



การศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ การ
ตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
ด้วยวิธีมาตรฐานของน้ำทิ้งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
**A Comparative Study of Water Quality Online Monitoring Analyzer, UV
Spectrophotometry Analyzer and Laboratory Standard Methods in
Domestic and Industrial Wastewater Treatment Plants**

ศรีสุรัตน์ เหลืองอักษร

Srisurat Luengaksorn

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University**

2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ การตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธีมาตรฐานของน้ำทิ้งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ผู้เขียน นางสาวศรีสุรัตน์ เหลืองอักษร

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนาลี ชีวกิตการ) (รองศาสตราจารย์ ดร.สันหทัย กลิ่นพิบูล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุกูล อินทร์สงขา)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรไชย รัตนไชย) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ไชยประพัทธ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนาลี ชีวกิตการ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรไชย รัตนไชย)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ การตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐานของน้ำทิ้งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
ผู้เขียน	นางสาวศรีสุรัตน์ เหลืองอักษร
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ ซึ่งอาศัยหลักการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเลตนำมาเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน และการตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์นำมาเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน โดยทำการวิเคราะห์ค่าของบีโอดี ซีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย ผลการศึกษาพบว่า ในการตรวจวัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศ นำมาตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ เมื่อเทียบผลกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการแล้วมีค่าความคลาดเคลื่อนของบีโอดีและซีโอดีสูง และไม่สามารถยอมรับได้ ซึ่งแตกต่างจากการตรวจวัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศที่มีความเข้มข้นของบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอยช่วงระหว่าง 0-120 0-200 และ 0-90 มก./ล. มีค่าความคลาดเคลื่อนของบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ย 1.7 1.9 และ 5.1 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550

สำหรับการทดลองโดยการเปรียบเทียบระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐานของน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล พบว่า เมื่อเปรียบเทียบการตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์กับผลในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน โดยแสดงความสัมพันธ์ในรูปของสมการเชิงเส้นมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ให้ความน่าเชื่อถือได้แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการใช้หลักการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเลตใช้ในการตรวจวัดพารามิเตอร์บางชนิดได้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของน้ำทิ้งแต่ละประเภท โดยพบว่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าซีโอดีในน้ำทิ้งทั้ง 3 ประเภทได้ดี

โดยแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.90 ส่วนการดูคลื่นคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าไนโตรท-ไนโตรเจนได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.60 สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มซึ่งมีค่าต่ำ และสุดท้ายการดูคลื่นคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร พบว่า สามารถประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.89

Thesis Title	A Comparative Study of Water Quality Online Monitoring Analyzer, UV Spectrophotometry Analyzer and Laboratory Standard Methods in Domestic and Industrial Wastewater Treatment Plants
Author	Miss Srisurat Luengaksorn
Major Program	Environmental Management
Academic Year	2010

ABSTRACT

The main objective of this study was to compare the measuring capacities of the online analyzer with the standard methods used in laboratory. Meanwhile, to the measuring spectrophotometry analyzer and standard methods used in laboratory with the parameters analyzed in this study were BOD₅, COD, Nitrate-Nitrogen and Suspended Solids (SS). This result showed that the online analyzer could not measure synthetic wastewaters which were not aerated, the error measuring of BOD₅, COD and SS were over the acceptable ranges. The synthetic aerated wastewaters concentrated between 0-120 0-200 and 0-90 mg/l, gave error of 1.7 1.9 and 5.1 mg/l, respectively. The Ministry of Industry Notice (2007) issued pursuant to standard content values of difference of BOD₅ and COD concentrations in term of mg/l.

The results also showed that the reliable of measuring domestic wastewaters, effluent from palm oil industry and effluent from seafood industry were acceptable. Ultraviolet absorbance could be used to estimate many parameters with different reliabilities. Ultraviolet absorbance could be used to estimate many parameters with different reliabilities. The Ultraviolet absorbance at 254 and 260 nanometer could estimate the values of COD from three kinds of wastewater with very good correlations (gave the R² for more than 0.90). Meanwhile, the Ultraviolet absorbance at 220 nanometer gave the correlation coefficient (R²) of 0.60 for nitrate-nitrogen estimation. For effluent from municipal wastewater treatment plant and from palm oil industry, the correlations were low. (could not predict the values). Finally, the Ultraviolet absorbance at 500 and 550 nanometer could be used for predicting the values of suspended solids, with R² more than 0.89.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
สารบัญ	(7)
รายการตาราง	(10)
รายการภาพประกอบ	(12)
รายการตารางภาคผนวก	(15)
รายการภาพประกอบภาคผนวก	(19)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(21)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	27
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	28
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการวิจัย	29
2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	29
2.2 วัสดุและอุปกรณ์	37
บทที่ 3 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	40
3.1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน	40
3.1.1 ผลการศึกษาน้ำเสียสังเคราะห์	40
3.1.2 ผลการศึกษาน้ำทิ้งชุมชน	45
	(7)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง (ต่อ)	
3.1.3 ผลการศึกษาน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	51
3.1.4 ผลการศึกษาน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	56
3.1.5 ผลการตรวจวัดน้ำทิ้ง 3 ประเภทโดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสีย สังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ	61
3.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์กับ การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน	63
3.2.1 การประมาณค่าซีไอของน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลด้วยการวัดที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร	66
3.2.2 การประมาณค่าไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงาน สกัดน้ำมันปาล์มจากการวัดที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร	69
3.2.3 การประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยของตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจาก โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลจากการ วัดที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร	71
3.2.4 ผลความสัมพันธ์ของการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 และ 550 นาโนเมตร ในน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้ง จากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	74
บทที่ 4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	79
4.1 บทสรุป	79
4.2 ข้อเสนอแนะ	80

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	81
ภาคผนวก	88
ก คู่มือการใช้งานเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ และโปรแกรม UV-Pro Software	89
ข ขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียและจุดเก็บตัวอย่างของโรงงานแปรรูป อาหารทะเล	104
ค ผลการวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์ น้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	109
ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	140
ประวัติผู้เขียน	148

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1-1 ช่วงการตรวจวัดของเครื่องวัดค่าบีโอดีและค่าซีโอดี ค่าความคลาดเคลื่อน \pm ร้อยละ 15 ของช่วงการตรวจวัด และช่วงของการตรวจวัดจะมีค่าเป็นร้อยละ 150 ของมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงาน	4
1-2 สถานภาพระบบบำบัดน้ำเสียรวมสำหรับชุมชนทั่วประเทศทั้ง 95 แห่ง	8
1-3 ลักษณะตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนเข้า-ออกจากโรงบำบัดน้ำเสียจากเทศบาลในจังหวัดต่าง ๆ	9
1-4 ลักษณะน้ำทิ้งเข้า-ออกจากโรงบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	11
1-5 ลักษณะตัวอย่างน้ำทิ้งเข้า-ออกจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ของโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	12
1-6 ช่วงการดูคลิ่นคลุ้งแสงอัลตราไวโอเลตและพารามิเตอร์ของน้ำทิ้งประเภทต่างๆ	25
1-7 ตัวอย่างเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ที่มีการผลิตและจำหน่ายในปัจจุบัน	26
2-1 องค์ประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์	32
2-2 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้งในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน	35
2-3 การตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	36
3-1 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศจากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์	44
3-2 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งชุมชนจากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์	49
3-3 ผลการเปรียบเทียบค่าบีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำทิ้งชุมชนกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550	49
3-4 ผลการเปรียบเทียบค่าซีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำทิ้งชุมชนกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550	50
3-5 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์	54

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
3-6 ผลการเปรียบเทียบค่าบีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550	55
3-7 ผลการเปรียบเทียบค่าซีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550	55
3-8 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลจากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์	59
3-9 ผลการเปรียบเทียบค่าบีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550	60
3-10 ผลการเปรียบเทียบค่าซีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550	61
3-11 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้ง 3 ประเภทด้วยสมการที่ปรับเทียบโดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์	62
3-12 รูปแบบสมการเชิงเส้นของน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลในการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	64

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1-1 มาตรฐานที่ใช้หาสารมาตรฐานและสเปกตรัมของสารตัวอย่างทั่วไป (ก) กราฟมาตรฐานที่ใช้หาสารมาตรฐาน (ข) สเปกตรัมของสารตัวอย่าง	19
2-1 แผนผังและจุดเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครหาดใหญ่	33
2-2 เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์	38
2-3 ผังแสดงองค์ประกอบของหน้าจอเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์	39
3-1 ความสัมพันธ์ของค่าบีไอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ	42
3-2 ความสัมพันธ์ของค่าซีไอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ	42
3-3 ความสัมพันธ์ของค่าปริมาณสารแขวนลอยระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ	43
3-4 ความสัมพันธ์ของค่าบีไอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน	46
3-5 ความสัมพันธ์ของค่าซีไอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน	47
3-6 ความสัมพันธ์ของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน	47
3-7 ความสัมพันธ์ของค่าปริมาณสารแขวนลอยระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน	48
3-8 ความสัมพันธ์ของค่าบีไอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	52
3-9 ผลของความสัมพันธ์ของค่าซีไอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	52
3-10 ความสัมพันธ์ของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจาก โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	53

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3-11 ความสัมพันธ์ของปริมาณสารแขวนลอยระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำที่จกโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	53
3-12 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำที่จกโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	57
3-13 ความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำที่จกโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	58
3-14 ความสัมพันธ์ของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำที่จกโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	58
3-15 ความสัมพันธ์ของปริมาณสารแขวนลอยระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำที่จกโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	59
3-16 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตรกับค่าซีโอดีที่ผ่านการกรองของน้ำที่ชุมชน	66
3-17 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตรกับค่าซีโอดีที่ผ่านการกรองในน้ำที่จกโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	67
3-18 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตรกับค่าซีโอดีที่ผ่านการกรองในน้ำที่จกโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	68
3-19 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตรกับค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำที่ชุมชน	69
3-20 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตรกับค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำที่จกโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	70
3-21 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตรกับค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำที่ชุมชน	71
3-22 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตรกับค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำที่จกโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	72
3-23 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตรกับค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำที่จกโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	73

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3-24 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 260 กับ 550 นาโนเมตรในน้ำทิ้งชุมชน	74
3-25 ความสัมพันธ์ของการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรระหว่างการคำนวณสมการจากเครื่องสเปกโตรฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน	75
3-26 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 260 และ 550 นาโนเมตรของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	76
3-27 ความสัมพันธ์ของการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรระหว่างการคำนวณสมการจากเครื่องสเปกโตรฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	76
3-28 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 260 กับ 550 นาโนเมตรของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	77
3-29 ความสัมพันธ์ของการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรระหว่างการคำนวณสมการจากเครื่องสเปกโตรฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	78

รายการตารางภาคผนวก

ตาราง		หน้า
ค-1	ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศโดยใช้สมการมาตรฐาน	110
ค-2	ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศ	111
ค-3	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ จากเครื่องตรวจวัดฯ โดยแยกตามช่วงค่าซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศ	111
ค-4	ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศโดยใช้สมการมาตรฐาน	112
ค-5	ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ	112
ค-6	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ฯ จากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์โดยแยกตามช่วงค่าซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ	113
ค-7	ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำทิ้งชุมชนโดยใช้สมการมาตรฐาน	113
ค-8	ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำทิ้งชุมชน	114
ค-9	ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยใช้สมการมาตรฐาน	115
ค-10	ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	116
ค-11	ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลโดยใช้สมการมาตรฐาน	117
ค-12	ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	118

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ค-13 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำที่ชุมชน โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ	119
ค-14 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำที่จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ	120
ค-15 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำที่จาก โรงงานแปรรูปอาหารทะเลโดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ	122
ค-16 ผลการคำนวณค่าซีไอดีที่ความยาวคลื่น E254 และ E260 นาโนเมตรในน้ำที่ชุมชน	124
ค-17 ผลการคำนวณค่าซีไอดีที่ความยาวคลื่น E254 และ E260 นาโนเมตรในน้ำที่จาก โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	125
ค-18 ผลการคำนวณค่าซีไอดีที่ความยาวคลื่น E254 และ E260 นาโนเมตรในน้ำที่จาก โรงงานแปรรูปอาหารทะเล	126
ค-19 ผลการคำนวณค่าไนเตรท-ไนโตรเจนที่ความยาวคลื่น E220 นาโนเมตรในน้ำที่ชุมชน	127
ค-20 ผลการคำนวณค่าไนเตรท-ไนโตรเจนที่ความยาวคลื่น E220 นาโนเมตรในน้ำที่จาก โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	128
ค-21 ผลการคำนวณค่าปริมาณสารแขวนลอยที่ความยาวคลื่น E500 และ E550 นาโนเมตร ในน้ำที่ชุมชน	129
ค-22 ผลการคำนวณค่าปริมาณสารแขวนลอยที่ความยาวคลื่น E500 และ E550 นาโนเมตรใน น้ำที่จาก โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	130
ค-23 ผลการคำนวณค่าปริมาณสารแขวนลอยที่ความยาวคลื่น E550 นาโนเมตรในน้ำที่จาก โรงงานแปรรูปอาหารทะเล	131
ค-24 ผลการคำนวณค่าการดูดกลืนคลีนแสงที่ E260 และ E550 นาโนเมตรในน้ำที่ชุมชน	132
ค-25 ผลการคำนวณค่าการดูดกลืนคลีนแสงที่ E260 และ E550 นาโนเมตรในน้ำที่จาก โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	134

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ค-26 ผลการคำนวณค่าการดูดกลืนคลีนแสงที่ E260 และ E550 นาโนเมตรในน้ำที่จก โรงงานแปรรูปอาหารทะเล	135
ค-27 ผลการคำนวณย้อนกลับของค่าซีไอดีในห้องปฏิบัติการกับค่าการดูดกลืนคลีนแสงที่ E260 นาโนเมตรในน้ำที่ชุมชน	137
ค-28 ผลการคำนวณย้อนกลับของค่าซีไอดีในห้องปฏิบัติการกับค่าการดูดกลืนคลีนแสงที่ E260 นาโนเมตรในน้ำที่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	138
ค-29 ผลการคำนวณย้อนกลับของค่าซีไอดีที่ได้จากห้องปฏิบัติการกับค่าการดูดกลืนคลีน แสงที่ E260 นาโนเมตรของน้ำที่จกโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	139
ง-1 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศโดย จับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	141
ง-2 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศโดย จับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	141
ง-3 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำที่ชุมชนโดยจับคู่ระหว่างผลจาก ห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	142
ง-4 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำที่จกโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยจับคู่ ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	143
ง-5 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำที่จกโรงงานแปรรูปอาหารทะเลโดย จับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	143
ง-6 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำที่ชุมชนโดยจับคู่ระหว่างผลจาก ห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ใช้สมการที่ปรับด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการ เติมอากาศที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	144
ง-7 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำที่จกโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยจับคู่ ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ใช้สมการที่ปรับด้วยน้ำเสีย สังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	144

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ง-8 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลโดยจับคู่ระหว่างการผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ใช้สมการที่ปรับด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ผ่านการเติมอากาศที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	145
ง-9 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งชุมชนโดยจับคู่ระหว่างการผลจากห้องปฏิบัติการกับผลการคำนวณจากเครื่องสเปกโตรฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	145
ง-10 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยจับคู่ระหว่างการผลจากห้องปฏิบัติการกับผลการคำนวณจากเครื่องสเปกโตรฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	146
ง-11 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลโดยจับคู่ระหว่างการผลจากห้องปฏิบัติการกับผลการคำนวณจากเครื่องสเปกโตรฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	147

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพประกอบ	หน้า
ก-1 มิติของเครื่องวิเคราะห์	89
ก-2 หน้าจอแสดง (ก) ขณะล้างเครื่องด้วยน้ำกลั่น (ข) ขณะเครื่องดูดน้ำกลั่น	90
ก-3 หน้าจอแสดง (ก) ขณะดูดตัวอย่างแรก (ข) ขณะเครื่องคำนวณผลตัวอย่างแรก	90
ก-4 หน้าจอแสดง (ก) ความถี่ในการวัดทุกๆ 20 นาที (ข) เลือก + จะทำให้หน้าจอเปลี่ยนไปเป็นการแสดงค่าของ NO ₃ ⁻ และ TOC	91
ก-5 หน้าจอแสดงรหัสความผิดพลาด	91
ก-6 หน้าจอแสดง (ก) และ (ข) ขณะเครื่องมือเปิดและพร้อมเข้าสู่การตั้งค่าเครื่องมือ	92
ก-7 หน้าจอแสดง (ก) เมนูย่อยการแก้ไขภาษาและวันที่ (ข) เมนูย่อยในการเปลี่ยนแปลงแก้ไขภาษาและวันที่	93
ก-8 หน้าจอแสดง (ก) การเลือกจำนวนช่องเก็บตัวอย่าง (ข) การยืนยันค่าที่เลือก	93
ก-9 หน้าจอแสดง (ก) การเลือกช่องเก็บตัวอย่าง (ข) การยืนยันช่องเก็บตัวอย่าง	94
ก-10 หน้าจอแสดงการตั้งช่องและการตั้งเวลาที่ปั๊มทำงานสำหรับล้าง	94
ก-11 หน้าจอแสดง (ก) ช่องสำหรับน้ำกลั่น (ข) เลือกพลังงานสำหรับค่าพารามิเตอร์	95
ก-12 หน้าจอแสดง (ก) ช่องเลือกประเภทน้ำตัวอย่าง (ข) เลือกชนิดของน้ำตัวอย่าง	96
ก-13 หน้าจอแสดง (ก) ช่องเลือกพารามิเตอร์ (ข) เลือกพารามิเตอร์และยอมรับค่าพารามิเตอร์ที่ได้เลือกไว้	96
ก-14 หน้าจอแสดง (ก) ผลในรูปของสัญญาณไฟฟ้า (ข) การเปลี่ยนแปลงและยอมรับค่าในรูปของสัญญาณไฟฟ้า	97
ก-15 หน้าจอแสดง (ก) ช่องคุณภาพการตรวจวัด (ข) ผลการตั้งค่า	97
ก-16 หน้าจอแสดง (ก) ช่องการตั้งเวลาทำงานของปั๊ม (ข) ผลการตั้งค่า	97
ก-17 หน้าจอแสดง (ก) ช่องการแสดงผลออก (ข) การบันทึกข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์	98
ก-18 หน้าจอแสดง (ก) กรอก USERNAME และ PASSWORD (ข) การเปลี่ยน USERNAME และ PASSWORD	100

รายการภาพประกอบภาคผนวก (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
ก-19 หน้าจอแสดง (ก) เข้าสู่หน้าหลักของ UV Pro V1.25d (.) (ข) หลังจากเลือก Recalibration Module	100
ก-20 หน้าจอแสดง (ก) การตั้งค่าพารามิเตอร์ 1 พารามิเตอร์ (ข) การตั้งค่าพารามิเตอร์ 2 พารามิเตอร์ขึ้นไป	101
ก-21 หน้าจอแสดง (ก) กำหนดค่า Sensibility Linearity และ Alarm (ข) เลือก Calibrate Model จากโปรแกรม	101
ก-22 หน้าจอแสดง (ก) บันทึกเป็น File .SCN และ (ข) บันทึกเป็น File. MOD	102
ก-23 หน้าจอแสดง (ก) การกรอกค่าพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการลงในโปรแกรม UV-PRO Software และ (ข) การบันทึกข้อมูลจากเครื่องลงในโปรแกรม UV-PRO Software	102
ข-1 ขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียและจุดเก็บตัวอย่างของโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	105

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

AS	= Activated Sludge คือ จุลินทรีย์ที่เลี้ยงไว้ในถังเดิมอากาศเพื่อใช้กำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
BOD ₅	= Biochemical Oxygen Demand คือ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวเคมีหรือค่าวัดความสกปรกของน้ำ นิยมใช้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 วัน
COD	= Chemical Oxygen Demand คือ ความต้องการออกซิเจนเชิงเคมี ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีทางเคมี
COT	= Total Organic Carbon หรือ TOC
DI	= Deionized Water คือ น้ำปราศจากไอออน
DBO	= Biological Oxygen Demand หรือ BOD ₅
DBS	= Anionic detergent คือ สารชะล้างปราศจากไอออน
DCO	= Chemical Oxygen Demand หรือ COD
DOC	= Dissolved Organic Carbon คือ ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนละลาย
DOM	= Dissolved Organic Matter คือ ปริมาณสารอินทรีย์ละลาย
MES	= Suspensions คือ ปริมาณสารแขวนลอย
NO ₃	= Nitrate คือ ปริมาณของไนเตรท
NO ₃ ⁻ -N	= Nitrate Nitrogen คือ ปริมาณของไนเตรทไนโตรเจน
NTU	= Nephelometric Turbidity Unit คือ หน่วยวัดความขุ่น
pH	= ค่าแสดงความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย
SBR	= Sequencing Batch Reactor คือ ถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ คือ ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ดำเนินการแบบกะ
SS	= Suspended Solids คือ ของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำหรือน้ำเสีย
Std.	= Standard Deviation คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SU	= Space Unit คือ หน่วยการวัดสี

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

Temp.	= Temperature คือ อุณหภูมิ
TKN	= Total Kjeldahl Nitrogen คือ ปริมาณรวมของไนโตรเจนอินทรีย์ และแอมโมเนียไนโตรเจน
TOC	= Total Organic Carbon คือ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด
TSS	= Total Suspended Solids คือ ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด
Turbid.	= Turbidity คือ สภาพที่เกิดในน้ำหรือน้ำเสียที่มีสารแขวนลอย ทำให้เกิดการกระจายหรือการดูดแสง; ปริมาณของสารแขวนลอยในของเหลว
กก./วัน	= กิโลกรัมต่อวัน
มก./ล.	= มิลลิกรัมต่อลิตร
ลบ.ม./วัน	= ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
เครื่องตรวจวัดฯ	= การวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์
เครื่องสเปกโตรฯ	= การวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการผลิตทำให้มีน้ำเสียเกิดขึ้นและมีการระบายออกสู่แหล่งรองรับน้ำในธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง และบึง เป็นต้น หากขาดการจัดการที่ดีในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียก่อนปล่อยทิ้งออกจากโรงงานอุตสาหกรรม อาจเป็นประเด็นปัญหาหนึ่ง รวมทั้งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ สัตว์ และพืช ด้วยเหตุนี้รัฐบาลโดยหน่วยงานที่รับผิดชอบจึงออกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษ และเครื่องมือหรืออุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2547-2552 เพื่อควบคุมคุณภาพของน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิตให้ได้มาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมแห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งเป็นกฎหมายที่ใช้กำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) โดยแต่ละโรงงานต้องจัดการเพื่อให้ น้ำทิ้งที่จะระบายออกนอกโรงงานมีค่าความสกปรกตามมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดข้างต้น รวมทั้งต้องมีการติดตามตรวจสอบอย่างต่อเนื่องโดยผู้ประกอบการ โรงงานเป็นผู้ดำเนินการ และอยู่ภายใต้การกำกับดูแล ตรวจสอบอย่างเป็นระยะจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2547 ได้กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม คือ เครื่องตรวจวัดค่าบีโอดีและ/หรือค่าซีโอดีแบบต่อเนื่อง เพื่อรายงานการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานเข้ากับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม เว้นแต่โรงงานที่ไม่มีการระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงานและโรงงานที่มีการนำน้ำทิ้งไปบำบัดที่โรงงานปรับคุณภาพน้ำเสียรวม (Central Wastewater Treatment Plant) ไม่ต้องติดตั้งเครื่องมือหรืออุปกรณ์ดังกล่าว คือ เครื่องตรวจวัดค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) และ/หรือเครื่องตรวจวัดค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) และจะต้องวิเคราะห์โดยเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมาตรวจวัดได้อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งมีวิธีการวิเคราะห์ต้องเป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียของสมาคม

สิ่งแวดล้อมประเทศไทยหรือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater โดย APHA, AWWA and WEF. (2005) ของสหรัฐอเมริกา และส่งสัญญาณไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ของโรงงานเพื่อบันทึกข้อมูลพร้อมแสดงข้อมูลย้อนหลังได้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2548) เพื่อความถูกต้องและรวดเร็วในการเก็บข้อมูลไว้เป็นหลักฐานของโรงงานอุตสาหกรรมและกรมโรงงานอุตสาหกรรมในการติดตามผลกระทบจากการปล่อยน้ำเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม

ในประเทศไทยได้มีการนำเอาและพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อใช้ในการตรวจติดตามคุณภาพน้ำทิ้งให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ปัจจุบันมีผู้ผลิตเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ออกจำหน่ายจำนวนมากและเครื่องมือของผู้ผลิตแต่ละรายนั้นอาศัยเทคนิคและวิธีการในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน แต่มีเป้าหมายหลัก คือ การตรวจวิเคราะห์ได้ค่าที่มีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรมยอมให้ผลการวิเคราะห์จากเครื่องมือมีค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานไม่มากกว่าตามที่กฎหมายกำหนด (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2550) ดังนั้น การเลือกใช้เครื่องมือในการตรวจวิเคราะห์น้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับดุลยพินิจ ความเหมาะสมตามสภาพความเป็นจริงของโรงงานประเภทนั้นๆ โดยทั่วไปเครื่องมือที่โรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้นั้นเป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการการวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่น 200 – 350 นาโนเมตร

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบการติดตามตรวจสอบแบบออนไลน์ในการตรวจวัดน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ซึ่งเป็นเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำที่อาศัยหลักการวัดค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตพร้อมทั้งศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนของการติดตามตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ การตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐานตามวิธีการของ APHA, AWWA and WEF. (2005) พร้อมทั้งจัดทำ Simple Mathematical Model จากผลการทดลองเพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมในการควบคุมมลพิษทางน้ำ และสามารถทราบคุณภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากโรงงานก่อนระบายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 การบังคับใช้กฎหมายในการติดตั้งเครื่องมือในระบบบำบัดน้ำเสีย

ประเทศไทยได้มีการกำหนดบังคับใช้ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2547 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย ดังนี้

- 1) โรงงานที่มีปริมาณน้ำทิ้งเกินกว่า 10,000 ลบ.ม./วัน ขึ้นไป
- 2) โรงงานที่มีปริมาณน้ำทิ้งตั้งแต่ 3,000 ลบ.ม./วัน ขึ้นไป จนถึง 10,000 ลบ.ม./วัน หรือมีปริมาณความสกปรกในรูปของปริมาณบีโอดีช่วงไหลเข้า (Influent BOD Load) ตั้งแต่ 4,000 กก./วัน ขึ้นไป (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2547)

ต่อมาได้มีการกำหนดเพิ่มเติม คือ กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสีย ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2548 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศไว้ ดังนี้

- 3) โรงงานที่มีปริมาณน้ำทิ้งตั้งแต่ 1,000 ลบ.ม./วัน ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 3,000 ลบ.ม./วัน
 - 4) โรงงานที่มีปริมาณน้ำทิ้งตั้งแต่ 500 ลบ.ม./วัน ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 1,000 ลบ.ม./วัน
- โดยที่การติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) และ/หรือ เครื่องตรวจวัดค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ของน้ำทิ้งสามารถให้สัญญาณไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องและส่งเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ของโรงงานเพื่อบันทึกข้อมูลและแสดงข้อมูลย้อนหลังได้อย่างต่อเนื่อง โรงงานใดจะต้องติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าบีโอดีหรือเครื่องตรวจวัดค่าซีโอดีต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2548) ซึ่งมีการกำหนดหลักเกณฑ์การตรวจสอบคุณสมบัติเครื่องตรวจวัดค่าบีโอดีและค่าซีโอดี ดังนี้

ตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่มีค่าความเข้มข้นของค่าบีโอดีหรือค่าซีโอดีที่ต้องการตรวจวัด โดยที่ผลของการตรวจวัดจากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานจะต้องมีค่าแตกต่างกับค่าเครื่องที่ตรวจวัดอ่านค่าได้ที่ได้จดบันทึกไว้ไม่มากกว่า \pm ร้อยละ 15 ของช่วงการตรวจวัดและจะต้องมีการทดสอบความแม่นยำของเครื่องตรวจวัด อย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลาอย่างน้อย 2 สัปดาห์ เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของเครื่องตรวจวัดและผลการทดสอบความแม่นยำของการตรวจวัด โดยช่วงการตรวจวัดของเครื่องวัดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีและค่าความคลาดเคลื่อนแสดงดังตาราง 1-1 ในการวิเคราะห์น้ำทิ้งในช่วงต่างๆ

ตาราง 1-1 ช่วงการตรวจวัดของเครื่องวัดค่าบีโอดีและค่าซีโอดี ค่าความคลาดเคลื่อน \pm ร้อยละ 15 ของช่วงการตรวจวัด และช่วงของการตรวจวัดจะมีค่าเป็นร้อยละ 150 ของมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงาน

มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงาน	ช่วงการตรวจวัด ร้อยละ 150 ของมาตรฐาน น้ำทิ้งโรงงาน	ค่าความคลาดเคลื่อน \pm ร้อยละ 15 ของช่วง การตรวจวัด
บีโอดี : 0 - 20 มก./ล.	0 - 30 มก./ล.	± 4.5 มก./ล.
บีโอดี : 0 - 60 มก./ล.	0 - 90 มก./ล.	± 13.5 มก./ล.
ซีโอดี : 0 - 120 มก./ล.	0 - 180 มก./ล.	± 27 มก./ล.
ซีโอดี : 0 - 400 มก./ล.	0 - 600 มก./ล.	± 90 มก./ล.

หมายเหตุ : ตัวอย่างการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกรณีมาตรฐานน้ำทิ้งค่าบีโอดีเท่ากับ 20 มก./ล. สำหรับช่วงการตรวจวัดร้อยละ 150 ของช่วงการตรวจวัดจะเป็น 0-30 มก./ล. ดังนั้น \pm ร้อยละ 15 ของ 0-30 มก./ล. จะเท่ากับ ± 4.5 มก./ล. หากค่าของเครื่องตรวจวัดแตกต่างจากผลการตรวจวัดจากปฏิบัติการวิเคราะห์ตามที่ได้ทดสอบอยู่ในช่วง ± 4.5 มก./ล. แสดงว่าเครื่องตรวจวัดมีประสิทธิภาพตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548)

สำหรับประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2547 และ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2548 ได้มีการขยายเวลาการติดตั้งออกไป เนื่องจากผู้ประกอบการโรงงานจำนวนมากยังไม่มีความพร้อม เพราะมีปัญหาและอุปสรรคในการติดตั้งเครื่องมือ รวมทั้งเครื่องมือที่นำมาติดตั้งยังมีราคาค่อนข้างสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) จึงได้มีการขยายเวลาการติดตั้งออกไปจนถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2551 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549) สำหรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม และในประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2550) โดยมีผลบังคับใช้แทนฉบับต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งมีความยืดหยุ่นและเหมาะสมตามสภาพน้ำทิ้งของโรงงานในประเทศไทย โดยมีการกำหนดช่วงของค่าบีโอดีและค่าซีโอดีในช่วงความเข้มข้นต่างๆ อย่างชัดเจน ดังนั้นใน

การเลือกใช้เครื่องมือการตรวจวิเคราะห์ของโรงงานอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับดุลยพินิจตามสภาพความเป็นจริงของโรงงานแต่ละประเภท

เพื่อให้การปฏิบัติตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2547 และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2548 เป็นไปด้วยความเรียบร้อย ชัดเจน และป้องกันการเกิดข้อโต้แย้งเกี่ยวกับประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมทั้งสองฉบับดังกล่าว กรมโรงงานอุตสาหกรรมจึงเห็นควรกำหนดหลักเกณฑ์การให้ความเห็นชอบให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2550 ดังต่อไปนี้

1) ให้ยกเลิกประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์การให้ความเห็นชอบให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2547 และให้ใช้ประกาศกระทรวงโรงงานอุตสาหกรรม หลักเกณฑ์ให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2550 นี้แทน

2) นำทั้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2547 และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2548 ไม่หมายความรวมถึงน้ำหล่อเย็น (Cooling Water) จากกระบวนการหล่อเย็น ซึ่งเป็นการระบายความร้อนเท่านั้นและไม่มีการปนเปื้อนในกระบวนการที่ทำให้เกิดความสกปรกในรูปของค่าบีโอดีหรือซีโอดี

3) ให้โรงงานที่กำหนดตามข้อ 2 แห่งประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2547 และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2548 ดำเนินการติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพิ่มเติม ตามหลักเกณฑ์ ดังนี้

3.1) โรงงานที่ต้องติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าบีไอดี เช่น โรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำ โรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับน้ำมันจากพืชหรือสัตว์หรือไขมันจากสัตว์ และโรงงานกิจการเกี่ยวกับผัก พืช หรือผลไม้ เป็นต้น

3.2) โรงงานที่ต้องติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าซีไอดี เช่น โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้าย หรือเส้นใยซึ่งไม่ใช่ใยหิน โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเชื้อกระดาษหรือกระดาษแข็ง และโรงงานกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม เป็นต้น

3.3) โรงงานที่ต้องติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าซีไอดีหรือเครื่องตรวจวัดค่าบีไอดีอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือต้องติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าซีไอดีและเครื่องตรวจวัดค่าบีไอดีทั้งสอง เช่น โรงงานที่รับน้ำเสียจากโรงงานในข้อ 3.1) และ 3.2) ให้ติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าบีไอดีและซีไอดี

4) การตรวจวัดค่าบีไอดีและค่าซีไอดีจะต้องใช้ระยะเวลาในการตรวจวัดและรายงานผลไม่มากกว่า 30 นาทีต่อ 1 ตัวอย่าง สำหรับผลการตรวจวัดค่าบีไอดีและซีไอดีจะต้องมีความคลาดเคลื่อนตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550 กำหนดนั้น เมื่อเทียบกับผลการตรวจวัดค่าบีไอดีและซีไอดีที่ได้จากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ของหน่วยงานราชการหรือห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชนที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรมตามระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยการขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน ตัวอย่างเช่น ค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดค่าบีไอดีเมื่อเทียบกับค่าที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการของช่วงค่าบีไอดีที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 มก./ล. เท่ากับ ± 7 มก./ล. สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดค่าซีไอดีเมื่อเทียบกับค่าที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการของค่าซีไอดี ที่มีช่วงความเข้มข้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 120 มก./ล. เท่ากับ ± 24 มก./ล. ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 เห็นได้ว่า การกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของค่าบีไอดีและซีไอดีในประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550 นี้มีการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละช่วงความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำทิ้งที่มีการระบุตัวเลขที่ชัดเจนกว่า (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2550)

ตามที่ได้มีการบังคับใช้ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรมเรื่องการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษตั้งแต่ พ.ศ. 2547-2550 พบว่า ยังคงมีปัญหาและความไม่พร้อมทั้งทางด้านการเงิน บุคลากรยังขาดความเข้าใจในเรื่องของการใช้เครื่องมือตรวจวัดค่าบีไอดีและซีไอดี ความไม่คุ้มค่าเมื่อมีการใช้งานจริง ทำให้การบังคับใช้ข้อกำหนดที่ผ่านมายังคงต้องมีการขยายผลบังคับใช้ออกไปอีก โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมมีมติเห็นชอบให้มีการขยายเวลาการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษ 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 โรงงานที่มีการระบายน้ำทิ้งตั้งแต่ 3,000-10,000 ลบ.ม./วัน จะต้องดำเนินการติดตั้งเครื่องมือดังกล่าวพร้อมจัดทำแผนการติดตั้งเครื่องมือภายใน 6 เดือนแรก

ของปี พ.ศ. 2552 และกฎหมายมีผลบังคับใช้ภายใน 31 ธันวาคม พ.ศ. 2552 ในระยะที่ 2 โรงงานที่มีการระบายน้ำทิ้งตั้งแต่ 500-2,999 ลบ.ม./วัน จะต้องดำเนินการให้เสร็จภายใน 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ทั้งนี้กรมโรงงานและสภาอุตสาหกรรมและหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องอยู่มีการร่วมมือในการพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษ โดยการพัฒนาจากฝีมือคนไทยเอง เพื่อหวังจะลดค่าใช้จ่ายที่ต้องนำเข้าเครื่องมือมาจากต่างประเทศ (สมาคมผู้ผลิตไก่ส่งออกไทย, 2552)

1.2.2 แหล่งกำเนิดมลพิษน้ำ

แหล่งกำเนิดน้ำเสียที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดที่มีจุดแน่นอน (Point Source) ได้แก่ อาคาร สถานประกอบการ โรงงาน อุตสาหกรรม ฟาร์มสุกร บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น และแหล่งกำเนิดที่ไม่มีจุดแน่นอน (Non-Point Source) ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) ซึ่งแหล่งกำเนิดมลพิษน้ำเกิดได้หลายกิจกรรม แต่ละกิจกรรมจะมีปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียแตกต่างกัน และก่อให้เกิดผลกระทบที่แตกต่างกันด้วย กิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดมลพิษน้ำแบ่งเป็น 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ ชุมชนและพาณิชย์ เกษตรกรรม โรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) ดังนี้

1) น้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน ส่วนใหญ่มีความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ ปริมาณน้ำเสียจากชุมชนที่เกิดขึ้นมีประมาณ 14 ล้าน ลบ.ม./วัน ทำให้เกิดปริมาณความสกปรกรวม 2,600 ตันบีโอดี/วัน

2) น้ำเสียจากเกษตรกรรมที่เกิดขึ้นทั้งหมดมีประมาณ 114 ล้าน ลบ.ม./วัน ทำให้เกิดปริมาณความสกปรก 890 ตันบีโอดี/วัน

3) น้ำเสียอุตสาหกรรมเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการของโรงงานมีปริมาณน้ำเสีย 6.8 ล้าน ลบ.ม./วัน ทำให้เกิดปริมาณความสกปรก 2,700 ตันบีโอดี/วัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

จากข้อมูลน้ำเสียทั้ง 3 กิจกรรมหลักเมื่อนำมาคิดเป็นปริมาณความสกปรกที่เกิดขึ้นในแต่ละวันแสดงให้เห็นว่าน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำเสียชุมชนมีส่วนที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำประมาณร้อยละ 44 และ 42 ตามลำดับ (สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

1.2.2.1 น้ำทิ้งชุมชน

ปัจจุบันประเทศไทยมีประชากรประมาณ 62 ล้านคน มีปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นประมาณ 14 ล้าน ลบ.ม./วัน ซึ่งเกิดจากชุมชนขนาดใหญ่ ได้แก่ กรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา และเทศบาล ประมาณ 4 ล้าน ลบ.ม./วัน และชุมชนขนาดกลางและเล็ก ได้แก่ องค์การบริหารส่วนตำบล

และพื้นที่นอกเขตเทศบาล ประมาณ 10 ล้าน ลบ.ม./วัน ซึ่ง 20 ปีที่ผ่านมา รัฐบาลได้เห็นความสำคัญ และจัดสรรงบประมาณสำหรับก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นไปแล้วทั้งสิ้น 67,290 ล้านบาท (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

ดังนั้น การขยายตัวของชุมชนทำให้มีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อการดำรงชีพเพิ่มสูงขึ้น เช่น การใช้ทรัพยากรน้ำ เมื่อผ่านการใช้งานจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์แล้วยังส่งผลให้เกิดเป็นน้ำเสียขึ้น ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากบ้านเรือน อาคาร มีค่าร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้หรืออาจจะประเมินได้จากจำนวนประชากรหรือพื้นที่ใช้สอยของอาคารแต่ละประเภท (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) แต่ปัจจุบันมีระบบบำบัดน้ำเสียที่ถูกส่งเข้าสู่ระบบและได้รับการบำบัดเพียงร้อยละ 60 ของปริมาณน้ำเสียที่ออกแบบไว้หรือคิดเป็นร้อยละ 14 ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมดที่เกิดจากชุมชนทั่วประเทศ ระบบบำบัดน้ำเสียที่ก่อสร้างแล้วเสร็จสามารถใช้งานได้เพียง 59 แห่ง สถานภาพระบบบำบัดน้ำเสียรวมสำหรับชุมชนทั่วประเทศทั้ง 95 แห่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) แสดงดังตาราง 1-2

ตาราง 1-2 สถานภาพระบบบำบัดน้ำเสียรวมสำหรับชุมชนทั่วประเทศทั้ง 95 แห่ง

พื้นที่	จำนวน (แห่ง)	สถานภาพระบบบำบัดน้ำเสีย (แห่ง)				ความสามารถใน การบำบัดน้ำเสีย รวม (ลบ.ม./วัน)
		ใช้ งานได้	ปรับปรุง ซ่อมแซม	กำลัง ก่อสร้าง	ชะลอ โครงการ	
1. กรุงเทพมหานคร	7	7	-	-	-	992,000
2. เขตเทศบาล เมืองพัทยา และองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น						
2.1 ภาคกลาง	21	15	5	-	1	812,100
2.2 ภาคตะวันออก	15	11	3	1	-	293,900
2.3 ภาคเหนือ	15	9	5	3	-	236,088
2.4 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	18	9	3	6	-	277,082
2.5 ภาคใต้	17	8	4	5	-	358,320
รวม	95	59	20	15	1	2,969,490

หมายเหตุ : ข้อมูล ณ 9 พฤศจิกายน 2549

ที่มา : สำนักการจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษน้ำ (2549)

ด้วยความตระหนักถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทำให้มีการควบคุมและดูแลน้ำเสียที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องผ่านการบำบัดก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ลักษณะตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนจากโรงบำบัดน้ำเสียมีความสกปรกน้อยหลังผ่านการบำบัด แสดงดังตาราง 1-3

ตาราง 1-3 ลักษณะตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนเข้า-ออกจากโรงบำบัดน้ำเสียจากเทศบาลในจังหวัดต่าง ๆ

เทศบาล	ตัวอย่างน้ำ		บีโอดี (มก./ล.)	สาร แขวนลอย (มก./ล.)	น้ำมัน และ ไขมัน (มก./ล.)	ไนโตรเจน ในรูป ที่เคเอ็น (มก./ล.)
	ทิ้งใน ระบบ บำบัด	พีเอช				
1. เทศบาลนครลำปาง ***	เข้า	8.0	27.9	37	5.8	1.7
	ออก	7.5	8.6	15.0	ND	2.6
2. เทศบาลเมืองพะเยา ***	เข้า	8.2	13.0	33.0	ND	0.9
	ออก	7.0	5.0	6.0	ND	2.3
3. เทศบาลเมืองสุโขทัย ***	เข้า	7.3	24.2	88.0	4.6	2.3
	ออก	7.6	7.2	15.0	2.2	1.4
4. เทศบาลนครหาดใหญ่ *	เข้า	7.3	42.2	103.8	8.50	22.40
	ออก	7.5	9.30	15.0	2.20	4.74
5. เทศบาลนครสงขลา *	เข้า	7.4	34.2	71.8	13.80	20.47
	ออก	7.7	14.9	28.6	5.40	6.10
6. เทศบาลเมืองสะเดา **	เข้า	6.7	134.9	176.3	45.00	11.42
	ออก	6.9	10.9	28.6	10.32	5.41

หมายเหตุ : * น้ำออกจากระบบบำบัดน้ำเสียในช่วงเดือนมกราคม-สิงหาคม 2548

** น้ำออกจากระบบบำบัดน้ำเสียในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2548-มกราคม 2549

*** น้ำออกจากระบบบำบัดน้ำเสียในช่วงเดือนสิงหาคม 2549

ND ตรวจไม่พบ

ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 2 ลำปาง (2549)

ดัดแปลงจาก สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 สงขลา (2549)

สำหรับน้ำที่ชุมชนที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ คือ น้ำที่จากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครหาดใหญ่ เป็นศูนย์กลางความเจริญทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของภาคใต้ ซึ่งมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและการขยายตัวของชุมชนเมืองขนาดใหญ่ ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะมลพิษทางน้ำ ทำให้ต้องมีการดำเนินการสร้างและดูแลบำรุงรักษาระบบรวบรวมน้ำเสียระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีประสิทธิภาพขึ้น (เทศบาลนครหาดใหญ่, 2550) ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวมเทศบาลนครหาดใหญ่ มีพื้นที่ประมาณ 30 ตารางกิโลเมตร ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่โดยครอบคลุมบริเวณเทศบาลคลองหอยโข่ง และเทศบาลคลองแห สถานที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย ตั้งอยู่บริเวณน้ำน้อย และตำบลคูเต่า อำเภอหาดใหญ่พื้นที่ประมาณ 2,040 ไร่ 2 งาน 216 ตารางวา เป็นระบบแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) ร่วมกับการใช้บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) รับน้ำเสียได้รวมทั้งสิ้น 138,000 ลบ.ม./วัน (กรรฐศรน์แดง ตะโก, 2551) ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครหาดใหญ่ ประกอบด้วย ส่วนรับน้ำเสียจากปลายท่อส่งน้ำ การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีววิทยาแบบไร้อากาศ การบำบัดแบบใช้อากาศและแบบไร้อากาศภายในบ่อเดียวกัน ระบบบำบัดแบบใช้อากาศและการบำบัดด้วยพืชก่อนปล่อยลงสู่คลอง (เทศบาลนครหาดใหญ่, 2550) ในส่วนของคุณภาพน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสียและคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 15.0-43.0 มก./ล. ค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 40.6-141.7 มก./ล. และปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 23.5-52.4 มก./ล. สำหรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดก่อนปล่อยลงคลองขุด พบว่า มีค่าบีโอดีเฉลี่ย 8.9 มก./ล. ค่าซีโอดีเฉลี่ย 47.3 มก./ล. ค่าปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ย 43.7 มก./ล. และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ย 4.2 มก./ล. (ข้อมูลประจำวันวันที่ 16 ตุลาคม-พฤศจิกายน 2550, เทศบาลนครหาดใหญ่, 2550)

1.2.2.2 น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

โรงงานอุตสาหกรรมในภาคใต้ส่วนใหญ่เป็นโรงงานยาง และโรงงานอาหารทะเล ซึ่งน้ำเสียที่ออกมาจะมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ สารอาหาร สารเคมีในกระบวนการผลิตค่อนข้างสูง (Chevakidagam and Rattanachai, 2004) จึงต้องมีการบำบัดจากโรงงานก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม สำหรับประเภทของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ศึกษา คือ

1) น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบมีการใช้น้ำทั้งหมด (รวมการใช้ผลิตไอน้ำ) ประมาณ 0.75 ลบ.ม./ตันผลปาล์มสด โรงงานส่วนใหญ่จะใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำบาดาล (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2546) น้ำเสียที่เกิดจากขั้นตอนการนึ่งผลปาล์ม และการแยกน้ำออกจากน้ำมัน เป็นน้ำเสียที่มีสิ่งสกปรกในรูปของไขมัน น้ำมัน และสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มาก (วาริ ช้วนรักษธรรม, 2548) โรงงานส่วนใหญ่มีการแยกน้ำมันออกจากน้ำเสียในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบมาตรฐานกลับมาเข้ากระบวนการผลิตใหม่ ทำให้

