูโคส
ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นแหล่งคาร์บอน
4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เมื่อเลี้ยงเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 47
ในอาหารสังเคราะห์ที่มีน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอน
4.11 การเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าการเจริญเติบโต 47
ปริมาณกรดแลกติก(กรัมต่อลิตร) ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าพีเอช
ที่เกิดจากการหมักกรดแลกติกที่ความเข้มข้นกลูโคส 40 กรัมต่อลิตร
ภายใต้สภาวะการหมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พีเอช 6.5-7.0 ที่สภาวะนิ่ง
4.12 การเจริญเติบโตของเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 ในสภาวะที่เหมาะสม 50
ของแหล่งอาหาร ในรูปของค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร
และน้ำหนักแห้งของเซลล์ (กรัมต่อลิตร)
4.13 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยการเลี้ยงเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 51
ในสภาวะที่เหมาะสมของแหล่งอาหาร
4.14 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เมื่อเลี้ยงเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 51
ในสภาวะที่เหมาะสมของแหล่งอาหาร
4.15 ปริมาณกรดแลกติกที่ผลิตโดยเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 53
ในสภาวะที่เหมาะสมของแหล่งอาหาร
4.16 กราฟแสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติของการเปรียบเทียบ 53
การผลิตกรดแลกติกจากอาหารและสภาวะที่เหมาะสม
ในระดับฟลาสก์และถังหมักขนาด 2 ลิตร
4.17 กราฟแสดงผลที่ได้ต่างๆ ในการหมักกรดแลกติก โดยเชื้อ 54
L. casei ATCC ใน ฟลาสก์ขนาด 2 ลิตร ชุดแรก
ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมของแหล่งอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.18 กราฟแสดงผลที่ได้ต่างๆ ในการหมักกรดแลกติก โดยเชื้อ *L. casei* ATCC 55
ในฟลาสก์ขนาด 2 ลิตร ชุดที่สอง ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมของแหล่งอาหาร
4.19 กราฟแสดงผลที่ได้ต่างๆ ในการหมักกรดแลกติก โดยเชื้อ *L. casei* ATCC..... 56
ในถังหมักขนาด 2 ลิตร ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมของแหล่งอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ปัญหาการเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติ มักเกิดจากการปล่อยมลสารจากชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำจนเกินความสามารถในการรองรับมลสาร ทำให้ไม่สามารถเกิดการฟอกตัวของแหล่งน้ำตามธรรมชาติได้ตามปกติ จึงเกิดการเน่าเสียและส่งกลิ่นเหม็นขึ้นได้ สาเหตุการเน่าเสียของแหล่งน้ำส่วนหนึ่งนั้นมาจากการที่มีออกซิเจนละลายในแหล่งน้ำไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์

ปัจจุบันการหาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นการหาโดยทางอ้อม คือ การวัดปริมาณความต้องการออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ (Biochemical oxygen demand, BOD) หรือการหาค่าความต้องการออกซิเจนในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ด้วยสารเคมี (Chemical oxygen demand, COD) เพื่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเป็นผลปฏิกิริยาสุดท้าย สำหรับการตรวจวัดค่าบีโอดีจะใช้เวลาในการตรวจวิเคราะห์นาน (ประมาณ 5-7 วัน) และมีข้อผิดพลาดค่อนข้างสูง ส่วนค่าซีโอดีนั้นใช้เวลาในการตรวจวิเคราะห์ประมาณ 3 ชั่วโมง และได้ผลที่มีความถูกต้องมากกว่าค่าบีโอดี อีกทั้งยังเหมาะกับตัวอย่างน้ำที่มีสารแขวนลอย และตัวอย่างน้ำที่มีสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ (กรองแก้ว และพิสมัย 2544) อย่างไรก็ตามวิธีการวัดค่าซีโอดี อาจยังมีข้อเสียอยู่บ้าง เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ไม่สมบูรณ์ รวมทั้งการใช้สารออกซิไดซิงเอเจนต์ในการทำปฏิกิริยาอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวิธีการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ ขึ้นด้วยการวัดสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total organic carbon, TOC) โดยวิธีการเผาหรือออกซิไดซ์สารอินทรีย์ให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แล้ววัดปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นโดยใช้ Non Dispersive Infrared Detector (NDIR) แล้วคำนวณปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นให้เป็นค่าทีโอซี ดังนั้นการวัดทีโอซี จึงนับเป็นวิธีที่สามารถตรวจวิเคราะห์ในระยะเวลาสั้น (5-10 นาที) มีความแม่นยำและถูกต้องสูง อีกทั้งใช้ขนาดตัวอย่างที่น้อยมาก (ยุพดี, 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมการปล่อยสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้ออกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสีย ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษ และเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2547 และฉบับที่ 2 พ.ศ. 2548 ออกตามความพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งกำหนดให้โรงงานอุตสาหกรรมที่มีปริมาณน้ำทิ้งเกินกว่า 500 ลบ.ม./วันขึ้นไป ต้องติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าบีโอดี และหรือเครื่องตรวจวัดค่าซีโอดีของน้ำทิ้งที่สามารถให้สัญญาณได้อย่างต่อเนื่องเพื่อทำให้ทราบถึงลักษณะของน้ำทิ้งหลังการบำบัด และทราบถึงประสิทธิภาพของการบำบัดรวมทั้งสามารถแก้ปัญหาได้ทันทีในกรณีที่ระบบบำบัดน้ำเสียเกิดปัญหาขึ้น (ยุพา, 2547) (ภาคผนวก ก-1 ถึง ก-3) โดยเครื่องตรวจวัดค่าบีโอดีหรือซีโอดีต้องใช้ระยะเวลาการตรวจวัดไม่มากกว่า 30 นาทีต่อหนึ่งตัวอย่าง และต้องมีความคลาดเคลื่อนไม่มากกว่า ร้อยละ 15 เมื่อเทียบกับผลการตรวจวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ (http://www.diw.go.th) แต่เนื่องจากเทคนิคการวิเคราะห์ค่าบีโอดี และค่าซีโอดี ใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน คือ ประมาณ 5-7 วัน และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งไม่สอดคล้องกับระยะเวลาตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ที่กำหนดไว้ว่าต้องใช้ระยะเวลาการตรวจวัดไม่มากกว่า 30 นาทีต่อหนึ่งตัวอย่าง วิธีการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ด้วยการวิเคราะห์ทีโอซีจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการบ่งชี้ถึงค่าบีโอดีและซีโอดีได้

อย่างไรก็ตาม น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทมีค่าอัตราส่วนระหว่างทีโอซีต่อค่าซีโอดีหรือค่าบีโอดีแตกต่างกันไปตามลักษณะของอุตสาหกรรมนั้น ดังนั้นในการใช้ค่าทีโอซีเพื่อการบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียหรือน้ำทิ้งแทนค่าซีโอดีหรือบีโอดีนั้น จะต้องทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดังกล่าวเสียก่อน โครงงานพิเศษนี้จึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าทีโอซี และค่าซีโอดี สำหรับการบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ โดยใช้วิธีการทางสถิติช่วยในการหาความสัมพันธ์ ผลของการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการทำนายค่าปริมาณสารอินทรีย์รวมทั้งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกใช้เทคนิคต่าง ๆ ในการบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ต่อไป

1.2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อทราบถึงคุณลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ
2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของค่าทีโอซี และซีโอดี สำหรับการบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. ขอบเขตของงานวิจัย

1) น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาได้จากโรงงานอุตสาหกรรม 4 ประเภท ประเภทละ 2-4 โรงงาน ได้แก่
   1.1) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง
   1.2) อุตสาหกรรมสิ่งทอ
   1.3) อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์
   1.4) อื่น ๆ ได้แก่
      - นิคมอุตสาหกรรม
      - อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนรถยนต์
2) จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ทำการวิเคราะห์มี 3 จุด คือ
   - น้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด
   - น้ำเสียระหว่างการบำบัด ได้แก่ ถังตกตะกอน ถังเติมอากาศ เป็นต้น
   - น้ำทิ้งหลังการบำบัด
3) วิธีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ ได้แก่
   3.1) การหาค่าทีโอซี โดย
      - วิธี Differential Method (TOC)
      - วิธี Additional Method (NPOC)
   3.2) การหาค่าซีโอดี โดยวิธี รีฟลักซ์แบบปิด
4) การศึกษาความสัมพันธ์ของค่าทีโอซี และซีโอดี โดยใช้วิธีการทางสถิติ คือ
   3.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA)
   3.2) การวิเคราะห์ความถดถอย และสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis)

1.4. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบความสัมพันธ์ของค่าทีโอซี และค่าซีโอดี สำหรับการบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภท
2) ใช้เป็นฐานข้อมูลในการพิจารณาค่าซีโอดีสำหรับการบ่งชี้คุณภาพน้ำเสียจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ และใช้เป็นแนวทางในการกำหนดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสำหรับค่าทีโอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

สารประกอบอินทรีย์โดยทั่วไปแล้วประกอบไปด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน และอาจมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบด้วย สำหรับสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้นโดยทั่วไปประกอบไปด้วยโปรตีนร้อยละ 40-60 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 25-50 น้ำมันและไขมันร้อยละ 8-12 นอกจากนี้ยูเรียซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำปัสสาวะนั้น ก็เป็นสารประกอบอินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่สำคัญที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ในน้ำเสียโดยทั่วไปนอกจากจะประกอบไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต น้ำมัน ไขมัน และยูเรียแล้ว ยังประกอบไปด้วยสารอินทรีย์สังเคราะห์อีกจำนวนหนึ่งที่มีโครงสร้างของโมเลกุลแตกต่างกันมากตั้งแต่มีโครงสร้างโมเลกุลแบบง่ายไปจนถึงโครงสร้างที่มีความซับซ้อนมาก

ปัญหาใหญ่ของน้ำเสียมักเกิดจากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียทำให้ต้องมีการบำบัดน้ำเสียชีวภาพเกิดขึ้น เนื่องจากสารอินทรีย์มักย่อยสลายได้ทางชีวภาพจึงมีความต้องการออกซิเจน เพื่อให้จุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีวิต นั่นคือจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ ความต้องการใช้ปริมาณออกซิเจนที่มากเกินไปทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำธรรมชาติไม่พอเพียง สภาวะขาดอากาศจึงเกิดขึ้น ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเน่าเหม็นของแหล่งน้ำ และการเสียชีวิตของสัตว์น้ำต่าง ๆ ที่ขาดออกซิเจน สารอินทรีย์ในน้ำจึงมีบทบาทสำคัญในด้านสิ่งแวดล้อม

วิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบอินทรีย์ในน้ำ และน้ำเสียโดยทั่วไป มีหลายวิธี เช่น

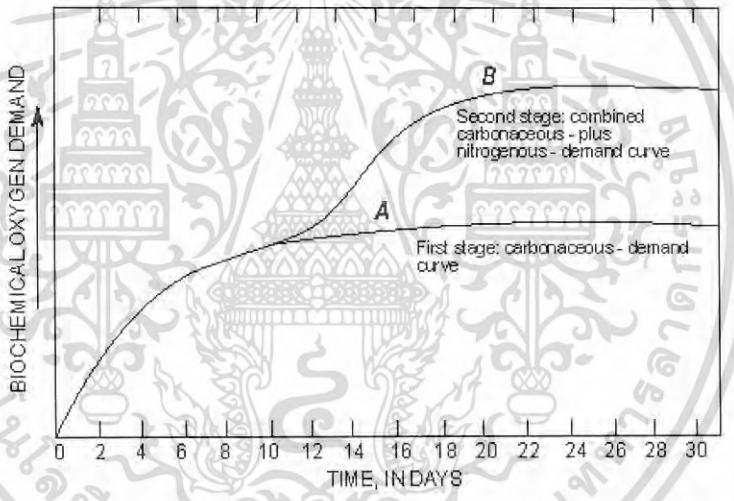
1) บีโอดี (BOD)
2) ซีโอดี (COD)
3) ทีโอซี (TOC)
4) ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ($UV_{254\ nm}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ค่าบีโอดี (Biological Oxygen Demand)

ค่าบีโอดี คือ ค่าความต้องการออกซิเจนของน้ำเสีย (wastewater) ที่หาได้โดยกระบวนการทางชีววิทยา ซึ่งแบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน กระบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและแบ่งตัวต่อไป ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิไดซ์สารอาหารเหล่านี้จะเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือ แอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร ในกรณีเช่นนี้ออกซิเจนที่ถูกใช้ไป คือ ค่าดีโอ (DO) ดังนั้นการวัดค่าบีโอดีจึงเป็นการวัดปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable Organic Material) โดยอ้อมนั่นเอง

การใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียในการย่อยสลายอินทรีย์แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ซึ่งอาจแสดงได้ด้วยเส้นโค้งบีโอดี ดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 เส้นโค้งบีโอดี

A เส้นโค้งสำหรับค่าความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (CBOD)

B เส้นโค้งรวมค่าซีบีโอดีและปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (กรรณิการ์, 2538)

<u>ระยะที่1</u> เป็นการออกซิไดซ์ของสารประกอบคาร์บอน ดังสมการ

$$\text{Carbohydrate} + O_2 \xrightarrow{\text{Saprophytic Bact.}} CO_2 + H_2O \qquad (2.1)$$

$$\text{Protein} + O_2 \xrightarrow{\text{Saprophytic Bact.}} CO_2 + NH_3 \qquad (2.2)$$

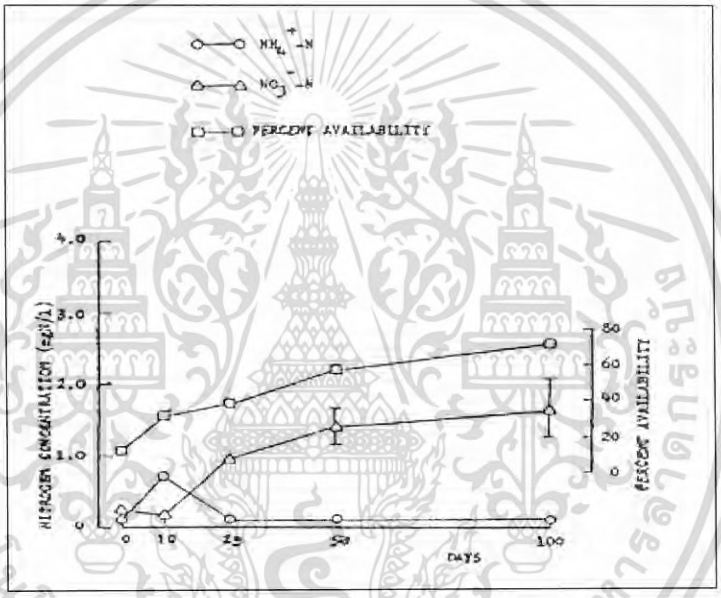
ค่าของออกซิเจนในตัวอย่างที่ลดลงเนื่องจากถูกแบคทีเรียใช้ไปคือค่าบีโอดีที่หาได้

<u>ระยะที่2</u> เป็นการออกซิไดซ์ของแอมโมเนียมไนโตรเจน เปลี่ยนเป็นไนเตรต

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow 2H^+ + NO_3^- + H_2O \qquad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้แบคทีเรียพวกออโตโตรฟิก (Autotrophic Bacteria) ชื่อไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrifying Bacteria) ซึ่งมีอยู่น้อยในน้ำโสโครก (Raw Sewage) ในสภาวะปกติทั่วไปการย่อยสลายสารอินทรีย์จนกระทั่งได้สารเสถียรที่ไม่สลายตัว อาจใช้เวลามาก อย่างน้อย 20 วันโดยประมาณ โดยเฉพาะการแบ่งตัวของแบคทีเรียมีน้อยมากที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการหาค่าบีโอดี ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในช่วงระยะเวลา 5 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการหาค่าบีโอดีจึงน้อยมาก หลังจาก 10 วัน แบคทีเรียเหล่านี้จะมีจำนวนมากพอที่จะใช้ออกซิเจนในการออกซิไดซ์สารแอมโมเนีย ซึ่งจะสังเกตได้จากปริมาณของไนเตรตในตัวอย่าง ซึ่งจะเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 ปริมาณแร่ธาตุในน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการเคมี ซึ่งผ่านการอบภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (กรรณิการ์, 2538)

การหาค่าบีโอดีเกี่ยวข้องกับการวัดค่าออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติที่สุด เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์เป็นปริมาณวิเคราะห์จึงต้องทำให้ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายคงที่นั่นคือ ค่าบีโอดี มาตรฐานจะใช้อบที่อุณหภูมิ 20 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน สาเหตุที่ใช้อุณหภูมิ และเวลาดังกล่าว เพราะที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับของน้ำทั่วไป และไนตริฟิเคชันแบคทีเรีย เจริญเติบโตได้ช้าที่อุณหภูมินี้ แบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้นั้นมักจะพบอยู่ทั่วๆ ไปตามธรรมชาติ จากการศึกษาพบว่าสารอินทรีย์จะถูกย่อยได้เกือบหมดในเวลา 20 วัน หรือประมาณร้อยละ 59-99 แต่ในการวิเคราะห์นั้นระยะเวลาทดลองนานเกินไปอาจไม่ทันกับสถานการณ์ ดังนั้นจึงกำหนดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 วัน ซึ่งสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกย่อยสลายได้ และในระยะเวลา 5 วันนี้ค่าบีโอดีที่ได้จะเป็นค่าที่ไม่ถูกรบกวนโดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน

ค่าบีโอดีทั้งหมด (Ultimate BOD หรือ UBOD) จากการวัดค่าออกซิเจนในรูปบีโอดีในระยะ 5 วัน (BOD หรือ BOD_5) ถ้าวัดค่าออกซิเจนภายหลังการบ่มเป็นเวลา 60-90 วัน จะเป็นค่าบีโอดีทั้งหมด (UBOD) ค่าที่วัดความต้องการออกซิเจนจากปริมาณทั้งหมดของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และหรือความต้องการออกซิเจนที่ใช้ในการออกซิไดซ์ สารประกอบไนโตรเจน ดังนั้นค่าบีโอดีในระยะเวลา 5 วัน จึงเป็นค่าของส่วนหนึ่งของบีโอดีทั้งหมด ส่วนจะเป็นร้อยละเท่าใดของบีโอดีทั้งหมดนั้นขึ้นอยู่กับชนิด และจำนวนของแบคทีเรียที่มีอยู่ และธรรมชาติของสารอินทรีย์ด้วย ในกรณีของน้ำทิ้งบ้านเรือนพบว่าค่าบีโอดีในระยะ 5 วัน จะมีค่าประมาณร้อยละ 70-80 ของบีโอดีทั้งหมด

ค่าซีบีโอดี (Carbonaceous Biochemical Oxygen Demand : CBOD) หมายถึง ค่าความต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยแบคทีเรียพวกซาโปรไฟย์ติก (Saprophytic Bacteria) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในเวลา 20 วัน (ซึ่งไม่รวมปริมาณการใช้ออกซิเจนโดยแบคทีเรียพวกออโตโทรฟิก) ถ้าหากมีการปล่อยให้มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียนานเกินกว่า 5 วันไปแล้ว ค่าที่ได้อาจผิดพลาดเนื่องจากออกซิเจนจะถูกใช้โดยพวกแบคทีเรียชนิดไนตริฟายอิง ทำให้ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงกว่าปกติ ดังนั้นในการหาค่าซีบีโอดีจึงต้องทำการบำบัดน้ำเสียก่อนหรือใส่สารยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียพวกไนตริฟายอิง (Nitrifying Bacteria)

การนำน้ำเสียมาบำบัดก่อนอาจใช้วิธีการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) หรือ การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน (Chlorination) หรือด้วยการเติมกรด (Acid Treatment) หรือการใส่สารยับยั้ง เช่น เมทิลลีนบลู (Methylene Blue) ไทโอยูเรีย (Thiourea) เป็นต้น สารเหล่านี้จะถูกเติมลงไปเพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียพวกไนตริฟายอิง (Nitrifying Bacteria)

ปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์ค่าบีโอดี

การหาค่าบีโอดีเป็นการวัดค่าออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติที่สุด จึงต้องควบคุมปัจจัยหรือสาเหตุที่อาจทำให้การวิเคราะห์ค่าบีโอดีผิดพลาด ซึ่งมีดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิไม่คงที่ (20 องศาเซลเซียส) เพิ่มขึ้นหรือลดลงตลอดเวลา 5 วัน จะทำให้ค่าบีโอดีเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากค่าบีโอดีที่เป็นจริงได้
2) ส่วนประกอบของน้ำเจือจางต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสม เช่น ค่า pH อยู่ในช่วง 6.5 – 8.5 มีสารอาหารที่จำเป็น ไม่มีสารพิษต่อแบคทีเรีย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การเลือกเจือจางปริมาณตัวอย่าง ถ้าเลือกไม่เหมาะสมอาจทำให้ค่าผิดพลาดได้ ควรเลือกให้แบคทีเรียมีการใช้ออกซิเจนละลายภายใน 5 วัน ประมาณร้อยละ 50
4) สารยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เช่น พวกโลหะหนักและสารพิษ จะไประงับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียหรือฆ่าแบคทีเรีย ทำให้ค่าที่ได้ผิดพลาดต่ำกว่าความเป็นจริง
5) การเกิดไนตริฟิเคชัน น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วหลายชนิดที่มีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้น จะทำให้ค่าบีโอดีสูงกว่าความเป็นจริง เพราะออกซิเจนถูกใช้ไปในการออกซิไดซ์สารอนินทรีย์ไนโตรเจน
6) ผลของจุลินทรีย์พวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน น้ำที่มาจากแหล่งน้ำที่มีออกซิเจนต่ำหรือไม่มีเลย จะมีแบคทีเรียชนิดที่ใช้ออกซิเจนน้อยหรือไม่ต้องการออกซิเจน เมื่อนำน้ำเหล่านี้มาหาค่าบีโอดี แบคทีเรียที่อยู่ในน้ำต้องปรับตัว 2 – 3 วัน เพื่อปรับสภาวะจากที่ใช้ออกซิเจนน้อยหรือไม่ต้องการออกซิเจนให้เป็นพวกใช้ออกซิเจน ดังนั้นค่าบีโอดีจึงต่ำกว่าปกติ
7) สาเหตุอื่น ๆ เช่น มีสารรบกวนในการหาค่าออกซิเจนละลายน้ำ
(มั่นรักษ์ และมั่นสิน 2545)

2.1.2 ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)

ปริมาณ ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสีย โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำเสีย เพื่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเป็นผลปฏิกิริยาสุดท้าย โดยอาศัยหลักที่ว่าสารอินทรีย์เกือบทั้งหมด (ยกเว้นสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนบางตัว เช่น เบนซีน โทลูอีน และไพริดีน จะไม่ถูกออกซิไดซ์ด้วยวิธีนี้) สามารถที่จะถูกออกซิไดซ์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรง (Strong Chemical Oxidant) ในสารละลายที่เป็นกรด

ซีโอดี มีความหมายคล้ายบีโอดี โดยมีความแตกต่างอยู่ที่วิธีการวิเคราะห์ เนื่องจากวิธีหาบีโอดีเป็นวิธีเลียนแบบธรรมชาติ ใช้เวลาในการวิเคราะห์ 5 วัน ซึ่งนานเกินไปและไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันกาล เช่น ในกรณีเกิดการร้องเรียน จึงได้มีการพัฒนาวิธีหา ซีโอดี ซึ่งใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ในระหว่างการหาซีโอดี สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และไม่ว่าสารอินทรีย์สามารถถูกย่อยสลายทางชีวภาพได้ดีเพียงใด เช่น กลูโคส (ซึ่งแบคทีเรียย่อยสลายได้ง่าย) และลิกนิน (ซึ่งแบคทีเรียย่อยสลายได้ยากมาก) จะถูกออกซิไดซ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำได้อย่างสมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้ ค่าซีโอดี จึงสูงกว่าค่าบีโอดี ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องมีค่าซีโอดี ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์ค่าซีโอดี

การวิเคราะห์ค่าซีโอดีเป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสีย โดยคิดในรูปของออกซิเจนที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำเสีย เพื่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเป็นผลปฏิกิริยาสุดท้าย การวิเคราะห์ค่าซีโอดีจะมีสารอินทรีย์บางชนิด เช่น กรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ๆ สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนบางตัว สารเหล่านี้จะไม่ถูกออกซิไดซ์ด้วยวิธีนี้ สารประกอบพวกอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน และกรดอินทรีย์อื่น ๆ จะถูกออกซิไดซ์ได้ดี ถ้าใส่ซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) เป็นตัวเร่ง สารรบกวนที่สำคัญในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีก็คือ คลอไรด์ ซึ่งจะทำให้ค่าซีโอดีสูงขึ้น จึงต้องใส่สารเคมีเพื่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน เช่น ใส่เมอคิวริกซัลเฟต ($HgSO_4$) เพื่อจะไปจับคลอไรด์ให้อยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อนเชิงซ้อน (mercuric chloride complex) ไนไทรต์สามารถทำให้ค่าซีโอดีสูงขึ้นได้ แต่ในน้ำทิ้งหรือน้ำสกปรกโดยทั่วไปมักจะมีไนไทรต์ ไม่เกิน 1 – 2 มก./ล. จึงถือว่าไม่มีผลกระทบมากนักต่อการวิเคราะห์ (กรองแก้ว และพิสมัย 2544)

2.1.3 ค่าทีโอซี (Total Organic Carbon)

ค่าทีโอซี คือ ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้โดยการเผาสารอินทรีย์ให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นจึงวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยใช้ IR Detector หรือเปลี่ยน CO_2 ให้เป็น CH_4 และใช้ Gas Chromatography (GC) วัดมีเทนที่เกิดขึ้น ซึ่งปริมาณ CO_2 หรือ CH_4 ที่วัดได้จะถูกคำนวณเป็นค่าทีโอซีในรูปของ mg C/L แต่จะมีสารอินทรีย์คาร์บอนบางชนิดที่ไม่สลายตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ดังนั้นค่าทีโอซีที่วัดได้จะต่ำกว่าปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่จริง (Theoretical Organic Carbon: ThOC) เล็กน้อย วิธีการหาค่าทีโอซีได้รับความนิยมใช้กันมากขึ้น เนื่องจากสามารถทำการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว คือ ใช้เวลาประมาณ 7 นาทีต่อตัวอย่าง และใช้ขนาดตัวอย่างน้อยมาก

วิธีที่นิยมใช้ในการหาค่าทีโอซี 2 วิธี คือ

1) Differential method

เป็นการหาค่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TOC) โดยการพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (TC) กับปริมาณคาร์บอนอนินทรีย์ทั้งหมด (TIC) โดยที่ค่า TIC น้ำตัวอย่างโดยปกติมักจะอยู่ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ คือ ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และคาร์บอเนต (CO_3^{2-})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Additional method

เป็นการวัดปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนโดยการเติมกรดลงไปในตัวอย่างให้มีค่า pH ประมาณ 2-3 เพื่อเปลี่ยนสารประกอบอนินทรีย์คาร์บอนในรูปของคาร์บอเนต (CO_2^{3-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์แล้วทำการพ่นก๊าซลงไปเพื่อไล่คาร์บอนไดออกไซด์ออก ดังนั้นคาร์บอนใด ๆ ที่ยังคงเหลืออยู่ภายหลังจากการพ่นก๊าซแล้วจึงควรจะเป็นค่าทีโอซี ดังนั้นค่าทีซีที่มีอยู่ในตัวอย่างจึงเป็นค่าทีโอซี แต่เทคนิคนี้มีข้อเสีย คือ อาจจะมีการสูญเสียสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย (VOCs) บางตัวที่อาจจะมีในตัวอย่าง ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์ค่าทีโอซีแบบ Differential method จึงเหมาะกับตัวอย่างที่มีสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย (VOCs) อยู่มากกว่าวิธี Additional method

ปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์ค่าทีโอซี

เนื่องจากสารอินทรีย์มักจะมีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบหลัก การวัดสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดหรือค่าทีโอซี ซึ่งสะท้อนถึงปริมาณสารอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามค่าทีโอซีไม่สามารถบอกถึงความแตกต่างระหว่างสารที่ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ทางชีวภาพ จึงเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์จำกัดในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย อย่างไรก็ดี เนื่องจากสามารถวัดค่าทีโอซีได้รวดเร็วโดยวิธีใช้อุปกรณ์ (Instrumentation) จึงเป็นที่นิยมของผู้ใช้ที่มีเงินลงทุนในการควบคุมและติดตามคุณภาพน้ำและน้ำเสีย (มั่นรักษ์ และมั่นสิน 2545)

2.1.4 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (UV_{254nm})

สารประกอบอินทรีย์หลายชนิดในน้ำและน้ำเสีย เช่น ลิกนิน (Lignin), แทนนิน (Tannin), ฟีนอล, สารฮิวมิกและสารประกอบอะโรมาติก เป็นต้น สามารถดูดกลืนรังสียูวีได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ไม่สามารถถูกดูดกลืนโดยสารประกอบจำพวกแอลกอฮอล์, อีเทอร์, กรดอะซิติก, แซกคาไรด์ เป็นต้น และได้มีการวิจัยพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนระหว่างการดูดกลืนแสงยูวีกับสารอินทรีย์คาร์บอน, สี และ THM (Trihalomethane) รวมทั้ง DBP (Disinfection Byproduct) ต่างๆ นักเคมีจึงใช้หลักการดูดกลืนรังสียูวี (UV Absorption) เพื่อประยุกต์ใช้สำหรับการวัดสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น น้ำจืด น้ำทะเล และน้ำเสีย

ในวงการเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ค่าการดูดกลืนแสงยูวีในตัวอย่างน้ำอาจนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายทาง เช่น การเฝ้าระวังหรือติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแหล่งน้ำหรือของน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย หรือใช้ในการวัดประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของกระบวนการบำบัดน้ำต่างๆ เช่น โคแอกกูเลชัน การดูดติดผิวคาร์บอนและอื่นๆ นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดกลืนแสงยูวีและปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนชนิดต่างๆ (เรียกว่า Specific Absorption) อาจใช้ในการจำแนกสารอินทรีย์ธรรมชาติได้

ปัจจัยที่มีผลต่อการวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำด้วยการดูดกลืนแสงยูวี (UV_{254nm})

สารอินทรีย์จำนวนมากสามารถดูดกลืนแสงยูวีได้มากน้อยตามความเข้มข้นของสารนั้น อนุภาคแขวนลอยอาจรบกวนการดูดกลืนแสงยูวี จึงต้องกรองตัวอย่างน้ำที่ขุ่นก่อนวัดค่า UV Absorption ในกรณีของตัวอย่างน้ำดื่มหรือน้ำธรรมชาติ ไม่จำเป็นต้องมีการปรับพีเอชของน้ำตัวอย่างก่อนวัดค่ายูวี แต่ตัวอย่างน้ำเสียอาจต้องมีการปรับพีเอชก่อนการกรอง โดยช่วงความยาวแสงยูวีที่ใช้วัดมักกำหนดไว้ที่ระดับ 253.7 นาโนเมตร และนิยมปัดทศนิยมให้เป็นเลขจำนวนเต็ม คือ 254 ซึ่งถือเป็นค่ามาตรฐาน การวัดค่าการดูดกลืนแสงยูวีจึงอาจเขียนแทนได้ด้วย UV_{254nm} อนึ่งต้องตระหนักว่า ค่าความยาวคลื่น 254 นาโนเมตรเป็นค่าตามนิยม ผู้วิเคราะห์ที่มีความเชี่ยวชาญอาจเลือกค่าความยาวคลื่นอื่น ๆ ที่ถูกรบกวนน้อยที่สุดแทนได้ เพื่อให้ค่าการดูดกลืนแสงยูวีสูงที่สุด แต่ต้องมีการรายงานความยาวคลื่นที่มิใช่ 254 นาโนเมตรเสมอ

2.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

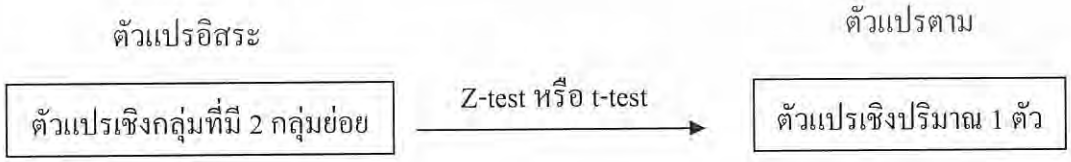
2.2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามซึ่งเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ส่วนตัวแปรอิสระ เป็นตัวแปรเชิงกลุ่มหรือเชิงคุณภาพ

เทคนิคของความแปรปรวนแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้

1) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA)

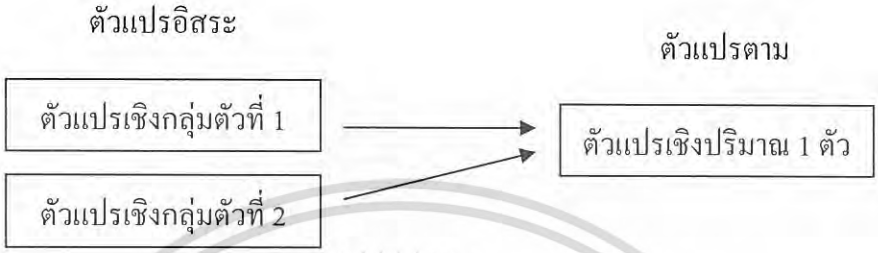
มีเพียงปัจจัยเดียวที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม คือ มีตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 1 ตัว และตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม 1 ตัว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Two-Way ANOVA การวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทาง

มี 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม คือ มีตัวแปรตาม 1 ตัว และมีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มทั้งคู่



เงื่อนไขสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง

1) ข้อมูลของแต่ละประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

2) ค่าความแปรปรวนของแต่ละประชากรเท่ากัน

รูปแบบทั่ว ๆ ไปเมื่อมีตัวแปรเชิงกลุ่ม 2 ตัวที่คาดว่ามีอิทธิพลต่อตัวแปรเชิงปริมาณ จะเรียกตัวแปรเชิงกลุ่มว่า ปัจจัย A และ ปัจจัย B

กำหนดให้ a = จำนวนระดับของตัวแปร A (ปัจจัย A)

b = จำนวนระดับของตัวแปร B (ปัจจัย B)

ab = จำนวนทรีทเม้นต์ (treatment) หรือจำนวนระดับของ A และ B

จำนวน cell หรือจำนวนทรีทเม้นต์ คือ a×b cell เช่น a = 2, b = 4

จะได้จำนวน cell = 2×4 = 8 cell หรือ 8 ทรีทเม้นต์

กำหนดให้ m_{ij} = จำนวนตัวอย่างหรือข้อมูลที่อยู่ใน cell (I, j) แสดงดังตาราง

ปัจจัย A	ปัจจัย B				ผลรวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	...	b		
1	$X_{111},...X_{11m}$		...	$X_{1b1},...X_{1bm}$	A_1	$\tilde{A}_1$
2	:		...	:	A_2	$\tilde{A}_2$
...	:		...	:	:	:
a	$X_{a11},...X_{a1m}$		...	$X_{ab1},...X_{abm}$	A_a	$\tilde{A}_a$
ผลรวม	B_1	B_2	...	B_b	T	
ค่าเฉลี่ย	B_1	B_2	...	B_b		X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัย A และ B ที่มีต่อตัวแปรตาม (X) สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

<u>กรณีที่ 1</u> สามารถวัดอิทธิพลร่วมของปัจจัย A และ B ที่มีต่อแปรตาม

ในแต่ละ cell จะมีข้อมูลมากกว่า 1 ค่า หรือ $m_{ij} > 1$ นั่นคือ ในแต่ละ cell มีจำนวนตัวอย่างมากกว่า 1 หน่วย สามารถแบ่งย่อยเป็นอีก 2 กรณี คือ

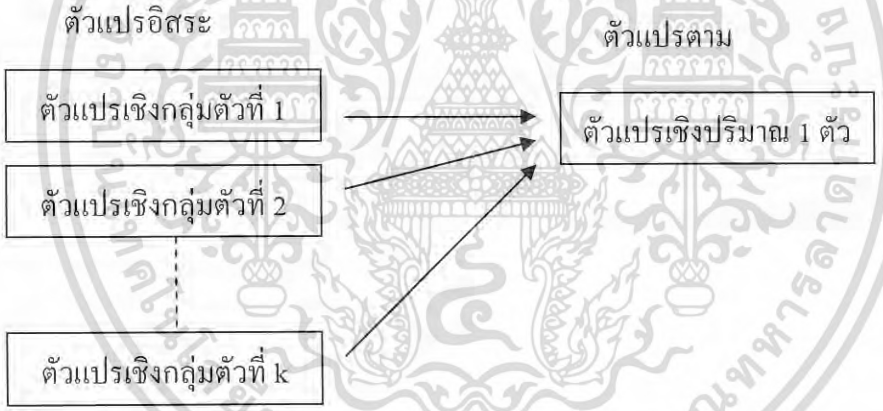
1) จำนวนตัวอย่างในแต่ละ cell เท่ากัน ($m_{ij} = m$ และ $m_{ij} > 1$)

2) จำนวนตัวอย่างในแต่ละ cell ไม่เท่ากัน ($m_{ij} \neq m$ และ $m_{ij} > 1$)

<u>กรณีที่ 2</u> ไม่สามารถวัดอิทธิพลร่วมของปัจจัย A และ B ที่มีต่อแปรตาม

3) k-Way ANOVA การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ k ทาง

มี k ปัจจัย ($k \geq 3$) คือตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 1 ตัว และมีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 3 ตัว โดยที่ตัวแปรอิสระทุกตัวเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม



2.2.2 การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis)

1) การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์ความถดถอย คือการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ค่าตัวแปรหนึ่งจากตัวแปรอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์ ดังนั้นจึงแบ่งตัวแปรได้เป็น 2 กลุ่มคือ

- ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือ ตัวแปรที่ต้องกำหนดค่าไว้ล่วงหน้ามักใช้สัญลักษณ์ X
- ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระ มักใช้สัญลักษณ์ มักใช้สัญลักษณ์ Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ประเภทของการวิเคราะห์ความถดถอย**
  - การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์เฉพาะตัวแปรตาม 1 ตัว กับตัวแปรอิสระ 1 ตัว
  - การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุหรือเชิงซ้อน (Multiple Regression) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์เฉพาะตัวแปรตาม 1 ตัว กับตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวขึ้นไป

2) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis)

สหสัมพันธ์ คือ ตัววัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไปว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่มากน้อยเพียงใด แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation) คือ การวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว
- สหสัมพันธ์เชิงพหุ (Multiple Correlation) คือ การวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมากกว่า 2 ตัวขึ้นไป

- **สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: ρ)**

2.1) $-1 \leq \rho \leq 1$

2.2) $\rho = 0$ แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น

2.3) $\rho = \pm 1$ แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นอย่างสมบูรณ์

2.4) $\rho \rightarrow \pm 1$ แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก

2.5) $\rho \rightarrow 0$ แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) พัชรียา ฉัตรเท (2547)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดี และค่าบีโอดีของน้ำเสีย และน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งสกปรกต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการประเมินค่าบีโอดีก่อนจะทำการวิเคราะห์หาผลที่ถูกต้องของค่าบีโอดี และหาสหสัมพันธ์ (correlation) ของค่าซีโอดีและค่าบีโอดีโดยใช้สูตรคำนวณทางสถิติคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient, r หรือ r_{xy}) การแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และการทดสอบนัยสำคัญ (Test of significance) ของค่า r จากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีต่อค่าบีโอดีของน้ำทิ้งโรงงานผลิตสุรามีค่าเฉลี่ย 37.46 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน 0.889ความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีต่อค่าบีโอดีของน้ำทิ้งโรงงานผลิตยามีค่าเฉลี่ย 6.03 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน 0.754 ความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีต่อค่าบีโอดีของน้ำทิ้งโรงงานผลิตเหล็กสเตนเลสและโลหะต่างๆ มีค่าเฉลี่ย 5.58 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน 0.891 ความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีต่อค่าบีโอดีของน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำอัดลมมีค่าเฉลี่ย 1.67 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน 0.993 ความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีต่อค่าบีโอดีของน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำอัดลมมีค่าเฉลี่ย 11.76 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน 0.866 ความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีต่อค่าบีโอดีของน้ำทิ้งโรงงานกำจัดขยะมูลฝอย กรุงเทพมหานคร มีค่าเฉลี่ย 11.98 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน 0.755 ความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีต่อค่าบีโอดีของน้ำทิ้งจากโรงแรม อาคารพักอาศัย บ้านจัดสรร มีค่าเฉลี่ย 3.62 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน 0.802 สรุปผลได้ว่าค่าซีโอดีและค่าบีโอดีในน้ำเสีย และน้ำทิ้งเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันจริง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% (α=0.01) และมีความสัมพันธ์กันในทางบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) วรพรรณ ชินฉลองพร และคณะ (2547)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของวิธีการทดสอบปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำระหว่างค่าทีโอซี ซีโอดี บีโอดี และค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร โดยศึกษาจากตัวอย่างสารอินทรีย์ที่ทราบสูตรโมเลกุล และสารอินทรีย์ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมฟอกย้อมทั้งที่ยังไม่ผ่านการบำบัดและที่ผ่านการบำบัด มาทำการวิเคราะห์หาค่า TOC จะหาปริมาณคาร์บอนด้วยวิธีการเผาไหม้ โดยช่วงความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองอยู่ในช่วง 0-300 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อลิตร การวิเคราะห์ค่า COD หาปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ การวิเคราะห์ค่า BOD วิเคราะห์หาค่าออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และการวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตรซึ่งจะวัดค่าการดูดกลืนแสงของพันธะคู่ของคาร์บอนในโมเลกุลของสารอินทรีย์ จากผลการทดลองพบว่าสารอินทรีย์ในน้ำตัวอย่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC กับค่า COD และ BOD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α=0.05) ส่วนค่า TOC กับค่า UV_{254} พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

3) Wilson F. (2005)

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบเอสบีอาร์ (SBR) ที่ใช้บำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบเป็นส่วนใหญ่ด้วยค่าทีโอซี โดยศึกษาถึงความสัมพันธ์ของค่า ทีโอซี บีโอดี และซีโอดีของน้ำเสียจากระบบดังกล่าว จากการทดลองพบว่าค่าทีโอซี บีโอดี และซีโอดี มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก โดยสังเกตจากสมการเส้นตรงของน้ำออกในเทอมของค่าทีโอซีและค่าอัตราภาระทางชลศาสตร์ ในการทดลองเดียวกันถ้าตัวแปร 2 ตัวที่เป็นอิสระต่อกันจะมีความสัมพันธ์กันมากกว่าร้อยละ 98 ซึ่งมากกว่าตัวแปร 2 ตัวที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน สมการที่ใช้ประเมินค่าทีโอซีของน้ำปล่อยออกจะผันแปรมากกว่าน้ำเข้า และจะผันแปรต่อค่าอัตราภาระทางชลศาสตร์ และสามารถใช้ประเมินความสัมพันธ์ความเข้มข้นของสารที่แพร่กระจายในน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมี

1) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH , AR grade) บริษัท CARLO ERBA
2) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3 , AR grade) บริษัท Nacalai Testue, Japan
3) โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$, AR grade) บริษัท Nacalai Testue, Japan
4) โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP , AR grade) บริษัท CARLO ERBA
5) โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$, AR grade) บริษัท CARLO ERBA
6) เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต ([$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$, AR grade]) บริษัท CARLO ERBA
7) เฟอร์รัสซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ($FeSO_4.7H_2O$, AR grade) บริษัท CARLO ERBA
8) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4 , AR grade) บริษัท CARLO ERBA
9) กรดฟอสฟอริกเข้มข้น (conc. H_3PO_4 , AR grade) บริษัท MERCK, Germany
10) กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl , AR grade) บริษัท CARLO ERBA
11) แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl , AR grade) บริษัท CARLO ERBA
12) ผงเมอร์คิวริกซัลเฟต ($HgSO_4$, AR grade) บริษัท CARLO ERBA
13) ซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4, AR grade) บริษัท CARLO ERBA
14) 1,10-ฟีแนนโทรลีนโมโนไฮเดรต ($C_{12}H_8N_2.H_2O$, AR grade) บริษัท CARLO ERBA

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์

1) เครื่องเก็บตัวอย่างน้ำ Manual Sampler
2) ตู้อบ รุ่น ISOTEMP จากบริษัท Fisher Scientific, U.S.A.
3) เครื่องวิเคราะห์ทีโอซี รุ่น TOC-VCPH พร้อมชุด Autosampler บริษัท Shimadzu, Japan
4) เครื่องเขย่า Vortex shaker รุ่น FT01/17 ยี่ห้อ Fisher Scientific, U.S.A.
5) เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น 205 A จากบริษัท Precisa
6) ชุดกรองแบบลดความดัน รุ่น B-169 จากบริษัท Buchi, Switzerland
7) กระดาษกรองเบอร์ 5C ยี่ห้อ Whatman
8) ไมโครปิเปต รุ่น NICHIRYO MIC. PIPETT LE-1000, 100-1000 จากบริษัท NICHIRYO, Japan
9) เครื่องแก้วต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
107797

3.3 การเก็บและการรักษาตัวอย่างน้ำ

ปฏิบัติตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่และระยะเวลาในการเก็บน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ลงวันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2539 โดยมีวิธีปฏิบัติ ดังนี้ (ภาคผนวก ก-4)

- เก็บตัวอย่างโรงงาน 4 ประเภท คือ
  - อุตสาหกรรมอาหาร
  - อุตสาหกรรมสิ่งทอ
  - อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์
  - อุตสาหกรรมอื่น ๆ
- ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างทุก 1 เดือน เป็นเวลา 10 เดือน (ตั้งแต่ พ.ย. 48 – ก.ย. 49)
- เก็บตัวอย่าง 3 จุด คือ จุดก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด ระหว่างการบำบัด และออกจากระบบบำบัด
- ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วงปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร สำหรับบีโอดี และ 300 มิลลิลิตร สำหรับทีโอซี และซีโอดี ลงในขวดเก็บตัวอย่างโพลีเอทิลีน โดยกลั้วขวดด้วยน้ำตัวอย่าง 2-3 ครั้ง
- การเก็บรักษาสภาพน้ำตัวอย่าง โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิน้อยกว่า 4 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์หาบีโอดี (วิเคราะห์ภายใน 48 ชั่วโมง) และแช่เย็นที่อุณหภูมิน้อยกว่า 4 องศาเซลเซียส พร้อมกับเติมกรดซัลฟิวริกให้มีค่า pH น้อยกว่า 2 สำหรับการวิเคราะห์หาทีโอซี และซีโอดี (วิเคราะห์ภายใน 7 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.4.1 สารละลายมาตรฐาน

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะวิเคราะห์เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน 2 ชนิด คือ สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) และสารละลายมาตรฐานกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์

สารมาตรฐาน	ช่วงความเข้มข้น		
	TOC (mg C/l)	NPOC (mg C/l)	COD (mg O_2/l)
1. สารลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP)	89.3 - 315.6	88.8 - 319.20	212.0 – 775.5
2. สารละลายมาตรฐานกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$)	122.3 - 493.4	122.3 - 493.4	235.0 – 1290.0

3.4.2 จำนวนตัวอย่างน้ำเสีย

ในการดำเนินงานวิจัยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรม 3 ประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่เข็ง อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ และอื่น ๆ ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนรถยนต์ รายละเอียดจุดเก็บน้ำตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 จุดเก็บน้ำตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างของโรงงานอุตสาหกรรมประเภท ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย

ประเภทโรงงาน	โรงงาน	จำนวนตัวอย่าง		
		ประเภทน้ำเสีย		
		ก่อนการบำบัด	ระหว่างการบำบัด	น้ำทิ้งหลังการบำบัด
1. ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง	1. เซ้าท์อีสเอเชี่ยน แพคเกจจิ้ง	5	1	4
	2. ไทยยูเนี่ยนโฟรเซ่นโปรดักซ์	2	4	2
	3. ยูนิคอร์ด	1	1	1
	รวม	8	6	7

หมายเหตุ; - ไม่พบข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-2 (ต่อ) จุดเก็บน้ำตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย

ประเภทโรงงาน	โรงงาน	จำนวนตัวอย่าง		
		ประเภทน้ำเสีย		
		ก่อนการบำบัด	ระหว่างการบำบัด	น้ำทิ้งหลังการบำบัด
2. สิ่งทอ	1. Erawan Textile	4	4	4
	2. ไทยโทเรชินเทติก	-	-	12
	3. ลัคกี้เทค	1	1	1
	4. พิมพ์ย้อมผ้าไทย	2	2	2
	รวม	7	7	19
3. เคมีภัณฑ์	1. ไนโตรเคมีอุตสาหกรรม	1	1	1
	2. ระยองโอเลฟินส์	3	3	1
	รวม	4	4	2
5. อื่นๆ	1. โตโยต้า (สำโรง)	1	4	3
	2. นิคมแวลโกลว์	1	4	1
	3. เดนโซ	1	8	12

หมายเหตุ; - ไม่พบข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์

1) ทีโอซี (TOC)

ดำเนินการทดลองตามวิธีมาตรฐาน 5310B (APHA; 2000) โดยวิเคราะห์ค่าทีโอซีจากวิธีการ Differential method และ Additional method

- การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

  สารละลายมาตรฐาน TC (KHP solution 1,000 mg C/L)

  - ชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลตที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์มาปริมาณ 2.125 กรัม
  - นำมาละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
  - สารละลายที่ได้จะถูกนำไปเจือจางด้วยน้ำกลั่น เพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นที่ต้องการ

  สารละลายมาตรฐาน NPOC (KHP solution 1,000 mg C/L)

  เตรียมเช่นเดียวกับสารละลายมาตรฐาน TC

  สารละลายมาตรฐาน IC (Na_2CO_3-$NaHCO_3$ solution 1,000 mg C/L)

  - ชั่ง $NaHCO_3$ ที่ผ่านการดูดความชื้นด้วยซิลิกาเจลเป็นเวลา 2 ชั่วโมง มาปริมาณ 3.50 กรัม และ Na_2CO_3 ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 280-290 องศาเซลเซียส และถูกทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์มาปริมาณ 4.41 กรัม
  - นำมาละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
  - สารละลายที่ได้จะถูกนำไปเจือจางด้วยน้ำกลั่น เพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นที่ต้องการ

- กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5C โดยใช้วิธีกรองแบบลดความดัน
- นำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้วไปวิเคราะห์ โดยเลือกโหมด (TC, IC, NPOC)ในการวิเคราะห์ ดำเนินการทดลองโดยป้อนคำสั่งให้เครื่องวัดทีโอซีตามคู่มือการใช้เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ซีโอดี (COD)

ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีใช้วิธีดำเนินการทดลองตามวิธีมาตรฐาน 5220 C (APHA; 2000) โดยศึกษาปริมาณของซีโอดีจากวิธีการ Closed Reflux method

- ล้างหลอดย่อยสลายและฝาขนาด 16×100 mm ด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 20
- ปิเปตน้ำตัวอย่างจากโรงงานที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5C : ปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต : สารละลายกรดซัลฟูริก มา 2.5 : 1.5 : 3.5 ตามลำดับ ใส่ลงในหลอดย่อยสลาย
- เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex Shaker แล้วนำไปอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
- นำไปไทเทรตกับสารละลาย FAS 0.05 นอร์มอล ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน โดยใช้เฟอร์โรอีนเป็นอินดิเคเตอร์ (จุดยุติเปลี่ยนจากสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นสีน้ำตาลแดง)
- ทำแบลงค์โดยเปลี่ยนน้ำตัวอย่างจากโรงงานเป็นน้ำกลั่นแทน แล้วทำการทดลองเช่นเดิม

<u>หมายเหตุ</u> ทำการวิเคราะห์หาซีโอดี (COD) ของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) ควบคู่ไปด้วย เพื่อประกันคุณภาพในการวิเคราะห์ (วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐานภาคผนวก ข-1)

3.4.4 การควบคุมคุณภาพ

- **วิธีการเก็บตัวอย่าง**

ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ซ้ำ (Duplicate) ในทุก ๆ 20 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง

- **การวิเคราะห์ทีโอซี**

1) ทำ Duplicate อย่างน้อยร้อยละ 10 ของจำนวนตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของการทดสอบ

2) ทำ Spike blank อย่างน้อยร้อยละ 10 ของจำนวนตัวอย่างทุกครั้งที่มีการทดสอบ เพื่อตรวจสอบความสะอาดของน้ำกลั่น และความเที่ยงตรงแม่นยำของวิธีทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การวิเคราะห์ซีโอดี**

1) ทำ Method blank ทุกครั้งที่ทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบค่าซีโอดีในตัวอย่าง

2) ตรวจสอบสารละลายมาตรฐาน KHP อย่างน้อยร้อยละ 10 ของจำนวนตัวอย่างทุกครั้งที่มีการทดสอบ เพื่อวัดความถูกต้องของสารรีเอเจนท์

3) ทำ Duplicate อย่างน้อยร้อยละ 10 ของจำนวนตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของการทดสอบ

5) ทำ Spike blank อย่างน้อยร้อยละ 10 ของจำนวนตัวอย่างทุกครั้งที่มีการทดสอบ เพื่อตรวจสอบความสะอาดของน้ำกลั่น และความเที่ยงตรงแม่นยำของวิธีทดสอบ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นการทดสอบผลของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไปว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยทดสอบค่า NPOC/TOC และค่า COD/TOC ของประเภทน้ำเสียอุตสาหกรรมแต่ละประเภทอุตสาหกรรม โดยเตรียมชุดข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ 2 ชุด

1) ชุดข้อมูลของอัตราส่วนระหว่างค่า NPOC/TOC และ COD/TOC ของน้ำเสียอุตสาหกรรมแต่ละประเภท

2) ชุดข้อมูลของอัตราส่วนระหว่างค่า NPOC/TOC และ COD/TOC ของน้ำเสียโรงงานแต่ละประเภทอุตสาหกรรม

- **ตัวอย่างการทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย NPOC/TOC ของตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด ภายในประเภทอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง**

  - การทดสอบค่าเฉลี่ย (μ)

    - สมมติฐาน

      H_0: $\mu = 0$ อัตราส่วนระหว่างค่า NPOC/TOC โดยเฉลี่ยของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดในแต่ละโรงงานมีค่าไม่แตกต่างกัน

      H_1: $\mu \neq 0$ อัตราส่วนระหว่างค่า NPOC/TOC โดยเฉลี่ยของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดในแต่ละโรงงานมีค่าแตกต่างกัน

    - กำหนดระดับนัยสำคัญ

      $\alpha = 0.05$ (ระดับความเชื่อมั่น 95%)

    - คำนวณค่าสถิติด้วยโปรแกรม SPSS (วิธีใช้ภาคผนวก ค-1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

npoctoc

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.087	2	.043	2.150	.212
Within Groups	.101	5	.020		
Total	.188	7			

- สรุปผลการวิเคราะห์

จากตาราง ANOVA พบว่าค่า Sig. = 0.212 ซึ่งมากกว่าค่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับ $H_0: \mu = 0$ และปฏิเสธ $H_1: \mu \neq 0$ นั่นคือ แต่ละโรงงานในประเภทอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งมีอัตราส่วนระหว่างค่า NPOC/TOC โดยเฉลี่ยของน้ำเสียก่อนการบำบัดไม่แตกต่างกัน แสดงว่าอัตราส่วนระหว่างค่า NPOC/TOC ของน้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง ไม่ขึ้นกับลักษณะน้ำเสียของแต่ละโรงงาน

3.5.2 การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis)

การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ โดยศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ต้องการศึกษา 2 ตัวแปร (Simple Liner Regression) ในลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง $\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$ สำหรับการใช้เป็นตัวแทนในการทำนายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของประเภทน้ำเสียในแต่ละประเภทอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษา โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC กับ NPOC และ TOC กับ COD สำหรับประเภทน้ำเสียอุตสาหกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เตรียมชุดข้อมูลการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวน คือ

1) ชุดข้อมูลของ NPOC กับ TOC และ COD กับ TOC อย่างละ 1 ชุด ของน้ำเสียอุตสาหกรรมแต่ละประเภท
2) ชุดข้อมูลของ NPOC กับ TOC และ COD กับ TOC อย่างละ 1 ชุด ของน้ำเสียโรงงานแต่ละประเภทอุตสาหกรรม

จากนั้นวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ)
2) การทดสอบสัมประสิทธิ์การถดถอย (β_1) และค่าคงที่ (β_0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ตัวอย่างการทดสอบความถดถอย และสหสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC กับค่า NPOC ของตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง**

สมการการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย $\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$

- การทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ)

- สมมติฐาน

H_0: $\rho = 0$ ค่า TOC และ NPOC ไม่มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง

H_1: $\rho \neq 0$ ค่า TOC และ NPOC มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง

- กำหนดระดับนัยสำคัญ

$\alpha = 0.05$ (ระดับความเชื่อมั่น 95%)

- คำนวณค่าสถิติด้วยโปรแกรม SPSS (วิธีใช้ภาคผนวก ค-2)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.977[a]	.954	.947	62.32499

a. Predictors: (Constant), toc

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	487248.7	1	487248.651	125.437	.000[a]
	Residual	23306.424	6	3884.404		
	Total	510555.1	7			

a. Predictors: (Constant), toc

b. Dependent Variable: npoc

- สรุปผลการวิเคราะห์

จากตาราง ANOVA พบว่าค่า Sig. = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0: $\rho = 0$ และยอมรับ H_1: $\rho \neq 0$ นั่นคือ ค่า TOC และ ค่า NPOC มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง จากตาราง Model Summary พบว่าค่า $R^2 = 0.954$ แสดงว่าค่า TOC มีความเกี่ยวเนื่องกับค่า NPOC ประมาณ 95.40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบสัมประสิทธิ์การถดถอย (β_1) และค่าคงที่ (β_0)

สมการการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย $\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$

- สมมติฐาน

กรณี β_0

$H_0: \beta_0 = 0$

$H_1: \beta_0 \neq 0$

กรณี β_1

$H_0: \beta_1 = 0$

$H_1: \beta_1 \neq 0$

- กำหนดระดับนัยสำคัญ

$\alpha = 0.05$ (ระดับความเชื่อมั่น 95%)

- คำนวณค่าสถิติด้วยโปรแกรม SPSS (วิธีใช้ ภาคผนวก ค-2)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	-127.834	58.808		-2.174	.073
	toc	1.161	.104	.977	11.200	.000

a. Dependent Variable: npoc

- สรุปผลการวิเคราะห์

กรณี β_0 จากตาราง Coefficients พบว่าค่า Sig. = 0.073 ซึ่งมากกว่าค่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับ $H_0: \beta_0 = 0$ ปฏิเสธ $H_1: \beta_0 \neq 0$ นั่นคือ $\beta_0 = 0$

กรณี β_1 จากตาราง Coefficients พบว่าค่า Sig. = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ $H_0: \beta_1 = 0$ ยอมรับ $H_1: \beta_1 \neq 0$ นั่นคือ $\beta_1 = 1.161$

