บทที่ 3

การวางแผนการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

การทดลองทำที่ห้องปฏิบัติการภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุด (ต่างโทนสี) ชุดที่ 1 ใช้น้ำย้อมสีแดง ชุดที่ 2 ใช้น้ำย้อมสีน้ำเงิน การทดลองทั้ง 2 ชุด ใช้น้ำเสียจริงจากการย้อมครั้งที่ 1 ของโรงงาน ฟอกย้อมมาเจือจางให้ได้ความเข้มสีประมาณ 100 เอสยู ในแต่ละชุดการทดลองใช้ถังปฏิกิริยา ยูเอเอสบีแบบเดียวกัน จำนวน 5 ถัง แต่ละถังใช้กับสารอาหารต่างประเภท และมีถังซึ่งไม่เติมสารอาหารเพิ่มเป็นถังควบคุม

ตัวแปรคงที่ คือ

- ความเข้มของสีแต่ละโทน ที่จะป้อนให้แก่ระบบ ประมาณ 100 เอสยู
- ความเข้มข้นของสารอาหารแต่ละประเภทเท่ากับ 500 มก./ล. วัดในรูป ซีโอดี ยกเว้นถังที่เป็นตัวเปรียบเทียบ (blank) หรือถังควบคุม
- อัตราการสูบน้ำเข้าระบบเท่ากับ 6 ลิตร/วัน เวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง ทุกการทดลอง

ตัวแปรอิสระที่ทำการศึกษา คือ

- ชนิดของสารอาหารที่ใช้ เป็นแหล่งคาร์บอน 5 ประเภทได้แก่
  - ถังที่ 1 ใช้เป็นถังควบคุม ซึ่งไม่เติมสารอาหารที่เป็นแหล่งคาร์บอนอื่น
  - ถังที่ 2 น้ำตาลทรายขาว ($C_6H_{10}O_5$)
  - ถังที่ 3 เมทธานอล (CH_3OH)
  - ถังที่ 4 ไขมัน ใช้น้ำมันพืชตรา องุ่น
  - ถังที่ 5 โปรตีน ใช้นมถั่วเหลืองตรา ไวตามิลค์
- โทนสีของน้ำเสียที่ใช้ 2 โทน ได้แก่ สีแดง และสีน้ำเงิน

ตัวแปรตามที่ต้องทำการวิเคราะห์ คือ

1. ความเข้มสีวัดในหน่วยเอสยู (space unit ,SU)
2. พีเอชและอุณหภูมิ (pH, Temperature)

3. โออาร์พี (ORP)
4. สภาพด่างทั้งหมด (Total alkalinity,Alk)
5. กรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid,VFA)
6. ซีโอดีรวม (Total COD)
7. ปริมาณกาซทั้งหมด (Total gas volume)
8. ร้อยละของปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน ($\%CO_2$, CH_4)

3.2 แนวคิดการเลือกใช้สารอาหารเพื่อกำจัดสีโดยระบบไร้ออกซิเจน

ในกระบวนการไร้ออกซิเจนแบคทีเรียจะย่อยสลายสารอาหาร (Substrate) เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานสำหรับการดำรงชีวิต ดังนั้นในระบบบำบัดแบบชีวภาพ จึงต้องมีสารอาหารในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของจุลชีพ และมีผู้วิจัยพบว่าการเติมสารอาหารบางประเภทช่วยเพิ่มความสามารถในการกำจัดสารย่อยได้ยากอื่นๆ เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัด 2,4- Dinitrotoluene โดยเติมเอทธานอล (Gupta et al., 1996) การเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดฟีนอลโดยเติมเมทธานอล (Cheng et al., 1997) หรือการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมโดยการเติมสารอาหาร เช่น กลูโคส (carliell, 1995) หรือแป้งมัน (โสภา, 2540)

จากแนวความคิดดังกล่าว สารอาหารที่ใส่ให้แก่ระบบจึงไม่ใช่สารที่จะไปทำปฏิกิริยาให้เกิดการลดสีโดยตรง ไม่เหมือนการใช้สารเคมีเฟนตัน และไม่ใช่การแยกเนื้อสีย้อมออกจากน้ำเสียแบบการดูดติดด้วยผงถ่านกัมมันต์ แต่การเติมสารอาหารเป็นการเพิ่มแหล่งคาร์บอนและสารให้อิเลกตรอนแก่จุลชีพ แล้วทำให้การกำจัดสีเกิดได้ดีขึ้น ซึ่งกลไกการกำจัดสีดังกล่าวคาดว่าเกิดจากการใช้สีเป็นสารรับอิเลกตรอนตัวสุดท้ายจากขั้นตอนการใช้สารอาหารของจุลชีพในการสลายพันธะเอโซ ทำให้การแสดงสีลดลง (carliell, 1995 ; Rahman, 1991) ในงานวิจัยนี้จึงทดลองเติมสารอาหารประเภทต่างๆ ให้แก่ระบบ และเลือกใช้สารอาหารโดยคำนึงถึงความเหมาะสมต่างๆ ดังนี้

1. เป็นสารที่หาได้ง่าย นำไปใช้งานในระบบใหญ่ได้จริง หรือสามารถหาวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากันมาใช้ได้ง่าย

2. ใช้ปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่สามารถลดสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากงานวิจัยของโสภา (2540) พบว่าการเพิ่มสารอาหารในช่วง 500 1000 1500 มก./ล. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการ

ป่าบัดสีได้ แต่ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณสารอาหารที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกใช้ความเข้มข้นสารอาหารเข้าระบบ 500 มก./ล. วัดในรูป ซีโอดี

3. หลีกเลี่ยงการใช้สารอาหารที่มีกรรมวิธีการเตรียมผสมกับน้ำเสียที่ยุ่งยาก โดยเฉพาะสารอาหารที่อยู่ในรูปของแข็งที่ละลายน้ำยาก

งานวิจัยนี้เลือกใช้สารอาหารที่เติมให้ระบบ 4 ประเภท ได้แก่

1. น้ำตาลทราย ($C_6H_{10}O_5$) เนื่องจากเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดี หาซื้อได้ทั่วไป เป็นสารอาหารที่ย่อยได้ง่าย สามารถเตรียมเป็นสารละลายความเข้มข้นสูง เพื่อป้อนผสมกับน้ำเสียในระบบจริงได้ หรืออาจปรับไปใช้สารอาหารอื่นที่มีคุณสมบัติใกล้เคียง แต่ราคาถูกกว่าได้ น้ำเสีย 1 $ม^3$. ใช้น้ำตาลทรายประมาณ 0.5 กก. เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 500 มก./ล. วัดในรูป ซีโอดี

2. เมทธานอล (CH_3OH) เนื่องจากเป็นสารอาหารที่แบคทีเรียประเภทสร้างมีเทน นำไปใช้ได้โดยตรงไม่ต้องผ่านกระบวนการย่อยอื่นๆ มาก่อน ใช้ปริมาณน้อย สามารถจัดหาเพื่อใช้ในระบบจริงได้ น้ำเสีย 1 $ม^3$. ใช้เมทธานอลประมาณ 430 มล. เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 500 มก./ล. วัดในรูป ซีโอดี

3. ไขมัน จัดเป็นสารอาหารที่ย่อยยาก ต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอน การเตรียมไขมันผสมกับน้ำเสียโดยตรงทำได้ยาก ต้องเตรียมไขมันในรูปอิมัลชัน (Emulsion) โดยนำไขมันไปปั่นผสมกับน้ำ เตรียมเป็นสารละลายไขมันความเข้มข้นสูงป้อนกับระบบจริงได้ งานวิจัยนี้ใช้ไขมันจากน้ำมันพืชตราองุ่นโดยน้ำเสีย 1 $ม^3$. ใช้ไขมันประมาณ 220 มล. เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 500 มก./ล. วัดในรูป ซีโอดี

4. โปรตีน เป็นสารอาหารที่เอื้อประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพ งานวิจัยนี้ใช้โปรตีนจากนมถั่วเหลืองตราไวตามิลค์ชนิดกล่องขนาด 250 มล. เปิดกล่องแล้วใช้ครั้งเดียว ไม่มีการเก็บส่วนที่เหลือไปใช้ในวันถัดไป น้ำเสีย 1 $ม^3$. ใช้น้ำนมถั่วเหลืองตราไวตามิลค์ประมาณ 2.2 ลิตร เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 500 มก./ล. วัดในรูป ซีโอดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การเตรียมน้ำเสีย