มีค่าบีโอดีในระบบบำบัดบ่อแรกประมาณ 30,000 มก./ล. ค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 4-5 ระบบ บำบัดบ่อแรกจะใช้แบบไร้อากาศและบ่อสุดท้ายจะเป็นแบบการเติมอากาศ ซึ่งบ่อสุดท้ายมีค่าบีโอดี ประมาณ 100 -150 มก./ล. แต่โรงงานส่วนใหญ่จะนำน้ำในบ่อสุดท้ายที่มีลักษณะสีน้ำตาลขุ่นไปรด ต้นปาล์ม (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2546) ทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด แต่อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำเสยรวมของโรงงานมีค่าที่ซีโอดี บีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย อุณหภูมิสูงมาก (อรัญ หันพงษ์กิตติกุล และคณะ, 2539 อ้างถึงใน ธนาวัฒน์ รักกมล, 2549) ตัวแปรเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มอาจก่อให้เกิดมลภาวะทางน้ำได้หากเกิดการชะล้างหน้าดินในช่วงฤดูฝนและกระจายสู่สิ่งแวดล้อมโดยลักษณะน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำมันปาล์มแสดงดังตาราง 1-4

ตาราง 1-4 ลักษณะน้ำทิ้งเข้า-ออกจากโรงบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	ปริมาณน้ำทิ้ง (ลบ.ม./ตันทะลาย ปาล์มสด)	ตัวอย่างน้ำทิ้ง ในระบบบำบัด	บีโอดี (มก./ล.)	ซีโอดี (มก./ล.)	บีโอดี /ซีโอดี (มก./ล.)
1. บริษัท เอเชียนน้ำมันปาล์ม จำกัด*	0.44	เข้า	59,368	113,960	0.52
		ออก	26	47	0.55
2. บริษัท ทักษิณปาล์ม 2521 จำกัด**	0.94	เข้า	30,704	68,344	0.45
		ออก	28	62	0.44
3. บริษัท สยามน้ำมันปาล์ม และอุตสาหกรรม จำกัด***	1.18	เข้า	21,450	42,644	0.50
		ออก	27	48	0.56
4. บริษัท สหอุตสาหกรรม- น้ำมันปาล์ม จำกัด***	0.90	เข้า	29,100	57,641	0.51
		ออก	26	52	0.51

หมายเหตุ : *สกัดน้ำมันโดยใช้เครื่อง Decanter **สกัดน้ำมันโดยใช้เครื่อง Separater กับ Decanter
***สกัดน้ำมันโดยใช้เครื่อง Separater

ที่มา : ดัดแปลงจาก อรัญ หันพงษ์กิตติกุล และคณะ (2537); โสภา จันทภาโส, 2542 อ้างถึงใน
ธรรมศักดิ์ ศรีสุกใส (2547)

2) น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล ประเทศไทยมีการผลิตและแปรรูปอาหารทะเลส่งออกสู่ตลาดโลก พบว่า การผลิตผลิตภัณฑ์ แปรรูปประมงในปี พ.ศ. 2546 มีปริมาณมากกว่า 600,000 ตันต่อปี ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแช่เยือกแข็งมีลักษณะโดยทั่วไป คือ วัตถุคิบ จำพวกอาหาร

ทะเลสด ได้แก่ กุ้ง ปลา ปลาหมึก และปู มีการตัดแต่งและทำความสะอาด ผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งอาจมีการแปรรูป เช่น การชุบเกล็ดขนมปัง การอบแล้วขึ้นรูป หรือการปรุงให้สุกก่อน ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเก็บรักษาอุณหภูมิไว้ที่ระดับ -18 องศาเซลเซียส ส่วนโรงงานแปรรูปอาหารทะเล พบว่า น้ำเสียส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์สูง เกิดจากการปนเปื้อนของเศษเนื้อ เลือดปลา และไขมัน มีผลให้น้ำเสียมีค่าบีโอดี ค่าของแข็งแขวนลอย และค่าน้ำมันและไขมันสูง (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) จึงต้องมีโรงบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยแต่ละโรงงานมีระบบบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกัน และมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสียของโรงงานนั้น แต่โรงงานมักจะเลือกใช้ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge : AS) เป็นระบบหลักที่มีความสามารถในการบำบัดคาร์บอนได้สูงและใช้พื้นที่น้อย ในส่วนของน้ำเสียที่เข้า-ออกจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ ของโรงงานแปรรูปอาหารทะเล ได้ถูกรวบรวมโดย อาแอสေး เด่นดารา (2548) แสดงดังตาราง 1-5

ตาราง 1-5 ลักษณะตัวอย่างน้ำทิ้งเข้า-ออกจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ของโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

โรงงานแปรรูปอาหารทะเล	ปริมาณน้ำเสีย เข้าระบบ (ลบ.ม./วัน)	ตัวอย่างน้ำทิ้งใน ระบบบำบัดระบบ แอกติเวเต็ดสลัดจ์	บีโอดี (มก./ล.)	ซีโอดี (มก./ล.)	บีโอดี /ซีโอดี (มก./ล.)
1. บริษัทสงขลาโฟรเซ่นฟู๊ดส์ จำกัด	325	เข้า	749	2,880	0.26
		ออก	260	1,620	0.16
		% Removal	65	44	-
2. บริษัทโชติวัฒน์ อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด	2,600	เข้า	3,300	10,080	0.33
		ออก	220	5,760	0.04
		% Removal	93	43	-
3. บริษัทสงขลาแคนนิ่ง จำกัด	3,120	เข้า	1,500	7,200	0.21
		ออก	290	4,320	0.06
		% Removal	81	40	-
4. บริษัทแมนเอโฟรเซ่นส์ฟู๊ดส์ จำกัด	650	เข้า	1,200	6,480	0.18
		ออก	180	3,960	0.04
		% Removal	85	39	-

ตาราง 1-5 ลักษณะตัวอย่างน้ำที่เข้า-ออกจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ของโรงงานแปรรูปอาหารทะเล (ต่อ)

โรงงานแปรรูปอาหารทะเล	ปริมาณน้ำเสีย เข้าระบบ (ลบ.ม./วัน)	ตัวอย่างน้ำที่ ในระบบบำบัดระบบ แอกติเวเต็ดสลัดจ์	บีโอดี (มก./ล.)	ซีโอดี (มก./ล.)	บีโอดี /ซีโอดี (มก./ล.)
5. บริษัทห้องเย็น โชติวัฒน์ หาดใหญ่ จำกัด (มหาชน)	900	เข้า ออก	650 110	2,880 1,800	0.23 0.06
		% Removal	83	38	-

ที่มา : คัดแปลงจาก อาแอสေး เคนดารา (2548)

ลักษณะน้ำที่เข้า-ออกจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ของโรงงานแปรรูปอาหารทะเลจากตาราง 1-5 แสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ ทำให้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่เลือกใช้ในการบำบัดน้ำที่ก่อนปล่อยออกนอกโรงงาน เมื่อน้ำเสียผ่านการบำบัดจากระบบดังกล่าวแล้วจะต้องผ่านระบบอื่นๆ ต่อไป เพื่อให้คุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดเป็นไปตามมาตรฐานที่ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2539 สำหรับตัวอย่างของน้ำที่ของโรงงานแปรรูปอาหารทะเลที่เลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ โรงงานแปรรูปอาหารทะเลแห่งหนึ่งใช้การบำบัดด้วยระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ และบำบัดต่อด้วยระบบบึงประดิษฐ์ (วรินยุพา บุญยรัตพันธุ์ และคณะ, 2550) พบว่า มีค่าซีโอดีเท่ากับ 24 มก./ล. เป็นไปตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2539 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545)

จากลักษณะของน้ำที่ทั้ง 3 ประเภท คือ น้ำที่ชุมชน น้ำที่จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำที่จากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล มีองค์ประกอบของสารต่างๆ ในน้ำที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นน้ำเสียประเภทใดก็อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน หากขาดการจัดการที่ดี และขึ้นอยู่กับพื้นที่รองรับน้ำที่ที่มีความสามารถในการรับน้ำที่อย่างจำกัด เช่น แม่น้ำลำคลอง แม้ว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วก็ตามหากปล่อยออกมามากเกินไปทำให้ความเข้มข้นของความสกปรกในแหล่งรองรับน้ำธรรมชาติเพิ่มสูงขึ้น ทำให้น้ำในแม่น้ำมีคุณภาพเสื่อมลง รวมทั้งฤดูกาลก็เป็นผลต่อคุณภาพของแหล่งรองรับน้ำที่จากกิจกรรมทุกประเภท ทั้งนี้หากมีการปล่อยน้ำที่ในปริมาณที่เท่ากันลงสู่แม่น้ำในฤดูกาลที่ต่างกัน เช่น ในฤดูฝนอาจไม่มีผลกระทบต่อแหล่งน้ำมากนัก เนื่องจากมีการเจือจางน้ำจากปริมาณที่ฝนตกลงมา จึงทำให้คุณภาพของน้ำในฤดูฝนดีกว่าในฤดูร้อน

ดังนั้นเพื่อความรวดเร็วในการตรวจวัดและติดตามคุณภาพน้ำในสิ่งแวดล้อม หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้เห็นและตระหนักถึงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะจึงมีข้อกำหนดและการพัฒนาเครื่องมือในการติดตามผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของแหล่งน้ำ คือ ระบบติดตามตรวจสอบแบบออนไลน์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีความสำคัญในการตรวจวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแสดงผลการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว เพื่อเป็นแนวทางในการคาดการณ์และป้องกันคุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติ

1.2.3. พารามิเตอร์ที่สำคัญในน้ำทิ้ง

1.2.3.1 บีโอดี

BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand) คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลาย หรือเผาผลาญสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ ใช้เป็นดัชนีชี้วัดความสกปรกของน้ำ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) ตามกฎหมายค่าบีโอดีมีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียและจุลินทรีย์มีการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าว หากปริมาณสารอินทรีย์มีมากเกินไปทำให้ออกซิเจนในน้ำมีไม่พอส่งผลให้เกิดการเน่าเสียสิ่งมีชีวิตไม่สามารถอาศัยอยู่ได้

หลักการวัดค่าบีโอดี คือ ทดสอบดูว่าตัวอย่างน้ำเสียมีความต้องการออกซิเจนมากน้อยเพียงใดเมื่อถูกนำมาบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน การออกแบบงานวิเคราะห์จึงกระทำได้ง่ายโดยวัดค่าออกซิเจนละลายของตัวอย่างน้ำที่วันเริ่มต้น (วันที่ 0) และวันที่ 5 ผลต่างของออกซิเจนละลายทั้ง 2 ค่า คือ ความต้องการออกซิเจนของตัวอย่างน้ำ เนื่องจากค่าออกซิเจนละลายอิ่มตัวในน้ำมีค่าประมาณ 7.0-8.0 มก./ล. การเจือจางจึงเป็นเรื่องจำเป็นเพื่อให้ความต้องการออกซิเจนไม่เกินค่าออกซิเจนละลายอิ่มตัว และต้องการให้มีค่าออกซิเจนละลายเหลือไม่น้อยกว่า 1.0-2.0 มก./ล. ในวันที่ 5 (มันสิน ตันกุลเวศม์, 2545) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีคือ อุณหภูมิควรอยู่ที่ 20.0±1 องศาเซลเซียส ปิดฝาขวดบีโอดีให้แน่นก่อนเข้าสู่ตู้บ่ม หากน้ำเสียมีความสกปรกมากควรเจือจางน้ำเสียให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม และหลังจากบ่มครบ 5 วันแล้วควรมีปริมาณออกซิเจนมากกว่า 2 มก./ล. และน้ำที่ใช้เจือจางควรปราศจากคลอรีนและธาตุอาหารที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทำให้ค่าบีโอดีที่วิเคราะห์ได้มีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง เป็นต้น (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544)

1.2.3.2 ซีโอดี

COD (Chemical Oxygen Demand) คือ การวัดปริมาณออกซิเจนเทียบเท่าที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ในตัวอย่างอย่างสมบูรณ์ด้วยตัวออกซิไดซ์ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้การออกซิไดซ์ คือ สารประกอบอินทรีย์เกือบทุกชนิด (ยกเว้นสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน; Aromatic Hydrocarbons บางชนิด) จะถูกออกซิไดซ์โดยตัวออกซิไดซ์ เช่น โพแทสเซียมไดโครเมต เป็นต้น ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดและอะมิโนไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545)

ค่าซีโอดีสามารถเชื่อมโยงไปถึงค่าที่แสดงปริมาณสารอินทรีย์บางค่าได้ เช่น ค่าบีโอดี ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด และหรือปริมาณสารอินทรีย์อื่นๆ เป็นต้น โดยที่ค่าซีโอดีจะสูงกว่าหรือเท่ากับค่าบีโอดี เนื่องจากสารอินทรีย์โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ ดังนั้น ค่าซีโอดีจะมีค่าสูงมากกว่าค่าบีโอดีมากขึ้นถ้ามีสารอินทรีย์ที่ยากต่อการสลายทางชีวภาพอยู่มาก (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549) การหาค่าซีโอดีจะมีประโยชน์อย่างมากในการเฝ้าระวังและควบคุมคุณภาพน้ำเมื่อได้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและค่าบีโอดีในตัวอย่างที่ต้องการศึกษา เฝ้าระวังและควบคุม เนื่องจากระยะเวลาในการวิเคราะห์หาค่าซีโอดีสั้นกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีมากซึ่งเป็นข้อดีของการวิเคราะห์ค่าซีโอดี เช่น เวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างสมบูรณ์ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีเท่ากับ 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับระยะเวลาในการบ่มตัวอย่างน้ำในตู้บ่มในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีเท่ากับ 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถทราบผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดีได้อย่างรวดเร็วและมีประโยชน์อย่างมากในการควบคุมและแก้ไขปัญหาในเรื่องของมลพิษทางน้ำ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549)

1.2.3.3 ไนเตรท-ไนโตรเจน

NO_3^- -N (Nitrate-Nitrogen) เกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตปล่อยของเสียซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนออกมาและเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง โปรตีนที่อยู่ภายในก็จะถูกย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย และพืชนำไปใช้สร้างโปรตีนได้ หากมีมากเกินไปความต้องการ แอมโมเนียก็จะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท มลพิษที่เกิดจากสารประกอบไนโตรเจนที่มีในแหล่งน้ำมากเกินไป ก่อให้เกิดแหล่งน้ำเน่าเสีย และทำให้เกิดยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) มีผลทำให้เกิดน้ำเขียวขุ่นข้นและเน่าเหม็น และอาจทำให้เกิดปัญหาสาหร่ายลอยตัวในระบบ AS โดยปกติพบไนเตรทไม่สูงมากในน้ำธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการเจริญของชุมชนและอุตสาหกรรมทำให้ไนเตรทในน้ำทั้งที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น และพบว่ามีกรปนเปื้อนของไนเตรทในน้ำผิวดินและน้ำใต้

ดิน สาเหตุมาจากการใช้ปุ๋ยในภาคการเกษตรเป็นสำคัญและอาจเกิดจากน้ำเสียหรือน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมหรือจากส้วม

การตรวจวัดไนเตรทด้วยวิธีแคดเมียมรีดักชันเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้สำหรับวิเคราะห์น้ำที่มีไนเตรทต่ำกว่า 0.1 มก. ในโตรเจน/ล. โดยค่าไนเตรทในตัวอย่างน้ำเสียจะถูกรีดิวส์ให้เป็นไนไตรท์ได้เกือบสมบูรณ์ภายในสภาวะที่มีโลหะแคดเมียมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อผ่านตัวอย่างลงไปนาคอลัมน์ที่บรรจุเม็ดแคดเมียมเคลือบทองแดง ไนเตรทจะถูกรีดิวส์เปลี่ยนเป็น ไนไตรท์และวัดค่าไนไตรท์ด้วยวิธีเทียบสี (วิธี NED) ทำให้ทำปฏิกิริยากับซัลฟานิลามายด์ให้เกลือไดอาโซเนียมและจะรวมตัวกับ เอ็น-1-แนพทิล เอทิลีนไดอามีน เกิดเป็นสีเอโซ (Azo Dye) ซึ่งเป็นสีม่วงแดงขึ้น ความเข้มข้นของไนไตรท์ที่วัดได้จะเท่ากับความเข้มข้นของไนเตรทรวมกับไนไตรท์ ดังนั้นผลต่างระหว่างปริมาณของไนไตรท์ที่วัดได้จากวิธีแคดเมียมรีดักชัน และไนไตรท์ที่วัดได้ตามปกติ (ไม่ผ่านวิธีแคดเมียมรีดักชัน) จะเท่ากับความเข้มข้นของไนเตรทในตัวอย่างน้ำ สำหรับสิ่งรบกวนการวิเคราะห์ คือ ตัวอย่างน้ำที่ขุ่น มีสารแขวนลอยต้องกรองออกก่อน เพราะความขุ่นจะอุดตันการไหลของน้ำผ่านคอลัมน์ เหล็ก ทองแดง และโลหะหนักอื่นๆที่มีความเข้มข้นหลายๆ มก/ล. มีผลเสียต่อปฏิกิริยารีดักชันของแคดเมียมสามารถแก้ไขได้โดยการเติม EDTA เพื่อให้จับกับโลหะหนักเสียก่อน ไขมันและน้ำมันจะเคลือบผิวแคดเมียมต้องกำจัดทิ้งโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ คลอรีนตกค้างกำจัดทิ้งโดยใช้โซโอสัลเฟต (มันสิน ตันจุลเวศม์, 2545)

1.2.3.4 ปริมาณสารแขวนลอย

SS (Suspended Solids) คือ ของแข็งแขวนลอยอยู่ในน้ำ และความขุ่นในน้ำก็เป็นของแข็งแขวนลอยด้วย แต่ความขุ่นมักใช้เป็นพารามิเตอร์วิเคราะห์ในน้ำดีหรือน้ำประปา ส่วนปริมาณสารแขวนลอยมักวิเคราะห์ในน้ำเสียมากกว่า อาจเป็นเพราะว่าน้ำเสียมีสี น้ำมัน และสารรบกวนอื่นๆ และอาจมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์รวมอยู่ด้วย (มันสิน ตันจุลเวศม์, 2545) ในทางด้านการหาค่าของแข็งในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า มีค่าองค์ประกอบของสารหลายชนิดที่ขึ้นอยู่กับวัสดุและกระบวนการผลิต ในส่วนของการหาปริมาณสารแขวนลอยบอกถึงปริมาณสารที่ไม่ละลาย และสามารถหาได้โดยการกรองซึ่งของแข็งที่ติดบนเยื่อกรองขนาด 1.2 ไมโครเมตรคือปริมาณสารแขวนลอย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) ปริมาณสารแขวนลอยมีความสำคัญมากในการออกแบบระบบบำบัดและการกำจัดสลัดจ์ (มันสิน ตันจุลเวศม์, 2545)

พารามิเตอร์ดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ในน้ำเสียและน้ำทิ้งมีองค์ประกอบของค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย สามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำได้ เป็นข้อมูลในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียประเภทต่างๆ และเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญใน

การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ เช่น โรงบำบัดน้ำเสีย ปากแม่น้ำ พื้นที่อุตสาหกรรม และพื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

1.2.4 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

1.2.4.1 กฎของเบียร์ และแลมเบิร์ต (Beer and Lambert's law)

โมเลกุลของตัวอย่างถูกฉายแสงในช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือแสงขาวที่มีพลังงานเหมาะสมจะทำให้อิเล็กทรอนิกส์ภายในอะตอมเกิดการดูดกลืนคลื่นแสงแล้วเปลี่ยนไปอยู่ในชั้นที่มีระดับพลังงานสูงกว่า เมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านจากตัวอย่างเทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่มีความยาวคลื่นต่างๆ ตามกฎของเบียร์ และแลมเบิร์ต ค่าการดูดกลืนของแสงหรือค่าแอบซอร์บแนนซ์ของสารจะแปรผันกับจำนวนโมเลกุลที่มีการดูดกลืนคลื่นแสง ทำให้สามารถระบุชนิดและปริมาณของสารที่มีอยู่ในตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ได้ (พรณทิพย์ ตั้งปรียารักษ์, 2549)

1.2.4.2 หลักการของการใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

แหล่งกำเนิดแสงจะเป็นแสงที่มีความคงที่และต่อเนื่อง ตัวที่นิยมใช้ คือ หลอดทังสแตน-ฮาโลเจน ซึ่งให้แสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 320-2,500 นาโนเมตร สำหรับแสงในช่วงแสงอัลตราไวโอเล็ตจะใช้หลอดไฮโดรเจนหรือหลอดดิวทีเรียมให้แสงในช่วงความยาวคลื่น 160- 375 นาโนเมตร แต่แสงที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะมีความยาวคลื่นต่างๆ จึงต้องใช้โมโนโครเมเตอร์เป็นตัวกระจายแสงออกเพื่อให้แสงที่ผ่านสารตัวอย่างมีความยาวคลื่นเป็นค่าเดียว สำหรับเซลล์ที่บรรจุสารตัวอย่างและสารเปรียบเทียบ ส่วนใหญ่จะนิยมใช้รูปร่างที่เป็นสี่เหลี่ยมมีความกว้างภายใน 1 เซนติเมตร สำหรับเซลล์ที่ทำจากควอตซ์ (Quartz) ที่มีคุณภาพดีที่สุด (พรณทิพย์ ตั้งปรียารักษ์, 2549)

หลักในการหาปริมาณของสารกับการวัดปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืน

ในการหาปริมาณของแสง (Radiation) ที่ถูกดูดกลืนด้วยสารตัวอย่างนั้น สามารถทำได้โดยให้ลำแสงผ่านเข้าไปในสารตัวอย่าง แล้ววัดปริมาณที่แสงนั้นส่องผ่านออกมาโดยเปรียบเทียบกับแสงที่ทะลุออกมาเมื่อไม่มีสารตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของความเข้มของแสง (Radiant Power) ที่เกิดจากการผ่านโมโนโครมาติก (Monochromatic Radiation) เข้าไปยังเซลล์ ซึ่งใส่แต่ตัวทำละลายกับสารอื่นๆ ซึ่งไม่มีสารที่จะดูดกลืนแสง เรียกว่า “Blank” Solution ดังนั้น Radiant Power ที่ผ่านทะลุออกมาให้เป็น P_0

$$A = \epsilon bc = \log \frac{P_0}{P}$$

หรือ $-\log T = \epsilon bc$

A = แอ็บซอร์เบแนนซ์ (Absorbance)

ϵ = โมลาร์แอ็บซอร์ปติวิตี (Molar Absorbivity, cm^2/mole)

b = ความกว้างของเซลล์ (cm)

c = ความเข้มข้น (mole/l)

P_0 = ความเข้มของแสงก่อนผ่านตัวกลาง

P = ความเข้มของแสงหลังผ่านตัวกลาง

T = Transmittance

ถ้าความเข้มข้นเป็น กรัม/ลิตร หรือ หน่วยอื่นให้เขียนเป็น

$$A = \epsilon b c$$

A = แอ็บซอร์ปติวิตี (Absorbivity)

ทั้ง ϵ และ a เป็นค่าคงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารและความยาวคลื่น

กฎของเบียร์ (Beer's law) หรือกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer and Lambert's law) ซึ่งอาจกล่าวสั้นๆ ได้ว่า “ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายจะเป็นปฏิกภาคโดยตรงกับความเข้มข้นของสาร”

ความสัมพันธ์ของ A และเปอร์เซ็นต์ทรานสมิตแทนซ์

$$\frac{P}{P_0} = T$$

$$100 \left(\frac{P}{P_0} \right) = \%T$$

$$\log 100 \left(\frac{P}{P_0} \right) = \log \%T$$

$$2 - A = \log \%T$$

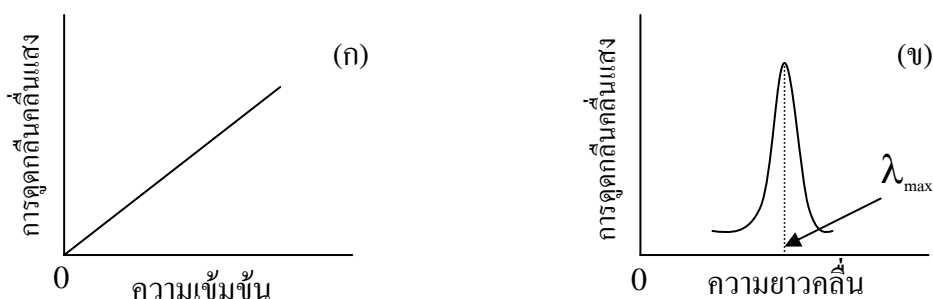
$$A = 2 - \log \%T$$

จากกฎของเบียร์สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์สารหลายชนิดผสมกัน โดยที่แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่วัดได้จะเป็นผลรวมของการดูดกลืนคลื่นแสงของสารแต่ละชนิด (แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ, 2534)

1.2.4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณของสารด้วยการใช้เทคนิคทางยูวี-วิสิเบิล

สเปกโทรสโกปี (UV-visible Spectroscopy)

ในกรณีที่สารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์มีเพียงสารเดียวอาจใช้วิธีทำกราฟมาตรฐาน โดยเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด λ_{\max} โดยเทียบกับ Blank นำผลที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงกับความเข้มข้นจะได้กราฟเส้นตรง ดังภาพประกอบ 1-1 กราฟ ก เมื่อวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารตัวอย่างได้ ก็จะหาปริมาณของสารที่จะวิเคราะห์ได้โดยอ่านจากกราฟมาตรฐานและลักษณะของสเปกตรัม ดังภาพประกอบ 1-1 กราฟ ข



ภาพประกอบ 1-1 มาตรฐานที่ใช้หาสารมาตรฐานและสเปกตรัมของสารตัวอย่างทั่วไป (ก) กราฟมาตรฐานที่ใช้หาสารมาตรฐาน (ข) สเปกตรัมของสารตัวอย่าง

ที่มา : แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ (2534)

จากภาพประกอบ 1-1 กราฟที่ ข แสดงสเปกตรัมของสารตัวอย่างทั่วไปที่นำมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารตัวอย่างและความยาวคลื่นแสงที่สารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (λ_{\max}) ต่างกันแล้วนำค่าการดูดกลืนคลื่นแสงไปหาความสัมพันธ์เทียบกับสารมาตรฐานทำให้ทราบความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

ปัจจุบันเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มักจะมีไมโครโปรเซสเซอร์ประกอบอยู่ด้วย ใช้ทั้งในงานควบคุม เก็บข้อมูล และรายงานผลทำให้สะดวกต่อการวิเคราะห์มากขึ้น ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงควรอยู่ในช่วงที่พอเหมาะเพื่อให้ได้ผลถูกต้อง นั่นคือ ควรอยู่ในช่วง 0.1–1.0 ถ้าสารละลายเจือจางเกินไปวัดค่าได้น้อย ก็อาจใช้เซลล์ที่กว้างขึ้น แต่ถ้าสารละลายเข้มข้นมากเกินไปก็ใช้วิธีทำให้เจือจาง (แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ, 2534)

1.2.4.4 ข้อจำกัดและปัจจัยที่มีผลต่อการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตของ เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

สาเหตุที่สำคัญจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ความเบี่ยงเบนทางเคมี (Chemical Deviations) และ ความเบี่ยงเบนจากเครื่องมือ (Instrumental Deviations)

1) ความเบี่ยงเบนทางเคมี (Chemical Deviations) เมื่อนำสารละลายที่มีสารเคมีละลายอยู่มาผสมกัน ทำให้มีปฏิกิริยาทางเคมีเข้าไปเกี่ยวข้องและมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยสิ่งที่ควรพิจารณา คือ

- สมดุลเคมี (Chemical Equilibrium) สารหรือไอออนที่ทำการวัดอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับสมดุลเคมี ซึ่งสมดุลเคมีนี้บางครั้งขึ้นอยู่กับความเป็นกรดเป็นเบส โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรดอ่อนหรือเบสอ่อน ถ้าพีเอชเปลี่ยนแปลงไปทำให้สารเหล่านี้เกิดการแตกตัวหรือเกิดการรวมตัวมากขึ้นหรือน้อยลงได้ เช่น กรดเบนโซอิกเมื่ออยู่ในสารละลายจะมี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบของ ไอออน และรูปแบบของโมเลกุล หากวัดค่าแอมพลิจูดของกรดเบนโซอิกที่ความยาวคลื่น 273 นาโนเมตร ค่าโมลาร์แอมพลิจูดที่เท่ากับ 970 ถ้าสารละลายเจือจางลงหรือพีเอชเพิ่มขึ้นการแตกตัวจะมากขึ้น ทำให้ค่าแอมพลิจูดที่วัดได้จะลดลง

- ผลของความเข้มข้น (Effect of Concentration) กฎของเบียร์จะใช้ได้ดีสำหรับ สารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำๆ เท่านั้น หากความเข้มข้นสูงกว่า 0.01 M พบว่า ค่าโมลาร์แอมพลิจูดที่วัดได้ไม่คงที่ อาจเนื่องมาจากการเกิดอันตรกิริยาของตัวมันเอง และค่า ϵ กลายเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับค่าความเข้มข้นของสารละลายนั้น

- ผลของอุณหภูมิ (Temperature Effect) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลายก็มีส่วนทำให้สมดุลทางเคมีเปลี่ยนแปลงไปได้ ควรจะมีการควบคุมอุณหภูมิอย่าให้มีความแตกต่างกันเกินไป (± 5 องศาเซลเซียส) นอกจากนี้ยังพบว่า ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอาจทำให้การดูดกลืนคลื่นแสงเปลี่ยนตำแหน่งได้

- ผลที่เกิดจากแสง (Photo Effect) การใช้แสงที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเล็ต อาจมีผลต่อ สารเคมีบางชนิดที่ละลายอยู่ในสารละลาย โดยทำให้เกิดฟลูออเรสเซนซ์ขึ้นได้ อาจมีผลต่อการวัดค่าแอมพลิจูด และสารละลายที่เป็นคอลลอยด์หรือขุ่นเล็กน้อยก็อาจก่อให้เกิดการกระเจิงแสงได้

- สารแขวนลอย (Particles) มีผลต่อการตรวจวัดค่าบีโอดีหรือค่าซีโอดีแบบออนไลน์ Lourenço *et al.* (2008)

- ความขุ่น (Turbidity) ที่เพิ่มสูงขึ้นในตัวอย่างน้ำเสียส่งผลให้มีค่าของการดูดกลืนคลื่นแสงมากขึ้นจากความเป็นจริง (Wang and Hsieh, 2001)

2) ความเบี่ยงเบนจากเครื่องมือ (Instrumental Deviations) ถ้าเครื่องมือที่ใช้วัดทำงานได้ไม่ดีพอ ทำให้ผลที่วัดได้ไม่มีความแน่นอน เช่น หน่วยที่ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้คงที่ทำงานได้ไม่ดี จะทำให้หลอดต้นกำเนิดแสงปล่อยแสงออกมาไม่คงที่ หรือมาตรวัดแสงเสื่อมทำให้การวัดการดูดกลืนคลื่อนแสงผิดพลาด เป็นต้น ดังนั้นจะต้องคอยดูแลเรื่องเครื่องมือให้ทำงานให้ถูกต้องอยู่เสมอ แต่แหล่งที่จะก่อให้เกิดความเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์ที่ควรพิจารณามี ดังนี้

- เนื่องจากแสงที่ใช้เป็นพอลิโครมาติก (Polychromatic Radiation) จะเห็นว่ากฎของเบียร์นั้นกำหนดไว้อย่างชัดเจน แสงที่จะใช้ผ่านสารละลายนั้นจะต้องเป็น Monochromatic Radiation ซึ่งความเป็นจริงในทางปฏิบัติใช้แสงเป็นแถบแทนที่จะใช้แสงที่เป็นสเปกตรัม ดังนั้นค่า Radiation Power ตลอดจนค่าการดูดกลืนคลื่อนแสงจะเปลี่ยนไปตามความยาวคลื่อน

- ผลจากการใช้ความกว้างของช่องแสง (Slit Width) ความสามารถของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่จะแยกหรือบอกความแตกต่างระหว่างความถี่หรือของจุดสูงสุด 2 จุด ที่อยู่ใกล้กันได้หรือไม่ ขึ้นอยู่กับความกว้างของภาพที่ได้ หรือ Spectral Slit Width หรือ Spectral Band Width ซึ่งเป็นการขยายของภาพตามความถี่หรือความยาวคลื่อน การวัดค่าการดูดกลืนคลื่อนแสงขึ้นอยู่กับการใช้ความกว้างของแสง (แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ, 2534)

1.2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดูดกลืนแสงหรือรังสีที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิล ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่อนประมาณ 190–800 นาโนเมตร ส่วนใหญ่ได้แก่ พวกละสารประกอบอินทรีย์ (Organic Compound) หรือสารประกอบเชิงซ้อน (Complex Compound) ทั้งที่มีสีและไม่มีสี สมบัติดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณอย่างกว้างขวาง เพราะวิธีนี้ให้ความถูกต้องแม่นยำดี และมีสภาพไว (Sensitivity) สูง โดยอาจทำการวิเคราะห์อยู่ในรูปของธาตุหรือโมเลกุลก็ได้ (แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ, 2534) โดยหลักการดังกล่าวได้มีการนำมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์หาสารประกอบอินทรีย์หลายชนิดในน้ำดีและน้ำเสีย เช่น ลิกนิน (Lignin) แทนนิน (Tannin) สารฮิวมิก (Humic) และสารประกอบอะโรมาติก (Aromatic) ได้เป็นอย่างดี และสามารถแสดงความสัมพันธ์การดูดกลืนคลื่อนแสงกับสารอินทรีย์คาร์บอน ซี และไตรฮาโลมีเทน (THM) (มันสิน ตันทุลเวศม์, 2545)

จากงานวิจัยต่างๆ พบว่า การใช้หลักการดูดกลืนคลื่อนแสงอัลตราไวโอเล็ตด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องมือพื้นฐานทั่วไปที่นิยมใช้ในการตรวจวัดและการติดตามตรวจสอบคุณภาพของน้ำเสียซึ่งมีความสะดวกและรวดเร็ว (Lyngaard-Jensen, 1999 อ้างถึงใน Vaillant *et al.*, 2002) สำหรับช่วงคลื่อนที่สามารถดูดกลืนคลื่อนแสงได้ดีของสารประกอบอินทรีย์

(Dobbs *et al.*, 1972 อ้างใน Brookman, 1997) คือ ช่วงความถี่ของแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (Gen-Shuh *et al.*, 1999)

Matsche *et al.* (1996) ศึกษา การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบค่าซีโอดีจากระบบบำบัดทางชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมพบว่า การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรก็สามารถประมาณค่าของซีโอดีน้ำเสียชุมชน 2 แห่ง (Vienna และ Viennablumenthal) และน้ำเสียจากโรงงานบรรจุอาหารกระป๋องได้ โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.86 0.84 และ 0.85 ตามลำดับ โดยค่าซีโอดีที่ตรวจวัดได้มีค่ามากกว่า 90 มก./ล. แต่สำหรับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำตาล ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ ซึ่งสัมพันธ์กับ Vaillant *et al.* (2002) ได้กล่าวว่า น้ำเสียจากโรงงานบางประเภทไม่สามารถดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตได้ เนื่องจากในน้ำเสียมีสารประกอบจำพวกน้ำตาล และได้แนะนำสิ่งที่ควรคำนึงในการวิเคราะห์น้ำเสียคือ การปนเปื้อนของน้ำมันและไขมัน หรือสารแขวนลอยสารคอลลอยด์

แต่อย่างไรก็ตาม Roig *et al.* (2003) ได้ศึกษาการใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจวัดน้ำตาลที่มีความเข้มข้นที่สูงคือ 40-500 กรัมต่อลิตรในการผลิตน้ำตาลไม้ ในการทดลองมีการทำการเจือจางตัวอย่างน้ำเสียก่อนการตรวจวัด และมีช่วงการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตสูงสุดที่ 268 นาโนเมตร แสดงผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.983 แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียที่มีองค์ประกอบของน้ำตาลด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตเป็นวิธีการที่มีสภาพไว (Sensitive) ได้ง่ายจึงควรระมัดระวังในการวิเคราะห์

Muzio *et al.* (2001) ศึกษาการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตในน้ำทิ้งจากการผลิตกระดาษในประเทศแคนาดา โดยใช้ช่วงความยาวคลื่นแสงที่ 200-350 นาโนเมตร พบว่า ในการประมาณค่าบีโอดีในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 2.0-15.0 มก./ล. แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.79 อย่างไรก็ตามผลดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือไม่มากนัก ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะความเข้มข้นของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดมีค่าบีโอดีต่ำ แต่ยังคงใช้ในการประมาณค่าบีโอดีในระบบบำบัดน้ำเสียได้ เช่นเดียวกับ Chevalier *et al.* (2002) พบว่า การใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในการประมาณค่าบีโอดีจากระบบแอ็คติเวเต็ดสลัดจ์ในเมืองคาร์บอนเดล สามารถประมาณค่าบีโอดีได้โดยแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.76 ในตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของบีโอดีน้อยกว่า 60 มก./ล.

Stumwohrer *et al.* (2003) รายงานว่า การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจวัดน้ำทิ้งจากท่อระบายน้ำเสียรวม สามารถประมาณค่าซีโอดีได้โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.84 0.88 และ 0.90 สำหรับฤดูร้อน หลังฝนตก 2 วัน และหลังจากฝนตก 4 วัน ตามลำดับ

ซึ่งมีความน่าเชื่อถือได้ อย่างไรก็ตามการตรวจวัดด้วยเครื่องดังกล่าวไม่เหมาะสมที่จะนำมาตรวจวัดน้ำทิ้งในแม่น้ำ เนื่องจากน้ำในแม่น้ำมีการไหลของน้ำและความเข้มข้นของน้ำในลำน้ำไม่คงที่

Roig *et al.* (2001) พบว่า การใช้แสงอัลตราไวโอเลตในน้ำเสียอุตสาหกรรมและน้ำเสียชุมชน สามารถใช้ตรวจวิเคราะห์ค่าของสารอินทรีย์ในโตรเจนได้ในช่วงคลื่นต่างๆ โดยพบว่า ร้อยละ 90 สามารถวัดในช่วงคลื่น 254 นาโนเมตร และประมาณร้อยละ 10 สามารถวัดได้ที่ช่วงคลื่น 185 313 365 405 436 นาโนเมตรได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการเปรียบเทียบกับ Standard solution ซึ่งแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.988

Guang *et al.* (1996) รายงานว่า การตรวจวัดด้วยน้ำทิ้งจากระบบติดตามตรวจสอบแบบออนไลน์ในระบบบำบัดน้ำเสียจะต้องมีการกรองอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.45 ไมโครเมตรออกก่อน และผลการทดลอง พบว่า มากกว่าร้อยละ 90 สามารถตรวจวัดในโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ และมากกว่าร้อยละ 70 สามารถตรวจวัดสารอินทรีย์ละลายน้ำได้ ระบบดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้ สำหรับ Roig *et al.* (1999) ได้มีการวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสและแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.991 และ Pouly *et al.* (1999) ก็ทำการตรวจวัดซัลไฟด์ในน้ำได้เช่นกันแสดงให้เห็นว่าวิธีการดังกล่าวสามารถวิเคราะห์แต่ละพารามิเตอร์ได้แตกต่างกัน

Vaillant *et al.* (1999) ศึกษาการใช้แสงอัลตราไวโอเลตในการวิเคราะห์หาสารแขวนลอย (Suspended solid) และคอลลอยด์ (Colloidal) ในน้ำเสียชุมชน การวิเคราะห์แยกขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันมาดูลักษณะการกระจายแสงโดยการกำหนดในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าในฤดูฝนมีแนวโน้มของสารแขวนลอยและคอลลอยด์มากกว่า เนื่องจากการไหลของกระแสน้ำทำให้เกิดการผสมระหว่างอนุภาคกับน้ำในลำน้ำ โดยช่วงคลื่นที่ใช้คือ 200-350 นาโนเมตร พบว่าขนาดของอนุภาคหรือโมเลกุลมีผลต่อความสามารถในการดูดกลืนแสง

Lyngaard-Jensen (1999) กล่าวว่า การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบออนไลน์ มีการพัฒนาเครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลายประเภท ดังเช่น การใช้แสงอัลตราไวโอเลตในการตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์ คือ ฟิเอช ปริมาณออกซิเจนละลาย และความขุ่น ทั้งยังมีการพัฒนาใช้กับธาตุอาหาร (Nutrient) และสารอินทรีย์ (Organic Matter) ซึ่งเทคนิคดังกล่าวสามารถนำมาคำนวณและประเมินความสามารถของเครื่องมือได้

Khorassani *et al.* (1999) พบว่า การใช้แสงอัลตราไวโอเลตในการตรวจวัดเป็นเทคนิคที่แสดงผลได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถหาค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ ค่าของซีโอดีที่ความเข้มข้น 0-60 มก./ล. แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.91 ค่าของปริมาณสารแขวนลอยที่

ความเข้มข้น 0-100 มก./ล. แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.77 และค่าของไนเตรทที่ความเข้มข้น 0-50 มก./ล. มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.99

Langergraber *et al.* (2004) พบว่า การติดตามตรวจสอบแบบออนไลน์โดยการดูคลิ่นคลิ่นแสงอัลตราไวโอเล็ตในการประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอย ซีโอดี และไนเตรทของน้ำเสียจากโรงงานผลิตกระดาษ แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มากกว่า 0.90 ซึ่งใช้ความยาวคลิ่น 200-750 นาโนเมตร และการดูคลิ่นคลิ่นแสงสูงสุดอยู่ที่ความยาวคลิ่น 280 นาโนเมตร และมีผลการศึกษาแบบจำลองระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor: SBR) ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า สามารถประมาณค่าไนเตรท ปริมาณสารแขวนลอย และซีโอดีโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มากกว่า 0.90 เช่นกัน

Lanoul *et al.* (2002) ทำการทดลองน้ำเสียชุมชนจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ พบว่า ที่ความยาวคลิ่น 204 และ 229 นาโนเมตรสามารถตรวจวัดค่าไนไตรท์และไนเตรทตามลำดับ เช่นเดียวกับ Dahlen *et al.* (2000) ใช้ความยาวคลิ่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลิ่น 200-300 นาโนเมตร หาค่าไนเตรทในน้ำใต้ดินในเทศบาลเมือง Linkoping ประเทศสวีเดนได้ โดยแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.998

Tsoumanis *et al.* (2009) พบว่า การใช้หลักการดูคลิ่นคลิ่นแสงอัลตราไวโอเล็ต ช่วง 210-350 นาโนเมตรของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ สามารถประมาณค่าไนเตรทในน้ำทิ้งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในเมือง Ioannina ประเทศกรีซ

นอกจากการใช้หลักการของแสงอัลตราไวโอเล็ตแล้วยังมีวิธีการอื่นที่ใช้ในการตรวจวัดและติดตามผลกระทบของน้ำเสียที่มีการปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมและน้ำในธรรมชาติ เช่น การใช้ไอโซนย์ออสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (Petala *et al.*, 2006) การใช้ระบบเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดน้ำและน้ำเสีย (Bourgeois *et al.*, 2003) การใช้หลักการของการเรืองแสงของแสงลูมิเนสเซนซ์ (Luminescence) การใช้หลักการดูคลิ่นคลิ่นแสงของแสงฟลูออเรสเซนซ์ในการวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ที่อยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ทีโอซี (Total Organic Carbon) ดีโอซี (Dissolved Organic Carbon) ดีโอเอ็ม (Dissolved Organic Matter) เป็นต้น โดยใช้ความยาวคลิ่นที่ 280 นาโนเมตรในการหาค่าของบีโอดีของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำทิ้งจากที่พักอาศัยได้แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.94 และในน้ำที่ผ่านการบำบัดมีความเข้มข้นต่ำกว่า 15 มก./ล. มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.97 จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบว่าแสงฟลูออเรสเซนซ์สามารถวัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำได้ดี (Reynolds and Ahmad, 1997) จากการหาข้อมูลการใช้แสงฟลูออเรสเซนซ์ในการวิเคราะห์น้ำเสียนั้นส่วนใหญ่ใช้ในการหาสารอินทรีย์ประเภทดีโอซี ดีโอเอ็ม โดยให้พลังงานกระตุ้นให้อยู่ในช่วงความยาวคลิ่นที่ 390 350 430 นาโนเมตรในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ดังกล่าว นอกจากนี้แสงฟลูออเรสเซนซ์ยังไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ของทีโอซีของน้ำทะเลได้ (Stewart *et al.*, 1981) แต่สามารถแสดงความสัมพันธ์ของบีโอดีได้ สำหรับสารอินทรีย์ธรรมชาติ (Natural organic matter) ในน้ำเสียชุมชนสามารถวัดได้ในช่วงความยาวคลื่นที่ 531 นาโนเมตร (Ritchelita *et al.*, 1998)

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ พบว่าการประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตกับน้ำเสียแต่ละประเภท ซึ่งตาราง 1-6 แสดงช่วงการดูดกลืนคลื่นแสงของน้ำเสียประเภทต่างๆ ดังนี้

ตาราง 1- 6 ช่วงการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตและพารามิเตอร์ของน้ำทิ้งประเภทต่างๆ

Procedure	Wavelength (nm)	Parameters	Applications	Authors Reference
Absorptiometry at one wavelength	254	TOC	น้ำเสียชุมชน	Dobbs <i>et al.</i> (1972)
	254	COD	น้ำเสียชุมชน น้ำเสีย	Mrkva (1975)
	280	BOD ₅	อุตสาหกรรม น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร	Brookman (1997)
Absorptiometry at two wavelengths (correction for TSS interference)	254 และ 350 254 และ 580	COD TOC	น้ำเสียชุมชน	Matsche <i>et al.</i> (1996)
First derivative	215 ถึง 225	NO ₃ -N	น้ำที่ผ่านการบำบัด	Thomas (1986)
Deconvolution	205 ถึง 330	TOC, COD, BOD ₅ , TSS NO ₃ -N	น้ำเสียชุมชน น้ำเสียอุตสาหกรรม น้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัด น้ำเสียชุมชน	Khorassani <i>et al.</i> (1999) Thomas <i>et al.</i> (1996) Thomas <i>et al.</i> (1993) Thomas <i>et al.</i> (1996; 1993)

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Vaillant *et al.* (2002)

ตารางข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตและพารามิเตอร์ในน้ำทิ้งแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน โดยความยาวคลื่นแต่ละช่วงมีความสามารถในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารไม่เท่ากัน ข้อจำกัดและคุณสมบัติเฉพาะกับพารามิเตอร์ต่างๆ ข้อมูลการทำวิจัยของผู้วิจัยหลายท่านข้างต้นจึงเป็นข้อมูลและแนวทางที่ดีสำหรับการเลือกใช้ให้

ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสีย เพื่อให้การประยุกต์ใช้และผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องและแม่นยำที่สุดในการตรวจวัดน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสีย

1.2.6 เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

สำหรับระบบติดตามตรวจสอบแบบออนไลน์ เป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ผลการวิเคราะห์น้ำทิ้งได้เร็วกว่าการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน และมีความสะดวกและรวดเร็วในการวิเคราะห์น้ำทิ้ง ปัจจุบันเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์มีการจำหน่ายทั่วไป ใช้หลักการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสียแตกต่างกัน ดังตาราง 1-7

ตาราง 1- 7 ตัวอย่างเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ที่มีการผลิตและจำหน่ายในปัจจุบัน

ชื่อเครื่องมือ	หลักการที่ใช้	ที่มา
1. BOD/COD On-line Water Analyzer	UV absorbance	Envilab (2010)
2. COD & BOD On-line Water Analyzer	UV absorbance	Energica (2010)
3. BOD/COD Monitoring	UV absorbance	Asaanalytics (2010)
4. Online BOD Analyzer (HABS-2000)	Microbial Fuel Cell Method	Korbi (2010)
5. BOD/COD online analyzer	Ozone Hydroxyl Radical	Codandbodonline (2010)

จากตาราง 1-7 เป็นตัวอย่างของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ที่มีการผลิตและจำหน่ายในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่แล้วใช้หลักการการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ต และตรวจวัดได้หลากหลายพารามิเตอร์ เช่น ค่าดีไอ บีโอดี ซีโอดี ทีไอซี ในเตรท พีเอช ซี และความขุ่น เป็นต้น ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยดังกล่าวที่ใช้หลักการดูดกลืนคลื่นแสงด้วยอัลตราไวโอเล็ต โดยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในการทดลองนี้สามารถอ่านค่าการดูดกลืนคลื่นแสง สามารถแสดงผลได้ตลอด 24 ชั่วโมงมีการส่งผ่านข้อมูล การควบคุมและบันทึกผลโดยคอมพิวเตอร์ ทำให้ง่ายและสะดวกในการเก็บข้อมูลน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดและน้ำในแหล่งสาธารณะ ทั้งยังทราบผลการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของความสกปรกในน้ำทิ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับตัวอย่างของระบบติดตามตรวจสอบแบบออนไลน์ (กรีน บรรยัณ, 2549) สามารถวิเคราะห์ได้หลายพารามิเตอร์ขึ้นอยู่กับการตั้งโปรแกรมในการสอบเทียบค่าที่จะทำการวัด ใช้หลักการการดูดกลืนคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันของสารที่จะทำการตรวจวัด และทำ

การเปรียบเทียบสมการมาตรฐานก่อนนำไปใช้กับน้ำทิ้งของโรงบำบัดน้ำเสียแต่ละประเภท โดยระบบติดตามตรวจสอบแบบออนไลน์ดังกล่าวให้ความสะดวกในการเก็บข้อมูล แสดงข้อมูลย้อนหลัง สามารถแก้ไขและวางแผนการปล่อยน้ำทิ้งออกนอกโรงงาน

ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือตรวจวัดแบบออนไลน์ที่มีการติดตั้งอย่างนำทิ้งเข้ามาวัดในตัวเครื่องโดยใช้ท่อสายยางต่อเข้ากับตัวเครื่อง และใช้น้ำตัวอย่างเพื่อนำมาตรวจวัดในปริมาณที่อย่างน้อย 1 ลิตรต่อ 3 นาทีระยะเวลาในการวิเคราะห์ตัวอย่าง 1 ตัวอย่างใช้เวลาไม่มากกว่า 10 นาที ใช้หลักการการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 200-320 นาโนเมตร พารามิเตอร์ที่เครื่องสามารถวัดได้ คือ บีโอดี ซีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย ในเตรท-ไนโตรเจน ในเตรท และสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด เป็นต้น ซึ่งเครื่องตรวจวัดสามารถติดตั้งอย่างนำทิ้งขึ้นมาวัดอัตโนมัติ ทำการเจือจางน้ำที่มีความเข้มข้นของความสกปรกมากแบบอัตโนมัติ ซึ่งการประยุกต์ใช้เครื่องมือดังกล่าวสามารถใช้ตรวจวัดและประมาณคุณภาพน้ำทิ้ง และน้ำในแหล่งธรรมชาติได้ มีความรวดเร็วในการแสดงผลการวัด ปัจจุบันระบบการติดตามตรวจสอบแบบออนไลน์มีความสำคัญสำหรับผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียสามารถเดินระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีคุณสมบัติตามที่ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550 กำหนด

การตรวจวัดค่าของเครื่องมือตรวจวัดแบบออนไลน์ยังคงต้องมีการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทั้งยังมีข้อจำกัดบางอย่างที่ทำให้ค่าที่ได้มีความผิดพลาด ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องมือตรวจวัดแบบออนไลน์ โดยเลือกใช้เครื่องมือดังกล่าว เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่มีการใช้งานจริงในโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนดังเช่นโรงบำบัดน้ำเสียรวมดินแดงและจตุจักร สามารถแสดงผล การตรวจวัดที่รวดเร็วและแม่นยำผ่านข้อกำหนดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550 ทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนและเป็นตัวบ่งชี้การดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตของเครื่องมือตรวจวัดแบบออนไลน์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย และนำค่าผลการทดลองมาเปรียบเทียบและศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดทำ Simple Mathematical Model ของน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสีย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบติดตามตรวจสอบแบบออนไลน์ ในการตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวด้วยการประยุกต์ใช้ความยาวคลื่นที่ต่างกันของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบติดตามตรวจสอบแบบออนไลน์
2. เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ผลของการใช้เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ที่มีความถูกต้องและรวดเร็วสำหรับผู้ควบคุมระบบบำบัด
3. การประยุกต์ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด

บทที่ 2

วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

2.1.1 ศึกษาการใช้เครื่องมือตรวจวัดแบบออนไลน์และเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

1) เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

ศึกษาเกี่ยวกับหลักการทำงาน การติดตั้ง ข้อจำกัดของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ รวมถึงสมการและตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ คือ ค่าบีโอดี ซีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย การใช้งานเครื่องมือดังกล่าวต้องทำการเลือกสมการตั้งต้นเป็นสมการมาตรฐาน (Calibrate Model) จากเครื่องมือก่อนทำการทดลอง โดยสมการมาตรฐานสร้างขึ้นจากการนำผลของการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานของพารามิเตอร์ต่างๆ กับผลการคำนวณทางคณิตศาสตร์จากโปรแกรม UV-PRO Software (Secomam, 2006) (รายละเอียดของการติดตั้งเครื่องมือและการใช้โปรแกรมแสดงในภาคผนวก ก)

รูปแบบทั่วไปของการคำนวณ Calibrate Model ของ UV-PRO Software สามารถแสดงผลการคำนวณออกมาในรูปของสมการเส้นตรงและแสดงผลด้วยกราฟเป็นเส้นสเปกตรัม โดยมีสมการดังนี้

$$SP_{SAM} = C_1SP_1 + C_2SP_2 + C_3SP_3 + C_4SP_4 + C_5SP_5 + r$$

โดยที่	C	คือ	Contribution Coefficients
	SP	คือ	Spectrum
	r	คือ	Restitution gap

หมายเหตุ :

Contribution Coefficients คือ ค่าคงที่หรือค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการคำนวณจากโปรแกรม UV-PRO Software

Spectrum คือ แถบความถี่หรือความยาวคลื่นของแม่เหล็กไฟฟ้าจากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

Restitution gap คือ ความแตกต่างระหว่างสเปกตรัมของตัวอย่างกับสเปกตรัมจากการคำนวณจากสมการของเครื่องมือ

การศึกษาในครั้งนี้เลือกสมการมาตรฐานสำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งที่ได้ผ่านการบำบัดทางชีวภาพที่มีชื่อว่า SortieBio_past Model ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ด้วยหลักการการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตเพื่อตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำทิ้งที่ได้ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สำหรับสมการมาตรฐาน SortieBio_past Model มีรูปแบบในการคำนวณผลดังนี้

$$\text{MES} = (23.1\text{SP}_1 + 3.5\text{SP}_2 + \text{SP}_3 + \text{SP}_4 + \text{SP}_5) * r$$

$$\text{DCO} = (40.3\text{SP}_1 + 17.3\text{SP}_2 + 61.0\text{SP}_3 + \text{SP}_4 + 33.2\text{SP}_5) * r$$

$$\text{DBO} = (5.0\text{SP}_1 + 11.5\text{SP}_2 + 10.8\text{SP}_3 + 0\text{SP}_4 + 6.8\text{SP}_5) * r$$

$$\text{COT} = (9.1\text{SP}_1 + 7.1\text{SP}_2 + 9.6\text{SP}_3 + \text{SP}_4 + 11.0\text{SP}_5) * r$$

$$\text{NO}_3 = (\text{SP}_1 + \text{SP}_2 + \text{SP}_3 + 16.0\text{SP}_4 + \text{SP}_5) * r$$

$$\text{DBS} = (\text{SP}_1 + \text{SP}_2 + \text{SP}_3 + \text{SP}_4 + 25.0\text{SP}_5) * r$$

โดยที่

MES คือ Suspensions: ปริมาณสารแขวนลอย

DCO คือ Chemical Oxygen Demand: ซีโอดี

DBO คือ Biological Oxygen Demand: บีโอดี

COT คือ Total Organic Carbon: ทีโอดี (สารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด)

NO₃ คือ Nitrate: ไนเตรท

DBS คือ Anionic detergent: สารชะล้างปราศจากไอออน

r คือ Restitution gap

SP₁ คือ TSS Spectrum: แถบความถี่ของสารแขวนลอย

SP₂ คือ Colloids Spectrum: แถบความถี่ของสารคอลลอยด์

SP₃ คือ Dissolved Compound Spectrum: แถบความถี่ของสารละลายน้ำ

SP₄ คือ Nitrate Spectrum: แถบความถี่ของไนเตรท

SP₅ คือ Anionic Detergent Spectrum: แถบความถี่ของสารชะล้างปราศจากไอออน

เมื่อเลือกสมการมาตรฐานสำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งที่จะทำการวิเคราะห์แล้วนั้นต้องทำการปรับสมการข้างต้นโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่จะทำการทดลอง คือ ค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย ทั้ง 4 พารามิเตอร์ได้สมการทั่วไป ดังนี้

$$\text{BOD}_5 = (C_1\text{SP}_1 + C_2\text{SP}_2 + C_3\text{SP}_3 + C_4\text{SP}_4 + C_5\text{SP}_5)*r$$

$$\text{COD} = (C_1\text{SP}_1 + C_2\text{SP}_2 + C_3\text{SP}_3 + C_4\text{SP}_4 + C_5\text{SP}_5)*r$$

$$\text{NO}_3^- \text{-N} = (C_1\text{SP}_1 + C_2\text{SP}_2 + C_3\text{SP}_3 + C_4\text{SP}_4 + C_5\text{SP}_5)*r$$

$$\text{SS} = (C_1\text{SP}_1 + C_2\text{SP}_2 + C_3\text{SP}_3 + C_4\text{SP}_4 + C_5\text{SP}_5)*r$$

(โดยค่า C₁ C₂ C₃ C₄ C₅ SP₁ SP₂ SP₃ SP₄ และ SP₅ ขึ้นอยู่กับการปรับสมการในแต่ละครั้ง)

2) เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ศึกษาการใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์รุ่น Thermo spectronic ผลิตภัณฑ์ของ Helios ด้วยการดูคลื่นคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 220 254 260 500 และ 550 นาโนเมตร เพื่อตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ของบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยในตัวอย่างน้ำทิ้ง โดยทำการตรวจวัดตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านและไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร ตามหลักการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับตัวอย่างที่ผ่านการกรองนั้นเพื่อลดการรบกวนของสารแขวนลอยต่างๆ ที่อยู่ในน้ำทิ้งออก พร้อมทั้งแสดงผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Excel ในรูปของสมการเชิงเส้น ($y=ax+b$) และแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)

2.1.2 ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย น้ำเสียสังเคราะห์ น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครหาดใหญ่ น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล โดยทำการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sample) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) น้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียดังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองเตรียมขึ้นจากห้องปฏิบัติการและเจือจางตัวอย่างน้ำเสียดังเคราะห์ ด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized Water: DI) เพื่อป้องกันและลดการปนเปื้อนจากสารอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ต สำหรับตัวอย่างน้ำเสียดังเคราะห์ในการทดลองมีอัตราส่วนของค่าบีโอดีต่อซีโอดีคือ 0.6 ซึ่งเป็นการเลียนแบบตัวอย่างน้ำเสียดังเคราะห์ มื้อองค์ประกอบของ Peptone, Glucose และ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ เป็นหลัก (ตาราง 2-1) และมีค่าความเข้มข้นของบีโอดีและซีโอดีประมาณ 4,000 มก./ล. และ 7,000 มก./ล. ตามลำดับ

ตาราง 2-1 องค์ประกอบของน้ำเสียดังเคราะห์

ชื่อสารเคมี	ปริมาณ	ชื่อสารเคมี	ปริมาณ
H ₂ O	2.0 L	NaHCO ₃	0.6 g
Peptone	6.0g	Yeast extract	0.6 g
Glucose	6.0g	MnSO ₄	0.108 g
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	4.8 g	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.012 g
MgSO ₄	1.2 g	FeCl ₂	0.006 g
KH ₂ PO ₄	0.96 g		

ที่มา : คัดลอกมาจาก Chevakidakarn and Rattanachai (2004)

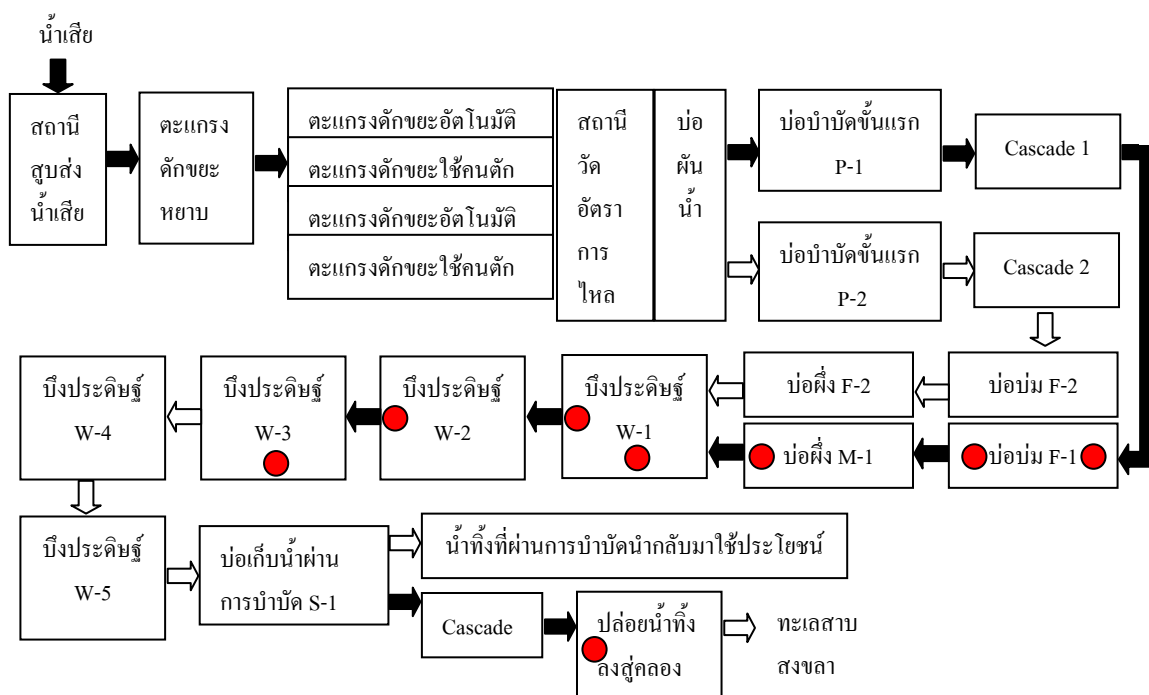
การทดลองแบ่งน้ำเสียดังเคราะห์ออกเป็น 2 ชุด คือ น้ำเสียดังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ และไม่ผ่านการเติมอากาศ ให้มีความเข้มข้นของค่าซีโอดีเท่ากับ 10 20 30 40 50 100 200 และ 250 มก./ล. สำหรับการเพิ่มการเติมอากาศเข้าไปในตัวอย่างน้ำเสียดังเคราะห์เปรียบเสมือนการบำบัดน้ำเสียจริงที่ใช้กระบวนการเติมอากาศในการบำบัดน้ำเสีย เพื่อศึกษาผลการตรวจวัดก่อนและหลังจากที่มีการเติมอากาศในตัวอย่างน้ำเสียด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

2) น้ำทิ้งชุมชนจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครหาดใหญ่

ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของระบบบำบัดน้ำเสียของน้ำทิ้งชุมชนจากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของเทศบาลนครหาดใหญ่ เป็นการบำบัดที่ใช้ระบบบ่อปรับเสถียร โดยอาศัยกลไกการบำบัดทางธรรมชาติ เริ่มจากการบำบัดขั้นแรกคือ ระบบบ่อไร้อากาศ การบำบัดขั้นที่สองคือ บ่อหมักและบ่อบ่ม การบำบัดขั้นที่สาม คือ บึงประดิษฐ์ และบ่อพักน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

(กรรฐสรณ์ แดงตะโก, 2551) สำหรับการวิเคราะห์น้ำทิ้งจากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเทศบาลนครหาดใหญ่ในครั้งนี้นำกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละบ่อ (ภาพประกอบ 2-1) มีรายละเอียดดังนี้

- บ่อบ่ม โดยเลือกเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณกลางบ่อ และปลายบ่อ
- บ่อผึ่ง โดยเลือกเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปลายบ่อ
- บ่อพักน้ำ 1 โดยเลือกเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณกลางบ่อ และปลายบ่อ
- บ่อพักน้ำ 2 โดยเลือกเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปลายบ่อ
- บ่อพักน้ำ 3 โดยเลือกเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปลายบ่อ
- คลองขุด



ภาพประกอบ 2-1 แผนผังและจุดเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครหาดใหญ่

หมายเหตุ: ➡ เส้นทางการไหลของน้ำ ● จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ที่มา : ดัดแปลงมาจากกรรฐสรณ์ แดงตะโก (2551)

3) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ ซึ่งเป็นแบบจำลองในระดับห้องปฏิบัติการ นำมาวิเคราะห์หาค่าซีโอดีก่อนทำการเจือจางน้ำตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากไอออนให้มีความเข้มข้นแตกต่างกันจำนวน 8 ตัวอย่าง โดยมีค่าความเข้มข้นของซีโอดีอยู่ในช่วง 10 – 120 มก./ล.

4) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

เก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานแปรรูปอาหารทะเล จำนวน 7 โรงงาน ดังนี้

- บริษัทสงขลาแคนนิ่ง จำกัด
- บริษัทแมนเอโฟรสเช่นฟู๊ดส์ จำกัด
- บริษัทแปซิฟิกแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด
- บริษัทเอสเอสโฟรสเช่นฟู๊ดส์ จำกัด
- บริษัทณรงค์ซีฟู๊ดส์ จำกัด
- บริษัทโซติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด
- บริษัทห้องเย็นโซติวัฒน์ขนาดใหญ่ จำกัด (มหาชน)

โดยทำการเก็บตัวอย่างจากหน่วยบำบัดสุดท้ายก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพประกอบ ข-1 (ภาคผนวก ข)

2.1.3 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ และหลักการการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ และหลักการการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการ ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร โดยตัวอย่างน้ำที่ชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล ทำการวิเคราะห์อุณหภูมิ พีเอช บีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน ปริมาณสารแขวนลอย สี และความขุ่น สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ผ่านและไม่ผ่านการเติมอากาศทำการวิเคราะห์เฉพาะค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน (APHA, AWWA and WEF, 2005) ดังแสดงในตาราง 2-2

ตาราง 2-2 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้งในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
พีเอช	pH meter
อุณหภูมิ	Thermometer
ค่าบีโอดี	Azide Modification
ค่าซีโอดี	Closed reflux, Titrimetric method
ค่าไนเตรท	Cadmium Reduction Method
ค่าปริมาณสารแขวนลอย	Gravimetric Method
สี	Spectrophotometric Method
ความขุ่น	Turbidity Analyzer

ที่มา : APHA, AWWA and WEF (2005)

2) ศึกษาประสิทธิภาพเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ โดยใช้ตัวอย่างน้ำเสีย ตั้งคราะห์ที่ผ่านและไม่ผ่านการเติมอากาศ น้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลที่ไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร ทำการสอบเทียบเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ (วิธีการสอบเทียบเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ก) ก่อนนำตัวอย่างน้ำไปตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยด้วยเครื่องดังกล่าว จากนั้นนำผลที่ได้จากเครื่องตรวจวัดมาทำการเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3) ศึกษาประสิทธิภาพการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ใช้การดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 220 254 260 500 และ 550 นาโนเมตร ตามลำดับ ในการทดลองครั้งนี้ใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลที่ผ่านการกรองและไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร ในการประมาณค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน ปริมาณสารแขวนลอย และความยาวคลื่นที่ใช้การทดลอง ได้แสดงไว้ในตาราง 2-3

ตาราง 2-3 การตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ตัวอย่างน้ำ	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	พารามิเตอร์
น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร	E220	ไนเตรท-ไนโตรเจน
	E254	บีโอดี และ ซีโอดี
	E260	
น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.4 ไมโครเมตร	E'220 E'254 E'260	บีโอดี และ ซีโอดี
	E500, E550	ปริมาณสารแขวนลอย

หมายเหตุ: ผลการตรวจวัดจากความยาวคลื่นที่ E'220 E'254 E'260 นาโนเมตร ของตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรอง ใช้สำหรับการแทนค่าลงในสมการของตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านการกรอง เพื่อหาความสัมพันธ์ของผลการคำนวณจากตัวอย่างที่ผ่านการกรอง

2.1.4) การคำนวณประสิทธิภาพในการตรวจวัดของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ และเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ประสิทธิภาพในการตรวจวัด (%)

$$= 100 - \left\{ \left[\frac{\text{ผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ} - \text{ผลการตรวจวัดจากเครื่องมือ}}{\text{ผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ}} \right] \times 100 \right\}$$

หมายเหตุ: กำหนดให้ประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นร้อยละ 100 และหักลบด้วยร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)

$$= \left| \text{ผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ} - \text{ผลการตรวจวัดจากเครื่องมือ} \right|$$

ค่าความคลาดเคลื่อน (%)

$$= \left[\frac{\text{ผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ} - \text{ผลการตรวจวัดจากเครื่องมือ}}{\text{ผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ}} \right] \times 100$$

2.1.5) การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลของผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียประเภทต่างๆ โดยทำการเปรียบเทียบผลพารามิเตอร์ คือ ค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ และเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน โดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด สูงสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติแบบ 2 Related samples test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.2 วัสดุและอุปกรณ์

2.2.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย น้ำเสียสังเคราะห์ น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

1) ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย น้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมตัวอย่างน้ำเสียจากสารเคมีในห้องปฏิบัติการ น้ำทิ้งชุมชนจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครหาดใหญ่ น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

2) สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ตามวิธีการของ APHA, AWWA and WEF. (2005)

2.2.2 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

- ขวดเก็บตัวอย่าง (ขวดโพลีเอทิลีน) ขนาด 1 ลิตร

2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

- เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ผลิตภัณฑ์ WTW รุ่น 526

- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผลิตภัณท์ Shimadzu รุ่น UV 1601
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผลิตภัณท์ Helios รุ่น Thermo spectronic
- เครื่องมือวัดความขุ่น ผลิตภัณท์ Hach รุ่น 2100
- เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง ผลิตภัณท์ Mettler Toledo รุ่น PB 1502, Switzerland
- เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ผลิตภัณท์ Mettler Toledo รุ่น AB 204, Switzerland
- เครื่องเขย่า (Touch Mixer) ผลิตภัณท์ Fisher Scientific รุ่น 231
- เครื่องดูความชื้น ผลิตภัณท์ Sanplatee รุ่น 0070
- ปุ่มสุญญากาศและชุดกรอง ผลิตภัณท์ Gast รุ่น 0823-101Q-SG608X
- ตู้อบสารเคมี (Oven) ผลิตภัณท์ Contherm, Newzealand
- ตู้บ่มบีโอดี (BOD incubator) ผลิตภัณท์ภายในประเทศ
- เตาย่อยสลายตัวอย่างซีโอดีแบบปิด ผลิตภัณท์ J.P Selecta รุ่น R.A.T.
- กระดาษกรอง GF/C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ขนาดรุกรอง 1.2

ไมโครเมตร

- เชื้อกรองเซลลูโลสอะซิเตท ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ขนาดรุกรอง

0.45 ไมโครเมตร

- เชื้อกรองเซลลูโลสไนเตรท ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ขนาดรุกรอง

0.45 ไมโครเมตร

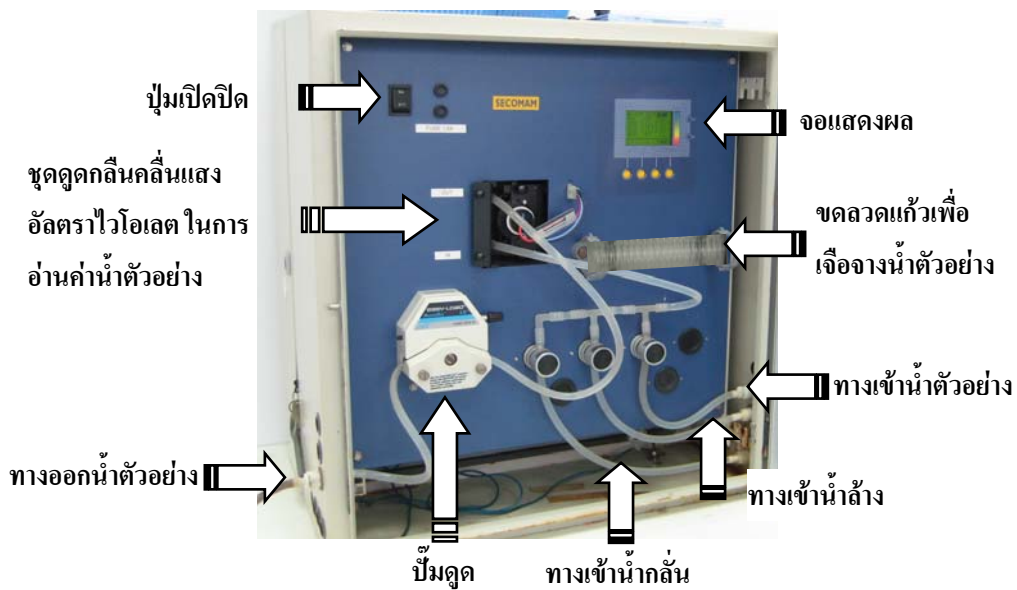
- เครื่องแก้วต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์

3) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ (ภาพประกอบ 2-2) ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ส่วนต่างๆ แสดงดังภาพประกอบที่ 2-3



ภาพประกอบ 2-2 เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์



ภาพประกอบ 2-3 ฟังแสดงองค์ประกอบของหน้าจอเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน

3.1.1 ผลการศึกษาน้ำเสียสังเคราะห์

การทดลองน้ำเสียสังเคราะห์แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ชุด คือ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ และน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศ สำหรับการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศต่างจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศด้วยการใช้หัวฟู่ในการเติมอากาศก่อนทำการเจือจางน้ำตัวอย่างไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง เพื่อจำลองให้เหมือนกับการบำบัดน้ำเสียจริงที่ใช้กระบวนการเติมอากาศ โดยกำหนดความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศให้มีค่าซีโอดีในช่วง 10-250 มก./ล. และน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศให้มีค่าซีโอดีช่วง 10-200 มก./ล. หลังจากนั้นนำตัวอย่างน้ำเสียมาตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ด้วยสมการมาตรฐานก่อนหนึ่งครั้งและทำการปรับเทียบสมการมาตรฐานด้วยตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ทั้งที่ผ่านการเติมอากาศและไม่ผ่านการเติมอากาศอย่างละ 1 ชุด สำหรับการทดสอบตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ทราบองค์ประกอบและความเข้มข้นของน้ำเสียก่อนแล้วนั้น เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือและความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้สมการที่ปรับเทียบโดยน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนนำไปตรวจวัดน้ำเสียจริงจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม จากการศึกษาแสดงผล ดังนี้

1) ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศ พบว่า ลักษณะทางกายภาพของน้ำตัวอย่างมีสีเหลืองอ่อน และใส ผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดี ซีโอดีในห้องปฏิบัติการ และผลการใช้สมการมาตรฐานด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในการทดลองครั้งที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ค่าความเข้มข้นของบีโอดี และซีโอดีที่เครื่องตรวจวัดได้มีค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ยเท่ากับ 61.7 และ 77.9 มก./ล. หรือคิดเป็นร้อยละ 89.8 และ 82.8 ตามลำดับ (ตาราง ค-1 ในภาคผนวก ค) และเมื่อมีการปรับเทียบสมการมาตรฐานด้วยการใช้ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศสำหรับการทดลองครั้งที่ 2 พบว่า ค่าบีโอดี และซีโอดีที่เครื่องตรวจวัดได้มีค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ยเท่ากับ 59.5 และ 59.0 มก./ล. หรือคิดเป็นร้อยละ 124.6 และ 75.9 ตามลำดับ (ตาราง ค-2 ในภาคผนวก ค) จากการเปรียบเทียบการทดลองทั้ง 2 ครั้งข้างต้น ได้ผลการตรวจวัดค่าซีโอดีมีค่าความคลาดเคลื่อน

ค่อนข้างน้อยลง แต่พบว่าค่าบีโอดีมีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มสูงขึ้นทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการควบคุมการเจือจางตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ตามค่าซีโอดี อีกทั้งค่าบีโอดีส่วนใหญ่แล้วเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายและมีสภาพไวกว่าค่าซีโอดี อาจทำให้ค่าบีโอดีที่ตรวจวัดได้แตกต่างไปจากค่าจริง และหากแยกระดับความเข้มข้นของน้ำตัวอย่างเป็นช่วงค่าซีโอดีเป็น 2 กลุ่ม คือ 0-50 มก./ล. และ 100-250 มก./ล. ก็พบว่า เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์สามารถตรวจวัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศมีความเข้มข้นของซีโอดีช่วง 100-250 มก./ล. ได้ดีกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของค่าซีโอดีช่วง 0-50 มก./ล. (ตาราง ก-3 ในภาคผนวก ก) จากผลการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดค่าบีโอดีและซีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ตามกฎหมายพบว่ายังมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าข้อกำหนดของประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550

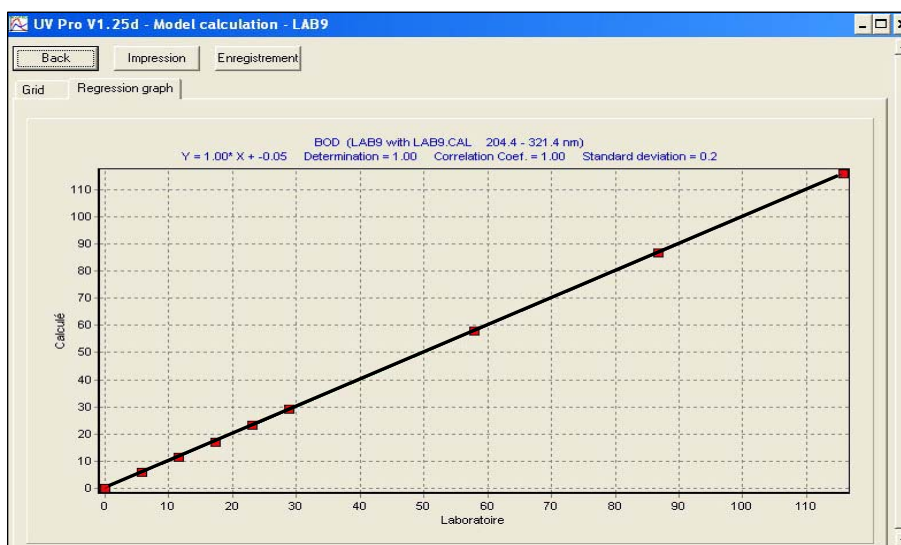
2) ผลการศึกษาคุณภาพน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ พบว่า ลักษณะทางกายภาพของน้ำตัวอย่างมีสีเหลืองอ่อน ขุ่นเล็กน้อย ผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอยในห้องปฏิบัติการ และผลการเปรียบเทียบสมการมาตรฐานของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ด้วยตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ พบว่า ผลการตรวจวัดตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์นั้นมีความใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถแสดงรูปแบบสมการการคำนวณของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ ดังนี้

$$\text{BOD}_5 = (66.6 \text{ SP}_1 + 11.7 \text{ SP}_2 + 34.9 \text{ SP}_3 + 50.4 \text{ SP}_4 + 15.0 \text{ SP}_5)$$

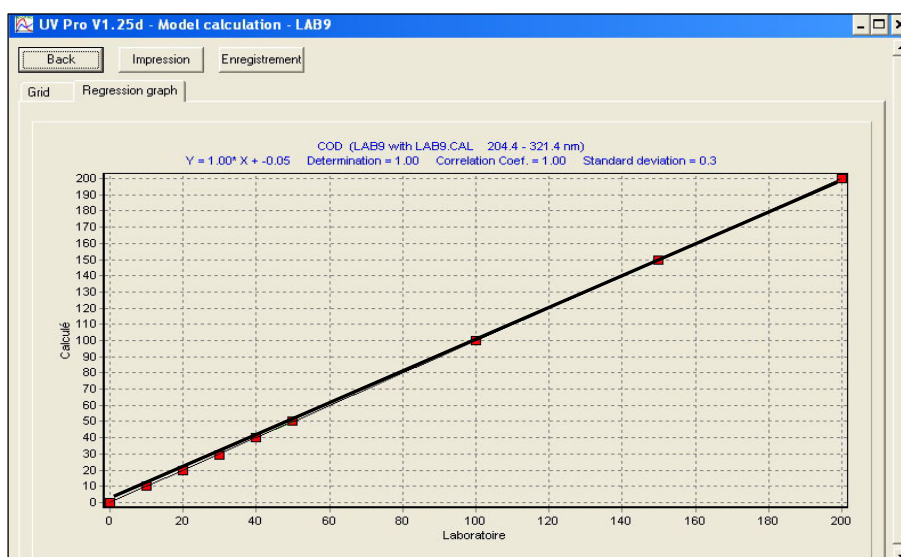
$$\text{COD} = (115.0 \text{ SP}_1 + 20.2 \text{ SP}_2 + 60.3 \text{ SP}_3 + 87.1 \text{ SP}_4 + 26.0 \text{ SP}_5)$$

$$\text{SS} = (51.3 \text{ SP}_1 + 9.0 \text{ SP}_2 + 26.9 \text{ SP}_3 + 38.9 \text{ SP}_4 + 11.6 \text{ SP}_5)$$

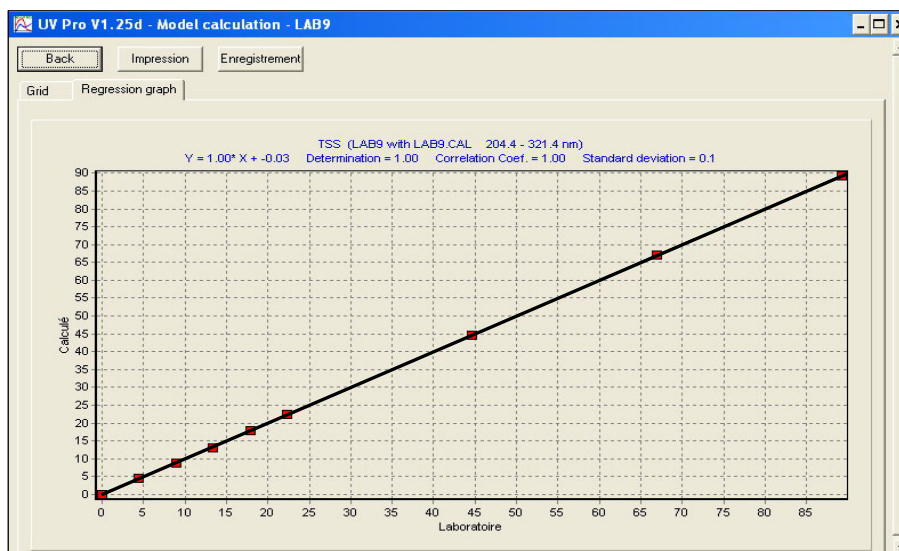
จากรูปแบบการคำนวณของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศแสดงผลความสัมพันธ์ของค่าบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอย ระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังภาพประกอบ 3-1 ถึง 3-3



ภาพประกอบ 3-1 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ



ภาพประกอบ 3-2 ความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ



ภาพประกอบ 3-3 ความสัมพันธ์ของค่าปริมาณสารแขวนลอยระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ

หมายเหตุ : Laboratoire คือ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

Calculé คือ ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณปรับเทียบสมการมาตรฐานของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

จากภาพประกอบ 3-1 ถึง 3-3 เห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดี ซีโอดี และ ปริมาณสารแขวนลอยที่วัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 1.0 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.1- 0.3 แสดงว่า ผลการตรวจวัดตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศมีความน่าเชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพในการตรวจวัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศได้ดีกว่าตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ได้ผ่านการเติมอากาศถึงแม้จะเป็นตัวอย่างที่เกิดจากการเตรียมด้วยสารเคมีชนิดเดียวกันต่างกันเพียงกระบวนการเติมอากาศเท่านั้น อย่างไรก็ตามการศึกษาน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศในการทดลองครั้งที่ 1 พบว่า ผลการตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอยมีค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ย 19.7 41.0 และ 19.1 (ร้อยละ 54.8 64.8 และ 67.4) ตามลำดับ (ตาราง ก-4 ในภาคผนวก ก) และเมื่อมีการปรับสมการมาตรฐานด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศในการทดลองครั้งที่ 2 พบว่า ค่าความเข้มข้นของบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอยที่ตรวจวัดได้จากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์มีความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แสดงดังตาราง 3-1

ตาราง 3-1 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศจากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

ตัวอย่าง	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)			ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน		
	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS
ช่วงความเข้มข้น (มก./ล.)	0-120	0-200	0-90	0-120	0-200	0-90
ค่าเฉลี่ย ± Std.	1.7± 0.8	1.9± 2.6	5.1± 5.3	6.3	2.3	11.7

จากตาราง 3-1 แสดงให้เห็นว่า เครื่องตรวจวัดค่าแบบออนไลน์สามารถตรวจวัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศได้ดี มีค่าความคลาดเคลื่อนของค่าบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ย 1.7 1.9 และ 5.1 มก./ล. ตามลำดับ (ตาราง ก-5 ในภาคผนวก ก) หากแยกระดับความเข้มข้นของน้ำตัวอย่างเป็นช่วงค่าซีโอดีแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 0-50 มก./ล. และ 100-200 มก./ล. พบว่า เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์สามารถตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอยของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศที่มีความเข้มข้นของซีโอดีช่วง 100-200 มก./ล. ได้ดีกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของค่าซีโอดีช่วง 0-50.0 มก./ล. (ตาราง ก-6 ในภาคผนวก ก) แต่ค่าของซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอยในการทดลองครั้งที่ 2 พบว่า ความเข้มข้นของค่าซีโอดีช่วง 100-200 มก./ล. แสดงผลการตรวจวัดได้ดีน้อยกว่าความเข้มข้นของซีโอดีช่วง 10-50 มก./ล. เพียงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศมีปริมาณสารแขวนลอยที่เพิ่มสูงขึ้นและอาจรบกวนการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตของเครื่องตรวจวัดได้ อย่างไรก็ตาม ผลการเปรียบเทียบการตรวจวัดค่าบีโอดีและซีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตามกฎหมายมีค่าเป็นที่ยอมรับได้และอยู่ในข้อกำหนดของประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550

ผลการทดลองตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่า น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศมีโมเลกุลของสารอินทรีย์ขนาดใหญ่ ทำให้เกิดการรบกวนเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ ส่งผลให้มีค่าความคลาดเคลื่อนสูง ต่างจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศซึ่งมีโมเลกุลของสารอินทรีย์ขนาดเล็ก ทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ ส่วนผลการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ แบบ 2 Related samples test พบว่า การตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอยของตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า การตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยเครื่องตรวจวัดดังกล่าวได้ใช้งานได้จริงเทียบเท่ากับผลการ

วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นในการศึกษาคั้งนี้จึงนำสมการที่ปรับเทียบโดยตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศนำมาประยุกต์ใช้ตรวจวัดกับตัวอย่างน้ำเสียจากระบบบำบัดจริง คือน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลเช่นกัน

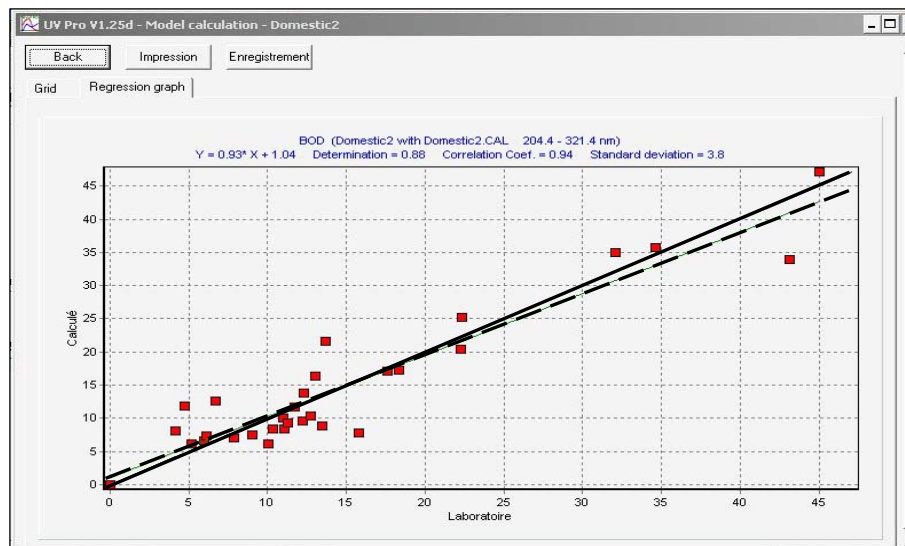
3.1.2 ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชน

ในการเลือกศึกษาตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนนั้น สืบเนื่องมาจากการทดลองตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบเลียนแบบให้มีความคล้ายกับตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชน จึงนำสมการที่ปรับเทียบโดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศมาใช้ตรวจวัดตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเลือกทำการศึกษาตัวอย่างน้ำทิ้งจากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลนครหาดใหญ่ เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครหาดใหญ่เป็นแหล่งรองรับน้ำเสียที่เกิดจากการใช้งานจากกิจกรรมต่างๆ นอกจากนี้คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วสามารถลดค่าบีโอดีได้โดยมีค่าไม่เกิน 10.0 มก./ล. และปริมาณสารแขวนลอยมีค่าไม่เกิน 30.0 มก./ล. (โครงการระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลนครหาดใหญ่ สงขลา อ้างถึงใน กรรฐสรณ์ แดงตะโก, 2551) ซึ่งอยู่ในขอบเขตของการศึกษาในครั้งนี้ โดยศึกษาตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม เก็บตัวอย่างในหลายบ่อและเลือกเก็บหลายจุดเพราะต้องการความเข้มข้นของน้ำทิ้งในระดับต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อนำผลการทดลองจากตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนมาปรับเทียบสมการมาตรฐานของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ให้ได้ผลการตรวจวัดที่มีความแม่นยำและมีความเฉพาะกับตัวอย่างน้ำทิ้งนั้นๆ

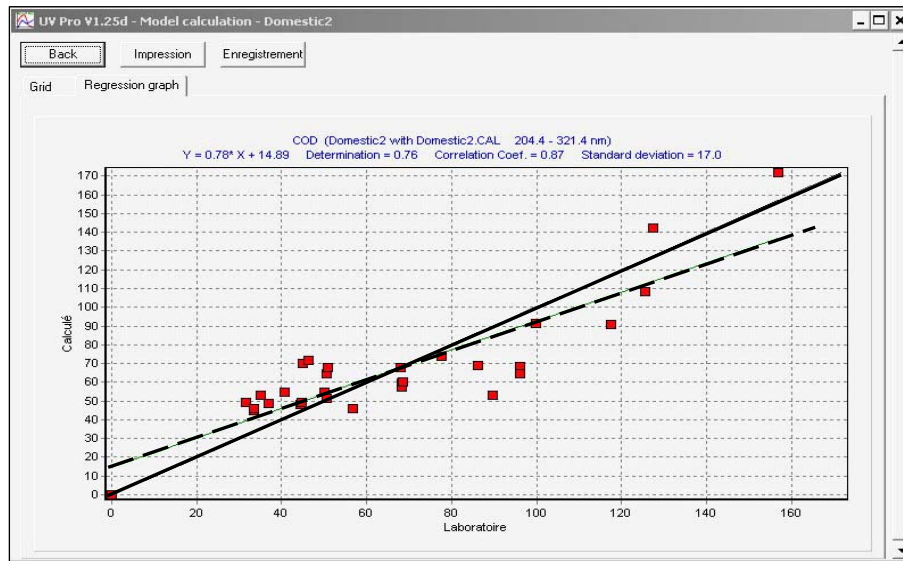
ผลการวิเคราะห์น้ำทิ้งชุมชนจากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของเทศบาลนครหาดใหญ่พบว่า น้ำทิ้งชุมชนมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.0-32.5 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.8-7.9 สีอยู่ในช่วง 0.1-7.8 เอสยู และความขุ่นอยู่ในช่วง 1.5-11.3 เอ็นทียู สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท -ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย สามารถแสดงการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและผลการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ (ดังตาราง ก-7 และ ก-8 ในภาคผนวก ก) โดยการใช้เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์สามารถแสดงผลสมการและรูปแบบการคำนวณ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{BOD}_5 &= 27.1 \text{ SP}_1 + 5.0 \text{ SP}_2 + 20.1 \text{ SP}_3 + 3.7 \text{ SP}_4 + 9.9 \text{ SP}_5 + r \\ \text{COD} &= 98.8 \text{ SP}_1 + 30.1 \text{ SP}_2 + 39.0 \text{ SP}_3 + 28.1 \text{ SP}_4 + 82.6 \text{ SP}_5 + r \\ \text{NO}_3\text{-N} &= 17.2 \text{ SP}_1 + 1.5 \text{ SP}_2 + 11.0 \text{ SP}_3 + 2.6 \text{ SP}_4 + 6.1 \text{ SP}_5 + r \\ \text{SS} &= 14.9 \text{ SP}_1 + 52.5 \text{ SP}_2 + 28.1 \text{ SP}_3 + 2.3 \text{ SP}_4 + 56.2 \text{ SP}_5 + r \end{aligned}$$

