

II ความเป็นมาและวิวัฒนาการของวิธีวัดความใสโครกของน้ำทิ้งแบบซีไอดี

ในยุคที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมประเทศอังกฤษเป็นประเทศแรกที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับความใสโครกของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม การคิดค้นวิธีการวัดความใสโครกของน้ำ จึงได้เกิดขึ้น โดยค้นพบจากวิธีการทางธรรมชาติโดยหาปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้โดยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารต่าง ๆ ในน้ำนั้น ซึ่งก็คือการวัดความใสโครกของน้ำแบบบีไอดีนั่นเอง แต่ปรากฏว่าวิธีดังกล่าวมีปัญหาเกิดขึ้นจากอิทธิพลหลายประการที่ทำให้ค่าบีไอดีที่วัดได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง และนอกจากนี้ในการวิเคราะห์น้ำในแบบบีไอดีก็กินเวลานานถึง ๕ วัน จึงได้มีการวัดความใสโครกของน้ำในรูปของ ซีไอดี แบบต่าง ๆ ขึ้น ซึ่งใช้เวลาไม่เกิน ๕ ชั่วโมงก็สามารถทราบผลได้ และที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การวัดบีไอดีเป็นการวัดความสามารถของจุลินทรีย์ในการกำจัดความใสโครก (Biological Activity) ในน้ำ และพบว่า เป็นบางส่วนของสารในน้ำใสโครกเท่านั้นที่ถูกย่อยสลายไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าน้ำใสโครกนั้นมีสารเป็นพิษ (Toxic Substance) หรือสารอินทรีย์ที่ย่อยได้ยากโดยจุลินทรีย์ การย่อยสลายสารเหล่านี้จึงเป็นไปได้ยากหรือไม่เกิดขึ้นเลย การวัดบีไอดีจึงไม่ได้เป็นการวัดความใสโครกของสารในน้ำโดยตรง ซึ่งซีไอดีจะถือว่าเป็นการวัดปริมาณความใสโครกของสารในน้ำได้โดยตรง

การหาซีไอดีในขั้นแรก ๆ เรียกว่าเป็นออกซิเจนแอบซอร์บ (Oxygen Absorbed) หรือ ค่าโอเอ (O.A) เมื่อถูกนำไปใช้งานมากขึ้นก็ยี่วิวัฒนาการตามไปด้วยจึงเปลี่ยนเป็นปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไป (Oxygen Consumed) หรือค่าโอซี (O.C) และเปลี่ยนแปลงมาใช้เป็นซีไอดี (Chemical Oxygen Demand) นอกจากนี้อาจเรียกตามวิธีใช้สารเคมีที่ให้ออกซิเจนก็มี เช่น ค่าพีวี (Permanganate Value) ค่าดีวี (Dichromate Value) หรือค่า ดีไอซี (Oxygen Consumed From Dichromate)

วิธีการหาซีไอดีมีหลายวิธีตามชนิดของสารเคมีที่ให้ออกซิเจน ดังนี้คือ

- ก. การหาซีไอดีโดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO<sub>4</sub>) เป็นสารเคมีที่ให้

ออกซิเจน ซึ่งมีการแก้ไขโดยใช้กรดฟอสฟอริก ( $H_3PO_4$ ) เพื่อลดอิทธิพลของคลอไรด์ ( $Cl^-$ ) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) เพื่อเพิ่มกำลังในการออกซิไดส์ (Oxidizing Power) เข้ามาร่วมในการปฏิบัติอีกด้วย

- ข. การหาค่าซีไอดี โดยใช้โปแตสเซียมไอโอเดต ( $KIO_3$ ) เป็นสารเคมีที่ให้ ออกซิเจน
- ค. การหาค่าซีไอดี โดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ( $NaOCl$ ) เป็นสารเคมีที่ให้ ออกซิเจน
- ง. การหาค่าซีไอดี โดยใช้โปแตสเซียมเปอร์ไอโอเดต ( $KIO_4$ ) เป็นสารเคมี ที่ให้ ออกซิเจน
- จ. การหาค่าซีไอดี โดยใช้โปแตสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) เป็นสารเคมี ที่ให้ ออกซิเจน
- ฉ. การหาค่าซีไอดี โดยใช้โปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟต ( $K_2S_2O_8$ ) เป็นสารเคมี ที่ให้ ออกซิเจน
- ช. การหาค่าซีไอดี โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) เป็นสารเคมีที่ให้ ออกซิเจน
- ก. การหาค่าซีไอดี โดยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารเคมีที่ให้ ออกซิเจน

การหาค่าซีไอดีในระยะแรกได้ทดลองใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารเคมีที่ให้ ออกซิเจนแก่สารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง การที่เลือกโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตนี้เพราะมันเป็นสาร ที่ทำการออกซิไดส์ได้ (Strong Oxidizing Agent) แต่อย่างไรก็ดีปฏิบัติยากก็เกิดขึ้น จะให้ผลดีพอได้ก็แต่ไหนนอกจากจะขึ้นอยู่กับสารเคมี ซึ่งทำหน้าที่ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำ แล้ว ยังขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิและเวลาของการทำปฏิริยาอีกด้วย ปฏิริยาการ หาค่าซีไอดีโดยวิธีนี้สามารถแบ่งอย่างกว้าง ๆ ได้เป็น ๓ ประเภท คือ



ประเภทที่ ๑ ปฏิกริยาของสารละลายที่อยู่ในสภาวะของความเป็นกรด

ประเภทที่ ๒ ปฏิกริยาของสารละลายที่อยู่ในสภาวะของความเป็นกลาง วิธีนี้จะช่วยลดอิทธิพลของคลอไรด์ที่มีต่อค่าซีไอคิง

ประเภทที่ ๓ ปฏิกริยาของสารละลายที่อยู่ในสภาวะของความเป็นกรด - ภาวะ วิธีนี้จะช่วยลดอิทธิพลของคลอไรด์ และเพิ่มกำลังในการออกซิไดซ์ (Oxidizing Power) ให้แก่วิธีเติมเปอร์แมงกาเนต

