

## บทที่ 7

### สภาพกรด (Acidity)

โดย ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข

นักวิทยาศาสตร์ 8ว กรมโรงงานอุตสาหกรรม

#### 7.1 บทนำ

สภาพกรดของสารละลายใด ๆ คือ ความสามารถของสารละลายนั้นในการแตกตัวให้โปรตอน ซึ่งรวมทั้งกรดอ่อน เช่น กรดคาร์บอนิก กรดแทนนิก เป็นต้น นอกจากนี้ยังเกิดจากสารละลายเกลือที่แตกตัวในน้ำ เช่น เกลือเหล็ก (II) ซัลเฟต หรืออะลูมิเนียมซัลเฟต เป็นต้น

สภาพกรดจะขึ้นอยู่กับจุดยุติที่ต้องการหรือที่กำหนดซึ่งมักจะใช้เครื่องวัดพีเอชหรืออินดิเคเตอร์เป็นตัวบอกจุดยุติ ในการประมาณค่าของสภาพกรดในเบื้องต้นโดยทั่วไปมักจะใช้การเปลี่ยนสีของสารละลายอินดิเคเตอร์เป็นเกณฑ์ อย่างไรก็ตามในการหาสภาพกรดจะสามารถใช้เครื่องวัดพีเอช (pH Meter) หรือ Potentiometer เป็นตัวบอกจุดยุติก็ได้

สำหรับจุดยุติที่ดีที่สุดคือจุดยุติที่เป็นจุดสมมูลพอดีในการสะเทินกรดในน้ำนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง Inflection Point และการนำผลการวิเคราะห์สภาพกรดไปใช้

คาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำโดยปรกติแล้วจะเป็นองค์ประกอบของสภาพกรดที่สำคัญในแหล่งน้ำผิวดินที่ไม่มีกรปนเปื้อน ดังนั้นการเก็บตัวอย่างและการดำเนินการหาสภาพกรดในตัวอย่างน้ำประเภทนี้จึงต้องกระทำอย่างระมัดระวังที่สุดเพื่อลดการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำ

ในตัวอย่างที่มีเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ ไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตเท่านั้น การติเตตรสารละลายหรือน้ำตัวอย่างจนได้จุดยุติที่พีเอช 8.3 ที่ 25 องศาเซลเซียส จะเป็นจุดที่สะเทินพอดี (Stoichiometric Neutralization) ของกรดคาร์บอนิกไปเป็นไบคาร์บอเนต เนื่องจากฟีนอล์ฟธาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีชมพูที่พีเอชประมาณ 8.3 ดังนั้นจึงใช้เป็นจุดยุติมาตรฐานและเป็นอินดิเคเตอร์มาตรฐานในการหาสภาพกรดทั้งหมด (Total acidity) ซึ่งรวมทั้งคาร์บอนไดออกไซด์และกรดอ่อนเกือบทั้งหมด

นอกจากการใช้ฟีนอล์ฟธาไลน์แล้วยังมีการใช้ Metacresol Purple เป็นอินดิเคเตอร์อีกด้วย เนื่องจาก Metacresol Purple จะเปลี่ยนสีที่ใกล้กับพีเอช 8.3 เช่นกันและยังเป็นอินดิเคเตอร์ที่เห็นการเปลี่ยนสีอย่างชัดเจนด้วย

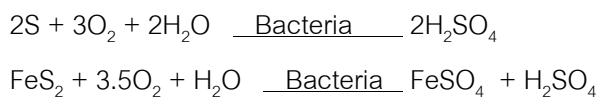
ในการวิเคราะห์หาสภาพกรดจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. Methyl Orange Acidity เป็นการหาสภาพกรดที่กำหนดจุดยุติที่พีเอช 3.7 ซึ่ง Methyl Orange จะมีการเปลี่ยนสีที่พีเอชใกล้ 3.7 จึงเรียกชื่อตามอินดิเคเตอร์ที่ใช้ นอกจากนี้ยังมีการใช้ Bromocresol Blue เป็นอินดิเคเตอร์เช่นกัน
2. Phenolphthalein Acidity เป็นการหาสภาพกรดที่กำหนดจุดยุติที่พีเอช 8.3 Phenolphthalein จะมีการเปลี่ยนสีที่พีเอชใกล้ 8.3

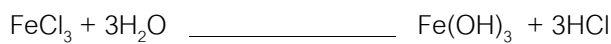
สภาพกรดในกรณีที่เกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์(Carbon dioxide acidity)โดยปกติจะไม่ทำให้พีเอชของน้ำหรือสารละลายลดลงต่ำกว่า 4 และสามารถวิเคราะห์หาสภาพกรดได้โดยการใช้ฟีนอล์ฟธา ลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ส่วนสภาพกรดในกรณีที่เกิดจากกรดแร่(Mineral acidity)ชนิดที่เป็นกรดแก่โดยปกติ พีเอชของน้ำหรือสารละลายชนิดนี้จะมีพีเอชต่ำกว่า 4 และสามารถวิเคราะห์หาสภาพกรดได้โดยการใช้ เมทิลออเรนจ์เป็นอินดิเคเตอร์ ดังนั้นจะสังเกตได้ว่าน้ำหรือสารละลายที่จะมีสภาพกรดจะต้องเป็นน้ำหรือ สารละลายที่มีพีเอชต่ำกว่า 8.2