การใช้น้ำเสียจริงจากการย้อมของโรงงานฟอกย้อมทำให้ยากต่อการระบุว่าสีย้อมที่ใช้มีสูตรโครงสร้างอย่างไร เนื่องจากทางผู้ใช้งานมักรู้จักสี ตามชื่อทางการค้าที่ผู้ผลิตสีตั้งขึ้นมา และทางบริษัทผู้ผลิตมักปกปิดสูตรโครงสร้างสีต่างๆ เป็นความลับทางการค้า ในงานวิจัยนี้จึงไม่มุ่งเน้นที่สูตรโครงสร้างสี แต่พิจารณาที่โทนสีที่ต่างกัน และมีการใช้งานมากในโรงงาน โดยเก็บน้ำเสียจากการย้อมครั้งที่ 1 ของโรงงานมาเก็บไว้ครั้งละประมาณ 1 ม^3. มาเจือจางใช้ได้ตลอดการทดลอง ข้อดีของการเก็บน้ำเสียในรูปสีย้อมเข้มข้นคือได้สมบัติของน้ำเสียใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง แม้ว่าจะเป็นการย้อมด้วยสีเดิม แต่การเก็บน้ำสีย้อม 2 ครั้ง อาจมีสมบัติแตกต่างกันมาก เพราะสารเคมีอื่นๆ ที่ละลายออกมาจากเส้นใยในกระบวนการย้อมแต่ละครั้งไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับกระบวนการเตรียมเส้นใยก่อนย้อม ความถูกต้องแม่นยำในการเตรียมสารเคมีในกระบวนการย้อมแต่ละครั้ง และน้ำเสียความเข้มข้นสูงสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานานโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติเท่าใดนัก พิจารณาได้จากลักษณะน้ำเสียที่เตรียมตลอดระยะเวลาการเดินระบบ สามารถเตรียมให้มีความคงที่ด้วยการเจือจางอัตราส่วนเดิมตลอดการทดลอง

3.3.1 การเตรียมน้ำเสียชุดการทดลองที่ 1 สีแดง

ใช้สีย้อมเข้มข้นสีแดง 3.125 ลิตรผสมรวมกับน้ำประปา 30 ลิตร เติมสารละลายที่เตรียมจากยูเรียและฟอสเฟต(K_2HPO_4) เข้มข้นอย่างละ 50 กรัม/ลิตร ปริมาณ 30 มล. กวนผสมให้เข้ากัน แล้วแบ่งออกเป็น 5 ถัง ถังละ 6 ลิตร แต่ละถังเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต เพิ่มสภาพด่างอีกถังละ 10 กรัม แล้วแยกเติมสารอาหารแต่ละชนิดให้ได้ความเข้มข้น 500 มก./ล. วัดในรูป ซีโอดี ดังนี้

ถังที่ 1	ใช้เป็นถังควบคุม ซึ่งไม่เติมสารอาหารที่เป็นแหล่งคาร์บอนอื่น	
ถังที่ 2	น้ำตาลทรายขาว ($C_6H_{10}O_5$)	3 กรัม
ถังที่ 3	เมทธานอล (CH_3OH)	2.6 มล.
ถังที่ 4	ไขมัน ใช้น้ำมันพืชตรา องุ่น (ปั่นผสมกับน้ำเสียสีย้อม)	1.2 มล.
ถังที่ 5	โปรตีน ใช้นมถั่วเหลืองตรา ไวตามิลค์	13 มล.

เหตุที่ไม่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตในถังรวมก่อน เนื่องจากในการเดินระบบระยะแรกยังไม่ทราบว่าแต่ละถังต้องการสภาพด่างเท่าใด จึงเพียงพอในการเดินระบบโดยที่พีเอชไม่ลดต่ำลงจนเป็นอันตรายต่อการทำงานของระบบ การเติมแยกถังทำให้สามารถปรับสภาพด่างแยกแต่ละ

ระบบได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อเดินระบบไปนานๆ พบว่าระบบไม่ต้องการสภาพด่างจากภายนอก ในการทดลองชุดสีน้ำเงินจึงไม่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต

3.3.2 การเตรียมน้ำเสียชุดการทดลองที่ 2 สีน้ำเงิน

นำน้ำเสียเข้มข้นสีน้ำเงิน 650 มล. ผสมรวมกับน้ำประปา 30 ลิตร เติมสารละลายยูเรีย เข้มข้น 50 กรัม/ลิตร ปริมาณ 30 มล. ปรับพีเอชด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4 commercial grade) เข้มข้น 50 กรัม/ลิตร ปริมาณ 10 มล. กวนผสมให้เข้ากัน แล้วแบ่งออกเป็น 5 ถัง ถังละ 6 ลิตร แยกเติมเฉพาะสารอาหารที่เป็นแหล่งคาร์บอนเช่นเดียวกับชุดการทดลองสีแดง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1 ถังปฏิกรณ์ระบบไร้ออกซิเจนแบบ ยูเอเอสบี ทำจากพลาสติกอะคริลิคใส เบอร์ 603 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 53 มม. ด้านบนมีชุดแยกก๊าซ และส่วนดักตะกอนเซลล์ ทำจากอุปกรณ์ท่อพีวีซี รายละเอียดตามแบบรูปที่ 3.1 ซึ่งต่อไปนี้เรียกแทนว่า ถังปฏิกิริยา หรือ คอลัมน์

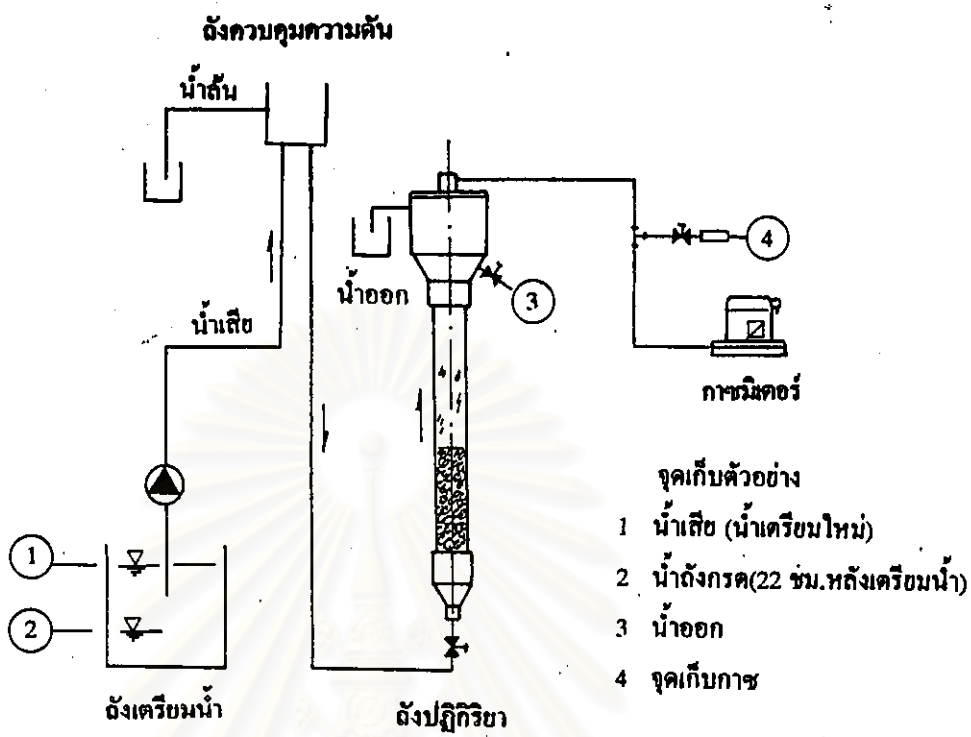
3.4.2 ถังน้ำเสียป้อนเข้าระบบ ใช้ถังพลาสติกขนาด 12 ลิตร สีต่างกัน เขียนหมายเลขประจำชุดทดลอง เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการสลับถังหลังจากเตรียมน้ำเสีย

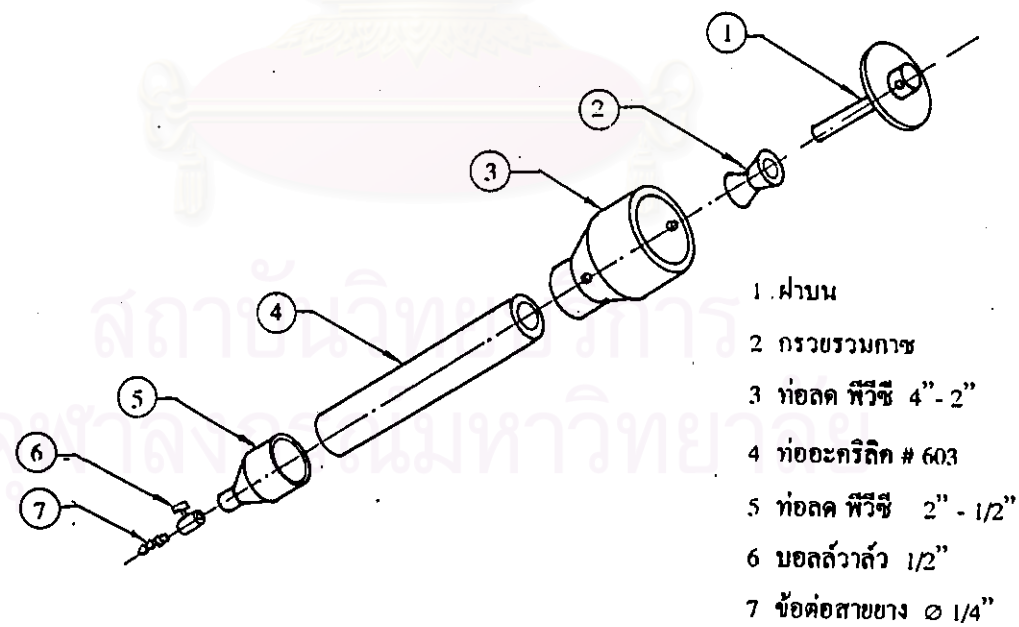
3.4.3 เครื่องสูบน้ำ แบบ ไดอะแฟรม (diaphgram) ชนิดขับด้วยมอเตอร์ ยี่ห้อ N-FEEDER รุ่น CX1-21-Z อัตราสูบสูงสุด 20 มล./นาที หรือ 28.8 ลิตร/วัน มาปรับใช้ที่ 6 ลิตร/วัน