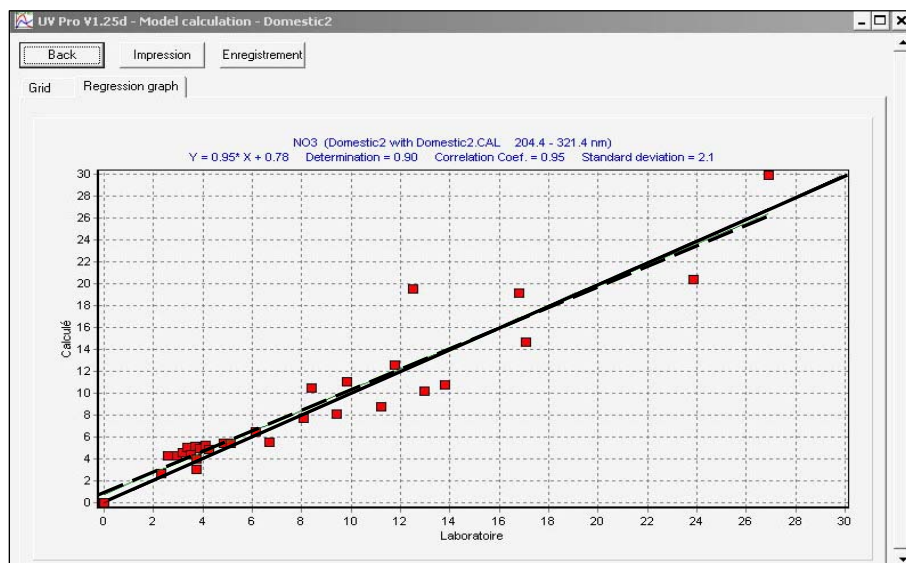
จากรูปแบบการคำนวณของน้ำทิ้งชุมชนสามารถแสดงผลความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีซีไอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังภาพประกอบ 3-4 ถึง 3-7 โดยที่เส้นทึบในกราฟแสดงผลของสมการมาตรฐาน และเส้นประแสดงผลการปรับเทียบค่าสำหรับน้ำทิ้งชุมชน



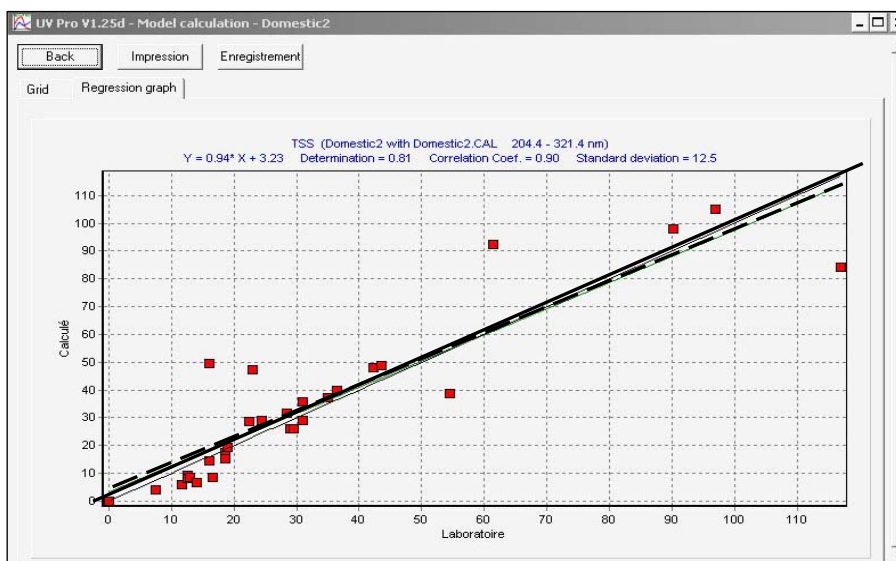
ภาพประกอบ 3-4 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีระหว่างผลการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน



ภาพประกอบ 3-5 ความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน



ภาพประกอบ 3-6 ความสัมพันธ์ของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน



ภาพประกอบ 3-7 ความสัมพันธ์ของค่าปริมาณสารแขวนลอยระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน

ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดค่าแบบออนไลน์กับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ภาพประกอบ 3-4 ถึง 3-7) พบว่า แสดงผลของความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ของค่าบีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยมากกว่า 0.90 ส่วนค่าซีโอดีที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.87 สำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าบีโอดี ซีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยมีค่า 3.8 17.0 2.1 และ 12.5 ตามลำดับ หากเปรียบเทียบกับผลของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ พบว่า การตรวจวัดจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ของน้ำทิ้งชุมชนมีความแม่นยำน้อยกว่า

การศึกษาน้ำทิ้งชุมชนจากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า ผลการตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในการทดลองครั้งที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 14.1 6.5 5.1 และ 22.5 มก./ล. ตามลำดับ (ร้อยละ 162.5 13.1 76.1 และ 60.8) และหลังจากมีการปรับเทียบสมการมาตรฐานด้วยตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนในการทดลองครั้งที่ 2 สามารถแสดงผลค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ได้แตกต่างจากห้องปฏิบัติการ ดังตาราง 3-2

ตาราง 3-2 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งชุมชนจากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

ตัวอย่าง	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)				ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน			
	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS
ช่วงความเข้มข้น (มก./ล.)	0-40.0	0-120.0	0-35.0	0-120.0	0-40.0	0-120.0	0-35.0	0-120.0
ค่าเฉลี่ย ± Std.	2.4±1.9	11.6±6.2	1.3±1.0	11.5±9.2	25.8	21.4	119.4	47.1

จากตาราง 3-2 แสดงให้เห็นว่า การศึกษาน้ำทิ้งชุมชนจากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของเทศบาลนครหาดใหญ่ด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์แสดงผลค่าความคลาดเคลื่อนต่างจากผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 2.4 11.6 1.3 และ 11.5 มก./ล. (ร้อยละ 25.8 21.4 119.4 และ 47.1) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการตรวจวัดค่าบีโอดีและซีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตามกฎหมาย พบว่ามีค่าเป็นที่ยอมรับได้และอยู่ในข้อกำหนดของประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550 หากแต่ต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดในระบบบ่อปรับเสถียร และมีหน่วยบำบัดย่อยคือ ระบบบ่อไร้อากาศ บ่อหมัก บ่อบ่ม และบึงประดิษฐ์ โดยมีค่าความเข้มข้นของบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยไม่มากกว่า 40.0 120.0 35.0 และ 120.0 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อนำค่าบีโอดีและซีโอดีมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานตามกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550 โดยแบ่งระดับความเข้มข้นเป็นช่วงต่างๆ มีค่าความคลาดเคลื่อน แสดงผลดังตาราง 3-3 และ 3-4

ตาราง 3-3 ผลการเปรียบเทียบค่าบีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำทิ้งชุมชนกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550

จำนวน ตัวอย่าง	ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550		ผลจากห้องปฏิบัติการ	
	ช่วงค่าบีโอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)	ค่าบีโอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (มก./ล.)
16	≤ 20	± 7	4.5 – 17.5	2.4
1	> 20 – 25	± 7.9	22.9	0.4
1	> 25 – 30	± 9.6	25.9	4.4
1	> 35 – 40	± 13.1	39.7	2.8

ตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนจากตาราง 3-3 สามารถแบ่งความเข้มข้นของค่าบีโอดีได้ 4 ช่วง พบว่า ค่าบีโอดีส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 4.5-17.5 มก./ล. มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.4 มก./ล. และช่วงความเข้มข้นของค่าบีโอดีที่ 25.0-30.0 มก./ล. มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ 4.4 มก./ล.

ตาราง 3-4 ผลการเปรียบเทียบค่าซีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำทิ้งชุมชนกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550

จำนวน ตัวอย่าง	ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม 2550		ผลจากห้องปฏิบัติการ	
	ช่วงค่าซีโอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)	ค่าซีโอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (มก./ล.)
19	≤ 120	± 24	31.5 - 86.6	11.6

การเปรียบเทียบค่าซีโอดีตามกฎหมายเช่นเดียวกับค่าบีโอดีตามตาราง 3-4 เห็นได้ว่า มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 31.5-83.6 มก./ล. แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 11.6 มก./ล. และส่วนค่าไนเตรท-ไนโตรเจนและปริมาณสารแขวนลอยไม่มีการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนในทางกฎหมาย หากนำมาเปรียบเทียบกับแล้ว พบว่า มีค่าไนเตรทในช่วง 0.3-23.9 มก./ล. และค่าปริมาณสารแขวนลอยในช่วง 10.0-89.3 มก./ล. มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 1.3 และ 11.5 มก./ล. ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ แบบ 2 Related samples test พบว่า การตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจนและปริมาณสารแขวนลอยจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ในน้ำทิ้งชุมชนด้วยเครื่องตรวจวัดดังกล่าวใช้งานได้จริงและมีค่าเชื่อถือได้เหมือนผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการแต่ต้องอยู่ในข้อจำกัดดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในการใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่น 205-330 นาโนเมตรสามารถตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย ค่าไนเตรทของน้ำทิ้งชุมชน (Khorassani *et al.*, 1999 และ Thomas *et al.*, 1996 อ้างถึงใน Vaillant *et al.*, 2002) และยังสามารถใช้กับงานวิจัยของ Lourenco *et al.* (2008) พบว่า การใช้การดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 274-295 274-309 และ 224-500 นาโนเมตรสามารถประมาณค่าของบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอยของน้ำเสียจากสถานีน้ำมันเชื้อเพลิงได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.88 0.92 และ 0.84 ตามลำดับ

3.1.3 ผลการศึกษาน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ในการศึกษาทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge: AS) และเป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีค่าซีโอดีสูง มีสีน้ำตาลขุ่น และปริมาณสารแขวนลอยสูง ซึ่งอาจส่งผลต่อการดูดกลืนคลอรีน แสงอัลตราไวโอเลต ดังนั้น การนำตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ AS เป็นแนวทางหนึ่งเพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดที่อาจมีผลต่อการทดลองได้ จากการวิเคราะห์ลักษณะตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเบื้องต้น พบว่า น้ำทิ้งมีค่าซีโอดีประมาณ 800 มก./ล. ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เกินข้อจำกัดในการทดลองครั้งนี้ (ค่าซีโอดีไม่เกิน 350 มก./ล.) ดังนั้น ก่อนการตรวจวัดตัวอย่างน้ำทิ้งด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์นั้น ผู้วิจัยจึงทำการเจือจางตัวอย่างน้ำเสียให้ความเข้มข้นของซีโอดีอยู่ระหว่าง 10-150 มก./ล. เพื่อนำผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย มาเปรียบเทียบในสมการมาตรฐานของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มสามารถแสดงค่าของอุณหภูมิ พีเอช บีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน ปริมาณสารแขวนลอย สี ความขุ่นจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน ผลการตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ แสดงดังตาราง ก-9 และ ก-10 ในภาคผนวก ก ตัวอย่างน้ำทิ้งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.5-32.5 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.4-9.1 เป็นช่วงที่มีความเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ด้วยหลักการดูดกลืนคลอรีนแสงอัลตราไวโอเลต ผลการวิเคราะห์สีและความขุ่นของตัวอย่างน้ำทิ้ง พบว่า สีมีค่าอยู่ในช่วง 0.6-2.0 เอสยู และความขุ่นอยู่ในช่วง 2.6-88.8 เอ็นทียู จากผลการทดลองวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้นำผลมาเปรียบเทียบสมการมาตรฐานในโปรแกรมของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ แสดงผลรูปแบบการคำนวณของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ดังนี้

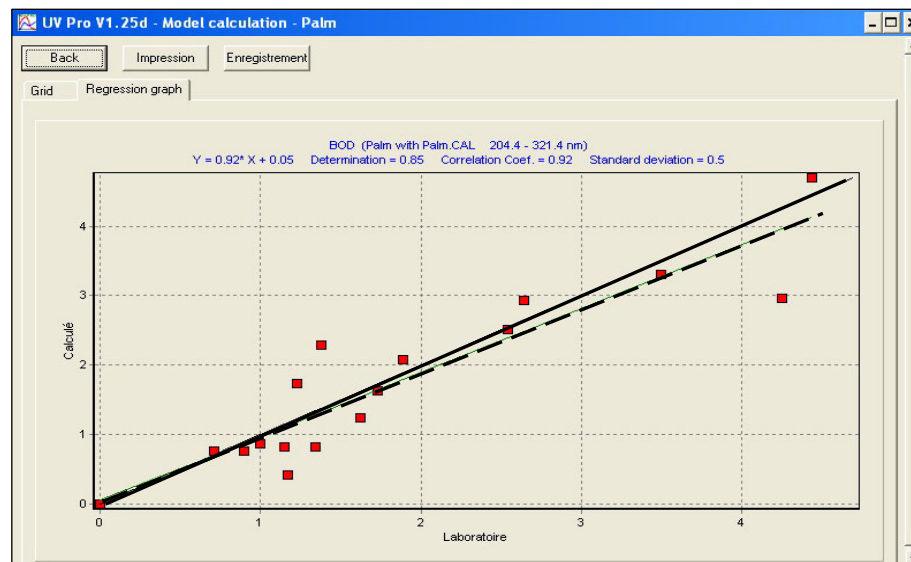
$$\text{BOD}_5 = 2.7 \text{ SP}_1 + 0.8 \text{ SP}_2 + 1.9 \text{ SP}_3 + 0.4 \text{ SP}_4 + 0.5 \text{ SP}_5 + r$$

$$\text{COD} = 75.5 \text{ SP}_1 + 19.8 \text{ SP}_2 + 46.2 \text{ SP}_3 + 28.4 \text{ SP}_4 + 12.3 \text{ SP}_5 + r$$

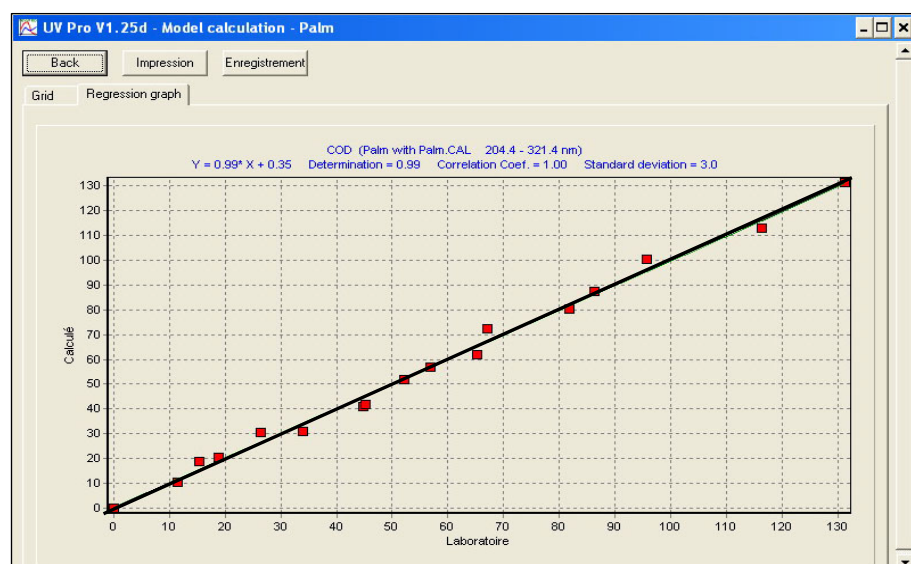
$$\text{NO}_3\text{-N} = 23.4 \text{ SP}_1 + 12.9 \text{ SP}_2 + 30.4 \text{ SP}_3 + 9.4 \text{ SP}_4 + 4.4 \text{ SP}_5 + r$$

$$\text{SS} = 62.6 \text{ SP}_1 + 6.1 \text{ SP}_2 + 17.1 \text{ SP}_3 + 21.3 \text{ SP}_4 + 6.3 \text{ SP}_5 + r$$

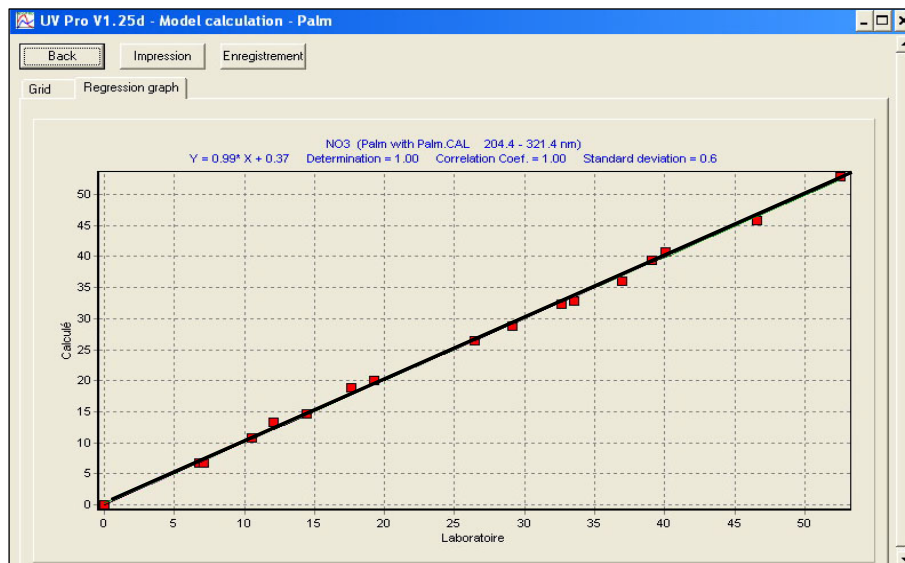
จากรูปแบบการคำนวณของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มสามารถแสดงผลความสัมพันธ์ของค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังภาพประกอบ 3-8 ถึง 3-11



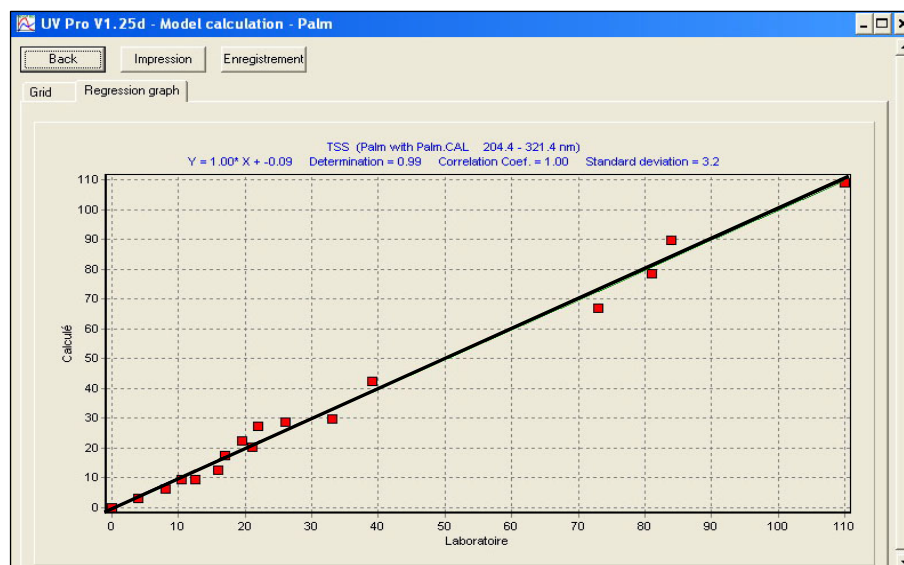
ภาพประกอบ 3-8 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม



ภาพประกอบ 3-9 ผลของความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม



ภาพประกอบ 3-10 ความสัมพันธ์ของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม



ภาพประกอบ 3-11 ความสัมพันธ์ของปริมาณสารแขวนลอยระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ผลจากภาพประกอบ 3-8 ถึง 3.11 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ของค่าซีไอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย มีความสัมพันธ์กับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 1.0 แสดงว่าผลการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีความใกล้เคียงกับการ

วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการทดลองมีการควบคุมและระบุค่าความเข้มข้นของซีไอดีในการเจือจางตัวอย่างให้มีระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ดังเช่นผลการวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์ แต่น้ำที่มาจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าบีไอดี ซีไอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยเท่ากับ 0.5 3.0 0.6 และ 3.2 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าบีไอดี ซีไอดี และปริมาณสารแขวนลอยของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ คือ 0.2 0.3 และ 0.1 ตามลำดับ (ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ไม่มีค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ในการทดลองนี้จึงทำการเปรียบเทียบเฉพาะค่าบีไอดี ซีไอดี และปริมาณสารแขวนลอย) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำที่มาจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่ซับซ้อนมากกว่าน้ำเสียสังเคราะห์

สำหรับผลการตรวจวัดค่าบีไอดี ซีไอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในการทดลองครั้งที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 46.9 29.5 23.7 และ 51.1 มก./ล. (ร้อยละ 2590.8 53.5 88.6 และ 286.7) ตามลำดับ เมื่อมีการปรับเทียบสมการมาตรฐานด้วยตัวอย่างน้ำที่มาจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแล้ว แต่ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่างจากห้องปฏิบัติการ ดังตาราง 3-5

ตาราง 3-5 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำที่มาจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

ตัวอย่าง	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)				ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน			
	BOD ₅	COD	NO ₃ ⁻ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ ⁻ -N	SS
ช่วงความเข้มข้น (มก./ล.)	0-5	0-120	0-53	0-133	0-5	0-120	0-53	0-133
ค่าเฉลี่ย ± Std.	1.5±0.8	15.9±9.2	8.9±4.5	17.2±8.5	64.8	26.8	45.1	32.5

จากตาราง 3-5 พบว่า ผลการตรวจวัดจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์มีความใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550 แต่เมื่อเปรียบเทียบเป็นร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนกลับพบว่า ผลจากการตรวจวัดค่าบีไอดี ซีไอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยมีค่าความคลาดเคลื่อนจากผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เฉลี่ยร้อยละ 64.8 26.8 45.1 และ 32.5 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าร้อยละ 15 ของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอัตราส่วนของค่าบีไอดีต่อซีไอดีค่อนข้างต่ำคือ 0-0.09 และอาจเป็นเพราะค่าของความขุ่นมีค่ามากกว่า 50 เอ็นทียู อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อการตรวจวัดด้วยหลักการการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ต โดย Wang and Hsieh

(2001) ได้ทำการศึกษา การตรวจสอบสารอินทรีย์ธรรมชาติด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำการทดลองเพิ่มปริมาณความขุ่นตั้งแต่ 0.5 1.0 3.0 และ 5.0 เอ็นทียู เข้าไปในตัวอย่างน้ำส่งผลให้มีค่าของการดูดกลืนคลื่นแสงมากขึ้นจากความเป็นจริง ผลการเปรียบเทียบค่าบีโอดีและซีโอดีกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550 ของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ดังตาราง 3-6 ถึง 3-7

ตาราง 3-6 ผลการเปรียบเทียบค่าบีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550

จำนวน ตัวอย่าง	ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550		ผลจากห้องปฏิบัติการ	
	ช่วงค่าบีโอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)	ค่าบีโอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (มก./ล.)
8	≤ 20	± 7	0.2-1.4	1.5

ตาราง 3-7 ผลการเปรียบเทียบค่าซีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550

จำนวน ตัวอย่าง	ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม 2550		ผลจากห้องปฏิบัติการ	
	ช่วงค่าซีโอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)	ค่าซีโอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (มก./ล.)
7	≤ 120	± 24	39.6 -118.2	11.6
1	> 120 - 140	± 26	131.3	7.6

จากการเปรียบเทียบค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มกับข้อกำหนดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550 ค่าบีโอดีมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 1.5 มก./ล. (ตาราง 3-6) ส่วนค่าซีโอดีที่ความเข้มข้นช่วง 39.6-118.2 มก./ล. และ 131.3 มก./ล. มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 11.6 และ 7.6 มก./ล. (ตาราง 3-7) ทั้ง 2 พารามิเตอร์ยังอยู่ในข้อกำหนดตามกฎหมาย ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนช่วง 4.8-19.8 มก./ล. มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 9.0 มก./ล. และค่าปริมาณสารแขวนลอยช่วง 32.0-133.0 มก./ล. มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 32.5 มก./ล. และผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ 2 Related samples test พบว่าผลการตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับผลการ

วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สรุปได้ว่าการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ในน้ำจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องตรวจวัดดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการไม่เป็นที่ยอมรับในทางสถิติ

3.1.4 ผลการศึกษาน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

การศึกษานี้เลือกเก็บตัวอย่างที่ผ่านการบำบัดจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge: AS) เป็นหน่วยบำบัดที่ผ่านการเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงาน โดยการทดลองเลือกกลุ่มตัวอย่างจากหลายโรงงานเพื่อให้เกิดการกระจายของข้อมูล ทำให้สามารถเลือกกลุ่มตัวอย่างโรงงานแปรรูปอาหารทะเลได้ทั้งหมด 7 แห่ง ดังนั้นจึงทำการเลือกศึกษาในพื้นที่จังหวัดสงขลา ดังนี้

บริษัทสงขลาแคนนิ่ง จำกัด มีปริมาณน้ำเสียเข้าประมาณ 3,120 ลบ.ม./วัน

บริษัทแมนเอ โพรสเซนฟูตส์ จำกัด มีปริมาณน้ำเสียเข้าประมาณ 650 ลบ.ม./วัน

บริษัทแปซิฟิกแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด เลือกจุดเก็บตัวอย่าง 1 จุด คือ น้ำออกจากระบบบำบัด

บริษัทเอสเอส โพรสเซนฟูตส์ จำกัด เลือกจุดเก็บตัวอย่าง 1 จุด คือ น้ำออกจากระบบบำบัด

บริษัทรงค์ซีฟูตส์ จำกัด เลือกจุดเก็บตัวอย่าง 1 จุด คือ น้ำออกจากระบบบำบัด

บริษัทโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด เลือกจุดเก็บตัวอย่าง 2 จุด คือ ถังตกตะกอน และบ่อพักน้ำเสียของโรงงาน

บริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด (มหาชน) เลือกจุดเก็บตัวอย่าง 2 จุด คือ ถังตกตะกอน และบ่อบึงประดิษฐ์

โดยการเลือกเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย พบว่า โรงงานดังกล่าวมีความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำทิ้งที่ไม่เกินข้อจำกัดของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ เช่น มีค่าไนเตรทไม่มากกว่า 40 มก./ล.

ลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล แสดงผลการทดลองจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและผลการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ ดังตาราง ค-11 และ ค-12 ในภาคผนวก ค โดยผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยของน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปอาหารทะเลมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.0-32.5 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.8-7.9 ลีอยู่ในช่วง 0.1-7.8 เอสยู และความขุ่นอยู่ในช่วง 1.5-11.3 เอ็นทียู ในส่วนของค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณ

สารแขวนลอยได้นำผลมาปรับสมการมาตรฐานในโปรแกรมของเครื่องตรวจวัดออนไลน์สามารถแสดงผลรูปแบบการคำนวณของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล ดังนี้

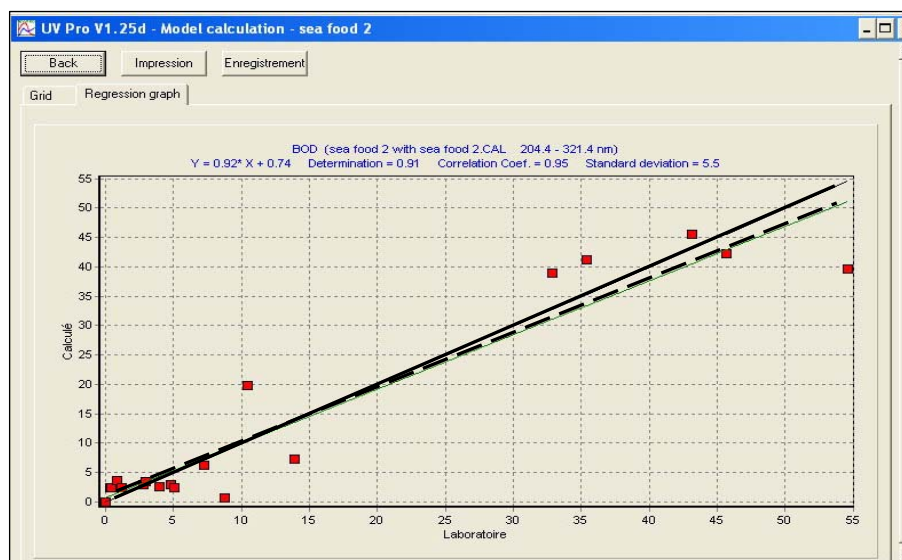
$$\text{BOD}_5 = 29.4C_1 + 0.7C_2 + 1.5C_3 + 2.5C_4 + 4.9C_5 + r$$

$$\text{COD} = 82.3C_1 + 5.4C_2 + 19.3C_3 + 25.3C_4 + 37.4C_5 + r$$

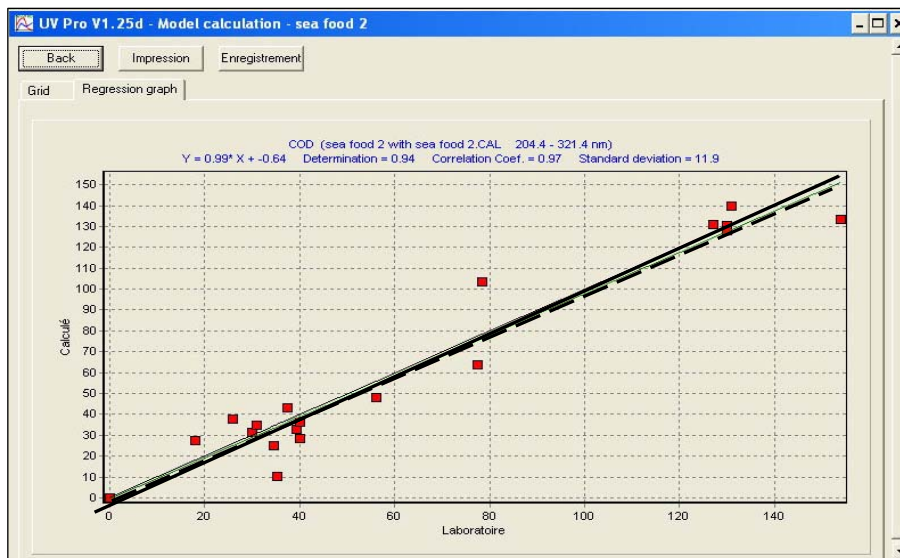
$$\text{NO}_3\text{-N} = 1.6C_1 + 7.3C_2 + 39.4C_3 + 1.5C_4 + 3.9C_5 + r$$

$$\text{SS} = 17.9C_1 + 0.6C_2 + 5.4C_3 + 2.2C_4 + 12.0C_5 + r$$

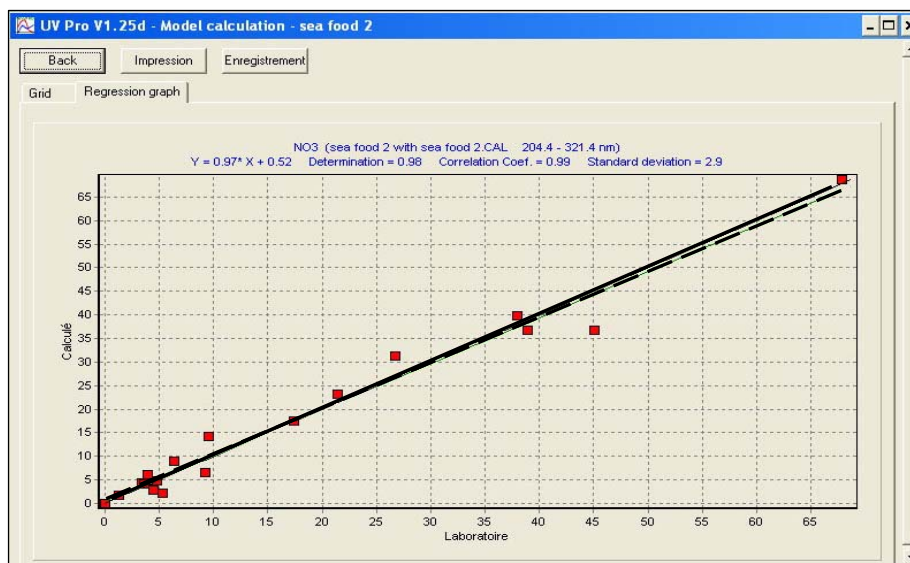
จากรูปแบบการคำนวณของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์สามารถแสดงผลความสัมพันธ์ค่าพารามิเตอร์ของบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการและผลจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ ดังภาพประกอบ 3-12 ถึง 3-15 ดังนี้



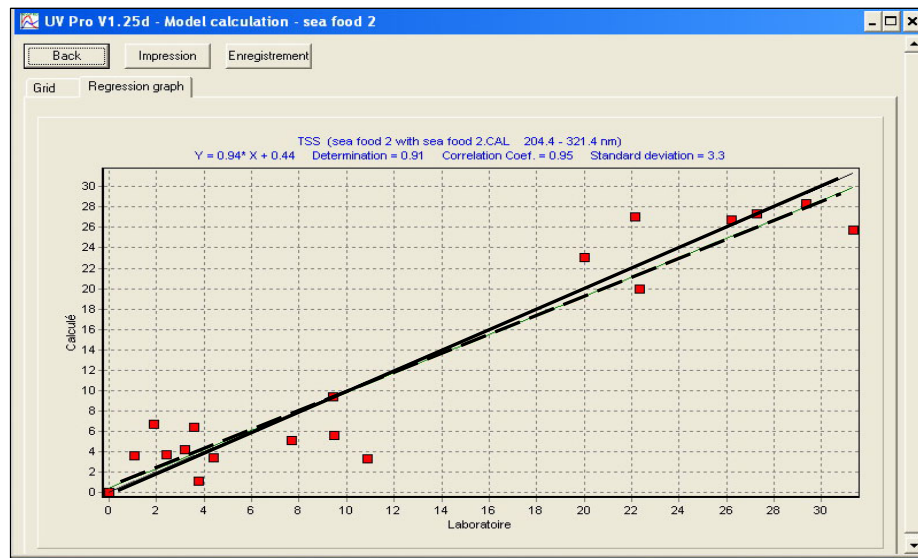
ภาพประกอบ 3-12 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล



ภาพประกอบ 3-13 ความสัมพันธ์ของค่าซีโอดีระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล



ภาพประกอบ 3-14 ความสัมพันธ์ของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล



ภาพประกอบ 3-15 ความสัมพันธ์ของปริมาณสารแขวนลอยระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

จากภาพประกอบ 3-12 ถึง 3-15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มากกว่า 0.9 ในการศึกษา น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล พบว่า ผลการตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์สามารถแสดงผลค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแตกต่างจากห้องปฏิบัติการ ดังตาราง 3-8

ตาราง 3-8 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล จากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

ตัวอย่าง	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)				ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน			
	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS
ช่วงความเข้มข้น (มก./ล.)	0-60	0-140	0-70	0-41	0-60	0-140	0-70	0-41
ค่าเฉลี่ย ± Std.	5.7±11.1	12.6±10.8	4.9±9.9	4.7±4.8	154.7	21.8	123.7	46.3

จากตาราง 3-8 แสดงผลการศึกษาน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์เทียบกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าบีโอดี ซีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 5.7 12.6 4.9 และ 4.7 มก./ล. (ร้อยละ 154.7 21.8 123.7 และ 46.3) ซึ่งช่วงความเข้มข้นของพารามิเตอร์นั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khorassani *et al.* (1999) พบว่า การใช้หลักการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจวัดค่าซีโอดี ในเตรท และปริมาณสารแขวนลอย มีค่าอยู่ในช่วง 0-150.0 0-50.0 และ 0-100.0 มก./ล. และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.89 0.99 และ 0.77 ตามลำดับ ทั้งนี้ในการทดลองยังแสดงผลเปรียบเทียบค่าบีโอดีและค่าซีโอดีตามข้อกำหนดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ดังตาราง 3-9 ถึง 3-10

ตาราง 3-9 ผลการเปรียบเทียบค่าบีโอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550

จำนวนตัวอย่าง	ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550		ผลจากห้องปฏิบัติการ	
	ช่วงค่าบีโอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)	ค่าบีโอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (มก./ล.)
12	≤ 20	± 7	0.3 - 5.4	1.8
1	> 20 – 25	± 7.9	22.0	2.1
1	> 30 – 35	± 11.4	32.9	1.7
1	> 40 – 45	± 14.9	40.5	7.3
1	> 45 – 50	± 16.6	49.8	46.2
1	> 55 – 60	± 20.1	57.6	24.1

จากตาราง 3-9 พบว่า ค่าบีโอดีในช่วงความเข้มข้น 0.3-40.5 มก./ล. มีความสอดคล้องตามข้อกำหนดของประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550 แต่ช่วงความเข้มข้นของค่าบีโอดีระหว่าง 49.8-57.6 มก./ล. มีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าข้อกำหนดคือ 46.2 และ 24.1 มก./ล. ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าหากค่าบีโอดีมีความเข้มข้นสูงขึ้นอาจทำให้ผลการตรวจวัดจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงแตกต่างกัน สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล ส่วนค่าซีโอดีช่วง 31.5-86.6 มก./ล. มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 12.6 มก./ล. สอดคล้องกับข้อกำหนดดังตาราง 3-10

ตาราง 3-10 ผลการเปรียบเทียบค่าซีไอดีจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในน้ำที่จกโรงงานแปรรูปอาหารทะเลกับข้อกำหนดตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550

จำนวนตัวอย่าง	ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม 2550		ผลจากห้องปฏิบัติการ	
	ช่วงค่าซีไอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)	ค่าซีไอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (มก./ล.)
19	≤ 120	± 24	31.5-86.6	12.6

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ แบบ 2 Related samples test พบว่า ผลการตรวจวัดค่าบีไอดี ซีไอดี ในเตรท-ในโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า การตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ในน้ำที่จกโรงงานแปรรูปอาหารทะเลด้วยเครื่องตรวจวัดดังกล่าวใช้ในการตรวจวัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมได้จริง แต่ทั้งนี้ตัวอย่างน้ำที่จกโรงงานแปรรูปอาหารทะเลต้องมีลักษณะคล้ายกับการทดลองดังกล่าวและเป็นตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ AS ก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

3.1.5 ผลการตรวจวัดน้ำทิ้ง 3 ประเภทโดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ

การศึกษาการใช้เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ในตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ (หัวข้อ 3.1.1) ที่ผ่านมานั้น พบว่าเครื่องมือดังกล่าวแสดงผลการตรวจวัดค่าบีไอดี ซีไอดี และปริมาณสารแขวนลอยได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จึงทำให้เกิดการนำสมการที่ปรับเทียบแล้วจากตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศมาทดสอบกับตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล ซึ่งผลการตรวจวัดค่าบีไอดี ซีไอดี และปริมาณสารแขวนลอยด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์แสดงผลค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแตกต่างจากห้องปฏิบัติการดังตาราง 3-11

ตาราง 3-11 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้ง 3 ประเภทด้วยสมการที่ปรับเทียบโดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

ตัวอย่าง	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (มก./ล.)		
	บีโอดี	ซีโอดี	ปริมาณสารแขวนลอย
น้ำทิ้งชุมชน	17.5	10.4	12.2
น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45.9	16.1	17.1
น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล	15.4	30.8	16.1

จากตาราง 3-5 พบว่า การตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอย โดยใช้สมการมาตรฐานที่ปรับจากตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศมีค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสูงในน้ำทิ้งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (ดังตาราง ค-13 ค-14 และ ค-15 ในภาคผนวก ค) อาจเป็นเพราะว่าองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีความซับซ้อนมากกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ จากผลดังกล่าวทำให้ทราบว่า การดูคลิ่นคลิ่นแสงอัลตราไวโอเล็ต มีความจำเพาะกับตัวอย่างน้ำชนิดหนึ่งๆ เท่านั้น และไม่สามารถนำมาสมการที่ปรับเทียบจากตัวอย่างน้ำเสียอื่นมาสอบเทียบได้ แม้ว่าจะมีองค์ประกอบที่เลียนแบบให้คล้ายคลึงกันก็ตามแต่ดังเช่น น้ำเสียสังเคราะห์ที่เลียนแบบน้ำทิ้งชุมชน เป็นต้น จากการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ แบบ Paired-samples test ของน้ำทิ้งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล พบว่า มีเพียงเฉพาะซีโอดีที่ตรวจวัดได้สำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ทดสอบโดยใช้สถิติ แบบ 2 Related samples test พบว่าไม่สามารถนำมาสมการจากการปรับด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติมอากาศมาใช้วัดตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มได้ และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดีและปริมาณสารแขวนลอยจากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงว่าสมการที่ปรับเทียบโดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในการทดลองนี้

3.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์กับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน

ศึกษาการตรวจวัดน้ำทิ้งด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้ในการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 220 254 260 500 และ 550 นาโนเมตร เพื่อประมาณค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย ของน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล ซึ่งเป็นตัวอย่างเดียวกับการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ แต่ทำการทดลองตัวอย่างน้ำทิ้งทั้งที่ผ่านการกรองและไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตรก่อน เพื่อเป็นการลดตัวรบกวนจากสารแขวนลอยต่างๆที่มีอยู่ในน้ำทิ้งออก สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งของการศึกษาครั้งนี้อ้างอิงจากงานวิจัยของ Jun (1995); Ping (1996) และ Chevakidagarn and Rattanachai (2004) ได้ทำการศึกษาศึกษาการใช้การดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 220 254 260 500 และ 550 นาโนเมตรในน้ำเสียชนิดต่างๆ จากงานวิจัยดังกล่าวสามารถประมาณค่าบีโอดี ซีโอดี ไนเตรท และปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียได้จริง

ในการทดลองนี้ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่นแสง 254 260 นาโนเมตร และความยาวคลื่นแสง 220 นาโนเมตร มาประมาณค่าบีโอดี ซีโอดี และไนเตรท-ไนโตรเจน ทั้งนี้จะทำการกรองน้ำตัวอย่างก่อนด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร ส่วนการประมาณค่าของปริมาณสารแขวนลอยใช้ที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร แต่ไม่ต้องผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร

ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำทิ้งทั้ง 3 ประเภท แสดงให้เห็นว่า การใช้หลักการการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่นต่างๆ สามารถแสดงผลการคำนวณในรูปของสมการเชิงเส้น ($y=ax+b$) และแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ที่มีค่าแตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 3-12

ตาราง 3-12 รูปแบบสมการเชิงเส้นของน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลในการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

น้ำทิ้งชุมชน			น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม			น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล		
Y = ax+b	R ²	n	Y = ax+b	R ²	n	y = ax+b	R ²	n
FCOD =687.56 (E254) +5.76	0.96	10	FCOD = 404.89 (E254) -0.30	0.91	14	FCOD =2993.66 (E254) -10.32	0.91	17
FCOD =720.78 (E260) +5.52	0.96	10	FCOD = 404.89 (E254) -0.30	0.90	14	FCOD =3275.30 (E260) -11.47	0.90	17
NO ₃ ⁻ -N=43.85 (E220)+5.39	0.57	10	NO ₃ ⁻ -N = y=40.31x+17.02	0.61	14	-	-	-
SS =1217.77(E500) +3.35	0.93	18	SS = 2955.25 (E500) -2.06	0.97	8	-	-	-
SS =1603.51 (E550) +2.60	0.91	18	SS =3540.57 (E550) -4.66	0.96	8	SS =4662.00 (E500) +0.26	0.86	14

หมายเหตุ :

FCOD คือ ค่าซีโอดีที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร

E220, E254, E260, E500, E550 คือ ความยาวคลื่นที่วัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (นาโนเมตร)

R² คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

- คือ ไม่สามารถแสดงผลในรูปของสมการเชิงเส้นได้

n คือ จำนวนตัวอย่าง

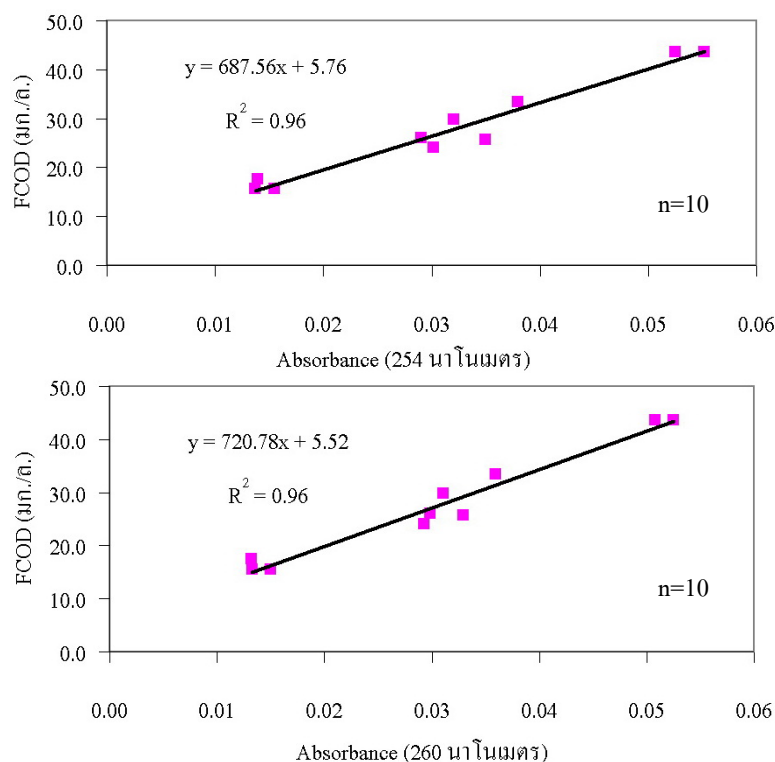
จากตาราง 3-12 แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างน้ำทิ้งทั้ง 3 ประเภท มีความสัมพันธ์กันระหว่างการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และให้ผลการประมาณค่าซีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยได้เพียงส่วนหนึ่งของข้อมูลทั้งหมด โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chevavidakarn and Rattanachai (2004) พบว่า การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่นต่างๆ สามารถประมาณ ค่าบีโอดี ซีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย ของน้ำเสียจากระบบบำบัดโรงงานน้ำยางชั้นและโรงงานแปรรูปอาหารทะเลได้อย่างรวดเร็ว และมีความน่าเชื่อถือได้ โดยการใช้ความยาวคลื่นที่ 220 นาโนเมตร สามารถประมาณความเข้มข้นของไนเตรทได้น้อยกว่า 15.0 มก./ล. ส่วนความยาวคลื่นที่ 260 และ 550 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอยได้ ตามลำดับ