- สร้างสมการการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

จากการทดสอบความถดถอยและสหสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC กับค่า NPOC ของน้ำเสียภายในประเภทอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง พบว่าค่า TOC กับค่า NPOC มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 = 0.954 นั่นคือค่า TOC มีความเกี่ยวเนื่องกันค่า NPOC 95.4% และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน S_e = 62.325 นั่นคือ สมการการถดถอยเชิงเส้นได้มีความคลาเคลื่อนอยู่ในช่วง ± 62.325 เมื่อทำการทดสอบสมมติฐานพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (β_0) = 0 และค่าคงที่ (β_1) = 1.161 จากนั้นนำค่า β_0 และค่า β_1 สร้างเป็นสมการการถดถอยเชิงเส้นได้ดังสมการที่ (1)

$$NPOC = 1.161TOC \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติ

3.6.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

ในการศึกษาความสัมพันธ์โดยการวิเคราะห์การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นการทดสอบผลของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป ว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ ในงานวิจัยนี้ทดสอบค่า NPOC/TOC เพื่อศึกษาการมีอยู่ของสารประกอบอินทรีย์ที่มีความคงตัวในน้ำเสียอุตสาหกรรมแต่ละประเภทอุตสาหกรรม และค่า COD/TOC เพื่อศึกษาการมีอยู่ของสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ หรือมีโครงสร้างที่ซับซ้อนย่อยสลายได้ยากในน้ำเสียอุตสาหกรรมแต่ละประเภทอุตสาหกรรม รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า NPOC/TOC และ COD/TOC สำหรับประเภทน้ำเสียอุตสาหกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	วัตถุประสงค์	ประเภทน้ำเสีย	หน่วยการทดลองที่ศึกษา
NPOC/TOC	ศึกษาการมีอยู่ของสารอินทรีย์ที่มีความคงตัว	1. ก่อนการบำบัด 2. ระหว่างการบำบัด 3. น้ำทิ้งหลังการบำบัด	1. กลุ่มอุตสาหกรรมรวมทุกประเภท 2. ภายในกลุ่มประเภทอุตสาหกรรม
COD/TOC	ศึกษาการมีอยู่ของสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ หรือมีโครงสร้างที่ซับซ้อนย่อยสลายได้ยาก		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความสัมพันธ์โดยการวิเคราะห์การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยทดสอบผลของค่าเฉลี่ยระหว่างค่า NPOC/TOC และค่า COD/TOC สำหรับประเภทน้ำเสียอุตสาหกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ มีขั้นตอนการทดสอบดังรูปที่ 3-1

รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

3.6.2 การวิเคราะห์ความถดถอย และสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis)

ในการการวิเคราะห์ความถดถอย และสหสัมพันธ์ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวแปร (Simple Liner Regression) ในลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และได้สมการเชิงเส้นตรง $\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$ สำหรับการใช้เป็นตัวแทนในการทำนายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของประเภทน้ำเสียแต่ละประเภทอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษา โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC กับ NPOC และ TOC กับ COD สำหรับประเภทน้ำเสียอุตสาหกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

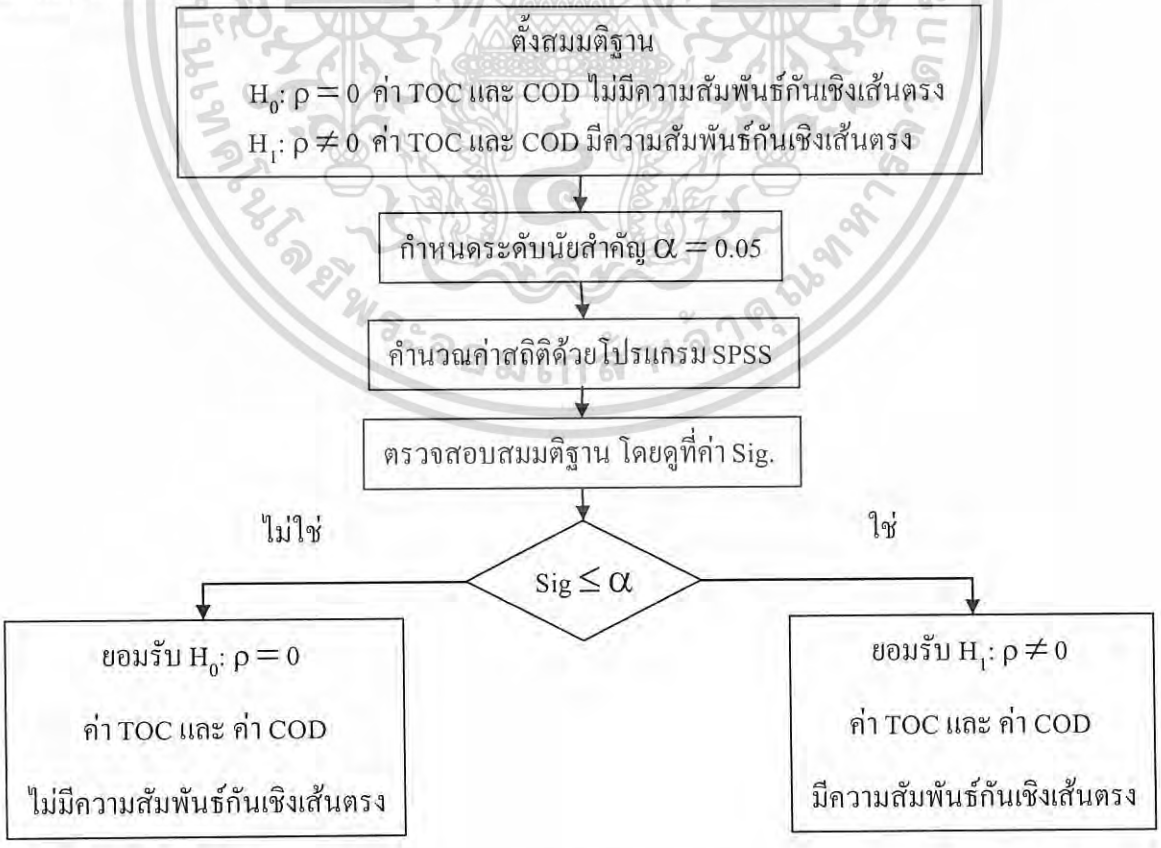
ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์ความถดถอย และสหสัมพันธ์ของ ระหว่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับประเภทน้ำเสียมของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	ประเภทน้ำเสีย	หน่วยการทดลองที่ศึกษา	วัตถุประสงค์
TOC และ NPOC TOC และ COD NPOC และ COD	1. ก่อนการบำบัด 2. ระหว่างการบำบัด 3. น้ำทิ้งหลังการบำบัด	1. กลุ่มอุตสาหกรรมรวมทุกประเภท 2. ภายในกลุ่มประเภทอุตสาหกรรม	ศึกษาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในรูปแบบสมการเชิงเส้นตรง

การศึกษาความสัมพันธ์การวิเคราะห์ความถดถอย และสหสัมพันธ์ของ ระหว่างค่า TOC กับ NPOC และ TOC กับ COD สำหรับประเภทน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1) การทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ)

การทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) เป็นการทดสอบว่าตัวแปรทั้ง 2 ตัว มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรงหรือไม่ ขั้นตอนการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3-2

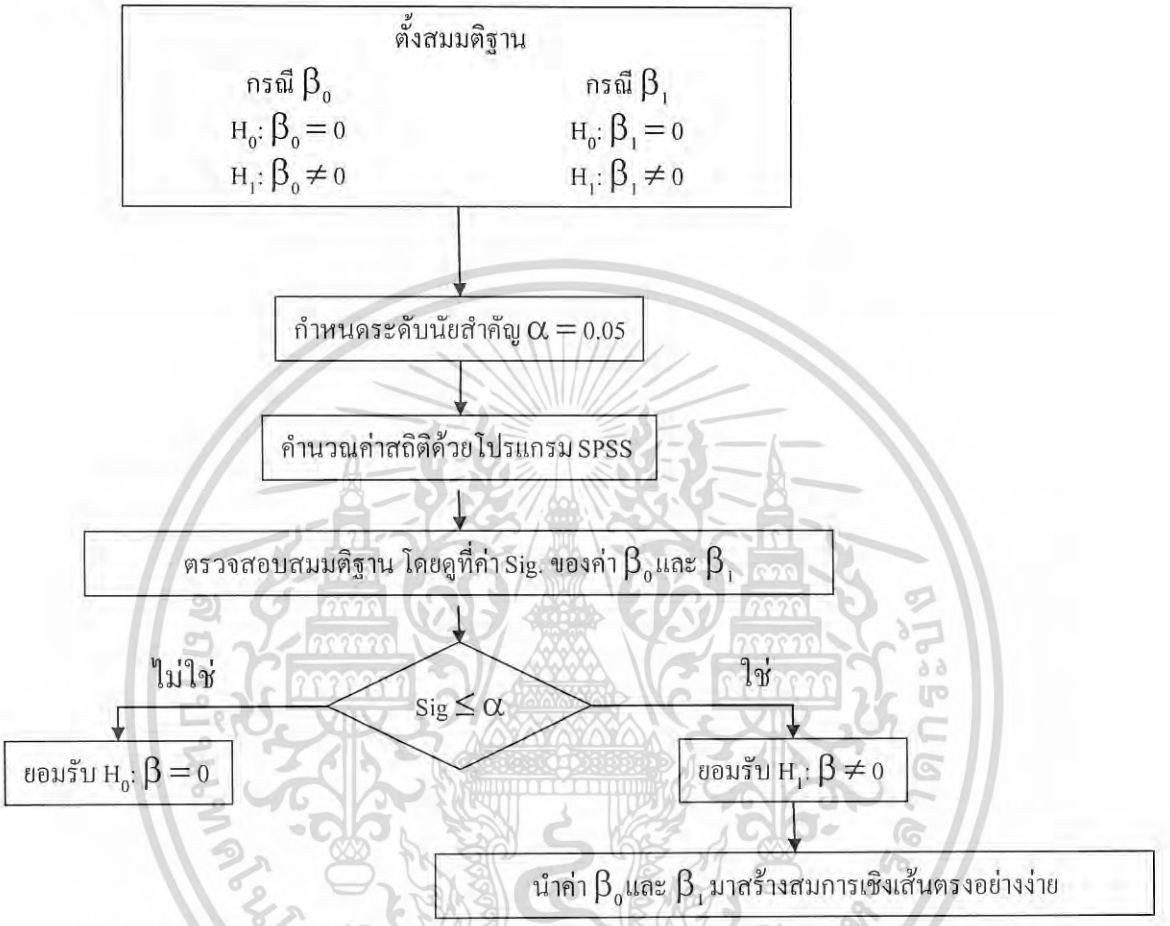


รูปที่ 3-2 ขั้นตอนการทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทดสอบสัมประสิทธิ์การถดถอย (β_1) และค่าคงที่ (β_0)

การทดสอบสัมประสิทธิ์การถดถอย (β_1) และค่าคงที่ (β_0) เป็นการทดสอบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (β_1) และค่าคงที่ (β_0) มีค่าอยู่ในสมการเชิงเส้นตรง $\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$ จริงหรือไม่ ขั้นตอนการทดสอบแสดงในรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 ขั้นตอนการการทดสอบการทดสอบสัมประสิทธิ์การถดถอย (β_1) และค่าคงที่ (β_0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

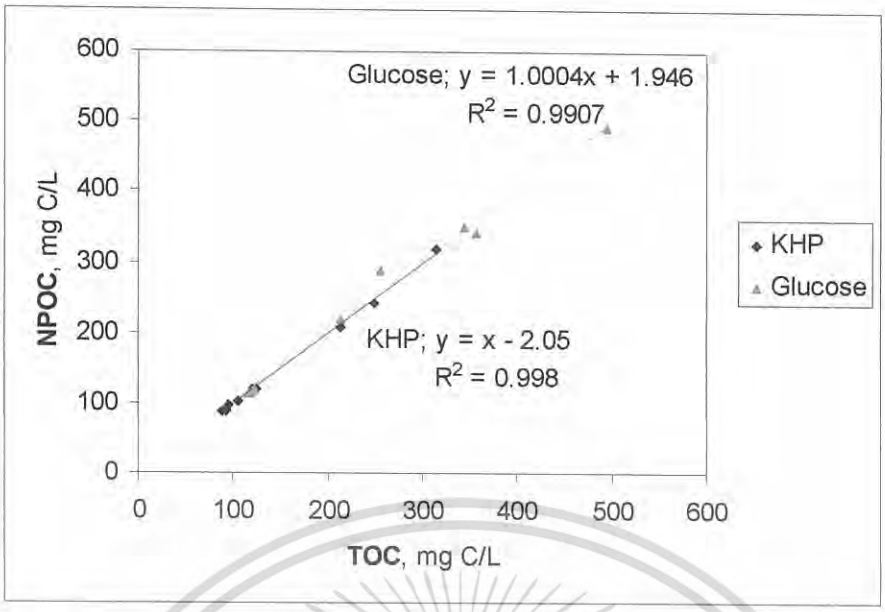
4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในสารละลายมาตรฐาน

4.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC

ในการทดลองหาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) สามารถวิเคราะห์ได้ 2 วิธี คือ วิธี Differential Method (Total Organic Carbon; TOC) ซึ่งวิเคราะห์โดยการเผาสารอินทรีย์ทั้งหมดที่อยู่ในรูปอินทรีย์คาร์บอน และอนินทรีย์คาร์บอนให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วทำการตรวจวัดด้วยเครื่องดีเทคเตอร์ ในขณะเดียวกันก็หยดกรดลงในสารอินทรีย์เพื่อวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสารอนินทรีย์ โดยค่าผลต่างที่ได้จะเป็นค่าของปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด และอีกวิธีหนึ่ง คือวิธี Additional Method (Non-Purge Organic Carbon; NPOC) เป็นการกำจัดสารอนินทรีย์ออกจากตัวอย่าง โดยการปรับสภาพให้เป็นกรดก่อน และผ่านก๊าซพา (Carrier gas) ลงไปเพื่อทำการไล่สารอนินทรีย์คาร์บอน จากนั้นจะทำการเผาสารอินทรีย์คาร์บอนที่เหลือทั้งหมด

จากการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้ง 2 วิธี ได้ผลดังรูปที่ 4-1 (สามารถดูข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก ง; ตารางที่ ง-1) ซึ่งพบว่าค่า TOC กับ NPOC ของสารละลายมาตรฐานทั้ง 2 ชนิด คือ สารละลายมาตรฐานกลูโคส และสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก โดยมีสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC ของสารละลายมาตรฐานกลูโคส และ KHP เป็น NPOC = 1.0004TOC + 1.946 (R^2 = 0.9907) และ NPOC = TOC – 2.05 (R^2 = 0.998) ตามลำดับ ค่าความชันที่ได้จากสมการทั้งสองมีค่าประมาณ 1 แสดงว่าวิธีการหาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนโดยวิธี Additional Method สามารถวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ได้ใกล้เคียงกับวิธี Differential Method ทั้งนี้เพราะสารละลายมาตรฐานกลูโคส และ KHP เป็นสารที่โมเลกุลมีลักษณะคงตัวไม่ระเหยง่าย เมื่อทำการหยดกรด และผ่านก๊าซพา (Carrier gas) เพื่อไล่ CO_2 ในวิธี Additional Method ดังนั้นค่า NPOC ที่วัดได้จึงมีค่าใกล้เคียง TOC มาก จึงสามารถใช้ค่า NPOC ในการบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์แทนค่า TOC ได้สำหรับสารมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

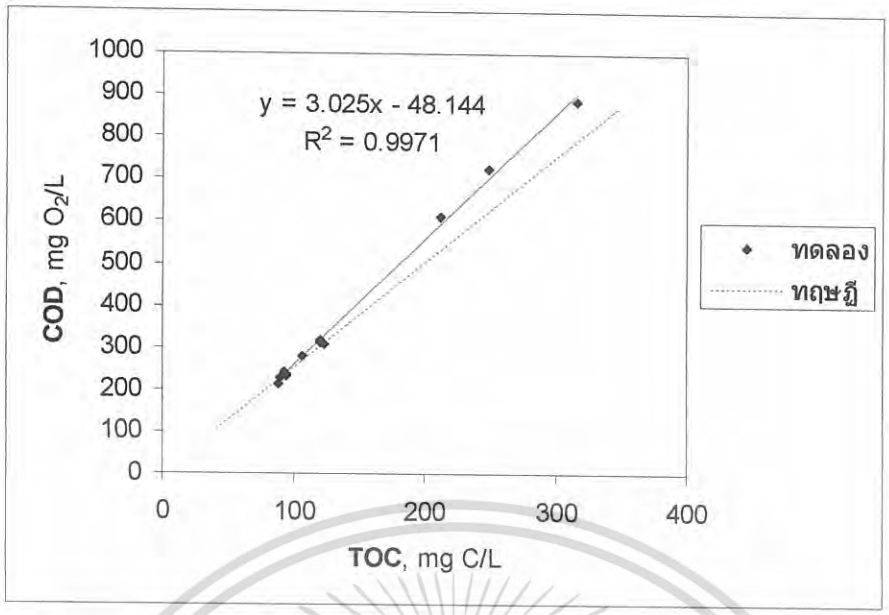


รูปที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC ของสารละลายมาตรฐาน

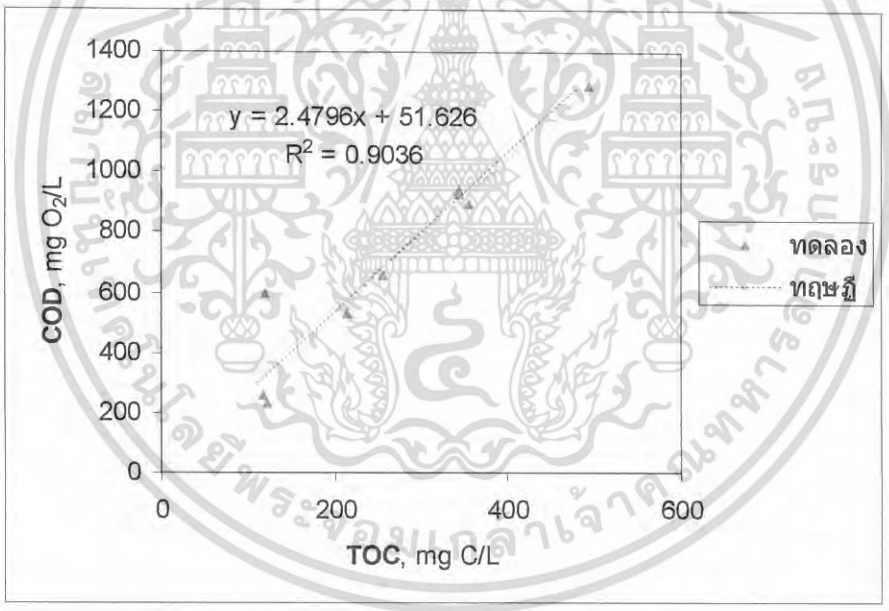
4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน (TOC) ที่หาโดยวิธี Differential Method และค่า COD ของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) และสารละลายมาตรฐานกลูโคสได้ผลดังแสดงใน รูปที่ 4-2 และ 4-3 ตามลำดับ (ข้อมูลเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ง; ตารางที่ ง-1) จากรูปพบว่าความสัมพันธ์ของค่า COD และ TOC ของสารละลายมาตรฐานกลูโคสมีค่าใกล้เคียงกับทางทฤษฎี (ดูวิธีการหาความสัมพันธ์ของค่า TOC และ COD ของสารละลายมาตรฐานได้ในภาคผนวก ค.) ส่วนสารละลายมาตรฐาน KHP มีแนวโน้มเบี่ยงเบนไปจากทฤษฎีเมื่อค่า COD มีค่ามากกว่า 300 mg O_2/L ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความผิดพลาดในการทดลองทำให้ค่า COD ของ KHP สูงกว่าทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD ของสารละลายมาตรฐาน KHP เทียบกับทางทฤษฎี

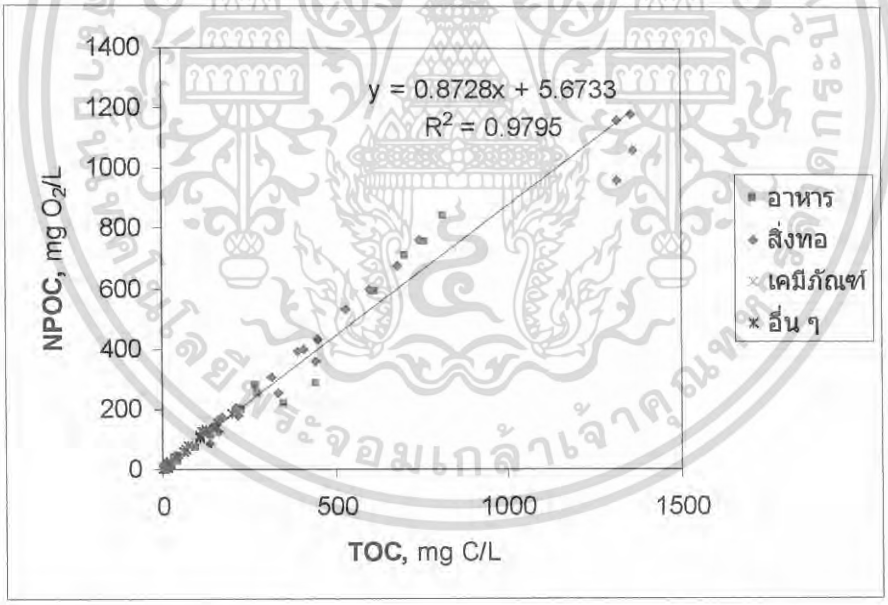


รูปที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD ของสารละลายมาตรฐานกลูโคส เทียบกับทางทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรม

ในการทดลองหาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ทั้ง 2 วิธี คือ วิธี Differential Method (Total Organic Carbon; TOC) และวิธี Addition Method (Non-Purge Organic Carbon; NPOC) ของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ผลความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC กับ NPOC ของตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ดังแสดงใน รูปที่ 4-4 (ข้อมูลเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ง; ตารางที่ ง-2 ถึง ง-5) ซึ่งพบว่าค่า TOC กับ NPOC ของตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก โดยค่า NPOC มีค่าประมาณ 0.87 เท่า ของ TOC แสดงว่าในตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรมส่วนใหญ่นั้นมีปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) เป็นองค์ประกอบ ทำให้การหาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนในตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรมโดยวิธี Additional Method (NPOC) เมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐานแล้วไม่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายมาตรฐานนั้นทราบสูตรโมเลกุลที่แน่นอน และมีความคงตัวสูงจึงไม่สูญเสียปริมาณสารอินทรีย์ขณะทำการผ่านก๊าซพา (Carrier gas) เพื่อไล่สารอนินทรีย์คาร์บอน ดังนั้นการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสำหรับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมจึงควรใช้วิธี Differential Method จะได้ค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า

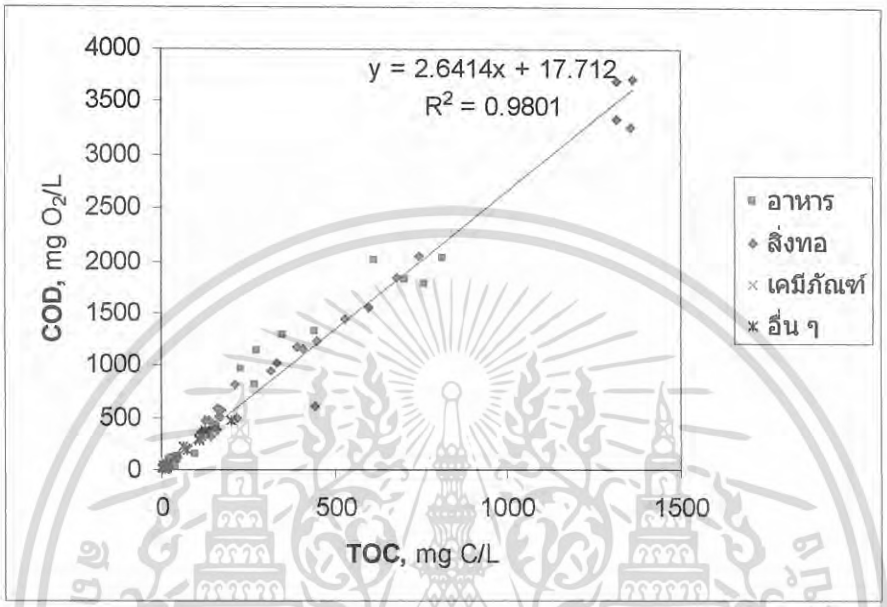


รูปที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC ของตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรม

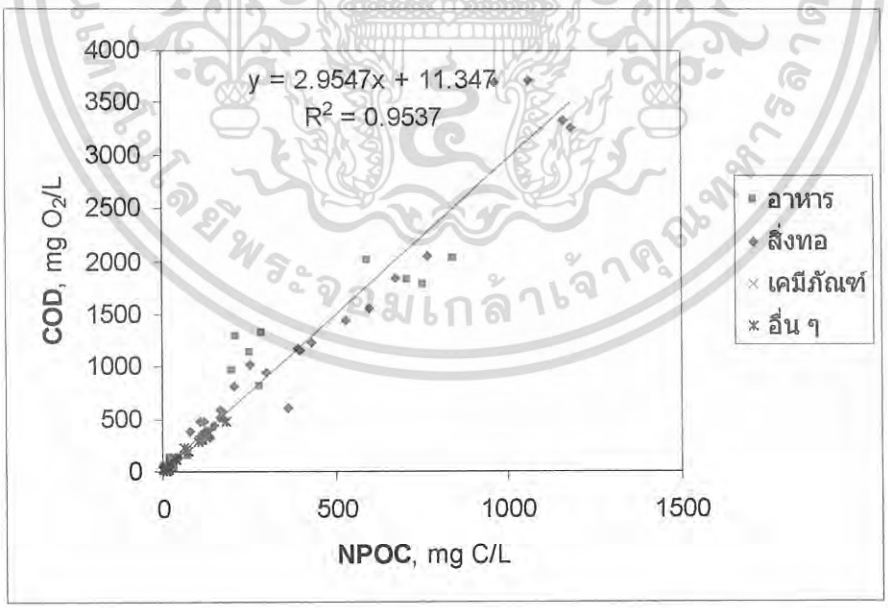
จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่หาโดยวิธี Differential Method (TOC) และวิธี Additional Method (NPOC) กับค่า COD ของตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรมพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวกทั้ง 2 วิธี ดังแสดงในรูปที่ 4-5 (COD และ TOC) และ 4-6 (COD และ NPOC) จากรูปพบว่าค่า TOC มีความสัมพันธ์กับค่า COD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าค่า NPOC สังเกตได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) จากสมการความสัมพันธ์ของค่า COD กับ TOC และ NPOC มีค่า 0.9801 และ 0.9537 ซึ่งแตกต่างจากสารละลายมาตรฐานที่สามารถใช้ค่า NPOC แทนค่า TOC ได้ ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมส่วนใหญ่อาจมีสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายเป็นองค์ประกอบดังอธิบายไว้ข้างต้น จึงทำให้การหาค่าปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนโดยวิธี Additional Method มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง



รูปที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD ของตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรม



รูปที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NPOC และ COD ของตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC

4.2.1.1 แบ่งตามประเภทอุตสาหกรรม

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC ในตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ (โรงงานเดนโซ นิคมอุตสาหกรรมโตโยต้า (สำโรง) และนิคมอุตสาหกรรมเวลโกลว์) แสดงได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC แบ่งตามประเภทอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรม	x	y	สมการ	R^2	ผล	หมายเหตุ
ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง						
- เซาท์อีสเอเชียนแพคเกจจิ้ง	TOC	NPOC	y = 0.8418x - 8.048	0.9334	✓	
- ไทยยูเนียนโฟรเซนโปรดักซ์	TOC	NPOC	y = 1.0254x - 7.0969	0.9987	✓	
- ยูนิคอร์ด	TOC	NPOC	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
รวม	TOC	NPOC	y = 0.9815x - 15.244	0.9732	✓	
สิ่งทอ						
- เอราวัณเทกซ์ไทล์	TOC	NPOC	y = 0.8135x + 2.969	0.9866	✓	
- ไทยโทเรซินเทติก	TOC	NPOC	y = 0.0774x + 6.8883	0.1621	✗	
- ลัคกี้เทค	TOC	NPOC	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
- พิมพ์ย้อมผ้าไทย	TOC	NPOC	y = 1.0162x - 4.5036	0.9995	✓	
รวม	TOC	NPOC	y = 0.8407x + 11.774	0.9812	✓	
เคมีภัณฑ์						
- ไนโตรเคมีอุตสาหกรรม	TOC	NPOC	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
- ระยองโอเลฟินส์	TOC	NPOC	y = 1.0264x - 0.1865	0.9689	✓	
รวม	TOC	NPOC	y = 0.9999x + 0.2996	0.9709	✓	
อื่น ๆ						
- เดนโซ	TOC	NPOC	y = 1.0119x - 0.433	0.9315	✓	
- นิคมอุตสาหกรรมโตโยต้า	TOC	NPOC	y = 0.9683x - 1.9205	0.9919	✓	
- นิคมอุตสาหกรรมเวลโกลว์	TOC	NPOC	y = 0.9055x + 2.0067	0.9997	✓	
รวมทุกประเภทอุตสาหกรรม	TOC	NPOC	y = 0.8728x +5.6733	0.9795	✓	

หมายเหตุ ✓ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง; ✗ ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4-1 พบว่าโรงงานส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC อย่างเห็นได้ชัด (ยกเว้นโรงงานไทยโทเรซินเทติก) ซึ่งพบว่าสำหรับอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์นั้นมีค่าความชัน (NPOC/TOC) ประมาณ 1 แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทนี้ว่าไม่มีสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย (VOCs) เป็นองค์ประกอบ ในขณะที่อุตสาหกรรมประเภทอื่นนั้นต้องพิจารณาเป็นโรงงาน ๆ ไป เนื่องจากค่าความชัน (NPOC/TOC) มีค่าไม่แน่นอนขึ้นกับกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน ซึ่งการที่ค่าความชัน (NPOC/TOC) มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่ามีสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย (VOCs) เป็นองค์ประกอบ จึงทำให้การวัดปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนด้วยวิธี Additional Method (NPOC) มีค่าน้อยกว่าการวัดด้วยวิธี Differential Method (TOC) ดังเช่น โรงงานเซาท์อีสเอเชียนแพคเกจจิ้ง เป็นต้น

4.2.1.2 แบ่งตามประเภทลักษณะน้ำเสีย

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC ในตัวอย่างน้ำเสีย 3 ช่วง คือ น้ำเสียก่อนการบำบัด น้ำเสียระหว่างการบำบัด และน้ำทิ้งภายหลังการบำบัด ของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ (โรงงานเดนโซ นิคมอุตสาหกรรมโตโยต้า (สำโรง) และนิคมอุตสาหกรรมเวลโกลว์) แสดงเป็นสมการได้ดังตารางที่ 4-2 จากตารางพบว่ามีความสัมพันธ์ของค่า TOC และ NPOC ในน้ำเสียทั้ง 3 ลักษณะทุกประเภทอุตสาหกรรม โดยอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งจะพบว่ามีค่าความชัน (NPOC/TOC) ในน้ำเสียระหว่างการบำบัด และน้ำทิ้งภายหลังการบำบัดค่อนข้างน้อย คือ ประมาณ 0.69 และ 0.58 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบในน้ำเสียที่เปลี่ยนไประหว่างกระบวนการบำบัด โดยจะมีสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย (VOCs) ที่มาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ ดังนั้นการใช้วิธีการหาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนโดยวิธี Additional Method แทนวิธี Differential Method (TOC) จะต้องดูความเหมาะสมของน้ำเสียแต่ละช่วง และประเภทอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC แบ่งตามลักษณะน้ำเสีย

อุตสาหกรรม	ลักษณะน้ำเสีย	x	y	สมการ	R^2	ผล	หมายเหตุ
ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง	ก่อนการบำบัด	TOC	NPOC	y = 1.1613x - 127.83	0.9544	✓	
	ระหว่างการบำบัด	TOC	NPOC	y = 0.6864x + 5.5662	0.8409	✓	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	NPOC	y = 0.5794x + 6.4331	0.8760	✓	
สิ่งทอ	ก่อนการบำบัด	TOC	NPOC	y = 0.6995x + 164.05	0.9363	✓	
	ระหว่างการบำบัด	TOC	NPOC	y = 1.0194x - 38.588	0.9602	✓	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	NPOC	y = 0.8639x + 0.6178	0.9494	✓	
เคมีภัณฑ์	ก่อนการบำบัด	TOC	NPOC	y = 1.1098x - 1.9379	0.9370	✓	
	ระหว่างการบำบัด	TOC	NPOC	y = 1.0901x - 0.9334	0.9101	✓	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	NPOC	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
อื่น ๆ							
- เดนโซ	ก่อนการบำบัด	TOC	NPOC	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
	ระหว่างการบำบัด	TOC	NPOC	y = 1.1586x - 0.9526	0.9898	✓	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	NPOC	y = 0.7564x + 1.1424	0.9834	✓	
- นิคม ฯ โตโยต้า	ก่อนการบำบัด	TOC	NPOC	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
	ระหว่างการบำบัด	TOC	NPOC	y = 1.0286x - 5.4938	0.9821	✓	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	NPOC	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
- นิคม ฯ เวลโกลว์	ก่อนการบำบัด	TOC	NPOC	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
	ระหว่างการบำบัด	TOC	NPOC	y = 1.0598x - 1.7315	0.999	✓	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	NPOC	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ

หมายเหตุ ✓ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

× ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD

4.2.2.1 แบ่งตามประเภทอุตสาหกรรม

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD ในตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ (โรงงานเดนโซ นิคมอุตสาหกรรมโตโยต้า (สำโรง) และนิคมอุตสาหกรรมเวลโกลว์) แสดงได้ดังตารางที่ 4-3 พบว่าตัวอย่างน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการศึกษาโดยส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD (ยกเว้นโรงงานไทยโทเรซินเทติก และโรงงานเดนโซ)

ตารางที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD แบ่งตามประเภทอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรม	x	y	สมการ	R^2	ผล	หมายเหตุ
ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง						
- เซาท์อีสเอเชียนแพคเกจจิ้ง	TOC	COD	y = 3.356x + 2.3983	0.9659	✓	
- ไทยยูเนียนโฟรเซนโปรดักซ์	TOC	COD	y = 2.4356x - 8.7849	0.9976	✓	
- ยูนิคอร์ด	TOC	COD	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
รวม	TOC	COD	y = 2.6853x + 46.707	0.9474	✓	
สิ่งทอ						
- เอราวัณเทกซ์ไทล์	TOC	COD	y = 2.6113x - 15.343	0.9778	✓	
- ไทยโทเรซินเทติก	TOC	COD	-	-	×	
- ลัคกี้เทค	TOC	COD	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
- พิมพ์ย้อมผ้าไทย	TOC	COD	y = 2.7098x - 9.4074	0.9987	✓	
รวม	TOC	COD	y = 2.6155x + 6.1071	0.9863	✓	
เคมีภัณฑ์						
- ไนโตรเคมีอุตสาหกรรม	TOC	COD	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
- ระยองโอเลฟินส์	TOC	COD	y = 2.7832x + 4.1873	0.9601	✓	
รวม	TOC	COD	-	-	×	
อื่น ๆ						
- เดนโซ	TOC	COD	-	-	×	
- นิคมอุตสาหกรรมโตโยต้า	TOC	COD	y = 2.7285x + 12.948	0.9684	✓	
- นิคมอุตสาหกรรมเวลโกลว์	TOC	COD	y = 2.3372x + 8.2252	0.9994	✓	
รวมทุกประเภทอุตสาหกรรม	TOC	COD	y = 2.414x + 17.712	0.9801	✓	

หมายเหตุ ✓ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

× ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

4.2.2.2 แบ่งตามประเภทลักษณะน้ำเสีย

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD ในตัวอย่างน้ำเสีย 3 ช่วง คือ น้ำเสียก่อนการบำบัด น้ำเสียระหว่างการบำบัด และน้ำทิ้งภายหลังการบำบัด ของอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคมีภัณฑ์ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ (โรงงานเดนโซ นิคมอุตสาหกรรมโตโยต้า (สำโรง) และนิคมอุตสาหกรรมเวลโกลว์) แสดงได้ดังตารางที่ 4-4 จากตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการแยกวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่า TOC และ COD ตามลักษณะน้ำเสีย ส่วนใหญ่ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ของค่า TOC และ COD ในแต่ละประเภทอุตสาหกรรมได้ ยกเว้นอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งมีความสัมพันธ์ของค่า TOC และ COD เฉพาะน้ำเสียก่อนการบำบัด ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอนั้นมีความสัมพันธ์ของค่า TOC และ COD ในน้ำเสียทั้ง 3 ลักษณะ ทั้งนี้แสดงให้เห็นถึงลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต และกระบวนการบำบัดที่แตกต่างกันของแต่ละโรงงานในอุตสาหกรรมประเภทนั้น ๆ

ตารางที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD แบ่งตามลักษณะน้ำเสีย

อุตสาหกรรม	ลักษณะน้ำเสีย	x	y	สมการ	R^2	ผล	หมายเหตุ
ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง	ก่อนการบำบัด	TOC	COD	y = 1.7219x + 640.8	0.8824	✓	
	ระหว่างการบำบัด	TOC	COD	-	-	×	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	COD	-	-	×	
สิ่งทอ	ก่อนการบำบัด	TOC	COD	y = 2.4949x + 167.83	0.9739	✓	
	ระหว่างการบำบัด	TOC	COD	y = 2.4169x + 34.702	0.8201	✓	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	COD	y = 2.8890x - 4.7825	0.9719	✓	
เคมีภัณฑ์	ก่อนการบำบัด	TOC	COD	-	-	×	
	ระหว่างการบำบัด	TOC	COD	-	-	×	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	COD	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
อื่น ๆ							
- เดนโซ	ก่อนการบำบัด	TOC	COD	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
	ระหว่างการบำบัด	TOC	COD	-	-	×	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	COD	-	-	×	
- นิคม ฯ โตโยต้า	ก่อนการบำบัด	TOC	COD	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
	ระหว่างการบำบัด	TOC	COD	y = 3.2782x + 0.2444	0.9833	✓	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	COD	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
- นิคม ฯ เวลโกลว์	ก่อนการบำบัด	TOC	COD	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ
	ระหว่างการบำบัด	TOC	COD	y = 2.9316x - 6.8443	0.9947	✓	
	ภายหลังการบำบัด	TOC	COD	-	-	-	ข้อมูลไม่เพียงพอ

หมายเหตุ ✓ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

× ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติ

4.3.1 การทดสอบความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นการศึกษาถึงความต่างของค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ระหว่างโรงงานภายในประเภทอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษา โดยแบ่งตามลักษณะน้ำเสียของโรงงานภายในประเภทโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ๆ ซึ่งได้ผลการทดสอบความแปรปรวนแสดงดังตารางที่ 4-4 (ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ภาคผนวก จ-1)

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนโดยเฉลี่ยระหว่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ

ประเภทอุตสาหกรรม	ลักษณะน้ำเสีย	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน	
		พารามิเตอร์ที่ศึกษา	
		NPOC/TOC	COD/TOC
1. รวมทุกประเภทอุตสาหกรรม	ก่อนบำบัด	✓	✓
	ระหว่างบำบัด	✓	✓
	หลังบำบัด	✓	×
2 ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง	ก่อนบำบัด	✓	×
	ระหว่างบำบัด	✓	✓
	หลังบำบัด	✓	✓
3. สิ่งทอ	ก่อนบำบัด	×	✓
	ระหว่างบำบัด	✓	✓
	หลังบำบัด	✓	✓
4. เคมีภัณฑ์	ก่อนบำบัด	-	-
	ระหว่างบำบัด	-	-
	หลังบำบัด	-	-

หมายเหตุ ✓ มีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างพารามิเตอร์ไม่แตกต่างกัน

× มีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างพารามิเตอร์แตกต่างกัน

\- ข้อมูลไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 4-4 พบว่าความต่างของค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแต่ละลักษณะน้ำเสียของรวมทุกประเภทอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมแต่ละประเภทโดยรวมมีค่าไม่แตกต่างกัน ยกเว้นค่า NPOC/TOC ของน้ำเสียก่อนการบำบัดของอุตสาหกรรมสิ่งทอ ค่า COD/TOC ของน้ำเสียหลังการบำบัดของรวมทุกประเภทอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง ทั้งนี้แสดงให้เห็นถึงลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตและกระบวนการบำบัดที่แตกต่างกันของแต่ละโรงงานและแต่ละประเภทอุตสาหกรรม

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC, NPOC และ COD ของสารละลายมาตรฐาน

จากการทดลองหาปริมาณสารอินทรีย์ของสารละลายมาตรฐาน 2 ชนิด คือ กลูโคส และโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) เมื่อนำมาทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง สามารถสรุปความสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์เป็นสมการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่ายได้ดังตารางที่ 4-5 (การทดสอบสมมติฐานจากการใช้โปรแกรม SPSS ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสารละลายมาตรฐาน

สารมาตรฐาน	สมการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S_e)
1. KHP	NPOC = 1.000TOC	0.998	3.277
	COD = 3.025TOC - 48.144	0.997	12.101
	COD = 3.015NPOC -40.644	0.992	15.296
2. กลูโคส ($C_6H_{12}O_6$)	NPOC = 1.000TOC	0.982	14.932
	COD = 2.480TOC	0.961	65.731
	COD = 2.450NPOC	0.974	53.445

4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC, NPOC และ COD ของน้ำเสียจากอุตสาหกรรม

จากการทดลองหาปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ คือ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ เมื่อนำมาทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง เพื่อใช้ในการสร้างสมการประมาณค่าสำหรับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมนั้น ๆ สามารถสรุปความสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์ในแต่ละประเภทอุตสาหกรรมเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่ายสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมได้ดังตารางที่ 4-6 (สามารถดูผลการทดสอบสมมติฐานจากการใช้โปรแกรม SPSS ได้ในภาคผนวก ง ตารางที่ จ-2 และตารางที่ จ-3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-7 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำเสียจากอุตสาหกรรม

ประเภทโรงงาน	ประเภทน้ำเสีย	สมการถดถอยเชิงเส้นตรง	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S_e)
ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง	น้ำเสียก่อนบำบัด	NPOC = 1.161TOC	0.950	62.325
		COD = 1.722TOC + 640.796	0.882	154.23
	น้ำเสียระหว่างบำบัด	NPOC = 1.062TOC	0.982	14.932
		COD = 3.088TOC	0.961	65.731
	น้ำเสียหลังบำบัด	NPOC = 0.579TOC + 6.433	0.876	2.264
		×	×	×
สิ่งทอ	น้ำเสียก่อนบำบัด	NPOC = 0.699TOC	0.936	86.008
		COD = 2.495TOC	0.974	192.405
	น้ำเสียระหว่างบำบัด	NPOC = 1.019TOC	0.968	41.639
		COD = 2.417TOC	0.820	255.321
	น้ำเสียหลังบำบัด	NPOC = 0.864TOC	0.949	11.802
		COD = 2.889TOC	0.972	29.034
เคมีภัณฑ์	น้ำเสียก่อนบำบัด	NPOC = 1.110TOC	0.937	1.718
		×	×	×
	น้ำเสียระหว่างบำบัด	NPOC = 1.090TOC	0.910	0.846
		×	×	×
	น้ำเสียหลังบำบัด	-	-	-
		-	-	-

หมายเหตุ × ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

\- ข้อมูลไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-7 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำเสียจากอุตสาหกรรม

ประเภทโรงงาน	ประเภทน้ำเสีย	สมการถดถอยเชิงเส้นตรง	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S_e)
อื่น ๆ				
1. นิคม ฯ โตโยต้า (สำโรง)	น้ำเสียก่อนบำบัด	-	-	-
	น้ำเสียระหว่างบำบัด	NPOC = 1.029TOC	0.982	5.307
		COD = 3.278COD	0.983	16.322
	น้ำเสียหลังบำบัด	-	-	-
2. นิคม ฯ เวลโกลว์	น้ำเสียก่อนบำบัด	-	-	-
	น้ำเสียระหว่างบำบัด	NPOC = 1.060TOC	0.999	0.367
		COD = 2.932TOC	0.995	2.299
	น้ำเสียหลังบำบัด	-	-	-
3. เดนโซ	น้ำเสียก่อนบำบัด	-	-	-
	น้ำเสียระหว่างบำบัด	NPOC = 1.158TOC	0.990	0.824
		×	×	×
	น้ำเสียหลังบำบัด	NPOC = 0.756TOC + 1.144	0.983	0.000
		×	×	×
รวม	น้ำเสียก่อนบำบัด	NPOC = 0.839TOC	0.962	77.913
		COD = 2.563TOC	0.978	180.252
	น้ำเสียระหว่างบำบัด	NPOC = 0.967TOC	0.984	22.372
		COD = 2.556TOC	0.935	118.075
	น้ำเสียหลังบำบัด	NPOC = 0.862TOC	0.957	7.563
		COD = 2.860TOC	0.954	25.941

หมายเหตุ × ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

\- ข้อมูลไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการถดถอยเชิงเส้นตรงที่ได้สามารถใช้ในการประมาณค่า COD หรือ NPOC จากค่า TOC ของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมได้ โดยในการเลือกใช้สมการดังกล่าวจำเป็นต้องพิจารณาถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S_e) โดยพบว่าสมการที่มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการประมาณค่า ควรมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เข้าใกล้ 1 และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S_e) ควรมีค่าน้อยเข้าใกล้ศูนย์ จากตารางที่ 4-7 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ NPOC ของน้ำเสียระหว่างการบำบัดในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ดังสมการ NPOC=1.062TOC (R^2= 0.982, S_e=14.932) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC และ COD ของน้ำทิ้งหลังการบำบัดในอุตสาหกรรมสิ่งทอมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ดังสมการ COD = 2.889TOC (R^2= 0.972 , S_e=29.034) อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อความถูกต้องของสมการความสัมพันธ์ เช่น จำนวนตัวอย่างน้ำเสียที่นำมาวิเคราะห์ คุณลักษณะของตัวอย่างน้ำเสีย กระบวนการผลิต และกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานหรืออุตสาหกรรมนั้น ๆ เป็นต้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นสำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) และค่าซีโอดี โดยทำการศึกษาจากโรงงานอุตสาหกรรม 4 ประเภท คือ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ คือ นิคมอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนรถยนต์ ของน้ำเสียตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด ระหว่างการบำบัด และน้ำทิ้งหลังการบำบัด แล้ววิเคราะห์ค่าทีโอซีโดยวิเคราะห์ 2 วิธี คือ วิธี Differential method (TOC) และวิธี Additional method (NPOC) และวิเคราะห์ค่าซีโอดี (COD)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) โดยพิจารณาผลของค่าเฉลี่ยของ N POC/TOC และCOD/TOC ในแต่ละประเภทโรงงาน และรวมทุกกลุ่มประเภทอุตสาหกรรม พบว่าค่าเฉลี่ยของ NPOC/TOC และ COD/TOC โดยส่วนใหญ่แล้วภายในแต่ละประเภทอุตสาหกรรมจะใกล้เคียงกัน นั่นคือคุณลักษณะของน้ำเสียภายในประเภทอุตสาหกรรมของแต่ละอุตสาหกรรมไม่แตกต่างกัน ยกเว้นน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดของอุตสาหกรรมสิ่งทอสำหรับค่า NPOC/TOC น้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง และน้ำทิ้งหลังการบำบัดของรวมทุกประเภทอุตสาหกรรม สำหรับค่า COD/TOC แสดงให้เห็นถึงลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต และกระบวนการบำบัดที่แตกต่างกันของแต่ละโรงงาน และแต่ละประเภทอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์ความถดถอย และสหสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) พบว่าสมการความถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC กับค่า NPOC ของน้ำเสียระหว่างการบำบัดในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการ NPOC=1.062TOC (R^2= 0.982, S_e=14.932) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่าTOC กับค่า COD สมการของน้ำทิ้งหลังการบำบัดในอุตสาหกรรมสิ่งทอมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ดังสมการ COD = 2.889TOC (R^2= 0.972, S_e=29.034) โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ (R^2) ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S_e) ที่มีค่าต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ให้เกิดความหลากหลายมากขึ้น
2) ควรเพิ่มจำนวนครั้งการเก็บน้ำเสียตัวอย่างในแต่ละจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมให้มากขึ้น เพื่อให้เป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่มประชากร
3) ในการศึกษาความสัมพันธ์ควรระบุประเภทอุตสาหกรรม และจำนวนตัวอย่างให้ชัดเจน เนื่องจากแต่ละประเภทอุตสาหกรรมจะมีคุณลักษณะของน้ำเสียที่แตกต่างกันตามกระบวนการผลิต และกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานหรืออุตสาหกรรมนั้น ๆ ส่วนจำนวนตัวอย่างจะมีผลต่อความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือในการนำไปใช้ของสมการความถดถอยที่ได้
4) ควรเก็บน้ำเสียตัวอย่างในจุดเก็บตัวอย่างเดิมมาวิเคราะห์แล้วแทนค่าลงในสมการความถดถอยที่ได้เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และน่าเชื่อถือของสมการ
5) อาจนำข้อมูลค่าทีโอซี และค่าซีโอดีของงานวิจัยอื่น ๆ ที่ได้วิเคราะห์ไว้ ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิมาศึกษาความสัมพันธ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548. **สถิติสำหรับงานวิจัย**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรรณิการ์ สิริสิงห, 2538. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร:บริษัทประยูรวงศ์ จำกัด.

กรองแก้ว ทิพยศักดิ์, 2547. **ทรัพยากรแหล่งน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พัชรียา ฉัตรเท, 2540. **การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและบีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานกำจัดขยะ และอาคาร.** ใน เอกสารรายงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 8 ว. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

มั่นรักษ์ ตัณทุลเวศน์, มั่นสิน ตัณทุลเวศน์, 2545. **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุพดี วัยคุณา, 2542. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี.** กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.

ยุพา ตันทวี, 2547. **การควบคุมมลพิษทางน้ำ**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ระพินทร์ โพธิ์ศรี, 2549. **สถิติเพื่อการวิจัย**. กรุงเทพมหานคร: ด่านสุทธาการพิมพ์.

วรพรรณ ชินฉลอง, วีรยา เพี้ยนผล, ศวรรยา เลาหประภานนท์, 2004. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าทีโอซี ซีโอดี บีโอดี และค่าการดูดกลืนแสงยูวีของสารประกอบอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม. กรุงเทพมหานคร: **ปริญญานิพนธ์** คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

APHA 2000. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20th ed. Hanover : EPS Group, Inc.

Fadini P. S., Jardim W. F. and Guimaraes J. R. 2004. Evaluation of organic load measurement techniques in a sewage and waste stabilization pond. **J. Braz. Soc**. 15: 1

Wilson F. 1993. Prediction Of Rotating Biological Contactor Efficiency Using TOC. **Environmental Engineering**. 119: 3, 3946

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

กรมโรงงานอุตสาหกรรม [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.diw.go.th (เข้าสืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2550)

กรมควบคุมมลพิษ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th (เข้าสืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-1) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษ และเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. ๒๕๔๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือ หรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม

พ.ศ. ๒๕๔๗

อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๑๕ ทวิ และข้อ ๑๕ ทวิ (๑) วรรคสอง แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๓๕) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยกฎกระทรวง ฉบับที่ ๑๑ (พ.ศ. ๒๕๓๙) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ และมาตรา ๕๐ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้ โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้โรงงานตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ ที่มีการระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน ดังต่อไปนี้

๑.๑ โรงงานที่มีปริมาณน้ำทิ้งเกินกว่า ๑๐,๐๐๐ ลูกบาศก์เมตรต่อวันขึ้นไป

๑.๒ โรงงานที่มีปริมาณน้ำทิ้งตั้งแต่ ๓,๐๐๐ ลูกบาศก์เมตรต่อวันขึ้นไป จนถึง ๑๐,๐๐๐ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือมีปริมาณความสกปรกในรูปของปริมาณบีโอดีช่วงไหลเข้า (Influent BOD Load) ตั้งแต่ ๔,๐๐๐ กิโลกรัม ต่อวันขึ้นไป

ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม เพื่อรายงานการระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงานเข้ากับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม เว้นแต่โรงงานที่ไม่มีการระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงานและโรงงานที่มีการนำน้ำทิ้งไปบำบัดที่โรงงานปรับคุณภาพของเสียรวม (Central Waste Treatment Plant) ไม่ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ ๒ ให้โรงงานตามที่กำหนดในข้อ ๑ ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติมดังต่อไปนี้

๒.๑ ติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำทิ้งออกจากโรงงานและติดตั้งมาตรวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียโดยเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำทิ้งออกจากโรงงานและมาตรวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าดังกล่าว จะต้องสามารถให้สัญญาณไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเพื่อส่งเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ของโรงงานเพื่อบันทึกข้อมูลและแสดงข้อมูลย้อนหลังได้อย่างต่อเนื่อง

๒.๒ ติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) และหรือเครื่องตรวจวัดค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ซึ่งวิเคราะห์โดยสุ่มตัวอย่างน้ำทิ้งนำมาวัดได้อย่างต่อเนื่อง และวิธีการวิเคราะห์จะต้องเป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียของสมาคมสิ่งแวดล้อมประเทศไทย หรือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง American Public Health Association , American Water Work Association และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริการ่วมกันกำหนดไว้ด้วย

โรงงานใดจะต้องติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าบีโอดี หรือเครื่องตรวจวัดค่าซีโอดี หรือติดตั้งเครื่องตรวจวัดทั้งสองชนิดดังกล่าว ต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ข้อ ๓ ติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์ปรับเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำทิ้งออกจากโรงงานและมาตรวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากระบบบำบัดน้ำเสีย รวมถึงค่าวิเคราะห์ตามข้อ ๒.๒ เป็นสัญญาณที่สามารถจัดส่งไปได้ไกลด้วยระบบเครือข่ายคมนาคมประเภทต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์ วิทยุ หรือสัญญาณดาวเทียมเพื่อส่งสัญญาณอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาหรือเป็นครั้งคราวตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดไปยังกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสถานที่ที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดโดยมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

๓.๑ มีระบบสัญญาณเตือนเมื่อค่าบีโอดีหรือค่าซีโอดีที่วัดได้เกินกว่าที่กำหนดในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ เกี่ยวกับการกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๓.๒ สามารถส่งสัญญาณไปยังจุดรับสัญญาณ สำหรับระบบบันทึกผล หรือระบบควบคุมที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเป็นผู้จัดเตรียมไว้ภายนอกได้

๓.๓ สามารถต่อเชื่อมและใช้งานกับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

๓.๔ สามารถควบคุมการทำงานจากระบบควบคุมระยะไกล

ทั้งนี้ ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหกเดือน สำหรับกรณีตามข้อ ๑.๑ และเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งปีสำหรับกรณีตามข้อ ๑.๒ นับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๗

(นายพินิจ จารุสมบัติ)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-2) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษ และเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๔๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือ
หรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒)
พ.ศ. ๒๕๔๘

อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๑๕ ทวิ และข้อ ๑๕ ทวิ (๑) วรรคสอง แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๓๕) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยกฎกระทรวง ฉบับที่ ๑๑ (พ.ศ. ๒๕๓๙) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ และมาตรา ๕๐ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้ โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นข้อ ๑.๓ และข้อ ๑.๔ แห่งประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. ๒๕๔๗ ดังนี้

"๑.๓ โรงงานที่มีปริมาณน้ำทิ้งตั้งแต่ ๑,๐๐๐ ลูกบาศก์เมตรต่อวันขึ้นไป แต่ไม่ถึง ๓,๐๐๐ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

๑.๔ โรงงานที่มีปริมาณน้ำทิ้งตั้งแต่ ๕๐๐ ลูกบาศก์เมตรต่อวันขึ้นไป แต่ไม่ถึง ๑,๐๐๐ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน"

ข้อ ๒ ให้ยกเลิกความในข้อ ๒.๒ แห่งประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. ๒๕๔๗ และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"๒.๒ ติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) และหรือเครื่องตรวจวัดค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ของน้ำทิ้งที่สามารถให้สัญญาณไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องและส่งเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ของโรงงานเพื่อบันทึกข้อมูลและแสดงข้อมูลย้อนหลังได้อย่างต่อเนื่อง โรงงานใดจะต้องติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าบีโอดีหรือเครื่องตรวจวัดค่าซีโอดี หรือติดตั้งเครื่องตรวจวัดทั้งสองชนิดดังกล่าว ต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม"

/ ข้อ ๓ สำหรับกรณี...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ ๓ สำหรับกรณีตามข้อ ๑.๓ และข้อ ๑.๔ แห่งประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. ๒๕๔๗ ให้มีผลใช้บังคับ ดังนี้

๓.๑ กรณีตามข้อ ๑.๓ ให้มีผลใช้บังคับในวันที่ ๑๔ มกราคม พ.ศ. ๒๕๔๙

๓.๒ กรณีตามข้อ ๑.๔ ให้มีผลใช้บังคับในวันที่ ๑๔ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๙

ประกาศ ณ วันที่ ๗ มกราคม พ.ศ. ๒๕๔๘

(นายพงษ์ศักดิ์ รักตพงศ์ไพศาล)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประกาศราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม ๑๒๒ ตอนที่ ๑๘ ง ลงวันที่ ๓ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๔๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-3) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๔๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า ๑๑
เล่ม ๑๒๓ ตอนที่ ๑๑๐ ง ราชกิจจานุเบกษา ๑๙ ตุลาคม ๒๕๔๙

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๔๙

ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. ๒๕๔๗ และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๔๘ ซึ่งกำหนดให้โรงงานติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติมให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด นั้น

ปรากฏว่าผู้ประกอบกิจการโรงงานจำนวนมากที่เข้าข่ายจะต้องดำเนินการตามประกาศดังกล่าวยังไม่มีความพร้อมในการดำเนินการให้แล้วเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากมีปัญหาและอุปสรรคเกี่ยวกับเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษที่จะนำมาติดตั้งดังกล่าว ยังมีราคาค่อนข้างสูงมากและจะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้น เพื่อเป็นการบรรเทาภาระของผู้ประกอบกิจการโรงงาน สมควรขยายระยะเวลาการติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติมออกไปอีก

อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๑๕ ทวิ และข้อ ๑๕ ทวิ (๑) วรรคสอง แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๓๕) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยกฎกระทรวง ฉบับที่ ๑๑ (พ.ศ. ๒๕๓๙) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ มาตรา ๕๐ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้ โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ให้ขยายระยะเวลาการติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติมของโรงงานตามที่กำหนดในข้อ ๑.๒ ของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. ๒๕๔๗ และข้อ ๑.๓ และข้อ ๑.๔ ของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. ๒๕๔๗ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๔๘ โดยขยายระยะเวลาการติดตั้งออกไปจนถึงวันที่ ๓๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๑

ประกาศ ณ วันที่ ๑๑ กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๙
สุริยะ จึงรุ่งเรืองกิจ
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-4) ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศกรมควบคุมมลพิษ
เรื่อง วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่ และระยะเวลา ในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ด้วย ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ ๓ (พ.ศ. ๒๕๓๕) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ข้อ ๖ ได้กำหนดให้กรมควบคุมมลพิษกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ ๒, จำพวกที่ ๓ และนิคมอุตสาหกรรม โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ฉะนั้น เพื่อให้การเป็นไปตามความในประกาศดังกล่าว กรมควบคุมมลพิษ จึงกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ ๒, จำพวกที่ ๓ และนิคมอุตสาหกรรม ไว้ดังต่อไปนี้

๑. การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เก็บ ณ จุดที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกเขตที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม หรือนิคมอุตสาหกรรม ในกรณีที่มีการระบายน้ำทิ้งหลายจุดให้เก็บทุกจุด

๒. วิธีการเก็บ ความถี่ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ให้เป็นไปดังนี้

(๑) โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ ๒ และจำพวกที่ ๓ ให้เก็บแบบจ้วง ๑ ครั้ง

(๒) นิคมอุตสาหกรรม ให้เก็บแบบผสมรวม โดยเก็บ ๔ ครั้งๆ ละ ๕๐๐ มิลลิลิตร ทุก ๒ ชั่วโมงต่อเนื่องกัน

ประกาศ ณ วันที่ ๒๘ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๓๕
ปกิต กิระวานิช
อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ

(ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๑๑๓ ตอนที่ ๕๑ วันที่ ๑๒ พฤศจิกายน ๒๕๓๕)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-1 การเตรียมสารละลายที่ใช้สำหรับการทดลอง