3.4.4 ถังควบคุมความดัน (head tank) ทำจากหัวอุดท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว เจาะท่อน้ำเข้า-ออกที่ด้านล่าง ด้านบนมีท่อระบายน้ำล้น ตามแบบรูปที่ 3.1 ถังควบคุมความดันมีไว้เพื่อ

1.เป็นตัวควบคุมแรงดันน้ำเข้าระบบ ในกรณีที่ระบบเกิดการอุดตันแล้วเครื่องสูบน้ำอัดความดันขึ้นเรื่อยๆ อาจทำให้สายยางน้ำเข้าระบบหลุด เชื้อในระบบจะไหลออกมานอกถังปฏิกิริยา เนื่องจากถังปฏิกิริยาชุดนี้ไม่ใส่ก้อนกรวดหรือเม็ดลูกแก้วไว้เป็นตัวกีดขวางการหลุดของเชื้อและช่วยกระจายน้ำ เหตุที่ไม่ใส่ก้อนกรวดหรือเม็ดลูกแก้วเพราะก้อนกรวด หรือเม็ดลูกแก้วที่ใส่จะลงไปอุดในกรวยด้านล่าง ทำให้ระบบมีโอกาสตันมากขึ้น และถังปฏิกิริยาขนาดเล็ก มีพื้นที่หน้าตัดเพียง 23 ซม^2. มีจุดป้อนน้ำเสียเข้าด้านล่างเป็นกรวยขึ้นมา 1 จุด การใส่ก้อนกรวดในถังขนาดเล็กนี้ไม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายน้ำอย่างมีนัยสำคัญได้

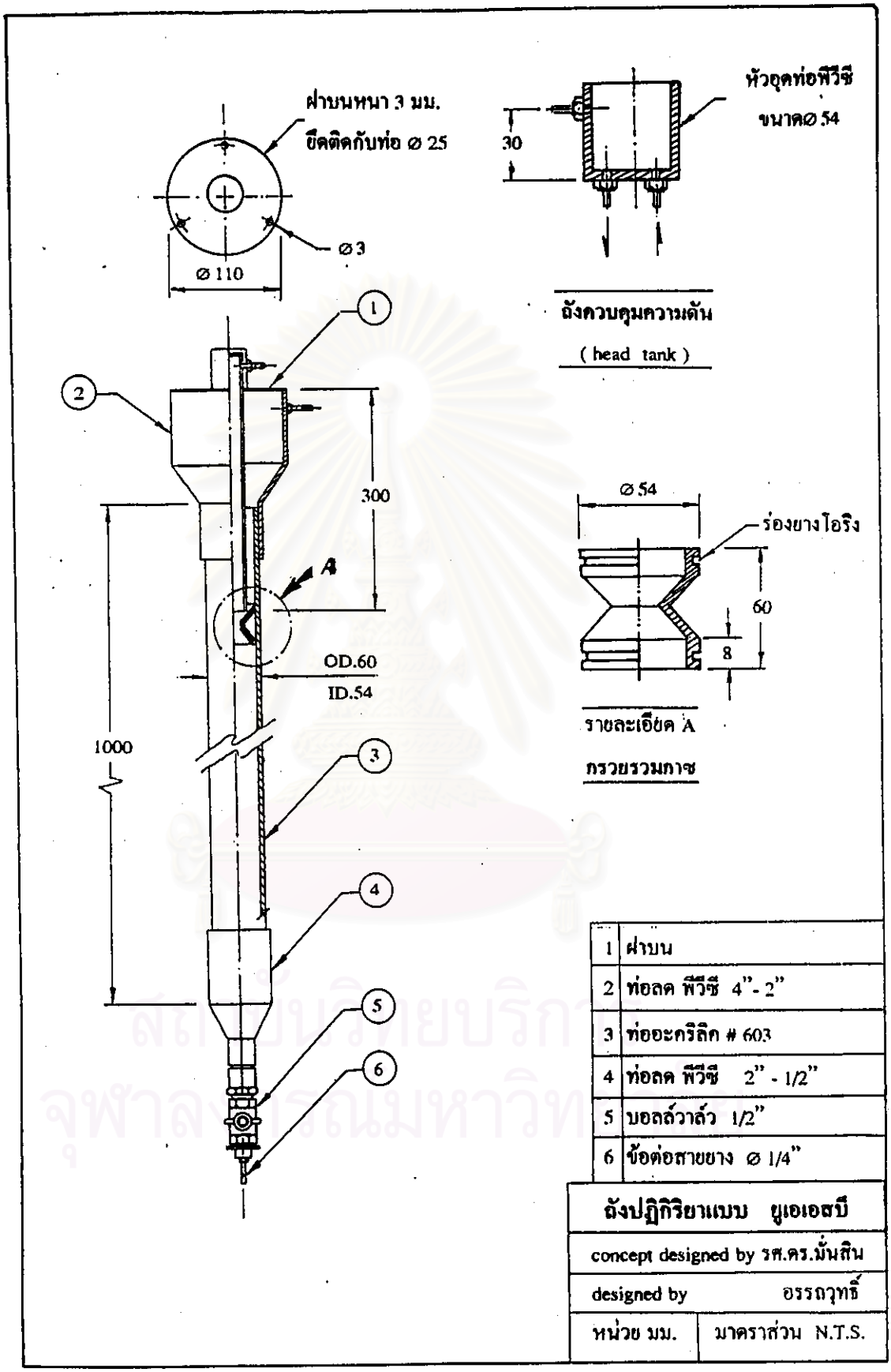
2. ลดแรงกระเพื่อมจากการทำงานของเครื่องสูบน้ำ เครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรม ที่ใช้สูบน้ำเข้าระบบมีการทำงานแบบไม่ต่อเนื่อง คือมีจังหวะการสูบและจ่ายสลับกันไป ในจังหวะการจ่ายเป็นการอัดน้ำเข้าระบบอย่างรวดเร็ว ทำให้เชื้อในถังกระเพื่อม ปรากฏการณ์นี้เห็นชัดขึ้นในกรณีที่ใช้เครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรมชนิดขับด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า (soleniod dive) จังหวะการจ่ายที่เป็นการอัดน้ำเข้าระบบจะเร็วกว่าชนิดขับด้วยมอเตอร์ เชื้อในระบบจะกระเพื่อมมากกว่า ซึ่งไม่ทราบแน่ชัดว่าการกระเพื่อมดังกล่าวมีผลต่อการทำงานของเชื้อในระบบหรือไม่ แต่การมีถังควบคุมความดันช่วยให้ไม่เกิดการกระเพื่อมดังกล่าว





ชิ้นส่วนและการประกอบถังปฏิกิริยา

รูปที่ 3.1 แบบถังปฏิกิริยา



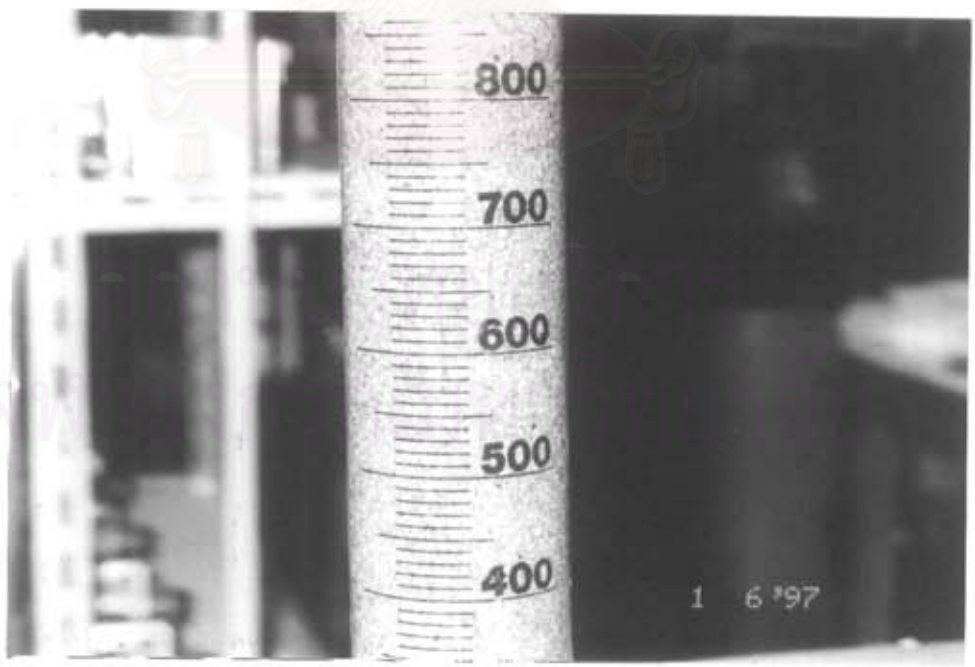
รูปที่ 3.1 แบบถังปฏิกิริยา (ต่อ)