การทดลองใช้การดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร ไม่สามารถประมาณค่าบีโอดีและไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปของสมการเชิงเส้นได้ อาจเป็นเพราะว่า ค่าความเข้มข้นของบีโอดีในตัวอย่างน้ำทิ้งที่นำมาทำการทดลองครั้งนี้ได้ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว ทำให้มีค่าความเข้มข้นของบีโอดีน้อยมาก ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.0-0.5 มก./ล. ทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายในการทำการทดลอง ดังนั้นหากมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของความเข้มข้นของค่าบีโอดีที่สูงกว่าช่วงดังกล่าวอาจทำให้ผลการประมาณค่าบีโอดีด้วยความยาวคลื่นที่ 254 และ 260 นาโนเมตร มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น แต่ในการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์สามารถประมาณค่าบีโอดีได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ความยาวคลื่นแสงที่ 200-350 นาโนเมตร ทำให้ผลการตรวจวัดมีค่าแม่นยำกว่า อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Brookman (1996) พบว่า การใช้คลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร ในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีในน้ำเสีย และน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงสุกรและฟาร์มเลี้ยงวัว สามารถแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ได้เท่ากับ 0.74 โดยมีความเข้มข้นของค่าบีโอดีอยู่ระหว่าง 100-10,000 มก./ล. และ Chevalier *et al.* (2002) พบว่า การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตสามารถประมาณค่าบีโอดีในน้ำและน้ำเสียได้ โดยแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.76 และมีช่วงค่าบีโอดีอยู่ระหว่าง 10-60 มก./ล. ส่วนการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ค่าบีโอดีด้วยวิธีมาตรฐานกับการใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำการวัดตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานปลากระป๋อง น้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลัง และน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปการเกษตร โดยวัดที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร สามารถแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ได้เท่ากับ 0.75 0.77 0.77 0.98 และ 0.70 ตามลำดับ (สุชาดา ไชยสวัสดิ์และคณะ, 2542) งานวิจัยดังกล่าวพบว่า การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตสามารถประมาณค่าความเข้มข้นของบีโอดีในน้ำทิ้งได้โดยมีความเข้มข้นของค่าบีโอดีอยู่ระหว่าง 1.8-5,026 มก./ล. ส่วนการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร และ 500 นาโนเมตรในการศึกษา

ครั้งนี้ไม่สามารถประมาณความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจนและปริมาณสารแขวนลอยของตัวอย่างน้ำที่จากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลได้ อาจเนื่องมาจากการเลือกเก็บตัวอย่างใช้ตัวอย่างจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลหลายประเภทผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ปลาแช่เยือกแข็ง กุ้งแช่เยือกแข็ง ชูริมิ เป็นต้น และโรงงานมีอัตราการผลิตไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดปริมาณน้ำเสียเล็กน้อยไม่เท่ากัน กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ค่าซีไอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยของน้ำที่ชุมชน น้ำที่จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำที่จากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 220 254 260 500 และ 550 นาโนเมตร แสดงดังนี้

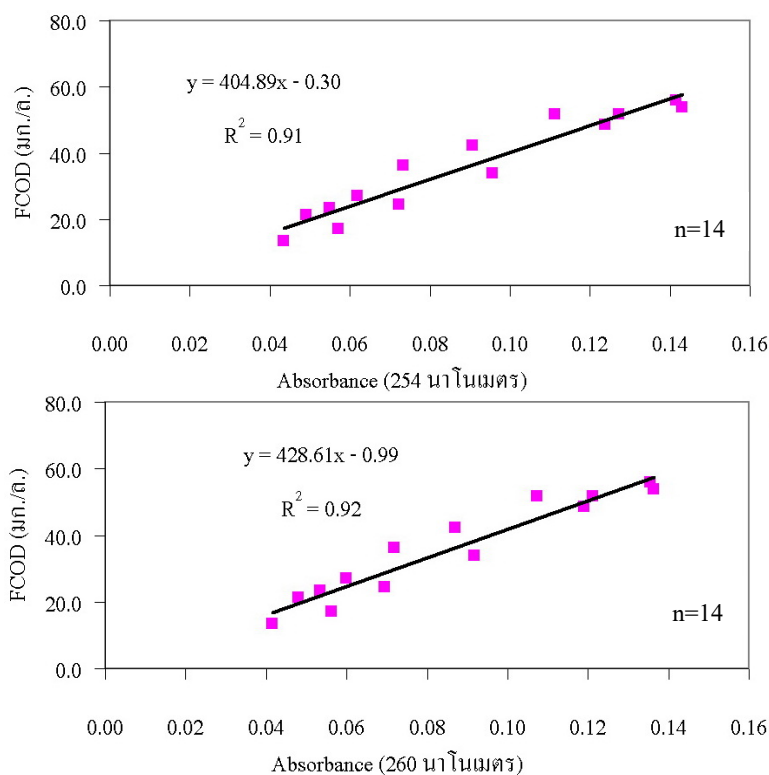
3.2.1 การประมาณค่าซีไอดีของน้ำที่ชุมชน น้ำที่จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำที่จากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลด้วยการวัดที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร

ในการศึกษาการใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าซีไอดีได้ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน แสดงผลในภาพประกอบ 3-16 ดังนี้



ภาพประกอบ 3-16 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตรกับค่าซีไอดีที่ผ่านการกรองของน้ำที่ชุมชน

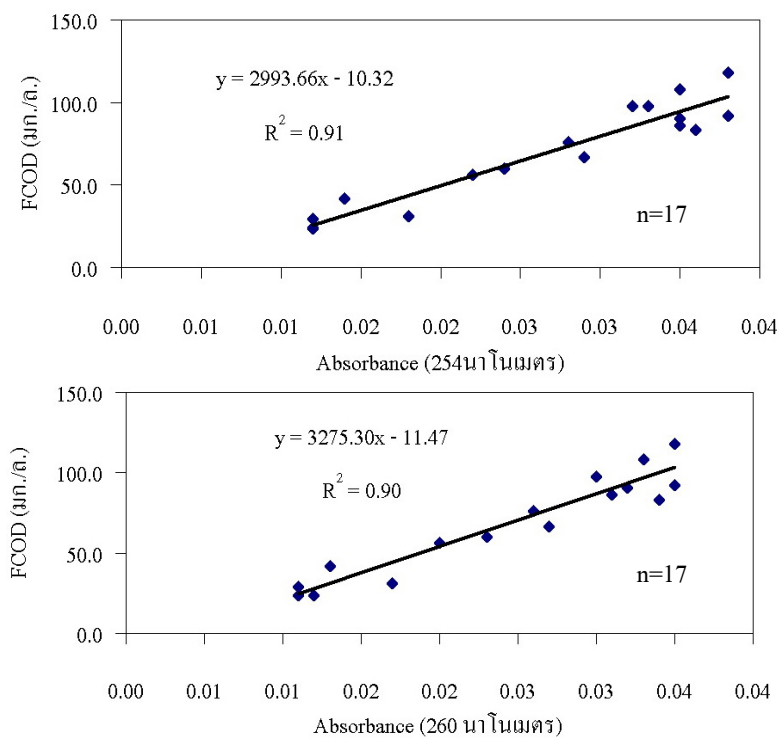
จากภาพประกอบ 3-16 แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร กับค่าซีไอดีจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.96 โดยตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนมีการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง 0.0-0.06 และมีค่าซีไอดีอยู่ในช่วง 10-50 มก./ล. จากผลดังกล่าวพบว่า การใช้ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าซีไอดีได้ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยการประมาณค่าซีไอดีที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 6.2 และ 6.7 ตามลำดับ (ตาราง ก-16 ในภาคผนวก ค)



ภาพประกอบ 3-17 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตรกับค่าซีไอดีที่ผ่านการกรองในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

จากภาพประกอบ 3-17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร กับค่าซีไอดีจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.91 และ 0.92 ตามลำดับ โดยตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง 0.04-0.14 และมีค่าซีไอดีอยู่ในช่วง 10-60 มก./ล. จากผลดังกล่าวพบว่า การใช้ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร

สามารถประมาณค่าซีไอดีได้ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการประมาณค่าซีไอดีที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 12.7 และ 12.5 ตามลำดับ (ตาราง ค-17 ในภาคผนวก ค)



ภาพประกอบ 3-18 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตรกับค่าซีไอดีที่ผ่านการกรองในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

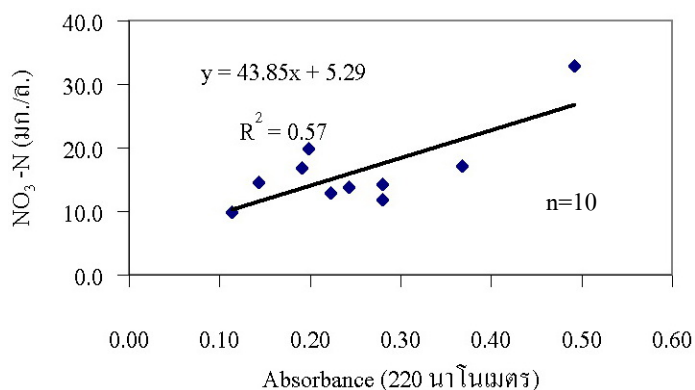
จากภาพประกอบ 3-18 แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร กับค่าซีไอดีจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.91 และ 0.90 ตามลำดับ มีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง 0.01-0.04 และค่าซีไอดีอยู่ในช่วง 20-120 มก./ล. จากผลดังกล่าวพบว่า การใช้ความยาวคลื่นที่ 254 และ 260 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าซีไอดีได้ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ คือ มีค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 12.2 และ 12.6 ตามลำดับ ทำให้ทราบว่า การใช้การดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร มีความแม่นยำใกล้เคียงกับความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล (ตาราง ค-18 ในภาคผนวก ค)

การประมาณค่าซีไอดีด้วยคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่นแสง 254 และ 260 นาโนเมตร ของน้ำทิ้งทั้ง 3 ประเภท เห็นได้ว่า มีความใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ใน

ห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jeong *et al.* (2007) ศึกษา การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจประมาณค่าซีโอดีในน้ำเสียจากท่อระบายน้ำเสียประเทศเกาหลีโดยใช้ความยาวคลื่นแสงในช่วง 200-400 นาโนเมตร พบว่า สามารถแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.91 และ Stumwohrer *et al.* (2003) ทำการประมาณค่าซีโอดีด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่นที่ 254 นาโนเมตรในน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียรวม ในกรุงเทพมหานคร พบว่าในการประมาณค่าของซีโอดีในช่วงฤดูร้อนมีค่า 100-600 มก./ล. ช่วงหลังจากฝนตก 2 วันประมาณค่าซีโอดีได้น้อยกว่า 250 มก./ล. และหลังจากฝนตก 6 วันประมาณค่าซีโอดีได้น้อยกว่า 200 มก./ล. ตามลำดับ โดยสามารถแสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.84 0.88 และ 0.90 ตามลำดับ ซึ่งผลการตรวจวัดหลังฝนตก 6 วัน และพบว่ามีความแม่นยำมากที่สุดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารประกอบอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ความเข้มข้น และแปรปรวนในน้ำเสีย นอกจากนี้การใช้ความยาวคลื่นที่ 260 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าของซีโอดีในน้ำเสียของโรงงานน้ำยางชั้นได้ดีกว่าที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (Chevakidakarn and Rattanachai, 2004)

3.2.2 การประมาณค่าไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจากการวัดที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร

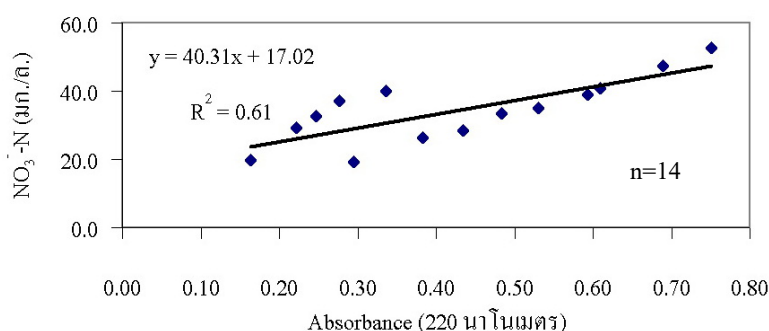
การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ 220 นาโนเมตร ในการประมาณค่าไนเตรท-ไนโตรเจนของตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชน และน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม แสดงผลในภาพประกอบ 3-19 ดังนี้



ภาพประกอบ 3-19 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตรกับค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งชุมชน

จากภาพประกอบ 3-19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร กับค่าไนเตรท-ไนโตรเจนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน

มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.57 โดยตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนมีการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง 0.10-0.50 และมีค่าไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 10.0-30.0 มก./ล. สำหรับ Karlsson *et al.* (1995) ทำการศึกษาโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการประมาณค่าไนเตรทของน้ำทิ้งชุมชน พบว่า มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.5-13.7 มก./ล. จากผลการศึกษารั้งนี้ พบว่า การใช้ความยาวคลื่นที่ 220 นาโนเมตรสามารถประมาณค่าไนเตรท-ไนโตรเจนได้ต่างจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 22.3 ในน้ำทิ้งชุมชน หรือ 3.6 มก./ล. (ตาราง ค-19 ในภาคผนวก ค)

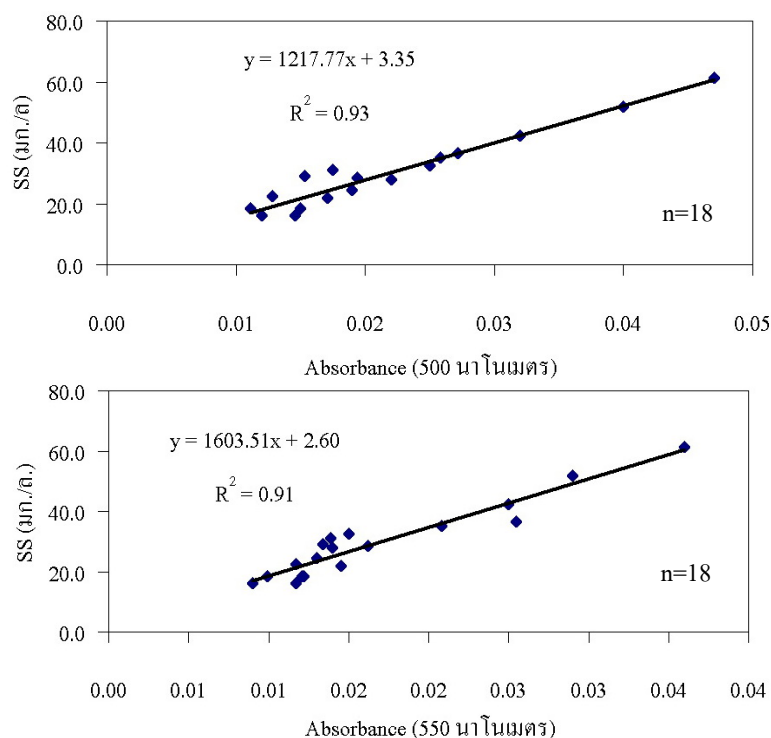


ภาพประกอบ 3-20 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตรกับค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

จากภาพประกอบ 3-20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร กับค่าไนเตรท-ไนโตรเจนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) คือ 0.61 ซึ่งตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง 0.10-0.80 สามารถประมาณค่าไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 20.0-50.0 มก./ล. โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khorassani *et al.* (1999) พบว่า การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 200-350 นาโนเมตร ประมาณค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งโรงงานปิโตรเคมีได้ในช่วงความเข้มข้น 0-50.0 มก./ล. แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.99 สำหรับการศึกษาครั้งนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนจากผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 16.5 ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (ตาราง ค-20 ในภาคผนวก ค) ในการทดลองทั้งน้ำทิ้งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแสดงผลค่าไนเตรท-ไนโตรเจนช่วงความเข้มข้นไม่มากกว่า 50 มก./ล. แต่ตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลไม่สามารถแสดงผลความสัมพันธ์ได้

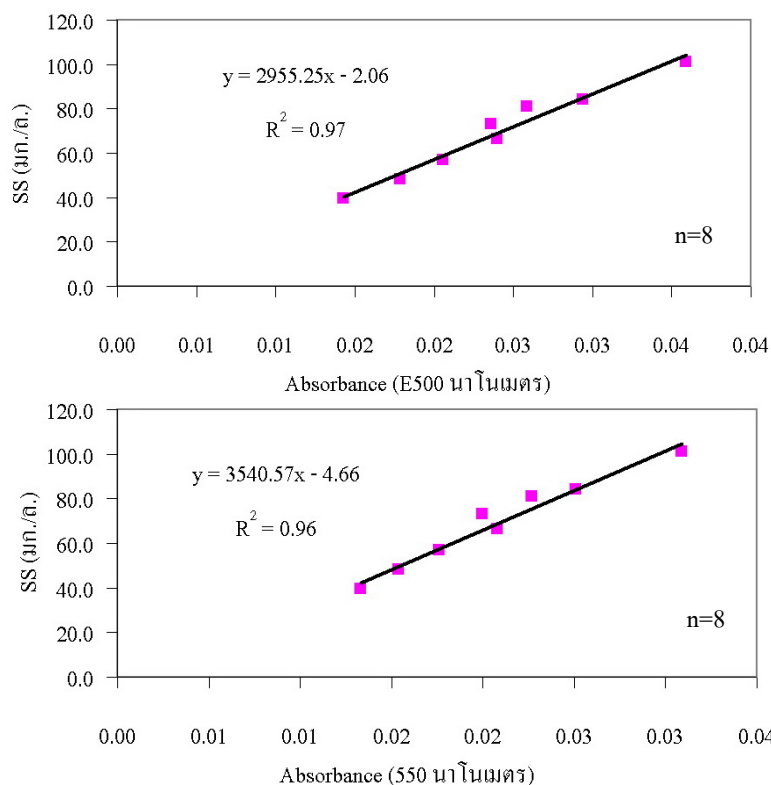
3.2.3 การประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยของตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลจากการวัดที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร

ผลการใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตรในการประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งทั้ง 3 ประเภท สามารถแสดงผลในภาพประกอบ 3-21 ดังนี้



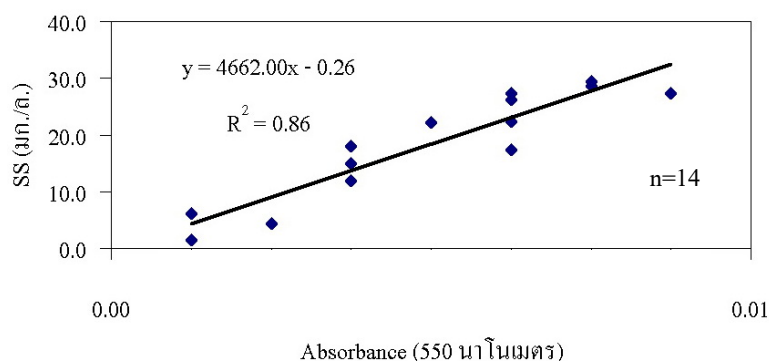
ภาพประกอบ 3-21 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตรกับค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งชุมชน

จากภาพประกอบ 3-21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร กับค่าปริมาณสารแขวนลอยจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากชุมชน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.93 และ 0.91 ตามลำดับ โดยตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนมีการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง 0.01-0.05 และ 0.01-0.04 ตามลำดับ และมีค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 15.0-60.0 มก./ล. จากผลดังกล่าวพบว่า การใช้ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยได้ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในการประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 10.3 และ 11.2 ตามลำดับ (ตาราง ค-21 ในภาคผนวก ค)



ภาพประกอบ 3-22 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตรกับค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำที่จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

จากภาพประกอบ 3-22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร กับค่าปริมาณสารแขวนลอยจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของน้ำที่จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.97 และ 0.96 ตามลำดับ โดยตัวอย่างน้ำที่จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง 0.01-0.04 ตามลำดับ และมีค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 40.0-100.0 มก./ล. จากผลดังกล่าวพบว่า การใช้ความยาวคลื่นที่ 500 และ 550 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยได้ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในการประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 4.3 และ 4.6 ตามลำดับ (ตาราง ก-22 ในภาคผนวก ก)



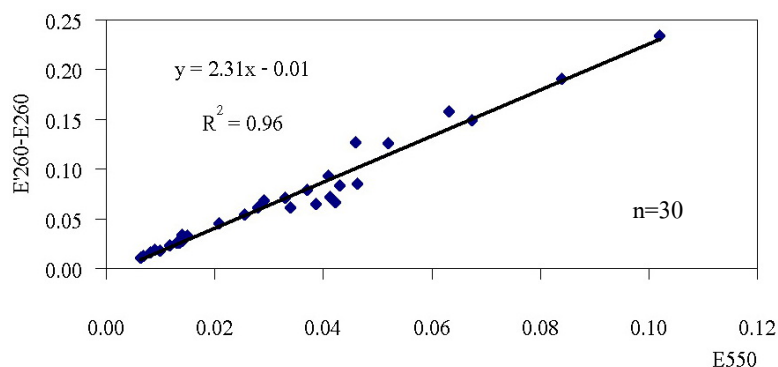
ภาพประกอบ 3-23 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตรกับค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

จากภาพประกอบ 3-23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร กับค่าปริมาณสารแขวนลอยจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.86 โดยตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลมีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง 0-0.01 และมีค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 0-30.0 มก./ล. จากผลดังกล่าวพบว่า การใช้ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตรสามารถประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยได้ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในการประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร มีความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 27.8 (ตาราง ค-23 ในภาคผนวก ค) สำหรับการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 500 นาโนเมตร ไม่สามารถแสดงผลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยในตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลได้ อย่างไรก็ตาม Chevalier *et al.* (2002) พบว่า การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตไม่สามารถประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำและน้ำเสียได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลเช่นกัน แต่ทั้งนี้ที่ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยได้ และสอดคล้องกับ Khorassani *et al.* (1999) พบว่า การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจวัดน้ำทิ้งจากโรงงานปิโตรเคมี สามารถแสดงผลการตรวจวัดปริมาณสารแขวนลอยในช่วงความเข้มข้น 0-100.0 มก./ล. และแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.77 จากผลการศึกษารูปได้ว่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลได้แม่นยำในการประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยได้ใกล้เคียงมากกว่าความยาวคลื่นแสงที่ 500 นาโนเมตร และการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ 2 Related samples test พบว่า ผลการตรวจวัดค่าซีไอดี ในเตรท-

ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอยจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์กับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.2.4 ผลความสัมพันธ์ของการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 และ 550 นาโนเมตรในน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ของตัวอย่างน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรองและที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร เนื่องจากในการประมาณค่าของบีโอดี ซีโอดี และค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ต้องทำการกรองตัวอย่างเอาสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำทิ้งออกก่อน ทำให้ใช้วัสดุกรองและเวลานานในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นเพื่อความรวดเร็วและลดระยะเวลาในการกรองตัวอย่างจึงนำค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ไม่ผ่านการกรองมาหาความสัมพันธ์ในรูปของสมการเชิงเส้น และมีการคำนวณย้อนกลับเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของสมการที่คำนวณได้ โดยนำผลของค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองจากห้องปฏิบัติการมาเปรียบเทียบกับผลจากการคำนวณในรูปของสมการเชิงเส้นอีกครั้ง ดังภาพประกอบ 3-24 ดังนี้



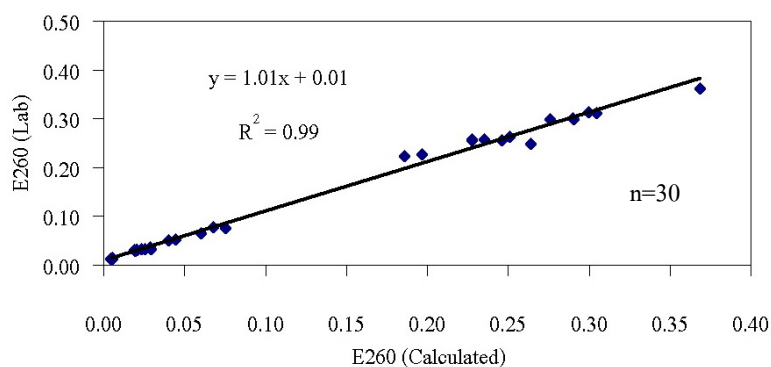
ภาพประกอบ 3-24 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 260 และ 550 นาโนเมตรในน้ำทิ้งชุมชน

หมายเหตุ : E'260 และ E550 คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 และ 550 นาโนเมตรของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร

E260 คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นแสง 260 นาโนเมตรของตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร

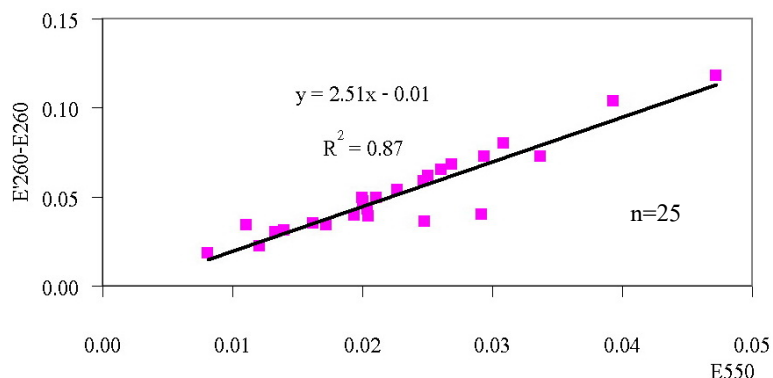
E'260- E260 คือ ผลต่างของตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรองกับตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร

จากภาพประกอบ 3-24 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการประมาณค่าการดูดกลืนคลีนแสงที่ความยาวคลื่น 260 และ 550 นาโนเมตรของตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชนที่ไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร โดยการหาค่าการดูดกลืนคลีนแสงของตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกรองที่ความยาวคลื่นแสง 260 นาโนเมตร พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.96 และช่วงการดูดกลืนคลีนแสงของ 260 และ 550 นาโนเมตรที่ไม่ผ่านการกรอง คือ 0.00-0.25 และ 0.00-0.12 ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jun (1995) ได้ศึกษาการใช้ความยาวคลื่นที่ 260 และ 500 นาโนเมตร โดยสามารถแสดงผลการใช้การดูดกลืนคลีนแสงของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกรองด้วยตัวอย่างที่ผ่านการกรองในน้ำทิ้งชุมชนได้ และเพื่อเป็นการยืนยันว่าความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 260 กับ 550 นาโนเมตรของน้ำทิ้งชุมชนที่ไม่ผ่านการกรองมีความแม่นยำ จึงได้ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการคำนวณกับผลจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังภาพประกอบ 3-25



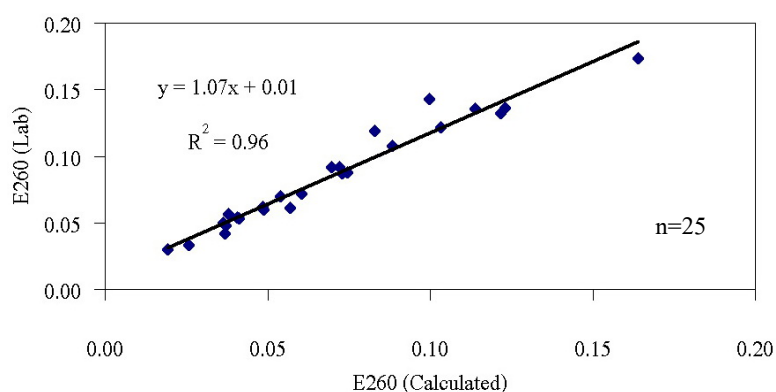
ภาพประกอบ 3-25 ความสัมพันธ์ของการดูดกลืนคลีนแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรระหว่างการคำนวณสมการจากเครื่องสเปกโตรฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งชุมชน

จากภาพประกอบ 3-25 แสดงความสัมพันธ์ของการดูดกลืนคลีนแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรระหว่างการคำนวณกับการตรวจวัดจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตรในน้ำทิ้งชุมชน จะเห็นได้ว่า ผลการคำนวณจากสมการและผลจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมีความใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.99 และมีค่าความคลาดเคลื่อนจากห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 19 (ตาราง ก-24 ในภาคผนวก ก)



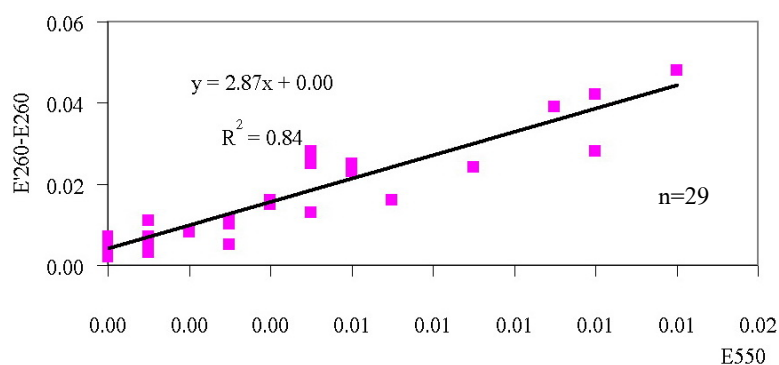
ภาพประกอบ 3-26 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 260 และ 550 นาโนเมตรของน้ำที่จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

จากภาพประกอบ 3-26 แสดงความสัมพันธ์ของการประมาณค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาว 260 นาโนเมตรกับค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตรของตัวอย่างน้ำที่จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร โดยการหาค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกรองที่ความยาวคลื่นแสง 260 นาโนเมตร พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.87 และช่วงการดูดกลืนคลื่นแสงของ 260 และ 550 นาโนเมตรที่ไม่ผ่านการกรอง คือ 0.00-0.15 และ 0.00-0.05 ตามลำดับ จากผลดังกล่าวได้แสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรองจากห้องปฏิบัติการและผลจากการคำนวณ ดังภาพประกอบ 3-27



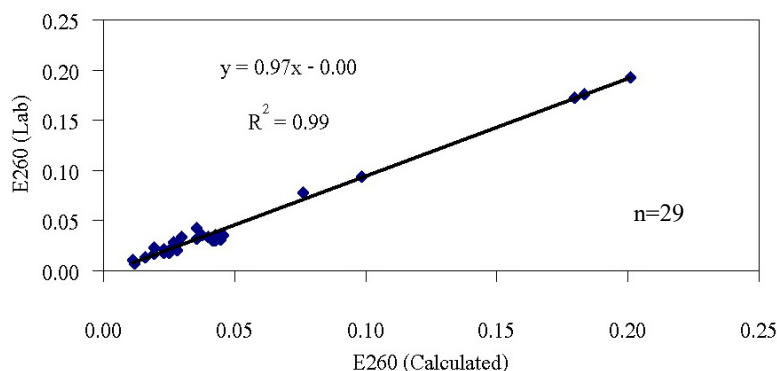
ภาพประกอบ 3-27 ความสัมพันธ์ของการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรระหว่างการคำนวณสมการจากเครื่องสเปกโตรฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำที่จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

จากภาพประกอบ 3-27 แสดงความสัมพันธ์ของการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรระหว่างการคำนวณกับการตรวจวัดจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตรในน้ำที่จากรองงานสกัดน้ำมันปลา พบว่า ผลจากการคำนวณและผลจากการวัดในห้องปฏิบัติการมีความแม่นยำ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.96 และมีค่าความคลาดเคลื่อนจากห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 19.7 (ตาราง ค-25 ในภาคผนวก ค)



ภาพประกอบ 3-28 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 260 กับ 550 นาโนเมตรของน้ำที่จากรองงานแปรรูปอาหารทะเล

จากภาพประกอบ 3-28 แสดงความสัมพันธ์ของการประมาณค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรกับค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตรของตัวอย่างน้ำที่จากรองงานแปรรูปอาหารทะเลที่ไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร โดยการหาค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกรองที่ความยาวคลื่นแสง 260 นาโนเมตร พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.84 และมีช่วงการดูดกลืนคลื่นแสงของ 260 และ 550 นาโนเมตรที่ไม่ผ่านการกรอง คือ 0.00-0.06 และ 0.00-0.02 ตามลำดับ และสอดคล้องกับ Chevakiakarn and Rattanachai (2004) พบว่าการใช้ความยาวคลื่น 260 และ 550 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกรองได้ในน้ำที่จากรองงานอุตสาหกรรมน้ำชายฝั่งและอาหารทะเล โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.92 และ 0.95 ตามลำดับ จากผลดังกล่าวได้แสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรองจากห้องปฏิบัติการและผลจากการคำนวณ ดังภาพประกอบ 3-29



ภาพประกอบ 3-29 ความสัมพันธ์ของการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรระหว่างการคำนวณสมการจากเครื่องสเปกโตรฯ กับผลในห้องปฏิบัติการของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

ภาพประกอบ 3-29 แสดงความสัมพันธ์ของการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรระหว่างการคำนวณกับการตรวจวัดจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตรในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปลา พบว่า ผลจากการคำนวณและผลจากการวัดในห้องปฏิบัติการมีความแม่นยำ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.99 และมีค่าความคลาดเคลื่อนจากห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 18.9 (ตาราง ค-26 ในภาคผนวก ค)

สำหรับการคำนวณผลย้อนกลับระหว่างความเข้มข้นของค่าซีโอดีที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้หลักการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรของตัวอย่างน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปลา และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล พบว่า สามารถใช้ในการคำนวณหาค่าซีโอดีได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 6.8 7.7 และ 18.6 มก./ล. (ร้อยละ 28.0 20.9 และ 25.9) ตามลำดับ (ตาราง ค-27 ถึง ค-29 ในภาคผนวก ค) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้สมการคำนวณผลย้อนกลับของการตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 260 และ 550 นาโนเมตรจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สามารถใช้ในการประมาณค่าซีโอดีของน้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปลา และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลมีความแม่นยำ และสามารถนำมาใช้งานได้จริงและมีความถูกต้อง

บทที่ 4

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุป

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ และการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้จากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ สามารถสรุปได้ ดังนี้

4.1.1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

1) น้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศมีผลการตรวจวัดค่าบีโอดี ซีโอดี และปริมาณสารแขวนลอย มีประสิทธิภาพสูง ผลที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเฉลี่ยร้อยละ 93.7 97.7 และ 88.3 ตามลำดับ จึงนำผลการปรับเทียบสมการมาใช้เป็นสมการมาตรฐาน เพื่อตรวจวัดน้ำทิ้งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

2) น้ำทิ้งชุมชนจากระบบปรับปรุงน้ำเสียเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า การเปรียบเทียบผลที่ตรวจวัดได้จากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์กับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของค่าบีโอดี ซีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.4 11.6 1.3 และ 11.5 มก./ล. ตามลำดับ ถึงแม้ว่าน้ำทิ้งชุมชนจะมีองค์ประกอบเหมือนกัน แต่เมื่อนำมาผลมาสอบเทียบค่าพารามิเตอร์นั้นๆ ข้างต้น ก็ยังแสดงผลได้แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะว่าความเข้มข้นของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนและปริมาณสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำตัวอย่างไม่เท่ากัน จึงส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์

3) น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในการทดลองนี้ แสดงผลค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างเครื่องตรวจวัดออนไลน์กับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของค่าบีโอดี ซีโอดี ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณสารแขวนลอย มีค่าเฉลี่ย 1.5 15.9 8.9 และ 17.2 มก./ล. ตามลำดับ ถึงแม้ว่าตัวอย่างน้ำทิ้งจะมีองค์ประกอบเดียวกันก็ตาม แต่ค่าบีโอดียังมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงถึงร้อยละ 64.8 เนื่องจากอัตราส่วนของค่าบีโอดีต่อซีโอดีต่ำมาก คือ 0-0.09

4) น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล ให้ผลความแตกต่างระหว่างการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการแตกต่างกัน คือ มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 5.7 12.6 4.9 และ 4.7 มก./ล. ตามลำดับ และพบว่าความเข้มข้นบางช่วงของค่าบีโอดีมีค่าความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากน้ำทิ้งนี้มีค่าบีโอดีต่ำมาก

5) จากผลการทดลองตัวอย่างน้ำทิ้งประเภทต่างๆ ข้างต้น พบว่า หากมีการนำตัวอย่างน้ำเสียหลายตัวอย่างมาเปรียบเทียบสมการมาตรฐานให้กับเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์จะทำให้เครื่องมือดังกล่าวแสดงผลการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น เพื่อช่วยให้ผู้ควบคุมระบบบำบัดสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว หากเกิดความผิดปกติของน้ำทิ้งก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

4.1.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการตรวจวัดตัวอย่างน้ำทิ้งด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์กับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐาน

1) การใช้การดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 220 254 และ 260 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ค่าบีโอดีและซีโอดีได้ตามลำดับ แต่ต้องกรองตัวอย่างด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตรก่อนทำการวิเคราะห์ ส่วนความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร สามารถประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยได้โดยไม่ต้องกรองตัวอย่าง

2) การประมาณค่าทั้งบีโอดี ซีโอดี ที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร และการประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร ให้ผลการตรวจวัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ในน้ำทิ้ง

3) ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ความยาวคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ 260 และ 550 นาโนเมตร ในตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร สามารถประมาณค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้

จากผลการศึกษาเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์และเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ด้วยหลักการการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ต พบว่า สมการที่ได้จากตัวอย่างน้ำทิ้งในการทดลองครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการตรวจวัดน้ำทิ้งประเภทต่างๆ ได้ แต่สำหรับเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ยังมีข้อจำกัด คือ เหมาะสมสำหรับน้ำที่ผ่านการบำบัดทางชีวภาพแล้ว และต้องมีการปรับสมการด้วยตัวอย่างน้ำเสียจำนวนมาก เพื่อให้ผลการตรวจวัดมีความแม่นยำมากขึ้น

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ควรเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ที่ใช้หลักการอื่นที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2540. *ศัพท์บัญญัติและนิยามน้ำเสีย*. กรุงเทพฯ.
- _____. 2544. *ศัพท์บัญญัติและนิยามสิ่งแวดล้อมน้ำ*. กรุงเทพฯ.
- กรมควบคุมมลพิษ 2546. การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ. <http://www.pcd.go.th> (สืบค้นเมื่อ 2 กุมภาพันธ์ 2550).
- _____. 2548. *แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็ง: ประเภทปลา*. กรุงเทพฯ.
- _____. 2549. *น้ำเสียชุมชน*. <http://www.pcd.go.th> (สืบค้นเมื่อ 2 กุมภาพันธ์ 2550).
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2545. *ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ ฉ.5*. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- _____. 2547. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 122 ตอนพิเศษ 13ง. 16 กุมภาพันธ์ 2548.
- _____. 2548. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 122 ตอนพิเศษ 18ง. 3 มีนาคม 2548.
- _____. 2549. การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. <http://diw.go.th> (สืบค้นเมื่อ 24 ธันวาคม 2549).
- _____. 2549. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 123 ตอนที่ 110ง หน้า 11-12. 19 ตุลาคม 2549.
- _____. 2550. *แผนฟื้นฟูและปรับปรุงระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนทั่วประเทศ*. <http://www.pcd.go.th> (สืบค้นเมื่อ 17 พฤษภาคม 2550).
- _____. 2550. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 124 ตอนพิเศษ 181ง หน้า 23-28. 22 พฤศจิกายน 2550.
- _____. 2552. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 126 ตอนพิเศษ 159ง หน้า 55-56. 30 ตุลาคม 2552.
- กรรฐสรณ์ แดงตะโก. 2551. การประเมินประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครหาดใหญ่โดยใช้ปริมาณจุลินทรีย์บ่งชี้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กรรณิการ์ สิริสิงห. 2544. *เคมีน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ.: ประยูรวงศ์.
- กรีน บรรณย์ณ. 2549. *Online Instrumentation*. กรุงเทพฯ: บริษัทกรีนบรรณย์ณ จำกัด.
- เทศบาลนครหาดใหญ่. 2550. การควบคุม ดูแลระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. *รายงานการดำเนินการควบคุมระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ประจำปีที่ 16 ตุลาคม-พฤศจิกายน 2550*. บริษัท เวสต์วอเตอร์ โอเปอเรชั่น แมเนจเม้นท์ จำกัด

- ชนาวัฒน์ รักกมล. 2549. ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียเอเอสบีอาร์แบบเทอร์โมฟิลิกและมีโซฟิลิกในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธรรมศักดิ์ ศรีสุกใส. 2547. การกำจัดสารประกอบฟีนอลในน้ำทิ้งโรงงานน้ำมันปาล์มโดยใช้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจากไบยาราคา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2546. *คู่มือปาล์มน้ำมันและการจัดการสวน*. ภาควิชาพืชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พรณทิพย์ ตั้งปริยารักษ์. 2549. UV-VIS Spectrophotometer เครื่องตรวจวัดสารด้วยการดูดกลืนคลื่นแสง. *วารสารเพื่อห้องปฏิบัติการวัด/ทดสอบ วิเคราะห์/วิจัย และควบคุมคุณภาพ*. 5 (38): 19-22.
- มันสิน ตันจุลเวศม์ และมันรัช ตันจุลเวศม์. 2545. *เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย เล่ม 2*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- แม่น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. 2534. *หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- วรินยุพา บุญรัตน์พันธุ์ พนาธิ ชีวภิกดาการ และอุดมผล พิชนไพบูลย์. 2550. “การประยุกต์ใช้ถังคั้ดพันธุ์เพื่อปรับปรุงระบบบำบัดแบบแอกติเวเต้ดสตั้ดจ์ในโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง”. *การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 6 วันที่ 7-9 มีนาคม 2550*. พิษณุโลก. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- วารี ช้วนรักธรรม. 2548. การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. <http://www.diw.go.th> (สืบค้นเมื่อ 27 ธันวาคม 2549).
- สมาคมผู้ผลิตไก่ส่งออกไทย. 2552. *สรุปการประชุม BOD/COD Online*. <http://www.thaipoultry.org/Portals/5/pdfdocfile> (สืบค้นเมื่อ 14 ตุลาคม 2552).
- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2546. *โครงการการพัฒนาศูนย์สิ่งแวดล้อมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในอุตสาหกรรมไทย*. <http://www.tei.or.th> (สืบค้นเมื่อ 27 ธันวาคม 2549).
- สุชาติ ไชยสวัสดิ์ สิทธิชัย ฉันท์เฉลิมพร สรเสกข์ กุลมัย และวารากรณ์ เมธาวิริยะศิลป์. 2542. การประเมินประสิทธิภาพการวิเคราะห์ BOD โดยใช้บีโอดีเซนเซอร์และอุลตราไวโอเลตสเปคโตรโฟโตเมตรีในน้ำเสียชนิดต่างๆ. *รายงานฉบับสมบูรณ์*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- โสภา จันทภาโส. 2542. ปัจจัยที่มีผลต่อการแยกสารแขวนลอยและน้ำมันจากน้ำที่โรงงานน้ำมันปาล์มโดยใช้เอนไซม์และการลดความเข้มข้นของสี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 2 ลำปาง. 2549. การติดตามประเมินประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนรวม ปี 2549. <http://www.Reo2.in.th.null> WasteWaterReport2549 (สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2550).
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 สงขลา. 2549. การติดตามประเมินประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนรวม ปี 2549. <http://www.reo16.in.th> (สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2550).
- อรัญ หันพงศ์กิตติกุล พูนสุข ประเสริฐสรรพ กัลยา ศรีสุวรรณ เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล และ วีระศักดิ์ ทองลิ้มปี. 2537. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการลดการสูญเสียน้ำมันในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม จัดโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 7 เมษายน 2537 ณ โรงแรมสยามธานี สุราษฎร์ธานี.
- อรัญ หันพงศ์กิตติกุล พูนสุข ประเสริฐสรรพ และกัลยา ศรีสุวรรณ. 2539. *แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อาแอสေး เคนดารา. 2548. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปัญหาตะกอนเบาไม่จมตัวอันเกิดจากแบคทีเรียสายใยในระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ในโรงงานน้ำยางข้นและอาหารทะเล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- APHA, AWWA and WEF. 2005. *Standard Methods for The Examination of Water and A Wastewater*. 20th ed. Maryland: American Public Health Association.
- Asanalytics. 2010. BOD/COD Monitoring. Asanalytics. <http://www.asanalytics.com>. (accessed. May 27, 2010).
- Brookman S. K. E. 1997. Estimation of biochemical oxygen demand in slurry and effluents using ultra-violet spectrophotometry. *Water Research*. 31(2): 372–374.
- Bourgeois W., Romain A.C., Nicolas J. and Stuetz R.M. 2003. The use of sensor arrays for environmental monitoring: interests and limitations. *Environmental Monitoring*. 5: 852-860.
- Chevakidagarn P. and Ratanachai C. 2004. Surrogate parameters for rapid monitoring of contaminant removal for activated sludge treatment plants for para rubber and seafood

- industries in Southern Thailand. *Report*: National Research Center for Environmental and Hazardous Waste Management.
- Chevalier L.R., Irwin C.N. and Craddock J.N. 2002. Evaluation of Inspectra UV Analyzer for measuring conventional water and wastewater parameters. *Advances in Environmental Research*.6: 369-375.
- Codandbodonline. 2010. BOD/COD analyzer. Nanasupplier online. <http://codandbodonline.com>. (accessed. May 27, 2010).
- Dalhlen J., Karlson S., Backstrom M., Hagberg J. and Pettersson H. 2000. Determination of nitrate and other water quality parameters in groundwater from UV/Vis spectra employing partial least squares regression. *Chemosphere*. 40: 71-77.
- Dobbs R. A., Wise R. H. and Dean R. B. 1972. The use of ultraviolet absorbance for monitoring the total organic carbon content of water and wastewater. *Water Research*. 6: 110–1173.
- Energica. 2010. COD & BOD On-line Water Analyzer. Energica: <http://www.energica.co.th>. (accessed. May 27, 2010).
- Envilab. 2010. BOD/COD On-line Water Analyzer. Eco- sensing. <http://www.energica.co.th>. (accessed. May 27, 2010).
- Gen-Shuh W. and Shu-Ting H. 1999. Monitoring natural organic matter in water with scanning spectrophotometer. *Environmental International*. 26: 205-212.
- Guang D., Wiley D.E., Hlavacek M. and Fane A.G. 1996. On-line automatic sampling for real time monitoring of wastewaters. *Water Research*. 30: 2651-2654.
- Jeong H.S., Lee S.H. and Shin H.S. 2007. Feasibility of On-line Measurement of Sewage Components Using the UV absorbance and the Neural Network. *Springer*.133: 15-24
- Jun H. 1995. Water quality evaluation by sample and rapid surrogate water quality parameters. Master thesis, School of environmental, Resources and Development, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Karlsson M., Karlberg B. and Olsson R.J.O. 1995. Determination of Nitrate in municipal waste water by UV spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*. 312: 107-113.
- Khorassani H.E., Trebuchon P., Bitar H. and Thomas O. 1999. A simple UV spectrophotometric procedure for the survey of industrial sewage system. *Water Science and Technology*. 39(10/11): 77–82.