Leithe (1975) ได้กล่าวถึงการหาค่าซีไอคิงโดยวิธีเติมเปอร์แมงกาเนต พบว่าในสภาวะที่เป็นทั้งกรดและกลางจะให้ค่าซีไอคิงสูงขึ้นเป็น ๒ เท่าของที่อยู่ในสภาวะความเป็นกรดอย่างเฉยๆ ก็ออกจากค่าซีไอคิงประมาณ ๒๕% สูงขึ้นเป็น ๒๐ - ๓๐% โดยเปรียบเทียบค่าซีไอคิงเมื่อใช้โพแทสเซียมไดโครเมตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน ทั้งนี้เพราะการหาค่าซีไอคิงโดยวิธีเติมเปอร์แมงกาเนตของสารละลายที่อยู่ในสภาวะความเป็นกรดไม่สามารถออกซิไดซ์ (Oxidize) สารละลายชนิด อาทิเช่น แอลกอฮอล์ (Ethanol), ไกลคอล (Glycol), กลีเซอรอล (Glycerol), อะซิโตน (Acetone), กรดไขมัน (Fatty Acid), กรดไดคาร์บอกซีลิก (Dicarboxylic Acid), กรดอะมิโน (Amino Acid), กรดเบนโซอิก (Benzoic Acid), กรดฟทาอิก (Phthalic Acid) และไดออกเซน (Dioxane) แต่สามารถออกซิไดซ์ ฟีนอล (Phenol) ได้ดี ซึ่งถ้าในกรณีที่มีการละลายอยู่ในสภาวะความเป็นกรด - ภาวะ แล้ว แอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์ (Ethanol), อะซิโตน (Acetone), กรดไขมัน (Fatty Acid) และกรดอะมิโน (Amino Acid) โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจะสามารถออกซิไดซ์ได้บ้าง ส่วนสารตัวอื่น ๆ ดังกล่าวสามารถออกซิไดซ์ได้เกือบหมด

ก.๑ การหาค่าซีไอคิงโดยวิธีเติมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจนในสารละลายที่อยู่ในสภาวะของความเป็นกรด

สำหรับกรณีประเภทแรกนี้ยังแบ่งปลีกย่อยออกเป็น โดยวิธีของอังกฤษ (British

Method) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในอังกฤษและอเมริกา ส่วนอีกวิธีเป็นของเยอรมัน (DEV Method)

วิธีของอังกฤษเราก็มักแบ่งของปลั๊กย่อยออกไปอีก คือปฏิบัติการที่ใช้เวลา ๔ ชั่วโมง กับปฏิบัติการที่ใช้เวลา ๓ นาที

การทดสอบไอโอดีโคยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจนโดยวิธีของอังกฤษ (British Method) จาก (๒๘) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตในกรดกำมะถัน (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) กับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ต้องการทราบค่าไอโอดีให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่ ๒๗° ซ เป็นเวลานาน ๔ ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง จึงหาปริมาณของโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เหลือจากทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำด้วยโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) แล้วหาปริมาณไอโอดีน (I<sub>2</sub>) ที่ได้จากปฏิกิริยารีดอกซ์ของโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เหลือนั้นกับโพแตสเซียมไทโอไอโอดีไซด์ (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) โดยมีน้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ (Indicator) ในกรณีนี้ให้ทำเปรียบเทียบด้วยน้ำกลั่น (Blank Test) โคยใช้ปริมาณน้ำกลั่นเท่ากับตัวอย่างน้ำทิ้งนั้น และทำในวิธีเดียวกันตลอดขึ้นพร้อม ๆ กันกับตัวอย่างจริงด้วย

$$\text{ค่าไอโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(a - b) \times n \times ๘๐๐๐}{p}$$

ก ปริมาณของโพแตสเซียมไอโอไซด์เฟสที่ใช้กับที่ทำเปรียบเทียบด้วยน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)

ข ปริมาณของโพแตสเซียมไอโอไซด์เฟสที่ใช้กับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

น นอร์มัลลิตี้ (Normality) ของโพแตสเซียมไอโอไซด์เฟส

ป ปริมาณตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

เพื่อเพิ่มกำลังของการออกซิไดซ์ (Oxidizing Power) ให้สูงขึ้น Klein :

(1959) ได้แนะนำให้ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้าร่วมในปฏิกิริยากับโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต จะทำให้ค่าไอโอดีสูงขึ้น

วิธีของอังกฤษ (British Method) นี้ทำให้เวลาแก่ปฏิกิริยาเพียง ๓ นาทีก็ได้ ในกรณีดังกล่าวปฏิกิริยาเป็นไปในลักษณะเดียวกับกรณีที่ใช้ปฏิกิริยาใช้เวลา ๔ ชั่วโมง ชนิด ปริมาณสารเคมีและปริมาณตัวอย่างคงเดิมทุกประการ ต่างกันแต่เพียงว่าจะให้ความร้อนแก่ โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตในกรรค่ามะดันกับตัวอย่างน้ำทิ้งที่นำมาหาค่าซีไอครั้งที่ ๒๗ ซึ่ เสียก่อน จึงนำมาเทรวมกัน และให้ความร้อนแก่ปฏิกิริยาที่ ๒๗ ซึ่ เป็นเวลานานต่อมาอีก ๓ นาที จึงเติมโปแตสเซียมไอโอไดค์เพื่อหาปริมาณโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เหลือจากทำ ปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่นำมาหาค่าซีไอครั้งนั้น และหาปริมาณไอโอดีนจากปฏิกิริยาดัง กล่าวนั้นด้วยไซเคียมโซไซลเฟต โดยมีน้ำแฉ่งเป็นอินดิเคเตอร์ ตามแบบวิธีที่เร้าในปฏิกิริยาซึ่ง ใช้เวลา ๔ ชั่วโมงทุกประการ การคำนวณค่าซีไอครั้งนี้ใช้วิธีในทำนองเดียวกัน

ส่วนการหาค่าซีไอโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน โดยวิธีของเยอรมัน (DEV Method) จาก Leithe (1975) กฎเกณฑ์เป็นไปในทำนอง เดียวกันกับวิธีของอังกฤษ (British Method) ต่างกันตรงวิธีการ ปริมาณและความเข้มข้น ของสารเคมี วิธีนี้เหมือนกันกับการหาค่าซีไอที่ใช้โปแตสเซียมไดโครเมตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจนตามแบบวิธีมาตรฐาน โดยต้มตัวอย่างน้ำทิ้งที่ต้องการหาค่าซีไอกับกรรค่ามะดันใน ขวดกวนกลมที่ต่อกับเครื่องกลั่น (Condensor) เพื่อควบแน่นสารละลายที่กลายเป็นไอให้กลับ เป็นของเหลวลงไปทำปฏิกิริยาต่อ (Reflux) จนเดือด จึงใส่โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ให้เวลาแก่ปฏิกิริยาทำเนิ่นต่อไปอีก ๑๐ นาที จึงหาปริมาณโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ที่เหลือจากทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งนั้นด้วยกรรคอกซาลิก ( $H_2C_2O_4$ ) ในปริมาณที่ มากเกินพอ แล้วหาปริมาณของกรรคอกซาลิกที่เหลือจากทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เหลือดังกล่าวมาแล้วด้วยโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตอีกครั้ง ปฏิกิริยาเคมีในครั้งหลัง นี้สารเคมีที่ทำปฏิกิริยากันจะทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์ไปด้วยตัวของมันเอง (Self - Indicator) สีจะเปลี่ยนจากไม่มีสีของกรรคอกซาลิกไปเป็นชมพูอ่อนของโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต

การคำนวณหาค่าซีไอโดยวิธีนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับวิธีของอังกฤษ (British Method) เพียงแต่เปลี่ยนจากผลต่างของปริมาณไซเคียมโซไซลเฟตที่ทำเทียบขึ้นด้วยน้ำกลั่น

