ภาคผนวก ง ผลการทดลองและตัวอย่างวิธีการคำนวณ

รายการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า BOD

ตารางภาคผนวก ง1 ผลปริมาณ BOD ที่เหลืออยู่ผ่านกระบวนการโอโซนเนชันในระยะเวลาต่าง

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	BOD ที่เหลืออยู่หลังจากผ่านกระบวนการโอโซนเนชันในระยะเวลาต่างๆ (มิลกรัม/ลิตร)		
	DO_0	DO_5	อัตราเจือจาง
น้ำตัวอย่าง (ก่อนเข้าระบบบำบัด)	9.3	8.4	0.5
pH 11 0 min.	8.3	8.76	3.33
pH 11 60 min.	8.7	8.25	3.33
pH 11 120 min.	8.5	8.3	3.33

ตารางภาคผนวก ง2 ผลปริมาณ BOD ที่เหลืออยู่ผ่านกระบวนการโอโซนเนชันโดยมีไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในระยะเวลาต่าง

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	BOD ที่เหลืออยู่หลังจากผ่านกระบวนการโอโซนเนชันในระยะเวลาต่างๆ (มิลกรัม/ลิตร)		
	DO_0	DO_5	อัตราเจือจาง
ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัม/ลิตร			
pH 11 0 min.	8.2	7.7	2
pH 11 60 min.	8.3	8	2
pH 11 120 min.	8.4	8.25	2

จากผลการทดลองในตารางภาคผนวก ง1 ปริมาณการไทเทรตวัดปริมาณออกซิเจนของตัวอย่างน้ำตัวอย่าง วันแรก (DO_0) เท่ากับ 9.3 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (0.025 นอร์มอล/ลิตร) ปริมาณออกซิเจนละลายในตัวอย่างน้ำจะมีค่าเท่ากับ 1 มิลลิกรัม/ลิตร ของออกซิเจนละลายน้ำ แต่ถ้าใช้สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้นอื่นให้คำนวณปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

วิธีคำนวณ

DO = 40 x M x V

แทนค่า DO = 40 x 9.3 x 0.025

เมื่อ DO = ปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L)
M = ปริมาณสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (ml)
V = ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต (Mol/L)

การหาค่าบีโอดีทำได้โดยการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ในเวลา 5 วันในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20°C จะทำการวัดปริมาณออกซิเจนของตัวอย่าง วันแรก (DO_0) และวันที่ 5 (DO_5) จากนั้นเอาค่ามาคำนวณหาค่า BOD ดังนี้

$$\text{BOD (mg/L)} = \frac{(DO0-DO5)}{P} \times 100$$

$$\text{แทนค่า BOD (mg/L)} = \frac{(9.3-8.4)}{0.5} \times 100$$

BOD ที่ได้ = 180 mg/L

เมื่อ DO_0 = ปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำของวันแรก (mg/L)
DO_5 = ปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำของวันที่5 (ml)
P = อัตราการเจือจาง(Dilution) (%)

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า COD

ตารางภาคผนวก ง3 ผลปริมาณ COD ที่เหลืออยู่ผ่านกระบวนการโอโซนเนชันในระยะเวลาต่าง

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	COD ที่เหลืออยู่หลังจากผ่านกระบวนการโอโซนเนชันในระยะเวลาต่างๆ (มิลกรัม/ลิตร)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3	320.0	306.7	293.3	280.0	280.0
pH 7	306.7	300.0	293.3	293.3	280.0
pH 11	300.0	280.0	266.7	240.0	213.0

ตารางภาคผนวก ง4 ผลปริมาณ COD ที่เหลืออยู่ผ่านกระบวนการโอโซนเนชันโดยมีไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในระยะเวลาต่าง

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	COD ที่เหลืออยู่หลังจากผ่านกระบวนการโอโซนเนชันในระยะเวลาต่างๆ (มิลกรัม/ลิตร)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัม/ลิตร					
pH 3	330.5	278.6	278.6	252.7	252.7
pH 7	304.6	252.7	252.7	252.7	252.7
pH 11	190.4	152.3	152.3	152.3	114.2