- Korbi. 2010. Online BOD Analyzer (HABS-2000). Korbi. <http://korbi.en.ec21.com>. (accessed. May 27, 2010).
- Langergraber G., Fleischmann N., Hofstaedter F. and Weingartner A. 2004 (A). Monitoring of paper mill wastewater treatment plant using UV/Vis spectroscopy. *Water Science and Technology*. 49: 9-12.
- Langergraber G., Gupta J., Pressi A., Hofstaedter F., Lettl W., Weingartner A. and Fleischmann N. 2004 (B). On-line monitoring for control of a pilot-scale sequencing batch reactor using a submersible UV/VIS spectrometer. *Water Science and Technology*. 50: 73-80.
- Lanouli A., Coleman T. and Asher S.A. 2002. UV Resonance Raman spectroscopic detection of nitrate and nitrite in wastewater treatment processes. *Analytical Chemistry*. 74: 1458-1461.
- Lourenco N.D., Chaves C.L., Novais J.M., Menezes J.C., Pinheiro H.M. and Diniz D. 2006. UV spectra analysis for water quality monitoring in a fuel park wastewater treatment plant. *Chemosphere*. 65: 786-791
- Lourenco N.D., Menezes J.C., Pinheiro H.M. and Diniz D. 2008. Fuel park wastewater monitoring with UV-vis spectra and partial least squares models. *Macedonian Journal of chemistry and chemical engineering*. 27(1): 19-23.
- Lynggaard-Jensen A. 1999. Trends in monitoring of waste water systems. *Talanta*. 50: 707-716.
- Matsche N. and Stumwohrer K. 1996. UV absorption as control parameter for biological treatment plants. *Water Science and Technology*. 33(1996): 211-218.
- Metcalf and Eddy. 2004. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. Revised by Tchobanoglous G. and Burton F.L., Fourth Edition, McGraw Hill, Inc., USA. 96-97
- Mrkva M. 1975. Automatic UV-control system for relative evaluation of organic water pollution. *Water Research*. 9: 587-589.
- Muzio F.M., Budman H.M., Robinson C.W. and Graff S. 2001. BOD₅ Estimation for pulp and paper mill effluent using UV absorbance. *Water Research*. 35: 1842-1850.
- Nidia D.L., Jose C.M., Helena M.P. and David D. 2008. Fuel park wastewater monitoring with UV-VIS spectre and Partial least squares models. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 27: 19-23
- Petala M., Tsiridis V., Samaras P., Zouboulis A. and Sakellariopoulos G.P. 2006. Wastewater reclamation by advanced treatment of secondary effluents. *Elsevier*. 195: 109-118.

- Ping L. 1996. Development of sample surrogate water quality parameters for rapid assessment. Master thesis, School of environmental, Resources and Development, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Pouly F., Touraud E., Buisson J.F. and Thomas O. 1999. An alternative method for the measurement of mineral sulphide in wastewater. *Talanta*. 50: 737–742.
- Reynolds D.M. and Ahmad S.R. 1997. Rapid and Direct Determination of Wastewater BOD values using a fluorescence technique . *Water Research*. 31: 2012-2018.
- Ritchelita P., Galapate A., Kazuaki I., Tetsuo M., Eiji S. and Mitsumasa O. 1998. Detection of domestic wastes in Kurose river using synchronous fluorescence spectroscopy. *Water Research*. 32: 2232-2239.
- Roig B., Gonzalez C. and Thomas O. 1999. Simple UV: UV-visible method for nitrogen and phosphorus measurement in wastewater. *Talanta*. 50: 751–758.
- Roig B., Pouly F., Gonzalez C. and Thomas O. 2001. Alternative method for the measurement of ammonium nitrogen in wastewater. *Analytica Chimica Acta*. 437: 145–149.
- Roig B. and Thomas O. 2003. UV monitoring of sugars during wine making. *Carbohydrate Research*. 338: 79–83.
- Secomam. 2006. *IXO 510 Analyzer*. www.secomam.fr. (accessed January 23, 2007).
- Stewart A. and Wetzel R. 1981. A symmetrical relationships between absorbance, fluorescence, and dissolved organic carbon. *Limnol Oceanogr*. 26: 590–7.
- Stumwohrer K., Matsche N. and Winkler S. 2003. Influence of changes of the wastewater composition on the applicability of UV- absorption measurements at combined sewer overflows. *Water Science and Technology*. 47: 73-78.
- Theraulaz F., Djellal L. and Thomas O. 1996. Simple LAS determination in sewage using advanced UV spectrophotometry. *Tenside Surfactants Detergents*. 33: 447–451.
- Thomas O. 1986. Methodes nouvelles de determination de la pollution organique des eaux: mesures d'oxydabiliteet absorptiometrie ultraviolette. State doctorate thesis University of Savoie, Chambéry, France.
- Thomas O., Khorassani H.E.I., Touraud E. and Bitar H. 1999. TOC versus UV spectrophotometry for wastewater quality monitoring. *Talanta*. 50: 743-749.

- Thomas O., Theraulaz F., Agnel C. and Suryani S. 1996. Advanced UV examination of wastewater. *Environmental Technology*. 17: 251–261.
- Thomas O., Theraulaz F., Domeizel M. and Massiani C. 1993. UV spectral deconvolution: a valuable tool for waste water quality determination. *Environmental Technology*. 14: 1187–1192.
- Tsoumanis C.M., Giokas D.L. and Vlessidis A.G. 2010. Monitoring and Classification of wastewater quality using supervised pattern recognition techniques and deterministic resolution of molecular absorption spectra based on multiwavelength UV spectra deconvolution. *Talanta*. accepted Manuscript on June 10, 2010.
- Vaillant S., Pouet M.F. and Thomas O. 1999. Methodology for the characterisation of heterogeneous fractions in wastewater. *Talanta*. 50: 729-736.
- Vaillant S., Pouet M.F. and Thomas O. 2002. Basic handling of UV spectra for urban water quality monitoring. *Urban Water*. 4: 273–281.
- Wang G.S. and Hsieh S.T. 2001. Monitoring natural organic matter in water with scanning spectrophotometer. *Environment International*. 26: 205-212.

ภาคผนวก ก

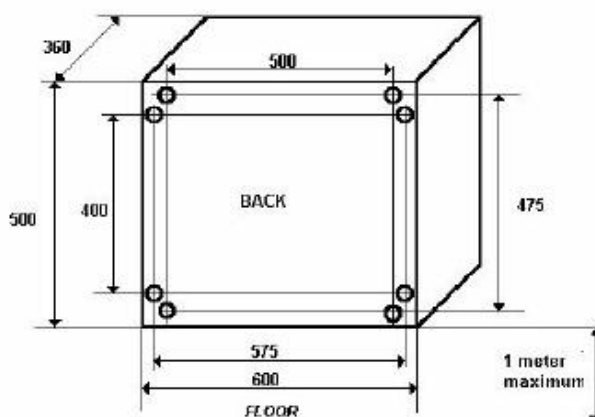
**คู่มือการใช้งานเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์
และโปรแกรม UV-Pro Software**

คู่มือการใช้งานเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์และโปรแกรม UV-Pro Software

1. การติดตั้งเครื่องมือ

1.1 สภาพทั่วไปในการติดตั้ง

ควรเป็นสถานที่แห้ง สะอาด ห่างจากไอกรดและมีความชื้นสูง มีระบบระบายอากาศที่ดี เพื่อป้องกันความร้อน และอุณหภูมิควรอยู่ระหว่าง 15 ถึง 40 องศาเซลเซียส โดยมีมิติของเครื่องวิเคราะห์ แสดงดัง ภาพประกอบ ก-1



ภาพประกอบ ก-1 มิติของเครื่องวิเคราะห์

1.2 ตัวอย่างน้ำเข้า

- ประมาณ 100 มิลลิลิตร ต่อ 20 วินาที หรือประมาณ 1 ลิตร ต่อ 3 นาที หรือประมาณ 20 ลิตร ต่อ 1 ชั่วโมง หรือ 6.5 วินาทีของการดูดได้ความยาวท่อ 1 เมตร โดยทั่วไปตัวอย่างไม่จำเป็นต้องมีการเตรียมก่อนการวัด

- บางครั้งต้องมีการทำความร้อนหรือทำความเย็นให้กับตัวอย่างเพื่อหลีกเลี่ยงการกลั่นตัวของตัวอย่างผ่านคิวเวทที่มีอุณหภูมิต่ำสุด 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุด 40 องศาเซลเซียส

- ในการติดตั้งท่อควรหลีกเลี่ยงการปล่อยให้สารตัวอย่างที่มีตัวทำละลายที่มีความเข้มข้นสูง น้ำมันสารละลายกรดเข้มข้น และโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นผ่านท่อ

- ปั๊มดูดของเหลว (Peristaltic Pump) สามารถดูดตัวอย่างห่างออกไปได้มากที่สุด 5 เมตร และลึกมากที่สุด 2 เมตร

- ถ้าตัวอย่างไม่ได้ถูกใส่เครื่องมือต้องมีการติดตั้งถังรักษาระดับการไหล (ต่อหนึ่งตัวอย่าง) เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดฟอง

- สารชำระล้าง (Rinsing Solution) สามารถเลือกใช้ให้แตกต่างเพื่อสอดคล้องกับตัวอย่างที่มาวิเคราะห์ โดยทั่วไปใช้น้ำกลอรีนที่ 48 องศาเซลเซียส เจือจาง 1 เปอร์เซ็นต์ หรือ อาจใช้

เมทานอล (Methanol) ร้อยละ 1 ถึง 10 ตัวทำละลายสารอินทรีย์เจือจาง (Organic Solvents) เช่น Acetone, Methylene Chlorine และอื่นๆ

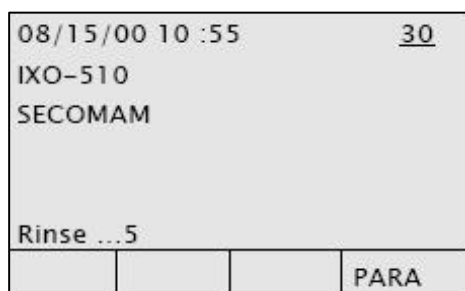
- น้ำกลั่น (Blc) หรือเทียบเท่า

2. การตั้งค่าและการวัด

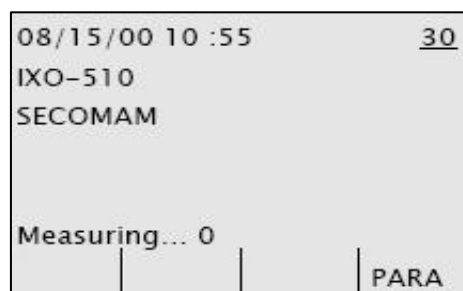
เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์สามารถวัดค่าได้ 4 แหล่ง เก็บตัวอย่าง 6 พารามิเตอร์ โดยตัวอย่างของพารามิเตอร์ ได้แก่ TOC COD BOD₅ TSS Nitrates และ Anionic Detergent ในที่นี้กล่าวถึงการใช้โปรแกรมให้เครื่องทำงาน และค่าความเข้มข้นต่างๆ อยู่ในหน่วย มก./ล.

2.1 การวัด

2.1.1 การล้างและการวัดน้ำกลั่น ก่อนการตรวจวัดตัวอย่างด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ต้องทำการล้างเครื่องด้วยน้ำกลั่นและทำการคูดน้ำกลั่นเพื่อสอบเทียบค่า แสดงดังภาพประกอบ ก-2



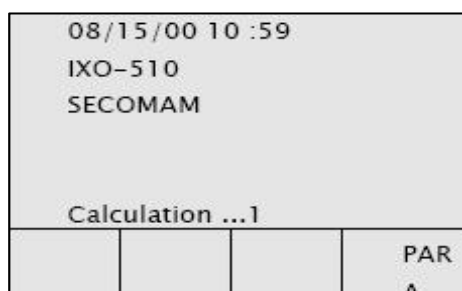
(ก)



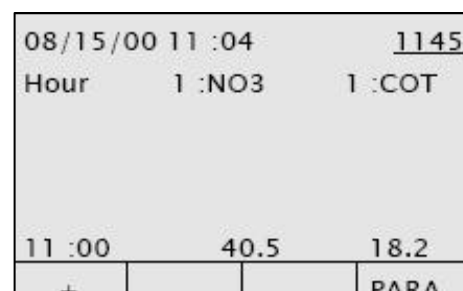
(ข)

ภาพประกอบ ก-2 หน้าจอแสดง (ก) ขณะล้างเครื่องด้วยน้ำกลั่น (ข) ขณะเครื่องคูดน้ำกลั่น

2.1.2 การคูดและการคำนวณตัวอย่างแรก เครื่องจะทำการคูดตัวอย่างแรกแล้วทำการวัดและแสดงผลการคำนวณตัวอย่างแรก ดังภาพประกอบ ก-3



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ ก-3 หน้าจอแสดง (ก) ขณะคูดตัวอย่างแรก (ข) ขณะเครื่องคำนวณผลตัวอย่างแรก

2.1.3 หน่วยในหน้าจอแสดงผล จากภาพประกอบ ข-3 ค่าในการวัดแสดงผลในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ตัวอย่างเช่น ค่าของ NO_3^- และ TOC พบว่า ช่องของการวัดตัวอย่างแรกจะแสดงด้านล่างของจอแสดงผล ณ เวลาเดียวกันกับการวัด สำหรับ ค่า 1145 คือ เป็นเวลาในหน่วยวินาทีของการวัดตัวอย่างในครั้งต่อไป

สำหรับบนหน้าจอแสดงผลจะเห็นค่าการวัดในหนึ่งชั่วโมง โดยมีความถี่ในการวัดทุกๆ 20 นาที ค่า 520 คือเวลาในหน่วยวินาทีก่อนทำการวัดครั้งต่อไป แสดงดังภาพประกอบ ก-4(ก) เมื่อเลือก + จะทำให้หน้าจอเปลี่ยนไปเป็นการแสดงค่าของ NO_3^- และ TOC ช่องของการวัดตัวอย่างที่ 2 เมื่อเลือก + อีกครั้งหน้าจอแสดงผลจะเปลี่ยนกลับไปแสดงค่าของ NO_3^- และ TOC ช่องของการวัดตัวอย่างแรก แสดงดังภาพประกอบ ก-4(ข) ถ้าใช้ช่องการวัดตัวอย่างเพียง 2 ช่อง (ตัวอย่างสองชนิดที่ต่างกัน) ทำแบบเดียวกันถ้าใช้ช่องการวัดตัวอย่างที่มากกว่าสอง

08/15/00 12 :11		520	
Hour	Cha. 1	Cha. 2	
11 :00	0.35	1.53	
11 :20	0.36	1.50	
11 :40	0.36	1.52	
12 :00	0.37	1.53	
+			PARA

(ก)

08/15/00 12 :11		510	
Hour	2 :NO3	2 :COT	
11 :00	21.5	10.2	
11 :20	20.2	8.2	
11 :40	19.0	7.4	
12 :00	19.5	9.6	
+			PARA

(ข)

ภาพประกอบ ก-4 หน้าจอแสดง (ก) ความถี่ในการวัดทุกๆ 20 นาที (ข) เลือก + จะทำให้หน้าจอเปลี่ยนไปเป็นการแสดงค่าของ NO_3^- และ TOC

2.1.4 รหัสความผิดพลาด ในบางครั้งค่าที่แสดงบนจอแสดงผลจะมีรหัสความผิดพลาดแสดงขึ้นพร้อมกับค่าของพารามิเตอร์ ภาพประกอบ ก-5 แสดงตัวอย่างรหัสที่แสดงข้อผิดพลาด ดังนี้

08/15/00 12 :11		510	
Hour	2 :NO3	2 :COT	
11 :00	21.5	W 10.2	
11 :20	---	8.2	
11 :40	19.0	7.4	
12 :00	S 19.5	9.6	
+			PARA

ภาพประกอบ ก-5 หน้าจอแสดงรหัสความผิดพลาด

- 45.2 คือ ตัวอย่างของค่าความเข้มข้นของพารามิเตอร์ที่วัดได้
- Pb_L คือ หลอด Deuterium lamps ไม่ทำงาน
- C 45.2 คือ ค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 204 นาโนเมตร มีค่ามากกว่า 2 Abs (ค่าสูงสุดที่สามารถวัดได้)
- S 45.2 คือ ค่าการดูดกลืนแสงสองความยาวคลื่นแรก (204 และ 216) มีค่ามากกว่า 2 Abs
- คือ ค่าการดูดกลืนแสงสามความยาวคลื่นแรก (204 216 และ 228) มีค่ามากกว่า 2 Abs
เมื่อค่าที่จอแสดงผลแสดง --- เมื่อนั้นควรมีการปรับค่าการเจือจาง (Dilution Factor) ของเครื่อง ซึ่งหมายถึงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ยังไม่ได้รับการเจือจางที่ สามความยาวคลื่นสุดท้าย (294 308 and 321) มีค่ามากกว่า 2 Abs
- R 45.2 คือ Restitution (รูปร่างของค่าสเปกตรัมของตัวอย่างที่อ่านค่าได้ที่แตกต่างไปจากตัวอย่างทางทฤษฎี) อยู่ระหว่างร้อยละ 2-5
- W 45.2 คือ Restitution (รูปร่างของค่าสเปกตรัมของตัวอย่างที่อ่านค่าได้ที่แตกต่างไปจากตัวอย่างทางทฤษฎี) มีค่ามากกว่าร้อยละ 2-5
- หมายเหตุ : Abs คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ต

2.2 การตั้งค่า

2.2.1 การตั้งค่าภาษาและวันที่ เมื่อหน้าจอแสดงผลปรากฏดังภาพประกอบ ก-6 คือ เครื่องมือพร้อมเข้าสู่การตั้งค่าในขั้นต่อไป

08/15/00	12 :11	510
Hour	2 :NO3	2 :COT
11 :00	21.5	10.2
11 :20	20.2	8.2
11 :40	19.0	7.4
12 :00	19.5	9.6
+		PARA

(ก)

หรือ

08/15/00	10 :55	30
IXO-510		
SECOMAM		
Rinse...		
		PARA

(ข)

ภาพประกอบ ก-6 หน้าจอแสดง (ก) และ (ข) ขณะเครื่องมือเปิดและพร้อมเข้าสู่การตั้งค่าเครื่องมือ

หลังจากเครื่องมือพร้อมใช้งานดังภาพประกอบ ก-6 ให้เลือก PARA (Parameter) เพื่อเข้าสู่เมนูย่อย (ส่วนนี้คือ การแก้ไขภาษาในการทำงานและวันที่) โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ NEX เพื่อเลือกเมนูย่อยอื่น MODI เพื่อเลือกเมนูย่อย และ END เพื่อออกจากเมนู ดังภาพประกอบ ก-7(ก)

จากนั้นเลือก Language Date ตามด้วย NEX และเลือก MODI เพื่อเข้าไปในโปรแกรม ดังภาพประกอบ ก-7(ข)

- สามารถเปลี่ยนภาษาที่ใช้ในการทำงานโดยเลือก + และ -
- ต้องการเปลี่ยนพารามิเตอร์อื่นด้วยการเลือก NEX
- แก้ไขวัน เดือน ชั่วโมง และ นาที แบบเดียวกับการแก้ไขภาษาที่ใช้ในการทำงาน
- เลือก RET เพื่อเปลี่ยนเมนู

Language, date			
Nr of channels			
Channels programming.			
Results			
Recalibration			
Rinse			
NEX	MODI	->PC	END

(ก)

Language : English			
Day	:	15	
Month	:	02	
Year	:	97	
Hour	:	11	
Minute	:	52	
-	+	NEX	RET

(ข)

ภาพประกอบ ก-7 หน้าจอแสดง (ก) เมนูย่อยการแก้ไขภาษาและวันที่ (ข) เมนูย่อยในการเปลี่ยนแปลงแก้ไขภาษาและวันที่

2.2.2 การเปลี่ยนจำนวนของช่องเก็บตัวอย่าง จากหน้าจอในภาพประกอบ ก-8(ก)

ให้เลือก NEX เพื่อเลือกจำนวนของช่องเก็บตัวอย่าง และเลือก MODI เพื่อเข้าไปในเมนูจำนวนช่องเก็บตัวอย่างเท่ากับ $n+2$ (n สามารถมีค่าได้จาก 1 ถึง 4 ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนการใช้เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ สองช่องที่สำรองไว้สำหรับส่วนน้ำกลั่น และ ส่วนสารที่ใช้ล้าง จำนวนช่อง 1 2 3 และ 4 สำรองไว้สำหรับตัวอย่าง หากต้องการเปลี่ยนจำนวนช่องเก็บตัวอย่างเลือก + และ - หลังจากเลือกช่องเก็บตัวอย่างแล้วให้เลือก VAL เพื่อยืนยันค่าที่เลือก ดังภาพประกอบ ก-8(ข)

Language, date,			
Nr of channels			
Channels programming			
Results			
Recalibration			
Rinse			
NEX	MODI	->PC	END

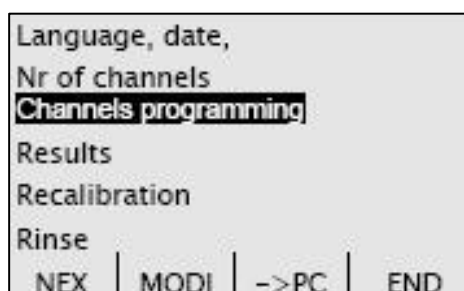
(ก)

Nr of channel : 2			
-	+		VAL

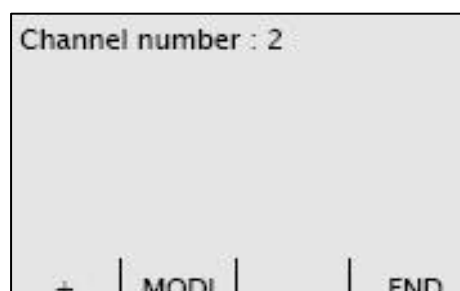
(ข)

ภาพประกอบ ก-8 หน้าจอแสดง (ก) การเลือกจำนวนช่องเก็บตัวอย่าง (ข) การยืนยันค่าที่เลือก

เมื่อทำการตั้งค่าจำนวนช่องเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นทำการเลือกช่องเก็บตัวอย่าง โดยการเลือก NEX เพื่อทำการเลือก Channels programming ดังภาพประกอบ ก-9 (ก) และเลือก MODI เพื่อเข้าเมนูช่องเก็บตัวอย่างดังภาพประกอบ ก-9(ข) พร้อมทั้งเลือกช่องเก็บตัวอย่างโดยเลือก + และ MODI



(ก)



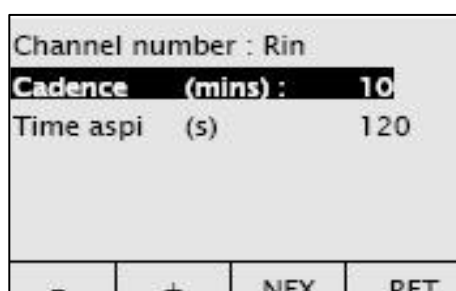
(ข)

ภาพประกอบ ก-9 หน้าจอแสดง (ก) การเลือกช่องเก็บตัวอย่าง (ข) การยืนยันช่องเก็บตัวอย่าง

2.2.3 การตั้งโปรแกรมช่องสำหรับล้าง เมื่อเลือกช่องสำหรับล้าง R (Rin) หน้าจอแสดงดังภาพประกอบ ก-10

- Cadence คือ ช่วงเวลาระหว่างรอบการล้างครั้งแรกกับการล้างครั้งที่สอง ช่วงเวลานี้สามารถเลือกได้ตั้งแต่ 10 นาที จนถึง 4 ชั่วโมง โดยเพิ่มได้ครั้งละ 10 นาที

- Time aspi คือ เวลาที่ปั๊มทำงาน เวลานี้สามารถตั้งค่าได้ตั้งแต่ 5 วินาที ถึง 240 วินาที โดยเพิ่มเวลาได้ครั้งละ 5 วินาที สามารถเลือก NEX เพื่อเข้าสู่พารามิเตอร์อื่นและเลือก + และ - เพื่อเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์



ภาพประกอบ ก-10 หน้าจอแสดงการตั้งช่องและการตั้งเวลาที่ปั๊มทำงานสำหรับล้าง

2.2.4 การตั้งโปรแกรมสำหรับน้ำกลั่น เมื่อเลือกช่องสำหรับน้ำกลั่น โปรแกรมจะ
ไปสู่น้ำจอตั้งภาพประกอบ ก-11(ก)

- Cadence คือ ช่วงเวลาระหว่างรอบการใช้น้ำกลั่นครั้งแรกกับการใช้น้ำกลั่นครั้งที่
สอง ช่วงเวลานี้สามารถเลือกได้ตั้งแต่ 10 นาทีจนถึง 4 ชั่วโมง โดยเพิ่มได้ครั้งละ 10 นาที

- Time aspi คือ เวลาที่ปั๊มทำงาน เวลานี้สามารถตั้งได้ตั้งแต่ 5 วินาที ถึง 240 วินาที
โดยเพิ่มเวลาได้ครั้งละ 5 วินาที

Channel number : blc	
Cadence (mins) :	10
Time aspi (s)	120
Energy	
- + NEX RET	

(ก)

Channel number : blc			
Energy		: YES	
B1 : (0 to 1600)			
YES	NO		RET

(ข)

ภาพประกอบ ก-11 หน้าจอแสดง (ก) ช่องสำหรับน้ำกลั่น (ข) เลือกพลังงานสำหรับค่าพารามิเตอร์

- ค่าพลังงานจะบอกถึงความสะอาดของน้ำกลั่น โดยเลือก NEX เพื่อเลือกพลังงาน
เลือก Yes เพื่อกำหนดค่า B1 สำหรับค่าพารามิเตอร์นี้ ดังภาพประกอบ ก-11(ข) สำหรับค่าพลังงาน
ของน้ำกลั่นที่ 204 นาโนเมตร จะถูกส่งออกไปในรูปของกระแสไฟฟ้าที่ช่อง B1 ด้วยขนาด 4-20
มิลลิแอมป์

2.2.5 การเลือกชนิดของน้ำตัวอย่าง การเลือกชนิดของน้ำตัวอย่าง จากจอที่แสดง
ดังภาพประกอบ ก-12(ก) ให้เลือก MODI และ + เพื่อเลือกชนิดของน้ำตัวอย่างดังภาพประกอบ ก-
12 (ข) โดยแบ่งชนิดของตัวอย่างน้ำ ดังนี้

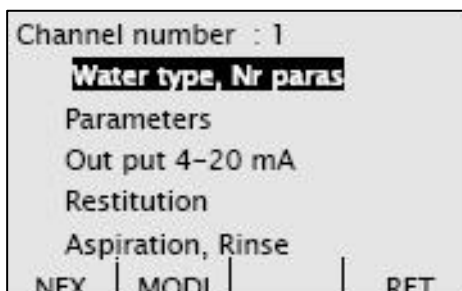
Influ คือ ส่วนขาเข้าของระบบบำบัดน้ำในเมือง

Out b คือ ส่วนขาออกจากระบบบำบัดทางชีวภาพ

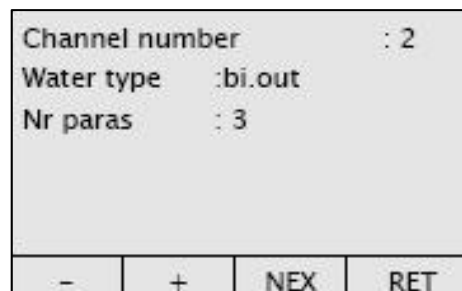
Out p คือ ส่วนขาออกจากระบบบำบัดน้ำทางเคมี-กายภาพ

Nwat คือ น้ำธรรมชาติ

ผู้ใช้สามารถกดเลือก NEX เพื่อเปลี่ยนจำนวนของพารามิเตอร์ที่วัด และ+ หรือ -
เพื่อเลือกจำนวนพารามิเตอร์ดังภาพประกอบ ก-12 (ข) หากต้องการกลับไปหน้าจอก่อนหน้านี้ให้
เลือก RET (สามารถวิเคราะห์น้ำตัวอย่างอื่น โดยการใช้โปรแกรม UV-PRO เพื่อดึงข้อมูล
แบบจำลองของน้ำแบบอื่น)



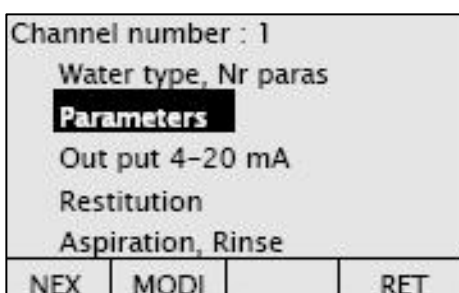
(ก)



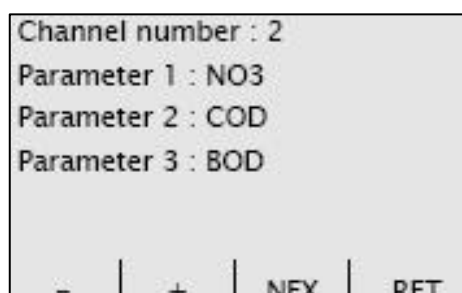
(ข)

ภาพประกอบ ก-12 หน้าจอแสดง (ก) ช่องเลือกประเภทน้ำตัวอย่าง (ข) เลือกชนิดของน้ำตัวอย่าง

2.2.6 การเปลี่ยนจำนวนพารามิเตอร์ ผู้ใช้สามารถเลือกการวัดได้มากที่สุด 5 พารามิเตอร์จาก 6 พารามิเตอร์บนเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ ตัวอย่างพารามิเตอร์คือ NO_3^- , DBS, TSS, TOC, COD และ BOD_5 โดยเลือก NEX และ MODI เพื่อเลือกพารามิเตอร์ ดังภาพประกอบ ก-13(ก) และ + หรือ - เพื่อเลือกพารามิเตอร์ตัวอื่น และ NEX เพื่อยอมรับค่าพารามิเตอร์ ดังภาพประกอบ ก-13(ข)



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ ก-13 หน้าจอแสดง (ก) ช่องเลือกพารามิเตอร์ (ข) เลือกพารามิเตอร์และยอมรับค่าพารามิเตอร์ที่ได้เลือกไว้

2.2.7 การแสดงผลในรูปของสัญญาณกระแสไฟฟ้า ค่าที่ออกไปทุกค่าจะอยู่ในรูปสัญญาณกระแสไฟฟ้า 4-20 มิลลิแอมป์ เพื่อบอกถึงปริมาณค่าความเข้มข้นที่วัดได้จากหน้าจอ ดังภาพประกอบ ก-14 (ก) ให้เลือก MODI หากต้องการเปลี่ยนแปลงให้กด + หรือ - เพื่อเปลี่ยนค่า ภาพประกอบ ก-14 (ข) เลือก NEX เปลี่ยนกลับสู่หน้าจอหลัก หากต้องการออกให้เลือก RET

Channel number : 1			
Water type, Nr paras			
Parameters			
Output 4-20 mA			
Restitution			
Aspiration, Rinse			
NEX	MODI		RET

(ก)

Channel number : 1			
B3	NO3	10	50
B5	COD	0	1000
B7	BOD	0	300
-	+	NEX	RET

(ข)

ภาพประกอบ ก-14 หน้าจอแสดง (ก) ผลในรูปของสัญญาณไฟฟ้า (ข) การเปลี่ยนแปลงและยอมรับค่าในรูปของสัญญาณไฟฟ้า

2.2.8 การแสดงผลคุณภาพการวัด ค่า Restitution gap สำหรับช่องที่หนึ่งจะส่งในรูปกระแสไฟฟ้า 4-20 มิลลิแอมป์ ให้เลือก MODI ดังภาพประกอบ ก-15 (ก-ข)

Channel number : 1			
Water type, Nr paras			
Parameters			
Output 4-20 mA			
Restitution			
Aspiration, Rinse			
NEX	MODI		RET

(ก)

Channel number : 1			
Restitution : YES			
B2 : (0% to 16%)			
YES	NO		RET

(ข)

ภาพประกอบ ก-15 หน้าจอแสดง (ก) ช่องคุณภาพการตรวจวัด (ข) ผลการตั้งค่า

จากหน้าจอภาพประกอบ ก-15 (ข) ให้เลือก MODI เพื่อเลือก Aspiration, Rinse ดังภาพประกอบ ก-16

Channel number : 1			
Water type, Nr paras			
Parameters			
Output 4-20 mA			
Restitution			
Aspiration, Rinse			
NEX	MODI		RET

(ก)

Channel number : 1			
Cadence	(mins)	:	10
Time aspi	(s)	:	120
Dilution	(1/X)	:	1
-	+	NEX	RET

(ข)

ภาพประกอบ ก-16 หน้าจอแสดง (ก) ช่องการตั้งเวลาทำงานของปั๊ม (ข) ผลการตั้งค่า

- Cadence คือ เวลาระหว่างรอบการวัดตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง สามารถตั้งโปรแกรมได้ตั้งแต่ 10 นาที จนถึง 4 ชั่วโมง โดยเพิ่มเวลาครั้งละ 2 นาที

- Time aspi คือ เวลาที่ป้อนทำงาน และสามารถตั้งเวลาได้ตั้งแต่ 5 วินาที จนถึง 240 วินาที โดยเวลาเพิ่มครั้งละ 5 วินาที

- การคำนวณค่าเจือจางที่แน่นอน แฟกเตอร์การเจือจาง (Dilution Factor) มีค่าจาก 1 ถึง 10 โดย Dilution Factor = 1 หมายถึง ไม่มีการเจือจาง และ Dilution Factor = 10 หมายถึง มีปริมาตรตัวอย่าง 1 ส่วน มีปริมาตรน้ำกลั่น 9 ส่วน รวมปริมาตรเท่ากับ 10 สำหรับการตั้งโปรแกรมการเจือจางนี้เป็นการตั้งแบบโดยประมาณส่วนการคำนวณค่าเครื่องวิเคราะห์จะทำการคำนวณเองโดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

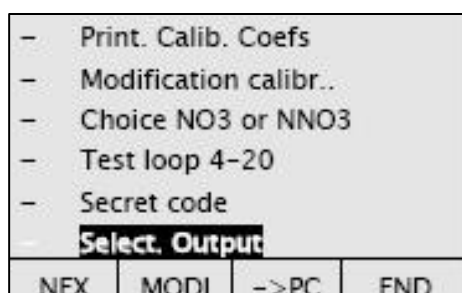
- ถ้าสเปกตรัมของการดูดกลืนแสงของตัวอย่างมีค่าเกิน 2 Abs ที่สามความยาวคลื่นแรก เครื่องวิเคราะห์จะแสดงเครื่องหมายขีดสามเส้น --- บนหน้าจอแสดงผลและจำเป็นต้องมีการเจือจางตัวอย่าง ดังนั้น จึงต้องมีการป้อนอัตราส่วนการเจือจาง (Dilution Factor)

- เครื่องวิเคราะห์เริ่มวัดตัวอย่าง (204 ถึง 321 นาโนเมตร) และอ่านค่าความยาวคลื่นสามคลื่นแรกที่ไม่เกินค่าที่อ่านได้ ตัวอย่างเช่น ที่ 251 นาโนเมตร

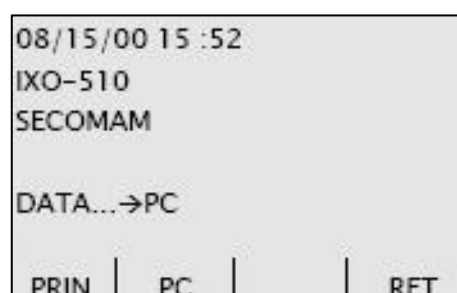
- เครื่องทำการเจือจางตัวอย่างจากโปรแกรมที่ตั้งไว้ และเครื่องทำการอ่านค่าตัวอย่างที่เจือจางแล้วที่ความยาวคลื่นสามความยาวเดียวกันกับความยาวแรกที่ไม่เกินค่าที่อ่านได้ พร้อมทั้งเครื่องทำการหาค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนทั้งสาม

2.3 การส่งผลออก

เครื่องวิเคราะห์ตรวจวัดแบบออนไลน์สามารถจำผลได้ 255 ค่า และค่าที่ 256 จะกลับไปทับผลแรก โดยจากหน้าจอแสดงผลดังภาพประกอบ ก-17 (ก) ให้เลือก MODI เพื่อเลือก Select Output และสามารถพิมพ์ผลโดยกด PRIN ในการแสดงผลออกนั้นสามารถส่งออกทางคอมพิวเตอร์ โดยเลือก PC เมื่อต้องการกลับไปหน้าจอก่อนหน้านี้ให้เลือก RET



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ ก-17 หน้าจอแสดง (ก) ช่องการแสดงผลออก (ข) การบันทึกข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์

3. การเตรียมและเก็บรักษาเครื่องมือ

ควรรนำท่อทั้งหมดลงในถังน้ำล้าง ยกเว้นท่อน้ำกลั่นก่อนการวัดประมาณ 5 นาที ก่อนการตรวจวัดนำท่อทั้งหมดลงในถังน้ำกลั่น และเริ่มทำการตรวจวัดตัวอย่าง หลังจากใช้งานเรียบร้อยแล้ว ปิดเครื่องมือ ถอดท่อทั้งหมดออกจากวาล์วไฟฟ้าและจากหัวปั๊ม เมื่อไม่ได้ใช้เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์เป็นเวลานานควรทำความสะอาดควอร์ตซ์และท่อ เก็บเครื่องไว้ในที่สะอาดและแห้ง และรักษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาอยู่ระหว่าง 5-60 องศาเซลเซียส

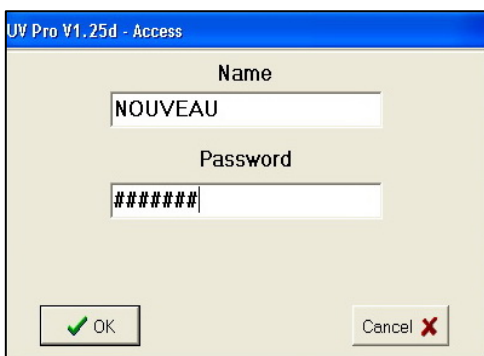
4. การดูแลรักษาเครื่อง

เมื่อควอร์ตซ์สกปรก (ค่าพลังงานของน้ำกลั่นที่ 204 นาโนเมตรต่ำกว่า 300) ควรมีการทำความสะอาดหรือเปลี่ยน ในการถอดที่จับควอร์ตซ์จะมีแม่เหล็กเป็นตัวดูดให้ยึดติดกับเครื่องให้ดึงออกอย่างระมัดระวัง (กรีน บรรยัณ, 2549)

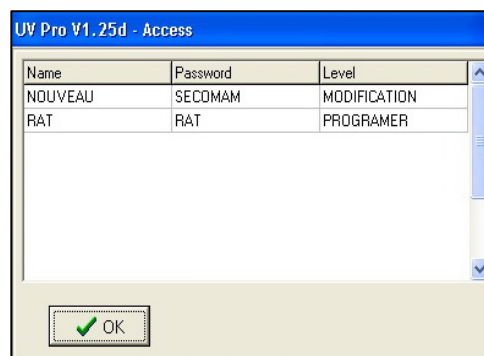
5. การใช้โปรแกรม UV-Pro Software เทคนิคและวิธีการในการปรับเทียบสมการมาตรฐาน (Calibrate Model)

เมื่อทำการติดตั้งและตั้งค่าเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์แล้ว หลังจากนั้นต้องทำการเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการติดตั้งโปรแกรม UV-Pro Software และตั้งค่าโปรแกรมเพื่อการสร้างการปรับเทียบสมการมาตรฐาน สำหรับการทดลอง ซึ่งต้องทำการใส่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และควรใส่ค่าที่มี % RPD (% Relative standard deviation) ของน้ำทิ้งและน้ำเสียที่มีค่าไม่เกิน \pm ร้อยละ 15 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีค่าใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด สำหรับเทคนิคและวิธีการในการทำ Calibrate Model แสดงดังนี้

5.1 เปิดโปรแกรม UV-PRO Software ผู้ใช้ต้องทำการป้อน USERNAME และ PASSWORD (ในโปรแกรมจะมีการกำหนดมาให้แล้ว แต่ผู้ใช้สามารถกำหนดขึ้นมาใหม่ได้) โดยช่อง NAME ให้กรอก NOUVEAU และช่อง PASSWORD ให้กรอก SECOMAM แล้วกดปุ่ม OK ดังภาพประกอบ ข-18(ก) หากผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนแปลง USERNAME และ PASSWORD ใหม่ ให้กดลูกศรลงด้านมุมขวาของช่อง Level ให้เปลี่ยนเป็น PROGRAMER ส่วนช่อง NAME และ PASSWORD สามารถกำหนดใหม่ตามผู้ใช้ต้องการ หลังจากนั้นกด Enter ดังภาพประกอบ ก-18 (ข)



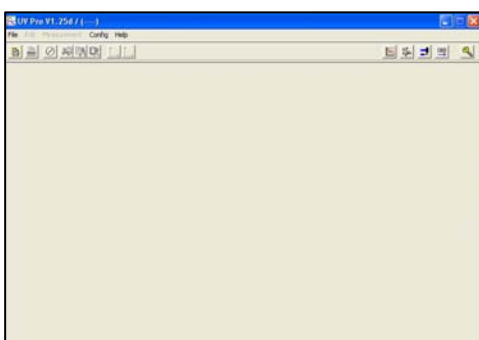
(ก)



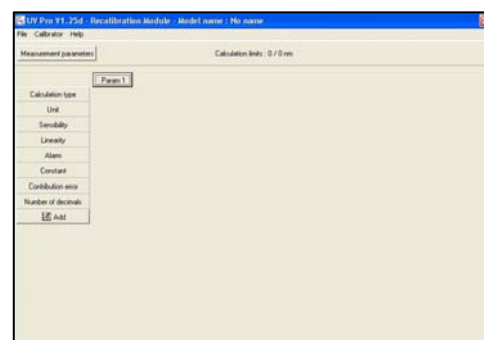
(ข)

ภาพประกอบ ก-18 หน้าจอแสดง (ก) กรอก USERNAME และ PASSWORD (ข) การเปลี่ยน USERNAME และ PASSWORD

5.2 เมื่อเข้าสู่หน้าหลักของ UV Pro V1.25d (..) ดังภาพประกอบ ก-19(ก) ทำการเลือก File และกด Recalibration Module หน้าจอจะแสดงผลดังภาพประกอบ ก-19(ข) เพื่อเข้าสู่การตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจวัด



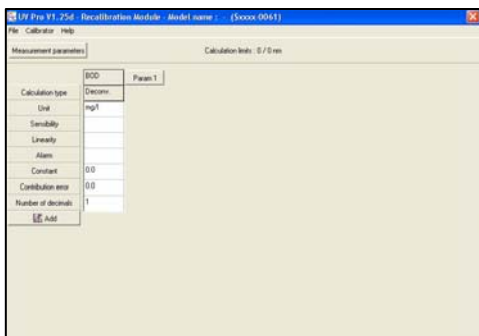
(ก)



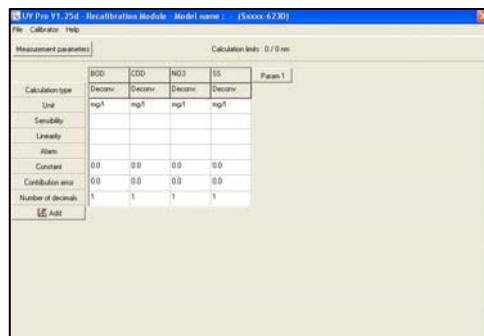
(ข)

ภาพประกอบ ก-19 หน้าจอแสดง (ก) เข้าสู่หน้าหลักของ UV Pro V1.25d (..) (ข) หลังจากเลือก Recalibration Module

5.3 กำหนดพารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจวัด โดยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ สามารถตรวจวัดได้ 6 พารามิเตอร์ ซึ่งสัมพันธ์กับโปรแกรม UV-PRO Software ในที่นี้ยกตัวอย่างพารามิเตอร์ที่ต้องการตั้งค่าการตรวจวัด คือ BOD_5 ให้กดปุ่ม Param1 พร้อมกรอก BOD_5 ในช่องว่าง แล้วกด Enter ดังภาพประกอบ ข-20(ก) หากต้องการเพิ่มพารามิเตอร์ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Param1 ในช่องถัดไป ตัวอย่างเช่นต้องการเพิ่มค่า COD NO_3^- -N และ SS โดยทำเช่นเดียวกับค่า BOD_5 ดังภาพประกอบ ข-20 (ข)



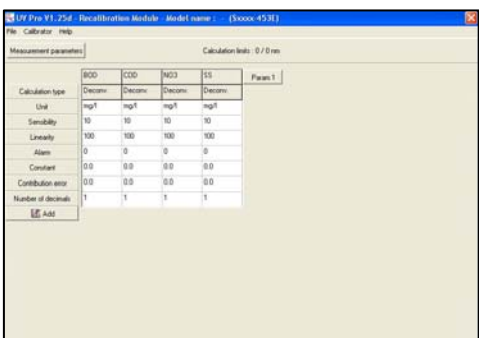
(ก)



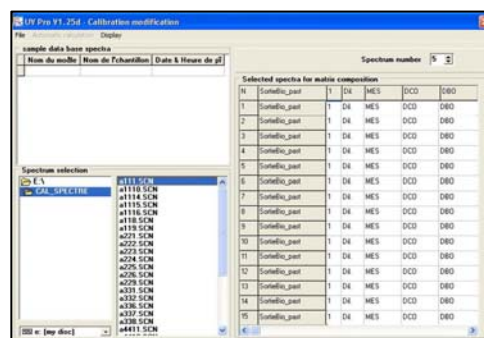
(ข)

ภาพประกอบ ก-20 หน้าจอแสดง (ก) การตั้งค่าพารามิเตอร์ 1 พารามิเตอร์ (ข) การตั้งค่าพารามิเตอร์ 2 พารามิเตอร์ขึ้นไป

5.4 ให้ทำการกำหนดค่า Sensibility = 1.0 Linearity = 100 และ Alarm = 0 ดังภาพประกอบ ก-21 (ก) หลังจากนั้นเลือก Calibrator และทำการเลือก Calibrate Model จากเครื่อง ตัวอย่างเช่น SortieBio_past.MOD ซึ่งเป็นตัวอย่างนำทิ้งที่ได้ผ่านการบำบัดทางชีวภาพ โดยกดเลือกจำนวน 20 ครั้งตามที่โปรแกรมได้กำหนดไว้ กดปุ่ม Automatic Calculation ดังภาพประกอบ ก-21(ข)



(ก)



(ข)