3. *ป้องกันอากาศเข้าระบบ* ในกรณีที่น้ำเสียหมดแล้วเครื่องสูบน้ำสูบอากาศเข้าไป อากาศจะระบายออกที่ถังควบคุมความดัน แทนที่จะเข้าไปในระบบ ซึ่งจะทำให้เชื้อสัมผัสอากาศ และปริมาณกาซที่วัดได้ไม่ใช่ปริมาณกาซที่ระบบผลิตขึ้นจริง

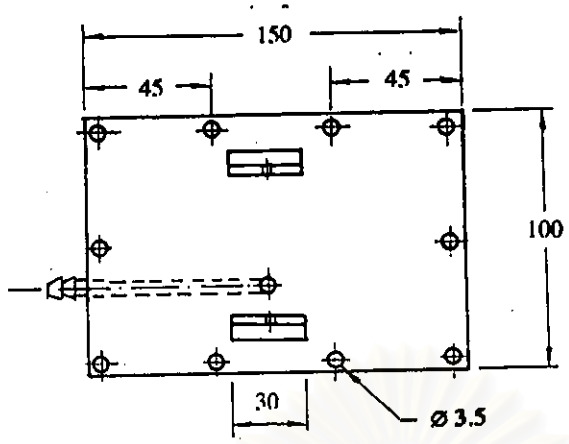
4. *ใช้เป็นที่ระบายน้ำล้น* ถ้าระบบเกิดการอุดตัน หรือมีเชื้อสะสมในสายยางน้ำเข้าระบบ จนทำให้น้ำเสียไม่สามารถไหลเข้าระบบได้ในขณะที่เครื่องสูบน้ำยังคงทำงานอยู่ น้ำเสียที่ถูกส่งเข้ามาจะระบายทิ้งออกทางช่องน้ำล้นของถังควบคุมความดัน

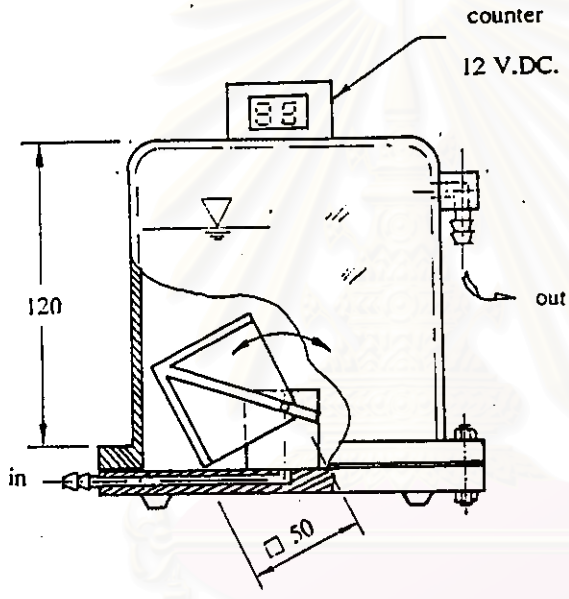
3.4.5 <u>เชื้อจุลินทรีย์ (seed)</u> ใช้เชื้อที่ใช้ในงานวิจัยของทวีชัย (2540) ซึ่งมีสองระบบ โดยนำเชื้อทั้งหมดมาผสมกันให้เป็นเนื้อเดียว แล้วแบ่งใส่ถังปฏิกรณ์ถังละ 700 มล. เท่าๆ กัน ได้ความสูงชั้นจุลินทรีย์ (bed depth) ประมาณ 30 ซม. ลักษณะเชื้อดังรูปที่ 3.2

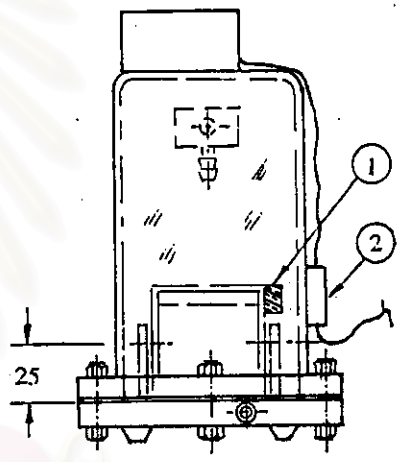
3.4.6 <u>เครื่องวัดปริมาณกาซ</u> นำหลักการทำงานของเครื่องวัดปริมาณกาซแบบของศักดิ์ชัย (2527) มาปรับปรุงให้มีขนาดเล็กลง ด้านบนปิด ลดอัตราการระเหยน้ำในตัวเครื่อง สามารถนำกาซที่ผ่านการวัดปริมาตรแล้ว ไปเข้าสู่ระบบอื่นต่อไปได้ และเปลี่ยนใช้เครื่องนับแบบตัวเลข 4 หลัก ชนิดใช้ไฟกระแสตรง 12 โวลท์ เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน รายละเอียดเครื่องตามแบบรูปที่ 3.3

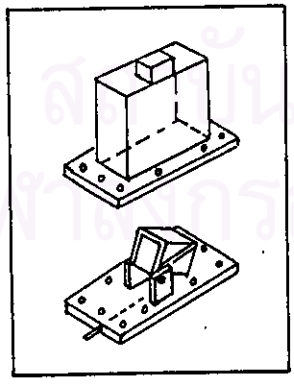


รูปที่ 3.2 ลักษณะเชื้อเมื่อเริ่มเดินระบบ







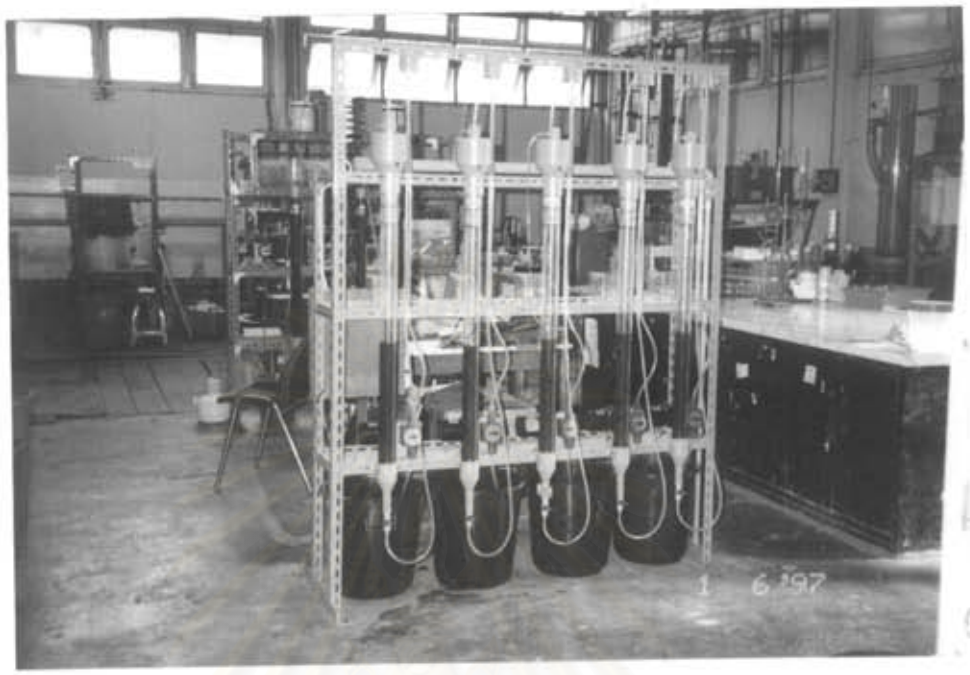


1 แม่เหล็กถาวร	
2 สวิทช์แม่เหล็ก	
เครื่องวัดปริมาณกาซ รุ่น ARJ 1	
concept designed by	ศักดิ์ชัย
designed by	อรรถวุทธิ์
หน่วย มม.	มาตราส่วน 1: 30

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.3 แบบเครื่องวัดปริมาณกาซที่ปรับปรุงใหม่ ดัดแปลงจากศักดิ์ชัย (2527)

หลังจากเตรียมอุปกรณ์ทุกชนิดประกอบเข้าด้วยกันแล้ว ได้ชุดทดลองที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมเดินระบบ ดังรูปที่ 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.4 ชุดทดลองที่ใช้ในการวิจัย (ภาพด้านหน้า)

รูปที่ 3.5 ชุดทดลองที่ใช้ในงานวิจัย (ภาพด้านหลัง)

3.5 วิธีการเดินระบบ

ในการออกแบบชุดทดลองขนาดเล็กเพื่อใช้ในงานวิจัย ไม่ควรออกแบบให้มีขนาดเล็กเกินไปจนพื้นที่ผิวถังปฏิกิริยามีผลต่อการทำงานของระบบ (wall effect) และไม่ควรใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น เนื่องจากจะต้องเสียค่าชุดทดลองแพงขึ้นแล้วและยังเป็นภาระในการเตรียมน้ำเสียจำนวนมากในแต่ละวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากใช้น้ำเสียจริงจะมีภาระในการขนน้ำเสียเป็นอย่างมาก สำหรับงานวิจัยที่ใช้ระบบไร้ออกซิเจนแบบยูเอเอสบีควรเลือกใช้น้ำเสียปริมาณ 5-10 ลิตรต่อวัน-ระบบ เพื่อเหตุผลเรื่องการเตรียมน้ำดังกล่าว หลังจากกำหนดปริมาณน้ำเสียที่จะใช้ในแต่ละวัน สามารถทราบขนาดของถังปฏิกิริยาและอัตราสูบของเครื่องสูบน้ำที่ใช้สูบน้ำเข้าระบบได้จากการคำนวณ ซึ่งส่วนมากมักจะไม่ลงตัวพอดีกับอัตราสูบของเครื่องสูบน้ำที่มีอยู่ ต้องเลือกใช้เครื่องสูบน้ำชนิดปรับอัตราสูบได้มาปรับใช้ตามต้องการ