จากผลการทดลองในตารางภาคผนวก ง3 ความเข้มข้นของ COD เริ่มต้น 320 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเติมโอโซน 30นาที มีค่า COD เท่ากับ 306.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ได้จากการทดลอง คำนวณหาปริมาณ COD ตามสมการ

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{ปริมาณน้ำตัวอย่าง}}$$

$$\text{แทนค่า COD (mg/L)} = \frac{(3.1-2.3) \times 0.25 \times 8000}{5}$$

$$\text{COD ที่ได้} = 320 \text{ mg/L}$$

เมื่อ A = ปริมาณของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรต blank (ml)
B = ปริมาณของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำตัวอย่าง (ml)
N = Normality ของ FAS ที่ใช้ไรการไทรเทรต

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า ADMI

การหาค่า ADMI โดยการใช้เครื่อง Single Beam Spectrophotometer สถาบันผู้ผลิตสีแห่งอเมริกา (American Dye Manufacturers Institute : ADMI) ได้จัดตั้งคณะกรรมการทางนิเวศวิทยาขึ้นเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของสีย้อมผ้า (dyes) ต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้จำเป็นที่จะต้องหาวิธีในการวัดสีที่สามารถเชื่อถือได้มากกว่าวิธีการวัดสีที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยมีบรรทัดฐาน 4 ข้อคือ

1) สามารถใช้ได้กับสีทุกเฉดสี (hue)

2) สามารถบ่งบอกถึงความแตกต่างของค่าสีที่ปริมาณน้อย ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) สัมพันธ์กับค่าวัดสีในหน่วย APHA

4) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดราคาไม่สูงมากนัก

สิ่งที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ คือการวัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอ ซึ่งปกติการวัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอนี้ตามStandard Methods 2120E จะต้องใช้เครื่อง Filter photometer โดยใช้ CIE tristimulus filters ประกอบด้วย แต่ที่ท้ายหัวข้อนี้ใน Standard Method ก็ยังได้บอกว่าการวัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอนั้นยังสามารถหาได้โดยการใช้เครื่อง Spectrophotometer โดยอ้างอิงถึงการศึกษาซึ่งจะอธิบายวิธีในการหาดังต่อไปนี้ (Allen et. Al., 1973)

1.หลักการ

เนื่องจากการวัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอนี้ จะต้องทำการวัดโดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ทรานสมิสชั่น ดังนั้นตัวอย่างที่จะใช้ในการวัดจะต้องทำการกำจัดคอยลอยด์และของแข็งแขวนลอยออกเสียก่อน โดยหลักการที่ใช้วัดจะยึดตามสูตรของ Adams-Nickerson Chromatic Value เช่น ถ้ามีสีอยู่ 2 สี เมื่อมองด้วยตาเปล่าแล้วเห็นความแตกต่างของสีจากสภาวะไร้สีในระดับที่เท่ากันแล้วค่าสีทั้งสองสีนี้จะมีค่าเอดีเอ็มไอเท่ากัน

อธิบายโดยละเอียดได้ดังนี้ ถ้ามีสารละลายสีฟ้าอยู่และมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าว่ามีความแตกต่างจากสภาวะไร้สีเทียบเท่ากับค่าความแตกต่างของ APHA 100 platinum-cobalt Standard (สีเหลือง) จากสภาวะไร้สี เมื่อนำไปพล็อตเว็กเตอร์ใน Adams-Nicherson Chromatic Value ความยาวของเว็กเตอร์จากสภาวะไร้สีที่ชี้ไปที่ส่วนของสีฟ้าจะมีความยาวเท่ากับเว็กเตอร์ของสภาวะไร้สีที่ชี้ไปที่ APHA 100 ซึ่งก็จะได้ค่าสีของสีฟ้าเท่ากับ 100 ADMI นั่นเอง

2.กรรมวิธีการวัด

1) ทำการวัดตัวอย่างด้วยเครื่อง Single Beam Spectrophotometer และทำการบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ทรานสมิสชั่นที่ทุก 10 แลมบ์ด้า ในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 400-700 นาโนเมตร (คลื่นที่ตามนุษย์มองเห็น)

