บทที่ 3

แผนงานและการดำเนินการวิจัย

การทดลองทั้งหมดในการวิจัยนี้กระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม(เครื่องวัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอ)

3.1 แผนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงฟอกย้อมระหว่างกระบวนการเอสบีอาร์แบบธรรมดา(AS) กับแบบแอนนอกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิก(A_2O) ซึ่งหลักการทำงานของทั้งสองระบบต่างกันตรงที่กระบวนการหลังจะต้องมีช่วงไร้อากาศก่อนที่จะเป็นช่วงเติมอากาศ และได้ใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานฟอกย้อมซึ่งมีความแตกต่างของชนิดสี 3 ประเภท โดยดำเนินการทดลองครั้งละ 2 ชุดการทดลอง (1 ชุดการทดลองจะประกอบด้วยระบบ AS กับ A_2O) รวมทั้งเข้าไปศึกษาถึงกระบวนการผลิตภายในโรงงานดังกล่าว เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างในการกำจัดสีนั้นเกิดจากอะไร (อาจเกิดจากชนิดของสีที่ใช้ย้อม, โทนสี , การฟอกย้อม ฯลฯ) ส่วนชุดการทดลองสุดท้ายจะใช้น้ำเสียที่มีการเติมกรดอะซิเทตและน้ำตาลมาทดลองโดยใช้ระบบ A_2O ที่มีการทำงานในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิกแตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสี

ในการวิจัยนี้มีตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ

<u>ตัวแปรกำหนด</u>

ตัวแปรกำหนดที่ต้องการให้คงที่ ได้แก่

- ขนาดของถังปฏิกิริยา โดยกำหนดให้ทั้งสองระบบมีขนาดเท่ากันคือ กว้าง 20 ซม. ยาว 20 ซม. และสูง 35 ซม. มีปริมาตรประสิทธิผล 10 ลิตร การใช้ถังที่มีรูปร่างทรงสูงเพื่อลดการถ่ายเทออกซิเจนที่ผิวหน้าในช่วงแอนแอโรบิกให้มีน้อยที่สุด และกำหนดให้น้ำเสียอยู่ในถังปฏิกิริยาสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 10 ลิตร และ 6.67 ลิตร ตามลำดับ ดังนั้นจะต้องเติมน้ำเสียเข้าถังปฏิกิริยาเท่ากับ 3.33 ลิตรในแต่ละวัฏจักร
- กำหนดอายุสลัดจ์มีค่าคงที่เท่ากับ 8 วัน ดังนั้นจะต้องระบายสลัดจ์ส่วนเกินออกจากถังเท่ากับ 1.25 ลิตร/วัน

- จำนวนวัฏจักรการทำงานต่อวันกำหนดขึ้นให้เหมาะสมกับลักษณะของน้ำเสียแต่ละโรงงาน โดยจะทำการวัดค่าซีโอดีที่เวลาต่างๆในช่วงเติมอากาศ แล้วนำค่าดังกล่าวมาพล็อตกราฟเพื่อดูลักษณะโพรไฟล์ซีโอดีที่เกิดขึ้น และเลือกใช้ช่วงการเติมอากาศที่สามารถกำจัดซีโอดีได้มากที่สุดในการทดลองต่อไป

- กำหนดให้อัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส สำหรับน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 150:5:1

ตัวแปรตาม

ตัวแปรตามที่จะต้องวิเคราะห์คือ ค่า โออาร์พี, ดีโอ, พีเอช, สภาพด่าง, วีเอฟเอ, ซีโอดีกรอง, ไนโตรเจน(กรอง), ฟอสฟอรัส , แอ็มแอลเอสเอส, $วี_{30}$, เอสวีไอ, สมรรถนะภาพการกำจัดสีและคุณภาพของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบฯ

ตัวแปรอิสระ

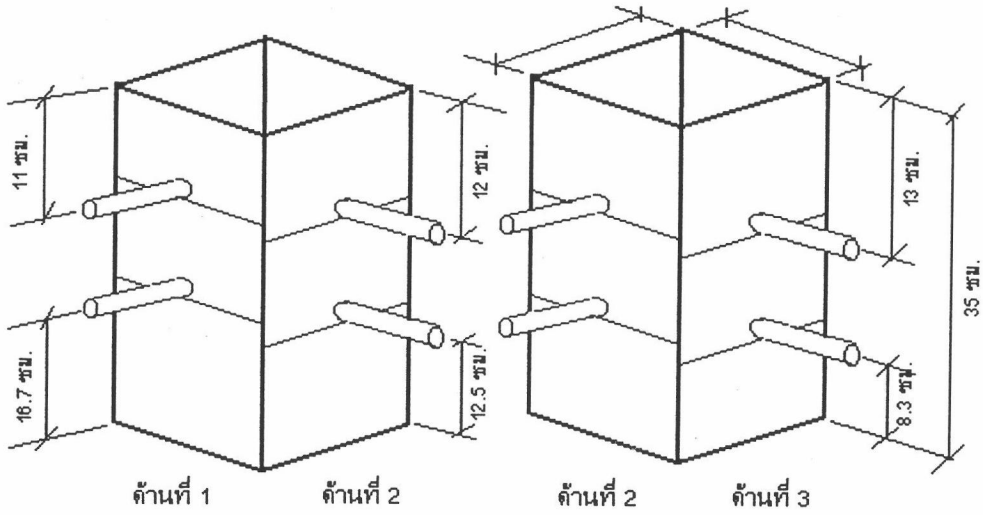
ตัวแปรอิสระที่ศึกษาคือ ลักษณะของน้ำเสียจากน้ำเสียโรงฟอกย้อมซึ่งมีสีต่างกัน ได้แก่ สีดิสเพอร์ส, ซัลเฟอร์, รีแอกทีฟ และรีแอกทีฟที่มีการเติมแหล่งคาร์บอนเสริม(น้ำตาลและกรดอะซิติก) ตลอดจนตำแหน่งที่เก็บน้ำเสีย โดยน้ำเสียที่มีสีดิสเพอร์สเก็บในบ่อพักน้ำเสียรวมของโรงงานแห่งหนึ่ง ส่วนน้ำเสียที่มีสีซัลเฟอร์และรีแอกทีฟเก็บในรางน้ำเสียที่ออกจากโรงงานอีกแห่งหนึ่งซึ่งเป็นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตอย่างเดียว

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

3.2.1 ถังเก็บน้ำเสีย

ถังเก็บน้ำเสียเป็นถังพลาสติกขนาดจุ 20 ลิตร จำนวน 4 ใบ สำหรับเก็บน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ปริมาณน้ำเสียที่ถูกปล่อยให้ไหลเข้าถังปฏิกิริยาเท่ากับ 3.33 ลิตรต่อ 1 วัฏจักรการทำงาน โดยเจาะรูที่ข้างถังและมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดของโซลีนอยด์วาลว์ (ดูรูป 3.1)



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งรูที่เจาะข้างถังปฏิกิริยา

3.2.2 ถังปฏิกิริยา

ถังปฏิกิริยาเป็นถังอะคริลิกใสขนาด 20 x 20 x 35 ซ.ม.^{3} จำนวน 4 ใบ ซึ่งใช้ในกระบวนการ AS และ A_2O อย่างละ 2 ใบ โดยเจาะรูที่ข้างถังทั้งหมด 3 ด้านๆละ 2 รู เพื่อให้สามารถเลือกตำแหน่งที่ต้องการระบายสลัดจ์ส่วนเกินกับระบายน้ำใสส่วนบนออกได้ โดยไม่ต้องใช้ถังปฏิกิริยาใบใหม่ ตำแหน่งที่เจาะรูแสดงดังรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าในแต่ละด้านของถัง รูที่ตำแหน่งบนมีไว้สำหรับระบายสลัดจ์ส่วนเกิน ส่วนรูที่ตำแหน่งล่างไว้สำหรับระบายน้ำใสออกจากระบบฯ

3.2.3 เครื่องกวน

เครื่องกวนจะใช้ในกระบวนการแอนนอกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิกเอสบีอาร์ จำนวน 2 ตัว ซึ่งทำหน้าที่ผสมน้ำเสียให้มีการสัมผัสกันระหว่างสารอินทรีย์กับจุลินทรีย์ ใบกวนทำด้วยพลาสติก ความเร็วเกรเดียนต์(G) มีค่าระหว่าง 40-200 วินาที$^{-1}$ โดยใช้มอเตอร์ขับให้มีความเร็วรอบระหว่าง 76-228 รอบต่อนาที

3.2.4 เครื่องเติมอากาศ

เครื่องเติมอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบที่ใช้สำหรับเติมอากาศในตู้ปลา จำนวน 4 เครื่อง

โดยติดหัวกระจายอากาศ ชนิดที่ใช้ในตู้เลี้ยงปลาทั่วๆไป

3.2.5 ไมโครโปรเซสเซอร์

ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้คือเบอร์ 8051 ของบริษัท Intel ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ โซลีนอยด์วาล์ว เครื่องกวน และเครื่องเติมอากาศ ให้เปิด-ปิด ตามเวลาที่ตั้งไว้