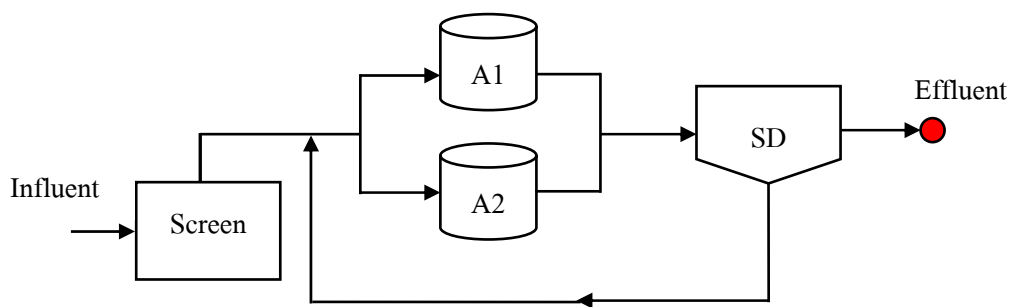
ภาพประกอบ ก-21 หน้าจอแสดง (ก) กำหนดค่า Sensibility Linearity และ Alarm (ข) เลือก Calibrate Model จากโปรแกรม

5.5 เมื่อเลือก Calibrate Model จากโปรแกรมแล้ว ให้บันทึกการตั้งค่าเป็น File.SCN และ File.MOD ดังภาพประกอบ ก-22 (ก) และ (ข) ตามลำดับ เช่น ตัวอย่างนำทิ้งชุมชนโดยให้ชื่อว่า Domestic หลังจากตั้งค่าแล้วกด Calibrate Model ในโปรแกรมเพื่อบันทึกเข้าสู่เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ โดยไปที่ Servicing Module แล้วเลือก Download Model หลังจากนั้นเครื่องจะทำการบันทึก Calibrate Model ที่มีชื่อว่า Domestic.SCN และ Domestic.MOD

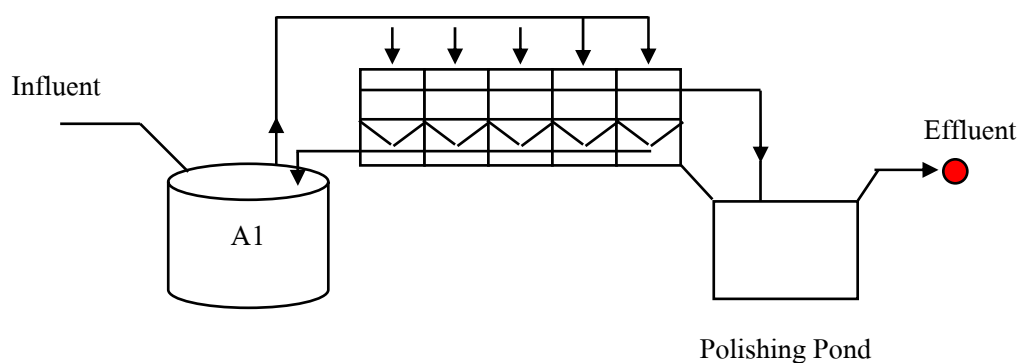
5.7 หลังจากปรับ Calibrate Model ใหม่ที่เป็นน้ำตัวอย่างที่ผู้ใช้ต้องการตรวจวัด ให้ทำการป้อนข้อมูลเข้าสู่เครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์ โดยไปที่ Servicing Module แล้วเลือก Download Model อีกครั้ง และหากต้องการบันทึกข้อมูลจากเครื่องลงโปรแกรม UV-PRO Software ให้เปิด Servicing Module เลือก Download Spectra ดังภาพประกอบ ก-23 (ข) ซึ่งผู้ใช้เครื่องจะได้สมการมาตรฐานที่ปรับเทียบที่มีความเหมาะสมและมีค่าเฉพาะสำหรับการตรวจวัดน้ำตัวอย่าง รวมทั้งแสดงผลการตรวจวัดได้ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมากยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ข

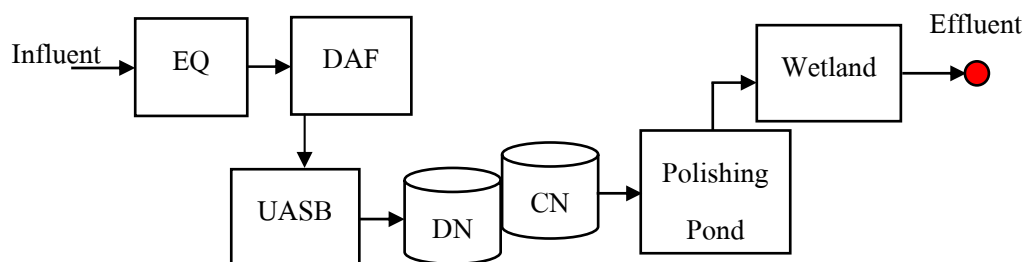
ขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย
และจุดเก็บตัวอย่างของโรงงานแปรรูปอาหารทะเล



(ก)



(ข)

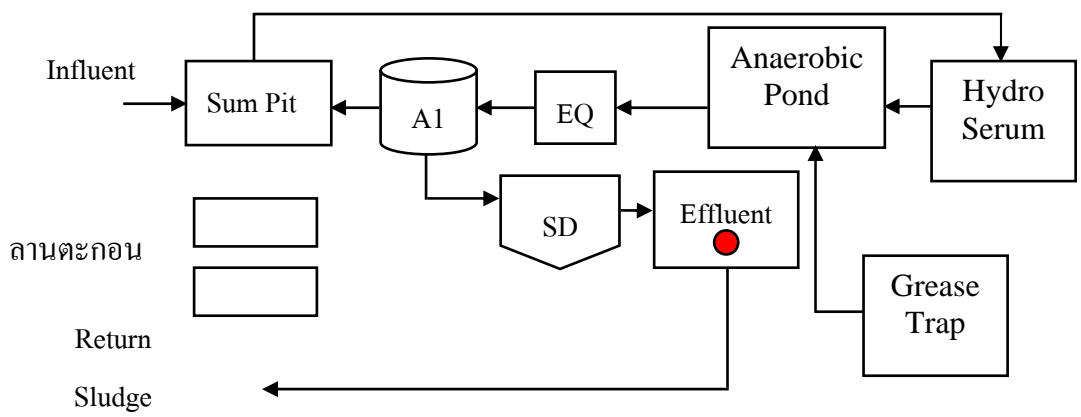


(ค)

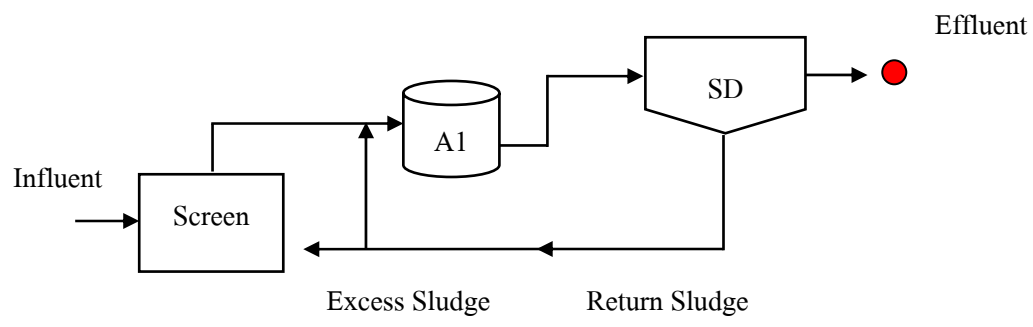
ภาพประกอบ ข-1 ขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียและจุดเก็บตัวอย่างของโรงงานแปรรูป

อาหารทะเล

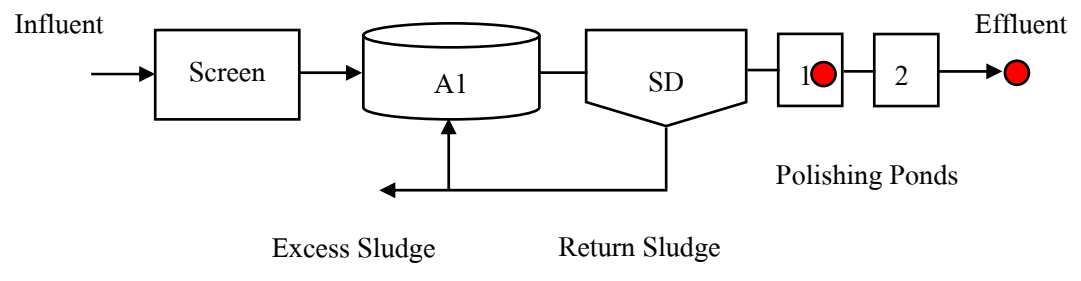
ที่มา : ดัดแปลงจากอาเอเสาะ เด่นคารา (2548)



(จ)

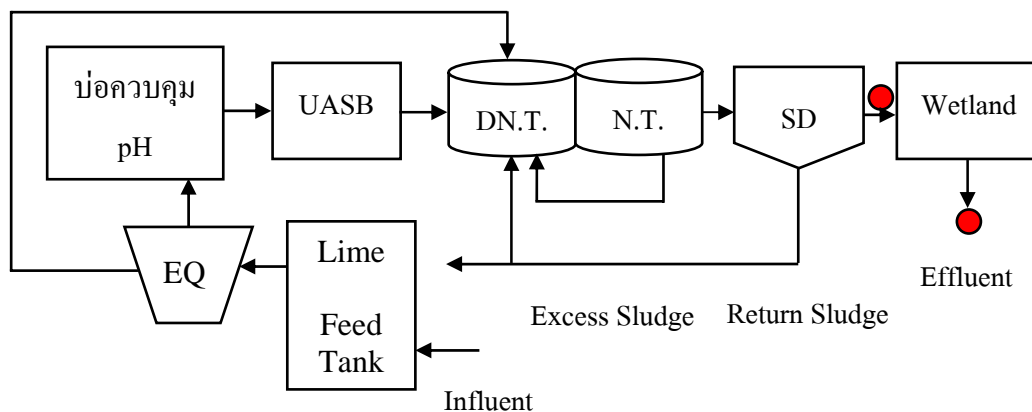


(ฉ)



(ค)

ภาพประกอบ ข-1 ขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียและจุดเก็บตัวอย่างของโรงงานแปรรูปอาหารทะเล (ต่อ)



(ซ)

ภาพประกอบ ข-1 ขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียและจุดเก็บตัวอย่างของโรงงานแปรรูปอาหารทะเล (ต่อ)

หมายเหตุ :

- (ก) บริษัทสงขลาแคนนิ่ง จำกัด มีปริมาณน้ำเสียเข้าประมาณ 3,120 ลบ.ม./วัน
- (ข) บริษัทแมนเอ โฟรสเช่นฟู๊ดส์ จำกัด มีปริมาณน้ำเสียเข้าประมาณ 650 ลบ.ม./วัน
- (ค) บริษัทแปซิฟิกแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด มีปริมาณน้ำเสียเข้าประมาณ 2000-2,500 ลบ.ม./วัน
- (ง) บริษัทเอสเอส โฟรสเช่นฟู๊ดส์ จำกัด มีปริมาณน้ำเสียเข้าประมาณ 325 ลบ.ม./วัน
- (จ) บริษัทนครังค์ซีฟู๊ดส์ จำกัด มีปริมาณน้ำเสียเข้าประมาณ 800 ลบ.ม./วัน
- (ฉ) บริษัทห้องเย็น โชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด (มหาชน) มีปริมาณน้ำเสียเข้าประมาณ 900 ลบ.ม./วัน
- (ช) บริษัทโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด มีปริมาณน้ำเสียเข้าประมาณ 2,600 ลบ.ม./วัน

โดยที่ EQ: Equalization Tank คือ บ่อปรับเสถียร

A1, A2: Aeration Tank 1, 2 คือ บ่อเติมอากาศ บ่อที่ 1 บ่อที่ 2

SD1, SD2: Sedimentation Tank 1, 2 คือ ถังตกตะกอน ถังที่ 1 ถังที่ 2

Influent คือ น้ำเข้าสู่ระบบบำบัด

Effluent คือ น้ำออกจากระบบบำบัด

Screen คือ ตะแกรง

Polishing Pond คือ บ่อผึ่ง

UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket คือ ถังยูเอสบี

Denitrification Tank: DN.T คือ ถังดีไนตริฟิเคชัน

N.T: Nitrification Tank คือ ถังไนตริฟิเคชัน

DAF: Dissolved air flotation คือ การลอยตัวด้วยอากาศละลายของไขมัน

Wetland คือ บึงประดิษฐ์

Sum pit คือ บ่อเก็บน้ำเสีย

Anaerobic Pond คือ บ่อไร้อากาศ

Hydro Serum คือ น้ำชีวมวล

Grease Trap คือ ถังดักไขมัน

Return Sludge คือ ตะกอนย้อนกลับ

Excess Sludge คือ ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน

Lime Feed Tank คือ ถังใส่ปูนขาว

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์ น้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

ตาราง ค-1 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ใน น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศโดยใช้สมการมาตรฐาน

ผลการทดลอง	ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ (มก./ล.)		ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ (มก./ล.)		% ค่าความคลาดเคลื่อน		ค่าคลาดเคลื่อน (มก./ล.)	
		BOD ₅	COD	BOD ₅	COD	BOD ₅	COD	BOD ₅	COD
ครั้งที่ 1	1	7.4	10.0	0.9	2.5	87.8	75.0	6.5	7.5
	2	14.8	20.0	1.7	3.8	88.5	81.0	13.1	16.2
	3	22.2	30.0	1.7	4.8	92.3	84.0	20.5	25.2
	4	29.5	40.0	2.0	5.2	93.2	87.0	27.5	34.8
	5	36.9	50.0	2.3	6.1	93.8	87.8	34.6	43.9
	6	73.9	100.0	6.2	13.4	91.6	86.6	67.7	86.6
	7	110.8	150.0	14.2	27.7	87.2	81.5	96.6	122.3
	8	147.7	200.0	19.5	38.1	86.8	81.0	128.2	161.9
	9	184.6	250.0	24.0	46.9	87.0	81.2	160.6	203.1
	Min.	7.4	10.0	0.9	2.5	86.8	75.0	6.5	7.5
	Max.	184.6	250.0	24.0	46.9	93.8	87.8	160.6	203.1
	Avg.	69.7	94.4	8.1	16.5	89.8	82.8	61.7	77.9
	SD.	64.1	86.8	8.9	16.8	2.9	4.0	55.3	70.1

ตาราง ค-2 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศ

ผลการทดลอง	ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ (มก./ล.)		ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ (มก./ล.)		% ค่าความคลาดเคลื่อน		ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)	
		BOD ₅	COD	BOD ₅	COD	BOD ₅	COD	BOD ₅	COD
ครั้งที่ 2	1	5.9	10.0	10.4	13.9	77.5	39.0	4.5	3.9
	2	11.7	20.0	26.9	36.0	129.7	80.0	15.2	16.0
	3	17.6	30.0	46.3	61.9	163.5	106.3	28.7	31.9
	4	23.4	40.0	61.6	82.4	163.0	106.0	38.2	42.4
	5	29.3	50.0	78.6	105.0	168.4	110.0	49.3	55.0
	6	58.6	100.0	142.0	190.0	142.5	90.0	83.5	90.0
	7	87.8	150.0	180.0	241.0	104.9	60.7	92.2	91.0
	8	117.1	200.0	227.0	303.0	93.9	51.5	109.9	103.0
	9	146.4	250.0	260.0	348.0	77.6	39.2	113.6	98.0
	Min.	5.9	10.0	10.4	13.9	77.5	39.0	4.5	3.9
	Max.	146.4	250.0	260.0	348.0	168.4	110.0	113.6	103.0
	Avg.	55.3	94.4	114.8	153.5	124.6	75.9	59.5	59.0
	SD.	50.8	86.8	90.9	121.6	37.1	29.0	41.2	37.7

ตาราง ค-3 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ จากเครื่องตรวจวัดฯ โดยแยกตามช่วงค่าซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการเติมอากาศ

ผลการทดลอง	ช่วงค่าซีโอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (มก./ล.)		ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	
		BOD ₅	COD	BOD ₅	COD
ครั้งที่ 1	10-50	20.4	25.5	91.1	83.0
	100-250	113.3	143.5	88.2	82.6
ครั้งที่ 2	10-50	27.2	29.8	140.4	88.3
	100-250	99.8	95.5	104.7	60.4

ตาราง ก-4 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ใน
น้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศโดยใช้สมการมาตรฐาน

ผลการทดลอง	ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ (มก./ล.)			ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ (มก./ล.)			%ค่าความคลาดเคลื่อน			ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		
		BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS
ครั้งที่ 1	1	5.8	10.0	4.5	9.6	17.7	8.0	65.8	77.0	79.3	3.8	7.7	3.5
	2	11.6	20.0	8.9	19.0	35.0	15.9	64.1	75.0	78.1	7.4	15.0	7.0
	3	17.4	30.0	13.4	27.6	50.7	23.0	58.9	69.0	71.8	10.2	20.7	9.6
	4	23.2	40.0	17.9	38.0	69.9	31.7	64.1	74.8	77.6	14.8	29.9	13.8
	5	28.9	50.0	22.3	46.5	85.5	38.8	60.7	71.0	73.9	17.6	35.5	16.5
	6	57.9	100.0	44.6	86.3	158.0	72.0	49.1	58.0	61.3	28.4	58.0	27.4
	7	86.8	150.0	66.9	124.0	228.0	103.0	42.8	52.0	53.9	37.2	78.0	36.1
	8	115.8	200.0	89.3	154.0	283.0	128.0	33.0	41.5	43.4	38.2	83.0	38.7
	Min.	5.8	10.0	4.5	9.6	17.7	8.0	33.0	41.5	43.4	3.8	7.7	3.5
	Max.	115.8	200.0	89.3	154.0	283.0	128.0	65.8	77.0	79.3	38.2	83.0	38.7
	Avg.	43.4	75.0	33.5	63.1	116.0	52.6	54.8	64.8	67.4	19.7	41.0	19.1
	SD.	39.7	68.7	30.6	52.8	96.9	43.8	11.9	12.9	13.2	13.3	28.7	13.4

ตาราง ก-5 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ โดย
ใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ

ผลการทดลอง	ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ (มก./ล.)			ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ (มก./ล.)			%ค่าความคลาดเคลื่อน			ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		
		BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS
ครั้งที่ 2	1	5.5	10.0	5.1	6.0	10.4	4.6	9.8	4.0	9.1	0.5	0.4	0.5
	2	10.9	20.0	10.1	11.8	20.3	9.0	8.0	1.5	11.0	0.9	0.3	1.1
	3	16.4	30.0	15.2	17.8	30.7	13.7	8.6	2.3	9.7	1.4	0.7	1.5
	4	21.9	40.0	20.2	23.8	41.2	18.3	8.9	3.0	9.6	1.9	1.2	1.9
	5	27.3	50.0	25.3	29.0	50.0	22.3	6.1	0.0	11.8	1.7	0.0	3.0
	6	54.6	100.0	50.6	56.8	98.2	43.7	3.9	1.8	13.6	2.2	1.8	6.9
	7	82.0	150.0	75.9	85.2	147.0	65.6	3.9	2.0	13.5	3.2	3.0	10.3
	8	109.3	200.0	101.2	111.0	192.0	85.8	1.6	4.0	15.2	1.7	8.0	15.4
	Min.	5.5	10.0	5.1	6.0	10.4	4.6	1.6	0.0	9.1	0.5	0.0	0.5
	Max.	109.3	200.0	101.2	111.0	192.0	85.8	9.8	4.0	15.2	3.2	8.0	15.4
	Avg.	41.0	75.0	37.9	42.7	73.7	32.9	6.3	2.3	11.7	1.7	1.9	5.1
	SD.	37.5	68.7	34.7	38.1	65.8	29.4	2.9	1.3	2.2	0.8	2.6	5.3

ตาราง ค-6 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ฯ จากเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์โดยแยกตามช่วงค่าซีไอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ

ผลการทดลอง	ช่วงค่าซีไอดี (มก./ล.)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (มก./ล.)			ร้อยละค่า ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย		
		BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS
ครั้งที่ 1	10-50	10.8	21.8	10.1	62.7	73.4	76.1
	100-200	34.6	73.0	34.1	41.6	50.5	52.9
ครั้งที่ 2	10-50	1.3	0.5	1.6	8.3	2.2	10.2
	100-200	2.4	4.3	10.9	3.1	2.6	14.1

ตาราง ค-7 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำทิ้งชุมชนโดยใช้สมการมาตรฐาน

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ								ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ				ค่าความคลาดเคลื่อน			
		°C	SU	NTU	(มก./ล.)				(มก./ล.)				(มก./ล.)			
	pH	Temp.	Color	Turbid.	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS
1	8.6	31.0	0.8	13.7	32.1	68.0	16.8	43.5	24.9	65.4	3.7	10.2	7.2	2.6	13.1	33.3
2	7.8	31.0	0.9	16.5	22.2	50.5	9.8	54.5	16.2	51.3	2.1	18.1	6.0	0.8	7.7	36.4
3	6.5	30.0	1.7	64.3	11.7	77.7	5.1	117.0	38.4	75.0	1.6	25.7	26.7	2.7	3.5	91.3
4	6.7	29.0	1.1	22.2	12.7	50.5	6.2	31.0	26.6	51.6	1.2	20.4	13.9	1.1	5.0	10.6
5	6.5	31.0	0.9	11.9	11.1	44.7	6.7	12.5	19.9	37.2	1.0	22.9	8.8	7.5	5.7	10.4
6	6.4	30.0	1.0	14.1	8.2	36.9	3.4	13.0	20.3	38.9	0.9	18.4	12.2	2.0	2.5	5.4
7	6.4	30.0	1.8	35.7	4.2	40.8	3.7	23.0	30.6	59.7	1.3	20.4	26.4	18.9	2.4	2.6
8	7.0	28.0	0.7	12.7	22.3	46.3	17.1	22.5	21.1	55.5	3.2	8.7	1.2	9.2	13.9	13.8
9	7.0	28.5	2.0	74.6	11.0	68.5	3.7	97.0	41.6	81.3	1.7	27.8	30.6	12.8	2.0	69.2
10	6.8	29.0	1.1	25.7	12.2	50.0	4.9	28.5	28.2	55.1	1.2	18.8	16.0	5.1	3.7	9.7
11	6.4	28.0	1.0	11.8	15.8	44.5	3.7	12.5	21.3	43.0	1.0	14.8	5.5	1.5	2.7	2.3
12	6.7	28.5	0.9	9.8	10.0	33.3	2.6	7.5	19.9	38.9	0.8	13.3	9.9	5.6	1.8	5.8
13	6.7	28.5	1.2	25.2	6.1	35.2	3.2	19.0	25.6	50.0	1.1	17.1	19.5	14.8	2.1	1.9
Min.	6.4	28.0	0.7	9.8	4.2	33.3	2.6	7.5	16.2	37.2	0.8	8.7	1.2	0.8	1.8	1.9
Max.	8.6	31.0	2.0	74.6	32.1	77.7	17.1	117.0	41.6	81.3	3.7	27.8	30.6	18.9	13.9	91.3
Avg.	6.9	29.4	1.2	26.0	13.8	49.8	6.7	37.0	25.7	54.1	1.6	18.2	14.1	6.5	5.1	22.5
SD.	0.6	1.1	0.4	20.7	7.7	13.7	4.9	34.0	7.5	13.7	0.9	5.6	9.2	5.9	4.1	28.2

ตาราง ก-8 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำทิ้งชุมชน

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ								ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ				ค่าความคลาดเคลื่อน			
		°C	SU	NTU	(มก./ล.)				(มก./ล.)				(มก./ล.)			
	pH	Temp.	Color	Turbid.	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS
1	7.4	25.0	0.7	12.6	25.9	84.7	23.9	31.0	30.3	67.1	22.5	29.8	4.4	17.6	1.4	1.2
2	7.9	24.5	2.0	88.8	17.5	86.6	8.4	89.3	16.5	91.5	7.2	123.2	1.0	4.9	1.2	34.0
3	7.1	25.0	1.2	29.9	15.7	59.2	13.8	35.0	17.9	59.0	11.5	55.3	2.2	0.2	2.3	20.3
4	7.3	25.0	1.2	31.5	12.9	76.8	13.0	36.5	16.9	58.4	10.6	57.4	4.0	18.4	2.4	20.9
5	6.7	25.0	1.0	13.6	11.4	55.3	11.2	18.5	14.2	44.1	9.9	33.1	2.8	11.2	1.3	14.6
6	6.8	25.5	0.9	14.8	6.6	55.3	9.4	16.0	11.8	39.6	8.9	22.0	5.2	15.7	0.5	6.0
7	6.8	25.0	1.1	21.3	4.7	45.5	8.1	18.5	10.1	40.8	8.0	20.8	5.4	4.7	0.1	2.3
8	7.2	31.0	0.8	11.1	13.7	50.9	11.8	24.5	20.6	67.9	12.6	29.1	7.0	17.0	0.8	4.6
9	7.4	31.5	1.3	40.3	11.3	68.4	3.9	42.3	9.3	59.9	4.9	48.0	2.0	8.5	1.0	5.7
10	7.2	32.0	1.2	24.5	10.3	68.4	4.1	29.6	8.5	57.5	5.2	26.2	1.8	10.9	1.1	3.4
11	6.5	31.0	1.0	9.8	7.8	31.5	4.2	14.0	7.1	49.1	4.9	6.8	0.7	17.6	0.7	7.2
12	6.5	31.0	1.1	9.0	5.2	56.7	2.9	11.8	6.2	45.9	4.3	6.1	1.0	10.8	1.4	5.7
13	6.6	30.0	1.0	12.9	5.9	33.4	3.5	16.5	6.6	46.0	4.4	8.5	0.7	12.6	0.9	8.0
14	8.7	32.5	0.8	14.6	39.7	83.9	20.5	28.0	36.9	79.3	20.6	48.6	2.8	4.6	0.1	20.6
15	8.7	32.5	0.8	17.2	22.9	80.0	14.3	32.5	22.5	62.0	12.5	39.0	0.4	18.0	1.8	6.5
16	7.6	32.5	1.2	28.9	9.0	60.6	1.5	40.0	6.4	38.7	2.0	64.0	2.6	21.9	0.5	24.0
17	7.0	32.0	0.9	6.5	5.6	48.9	0.3	10.5	5.5	41.0	3.8	4.0	0.1	7.9	3.5	6.5
18	6.9	32.0	1.0	7.7	4.5	37.3	0.5	10.0	5.5	40.9	3.8	4.0	1.0	3.6	3.3	6.0
19	6.9	31.5	1.0	10.0	5.6	45.1	0.7	15.2	4.7	30.2	1.9	36.7	0.9	14.9	1.2	21.5
Min.	6.5	24.5	0.7	6.5	4.5	31.5	0.3	10.0	4.7	30.2	1.9	4.0	0.1	0.2	0.1	1.2
Max.	8.7	32.5	2.0	88.8	39.7	86.6	23.9	89.3	36.9	91.5	22.5	123.2	7.0	21.9	3.5	34.0
Avg.	7.2	29.2	1.1	21.3	12.4	59.4	8.2	27.4	13.6	53.6	8.4	34.9	2.4	11.6	1.3	11.5
SD.	0.6	3.3	0.3	18.8	9.0	17.4	6.8	18.2	9.0	15.5	5.7	28.6	1.9	6.2	1.0	9.2

ตาราง ค-9 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ใน น้ำที่จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยใช้สมการมาตรฐาน

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ								ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ				ค่าความคลาดเคลื่อน			
	°C		SU	NTU	(มก./ล.)				(มก./ล.)				(มก./ล.)			
	pH	Temp.	Color	Turbid.	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS
1	6.2	28.0	0.5	2.6	1.1	11.5	6.8	4.0	10.0	16.8	0.8	22.7	8.9	5.3	6.0	18.7
2	7.4	28.0	0.9	5.4	1.3	18.9	12.1	8.0	20.0	33.6	1.5	45.3	18.7	14.7	10.6	37.3
3	8.3	28.0	2.3	8.4	1.6	26.3	19.3	12.5	30.1	50.5	2.3	68.2	28.5	24.2	17.0	55.7
4	8.8	28.0	1.7	11.7	1.7	44.8	26.4	16.0	37.8	63.4	2.8	85.6	36.1	18.6	23.6	69.6
5	8.9	28.0	2.1	15.0	1.9	52.2	33.5	17.0	47.6	79.8	3.6	107.7	45.7	27.6	29.9	90.7
6	9.0	28.0	2.4	18.2	2.5	65.2	39.1	19.5	53.8	90.3	4.0	121.8	51.3	25.1	35.1	102.3
7	8.9	28.0	2.9	21.6	2.6	67.0	46.6	22.0	62.8	105.3	4.7	142.1	60.2	38.3	41.9	120.1
8	9.0	28.0	3.2	25.4	3.5	81.9	52.6	33.0	70.3	117.9	5.3	159.2	66.8	36.0	47.3	126.2
9	6.6	27.0	0.7	8.7	0.7	15.3	7.1	10.5	16.5	29.7	1.0	25.3	15.8	14.4	6.1	14.8
10	7.2	27.0	1.2	13.3	0.9	34.0	10.6	21.0	25.1	45.5	1.5	37.5	24.2	11.5	9.1	16.5
11	7.8	27.0	1.4	19.1	1.0	45.3	14.4	26.0	33.1	59.8	2.0	50.1	32.1	14.5	12.4	24.1
12	8.3	27.0	1.7	23.2	1.2	56.5	17.6	39.0	43.5	80.6	2.3	54.7	42.4	24.1	15.3	15.7
13	8.8	27.0	2.6	38.7	1.2	86.4	29.1	73.0	66.4	129.6	2.8	44.4	65.2	43.2	26.3	28.6
14	9.1	27.0	2.9	45.5	1.4	95.7	32.6	81.0	76.6	149.6	3.2	51.2	75.2	53.9	29.4	29.8
15	9.2	27.0	3.3	50.5	4.3	116.3	37.0	84.0	86.7	169.4	3.6	58.0	82.5	53.1	33.4	26.0
16	9.2	27.0	3.7	60.6	4.4	131.3	40.0	110.0	101.5	198.2	4.2	67.8	97.1	66.9	35.8	42.2
Min.	6.2	27.0	0.5	2.6	0.7	11.5	6.8	4.0	10.0	16.8	0.8	22.7	8.9	5.3	6.0	14.8
Max.	9.2	28.0	3.7	60.6	4.4	131.3	52.6	110.0	101.5	198.2	5.3	159.2	97.1	66.9	47.3	126.2
Avg.	8.3	27.5	2.1	23.0	2.0	59.3	26.5	36.0	48.9	88.8	2.9	71.4	46.9	29.5	23.7	51.1
SD.	1.0	0.5	1.0	17.1	1.2	35.7	14.5	32.4	26.7	52.7	1.3	41.0	25.7	17.6	13.1	38.6

ตาราง ค-10 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ								ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ				ค่าความคลาดเคลื่อน			
		°C	SU	NTU	(มก./ล.)				(มก./ล.)				(มก./ล.)			
	pH	Temp.	Color	Turbit.	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS
1	6.8	27.0	0.9	19.6	0.2	39.6	4.8	32.0	1.0	29.4	9.2	24.1	0.8	10.2	4.4	7.9
2	7.5	27.0	1.2	24.7	0.5	43.4	6.7	39.5	1.3	37.6	11.7	30.9	0.8	5.8	5.0	8.6
3	7.9	27.0	1.3	29.8	0.6	58.3	7.4	48.0	1.5	44.8	14.0	36.9	0.9	13.5	6.6	11.1
4	8.4	27.0	1.6	34.7	0.6	65.8	9.0	57.0	1.8	52.3	16.3	43.0	1.2	13.5	7.4	14.0
5	8.6	27.0	1.7	40.7	0.7	77.0	10.5	66.3	2.1	59.6	18.6	49.1	1.4	17.4	8.1	17.2
6	8.7	27.0	2.1	52.8	1.2	103.2	13.2	82.0	2.6	74.2	23.1	61.0	1.4	29.0	9.9	21.0
7	8.8	27.0	2.3	64.3	1.3	118.2	15.5	101.0	3.3	88.1	27.2	73.3	2.0	30.1	11.7	27.7
8	8.9	27.0	2.8	83.7	1.4	131.3	19.8	133.0	4.5	123.7	38.3	102.7	3.1	7.6	18.5	30.3
Min.	6.8	27.0	0.9	19.6	0.2	39.6	4.8	32.0	1.0	29.4	9.2	24.1	0.8	5.8	4.4	7.9
Max.	8.9	27.0	2.8	83.7	1.4	131.3	19.8	133.0	4.5	123.7	38.3	102.7	3.1	30.1	18.5	30.3
Avg.	8.2	27.0	1.7	43.8	0.8	79.6	10.9	69.8	2.3	63.7	19.8	52.6	1.5	15.9	8.9	17.2
SD.	0.7	0.0	0.6	21.8	0.4	34.4	5.0	34.0	1.2	30.9	9.5	25.8	0.8	9.2	4.5	8.5

ตาราง ค-11 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลโดยใช้สมการมาตรฐาน

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ								ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ				ค่าความคลาดเคลื่อน			
		°C	SU	NTU	(มก./ล.)				(มก./ล.)				(มก./ล.)			
	pH	Temp.	Color	Turbid.	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS
1	7.7	30.0	0.8	-	8.8	35.2	6.4	3.8	9.5	24.9	1.4	3.9	0.7	10.3	5.0	0.2
2	7.4	31.5	0.9	-	13.9	77.4	9.2	22.3	11.2	32.1	0.8	10.1	2.7	45.3	8.4	12.2
3	7.6	26.0	0.2	2.4	4.8	26.0	45.0	9.5	10.3	29.5	0.7	9.3	5.5	3.5	44.3	0.2
4	7.7	28.0	1.4	9.2	54.6	154.0	4.5	31.3	28.4	81.3	1.9	25.6	26.2	72.7	2.6	5.7
5	7.5	26.0	1.5	1.6	1.2	18.0	1.3	2.4	7.1	18.7	1.0	3.1	5.9	0.7	0.3	0.7
6	6.8	29.0	0.6	4.2	10.4	78.5	9.5	20.0	24.5	70.3	1.7	22.2	14.1	8.2	7.8	2.2
7	7.3	28.0	0.4	4.9	7.3	56.1	4.4	3.6	12.2	32.1	1.8	5.1	4.9	24.0	2.6	1.5
8	7.5	27.0	0.2	2.9	3.9	39.3	67.9	9.4	14.1	40.4	1.0	12.7	10.2	1.1	66.9	3.3
9	7.7	29.0	1.4	10.8	45.6	127.2	3.9	26.2	28.6	82.0	1.9	25.9	17.0	45.2	2.0	0.3
10	7.6	29.0	1.3	11.3	43.2	130.9	5.3	29.3	29.5	84.6	2.0	26.7	13.7	46.3	3.3	2.6
11	7.4	26.0	0.1	2.2	2.9	37.4	38.9	1.9	11.2	32.2	0.8	10.1	8.3	5.2	38.1	8.2
12	7.3	27.0	0.3	1.5	0.4	29.9	21.4	1.1	20.7	54.4	3.1	8.5	20.3	24.5	18.3	7.4
Min.	6.8	26.0	0.1	1.5	0.4	18.0	1.3	1.1	7.1	18.7	0.7	3.1	0.7	0.7	0.3	0.2
Max.	7.7	31.5	1.5	11.3	54.6	154.0	67.9	31.3	29.5	84.6	3.1	26.7	26.2	72.7	66.9	12.2
Avg.	7.5	28.0	0.7	5.1	16.4	67.5	18.1	13.4	17.3	48.5	1.5	13.6	10.8	23.9	16.6	3.7
SD.	0.2	1.7	0.5	3.9	19.5	46.5	21.2	11.6	8.5	24.7	0.7	9.0	7.7	23.4	21.5	3.9

หมายเหตุ – คือ เกิดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์

ตาราง ก-12 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ								ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ				ค่าความคลาดเคลื่อน			
		°C	SU	NTU	(มก./ล.)				(มก./ล.)				(มก./ล.)			
	pH	Temp.	Color	Turbid.	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS	BOD ₅	COD	NO ₃ -N	SS
1	7.8	28.0	0.1	1.8	5.0	40.0	17.4	4.4	3.0	25.7	13.9	3.3	2.0	14.3	3.5	1.1
2	7.8	28.0	0.2	6.3	35.4	130.1	3.6	22.2	32.1	158.0	44.5	36.8	3.3	27.9	40.9	14.7
3	7.7	28.0	1.3	7.4	32.9	130.1	3.4	27.3	34.6	151.5	24.7	36.8	1.7	21.4	21.3	9.6
4	7.2	26.0	1.3	2.8	0.3	31.0	26.8	3.2	4.4	30.7	25.5	5.6	4.1	0.3	1.3	2.4
5	7.4	26.0	0.3	1.5	1.1	40.0	37.9	7.7	3.1	31.3	39.9	6.2	2.0	8.7	2.0	1.5
6	7.8	27.0	0.2	1.9	2.7	34.6	4.7	10.9	2.5	23.4	4.8	2.1	0.2	11.2	0.1	8.8
7	7.2	30.5	0.7	4.3	22.0	82.3	8.5	15.0	19.9	128.0	9.3	29.1	2.1	45.7	0.8	14.1
8	7.3	29.0	0.3	2.0	5.0	41.1	0.4	5.6	3.8	25.0	1.6	3.5	1.2	16.1	1.2	2.1
9	7.8	28.0	0.2	1.6	1.5	33.7	12.2	3.5	2.4	23.1	10.7	2.9	0.9	10.6	1.5	0.6
10	7.3	30.0	1.3	9.3	57.6	115.9	5.2	27.3	33.5	124.8	3.6	22.8	24.1	8.9	1.6	4.5
11	7.4	26.5	0.3	2.2	0.8	26.2	11.0	2.0	3.2	30.0	11.5	3.8	2.4	3.8	0.5	1.8
12	7.6	26.0	0.2	2.2	0.8	26.2	34.2	6.1	2.8	30.3	29.1	4.8	2.0	4.1	5.1	1.3
13	7.2	30.5	0.7	4.3	22.9	103.9	9.9	15.0	20.8	124.4	9.5	28.2	2.1	20.5	0.4	13.2
14	7.3	29.0	0.3	2.0	5.4	38.5	1.1	5.6	3.8	25.4	1.6	3.6	1.6	13.1	0.5	2.0
15	7.8	28.0	0.2	1.6	0.9	30.8	13.5	3.5	2.2	21.9	10.9	2.7	1.3	8.9	2.6	0.8
16	7.7	29.0	1.3	8.6	49.8	132.8	7.8	28.7	3.6	130.6	4.2	26.3	46.2	2.2	3.6	2.4
17	7.3	30.0	1.3	9.3	40.5	134.7	6.6	27.3	33.2	122.0	3.4	22.4	7.3	12.7	3.2	4.9
18	7.4	26.5	0.3	2.2	1.0	28.9	13.0	2.0	3.4	31.3	11.3	4.0	2.4	2.4	1.7	2.0
19	7.6	26.0	0.2	2.2	1.0	34.6	32.4	6.1	2.1	28.2	30.4	4.3	1.1	6.4	2.0	1.8
Min.	7.2	26.0	0.1	1.5	0.3	26.2	0.4	2.0	2.1	21.9	1.6	2.1	0.2	0.3	0.1	0.6
Max.	7.8	30.5	1.3	9.3	57.6	134.7	37.9	28.7	34.6	158.0	44.5	36.8	46.2	45.7	40.9	14.7
Avg.	7.5	28.0	0.6	3.9	15.1	65.0	13.1	11.8	11.3	66.6	15.3	13.1	5.7	12.6	4.9	4.7
SD.	0.2	1.6	0.5	2.8	19.1	43.7	11.5	9.8	12.9	53.7	13.1	12.9	11.1	10.8	9.9	4.8

ตาราง ก-13 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ใน น้ำทิ้งชุมชน โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ (มก./ล.)			ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ (มก./ล.)			% ค่าความคลาด เคลื่อน			ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		
	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS
1	32.1	68.0	43.5	31.5	54.3	24.2	1.9	20.1	44.4	0.6	13.7	19.3
2	22.2	50.5	54.5	33.1	57.1	25.4	49.0	13.1	53.4	10.9	6.6	29.1
3	11.7	77.7	117.0	40.5	69.9	31.1	246.7	10.0	73.4	28.8	7.8	85.9
4	12.7	50.5	31.0	27.4	47.3	21.1	115.4	6.3	31.9	14.7	3.2	9.9
5	11.1	44.7	12.5	22.1	38.2	17.0	99.8	14.5	36.0	11.0	6.5	4.5
6	8.2	36.9	13.0	21.5	37.1	16.5	163.8	0.5	26.9	13.4	0.2	3.5
7	4.2	40.8	23.0	31.5	54.3	24.2	655.4	33.2	5.2	27.3	13.5	1.2
8	22.3	46.3	22.5	38.8	66.9	29.8	74.0	44.5	32.4	16.5	20.6	7.3
9	11.0	68.5	97.0	49.2	84.9	37.9	348.5	23.9	60.9	38.2	16.4	59.1
10	12.2	50.0	28.5	28.3	48.8	21.8	131.2	2.4	23.5	16.1	1.2	6.7
11	15.8	44.5	12.5	22.8	39.4	17.6	44.4	11.4	40.8	7.0	5.1	5.1
12	10.0	33.3	7.5	20.0	34.6	15.4	99.4	3.8	105.3	10.0	1.3	7.9
13	6.1	35.2	19.0	26.4	45.6	20.3	330.0	29.6	6.8	20.3	10.4	1.3
14	43.1	84.7	31.0	32.2	55.6	24.7	25.3	34.3	20.3	10.9	29.1	6.3
15	17.5	86.6	89.3	54.2	93.6	41.7	209.9	8.0	53.3	36.7	7.0	47.6
16	15.7	59.2	35.0	38.7	66.7	29.7	145.9	12.7	15.1	23.0	7.5	5.3
17	12.9	76.8	36.5	37.8	65.2	29.0	192.8	15.1	20.5	24.9	11.6	7.5
18	11.4	55.3	18.5	30.6	52.8	23.5	168.2	4.5	27.0	19.2	2.5	5.0
19	6.6	55.3	16.0	29.2	50.4	22.4	339.8	8.8	40.0	22.6	4.9	6.4
20	4.7	45.5	18.5	30.3	52.3	23.3	546.1	15.0	25.9	25.6	6.8	4.8
21	13.7	50.9	24.5	35.2	60.7	27.0	157.9	19.3	10.2	21.6	9.8	2.5
22	11.3	68.4	42.3	31.5	54.3	24.2	179.0	20.6	42.8	20.2	14.1	18.1
23	10.3	68.4	29.6	26.6	45.8	20.4	158.3	33.0	31.0	16.3	22.6	9.2
24	7.8	31.5	14.0	21.7	37.4	16.7	177.5	18.9	19.3	13.9	5.9	2.7
25	5.2	56.7	11.8	20.1	34.7	15.4	288.0	38.8	31.1	14.9	22.0	3.7
26	5.9	33.4	16.5	21.5	37.0	16.5	262.0	10.8	0.0	15.6	3.6	0.0
27	39.7	83.9	28.0	35.1	60.6	27.0	11.7	27.8	3.6	4.6	23.3	1.0
28	22.9	80.0	32.5	37.6	64.9	28.9	64.0	18.9	11.1	14.7	15.1	3.6
29	9.0	60.6	40.0	29.5	50.9	22.7	227.0	16.0	43.2	20.5	9.7	17.3

ตาราง ค-13 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำทิ้งชุมชน โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ (มก./ล.)			ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ (มก./ล.)			% ค่าความคลาดเคลื่อน			ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		
	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS
30	5.6	48.9	10.5	18.9	32.5	14.5	240.2	33.6	38.1	13.3	16.4	4.0
31	4.5	37.3	10.0	18.8	32.4	14.4	316.7	13.1	44.0	14.3	4.9	4.4
32	5.6	45.1	15.2	19.7	34.0	15.2	254.7	24.5	0.3	14.1	11.1	0.0
Min.	4.2	31.5	7.5	18.8	32.4	14.4	1.9	0.5	0.0	0.6	0.2	0.0
Max.	43.1	86.6	117.0	54.2	93.6	41.7	655.4	44.5	105.3	38.2	29.1	85.9
Avg.	13.5	55.5	31.3	30.1	51.9	23.1	197.6	18.3	31.8	17.5	10.4	12.2
SD.	9.7	16.5	25.7	8.7	15.0	6.7	144.4	11.3	22.4	8.2	7.3	18.8

ตาราง ค-14 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ (มก./ล.)			ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ (มก./ล.)			% ค่าความคลาดเคลื่อน			ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		
	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS
1	1.1	11.5	4.0	13.0	22.4	10.0	1115.0	95.1	150.0	11.9	10.9	6.0
2	1.3	18.9	8.0	26.2	45.3	20.1	1855.2	139.8	151.3	24.9	26.4	12.1
3	1.6	26.3	12.5	39.5	68.2	30.4	2338.3	159.3	143.2	37.9	41.9	17.9
4	1.7	44.8	16.0	38.2	65.9	29.4	2108.1	47.0	83.8	36.5	21.1	13.4
5	1.9	52.2	17.0	48.3	83.3	37.1	2455.6	59.5	118.2	46.4	31.1	20.1
6	2.5	65.2	19.5	42.9	74.0	33.0	1589.0	13.5	69.2	40.4	8.8	13.5
7	2.6	67.0	22.0	50.3	86.9	38.7	1805.3	29.6	75.9	47.7	19.9	16.7
8	3.5	81.9	33.0	57.0	98.5	43.9	1528.6	20.3	33.0	53.5	16.6	10.9
9	0.7	15.3	10.5	19.5	33.7	15.0	2646.5	119.8	42.9	18.8	18.4	4.5
10	0.9	34.0	21.0	29.6	51.1	22.8	3188.9	50.2	8.6	28.7	17.1	1.8
11	1.0	45.3	26.0	39.4	68.0	30.3	3840.0	50.3	16.5	38.4	22.7	4.3
12	1.2	56.5	39.0	40.9	70.5	31.4	3456.5	24.8	19.5	39.8	14.0	7.6

ตาราง ค-14 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ (มก./ล.)			ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ (มก./ล.)			% ค่าความคลาดเคลื่อน			ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		
	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS
13	1.2	86.4	73.0	55.3	95.5	42.5	4395.9	10.5	41.8	54.1	9.1	30.5
14	1.4	95.7	81.0	64.0	110.5	49.2	4537.7	15.4	39.3	62.6	14.8	31.8
15	4.3	116.3	84.0	74.2	128.2	57.1	1645.9	10.2	32.0	70.0	11.9	26.9
16	4.4	131.3	110.0	86.4	149.1	66.5	1845.9	13.6	39.5	82.0	17.8	43.5
17	0.2	39.6	32.0	24.9	43.0	19.2	10275.0	8.5	40.0	24.7	3.4	12.8
18	0.5	43.4	39.5	31.4	54.3	24.2	6308.2	25.2	38.7	30.9	10.9	15.3
19	0.6	58.3	48.0	38.0	65.5	29.2	6233.3	12.3	39.2	37.4	7.2	18.8
20	0.6	65.8	57.0	44.6	76.5	34.3	7211.5	16.2	39.8	44.0	10.7	22.7
21	0.7	77.0	66.3	51.7	89.2	39.8	7616.4	15.8	39.9	51.0	12.2	26.5
22	1.2	103.2	82.0	58.8	101.5	45.2	4680.5	1.7	44.9	57.6	1.7	36.8
23	1.3	118.2	101.0	71.1	122.8	54.7	5411.6	3.9	45.8	69.8	4.6	46.3
24	1.4	131.3	133.0	94.7	163.5	72.9	6863.2	24.6	45.2	93.3	32.2	60.1
Min.	0.2	11.5	4.0	13.0	22.4	10.0	1115.0	1.7	8.6	11.9	1.7	1.8
Max.	4.4	131.3	133.0	94.7	163.5	72.9	10275.0	159.3	151.3	93.3	41.9	60.1
Avg.	1.6	66.1	47.3	47.5	82.0	36.5	3956.3	40.3	58.3	45.9	16.1	20.9
SD.	1.1	35.9	14.2	36.1	20.3	35.1	15.6	2427.4	44.2	41.4	19.7	9.7