กับตัวอย่าง เป็นผลต่างของปริมาณโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ทำเพียงชั้นควบน้ำกลั่นกับตัวอย่าง และนอร์มัลลิตีของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นนอร์มัลลิตีของโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตแทน

ก.๒ การหาค่าซีโอดีโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจนในสารละลายที่อยู่ในสภาวะของความเป็นด่าง

ปฏิกิริยาของสารละลายที่อยู่ในสภาวะความเป็นด่างนี้ใช้เมื่อตัวอย่างสาร หรือนำตั้งที่ต้องการทราบค่าซีโอดีที่มีปริมาณคลอไรด์มากกว่า ๓๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร โดยวิธีของเยอรมัน (DEV Method) จาก Leithe (1975) ซึ่งวิธีการปฏิบัติเหมือนกับการหาค่าซีโอดีโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจนในสารละลายที่อยู่ในสภาวะความเป็นกรดโดยวิธีของเยอรมัน (DEV Method) ทางกันตรงกฎเกณฑ์ว่าเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตในด่างซึ่งกรณีใช้โซดาไฟ (NaOH) กับสารอินทรีย์ในน้ำตั้งนั้นโดยคัมตัวอย่างนำตั้งที่ต้องการทราบค่าซีโอดีกับด่างในขวดกลั่นที่ควบกับเครื่องกลั่น (Condensor) เพื่อความแน่นสารละลายที่กลายเป็นไอให้กลับเป็นของเหลวกลับไปทำปฏิกิริยาต่อ (Reflux) จนเดือด จึงใส่โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปอีก ๑๐ นาที จึงเติมกรดกำมะถันและกรดออกซาลิกเพื่อทำปฏิกิริยาเคมีกับโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เหลือจากทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำนั้น ส่วนปฏิกิริยาในขั้นต่อไปเหมือนกับการหาค่าซีโอดีโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจนในสารละลายที่อยู่ในสภาวะความเป็นกรดโดยวิธีของเยอรมัน (DEV Method) ดังได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

Niedercorn, Kaufman และ Senn (1953) ได้คิดแปลงวิธีของผู้นำนามาใช้ในการหาค่าซีโอดีโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตในสารละลายที่อยู่ในสภาวะความเป็นด่างวิธีนี้ใช้เวลาสั้นมากเพียง ๑๐ นาทีเท่านั้นที่อุณหภูมิห้อง อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้เป็นไปอย่างง่าย ๆ ที่ใช้ในปริมาตรวิเคราะห์ (Volumetric Analysis) ทั่วไป แต่วิธีนี้ให้ค่าไม่แน่นอนเมื่อเปรียบเทียบกับค่าซีโอดีที่ได้จากวิธีซึ่งใช้โปแตสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) เป็น

สารเคมีที่ไหลออกซิเจน กล่าวคือใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตในทางทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ต้องการทราบค่าซีไอที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน ๑๐ นาที จึงเติมสารละลายของแมงกานีสซัลเฟต (  $MnSO_4$  ) ในกรรกัมมะดันและกรรคพอสเฟอริค เพื่อให้สารละลายทั้งหมดอยู่ในสภาวะความเป็นกรดเสียก่อนจึงวัดปริมาณของ โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เหลือจากทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งนั้นด้วย เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตในกรรกัมมะดันมากเกินพอ และหาปริมาณเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่เหลือจากทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตอีกทีหนึ่งด้วย โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต

ก.๓ การหาค่าซีไอดีโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารเคมีที่ไหลออกซิเจน  
ในสารละลายที่อยู่ในสภาวะของความเป็นกรด - ก้าง

การหาค่าซีไอดีโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารเคมีที่ไหลออกซิเจนของสารละลายที่อยู่ในสภาวะของความเป็นกรดนั้นวิธีเดิมของปริมาณเคลอโรคิมมีอยู่ทำให้ค่าซีไอดีที่ได้รับเปลี่ยนแปลงไป Robert (1955) ได้ทำการทดลองโดยใช้กรรคพอสเฟอริคแทนกรรกัมมะดันในการหาค่าซีไอดีของน้ำที่ผสมสารต่าง ๆ เช่นเลือดแห้ง กวาง และยูเรียเป็นต้น ในปริมาณตั้งแต่ ๑๐ - ๑๐๐๐ มิลลิกรัมคลอริด กับเกลือแกง (  $NaCl$  ) ๕% โดยวิธีใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตในกรรค เมื่อเทียบผลปรากฏว่ากรรคพอสเฟอริคสามารถลดอิทธิพลของเกลือโรคิมมีต่อค่าซีไอดีได้เป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามการหาค่าซีไอดีโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารเคมีที่ไหลออกซิเจนของสารละลายที่อยู่ในสภาวะของความเป็นกรดก็ยังได้ผลดีหรืออยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับการหาค่าโดยใช้โปแตสเซียมไดโครเมตเป็นสารเคมีที่ไหลออกซิเจน จึงเปลี่ยนเป็นใช้วิธีผสมในสภาวะของความเป็นกรดและก้างรวมกันจาก Leithe (1975)

หลักเกณฑ์วิธีทำให้เกิดปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ต้องการทราบค่าซีไอดีกับโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตในทางก่อนโดยต้มและความเข้มข้นสารละลายที่เป็นไอให้กลับลงมาเป็นของเหลวเพื่อทำปฏิกิริยาต่อไป ( Reflux ) ให้เดือด ๒๓ นาที จึงเริ่มกรรกัมมะดัน



เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารอินทรีย์ในน้ำที่ต้องการทราบค่าซีโอดีกับโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตในกรณีครั้งหนึ่ง ให้ความร้อนต่อไปอีก ๑๐ นาที จึงหาปริมาณโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เหลือจากปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำนั้นด้วยกรรคอกซาลิกที่มากเกินไป แล้วหาปริมาณกรรคอกซาลิกที่เหลือจากทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตนั้นด้วยโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตอีกที

ข. การหาค่าซีโอดีโดยใช้โปแตสเซียมไอโอเดตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน

วิธีนี้ถูกนำมากล่าวโดย Robert และ Sanderson (1953) ปรากฏว่าผลลัพท์ได้โดยวิธีนี้เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากกรดไอโอดิก (Iodic Acid) จากโปแตสเซียมไอโอเดตในกรรคอกซาลิกกำลังของการออกซิไลซ์สูง เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นระหว่างโปแตสเซียมไอโอเดตในกรรคอกซาลิกกับสารอินทรีย์ในน้ำที่ต้องการทราบค่าซีโอดีโดยให้ความร้อนที่ ๑๘๐° ซ เป็นเวลานาน ๓๕ นาที ในกรณีนี้ถ้าตัวอย่างนั้นมีสารอินทรีย์ระเหยง่ายให้ใช้การต้มและความแน่นสารละลายที่เป็นไอให้กลับลงมาเป็นของเหลวทำปฏิกิริยาต่อ (Reflux) แทน ไอโอดีนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะระเหยออกไป หาปริมาณโปแตสเซียมไอโอเดตที่เหลือจากปฏิกิริยาคงกล่าวด้วยปริมาณที่มากเกินไปของโปแตสเซียมไอโอดิก หาปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยารั้งหลังสุดด้วยโซเดียมโซไซดเพทโดยมีน้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ ปรากฏว่าโปแตสเซียมไอโอเดตสามารถออกซิไลซ์สารต่าง ๆ ได้ก็เมื่อเทียบผลจากที่คำนวณได้ แต่เมื่อเทียบผลกับค่าที่ทำเพิ่มขึ้นด้วยน้ำกลั่นแล้วค่าจะลดลงอย่างมากนั่นคือมีการสูญเสียของโปแตสเซียมไอโอเดตที่อุณหภูมิสูงและเกิดขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอจนไม่สามารถคำนวณกันไว้กับที่ทำเพิ่มขึ้นด้วยน้ำกลั่น

ค. การหาค่าซีโอดี โดยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน

วิธีนี้ Dixon และ Jenkins (1939) ได้ทดลองนำมาใช้หาค่าซีโอดีเทียบกับวิธีของการหาค่าซีโอดีโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปรากฏว่าวิธีนี้การหาค่าซีโอดีเป็นวิธีง่าย ๆ ไม่ยุ่งยาก อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก็เป็นอย่างง่าย ๆ เช่นเดียวกับที่ใช้ในปริมาณ



วิเคราะห์ ( Volumetric Analysis ) ทั่วไป เป็นปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรต์  
 ในสารละลายที่มีสถานะของความเป็นกลางกับสารอินทรีย์ในน้ำหึ่งที่ต้องการทราบค่าซีไอด์ ให้  
 ความร้อนจนเดือด ๑๕ นาที จึงหาปริมาณของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่เหลือจากปฏิกิริยาข้างต้น  
 ด้วยโปแตสเซียมไอโอไดด์ที่มีมากเกินพอในสารละลายที่มีสถานะของความเป็นกรดของกรกเกลือ  
 ( HCl ), แล้วหาปริมาณไอโอดีนที่ได้จากปฏิกิริยารังหลังดังกล่าวด้วยโซเดียมไฮโอซัลเฟต  
 โดยมีน้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์

การกำหนดหาค่าซีไอด์โดยวิธีนี้ได้คิดในทำนองเดียวกันกับการหาค่าซีไอด์โดยใช้ โปแตสเซียม  
 เข็มเปอร์แมงกาเนตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน

ปรากฏว่าเมื่อเทียบผลลัพท์ของค่าซีไอด์ที่ได้โดยวิธีนี้กับค่าซีไอด์ที่ได้จากวิธีที่ใช้โปแตสเซียม  
 เข็มเปอร์แมงกาเนต จะให้อัตราส่วนไม่เกิน ๒ ถ้าน้ำหึ่งนั้นมาจากพืช และให้อัตราส่วนระหว่าง  
 ๕-๘ ถ้าน้ำหึ่งนั้นมาจากสัตว์

๖. การหาค่าซีไอด์โดยใช้โปแตสเซียมเปอร์ไอโอเดตซึ่งจัดเป็นวิธีเปอร์ไอโอเดต ( Periodate  
 Method ) เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน

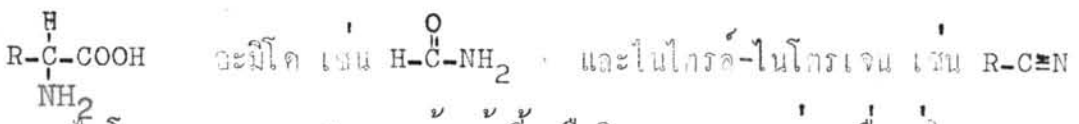
Flay (1953) ได้ทดลองนำมาใช้กับน้ำหึ่งของโรงงานถั่วบรรจุกระป๋อง ปรากฏว่าวิธี  
 นี้สามารถใช้หาค่าซีไอด์ของสารที่มีพันธะทางเคมีแบบ  $\begin{matrix} \text{CHOH} \\ | \\ -\text{C}-\text{C}- \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{matrix}$  ซึ่งพบมากในน้ำตาลได้  
 เป็นการหาค่าซีไอด์ในช่วง ๓-๔ มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าน้ำหึ่งที่ต้องการทราบค่าซีไอด์จะมีค่า  
 ซีไอด์สูงกว่านี้จะคงทำเปอร์เซ็นต์การเจือจางลง เป็นปฏิกิริยารังคอกซ์ระหว่างโปแตสเซียมเปอร์  
 ไอโอเดตในสารละลายที่อยู่ในสภาวะความเป็นกลางของโซเดียมไบคาร์บอเนต ( NaHCO<sub>3</sub> )  
 กับสารอินทรีย์ในน้ำนั้น ให้ความร้อนด้วยไอน้ำ ( Steam Bath ) เป็นเวลานาน ๒ ชั่วโมง  
 หาปริมาณโปแตสเซียมเปอร์ไอโอเดตที่เหลือจากปฏิกิริยารังกล่าวนี้ด้วยโปแตสเซียมไอโอไดด์  
 ที่มีมากเกินพอ หาปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้นจากโปแตสเซียมเปอร์ไอโอเดตที่เหลือจากปฏิกิริยา  
 ข้างต้นนี้กับโปแตสเซียมไอโอไดด์ด้วยโซเดียมไฮโอซัลเฟต โดยมีน้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์

การคำนวณหาค่าซีไอคือ คิดในทำนองเดียวกันกับวิธีของการหาซีไอโดยทั่วไปแล้ว  
เชื่อมเปอร์แมนังกาเนกเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน

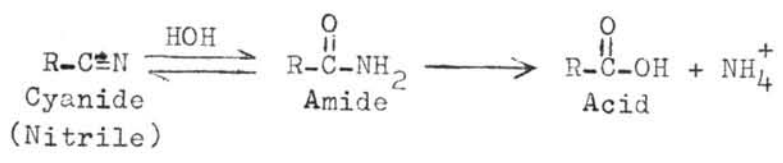
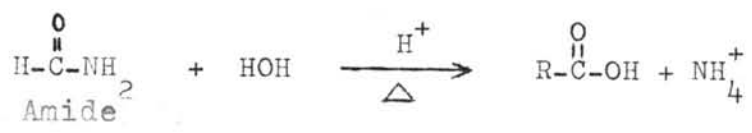
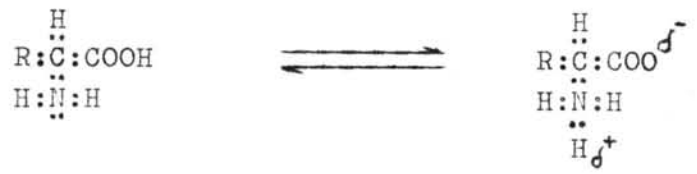
วิธีนี้ใช้วัดหาความใสโรกรของน้ำที่มีสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตได้คือ ค่าซีไอจะใกล้เคียงกับค่าซีไอที่ ๕ วันในอัตราส่วน ๑ : ๑