3.2.6 อุปกรณ์อื่นๆ

ได้แก่ วาล์วโซลินอยด์ ทำหน้าที่เปิด-ปิดการทำงานในช่วงที่มีการเติมน้ำเสีย ช่วงระบายน้ำใสส่วนบนออก และระบายสลัดจ์ส่วนเกิน, ท่อพีวีซีไว้สำหรับเป็นทางออกของน้ำทิ้งและสลัดจ์ส่วนเกิน

3.3 การติดตั้งเครื่องมือและการทำงาน

การติดตั้งเครื่องมือของทั้งสองกระบวนการ แสดงในรูปที่ 3.2 และ 3.3 ใช้ชุดทดลองทั้งหมด 4 ชุดทดลอง แบ่งเป็นระบบ AS และระบบ A_2O อย่างละ 2 ชุดทดลอง โดยใช้น้ำเสียจากโรงฟอกย้อมที่มีชนิดสีเดียวกันนำมาทดลองกับชุดทดลองทั้งสองแบบ สรุปแล้วในหนึ่งการทดลองจะต้องใช้น้ำเสียจากโรงฟอกย้อมที่มีชนิดสี 2 ประเภท โดยในช่วงเริ่มต้นการเดินระบบของทั้งสองระบบจะนำเชื้อจุลินทรีย์(seed)จากถังเติมอากาศของโรงงานจริงที่มีการเดินระบบอยู่แล้วมาผสมกับน้ำเสียในอัตราส่วน 1:1 สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละกระบวนการอธิบายได้ดังนี้

3.3.1 การทำงานของกระบวนการเอสบีอาร์แบบธรรมดา มีดังนี้

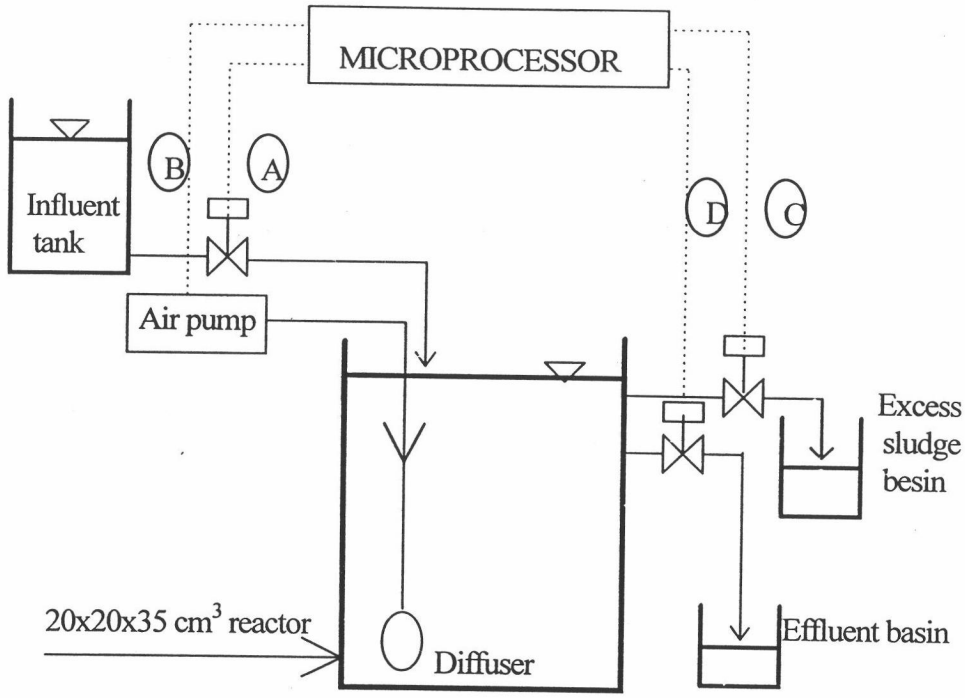
ชุดควบคุมการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์จะสั่งให้ระบบทำงานดังนี้

A : สั่งเปิด-ปิดโซลีนอยด์วาวล์ ให้เติมน้ำเสียเข้าถังปฏิกิริยาในช่วงเติมน้ำเสีย

B : สั่งเปิด-ปิด เครื่องเติมอากาศ เป็นช่วงออกซิก

C : สั่งเปิด-ปิดโซลีนอยด์วาวล์ เพื่อระบายสลัดจ์ส่วนเกินออกตรงช่วงท้ายของช่วงเติมอากาศ