ตาราง ค-15 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลโดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ (มก./ล.)			ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ (มก./ล.)			% ค่าความคลาดเคลื่อน			ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		
	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS
1	8.8	35.2	3.8	27.1	46.7	20.8	208.7	32.6	454.7	18.3	11.5	17.1
2	13.9	77.4	22.3	25.1	43.4	19.3	80.2	43.9	13.6	11.2	34.0	3.0
3	4.8	26.0	9.5	13.1	22.7	10.1	170.7	12.7	6.3	8.3	3.3	0.6
4	54.6	154.0	31.3	30.9	63.3	23.7	43.4	58.9	24.4	23.7	90.7	7.6
5	1.2	18.0	2.4	13.3	23.0	10.2	1027.1	27.8	325.0	12.1	5.0	7.8
6	10.4	78.5	20.0	30.6	52.7	23.5	193.7	32.9	17.5	20.2	25.8	3.5
7	7.3	56.1	3.6	23.2	40.0	17.8	219.6	28.7	394.4	15.9	16.1	14.2
8	3.9	39.3	9.4	16.6	28.7	12.8	323.2	26.9	35.7	12.7	10.6	3.4
9	45.6	127.2	26.2	31.9	55.1	24.5	30.1	56.7	6.6	13.7	72.1	1.7
10	43.2	130.9	29.3	33.1	57.1	25.4	23.3	56.4	13.4	10.1	73.8	3.9
11	2.9	37.4	1.9	14.4	24.8	11.0	391.8	33.7	478.9	11.5	12.6	9.1
12	0.4	29.9	1.1	24.6	42.5	18.9	6050.0	42.0	1644.6	24.2	12.6	17.8
13	5.0	40.0	4.4	18.8	32.5	14.5	274.5	18.8	230.3	13.8	7.5	10.1
14	35.4	130.1	22.2	25.5	44.1	19.6	27.9	66.1	11.5	9.9	86.0	2.6
15	32.9	130.1	27.3	26.6	46.0	20.5	19.1	64.6	24.8	6.3	84.1	6.8
16	0.3	31.0	3.2	30.1	52.0	23.1	9021.2	67.8	624.7	29.8	21.0	19.9
17	1.1	40.0	7.7	12.2	21.0	9.3	970.2	47.5	20.6	11.1	19.0	1.6
18	2.7	34.6	10.9	16.5	28.5	12.7	502.2	17.6	16.8	13.8	6.1	1.8
19	22.0	82.3	15.0	32.3	55.7	24.8	47.0	32.3	65.3	10.3	26.6	9.8
20	5.0	41.1	5.6	13.7	23.6	10.5	176.8	42.6	86.7	8.8	17.5	4.9
21	1.5	33.7	3.5	23.6	40.7	18.1	1452.6	20.9	417.1	22.1	7.0	14.6
22	57.6	115.9	27.3	43.6	75.2	33.5	24.3	35.1	22.9	14.0	40.7	6.3
23	0.8	26.2	2.0	27.8	47.9	21.3	3209.5	83.0	965.0	27.0	21.7	19.3
24	0.8	26.2	6.1	30.0	51.8	23.0	3697.5	97.9	274.0	29.2	25.6	16.9
25	22.9	103.9	15.0	32.4	55.9	24.9	41.2	46.2	66.0	9.5	48.0	9.9
26	5.4	38.5	5.6	13.4	23.1	10.3	149.1	40.0	83.1	8.0	15.4	4.7

ตาราง ก-15 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ และผลจากเครื่องตรวจวัดฯ ในน้ำทิ้งจาก
โรงงานแปรรูปอาหารทะเล โดยใช้สมการที่ปรับเทียบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศ
(ต่อ)

ลำดับ	ผลจากห้องปฏิบัติการ (มก./ล.)			ผลจากเครื่องตรวจวัดฯ (มก./ล.)			% ค่าความคลาด เคลื่อน			ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		
	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS	BOD ₅	COD	SS
27	0.9	30.8	3.5	23.9	41.2	18.4	2443.8	33.8	425.7	23.0	10.4	14.9
28	49.8	132.8	28.7	46.3	79.9	35.6	7.0	39.8	24.2	3.5	52.9	6.9
29	40.5	134.7	27.3	42.1	72.7	32.4	4.0	46.0	18.9	1.6	62.0	5.2
30	1.0	28.9	2.0	27.4	47.2	21.0	2534.6	63.5	950.0	26.4	18.3	19.0
31	1.0	34.6	6.1	29.6	51.1	22.7	2899.4	47.6	269.1	28.6	16.5	16.6
Min.	0.3	18.0	1.1	12.2	21.0	9.3	4.0	12.7	6.3	1.6	3.3	0.6
Max.	57.6	154.0	31.3	46.3	79.9	35.6	9021.2	97.9	1644.6	29.8	90.7	19.9
Avg.	15.6	66.0	12.4	25.8	44.8	19.8	1169.8	44.0	258.4	15.4	30.8	9.1
SD.	18.9	44.0	10.4	9.1	15.9	7.0	2043.4	19.3	371.5	7.9	26.6	6.2

ตาราง ก-16 ผลการคำนวณค่าซีไอดีที่ความยาวคลื่น E254 และ E260 นาโนเมตร ในน้ำทิ้งชุมชน

ลำดับ	FCOD (มก./ล.) (A)	E254	E260	FCOD:E254 (มก./ล.) (B)	FCOD:E260 (มก./ล.) (C)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		% ค่าความคลาด เคลื่อน	
						(A-B)	(A-C)	(A-B)	(A-C)
						1	15.5	0.0137	0.0133
2	17.5	0.0140	0.0132	15.4	15.0	2.1	2.4	12.0	14.0
3	15.5	0.0155	0.0150	16.4	16.3	0.9	0.8	5.6	5.1
4	25.9	0.0291	0.0299	25.8	27.1	0.2	1.1	0.6	4.4
5	24.1	0.0302	0.0293	26.5	26.6	2.4	2.6	10.2	10.6
6	29.8	0.0321	0.0311	27.8	27.9	2.0	1.9	6.6	6.2
7	43.5	0.0552	0.0525	43.7	43.4	0.2	0.1	0.5	0.3
8	43.5	0.0525	0.0508	41.9	42.1	1.7	1.4	3.8	3.2
9	25.6	0.0350	0.0330	29.8	29.3	4.2	3.7	16.4	14.3
10	33.4	0.0380	0.0360	31.9	31.5	1.5	1.9	4.5	5.8
Min.	15.5	0.0137	0.0132	15.2	15.0	0.2	0.1	0.5	0.3
Max.	43.5	0.0552	0.0525	46.5	47.5	50.5	51.5	54.5	55.5
Avg.	27.4	0.0315	0.0304	27.4	27.4	1.5	1.6	6.2	6.7
SD.	10.3	0.0147	0.0140	10.1	10.1	1.2	1.1	5.2	4.8

หมายเหตุ:

FCOD คือ ผลการวิเคราะห์ค่าซีไอดีในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร

E254 และ E260 คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงวัดที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร ของตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร

FCOD: E254 คือ ผลจากการคำนวณ $y=687.56x+5.76 R^2=0.96$

FCOD: E260 คือ ผลจากการคำนวณ $y=720.78x+5.52 R^2=0.96$

ค่าความคลาดเคลื่อน คือ ผลต่างของการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการกับผลการคำนวณ

% ค่าความคลาดเคลื่อน คือ ร้อยละของผลต่างของการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการกับผลการคำนวณ

ตาราง ก-17 ผลการคำนวณค่าซีไอดีที่ความยาวคลื่น E254 และ E260 นาโนเมตรในน้ำทิ้งจากโรงงาน
สกัดน้ำมันปาล์ม

ลำดับ	FCOD (มก./ล.) (A)	E254	E260	FCOD:E254 (มก./ล.) (B)	FCOD:E260 (มก./ล.) (C)	ค่าความคลาด เคลื่อน (มก./ล.)		% ค่าความคลาด เคลื่อน	
						(A-B)	(A-C)	(A-B)	(A-C)
1	17.0	0.0571	0.0564	22.8	23.2	5.8	6.1	33.9	36.1
2	24.5	0.0724	0.0696	29.0	28.8	4.4	4.4	18.0	18.0
3	33.7	0.0956	0.0919	38.4	38.4	4.7	4.7	13.9	13.9
4	48.5	0.1238	0.1190	49.8	50.0	1.5	1.5	3.1	3.1
5	55.9	0.1415	0.1356	57.0	57.1	1.2	1.2	2.1	2.1
6	42.3	0.0907	0.0870	36.4	36.3	6.0	6.0	14.1	14.1
7	51.8	0.1113	0.1074	44.8	45.0	6.7	6.7	13.0	13.0
8	51.8	0.1274	0.1213	51.3	51.0	0.8	0.8	1.5	1.5
9	53.7	0.1432	0.1365	57.7	57.5	3.8	3.8	7.1	7.1
10	21.3	0.0492	0.0481	19.6	19.6	1.7	1.7	7.9	7.9
11	23.2	0.0549	0.0535	21.9	21.9	1.3	1.3	5.6	5.6
12	27.0	0.0619	0.0599	24.8	24.7	2.4	2.4	8.7	8.7
13	36.2	0.0733	0.0718	29.4	29.8	6.4	6.4	17.7	17.7
14	13.3	0.0436	0.0416	17.4	16.8	3.5	3.5	26.4	26.4
Min	13.3	0.0436	0.0416	17.4	16.8	0.8	0.8	1.5	1.5
Max	55.9	0.1432	0.1365	57.7	57.5	6.7	6.7	33.9	36.1
Avg.	35.7	0.0890	0.0857	35.7	35.7	3.6	3.6	12.7	12.5
SD.	14.9	0.0351	0.0332	14.2	14.2	2.1	2.2	9.4	9.8

หมายเหตุ:

ตามหมายเหตุจาก ตาราง ก-16

FCOD: E254 คือ ผลจากการคำนวณ $y=404.89x-0.30 R^2=0.91$

FCOD: E260 คือ ผลจากการคำนวณ $y=428.61x-0.99 R^2=0.92$

ตาราง ค-18 ผลการคำนวณค่าซีไอดีที่ความยาวคลื่น E254 และ E260 นาโนเมตรในน้ำทิ้งจากโรงงาน
แปรรูปอาหารทะเล

ลำดับ	FCOD (มก./ล.) (A)	E254	E260	FCOD:E254 (มก./ล.) (B)	FCOD:E260 (มก./ล.) (C)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		% ค่าความคลาด เคลื่อน	
						(A-B)	(A-C)	(A-B)	(A-C)
1	108.0	0.035	0.033	86.6	95.6	12.4	12.4	11.5	11.5
2	56.1	0.022	0.020	47.7	53.0	3.1	3.1	5.5	5.5
3	86.0	0.035	0.031	86.6	89.0	3.0	3.0	3.5	3.5
4	117.8	0.038	0.035	95.6	102.1	15.7	15.7	13.3	13.3
5	76.0	0.028	0.026	65.7	72.7	3.4	3.4	4.5	4.5
6	31.0	0.018	0.017	43.6	43.2	12.6	12.2	40.6	39.3
7	97.7	0.032	0.030	77.6	85.8	11.9	11.9	12.2	12.2
8	97.7	0.033	0.030	80.6	85.8	11.9	11.9	12.2	12.2
9	59.8	0.024	0.023	53.7	62.8	3.0	3.0	5.0	5.0
10	41.8	0.014	0.013	23.8	30.1	11.7	11.7	28.1	28.1
11	90.5	0.035	0.032	86.6	92.3	1.8	1.8	2.0	2.0
12	83.3	0.036	0.034	89.6	98.9	15.6	15.6	18.7	18.7
13	23.8	0.012	0.012	17.8	26.8	3.0	3.0	12.7	12.7
14	29.2	0.012	0.011	17.8	23.5	5.7	5.7	19.4	19.4
15	66.7	0.029	0.027	68.7	75.9	9.3	9.3	13.9	13.9
16	91.9	0.038	0.035	95.6	102.1	10.2	10.2	11.1	11.1
17	23.4	0.012	0.011	17.8	23.5	0.1	0.1	0.4	0.4
Min	23.4	0.012	0.011	25.6	23.5	0.6	0.1	1.0	0.4
Max	117.8	0.038	0.035	103.4	102.1	14.4	15.7	40.6	39.3
Avg.	69.4	0.027	0.025	69.5	68.4	7.8	7.9	12.2	12.6
SD.	30.8	0.010	0.009	29.3	29.3	5.0	5.2	9.3	9.9

หมายเหตุ:

ตามหมายเหตุจาก ตาราง 16

FCOD: E254 คือ ผลจากการคำนวณ $y=2993.66x-10.32$, $R^2=0.83$

FCOD: E260 คือ ผลจากการคำนวณ $y=3275.30x-12.50$, $R^2=0.84$

ตาราง ค-19 ผลการคำนวณค่าไนเตรท-ไนโตรเจนที่ความยาวคลื่น E220 นาโนเมตรในน้ำทิ้งชุมชน

ลำดับ	NO ₃ ⁻ -N (มก./ล.) (A)	E220	NO ₃ ⁻ -N: E220 (มก./ล.) (B)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.) (A-B)	% ค่าความคลาดเคลื่อน (A-B)
1	14.6	0.1429	11.7	2.9	20.1
2	16.8	0.1912	13.8	3.0	18.1
3	9.8	0.1138	10.4	0.5	5.5
4	19.8	0.1982	14.1	5.7	28.8
5	17.1	0.3679	21.5	4.4	26.0
6	32.9	0.4924	27.0	5.9	18.0
7	13.8	0.2424	16.0	2.2	15.9
8	13.0	0.2229	15.2	2.2	17.1
9	11.8	0.2800	17.7	5.9	50.0
10	14.3	0.2800	17.7	3.4	23.7
Min	9.8	0.1138	10.4	0.5	5.5
Max	32.9	0.4924	27.0	5.9	50.0
Avg.	16.4	0.2532	16.5	3.6	22.3
SD	6.5	0.1112	4.9	1.8	11.6

หมายเหตุ:

NO₃⁻-N คือ ผลการวิเคราะห์ค่าไนเตรทไนโตรเจนในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร

E220 คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงวัดที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตรของตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร

NO₃⁻-N: E220 คือ ผลจากการคำนวณ $y=56.25x-0.18$, $R^2=0.82$

ตาราง ค-20 ผลการคำนวณค่าไนเตรท-ไนโตรเจนที่ความยาวคลื่น E220 นาโนเมตรในน้ำทิ้งจาก
โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ลำดับ	NO ₃ ⁻ -N (มก./ล.) (A)	E220	NO ₃ ⁻ -N: E220 (มก./ล.) (B)	ค่าความคลาดเคลื่อน(มก./ล.) (A-B)	% ค่าความคลาดเคลื่อน (A-B)
1	19.3	0.2952	28.92	9.64	50.00
2	26.4	0.3834	32.47	6.05	22.92
3	33.5	0.4836	36.51	2.97	8.87
4	39.1	0.5930	40.92	1.85	4.74
5	52.6	0.7513	47.30	5.27	10.02
6	28.3	0.4346	34.54	6.24	22.04
7	34.9	0.5306	38.41	3.51	10.05
8	40.8	0.6094	41.58	0.82	2.02
9	47.3	0.6890	44.79	2.51	5.30
10	29.1	0.2212	25.94	3.15	10.84
11	32.6	0.2472	26.98	5.64	17.28
12	37.0	0.2760	28.15	8.83	23.89
13	40.0	0.3357	30.55	9.49	23.70
14	19.8	0.1631	23.59	3.79	19.16
Min	19.3	0.1631	23.6	0.8	2.0
Max	52.6	0.7513	47.3	9.6	50.0
Avg.	34.3	0.4295	34.3	5.0	16.5
SD.	9.5	0.1847	7.4	2.8	12.3

หมายเหตุ:

NO₃⁻-N: E220 คือ ผลจากการคำนวณ $y=40.31x+17.02$, $R^2=0.61$

ตาราง ค-21 ผลการคำนวณค่าปริมาณสารแขวนลอยที่ความยาวคลื่น E500 และ E550 นาโนเมตร
ในน้ำทิ้งชุมชน

ลำดับ	SS (มก./ล.) (A)	E500	E550	SS:E500 (มก./ล.) (B)	SS:E550 (มก./ล.) (C)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		% ค่าความคลาด เคลื่อน	
						(A-B)	(A-C)	(A-B)	(A-C)
1	22.0	0.0171	0.0145	24.2	25.9	2.2	3.9	10.0	17.7
2	18.5	0.0111	0.0099	16.9	18.5	1.6	0.0	8.6	0.0
3	22.5	0.0128	0.0117	18.9	21.4	3.6	1.1	16.0	4.9
4	28.5	0.0194	0.0162	27.0	28.6	1.5	0.1	5.3	0.4
5	29.0	0.0153	0.0134	22.0	24.1	7.0	4.9	24.1	16.9
6	31.0	0.0175	0.0139	24.7	24.9	6.3	6.1	20.3	19.7
7	35.0	0.0258	0.0208	34.8	36.0	0.2	1.0	0.6	2.9
8	36.5	0.0272	0.0255	36.5	43.5	0.0	7.0	0.0	19.2
9	18.5	0.0150	0.0122	21.6	22.2	3.1	3.7	16.8	20.0
10	16.0	0.0146	0.0117	21.1	21.4	5.1	5.4	31.9	33.8
11	18.5	0.0150	0.0121	21.6	22.0	3.1	3.5	16.8	18.9
12	16.0	0.0120	0.0090	18.0	17.0	2.0	1.0	12.5	6.3
13	24.5	0.0190	0.0130	26.5	23.4	2.0	1.1	8.2	4.5
14	61.4	0.0470	0.0360	60.6	60.3	0.8	1.1	1.3	1.8
15	42.3	0.0320	0.0250	42.3	42.7	0.0	0.4	0.0	0.9
16	28.0	0.0220	0.0140	30.1	25.0	2.1	3.0	7.5	10.7
17	32.5	0.0250	0.0150	33.8	26.7	1.3	5.8	4.0	17.8
18	51.7	0.0400	0.0290	52.1	49.1	0.4	2.6	0.8	5.0
Min	16.0	0.0111	0.0090	16.9	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max	61.4	0.0470	0.0360	60.6	60.3	7.0	7.0	31.9	33.8
Avg.	29.6	0.0215	0.0168	29.6	29.6	2.4	2.9	10.3	11.2
SD.	12.4	0.0099	0.0074	12.0	11.9	2.1	2.3	9.2	9.6

หมายเหตุ:

SS คือ ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณสารแขวนลอยในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร (มก./ล.)

E500 และ E550 คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงวัดที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร

SS: E500 คือ ผลการคำนวณจากสมการ $y=1217.77x+3.35$, $R^2=0.96$

SS: E550 คือ ผลการคำนวณจากสมการ $y=1603.51x+2.60$, $R^2=0.96$

ตาราง ค-22 ผลการคำนวณค่าปริมาณสารแขวนลอยที่ความยาวคลื่น E500 และ E550 นาโนเมตรในน้ำ
 ที่ได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ลำดับ	SS	E500	E550	SS:E500	SS:E550	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.)		% ค่าความคลาดเคลื่อน	
	(มก./ล.)			(มก./ล.)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(A-B)	(A-C)	(A-B)
	(A)			(B)	(C)				
1	73.0	0.0236	0.0200	67.7	66.2	5.3	6.8	7.3	9.3
2	81.0	0.0259	0.0227	74.5	75.7	6.5	5.3	8.0	6.5
3	84.0	0.0294	0.0251	84.8	84.2	0.8	0.2	1.0	0.2
4	39.5	0.0143	0.0133	40.2	42.4	0.7	2.9	1.8	7.3
5	48.0	0.0179	0.0154	50.8	49.9	2.8	1.9	5.8	4.0
6	57.0	0.0206	0.0176	58.8	57.7	1.8	0.7	3.2	1.2
7	66.2	0.0240	0.0208	68.9	69.0	2.7	2.8	4.1	4.2
8	101.0	0.0359	0.0309	104.0	104.7	3.0	3.7	3.0	3.7
Min	39.5	0.0143	0.0133	40.2	42.4	0.7	0.2	1.0	0.2
Max	101.0	0.0359	0.0309	104.0	104.7	6.5	6.8	8.0	9.3
Avg.	68.7	0.0240	0.0207	68.7	68.7	3.0	3.0	4.3	4.6
SD.	20.3	0.0067	0.0056	19.9	19.9	2.0	2.2	2.6	3.1

หมายเหตุ:

SS: E500 คือ ผลการคำนวณจากสมการ $y=2955.25x-2.06$ $R^2=0.97$

SS: E550 คือ ผลการคำนวณจากสมการ $y=3540.57x-4.66$ $R^2=0.96$

ตาราง ค-23 ผลการคำนวณค่าปริมาณสารแขวนลอยที่ความยาวคลื่น E550 นาโนเมตรในน้ำทิ้งจาก
โรงงานแปรรูปอาหารทะเล

ลำดับ	SS (มก./ล.) (A)	E550	SS: E550 (มก./ล.) (B)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มก./ล.) (A-B)	% ค่าความคลาดเคลื่อน (A-B)
1	26.2	0.005	22.2	4.0	15.2
2	29.3	0.006	27.1	2.2	7.6
3	18.1	0.003	12.5	5.5	30.6
4	4.4	0.002	7.7	3.3	74.6
5	22.4	0.005	22.2	0.1	0.6
6	17.3	0.005	22.2	4.9	28.3
7	1.4	0.001	2.8	1.4	93.6
8	11.8	0.003	12.5	0.7	5.8
9	22.2	0.004	17.4	4.8	21.5
10	27.3	0.007	31.9	4.7	17.2
11	15.0	0.003	12.5	2.5	16.5
12	28.7	0.006	27.1	1.6	5.5
13	27.3	0.005	22.2	5.0	18.4
14	6.1	0.001	2.8	3.3	54.4
Min	1.4	0.0010	2.8	0.1	0.6
Max	29.3	0.0070	31.9	5.5	93.6
Avg.	18.4	0.0040	17.4	3.1	27.8
SD.	9.5	0.0019	9.1	1.8	27.6

หมายเหตุ:

SS: E550 คือ ผลการคำนวณจากสมการ $y=4662.00x-0.26$, $R^2=0.86$

ตาราง ก-24 ผลการคำนวณค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ E260 และ E550 นาโนเมตรในน้ำที่ชุมชน

ลำดับ	E550	E'260	E260	E'260-E260	*E260	(E260-*E260)	% (E260-*E260)
1	0.0081	0.0297	0.0133	0.0164	0.0054	0.0079	59.6
2	0.0068	0.0254	0.0132	0.0122	0.0041	0.0091	69.1
3	0.0063	0.0254	0.0150	0.0104	0.0052	0.0098	65.1
4	0.0422	0.2891	0.2222	0.0669	0.1859	0.0363	16.3
5	0.0413	0.2977	0.2260	0.0717	0.1966	0.0294	13.0
6	0.0631	0.5203	0.3621	0.1582	0.3688	0.0067	1.9
7	0.0099	0.0472	0.0299	0.0173	0.0187	0.0112	37.4
8	0.0117	0.0520	0.0293	0.0227	0.0194	0.0099	34.0
9	0.0463	0.3401	0.2554	0.0847	0.2275	0.0279	10.9
10	0.0387	0.3228	0.2577	0.0651	0.2277	0.0300	11.6
11	0.0674	0.4614	0.3123	0.1491	0.3000	0.0123	3.9
12	0.0134	0.0565	0.0311	0.0254	0.0199	0.0112	35.9
13	0.0139	0.0586	0.0308	0.0278	0.0209	0.0099	32.3
14	0.0520	0.2010	0.0754	0.1256	0.0752	0.0002	0.3
15	0.0208	0.0979	0.0525	0.0454	0.0442	0.0083	15.8
16	0.0255	0.1047	0.0508	0.0539	0.0401	0.0107	21.0
17	0.0090	0.0520	0.0330	0.0190	0.0256	0.0074	22.4
18	0.0130	0.0590	0.0330	0.0260	0.0233	0.0097	29.3
19	0.0840	0.4460	0.2550	0.1910	0.2462	0.0088	3.4
20	0.0430	0.3400	0.2570	0.0830	0.2350	0.0220	8.6
21	0.0370	0.3420	0.2630	0.0790	0.2509	0.0121	4.6
22	0.0460	0.3760	0.2490	0.1270	0.2641	0.0151	6.0
23	0.0140	0.0670	0.0330	0.0340	0.0290	0.0040	12.0
24	0.0150	0.0690	0.0360	0.0330	0.0287	0.0073	20.2
25	0.0280	0.1380	0.0770	0.0610	0.0677	0.0093	12.1
26	0.0290	0.1330	0.0650	0.0680	0.0604	0.0046	7.1
27	0.1020	0.5460	0.3120	0.2340	0.3046	0.0074	2.4
28	0.0340	0.3600	0.2990	0.0610	0.2758	0.0232	7.8
29	0.0330	0.3720	0.3010	0.0710	0.2901	0.0109	3.6

ตาราง ก-24 ผลการคำนวณค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ E260 และ E550 นาโนเมตรในน้ำทิ้งชุมชน (ต่อ)

ลำดับ	E550	E'260	E260	E'260-E260	*E260	(E260-*E260)	% (E260-*E260)
30	0.0410	0.3910	0.2980	0.0930	0.2906	0.0074	2.5
Min.	0.0063	0.0254	0.0132	0.0104	0.0041	0.0151	0.3
Max.	0.1020	0.5460	0.3621	0.2340	0.3688	0.0363	69.1
Avg.	0.0332	0.2207	0.1496	0.0711	0.1384	0.0112	19.0
SD.	0.0236	0.1695	0.1243	0.0556	0.1226	0.0105	18.9

หมายเหตุ:

E'260 และ E550 คือ การดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 และ 550 นาโนเมตร (ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร)

E260 คือ การดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร (ตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร)

*E260 คือ ผลจากการคำนวณสมการ $*E260 = E'260 - (2.31 * E550) - 0.01$; $y = 2.31x - 0.01$, $R^2 = 0.96$

(E260-*E260) คือ ความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดจากห้องปฏิบัติการกับค่าที่ได้จากการคำนวณ

% (E260-*E260) คือ ร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดจากห้องปฏิบัติการกับค่าที่ได้จากการคำนวณ

ตาราง ก-25 ผลการคำนวณค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ E260 และ E550 นาโนเมตรในน้ำที่จางจาก
โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ลำดับ	E550	E'260	E260	E'260-E260	*E260	(E260-*E260)	%(E260-*E260)
1	0.0194	0.1309	0.0914	0.0395	0.0722	0.0192	21.0
2	0.0121	0.0784	0.0564	0.0220	0.0380	0.0184	32.6
3	0.0162	0.1046	0.0696	0.0350	0.0539	0.0157	22.5
4	0.0205	0.1310	0.0919	0.0391	0.0695	0.0224	24.3
5	0.0248	0.1552	0.1190	0.0362	0.0830	0.0360	30.3
6	0.0292	0.1829	0.1427	0.0402	0.0996	0.0431	30.2
7	0.0337	0.2083	0.1356	0.0727	0.1137	0.0219	16.1
8	0.0133	0.1180	0.0880	0.0300	0.0746	0.0134	15.2
9	0.0269	0.2415	0.1735	0.0680	0.1640	0.0095	5.5
10	0.0081	0.0714	0.0531	0.0183	0.0411	0.0120	22.7
11	0.0111	0.0947	0.0609	0.0338	0.0568	0.0041	6.7
12	0.0140	0.1180	0.0870	0.0310	0.0729	0.0141	16.3
13	0.0172	0.1416	0.1074	0.0342	0.0884	0.0190	17.7
14	0.0204	0.1644	0.1213	0.0431	0.1032	0.0181	14.9
15	0.0211	0.1859	0.1365	0.0494	0.1229	0.0136	9.9
16	0.0472	0.2501	0.1324	0.1177	0.1216	0.0108	8.1
17	0.0201	0.0969	0.0497	0.0472	0.0364	0.0133	26.7
18	0.0247	0.1206	0.0621	0.0585	0.0486	0.0135	21.7
19	0.0200	0.0972	0.0481	0.0491	0.0370	0.0111	23.1
20	0.0227	0.1075	0.0535	0.0540	0.0405	0.0130	24.3
21	0.0251	0.1218	0.0599	0.0619	0.0488	0.0111	18.5
22	0.0294	0.1442	0.0718	0.0724	0.0604	0.0114	15.9
23	0.0261	0.0948	0.0297	0.0651	0.0193	0.0104	35.1
24	0.0309	0.1133	0.0334	0.0799	0.0257	0.0077	22.9
25	0.0393	0.1454	0.0416	0.1038	0.0368	0.0048	11.6
Min	0.0081	0.0714	0.0297	0.0183	0.0193	0.0041	5.5
max	0.0472	0.2501	0.1735	0.1177	0.1640	0.0431	35.1
Avg.	0.0229	0.1367	0.0847	0.0521	0.0692	0.0155	19.7
SD.	0.0090	0.0469	0.0392	0.0241	0.0358	0.0086	7.9

หมายเหตุ

*E260 คือ ผลจากการคำนวณสมการ $*E260 = E'260 - (2.51 * E550) - 0.01$; $y = 2.51x - 0.01$, $R^2 = 0.87$

ตาราง ค-26 ผลการคำนวณค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ E260 และ E550 นาโนเมตรในน้ำที่จก
โรงงานแปรรูปอาหารทะเล

ลำดับ	E550	E'260	E260	E'260-E260	*E260	(E260-*E260)	% (E260-*E260)
1	0.005	0.041	0.028	0.013	0.027	0.001	4.8
2	0.011	0.215	0.176	0.039	0.183	0.007	4.2
3	0.001	0.030	0.023	0.007	0.027	0.004	18.0
4	0.000	0.025	0.018	0.007	0.025	0.007	38.9
5	0.004	0.110	0.094	0.016	0.099	0.005	4.8
6	0.001	0.031	0.020	0.011	0.028	0.008	40.7
7	0.012	0.214	0.172	0.042	0.180	0.008	4.4
8	0.000	0.012	0.007	0.005	0.012	0.005	71.4
9	0.005	0.059	0.031	0.028	0.045	0.014	44.0
10	0.006	0.060	0.035	0.025	0.043	0.008	22.2
11	0.000	0.023	0.018	0.005	0.023	0.005	27.8
12	0.000	0.023	0.021	0.002	0.023	0.002	9.5
13	0.003	0.036	0.026	0.010	0.027	0.001	5.3
14	0.014	0.241	0.193	0.048	0.201	0.008	4.1
15	0.002	0.025	0.017	0.008	0.019	0.002	13.3
16	0.005	0.057	0.030	0.027	0.043	0.013	42.2
17	0.005	0.056	0.030	0.026	0.042	0.012	38.8
18	0.001	0.029	0.023	0.006	0.026	0.003	13.6
19	0.000	0.016	0.013	0.003	0.016	0.003	23.1
20	0.012	0.070	0.042	0.028	0.036	0.006	15.3
21	0.003	0.046	0.035	0.011	0.037	0.002	6.8
22	0.004	0.047	0.032	0.015	0.036	0.004	11.0
23	0.007	0.050	0.034	0.016	0.030	0.004	12.0
24	0.009	0.102	0.078	0.024	0.076	0.002	2.3
25	0.003	0.037	0.027	0.010	0.028	0.001	5.1
26	0.006	0.057	0.034	0.023	0.040	0.006	17.0
27	0.005	0.060	0.035	0.025	0.046	0.011	30.4
28	0.003	0.028	0.023	0.005	0.019	0.004	15.7
29	0.001	0.014	0.011	0.003	0.011	0.000	1.2

ตาราง ค-26 ผลการคำนวณค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ E260 และ E550 นาโนเมตรในน้ำทิ้งจาก
โรงงานแปรรูปอาหารทะเล (ต่อ)

ลำดับ	E550	E'260	E260	E'260-E260	*E260	(E260-*E260)	%(E260-*E260)
Min	0.000	0.012	0.007	0.002	0.011	0.000	1.2
max	0.014	0.241	0.193	0.048	0.201	0.014	71.4
Avg.	0.004	0.063	0.046	0.017	0.050	0.005	18.9
SD.	0.004	0.060	0.050	0.012	0.051	0.004	16.8

หมายเหตุ:

*E260 คือ ผลจากการคำนวณสมการ $*E260 = E'260 - (2.87 * E550) - 0.00$; $y = 2.87x - 0.00$, $R^2 = 0.84$

ตาราง ค-27 ผลการคำนวณย้อนกลับของค่าซีไอดีจากห้องปฏิบัติการกับค่าการดูดกลืนคลีนแสงที่ E260 นาโนเมตรในน้ำทิ้งชุมชน

ลำดับ	FCOD	*E260	*FCOD	ค่าความคลาดเคลื่อน (FCOD-*FCOD)	% ค่าความคลาดเคลื่อน (FCOD-*FCOD)
1	15.5	0.0054	9.4	6.1	39.6
2	17.5	0.0041	8.5	9.0	51.6
3	15.5	0.0052	9.3	6.2	40.2
4	25.9	0.0187	19.0	6.9	26.7
5	24.1	0.0194	19.5	4.6	19.2
6	29.8	0.0199	19.9	9.9	33.3
7	43.5	0.0442	37.4	6.1	14.1
8	43.5	0.0401	34.5	9.1	20.8
9	25.6	0.0233	22.3	3.3	12.8
10	33.4	0.0287	26.2	7.2	21.5
Min.	15.5	0.0041	8.5	3.3	12.8
Max.	43.5	0.0442	37.4	9.9	51.6
Avg.	27.4	0.0209	20.6	6.8	28.0
SD.	10.3	0.0140	10.1	2.1	12.8

หมายเหตุ:

FCOD คือ ผลการวิเคราะห์ค่าซีไอดีในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างที่ผ่านเชื้อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร

*E260 คือ ผลจากการคำนวณสมการ $*E260 = E'260 - (2.31 * E550) - 0.01$; $y = 2.31x - 0.01$, $R^2 = 0.96$

*FCOD คือ ผลจากการคำนวณจากสมการ $y = 720.78x + 5.52$

ตาราง ก-28 ผลการคำนวณย้อนกลับของค่าซีโอดีในห้องปฏิบัติการกับค่าการดูดกลืนคลอรีนแสงที่ E260 นาโนเมตรในน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ลำดับ	FCOD	*E260	*FCOD	ค่าความคลาดเคลื่อน (FCOD-*FCOD)	% ค่าความคลาดเคลื่อน (FCOD-*FCOD)
1	17.0	0.0380	15.3	1.7	10.2
2	24.5	0.0539	22.1	2.3	9.5
3	33.7	0.0695	28.8	4.9	14.5
4	48.5	0.0830	34.6	14.0	28.8
5	55.9	0.1137	47.7	8.2	14.6
6	42.3	0.0729	30.2	12.0	28.5
7	51.8	0.0884	36.9	14.9	28.7
8	51.8	0.1032	43.2	8.5	16.5
9	53.7	0.1229	51.7	2.0	3.7
10	21.3	0.0370	14.9	6.5	30.3
11	23.2	0.0405	16.4	6.9	29.5
12	27.0	0.0488	19.9	7.1	26.3
13	36.2	0.0604	24.9	11.3	31.2
Min.	17.0	0.0370	14.9	1.7	3.7
Max.	55.9	0.1229	51.7	14.9	31.2
Avg.	37.5	0.0717	29.7	7.7	20.9
SD.	13.9	0.0290	12.4	4.4	9.6

หมายเหตุ:

*E260 คือ ผลการคำนวณจากสมการ $*E260 = E'260 - (2.51 * E550) - 0.01$; $y = 2.51x - 0.01$, $R^2 = 0.87$

*FCOD คือ ผลการคำนวณจากสมการ $y = 428.61x - 0.99$

ตาราง ก-29 ผลการคำนวณย้อนกลับของค่าซีไอดีที่ได้จากห้องปฏิบัติการกับค่าการดูตกกลิ่นกลิ่น
แสงที่ E260 นาโนเมตรของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

ลำดับ	FCOD	*E260	*FCOD	ค่าความคลาดเคลื่อน (FCOD-*FCOD)	% ค่าความคลาดเคลื่อน (FCOD-*FCOD)
1	56.1	0.028	80.7	24.6	43.8
2	86.0	0.045	134.8	48.8	56.7
3	117.8	0.043	128.6	10.8	9.2
4	76.0	0.027	78.2	2.2	2.9
5	31.0	0.019	51.6	20.6	66.5
6	97.7	0.043	128.2	30.6	31.3
7	97.7	0.042	124.9	27.3	27.9
8	59.8	0.026	74.1	14.3	23.9
9	41.8	0.016	40.9	0.9	2.1
10	90.5	0.036	104.9	14.4	15.9
11	83.3	0.030	86.5	3.2	3.9
12	66.7	0.028	81.5	14.8	22.3
13	91.9	0.046	138.0	46.1	50.2
14	23.4	0.011	25.0	1.6	6.7
Min.	23.4	0.011	25.0	0.9	2.1
Max.	117.8	0.046	138.0	48.8	66.5
Avg.	72.8	0.031	91.3	18.6	25.9
SD.	27.5	0.011	36.5	15.6	21.3

หมายเหตุ:

*E260 คือ ผลจากการคำนวณสมการ $*E260 = E'260 - (2.87 * E550) - 0.00$; $y = 2.87x - 0.00$, $R^2 = 0.84$

*FCOD คือ ผลการคำนวณจากสมการ $y = 3275.30x - 11.47$

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตาราง ง-1 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่เติมอากาศโดยจับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter		N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
BOD2 – BOD1	Positive Ranks	9	5.00	45.00	-2.666	.008
	Total	9				
COD2 – COD1	Positive Ranks	9	5.00	45.00	-2.666	.008
	Total	9				

หมายเหตุ:

BOD1 คือ ผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดีจากห้องปฏิบัติการ

COD1 คือ ผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดีจากห้องปฏิบัติการ

BOD2 คือ ผลการตรวจวัดค่าบีโอดีด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

COD2 คือ ผลการตรวจวัดค่าซีโอดีด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

ตาราง ง-2 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศโดยจับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter		N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
BOD2 – BOD1	Positive Ranks	8	4.50	36.00	-2.524	.012*
	Total	8				
COD2 – COD1	Negative Ranks	3	6.00	18.00	-.676	.499*
	Positive Ranks	4	2.50	10.00		
	Ties	1				
	Total	8				
SS2 - SS1	Negative Ranks	8	4.50	36.00	-2.521	.012*
	Total	8				

* $P > 0.05$ (2-Related Samples)

หมายเหตุ:

SS1 คือ ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณสารแขวนลอยจากห้องปฏิบัติการ

SS2 คือ ผลการตรวจวัดค่าปริมาณสารแขวนลอยด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

ตาราง ง-3 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งชุมชนโดยจับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter		N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
BOD2 – BOD1	Negative Ranks	9	7.00	63.00	-1.289	.198*
	Positive Ranks	10	12.70	127.00		
	Total	19				
COD2 – COD1	Negative Ranks	14	10.18	142.50	-1.912	.056*
	Positive Ranks	5	9.50	47.50		
	Total	19				
NO32 - NO31	Negative Ranks	8	11.13	89.00	-.242	.809*
	Positive Ranks	11	9.18	101.00		
	Total	19				
SS2 – SS1	Negative Ranks	7	7.07	49.50	-1.832	.067*
	Positive Ranks	12	11.71	140.50		
	Total	19				

* $P > 0.05$ (2-Related Samples)

หมายเหตุ:

NO31 คือ ผลการวิเคราะห์ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนจากห้องปฏิบัติการ

NO32 คือ ผลการตรวจวัดค่าไนเตรท-ไนโตรเจนด้วยเครื่องตรวจวัดแบบออนไลน์

ตาราง ง-4 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำที่จกจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยจับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter		N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
BOD2 – BOD1	Positive Ranks	8	4.50	36.00	-2.527	.012*
	Total	8				
COD2 – COD1	Negative Ranks	8	4.50	36.00	-2.524	.012*
	Total	8				
NO32 - NO31	Positive Ranks	8	4.50	36.00	-2.521	.012*
	Total	8				
SS2 - SS1	Negative Ranks	8	4.50	36.00	-2.521	.012*
	Total	8				

* P<0.05 (2-Related Samples)

ตาราง ง-5 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำที่จกจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลโดยจับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter		N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
BOD2 – BOD1	Negative Ranks	10	11.20	112.00	-.685	.494*
	Positive Ranks	9	8.67	78.00		
	Total	19				
COD2 – COD1	Negative Ranks	11	9.09	100.00	-.201	.841*
	Positive Ranks	8	11.25	90.00		
	Total	19				
NO32 - NO31	Negative Ranks	11	11.14	122.50	-1.107	.268*
	Positive Ranks	8	8.44	67.50		
	Total	19				
SS2 - SS1	Negative Ranks	12	7.79	93.50	-.060	.952*
	Positive Ranks	7	13.79	96.50		
	Total	19				

* P>0.05 (2-Related Samples)

ตาราง ง-6 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งชุมชนโดยจับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ใช้สมการที่ปรับด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		Mean	Std. Deviation	Std. Deviation
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
BOD1 – BOD3	-16.54	10.14	1.79	-20.19	-12.88	-9.22	31	.000
COD1 – COD3	3.60	12.34	2.18	-.85	8.05	1.65	31	.109*
SS1 - SS3	8.18	20.89	3.69	.64	15.71	2.21	31	.034

* P>0.05 (Paired-Samples Test)

ตาราง ง-7 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยจับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ใช้สมการที่ปรับด้วยน้ำเสียสังเคราะห์เติมอากาศที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter		N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
BOD3 – BOD1	Positive Ranks	16(b)	8.50	136.00	-3.516(a)	.000*
	Total	16				
COD3 – COD1	Negative Ranks	13(d)	9.92	129.00	-3.154(b)	.002*
	Positive Ranks	3(e)	2.33	7.00		
	Total	16				
SS3 - SS1	Positive Ranks	16(h)	8.50	136.00	-3.516(a)	.000*
	Total	16				

* P<0.05 (2-Related Samples)

ตาราง ง-8 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำที่มาจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล โดยจับคู่ระหว่างการผลจากห้องปฏิบัติการกับเครื่องตรวจวัดฯ ใช้สมการที่ปรับด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการเติมอากาศที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		Mean	Std. Deviation	Std. Deviation
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
BOD1 - BOD3	-1144.00	2043.08	366.94	-1893.41	-394.58	-3.118	30	.004
COD1 - COD3	.83	20.25	3.63	-6.59	8.26	.229	30	.821*
SS1 - SS3	-238.63	372.05	66.82	-375.10	-102.16	-3.571	30	.001

* P>0.05 (Paired-Samples Test)

ตาราง ง-9 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งชุมชนโดยจับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับผลการคำนวณจากเครื่องสเปกโตรฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter		N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
COD2 - COD1	Negative Ranks	6	5.00	30.00	-.255	.799*
	Positive Ranks	4	6.25	25.00		
	Total	10				
COD22 - COD11	Negative Ranks	6	4.92	29.50	-.204	.838*
	Positive Ranks	4	6.38	25.50		
	Total	10				
NO32 - NO31	Negative Ranks	5	4.40	22.00	-.059	.953*
	Positive Ranks	4	5.75	23.00		
	Total	9				
SS2 - SS1	Negative Ranks	7	8.43	59.00	-.466	.642*
	Positive Ranks	9	8.56	77.00		
	Total	18				
SS22 - SS11	Negative Ranks	8	9.88	79.00	-.118	.906*
	Positive Ranks	9	8.22	74.00		
	Total	18				

* P>0.05 (2-Related Samples)

หมายเหตุ

COD1 และ COD11	คือ ค่าซีโอดีที่ทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
NO31	คือ ค่าไนเตรทที่ทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
SS1 และ SS11	คือ ค่าปริมาณสารแขวนลอยที่ทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
COD2 และ COD22	คือ ค่าซีโอดีจากการคำนวณสมการที่ความยาวคลื่น 254 และ 260 นาโนเมตร
NO32	คือ ค่าไนเตรทจากการคำนวณสมการที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร
SS2 และ SS22	คือ ค่าปริมาณสารแขวนลอยจากการคำนวณสมการที่ความยาวคลื่น 500 และ 550 นาโนเมตร

ตาราง ง-10 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยจับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับผลการคำนวณจากเครื่องสเปกโตรฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter		N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
COD2 – COD1	Negative Ranks	7	7.79	54.50	-.126	.900*
	Positive Ranks	7	7.21	50.50		
	Total	14				
COD22 - COD11	Negative Ranks	7	7.57	53.00	-.031	.975*
	Positive Ranks	7	7.43	52.00		
	Total	14				
NO32 - NO31	Negative Ranks	6	8.33	50.00	-.157	.875*
	Positive Ranks	8	6.88	55.00		
	Total	14				
SS2 - SS1	Negative Ranks	2	7.50	15.00	-.420	.674*
	Positive Ranks	6	3.50	21.00		
	Total	8				
SS22 - SS11	Negative Ranks	2	7.50	15.00	-.420	.674*
	Positive Ranks	6	3.50	21.00		
	Total	8				

* P>0.05 (2-Related Samples)

หมายเหตุ : ตามตาราง ง-9

ตาราง ง-11 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล โดยจับคู่ระหว่างผลจากห้องปฏิบัติการกับผลการคำนวณจากเครื่องสเปกโตรฯ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter		N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
COD2 – COD1	Negative Ranks	8	9.63	77.00	-.024	.981*
	Positive Ranks	9	8.44	76.00		
	Total	17				
COD22 - COD11	Negative Ranks	8	11.13	89.00	-.592	.554*
	Positive Ranks	9	7.11	64.00		
	Total	17				
SS2 - SS1	Negative Ranks	9	7.83	70.50	-1.130	.258*
	Positive Ranks	5	6.90	34.50		
	Total	14				

* P>0.05 (2-Related Samples)

หมายเหตุ : ตามตาราง ง-9

SS2 คือ ค่าปริมาณสารแขวนลอยจากการคำนวณสมการที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