2) คำนวณเป็นค่า C.I.E Tristimulus Values X, Y, Z ตามตารางภาคผนวก ง7

3) แปลงค่า X, Y, Z, ให้เป็นค่า V_X, V_Y, V_Z โดยสูตรของ McLaren

$X = 0.98071(1.2219V_X - 0.23111V_X + 0.23951V_X^3 - 0.021009V_X^4 + 0.0008404V_X^5)$

$Y = (1.2219V_Y - 0.23111V_Y^2 + 0.23951V_Y^3 - 0.021009V_Y^4 + 0.0008404V_Y^5)$

$Z = 1.181032(1.2219V_Z - 0.23111V_Z^2 + 0.23951V_Z^3 - 0.021009^4 + 0.0008404V_Z^5)$

เนื่องจากการแปลงค่าตามสมการข้างบนยุ่งยากมาก เพื่อความสะดวกจึงใช้ตารางสำเร็จรูปสำหรับหาค่า V_X, V_Y, V_Z หลังจากทราบค่า X, Y, Z แล้ว อนึ่งตารางดังกล่าวนี้มีปริมาณมากจึงไม่ขอกล่าวในที่นี้ แต่สามารถดูได้ใน “Color Science : Concepts and Methods Quantitative Data and Formular” หรือสามารถใช้การคำนวณในโปรแกรม QuickBasic

4) คำนวณค่าความแตกต่างของสี Adams-Nickerson (DE)

$DE = [(0.23 \bullet V_Y)^2 + \{(V_X - V_Y)\}^2 + \{0.4 \bullet (V_Y - V_Z)\}^2]^{1/2}$

สำหรับน้ำกลั่น เมื่อแทนค่าเปอร์เซ็นต์ทรานสมิสชั่นในตารางที่ผนวกที่ ง7 เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ทุกค่าความยาวคลื่นจะได้ค่า V_{XC}, V_{YC}, V_{ZC} เท่ากับ 9.900, 9.902, 9.910 ตามลำดับซึ่งจะทำให้ได้สมการใหม่ดังนี้

$DE = [\{0.23(9.902 - V_Y)\}^2 + (V_Y - V_X - 0.002)^2 + \{0.4(V_Z - V_Y - 0.008)\}^2]^{1/2}$

5) แปลงค่า DE มาเป็นค่าในหน่วย ADMI โดยจะต้องจัดทำกราฟมาตรฐานระหว่าง DE กับค่า ADMI (APHA) ของเครื่อง Single Beam Spectrophotometer ออกมาก่อน ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

1) ละลาย 1.246 กรัมโพแทสเซียมคลอโรแพลติเนต, K_2PtCl_6 (เทียบเท่ากับ 500 มก.แพลทินัม) และ 1 กรัมโคบอลตัสคลอไรด์, $CoCl_2.6H_2O$ (เทียบเท่ากับ 250 มก.โคบอล) ในน้ำกลั่น ซึ่งเติมกรดไฮโดรคลอริก 100 มล. แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1,000 มล. สารละลายมาตรฐานนี้มีความเข้มข้นสีเท่ากับ 500 หน่วยสารละลายเหล่านี้จะมีหน่วยเป็น APHA

ตารางภาคผนวก ง5 ผลปริมาณ Color unit ที่เหลืออยู่ผ่านกระบวนการโอโซนเนชันในระยะเวลาต่าง

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	Color unit ที่เหลืออยู่หลังจากผ่านกระบวนการโอโซนเนชันในระยะเวลาต่างๆ (มิลลิกรัม/ลิตรแพลทตินัมโคบอลต์)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
pH 3	550.0	550.0	550.0	419.0	321.0
pH 7	334.0	83.0	54.0	38.0	19.0
pH 11	550.0	124.0	74.0	62.0	55.0

ตารางภาคผนวก ง6 ผลปริมาณ Color unit ที่เหลืออยู่ผ่านกระบวนการโอโซนเนชันโดยมีไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในระยะเวลาต่าง