D : สั่งเปิด-ปิดโซลีนอยด์วาวล์ เพื่อระบายน้ำใสส่วนบนออก หลังจากผ่านช่วงตกตะกอน



รูปที่ 3.2 การติดตั้งเครื่องมือในการทดลองสำหรับกระบวนการเอสบีอาร์แบบธรรมดา

3.3.2 การทำงานของกระบวนการแอนนอกซิก/แอนแอโรบิก-ออกซิกเอสบีอาร์ มีดังนี้

ชุดควบคุมการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์จะสั่งให้ระบบทำงานดังนี้

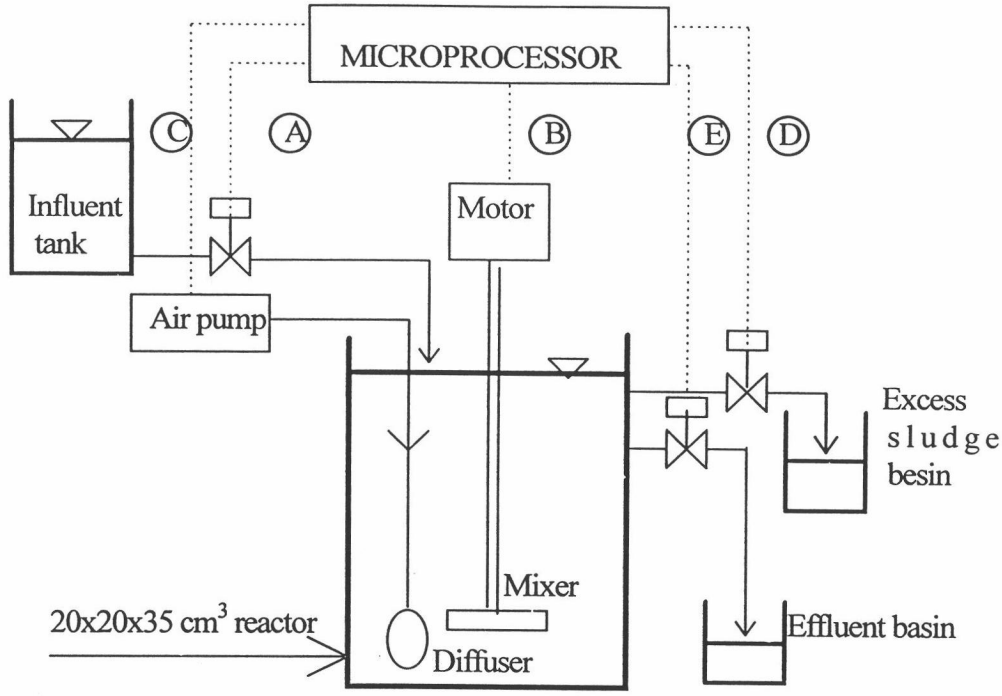
A : สั่งเปิด-ปิด โซลินอยด์วาวล์ให้เติมน้ำเสียเข้าถังปฏิกิริยา

B : สั่งเปิด-ปิด เครื่องกวน เป็นช่วงแอนนอกซิก/แอนแอโรบิก

C : สั่งเปิด-ปิด เครื่องเติมอากาศ เป็นช่วงออกซิก

D : สั่งเปิด-ปิดโซลินอยด์วาวล์ เพื่อระบายสลัดจ์ส่วนเกินออกตรงช่วงท้ายของช่วงการเติมอากาศ

E : สั่งเปิด-ปิดโซลีนอยด์วาล์ว เพื่อระบายน้ำใสส่วนบนออก



รูปที่ 3.3 การติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง สำหรับกระบวนการแอนนอกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิก เอสบีอาร์

3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำถูกเก็บตามตำแหน่งต่างๆดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ ซึ่งช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำเข้าได้ทำก่อนที่น้ำเสียจะเข้าระบบ ช่วงแอนแอโรบิกและช่วงเติมอากาศได้ทำก่อนที่จะสิ้นสุดการทำงานในแต่ละช่วง

ตัวอย่างน้ำที่เก็บแต่ละจุดมีปริมาตรไม่เกิน 250 มล. และจะนำมาวิเคราะห์หาปริมาณค่าตัวแปรต่างๆ ดังแสดงรายละเอียดและความถี่ไว้ในตารางที่ 3.1 และ 3.2

เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ จะทำการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.2 และ 3.3 เพื่อดูแนวโน้มการทำงานของระบบ