จ. การหาซีไอโดยทั่วไปแล้วเชื่อมโคโครเมกเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน

การหาซีไอโดยทั่วไปแล้วเชื่อมโคโครเมกเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน Leithe ( 1975 ) กล่าวว่า โดยวิธีนี้สารเกือบทุกชนิดจะถูกออกซิไดซ์ได้โดยไปแอสเชื่อมโคโครเมกได้เป็นการบ่อนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) และน้ำ (H<sub>2</sub>O) ประมาณ ๕๕ - ๕๕% ค่าซีไอที่คิดได้จากวิธีดังกล่าวนี้ไม่รวมถึงผลการออกซิไดซ์สารประกอบของไนโตรเจนในกลุ่มของอะมิโนเช่น



เพราะไนโตรเจนของสารประกอบข้างต้นนี้เหลืออิเล็กตรอน ๑ คู่ เมื่ออยู่ในสารละลายที่เป็นกรดจึงเกิดเป็นเกลือแอมโมเนียม (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ขึ้น ซึ่งจะเกิดกอนท่าปฏิกิริยารีดอกซ์กับไปแอสเชื่อมโคโครเมก ดังตัวอย่างเช่น



สารต่าง ๆ ที่ถูกนำมาทดลองได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ไกลคอล (Glycol), กลีเซอรอล (Glycerol), แมนไนท์ (Mannite), ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde), อะซีโตน (Acetone), กรดฟอร์มิก (Formic Acid), กรดน้ำส้ม (Acetic Acid), กรดบิวทีริก (Butyric Acid) กรดไอโซบิวทีริก (Isobutyric Acid), สบู่ (Soap), กรดออกซาลิก (Oxalic Acid), กลูโคส (Glucose), คาเซอิน (Casein) และสารอื่นอีกมากมายรวมถึงสารที่ไม่ละลายน้ำควย เช่น ไฟเบอร์ (Fibre) เป็นกัน ยกเว้น ไพริดีน (Pyridine) และสารประกอบของเฮเทอโรไซคลิก (Heterocyclic Compound) ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอันได้แก่ ไพรรอล (Pyrrole) ไพโรลิดีน (Pyrrolidine) โปรลีน (Proline) กรดนิโคตินิก (Nicotinic Acid) และไฮโดรคาร์บอนบางตัวที่ไม่ละลายน้ำ อันได้แก่ เบนซีน (Benzene) พาราฟิน (Paraffin), แนพทีน (Naphthene), แกสโซลีน (Gasoline) และโทลูอีน (Toluene)

การใช้โปแตสเซียมไดโครเมตในกรดกำมะถัน เพื่อใช้หาค่าซีไอส์กับสารอินทรีย์ในน้ำ เริ่มใช้ครั้งแรกโดย Moore, Kroner และ Ruchhoff (1949) ต่อมา Huer (1950) ตลอดจน Moore ร่วมกับ Ludzak และ Ruchhoff (1951) ได้ทำวิธีเวอร์วัลด์ (Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) เข้ามาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) และได้มีผู้คิดค้นมาตรฐานวิธีได้เป็นวิธีมาตรฐาน (U.S. Standard Method) วิธีนี้จัดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ของโปแตสเซียมไดโครเมตในกรดกำมะถันกับสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งต้องการทราบค่าซีไอส์ โดยมีเวอร์วัลด์เป็นตัเร่งปฏิกิริยา กำหนดให้อัตราส่วนของปริมาณของโปแตสเซียมไดโครเมต : น้ำซึ่งต้องการทราบค่าซีไอส์ : กรดกำมะถันที่เข้มข้น = ๑ : ๒ : ๓ ให้วางระบบโดยการต้ม และควบแน่นสารละลายที่กลายเป็นไอให้กลับไปเป็นของเหลว เพื่อทำปฏิกิริยาถก (Reflux) จุดเดือดของสารละลายทั้งหมดในระบบอยู่ที่ ๑๘๒-๑๘๘°C เป็นเวลานาน ๒ ชั่วโมง จึงหาปริมาณโปแตสเซียมไดโครเมตที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งต้องการทราบค่าซีไอส์ด้วยเฟอร์รีนอไมเนี่ยมซัลเฟต โดยมี เฟอร์รีน (Ferrous) เป็นอินดิเคเตอร์

ปรากฏว่าวิธีหาค่าซีไอส์ที่ได้อาจจะเปลี่ยนแปลงไปจากค่าซีไอส์ที่แท้จริง เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณคลอไรด์ ( $Cl^-$ ) ที่มีอยู่ในน้ำทิ้งที่ทองการหาค่าซีไอส์จึงให้เมอคิวริคัลเฟต ( $Hg SO_4$ ) ทำปฏิกิริยาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับคลอไรด์เสียก่อน ในอัตราส่วนเมอคิวริคัลเฟต : คลอไรด์ = ๑๐ : ๑ ซึ่ง Cripps และ Jenkin (1964) ตลอดจน Burn และ Marshall (1965) เป็นผู้คิดค้นขึ้นใช้ในการหาค่าซีไอส์กับน้ำทิ้งที่มีปริมาณคลอไรด์สูง

การคำนวณค่าซีไอส์โดยวิธีนี้คิดในทำนองเดียวกันกับการหาค่าซีไอส์โดยใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจนเพียงแต่เปลี่ยนจาก โซเดียมไฮไดรอกไซด์มาเป็นเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

ค่าที่ได้จากการหาค่าซีไอส์โดยวิธีดังกล่าวข้างต้นนี้ Ballinger และ Lishka (1962) พบว่าค่าซีไอส์ที่ได้จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ถึง ๘% และวิธีดังกล่าวข้างต้นนี้ ASTM (1972) ยังกล่าวไว้ว่าอาจจะให้ค่าไม่แน่นอนอันยากแก่การเชื่อถือถ้านำไปวิเคราะห์หาค่าซีไอส์ของน้ำทิ้งที่มีค่าซีไอส์ต่ำกว่า ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

แต่ Leithe (1975) ได้เปลี่ยนแปลงปริมาณและความเข้มข้นของสารเคมีและปริมาณของตัวอย่างรวมถึงการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีในการวิเคราะห์ด้วยเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้หาค่าซีไอส์ของน้ำที่มีค่าต่ำกว่า ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ปรากฏว่าการหาค่าซีไอส์โดยใช้โปแตสเซียมไดโครเมตตามวิธีข้างบนนี้ เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นสารที่ละลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกแสงสว่างทำให้ความเข้มข้นของมันถูกเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้เป็นการสะดวก Singh (1974) ได้เสนอแนะให้ใช้วิธีหาปริมาณโพแตสเซียมไดโครเมตที่เหลือจากปฏิกิริยารีดอกซ์กับสารอินทรีย์ในน้ำนั้นด้วยปริมาณเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่มากเกินไป แล้วหาปริมาณเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่เหลือจากทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมไดโครเมตด้วยโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต เพราะโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารที่เสถียร เมื่อเก็บไว้ในขวดสีชาแม้จะเก็บไว้นานเป็นเดือนก็ตาม ทำให้ไม่คงเสียเวลา