1) **สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 0.0167 โมลต่อลิตร**
   - ชั่งสารมาตรฐานปฐมภูมิโพแทสเซียมไดโครเมต 4.913 กรัม ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 280-290 องศาเซลเซียส และถูกทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์
   - นำมาละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 500 มิลลิลิตร
   - ค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 167 มิลลิลิตร และเมอร์คิวริกซัลเฟต 33.3 กรัม คนให้ละลายแล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
   - เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เก็บในขวดทึบแสงในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2) **สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร**
   - ชั่งเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต $[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O]$ 39.2 กรัม มาละลายน้ำกลั่นปริมาณ 500 มิลลิลิตร
   - เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร คนให้ละลายแล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
   - เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เก็บในขวดทึบแสงในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้นาน 1 เดือน

3) **สารละลายมาตรฐาน COD (COD 200 mg/l)**
   - ชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลตที่อบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์มาปริมาณ 170 มิลลิกรัม
   - เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไว้ใช้ได้นาน 3 เดือน

4) **สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต เข้มข้น 0.025 โมลต่อลิตร**
   - ละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต $(Na_2S_2O_3.5H_2O)$ 6.205 กรัม ด้วยน้ำกลั่น
   - เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6 โมลต่อลิตร ปริมาณ 1.5 มิลลิลิตร
   - เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

5) **สารละลายมาตรฐาน BOD (Glucose-Glutamic acid solution 198 ± 30.5 mg/l)**
   - อบกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$, reagent grade) และกรดกลูตามิก ($C_5H_9NO_4$, reagent grade) ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ 1 ชั่วโมง มาอย่างละ 150 มิลลิกรัม
   - นำมาละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) กรดซัลฟิวริกรีเอเจนท์

- ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต(Ag_2SO_4) 25 กรัม ในกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 2.5 ลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน (เนื่องจากซิลเวอร์ซัลเฟตละลายยาก ใช้เวลานานกว่าจะละลายหมด) เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

7) สารละลายเฟอร์โรอีนอินดิเคเตอร์

- ละลาย 1,10-Phenanthroline Monohydrate ($C_{12}H_8N_2.H_2O$) 1.48 กรัม และ Ferrous Sulfate Heptahydrate ($FeSO_4.7H_2O$) 0.7 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

8) สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

- เตรียม โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4 , AR grade) 8.50 กรัม ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต ($Na_2KHPO_4.7H_2O$, AR grade) 33.40 กรัม ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ((K_2HPO_4 , AR grade) 21.75 กรัม และแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl , AR grade) 1.70 กรัม
- มาละลายด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่เตรียมได้ไว้ในขวดสีชา มีอายุการใช้งานไม่เกิน 3 เดือน

9) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต

- ละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ($MgSO_4.7H_2O$, AR grade) 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา มีอายุการใช้งานไม่เกิน 3 เดือน

10) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

- ละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$, AR grade) 27.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา มีอายุการใช้งานไม่เกิน 1 เดือน

11) สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์

- ละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_2.6H_2O$, AR grade) 0.25 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา มีอายุการใช้งานไม่เกิน 3 เดือน

12) สารละลายซัลฟิวริกเข้มข้น 1.0 นอร์มอล

- เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4 , AR grade) 28 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นช้า ๆ ปล่อยไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บใส่ขวดแก้ว มีอายุการใช้งานไม่เกิน 6 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.0 นอร์มอล

- ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH , AR grade) 40 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดพลาสติก มีอายุการใช้งานไม่เกิน 6 เดือน

ข-2 การหาความเข้มข้นที่แน่นอน

1) สารละลายมาตรฐาน FAS เข้มข้น 0. 25 โมลต่อลิตร

- ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสซียมไดโครเมตเข้มข้น 0.0417 โมลต่อลิตร จำนวน 10.0 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- เติมน้ำกลั่นลงไป 90 มิลลิลิตร และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 30 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น
- นำมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน FAS เข้มข้น 0.25 โมลาร์ โดยใช้เฟอร์โรอีนเป็นอินดิเคเตอร์

<u>การคำนวณ</u>

ความเข้มข้นของสารละลาย FAS เป็นโมลต่อลิตร (Molar) คือ

$$M_f = (6M_P V_P) / V_f$$

เมื่อ M_f = ความเข้มข้นของสารละลาย FAS (โมลต่อลิตร)

M_P = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต (โมลต่อลิตร)

V_f = ปริมาตรของสารละลาย FAS ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

V_P = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตรที่ใช้ (มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

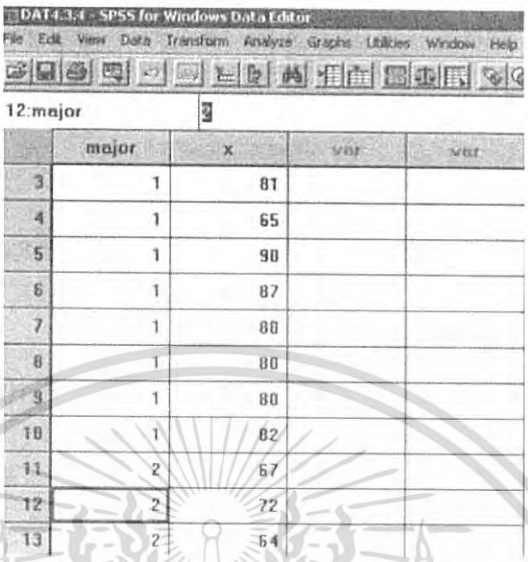
ภาคผนวก ค

วิธีการใช้โปรแกรม SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

1) สร้าง Data File หรือเปิด File ดังภาพที่ 1



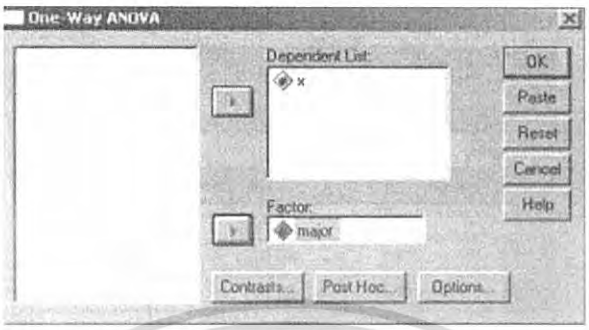
ภาพที่ 1

2) คลิก Analyze/Compare Means/ One-Way ANOVA .... ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2

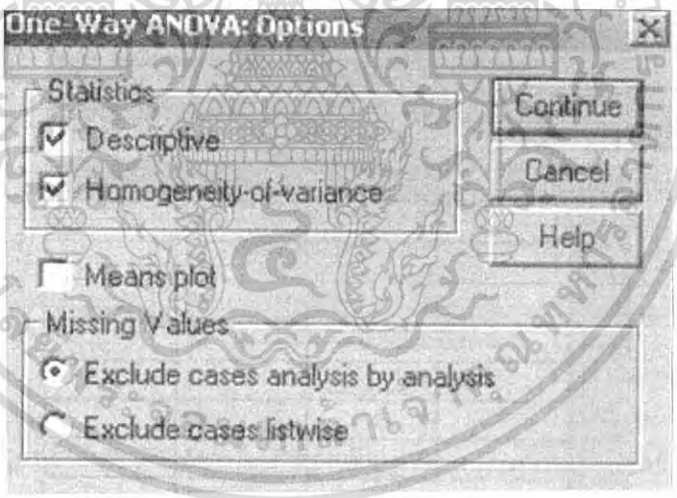
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) จะปรากฏหน้าต่างของ One-Way ANOVA ดังภาพที่ 3 เลือกตัวแปรตามที่ต้องการทดสอบไปไว้ในช่อง Dependent List และเลือกตัวแปรต้นที่ต้องการทดสอบไว้ในช่อง Factor ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3

4) จากภาพที่ 3 เลือก Option จะปรากฏหน้าต่างของ One-Way ANOVA: Option ในเมนูย่อย Statistic เลือก Descriptive จะแสดงจำนวนค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าประมาณแบบช่วงของตัวแปรเชิงปริมาณของแต่ละกลุ่มย่อย และเลือก Homogeneity-of-variance เพื่อทดสอบความแปรปรวน ดังภาพที่ 4

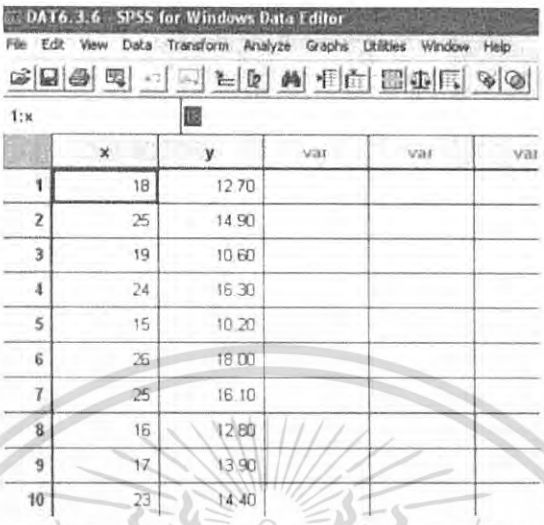


ภาพที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

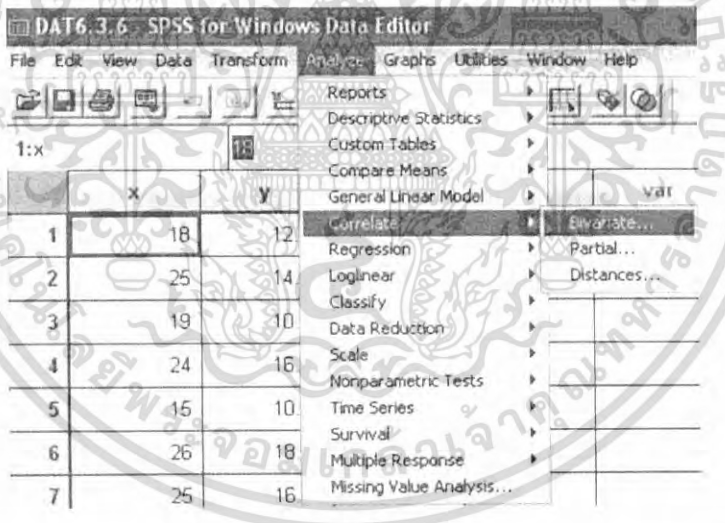
ค-2 การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression)

1) สร้าง Data File หรือเปิด File ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1

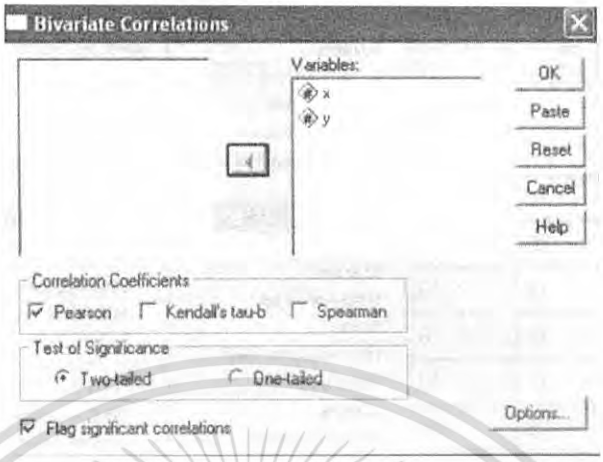
2) คลิก Analyze/Correlation/Bivariate... ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2

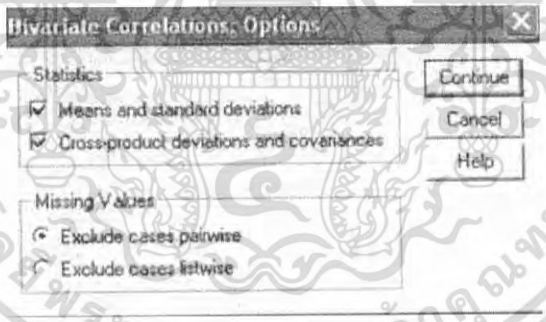
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) จะปรากฏหน้าต่าง Bivariate Correlation ดังภาพที่ 3 เลือกตัวแปร x และ y ไว้ที่ช่อง Varliables



ภาพที่ 3

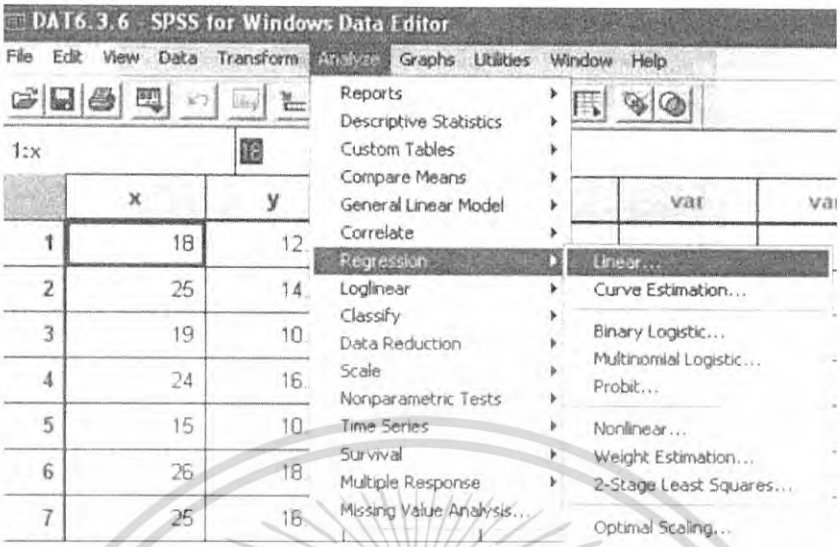
4) จากภาพที่ 3 คลิก Option… จะปรากฏหน้าต่าง Bivariate Correlation: Option ดังภาพที่ 4 ในช่อง Statistics คลิกเลือกในช่อง Means and standard deviation (ถ้าต้องการหาค่าสถิติเบื้องต้นของสองตัวแปร) และ Cross product deviation and covariances คลิก Continue เมื่อเรียบร้อยแล้วคลิก OK



ภาพที่ 4

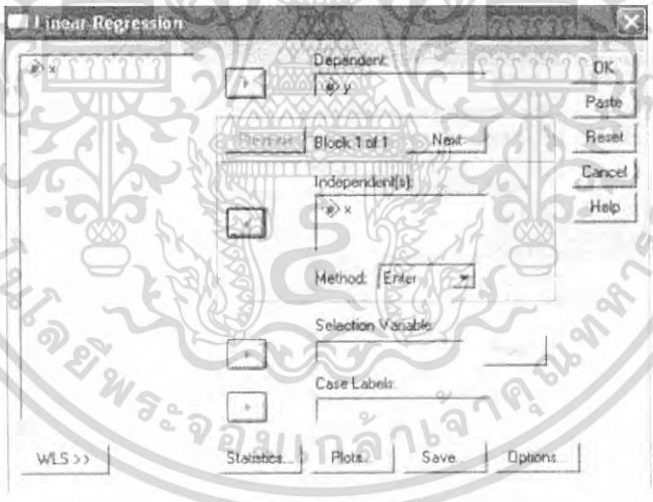
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) คลิก Analyze/Regression/ Linear… ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5

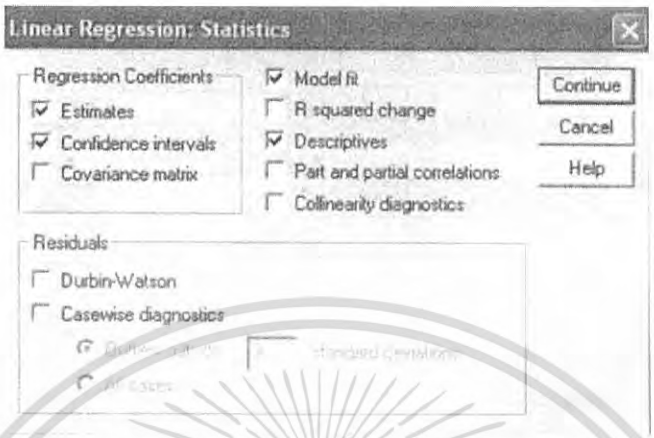
6) จะปรากฏหน้าต่างของ Linear Regression ดังภาพที่ 6 เลือกตัวแปรต้น (x) ไว้ในช่อง Independent (s) และเลือกตัวแปรตาม (y) ไว้ในช่อง Dependent



ภาพที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) จากภาพที่ 6 คลิก Statistics… จะปรากฏหน้าต่าง Linear Regression: Statistics ดังภาพที่ 7 ในช่อง Regression Coefficients คลิกเลือกคำสั่งย่อย คลิก Continue เมื่อเรียบร้อยแล้วคลิก OK ซึ่งจะได้ผลการวิเคราะห์ออกมา



ภาพที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-1 ผลการวิเคราะห์ค่า TOC และ COD ของสารละลายมาตรฐาน

สารมาตรฐาน	ความเข้มข้น (mg/l)	TOC (mg C/L)			COD (mg O_2/L)	
		ค่าตามทฤษฎี	ค่าที่ได้จากการทดลอง		ค่าตามทฤษฎี	ค่าที่ได้จากการทดลอง
			TC-IC	NPOC		
KHP	174	81.78	89.3	87.6	204.45	212.0
KHP	174	81.78	89.5	87.6	204.45	228.0
KHP	174	81.78	93.3	89.4	204.45	240.0
KHP	194	91.18	95.3	97.1	227.95	234.0
KHP	194	91.18	94.6	96.7	227.95	235.0
KHP	194	91.18	89.4	89.0	227.95	229.0
KHP	194	91.18	92.0	91.7	227.95	232.0
KHP	228	107.16	106.5	103.1	267.90	279.0
KHP	266	125.02	123.7	119.7	312.55	308.0
KHP	266	125.02	120.4	118.1	312.55	313.0
KHP	266	125.02	121.3	114.6	312.55	317.0
KHP	428	201.16	212.4	207.3	502.90	612.0
KHP	545	256.15	248.3	241.9	640.38	723.0
KHP	660	310.20	315.6	319.2	775.50	886.0
Glucose	279	111.60	122.3	119.1	297.97	235.0
Glucose	279	111.60	119.7	115.4	297.97	599.0
Glucose	279	111.60	117.1	113.2	297.97	261.0
Glucose	514	205.60	214.0	220.0	548.95	530.0
Glucose	644	257.60	256.6	287.7	687.79	657.0
Glucose	852	340.80	356.2	340.6	909.94	893.0
Glucose	875	350.00	344.9	350.4	934.50	943.0
Glucose	875	350.00	344.1	349.1	934.50	929.0
Glucose	1200	480.00	493.4	491.3	1281.60	1290.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-2 ผลการวิเคราะห์ค่า TOC และ COD ของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอาหาร

ประเภทโรงงาน	โรงงาน	จุดที่เก็บตัวอย่าง	ผลการทดสอบ				NPOC / TOC	TOC / COD
			TOC (mg C/L)		COD (mg O2/L)			
			TC - IC	NPOC	total COD	soluble COD		
1. อาหาร	1. เช้าท์อีส เอเชี่ยน แพคเกจจิ้ง	ก่อนบำบัด	615.00	591.70	1,388.38	2,016.00	0.96	0.31
			447.00	288.60	4,032.00	1,322.88	0.65	0.34
			354.50	216.30	2,096.64	1,290.24	0.61	0.27
			278.30	253.90	4,032.00	1,128.96	0.91	0.25
			232.20	200.30	2,741.76	967.68	0.86	0.24
		บ่อ YC	99.68	73.82	219.56	159.73	0.74	0.62
		หลังบำบัด	22.10	21.52	51.30	50.05	0.97	0.44
			37.60	29.44	51.40	46.59	0.78	0.81
			25.40	21.42	451.58	103.22	0.84	0.25
			25.97	22.00	129.02	112.90	0.85	0.23
	2. ไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักซ์	ก่อนบำบัด	812.20	844.60	2,131.01	2,026.07	1.04	0.40
			764.00	756.60	1,759.70	1,791.06	0.99	0.43
		บ่อเติมอากาศ	45.57	46.51	132.38	138.03	1.02	0.33
			34.33	36.71	76.68	35.52	1.07	0.97
		บ่อตกตะกอน	47.66	25.81	122.69	130.77	0.54	0.36
			19.38	14.27	148.08	63.58	0.74	0.30
		หลังบำบัด	36.06	24.39	94.44	45.20	0.68	0.80
			12.10	10.64	33.90	13.72	0.88	0.88
	3. ยูนิคอร์ด	ก่อนบำบัด	703.40	710.60	2623.65	1826.9	1.01	0.39
		บ่อตกตะกอน	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		หลังบำบัด	15.95	17.12	63.58	43.46	1.07	0.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-3 ผลการวิเคราะห์ค่า TOC และ COD ของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอ

ประเภทโรงงาน	โรงงาน	จุดที่เก็บตัวอย่าง	ผลการทดสอบ				NPOC/TOC	TOC/COD
			TOC (mg C/L)		COD (mg O_2/L)			
			TC - IC	NPOC	total COD	soluble COD		
2. สิ่งทอ	1. Erawan Textile	ก่อนบำบัด	1,362.00	1,061.00	3,748.00	3,716.00	0.78	0.37
			1,354.00	1,183.00	3,277.06	3,260.99	0.87	0.42
			1,313.00	961.40	4,124.00	3,700.00	0.73	0.35
			1,318.00	1,160.00	3,357.38	3,341.31	0.88	0.39
		บ่อตกตะกอน	175.50	171.40	578.30	562.24	0.98	0.31
			443.40	361.20	626.50	610.40	0.81	0.73
			221.80	178.80	494.77	493.16	0.81	0.45
			337.10	253.60	1,239.00	1,019.00	0.75	0.33
		หลังบำบัด	139.00	110.00	524.00	470.00	0.79	0.30
			141.60	136.40	365.00	330.00	0.96	0.43
			138.00	83.27	380.72	377.50	0.60	0.37
			115.40	118.20	374.29	367.87	1.02	0.31
	2. ไทยโทเร-ซินเทติก	หลังบำบัด	4.54	6.31	21.22	17.95	1.39	0.25
			8.27	8.47	27.74	26.11	1.02	0.32
			8.27	8.47	26.11	22.85	1.02	0.36
			4.63	6.16	19.58	17.95	1.33	0.26
			8.08	7.79	26.11	22.85	0.97	0.35
			16.83	7.69	26.11	24.48	0.46	0.69
			4.73	6.64	16.32	14.69	1.40	0.32
			16.83	7.69	27.74	24.48	0.46	0.69
			8.05	7.78	32.64	21.22	0.97	0.38
			7.41	8.41	14.69	9.79	1.13	0.76
			7.83	7.55	27.74	21.22	0.96	0.37
			7.69	7.68	24.48	19.58	1.00	0.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-4 ผลการวิเคราะห์ค่า TOC และ COD ของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทเคมีภัณฑ์

ประเภทโรงงาน	โรงงาน	จุดที่เก็บตัวอย่าง	ผลการทดสอบ				NPOC / TOC	TOC / COD
			TOC (mg C/L)		COD (mg O_2/L)			
			TC - IC	NPOC	total COD	soluble COD		
3. เคมีภัณฑ์	1. ไนโตรเคมีอุตสาหกรรม	บ่อตกตะกอน	12.14	12.15	106.23	71.63	1.00	0.17
		ST	10.88	11.01	94.97	62.77	1.01	0.17
		หลังบำบัด	7.24	8.52	54.56	47.48	1.18	0.15
	2. ระยองโอเลฟินส์	E	19.69	18.33	57.12	52.22	0.93	0.38
		F	21.41	21.18	70.18	63.65	0.99	0.34
		G	23.25	25.48	81.60	73.44	1.10	0.32
		B	10.36	10.46	40.80	31.01	1.01	0.33
		C	13.67	13.04	47.33	44.06	0.95	0.31
		D	14.43	15.54	53.86	45.70	1.08	0.32
		A	5.69	6.03	24.48	21.22	1.06	0.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-5 ผลการวิเคราะห์ค่า TOC และ COD ของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอื่น

ประเภทโรงงาน	โรงงาน	จุดที่เก็บตัวอย่าง	ผลการทดสอบ				NPOC/TOC	TOC/COD
			TOC (mg C/L)		COD (mg O_2/L)			
			TC - IC	NPOC	total COD	soluble COD		
4. อื่นๆ	1. เดนโซ	ก่อนบำบัด	8.56	7.90	45.00	30.00	0.92	0.29
			14.59	13.44	45.00	49.00	0.92	0.30
		บ่อตกตะกอน	7.25	7.08	44.00	31.00	0.98	0.23
			16.00	19.00	21.00	18.00	1.19	0.89
			16.38	18.64	43.90	31.36	1.14	0.52
			6.29	5.99	21.22	17.95	0.95	0.35
			3.66	3.25	31.00	14.00	0.89	0.26
			18.00	19.00	21.00	20.00	1.06	0.90
			17.90	19.07	31.36	14.11	1.07	1.27
			3.76	3.74	21.22	19.58	0.99	0.19
		หลังบำบัด	6.73	6.44	27.00	16.00	0.96	0.42
			15.00	12.00	18.00	16.00	0.80	0.94
			14.76	12.36	34.50	23.52	0.84	0.63
			6.09	5.62	17.95	16.32	0.92	0.37
			4.88	4.52	34.00	24.00	0.93	0.20
			9.00	8.00	13.00	10.00	0.89	0.90
			8.66	7.85	26.66	15.68	0.91	0.55
			2.42	2.37	13.06	9.79	0.98	0.25
			3.06	4.52	25.00	11.00	1.48	0.28
			14.00	12.00	16.00	15.00	0.86	0.93
			13.74	11.75	3.06	2.78	0.86	4.94
			5.92	5.15	16.32	14.69	0.87	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-5(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่า TOC และ COD ของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอื่น

ประเภทโรงงาน	โรงงาน	จุดที่เก็บตัวอย่าง	ผลการทดสอบ				NPOC/TOC	TOC/COD
			TOC (mg C/L)		COD (mg O_2/L)			
			TC - IC	NPOC	total COD	soluble COD		
4. อื่นๆ	2. โตโยต้าสำโรง	บ่อตกตะกอนเคมี	110.90	105.10	293.22	288.51	0.95	0.38
			69.73	66.39	236.64	215.42	0.95	0.32
			64.53	61.31	230.63	227.40	0.95	0.28
		บ่อตกตะกอนชีวภาพ	16.36	5.75	56.45	45.47	0.35	0.36
			10.48	10.28	58.75	40.80	0.98	0.26
		หลังบำบัด	12.93	12.11	64.29	40.77	0.94	0.32
			9.01	8.43	37.54	34.27	0.94	0.26
			8.86	8.48	43.55	37.09	0.96	0.24
	3. นิคมเวลโกลว์	ก่อนเข้า-SBR	202.80	185.40	484.70	481.44	0.91	0.42
		AR-SBR	25.89	25.74	70.18	66.91	0.99	0.39
		ออกจาก-SBR	21.58	20.73	63.65	58.75	0.96	0.37
		ก่อนเข้าบ่อ Lagoon	37.82	38.42	109.34	104.45	1.02	0.36
		AR-LG	17.57	17.20	45.70	44.06	0.98	0.40
		หลังบำบัด	16.07	15.87	47.33	45.70	0.99	0.35
	4. ผลิตภัณฑ์วิศวไทย	บ่อเติมอากาศ	111.60	112.50	338.28	307.81	1.01	0.36
		ตกตะกอน	75.03	76.45	248.50	193.99	1.02	0.39
		หลังบำบัด	111.40	111.10	387.97	312.62	1.00	0.36
	5. ปัญจพลไฟเบอร์คอนเทนเนอร์	ก่อนบำบัด	536.40	349.10	1,851.00	1,513.00	0.65	0.35
		บ่อเติมอากาศ	35.89	31.41	246.27	223.73	0.88	0.16
		หลังบำบัด	17.60	16.65	80.48	74.85	0.95	0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-1 ผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ของสารละลายมาตรฐาน

สารมาตรฐาน	พารามิเตอร์ที่ศึกษา	ผลการทดสอบทางสถิติ								
		ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง			β_0			β_1		
		Sig.	α	ผล	Sig.	α	ผล	Sig.	α	ผล
1. KHP	TOC และ NPOC	0.000	0.05	*	0.310	0.05	NS	0.000	0.05	1.000*
	TOC และ COD	0.000	0.05	*	0.000	0.05	48.144*	0.000	0.05	3.025*
	NPOC และ COD	0.000	0.05	*	0.004	0.05	40.644*	0.000	0.05	3.015*
2. กลูโคส ($C_6H_{12}O_6$)	TOC และ NPOC	0.000	0.05	*	0.861	0.05	NS	0.000	0.05	1.000*
	TOC และ COD	0.000	0.05	*	0.580	0.05	NS	0.000	0.05	2.480*
	NPOC และ COD	0.000	0.05	*	0.585	0.05	NS	0.000	0.05	2.450*

หมายเหตุ; * คือ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS คือ ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-2 ผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ของอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ

ประเภทอุตสาหกรรม	ประเภทน้ำเสีย	พารามิเตอร์	ผลการทดสอบทางสถิติ								
			ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง			β_0			β_1		
			Sig.	α	ผล	Sig.	α	ผล	Sig.	α	ผล
1. ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง	ก่อนบำบัด	TOC และ NPOC	0.000	0.05	*	0.073	0.05	NS	0.000	0.05	0.964*
		TOC และ COD	0.001	0.05	*	0.005	0.05	640.796*	0.001	0.05	1.722*
		NPOC และ COD	0.001	0.05	*	0.001	0.05	859.386*	0.001	0.05	1.423*
	ระหว่างบำบัด	TOC และ NPOC	0.000	0.05	*	0.274	0.05	NS	0.000	0.05	1.062*
		TOC และ COD	0.001	0.05	*	0.343	0.05	NS	0.001	0.05	3.088*
		NPOC และ COD	0.000	0.05	*	0.835	0.05	NS	0.000	0.05	2.902*
	หลังบำบัด	TOC และ NPOC	0.002	0.05	*	0.055	0.05	6.433*	0.002	0.05	0.579*
		TOC และ COD	0.584	0.05	NS	×	0.05	×	×	0.05	×
		NPOC และ COD	0.433	0.05	NS	×	0.05	×	×	0.05	×
2. สิ่งทอ	ก่อนบำบัด	TOC และ NPOC	0.000	0.05	*	0.121	0.05	NS	0.000	0.05	0.699*
		TOC และ COD	0.000	0.05	*	0.433	0.05	NS	0.000	0.05	2.495*
		NPOC และ COD	0.003	0.05	*	0.839	0.05	NS	0.003	0.05	3.222*
	ระหว่างบำบัด	TOC และ NPOC	0.000	0.05	*	0.317	0.05	NS	0.000	0.05	1.019*
		TOC และ COD	0.005	0.05	*	0.877	0.05	NS	0.005	0.05	2.417*
		NPOC และ COD	0.002	0.05	*	0.515	0.05	NS	0.002	0.05	2.401*

ตารางที่ จ-2 (ต่อ) ผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ของอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ

ประเภทอุตสาหกรรม	ประเภทน้ำเสีย	พารามิเตอร์	ผลการทดสอบทางสถิติ								
			ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง			β_0			β_1		
			Sig.	α	ผล	Sig.	α	ผล	Sig.	α	ผล
2. สิ่งทอ	หลังบำบัด	TOC และ NPOC	0.000	0.05	*	0.863	0.05	NS	0.005	0.05	0.864*
		TOC และ COD	0.000	0.05	*	0.588	0.05	NS	0.004	0.05	2.889*
		NPOC และ COD	0.000	0.05	*	0.987	0.05	NS	0.000	0.05	3.170*
3. เคมีภัณฑ์	ก่อนบำบัด	TOC และ NPOC	0.032	0.05	*	0.675	0.05	NS	0.032	0.05	1.110*
		TOC และ COD	0.846	0.05	NS	×	0.05	×	×	0.05	×
		NPOC และ COD	0.910	0.05	NS	×	0.05	×	×	0.05	×
	ระหว่างบำบัด	TOC และ NPOC	0.048	0.05	*	0.786	0.05	NS	0.046	0.05	1.090*
		TOC และ COD	0.710	0.05	NS	×	0.05	×	×	0.05	×
		NPOC และ COD	0.722	0.05	NS	×	0.05	×	×	0.05	×
	หลังบำบัด	TOC และ NPOC	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
		TOC และ COD	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
		NPOC และ COD	-	0.05	-	-	0.05	-	-		-

หมายเหตุ; * คือ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% NS คือ ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0)

× คือ ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง - คือ ข้อมูลไม่เพียงพอ

ตารางที่ จ-3 ผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ของอุตสาหกรรมอื่น ๆ

โรงงาน	ประเภทน้ำเสีย	พารามิเตอร์ที่ศึกษา	ผลผลการทดสอบทางสถิติ								
			ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง			β_0			β_1		
			Sig.	α	ผล	Sig.	α	ผล	Sig.	α	ผล
1. นิคมอุตสาหกรรมโตโยต้า	ก่อนบำบัด	TOC และ NPOC	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
		TOC และ COD	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
		NPOC และ COD	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
	ระหว่างบำบัด	TOC และ NPOC	0.009	0.05	*	0.368	0.05	NS	0.009	0.05	1.029*
		TOC และ COD	0.008	0.05	*	0.988	0.05	NS	0.008	0.05	3.278*
		NPOC และ COD	0.000	0.05	*	0.305	0.05	NS	0.009	0.05	3.156*
	หลังบำบัด	TOC และ NPOC	0.028	0.05	*	0.614	0.05	NS	0.028	0.05	0.914*
		TOC และ COD	×	0.05	×	×	0.05	×	×	0.05	×
		NPOC และ COD	×	0.05	×	×	0.05	×	×	0.05	×
2. นิคมอุตสาหกรรมเวลโกลว์	ก่อนบำบัด	TOC และ NPOC	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
		TOC และ COD	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
		NPOC และ COD	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
	ระหว่างบำบัด	TOC และ NPOC	0.001	0.05	*	0.117	0.05	NS	0.001	0.05	1.060*
		TOC และ COD	0.003	0.05	*	0.234	0.05	NS	0.003	0.05	2.932*
		NPOC และ COD	0.005	0.05	*	0.752	0.05	NS	0.005	0.05	2.759*

ตารางที่ จ-3 (ต่อ) ผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ของอุตสาหกรรมอื่น ๆ

โรงงาน	ประเภทน้ำเสีย	พารามิเตอร์ที่ศึกษา	ผลผลการทดสอบทางสถิติ								
			ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง			β_0			β_1		
			Sig.	α	ผล	Sig.	α	ผล	Sig.	α	ผล
2. นิคมอุตสาหกรรมเวลโกลว์	หลังบำบัด	TOC และ NPOC	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
		TOC และ COD	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
		NPOC และ COD	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
3. เดนโซ	ก่อนบำบัด	TOC และ NPOC	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
		TOC และ COD	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
		NPOC และ COD	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-
	ระหว่างบำบัด	TOC และ NPOC	0.000	0.05	*	0.170	0.05	NS	0.000	0.05	1.158*
		TOC และ COD	0.909	0.05	×	×	0.05	×	×	0.05	×
		NPOC และ COD	0.970	0.05	×	×	0.05	×	×	0.05	×
	น้ำเสียหลังบำบัด	TOC และ NPOC	0.000	0.05	*	0.004	0.05	1.144*	0.000	0.05	0.756*
		TOC และ COD	0.908	0.05	×	×	0.05	×	×	0.05	×
		NPOC และ COD	0.980	0.05	×	×	0.05	×	×	0.05	×

หมายเหตุ; * คือ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% NS คือ ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0)

× คือ ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง - คือ ข้อมูลไม่เพียงพอ

ภาคผนวก ฉ
การวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ-1 การหาค่าซีโอดี (COD)

$$COD\ (mgO_2/l) = \frac{(A-B)\times N\times 8000}{ml\ sample}$$

เมื่อ A = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไทเทรต Blank

B = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของ FAS ที่ใช้ไทเทรต

ฉ-2 การคำนวณความสัมพันธ์ของค่า TOC และ COD ของสารละลายมาตรฐานทางทฤษฎี

กลูโคส ; $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$

180 192

C = 72

COD = (192/180) × ความเข้มข้น

= 1.07 × ความเข้มข้น

TOC = (72/180) × ความเข้มข้น

= 0.40 × ความเข้มข้น

COD/TOC = ปริมาณออกซิเจนที่ใช้/ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

= 192/72

COD/TOC = 2.67

KHP ; $C_8H_5O_4K + \frac{15}{2}O_2 \rightarrow 8CO_2 + 2H_2O + K^+ + OH^-$

204.23 240

C = 96

COD = (240/204.23) × ความเข้มข้น

= 1.18 × ความเข้มข้น

TOC = (96/204.23) × ความเข้มข้น

= 0.47 × ความเข้มข้น

COD/TOC = ปริมาณออกซิเจนที่ใช้/ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

= 240/96

COD/TOC = 2.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ-3 การหาค่าเฉลี่ย

$$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

เมื่อ X_i = ค่า TOC หรือ COD ที่หาได้

n = จำนวนข้อมูลของ TOCและ COD

ฉ-4 การหาค่าความแปรปรวน (S^2)

$$S^2 = \frac{\sum_{n-1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)^2}{n-1}$$

$$S^2 = \frac{\left(\sum_{n-1}^{n} X_i^2\right) - \overline{X}^2}{n-1}$$

ฉ-5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; SD)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum\left(x_i - \overline{x}\right)^2}{N}}$$

$$SD = \sqrt{S_{xx}/(n-1)}$$

$$SD = \sqrt{S^2}$$

ฉ-6 การหาสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Simple linear regression equation)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

เมื่อ Y = ค่าของ TOC และ COD ที่ได้จากการประมาณค่า

X = ค่าของ TOC และ COD ที่เป็นจริง

β_1 = ความชันของเส้นสมการถดถอยเชิงเส้นตรง $(S_{xy})/(S_{xx})$

β_0 = ค่าของ Y ที่ตัดกับแกน Y (Y-intercept)

ฉ-7 การหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานส่วนเบี่ยงเบนจากสมการถดถอย (Standard error of the estimate; SEE)

$$SEE = \frac{\sqrt{RESIDUAL\ SUM\ OF\ SQUARES}}{n-2}$$

เมื่อ RESIDUAL SUM OF SQUARE $= [\sum (Y-\overline{Y})^2 - b[\sum (X-\overline{X})(Y-\overline{Y})]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ-8 การคำนวณประกอบต่างๆ

S_{xy} = Sum of cross product

$= \sum XY - [(\sum X)(\sum Y)/n]$

S_{xx} = Sum of square X

$= \sum X^2 - [(\sum X)^2/n]$

S_{yy} = Sum of square Y

$= \sum Y^2 - [(\sum Y)^2/n]$

S^2_{yx} = Sum square of error (SSE)

$= \left[S_{yy} - \frac{(S_{xy})^2}{S_{xx}} \right] \Big/ n-2$

ฉ-9 ANOVA สำหรับการรวิเคราะห์ความถดถอย

$$SST = \sum_{i=1}^{n} \left(Y_i - \bar{y}\right)^2$$

= ผลบวกของผลต่างระหว่าง Y_i กับ $\bar{y}$ ยกกำลังสอง

$$SS\,\mathrm{Re}\,g = \sum_{i=1}^{n} \left(\hat{Y}_i - \bar{y}\right)^2$$

= ความแปรปรวนของ y เนื่องจากอิทธิพลของ x

$$SST = SS\,\mathrm{Re}\,g + SSE$$

$$SSE = SST - SS\,\mathrm{Re}\,g$$

$$F = \frac{MS\,\mathrm{Re}\,g}{MSE}$$

ฉ-10 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)

$$R^2 = r^2 = 1 - \frac{\sum \left(Y_i - \hat{Y}_i\right)^2}{\sum \left(Y_i - \bar{Y}\right)^2}$$

ฉ-11 การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient; r)

$$r = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_{XX} \cdot S_{XY}}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ-12 สถิติที่ใช้ทดสอบค่า β_0 และ β_1

$$S = \sqrt{MSE}$$

$$t = \frac{b-0}{SE(b)}; \quad t = \frac{a-0}{SE(a)}$$

$$SE(b) = \frac{S}{\sqrt{\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2 / n}}$$

ฉ-13 ANOVA สำหรับการรวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

$$F = \frac{MSBetween}{MSWithin}$$

$$SST = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\left(X_{ij} - \overline{X}\right)^2$$

$$SSB = \sum_{i=1}^{k}\left(\overline{X_i} - \overline{X}\right)^2$$

$$SSW = SST - SSB$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้