เครื่องสูบน้ำที่สามารถปรับอัตราสูบได้แม่นยำต้องเป็นเครื่องสูบน้ำที่มีการทำงานแบบ positive displacement เช่น เครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบชัก (Reciprocating Pump) เครื่องสูบน้ำแบบรีดสาย (Peristaltic Pump) เครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรม (Diaphragm Pump) เครื่องสูบน้ำแบบฟันเฟือง (Gear Pump) หรือเครื่องสูบน้ำแบบครีบเหวี่ยง (Vane Pump) ไม่ควรใช้เครื่องสูบน้ำแบบอื่นที่ไม่มีการทำงานแบบ positive displacement เช่น เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal Pump) มาติดตั้งวาล์วหรี่เพื่อปรับอัตราสูบสำหรับงานที่ต้องการความแม่นยำสูงหรือเปลี่ยนแปลงอัตราสูบบ่อย เนื่องจากอัตราสูบของเครื่องสูบน้ำแบบดังกล่าวขึ้นอยู่กับความดันของระบบ การเปลี่ยนแปลงความดันของระบบเพียงเล็กน้อย (จากการปรับวาล์ว) ส่งผลให้อัตราสูบเปลี่ยนแปลงไปมาก การปรับให้ได้อัตราสูบตามต้องการทำได้ยาก และหลังจากปรับอัตราสูบได้ตามต้องการแล้วหากความดันของระบบเปลี่ยนแปลง เช่นมีสิ่งแปลกปลอมกีดขวางการไหลของน้ำอัตราสูบที่ปรับตั้งไว้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

สำหรับงานสูบน้ำเสียเพื่อใช้ในชุดทดลองขนาดเล็กส่วนมากมักใช้เครื่องสูบน้ำแบบรีดสายหรือเครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรม เครื่องสูบน้ำแบบรีดสายมีข้อดีคือ ปรับตั้งอัตราสูบได้แม่นยำมาก สามารถสูบน้ำที่มีตะกอนเช่นเชื้อจากถังตกตะกอนในระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ได้ ข้อเสียคือราคาแพงมาก และต้องหมั่นดูแลสายยางซิลิโคนที่ใช้รีด ควรมีการเปลี่ยนสายยางหลังใช้งานเป็นเวลานานเพื่อป้องกันสายยางแตก ทำให้สูบน้ำไม่ขึ้นและน้ำรั่ว หากวางตำแหน่งเครื่องสูบน้ำไม่ดีมีโอกาสที่เชื้อในระบบหลุดออกมาทั้งหมดได้ เครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรมมีข้อดีที่ราคาถูกสามารถปรับอัตราสูบได้แม่นยำพอใช้ แต่ไม่สามารถสูบน้ำเสียที่มีตะกอนได้ ดังนั้นหากใช้งาน

สูบน้ำเสียที่ไม่มีตะกอนหรือสิ่งแปลกปลอมควรเลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรมจะมีราคาถูกกว่ามาก แม้ว่าเครื่องสูบน้ำแบบปรับอัตราสูบได้บางชนิดสามารถปรับอัตราสูบได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงอัตราสูบสูงสุด แต่การเลือกเครื่องสูบน้ำไม่ควรเลือกเครื่องสูบน้ำที่ต้องปรับอัตราสูบใช้งานต่ำกว่า 20-25 เปอร์เซนต์ของอัตราสูบสูงสุด หากจำเป็นต้องใช้ในช่วงต่ำกว่านี้ควรเปลี่ยนไปใช้เครื่องสูบน้ำที่มีขนาดเล็กลง มิฉะนั้นจะเกิดปัญหาอัตราสูบไม่คงที่ และก่อนการใช้เครื่องสูบน้ำควรศึกษาคู่มือการใช้งาน วิธีบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำแต่ละชนิดให้เข้าใจละเอียดก่อนการใช้งาน เพื่อสามารถแก้ปัญหาเบื้องต้นและยืดอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำ

3.5.1 วิธีปรับตั้งอัตราสูบ

หลังจากเลือกเครื่องสูบน้ำที่มีช่วงการทำงานเหมาะสมได้ตามต้องการแล้ว ก่อนการเดินระบบต้องมีการปรับเทียบอัตราสูบจริงของเครื่องสูบน้ำ วิธีที่ง่ายและแม่นยำที่สุดคือการใช้ภาชนะที่ทราบปริมาตรแน่นอน เช่น กระบอกตวง รองน้ำที่ไหลจากเครื่องสูบน้ำแล้วจับเวลา 1 นาที ก็สามารถคำนวณอัตราสูบได้ ในกรณีที่อัตราสูบน้อยควรใช้เวลานานมากกว่า 1 นาที ยิ่งใช้เวลานานก็สามารถคำนวณอัตราสูบจริงได้แม่นยำมากขึ้น เมื่อได้อัตราสูบที่ต้องการให้ล็อคตำแหน่งหรือบันทึกสภาพการทำงานเครื่องสูบน้ำ เช่น ความเร็วรอบ หรือความถี่ในการสูบต่างๆ ไว้ใช้งานต่อไป แต่การล็อคตำแหน่งไว้ไม่ได้หมายความว่าจะได้อัตราสูบที่คงที่เท่าเดิมตลอดระยะเวลาการเดินระบบ จำเป็นต้องมีการปรับเทียบเช่นนี้เสมอ ในการออกแบบชุดทดลอง จึงต้องคำนึงถึงความสะดวกในการวัดอัตราสูบไว้ด้วย เช่น การติดตั้งสามทางและวาล์วที่ด้านจ่ายของเครื่องสูบน้ำเพื่อวัดอัตราสูบโดยไม่ต้องถอดสายยางออกจากระบบ เป็นต้น

นอกจากนั้น การใช้เครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรมขนาดใหญ่มาปรับใช้ที่อัตราสูบต่ำจะมีปัญหาเวลาที่น้ำหมดถังแล้วมีอากาศเข้าไปในเครื่องสูบน้ำ เมื่อมีการเริ่มสูบน้ำใหม่จะสูบไม่ขึ้น เนื่องจากที่อัตราสูบต่ำต้องปรับให้มีช่วงชักแผ่นไดอะแฟรมสั้น แผ่นไดอะแฟรมขยับตัวน้อยไม่สามารถไล่ฟองอากาศออกจากเครื่องสูบน้ำได้ ต้องมีการปรับอัตราสูบให้มากขึ้นก่อนจนกว่าจะสูบน้ำขึ้น แล้วจึงปรับมาใช้ที่ตำแหน่งอัตราสูบต่ำตามเดิม

ในงานวิจัยนี้ ใช้ชุดทดลอง 5 ชุด ทำงานพร้อมกัน มีการเตรียมน้ำใหม่ทุกวัน และต้องเร่งเครื่องสูบน้ำให้สูบน้ำขึ้นได้ก่อน แล้วจึงลดมาใช้อัตราสูบต่ำตามปกติ การปรับเทียบวัดอัตราสูบของชุดทดลอง 5 ชุด ทุกวันเป็นงานที่ยุ่งยากและเสียเวลามาก จึงแก้ปัญหาโดยการออกแบบระบบให้สามารถวัดอัตราสูบของเครื่องสูบน้ำได้ง่ายขึ้น ดังนี้