หาคาคความเข้มข้นของเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตอยู่บ่อย ๆ

Ingol และ Murray (1948) หาคาปริมาณโปแตสเซียมโครเมตที่เหลือจากปฏิกิริยารีดอกซ์กับสารอินทรีย์ในน้ำนั้นด้วยโปแตสเซียมไอโอไดด์ที่มากเกินพอ แล้วหาคาปริมาณไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของโปแตสเซียมโครเมตกับโปแตสเซียมไอโอไดด์ด้วยโซเดียมไตรออกไซด์โดยมีน้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์

นอกจากนี้ Baughman, Butler และ Sanders (1969) หาคาปริมาณโปแตสเซียมโครเมตที่เหลือจากทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำทั้งหมด โดยวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จุดสุดท้ายของปฏิกิริยาที่ตรง (End Point) เรียกเป็นโพเทนชิโอเมตริก ดีเทรชัน (Potentiometric Titration) ด้วย ฟิชเชอร์ ออโตเมติก ดีเทรไลเซอร์ (Fisher Automatic Titrator) ที่ประกอบด้วยทั้งสแตน เรฟเฟอเรนซ์ อีเลคโตรด (Tungsten reference electrode) และ แพลตินัม อินดิเคเตอร์ อีเลคโตรด (Platinum indicator electrode) ปรากฏว่าวิธีนี้สามารถลดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลงเหลือเพียง ๕%

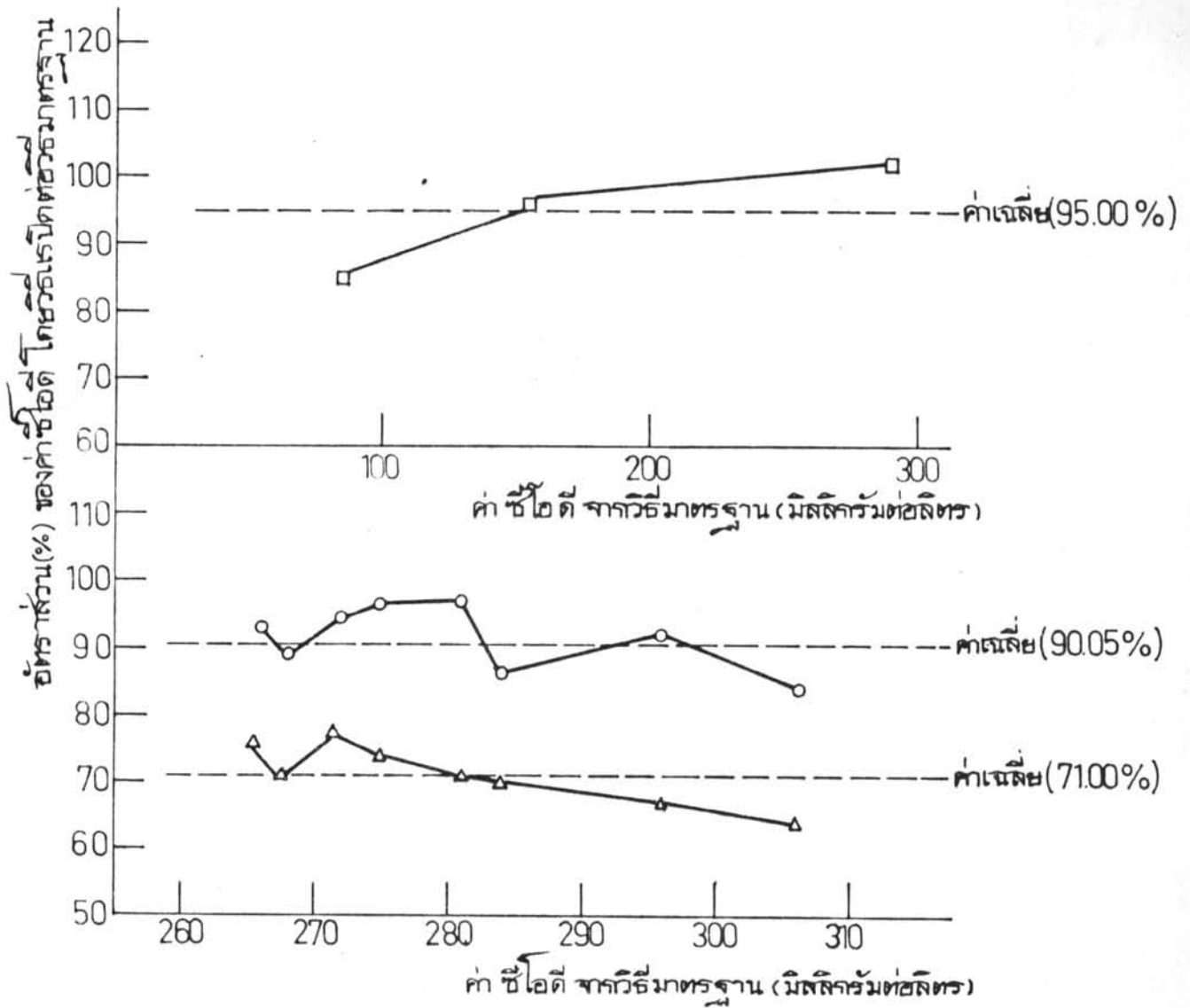
Zaleiko และ Molof (1963) ได้ทดลองหาคาปริมาณโปแตสเซียมโครเมตที่เหลือจากปฏิกิริยารีดอกซ์กับสารอินทรีย์ในน้ำ โดยดูการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้า เมื่อผ่านคลื่นไฟฟ้าไปยังสารละลายกับผลที่วัดได้ ปรากฏว่าโปแตสเซียมโครเมตที่มี pH ๒ - ๑๐.๕ ให้คาจุกไอโซสเบสติก (Isosbestic point) 445 m $\mu$  และเกลือของโครเมต ( $Cr^{+3}$ ) ให้คาจุกไอโซสเบสติก (Isosbestic point) 535 m $\mu$  ปรากฏว่าวิธีนี้สามารถลดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลงเหลือ ๖%

เนื่องจากวิธีดังกล่าวในการหาคาซีโอดีโดยวิธีมาตรฐานใช้เวลานานในการวิเคราะห์นาน จึงมีการปรับปรุงวิธีการขึ้นใหม่เพื่อให้เหมาะสมแก่การนำไปใช้งาน Porges, Depinsky Hendler และ Hoover (1950) ทดลองหาคาซีโอดีของน้ำทิ้งจากโรงงานนม (Dairy Waste) โดยให้อัตราส่วนของปริมาณตัวอย่างน้ำทิ้ง : กรดโครเมต = ๑:๑๐ ให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้า (Hot Plate) ที่ ๑๖๕-๑๗๐° ซ เป็นเวลานาน ๕-๖ นาที แล้วหาคาปริมาณโปแตสเซียมโครเมตที่เหลือจากทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำด้วยโปแตสเซียมไอโอไดด์