ตารางที่ 3.1 ลักษณะของน้ำเสีย ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง และความถี่ที่ต้องวิเคราะห์ สำหรับกระบวนการเอสบีอาร์แบบธรรมดา

พารามิเตอร์	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง		
	น้ำเสีย	ช่วงเติมอากาศ	น้ำทิ้ง
พีเอช	D	D	-
โออาร์พี	D	D	-
อุณหภูมิ	D	D	-
ออกซิเจนละลาย	-	D	-
เอสวี30	-	D	-
เอ็มแอลเอสเอส	-	MWF	-
สี	MWF	MWF	-
เอสเอส	1/W	-	MWF
ซีโอดีทั้งหมด	MWF	-	-
ซีโอดี (กรอง)	MWF	MWF	-
ความเป็นด่าง(กรอง)	MWF	MWF	-
ทีเคเอ็น(กรอง)	MWF	MWF	-
ไนเทรต (กรอง)	MWF	MWF	-
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	MWF	-	-
ฟอสฟอรัสทั้งหมด(กรอง)	-	MWF	-

หมายเหตุ D หมายถึง ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์ทุกวัน (daily)

MWF หมายถึง ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์ทุกวันจันทร์ พุธ ศุกร์

1/W หมายถึง ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์สัปดาห์ละครั้ง (once/week)

ตารางที่ 3.2 ลักษณะของน้ำเสีย ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง และความถี่ที่ต้องวิเคราะห์ สำหรับกระบวนการแอนนอกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิกเอสบีอาร์

พารามิเตอร์	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง			
	น้ำเสีย	ช่วงแอนแอโรบิก	ช่วงเติมอากาศ	น้ำทิ้ง
พีเอช	D	D	D	-
โออาร์พี	D	D	D	-
อุณหภูมิ	D	D	D	-
ออกซิเจนละลาย	-	D	D	-
เอสวี 30	-	-	D	-
เอ็มแอลเอสเอส	-	-	D	-
สี	MWF	MWF	MWF	MWF
เอสเอส	1/W	-	-	MWF
ซีโอดีทั้งหมด	MWF	-	-	-
ซีโอดี (กรอง)	-	MWF	MWF	-
ความเป็นด่าง(กรอง)	MWF	MWF	MWF	-
ทีเคเอ็น(กรอง)	MWF	MWF	MWF	-
ไนเทรต (กรอง)	MWF	MWF	MWF	-
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	MWF	MWF	MWF	-
ฟอสฟอรัสทั้งหมด(กรอง)	-	-	-	-

หมายเหตุ D หมายถึง ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์ทุกวัน (daily)

MWF หมายถึง ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์ทุกวันจันทร์ พุธ ศุกร์

1/W หมายถึง ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์สัปดาห์ละครั้ง (once/week)

3.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

สำหรับวิธีวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ของตัวอย่างน้ำมีดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
พีเอช	Electronic pH meter with glass electrode method
ออกซิเจนละลาย	Membrane electrode method
โออาร์พี	Electronic ORP meter with platinum electrode method
อุณหภูมิ	Thermometer method
ซีโอดี(กรอง)	Dichromate close reflux method
ฟอสฟอรัสทั้งหมด,กรอง	Vanadomolybdate acid method
เอ็มแอลเอสเอส	0.45 micron + drying at 103°c
เอสเอส	0.45 micron + drying at 103°c
เอสวี30	Settled volume method
ไนเทรต	Ultraviolet Spectrophotometric method (Spectroquant 108)
สภาพด่าง	Titration method
สี	Spectrophotometer methods

3.5 การวัดสี

สำหรับการวัดสีในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องมือวัด คือ สเปกโตรโฟโทมิเตอร์ โดยเป็นเครื่องที่วัดค่าสีออกมาในรูปของแอ็บซอบแบนซ์ ที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 400-700 นาโนเมตร ซึ่งจะทำการวัดทุกๆ 50 นาโนเมตร แล้วนำมาแสดงเป็นรูปกราฟระหว่างค่าแอ็บซอบแบนซ์กับความยาวคลื่น พื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวสามารถใช้เป็นตัวแทนในการดูแนวโน้มการกำจัดสีได้ โดยเรียกว่าหน่วย space unit (SU) (Eckenfelder *et.al.* 1992) ส่วนอีกเครื่องหนึ่งนั้นเป็นเครื่องที่สามารถวัดและวิเคราะห์ค่าสีออกมาเป็นในหน่วยเอดีเอ็มไอซึ่งเป็นหน่วยที่มีค่าโดดๆ และเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบได้ดีกว่า