1. คำนวณอัตราสูบที่ต้องการได้เท่ากับ 4.2 มิลลิลิตรต่อนาที

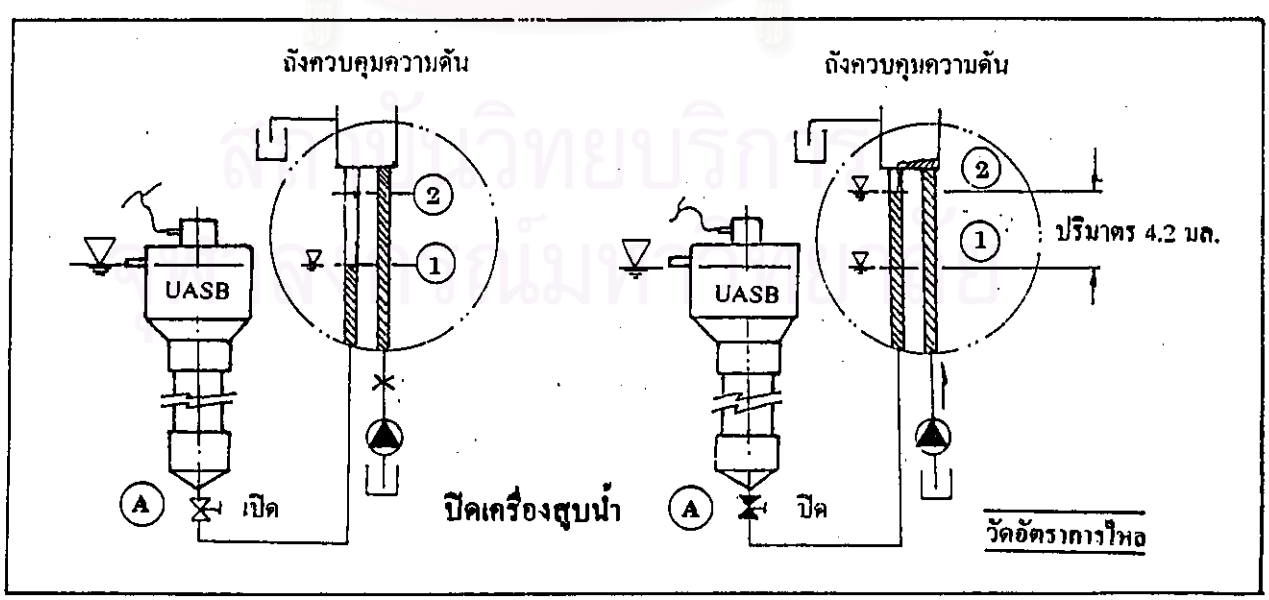
2. ใช้สายยางจากถังควบคุมความดันเข้าระบบยูเอเอสบีเป็นสายยางใสทำให้มองเห็นระดับน้ำในสายยาง เมื่อไม่มีการเดินเครื่องสูบน้ำระดับน้ำในสายยางจะคงที่เท่ากับระดับน้ำออกจากถังยูเอเอสบี ทำตำแหน่งระดับน้ำนี้ไว้เป็นตำแหน่งที่ 1 ขอให้ดูภาพประกอบในรูปที่ 3.6

3. ปิดวาล์วด้านล่างถัง (A) ตวงน้ำปริมาณ 4.2 มิลลิลิตร ด้วยไปเปตใส่ในสายยางเส้นดังกล่าว ทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นตำแหน่งที่ 2

4. เปิดวาล์ว (A) ด้านล่าง ระดับน้ำในสายยางจะลดลงมาสู่ตำแหน่งที่ 1 เมื่อเดินเครื่องสูบน้ำ สูบน้ำเข้าระบบ น้ำจะไหลเข้าโดยมีระดับน้ำอยู่สูงกว่าตำแหน่งที่ 1 เล็กน้อย

5. เมื่อต้องการตรวจสอบอัตราสูบให้หยุดเดินเครื่องสูบน้ำ ให้ระดับน้ำในสายยางลงมาอยู่ที่ตำแหน่งที่ 1 แล้วปิดวาล์วด้านล่าง (A) จากนั้นเดินเครื่องสูบน้ำพร้อมทั้งจับเวลาทันที เมื่อครบ 1 นาที ระดับน้ำในสายยางต้องขึ้นถึงตำแหน่งที่ 2 พอดี ถ้าขึ้นไม่ถึงแสดงว่าอัตราสูบน้อย ถ้าสูงกว่าแสดงว่าอัตราสูบมากเกินไป ต้องปรับอัตราไหลของเครื่องสูบให้ได้ตามต้องการ

การทำเช่นนี้ทำให้การตรวจสอบอัตราสูบทำได้ง่ายขึ้น และได้ผลพลอยได้อีกประการหนึ่ง คือ ในช่วงการเดินระบบถ้าระดับน้ำในสายยางขึ้นสูงมากผิดปกติ แสดงว่าน้ำไหลเข้าระบบได้ยาก อาจมีสิ่งแปลกปลอม หรือเชื้อลงมาอุดตันด้านทางน้ำเข้าถัง สามารถแก้ไขได้ทันเวลาโดยการปิดวาล์วด้านล่างให้ระดับน้ำสูงขึ้นจนมีน้ำอยู่ในถังควบคุมความดันพอสมควรแล้วเปิดวาล์วให้แรงดันน้ำในถังควบคุมความดันไหลลงมาดันสิ่งอุดตันให้หลุดไป ระดับน้ำในสายยางจะลดลงมาอยู่ที่ตำแหน่งปกติ

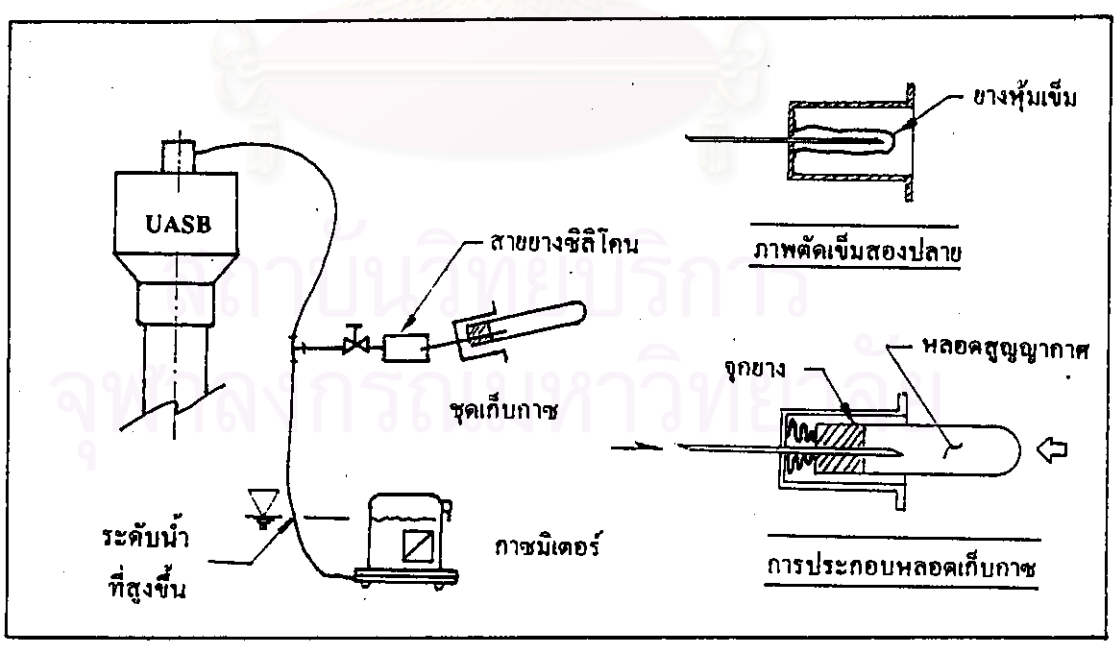


รูปที่ 3.6 วิธีตรวจสอบอัตราสูบจากระดับน้ำในสายยางก่อนเข้าระบบ

3.5.2 วิธีเก็บตัวอย่างกาซเพื่อวิเคราะห์สัดส่วนกาซมีเทน

การเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สัดส่วนกาซมีเทนที่มีในกาซทั้งหมดที่ระบบผลิตขึ้น โดยต่อจุดเก็บตัวอย่างจากสายยางช่วงระหว่างถังปฏิกิริยากับเครื่องวัดปริมาณกาซ ใช้เข็มแหลมสองปลายและหลอดสูญญากาศ สำหรับเก็บตัวอย่างเลือด ยี่ห้อ Venoject เมื่อจะเก็บตัวอย่าง ใช้เข็มแหลมสองปลายแทงทะลุสายยางซิลิโคนที่จุดเก็บตัวอย่าง เปิดวาล์วให้กาซบางส่วนไหลผ่านเข็มออกมา แล้วกดหลอดเก็บตัวอย่างเข้าให้เข็มปลายอีกด้านแทงทะลุจุกยางที่ปิดหลอดเข้าไป ตัวอย่างกาซจะถูกดูดเข้าหลอดด้วยแรงดูดสูญญากาศ และมีน้ำในเครื่องวัดปริมาณกาซไหลย้อนเข้ามาแทนที่กาซในสายยาง (แต่ไม่เข้ามาในหลอดเก็บตัวอย่าง เนื่องจากจุดเก็บกาซอยู่สูงกว่า) เมื่อน้ำที่ไหลเข้าสายยางมามีระดับคงที่ แสดงว่ากาซถูกดูดเข้ามาเก็บไว้เต็มหลอดแล้ว จากนั้นดึงหลอดเก็บตัวอย่าง (ซึ่งขณะนี้มีตัวอย่างกาซอยู่เต็ม) ออกจากเข็มสองปลาย จุกยางที่ถูกเข็มแทงทะลุจะปิดตัวเองเก็บกาซไว้ในหลอด แล้วนำไปวิเคราะห์สัดส่วนกาซด้วยเครื่อง Gas Chromatography

การวัดสัดส่วนกาซเป็นการวัดเทียบเปอร์เซนต์ปริมาณกาซชนิดนั้นในกาซทั้งหมด ไม่ใช่วัดว่ามีปริมาณกาซเท่าใด โดยการคำนวณสัดส่วนพื้นที่ใต้กราฟของกาซแต่ละชนิดที่เครื่องวัดได้เทียบกับพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมด



รูปที่ 3.7 วิธีเก็บตัวอย่างกาซด้วยหลอดสูญญากาศ

3.5.3 วิธีทำความสะอาดถังปฏิกิริยา

ถังปฏิกิริยาชุดนี้ทำจากอะคริลิคใส เพื่อดูสภาพภายในถังปฏิกิริยา ดังนั้นจึงมีปัญหาจากการเกิดตะไคร่น้ำในถัง นอกจากจะทำให้มองไม่เห็นสภาพภายในถังแล้ว ตะไคร่น้ำอาจสังเคราะห์แสงผลิตออกซิเจนรบกวนการทำงานของระบบได้ จำเป็นต้องทำความสะอาดภายในถังปฏิกิริยาบ้าง โดยการใช้ผ้าห่อแม่เหล็กแรงสูงก้อนเล็กๆ แล้วผูกเชือกหย่อนลงไปจากด้านบนถัง ใช้ผ้าหุ้มแม่เหล็กแรงสูงอีกตัวหนึ่งดูดล่ออยู่ด้านนอกถัง แม่เหล็กทั้งสองตัวจะดูดเข้าหากันแต่ตัวหนึ่งอยู่ด้านนอก อีกตัวหนึ่งอยู่ด้านในถัง เมื่อขยับแม่เหล็กตัวด้านนอกแม่เหล็กตัวในถังก็เคลื่อนตามด้วย ทำความสะอาดด้านในถังพร้อมกับด้านนอก การทำความสะอาดแบบนี้สะดวก รบกวนการทำงานของระบบน้อย ไม่ต้องถ่ายเชื้อออก และการหย่อนแม่เหล็กผ่านกรวยเก็บกาซลงมาไม่จำเป็นต้องยกส่วนแยกกาซขึ้นทั้งชุด

3.6 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

3.6.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ในการทดลองชุดที่ 1 น้ำย้อมสีแดง กำหนดจุดเก็บน้ำ 2 ตำแหน่ง คือ

1) จากถังเตรียมน้ำเสียที่จะป้อนเข้าระบบเมื่อเตรียมน้ำใหม่ เรียกแทนว่า น้ำเสีย
2) จากน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี เรียกแทนว่า น้ำผ่านการบำบัด หรือ น้ำออก

การทดลองชุดที่ 2 น้ำย้อมสีน้ำเงินมีการเก็บตัวอย่างน้ำเพิ่มอีกหนึ่งตำแหน่ง คือ

3) จากถังเตรียมน้ำเสีย เมื่อเวลาผ่านไป 22 ชม. หลังการเตรียมน้ำ เรียกแทนว่า น้ำถังกรด

3.6.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจะวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ความเข้มสี ซีโอดีทั้งหมด พีเอช อุณหภูมิ โออาร์พี สภาพด่างทั้งหมด กรดไขมันระเหย ปริมาณกาซทั้งหมด และเปอร์เซนต์กาซมีเทน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวัดความเข้มสีระหว่างการทดลองชุดที่ 1 (น้ำย้อมสีแดง) กับการทดลองชุดที่ 2 (น้ำย้อมสีน้ำเงิน) แตกต่างกันเนื่องจากพบว่าในการทดลองชุดที่ 1 แยกสิ่งเจือปนออกจากตัวอย่างน้ำด้วยการปั่นเหวี่ยง 6,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที ไม่สามารถแยกสิ่งเจือปนที่เกิดจากอนุภาคไขมันและอนุภาคน้ำนมถั่วเหลืองออกได้ดีนัก ยังคงเหลือเป็นความขุ่น รบกวนการวัดสีของน้ำเสียเข้าระบบ การทดลองชุดที่ 2 จึงเปลี่ยนเป็นการปั่นเหวี่ยง 10,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที อย่างไรก็ตามการเพิ่มความเร็วรอบและเวลาสำหรับการแยกสิ่งเจือปนในการทดลองชุดที่ 2 มีผลกับการกำจัดสิ่งเจือปนดังกล่าวเท่านั้น ไม่มีผลต่อค่าความเข้มสีที่เกิดจากสีย้อม โดยพิจารณาน้ำเสียจากระบบที่ไม่มีสิ่งเจือปน ค่าความเข้มสีจากการเตรียมตัวอย่างน้ำทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกัน

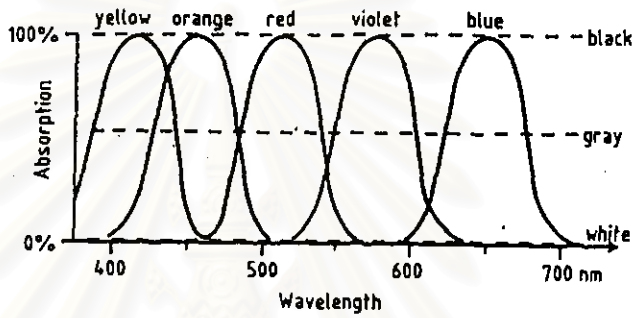
ตารางที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตัวแปรตาม	จุดเก็บตัวอย่าง			วิธีวิเคราะห์
	น้ำเสีย	น้ำถังกรด[1]	น้ำออก	
ความเข้มสี	/	/	/	เครื่อง UV-VIS spectrophotometer
วัดในหน่วย SU				ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-1201
ซีโอดีทั้งหมด	/	/	/	Closed Reflux
พีเอชและอุณหภูมิ	/	/	/	เครื่องวัด พีเอช ยี่ห้อ HORIBA รุ่น F-13
โออาร์พี			/	เครื่องวัด โออาร์พี
				1) Metrohm รุ่น 744 pH meter
				2) Prominent แบบ hand held [1]
สภาพด่างทั้งหมด	/	/	/	วิธีไทเทรต
กรดไขมันระเหย	/	/	/	วิธีไทเทรต
ปริมาณกาซทั้งหมด				เครื่องวัดปริมาณกาซโดยการแทนที่น้ำ
เปอร์เซนต์กาซมีเทน				เครื่อง Gas Chromotography

[1] เฉพาะการทดลองที่ 2 น้ำย้อมสีน้ำเงิน

3.6.3 การวัดความเข้มสีในหน่วยเอสยู

มนุษย์สามารถมองเห็นแสงได้ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร หากวัตถุสะท้อนคลื่นแสงทั้งหมดมาเข้าตา มนุษย์จะมองเห็นเป็นสีขาว หากดูดกลืนไว้ได้ทั้งหมดจะเห็นเป็นสีดำ ถ้าดูดกลืนไว้บางส่วนก็จะเห็นเป็นสีต่างๆ โทนสีที่ปรากฏเมื่อเกิดการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ เป็นดังรูปที่ 3.8



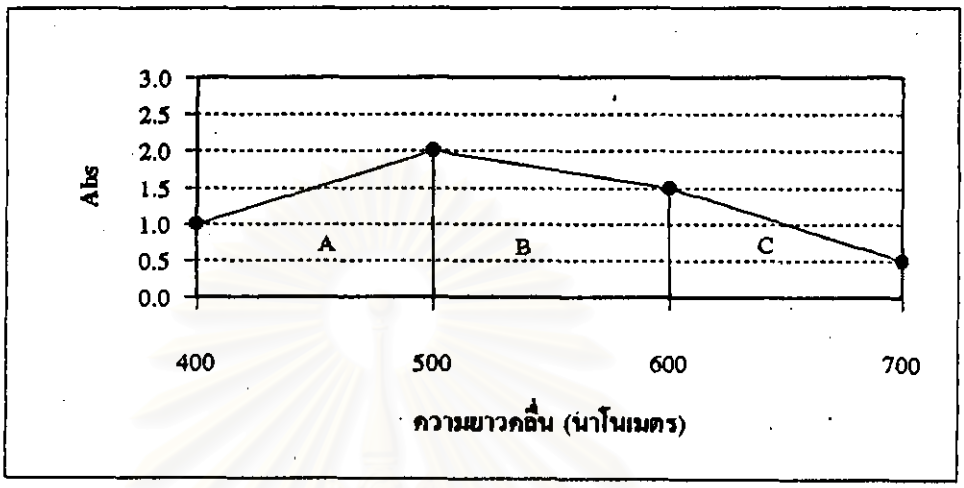
รูปที่ 3.8 สีที่ปรากฏเมื่อมีการดูดกลืนคลื่นแสงแต่ละความยาวคลื่น

(Zollinger, 1987)

การสื่อความหมายถึงความเข้มสีในน้ำเสียทำได้ยาก เนื่องจากสีย้อมมีมากมายหลายชนิด มีสูตรโครงสร้างโมเลกุลซับซ้อนมากมาย สีบางชนิดปริมาณเพียงเล็กน้อย สามารถทำให้น้ำกลายเป็นสีเข้ม ในขณะที่สีอีกชนิดหนึ่งต้องใช้ปริมาณมากจึงจะทำให้น้ำเป็นสีเข้มเท่ากัน ยิ่งหากต่างโทนสีกันด้วยแล้วปริมาณสีที่ต้องใช้ยิ่งแตกต่างกันอย่างมาก การสื่อความหมายโดยบอกปริมาณหรือความเข้มข้นเนื้อสีที่ใช้ จึงไม่สามารถสื่อถึงความเข้มสีอย่างชัดเจนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากไม่ทราบมาก่อนว่ามีสีชนิดใดบ้างอยู่ในน้ำเสีย หรือมีการใช้สีหลายชนิดปนกัน การบอกความเข้มสีกรณีนี้ แทบจะเป็นไปไม่ได้เลย

การวัดสีแบบเอสยู หรือ space unit เป็นหน่วยการวัดสี (Gregor,1992) โดยวัดการดูดกลืนคลื่นแสง (Absorbance) ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่ตามนุษย์มองเห็นได้ (400-700 นาโนเมตร) แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟ โดยให้ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงเป็นแกนตั้ง และความยาวคลื่นแสงในหน่วยนาโนเมตรเป็นแกนนอน จากนั้นคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ พื้นที่ที่ได้เท่ากับหน่วย เอสยู

การวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงทุก 1 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์แบบเก่าทำได้ยาก ดังนั้นจึงใช้วิธีวัดช่วงละ 100 นาโนเมตร แล้วนำมาคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การวัดสีทุกช่วง 100 นาโนเมตร

จากตัวอย่างรูปที่ 3.9 คำนวณพื้นที่ใต้กราฟ

$$A = \frac{(1 + 2)}{2} * 100 = 150$$

$$B = \frac{(2 + 1.5)}{2} * 100 = 175$$

$$C = \frac{(1.5 + 0.5)}{2} * 100 = 100$$

รวมพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมด = A + B + C = 425 หน่วย

∴ สีในตัวอย่างมีค่าความเข้มสีเท่ากับ 425 เอสยู

ด้วยขีดความสามารถของเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ที่ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ได้ในปัจจุบัน ทำให้การวัดสีด้วยในหน่วยเอสยูสะดวก รวดเร็ว และแม่นยำมากขึ้น เช่นเครื่องยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UV 1201 สามารถกำหนดให้เครื่องทำการวัดแบบไล่ลำดับ (Scan) ช่วงละ 1 นาโนเมตร แล้วเก็บข้อมูลไว้ ดังรูปที่ 3.10 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟด้วยโปรแกรม UVPC 37 ออกมาเป็นหน่วยเอสยูได้ทันที พร้อมทั้งสามารถเห็นเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสง และความยาวคลื่นได้ในเวลาเดียวกัน ดังรูปที่ 3.11

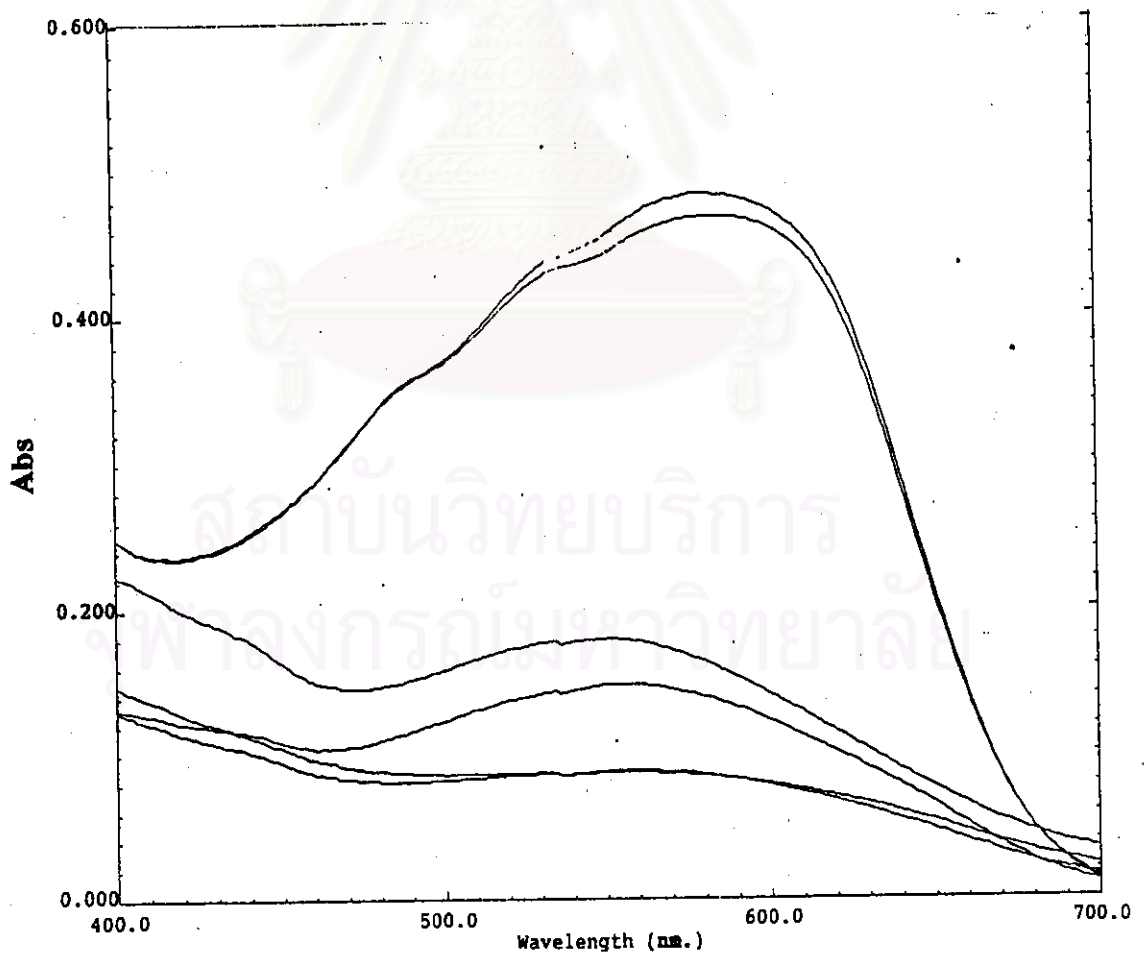
Created: 13:37 10/09/97
Data: Original

Measuring Mode: Abs.
Scan Speed: Fast
Slit Width: 0.1
Sampling Interval: 1.0

Result = (Area * Factor) / Divisor Factor = 1.000

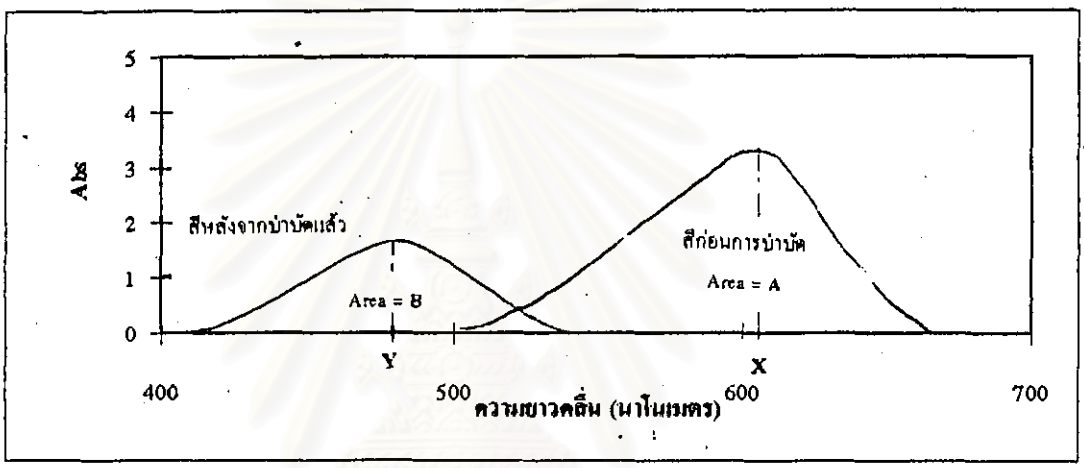
Region	Start	End	Divisor	Area	Result
1	400.0	700.0	1.000	102.639	102.639

รูปที่ 3.10 ตัวอย่างข้อมูลจากเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวัดน้ำเสียด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์

โดยธรรมชาติของสี ความสามารถในการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดของสีแต่ละสีจะอยู่ที่ความยาวคลื่นต่างกันออกไป การวัดสีในหน่วยเอสยูจึงมีข้อดีอีกประการหนึ่ง คือเห็นรูปกราฟค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสีตลอดความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร ทำให้สามารถบอกได้ว่าสีที่ผ่านการบำบัดแล้วมีการเปลี่ยนโทนสีหรือไม่ อย่างไร และหากมีการเปลี่ยนโทนสี การวัดสีในหน่วยเอสยูทำให้ค่าเอสยูยังคงอยู่ ซึ่งแตกต่างจากการวัดสีที่ความยาวคลื่นเพียงค่าเดียว ดังตัวอย่างรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการวัดสีน้ำเสียที่มีการเปลี่ยนโทนสีหลังการบำบัด

จากกราฟตัวอย่าง สมมติว่าเป็นการวัดสีของน้ำเสียสีชนิดหนึ่ง ก่อนและหลังการบำบัด ซึ่งสีชนิดนี้มีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดก่อนเข้าระบบที่ความยาวช่วงคลื่น X นาโนเมตร หากวัดสีโดยวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดที่ X นาโนเมตร ค่าเดียว เมื่อวัดค่าน้ำออกที่ X นาโนเมตร จะพบว่าไม่มีสีเหลืออยู่เลย แต่หากวัดในหน่วยเอสยู วัดสีเข้าได้เท่ากับ A เอสยู แล้วยังเหลือสีในน้ำออกเท่ากับ B เอสยู ซึ่งจะตรงกับความเป็นจริงมากกว่า นอกจากนั้นยังสามารถบอกได้อีกว่าสีที่ผ่านการบำบัดแล้วมีแนวโน้มการเปลี่ยนโทนสีเป็นสีอื่นหรือไม่ อย่างไร โดยดูจากค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดที่ Y นาโนเมตร ว่าใกล้เคียงกับสีใดเทียบกับรูปที่ 3.8