ที่มากเกินพอ และหาปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยารีดอกซ์ของ โปแตสเซียมไดโครเมต กับโปแตสเซียมไอโอไดด์ด้วยวิธีเคมียุคใหม่โดยมีน้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์

Jeris (1967) ก็ใช้หลอดทองคำซีไอดีโดยใช้โปแตสเซียมไดโครเมตที่อุณหภูมิสูง ในเวลาอันสั้นเช่นเดียวกับกล่าวคือ เปลี่ยนแปลงปริมาณตัวอย่างให้เหลืออัตราส่วนตัวอย่างแก่ กรดไดโครเมต = ๑ : ๕ ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า อุณหภูมิของสารละลายทั้งหมดของตัวอย่าง กับกรดไดโครเมตที่  $๑๖๕ \pm ๑$  °C เป็นเวลานาน ๕ นาที ซึ่งจากวิธีทำเหมือนกับวิธีมาตรฐาน McLean และ Spicher (1974) ใช้หลอดทองคำซีไอดีโดยใช้โปแตสเซียมไดโครเมตที่  $๑๖๕ \pm ๑$  °C เป็นสารควบคุมอุณหภูมิ ( Bath ) ด้วยอุณหภูมิเวลา ความเข้มข้นของสารเคมีและปริมาณตัวอย่างเท่ากับของ Jeris (1967) ต่างกันตรงที่ Jeris (1967) ใช้ปริมาณกรดซัลฟิวริก ( $Ag_2SO_4$ ) มากกว่าเป็น ๒ เท่าเท่านั้น ซึ่ง Jeris (1968) ได้รายงานผลเปรียบเทียบวิธีเรปิคเมื่อใช้ตัวอย่าง ๕ และ ๒๕ มิลลิลิตร กับวิธีมาตรฐาน ปรากฏว่าเมื่อใช้ตัวอย่างเพียง ๕ มิลลิลิตรจะให้ผลได้มากถึง ๙๐% เมื่อเทียบกับวิธีมาตรฐาน ภาพที่ II-1 จะแสดงผลการเปรียบเทียบค่าซีไอดีทั้งของ Jeris (1968) กับ McLean และ Spicher (1974) จากวิธีเรปิคกับวิธีมาตรฐานไว้

ที่น่าสนใจของ Eckenfelder (1969) ใช้อุณหภูมิที่  $๑๖๐$  °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิของสารละลายทั้งหมดของตัวอย่างกับกรดไดโครเมต เป็นเวลานาน ๑๕ - ๓๐ นาที ใช้ทราย เป็นสารควบคุมอุณหภูมิ ( Sand Bath ) โดยเป่าลมให้ทรายเคลื่อนที่ในลักษณะของ ของไหล ( Fluidized Sand Bath ) ปรากฏผลว่าวิธีการที่ใช้อุณหภูมิสูงและเวลาอันสั้นนี้ เมื่อเทียบผลของค่าซีไอดีกับวิธีมาตรฐานแล้วจะแตกต่างกันกับค่าซีไอดีที่ได้จากวิธีมาตรฐานทั้งใน ทางมากและลบน้อยกับชนิดของสาร



รูปที่ II-1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า ซีโอดี โดยวิธีเรปิดเนื่องจากปริมาณตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

- วิธีเรปิดเมื่อใช้ Settled Sewage 5 มิลลิตรเป็นตัวอย่าง Jeris (1968)
- △-วิธีเรปิดเมื่อใช้ Settled Sewage 25 มิลลิตรเป็นตัวอย่าง Jeris (1968)
- วิธีเรปิดเมื่อใช้ Industrial waste 5 มิลลิตรเป็นตัวอย่าง Mc Lean (1974)



จ. การหาค่าซีไอทีโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน

LEITHE (1975) การหาค่าซีไอทีโดยวิธีนี้เป็นปฏิกิริยาระหว่างโปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟตในกรดกำมะถันกับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่องค์การรวบรวมค่าซีไอที โดยมีซิลเวอร์ไนเตรด ( $\text{AgNO}_3$ ) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เนื่องจากโปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นสารที่ไม่เสถียร จะเกิดการสลายตัวโดยตัวของมันเอง (Self Decomposition) เปลี่ยนแปลงไปเป็นออกซิเจนเสียก่อนจึงจะไปออกซิไดส์สารอินทรีย์ได้ นั่นคือเราไม่สามารถหาปริมาณโปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟตที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่องค์การรวบรวมค่าซีไอทีโดยปริมาตรวิเคราะห์ได้ ผลของกรรออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำจะโค่นล้นด้วยเมื่อก๊าซ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก็จะถูกจับไว้ด้วยโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{KOH}$ ) คงเหลือแต่กรรออกซิเจนจากโปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟตอย่างเคี้ยว เทียบผลกับที่ทำเพิ่มขึ้นด้วยน้ำกลั่นก็จะหามหาปริมาณของออกซิเจนที่ใช้ไปโดยเครื่องมือวัดก๊าซ (Azotometer) เทียบหาปริมาณของกรรออกซิเจนจากกราฟ (Calibration curve) ของกรรออกซาลิก (Oxalic acid) ที่ความเข้มข้นของกรรออกซาลิกต่าง ๆ กัน เช่น ๕๐, ๑๐๐, ๓๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับค่าซีไอที ๑ มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าเท่ากับกรรออกซาลิก ๗.๘๗ มิลลิกรัม ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) ในน้ำ ๑ ลิตร

ค่าซีไอทีที่ทำได้โดยวิธีนี้มักเขียนเป็น  $\text{COD}_{\text{H}_2\text{O}_2}$  เนื่องจากโปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟตสามารถออกซิไดส์แอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาของสารประกอบไนโตรเจนจากสารประกอบของกลูอะมิโน, อะมิโน และไนโตรล-ไนโตรเจนกับกรรกำมะถันได้เป็นไนเตรด ค่าซีไอทีที่ทำได้จากวิธีนี้จึงสูงกว่าค่าซีไอทีที่ใช้โปแตสเซียมไดโครเมตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน ซึ่งจะใกล้เคียงกับค่าปริมาณออกซิเจนทั้งหมด

การหาค่าซีไอทีโดยวิธีนี้มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพียง ๓% เท่านั้น จากการเทียบค่าปริมาณออกซิเจนทั้งหมด (TOD) ได้ถึง ๘๘% วิธีนี้ค่าซีไอทีที่ได้รับจะเปลี่ยนแปลงจากค่าที่แท้จริงได้โดยอัตราส่วนของคลอรีนที่มีปริมาณมากกว่า ๑๐ มิลลิกรัมต่อลิตร แก้ไขโดยกำจัดคลอรีนด้วยถ่านกัมมันต์ก่อนคลอรีนด้วยซิลเวอร์ไนเตรดในกรดกำมะถัน จึงแยกส่วนที่ได้ออกจากตะกอนเหล่านี้มาทดลองหาค่าซีไอทีโดยวิธีนี้ วิธีการหาค่าซีไอทีโดยวิธีนี้จึงค่อนข้างยุ่งยาก ต้องระวังออกซิเจนในอากาศไม่ให้เข้าไปรวมในปฏิกิริยาได้