ค่า pH ที่ทำการศึกษา	Color unit ที่เหลืออยู่หลังจากผ่านกระบวนการโอโซนเนชันในระยะเวลาต่างๆ (มิลลิกรัม/ลิตรแพลทตินัมโคบอลต์)				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัม/ลิตร					
pH 3	424.0	346.0	343.0	311.0	264.0
pH 7	244.0	65.0	46.0	35.0	28.0
pH 11	270.0	129.0	86.0	76.0	54.0

ตารางภาคผนวก ง7 ตารางการคำนวณค่า C.I.E. Tristimulus

Wavelength	%T.	X		Y		Z	
		Factor	%T x Fact.	Factor	%T x Fact.	Factor	%T x Fact.
700		0.00156		0.00056		0	
690		0.00171		0.00062		0	
680		0.00369		0.00134		0	
670		0.00708		0.00259		0	
660		0.01361		0.00504		0	
650		0.02349		0.00886		0	
640		0.03693		0.01443		0	
630		0.05309		0.0219		0	
620		0.0707		0.03153		0.00002	
610		0.08325		0.04176		0.00002	
600		0.08949		0.05316		0.00007	
590		0.08984		0.06627		0.0001	
580		0.08417		0.07992		0.00016	
570		0.07322		0.09147		0.0002	
560		0.0588		0.09841		0.00039	
550		0.04282		0.09832		0.00086	
540		0.02785		0.09149		0.00195	
530		0.01523		0.07934		0.00388	
520		0.00576		0.06462		0.00712	
510		0.00089		0.04833		0.0152	
500		0.00052		0.03401		0.02864	
490		0.00363		0.02358		0.05274	
480		0.01112		0.01618		0.09461	
470		0.02272		0.01058		0.14972	
460		0.03362		0.00694		0.19299	
450		0.03915		0.00443		0.20638	
440		0.03975		0.00262		0.19938	
430		0.02997		0.00122		0.14628	
420		0.01238		0.00037		0.05949	
410		0.00329		0.00009		0.0157	
400		0.00108		0.00002		0.00513	

ที่มา : Allen et. Al., 1973

จากผลการทดลองในตารางภาคผนวก ง5 ความเข้มข้นของ Color unit เริ่มต้น 550 มิลลิกรัมต่อลิตรแพลทตินัมโคบอลต์ ที่ได้จากการทดลองคำนวณหาปริมาณ Color unit ตามสมการ

$$F_n \text{ (mg/L Pt Co)} = \frac{(APHA)n \times b}{(DE)n}$$

เมื่อ $(APHA)_n$ = ค่าสีมาตรฐานของ n

$(DE)_n$ = ค่ากลางที่ใช้สำหรับการคำนวณ n

b = ขนาดของเซลล์วัดแสง (cm)

คำนวณหาค่า DE ดังสมการ

$$DE = \{ (0.23\ V_y)^2 + [V_x - V_y]^2 + [0.4(V_y - V_z)]^2 \}$$

เมื่อ x = 0.04282

y = 0.09832

z = 0.00086

แทนค่า

$DE = \{ (0.23 \times 0.09832)^2 + [0.04282 - 0.09832]^2 + [0.4(0.09832 - 0.00086)]^2 \}$

$= \{ (0.0226136)^2 + [-0.0555]^2 + [0.038984]^2 \}$

$= \{ 0.00051137490496 + 0.00308025 + 0.001519752256 \}$

$= 0.00408862735104$

$= 0.0041$

$$F_n = \frac{550 \times 2.5}{0.0041}$$

$$= \frac{1375}{0.0041}$$

$= 335,365.85$

แปลงค่า Color unit เป็น ADMI ดังสมการ

$$\text{ADMI} = \frac{F \times DE}{b}$$

$$\text{แทนค่า ADMI} = \frac{335{,}365.85 \times 0.0041}{2.5}$$

$$= \frac{1{,}374.99}{2.5}$$

$$= 549.96$$

$$= 550$$