๒. การหาค่าซีไอดี โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน

วิธีนี้ที่ถูกนำมาใช้โดย Stenger และ VanHall (1968) เป็นปฏิกิริยาของการมอนไดออกไซด์กับสารอินทรีย์ในน้ำที่ของการหาค่าซีไอดี มีแพลตตินัม (Platinum Screen) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่ ๔๘๕ ซม เป็นเวลานาน ๒ นาที ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ได้จากการที่คาร์บอนไดออกไซด์ถูกรีดิวซ์ (Reduced) จะทราบปริมาณด้วยอินฟราเรด สเปกโตรมิเตอร์ (IR Spectrometer) ปรากฏผลว่าวิธีนี้นอกจากการมอนไดออกไซด์จะเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจนแล้ว สารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจนและซิลเฟอริกก็สามารถถูกรีดิวซ์ให้ออกซิเจนได้เช่นเดียวกับคาร์บอนไดออกไซด์ ค่าซีไอดีที่ได้โดยวิธีนี้จึงเขียนเป็น COD<sub>N<sub>2</sub></sub> ซึ่งเมื่อเทียบผลลัพท์กับค่าซีไอดีที่รับจากวิธีหาค่าซีไอดีโดยใช้โปแตสเซียมไดโครเมตเป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจนแล้วจะสูงกว่าในอัตราส่วน ๑๑ : ๑๐ วิธีนี้ในหลอดพิชต์ กลาวคือมีส่วนเบี่ยงเบนมากรวมเพียง ๓% เท่านั้น

๓. สรุปและวิจารณ์ข้อดีข้อเสียของแต่ละวิธีของการวัดความใสใกรกของน้ำทิ้งแบบซีไอดี

การที่ได้ออกมาถึงกฎเกณฑ์ของวิธีการแต่ละวิธีพอเป็นสังเขป สามารถสรุปและวิจารณ์เพื่อนำไปประกอบการตัดสินใจในการเลือกวิธีที่เหมาะสมกับงานสืบมาใช้

วิธีการหาค่าซีไอดีโดยใช้ โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน วิธีนี้ พยายาม สารเคมีที่ใช้ราคาถูก เครื่องมือเป็นไปอย่างง่าย ๆ ที่มีใช้ในท้องปฏิบัติการทั่วไป แลค่าซีไอดีที่ได้โดยวิธีนี้ของสารแต่ละชนิดไม่เท่ากันและอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ แลผลลัพท์ที่ได้จากปฏิกิริยาจะเสถียร สำหรับผู้ที่ประสงค์การหาค่าซีไอดี โดยวิธีนี้ยังคงนิยมใช้กัน เพราะค่าที่ได้เมื่อคูณด้วยตัววงที่สำหรับน้ำทิ้งของโรงงานแต่ละประเภทจะได้ค่าซีไอดีที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด วิธีนี้จึงยังคงเป็นที่นิยมใช้ในประ เทศอังกฤษอยู่

วิธีการหาค่าซีไอดีโดยใช้ โปแตสเซียมไอโอเดต เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน วิธีนี้ใช้ความร้อนถึง ๑๕๐ องศา สำหรับห้องปฏิบัติการทั่วไป อุณหภูมิที่สูงกว่า ๑๗๐ องศา จะต้องมีเครื่องมือพิเศษที่จำเป็นในการใช้ความร้อนและป้องกันการสูญเสียความร้อนในบรรยากาศได้เป็น

อย่างนี้ นอกจากนั้นการสูญเสียของโปแตสเซียมไอโอเดทในอุณหภูมิสูง เกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอทำให้ค่าที่เทียบกับที่ทำเทียมขึ้นด้วยน้ำกลั่น (Blank Test) ก็ ค่าที่ค่าและไม่แน่นอน

วิธีการหาค่าบีโอดีโดยใช้โพแทสเซียมไฮโปคลอไรต์ เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน วิธีนี้การวิเคราะห์หาค่าลงเป็นไปอย่างง่าย ๆ ธรรมดา คล้ายกับวิธีของโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต หากแต่ผลลัพธ์ที่ได้ อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ และเปลี่ยนแปลงจากค่าโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ความชนิดของน้ำทิ้งที่ของการทราบค่าบีโอดี

การหาค่าบีโอดีโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์ไอโอเดต เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน วิธีนี้มีข้อเสียตรงที่ค่อนข้างเปอร์เซ็นต์การเจือจางอย่างมากทำให้ค่าบีโอดีที่ได้รับอาจผิดพลาดได้ง่าย ๆ

การหาค่าบีโอดีโดยใช้โปแตสเซียมไดโครเมต เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน วิธีนี้การวิเคราะห์หาค่าลงเป็นไปอย่างง่าย ๆ ยุ่งยากกว่าวิธีแรก ๆ นิดเล็กน้อย เมื่อเทียบค่าใช้จ่ายของสารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ นับว่าค่อนข้างถูก ผลวิเคราะห์กับสารอินทรีย์โดยทั่ว ๆ ไป ให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ ข้อเสียตรงที่ค่าที่ได้ไม่รวมถึงผลการออกซิไดซ์สารประกอบไนโตรเจนของกลูตามีน อะมิโน และไนโตรด - ไนโตรเจน

บีโอดี (Total Oxygen Demand) มีผลสัมฤทธิ์ต่อลิตร = ค่าบีโอดีที่ได้จากวิธีของโปแตสเซียมไดโครเมต + ๔.๕๗ x ไนโตรเจนส่วนที่ไม่ถูกออกซิไดซ์

นอกจากนี้วิธีนี้ยังสามารถหาค่าบีโอดีในช่วงกว้างจนถึง ๑๐๐๐ มีผลสัมฤทธิ์ต่อลิตร นับว่าวิธีนี้ดีกว่าเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ แล้วเหมาะแก่การนำไปใช้งานมาก

การหาค่าบีโอดี โดยใช้โปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟต เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน วิธีนี้ถึงแม้จะให้ผลลัพธ์ที่ดี แต่วิธีการค่อนข้างยุ่งยาก และเครื่องมือมีราคาค่อนข้างแพงจึงไม่เหมาะนำมาใช้งาน

การหาค่าบีโอดีโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นสารเคมีที่ให้ออกซิเจน วิธีนี้ผลลัพธ์ดีวิธีหาค่าบีโอดีโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟตไม่ได้ และเครื่องมือมีราคาค่อนข้างแพงจึงไม่เหมาะนำมาใช้งาน