## 7.2 สารแทรกสอด

ในตัวอย่างน้ำจากการประกอบการอุตสาหกรรมหรือจากเหมืองแร่มักจะพบว่าน้ำมีสภาพกรด เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของกำมะถันได้ ดังสมการ



นอกจากนี้ยังมีเกลือของโลหะที่เกิดไฮโดรไลซิสได้ เช่น เหล็ก อลูมิเนียมหรือแมงกานีส เป็นต้น ที่ จะทำให้เกิดสภาพกรดแร่ออกมาด้วย ดังสมการ



ในการวิเคราะห์หาสภาพกรดจะต้องทำการออกซิไดซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ก่อนเพื่อให้ แน่ใจว่าโลหะเหล่านี้อยู่ในรูปออกซิไดซ์ที่มีวาเลนซ์สูงทั้งนี้จะให้ความร้อนด้วยเพื่อเพิ่มความเร็วหรือเพื่อ เร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสให้เร็วมากขึ้น ถ้าไม่ทำเช่นนี้จะทำให้การหาสภาพกรดจะมีค่าแตกต่างกันอย่าง มากขึ้นกับสภาพการไฮโดรไลซิสของไอออนโลหะว่าจะอยู่ในสภาพใด

ถ้าในน้ำตัวอย่างมีคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือแอมโมเนีย ก็อาจจะทำให้เกิด ปัญหาบ้างในการวิเคราะห์หาสภาพกรด เนื่องจากก๊าซเหล่านี้อาจจะสูญหายระหว่างขั้นตอนการเก็บ ตัวอย่าง การรักษาสภาพตัวอย่างหรือในขั้นตอนการวิเคราะห์ก็ได้ซึ่งจะก่อให้เกิดข้อผิดพลาดในทางลบ ต่อการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามปัญหานี้สามารถแก้ไขได้บ้างโดยการหาสภาพกรดในทันทีที่เก็บตัวอย่าง ปิดฝาขวดตัวอย่างให้แน่น หลีกเลี่ยงการเขย่าอย่างรุนแรง ระมัดระวังป้องกันมิให้ตัวอย่างน้ำถูกอากาศมาก เกินไป และอย่าให้ตัวอย่างน้ำที่เก็บมามีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง

ในการติเตตรตัวอย่างเพื่อหาสภาพกรดโดยใช้ Potentiometer ถ้าในตัวอย่างมีสารฟอก ไขมัน น้ำมัน ของแข็งแขวน ตะกอนหรือของเสียอื่นๆ สารเหล่านี้อาจจะมาเกาะหรือเคลือบบน Glass Electrode ได้ซึ่งจะทำให้การตอบสนองของอิเล็กโทรดช้าลง ระวังอย่ากำจัดสารแทรกสอดเหล่านี้ในตัวอย่างน้ำ ข้างต้นเพราะสารเหล่านี้ อาจจะเป็นตัวที่มีค่าสภาพกรดด้วย วิธีการแก้ไขสามารถกระทำได้โดยการหยุด การติเตตรเป็นระยะๆ สักพักแล้วค่อยติเตตรต่อไป เพื่อให้อิเล็กโทรดเข้าสู่สภาวะสมดุลหรืออาจจะหยุดทำ ความสะอาดอิเล็กโทรดก่อนก็ได้

ในตัวอย่างที่มีไอออนที่สามารถออกซิไดซ์หรือไฮโดรไลซ์ได้ เช่น เหล็ก(II) หรือ เหล็ก(III) อลูมิเนียมไอออน หรือแมงกานีสไอออน เป็นต้น ปฏิกริยาที่อุณหภูมิห้องอาจเกิดได้ช้ามากจนอาจทำให้เกิดการเลื่อนของจุดยุติ(Drifting End Point) ได้

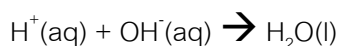
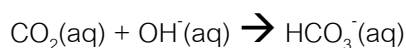
ถ้าในตัวอย่างน้ำที่ต้องการหาสภาพกรดมีคลอรีนอยู่ คลอรีนนี้จะไปฟอกสีของอินดิเคเตอร์ได้ ซึ่งคลอรีนสามารถกำจัดได้โดยการเติมสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.1 M ลงไปในตัวอย่างน้ำประมาณ 1 - 2 หยด

### 7.3 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาสภาพกรด อาจเก็บในขวดพีอีหรือแก้วบอโรซิลิเกตก็ได้ แล้วเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำที่ 4 องศาเซลเซียสโดยให้ใส่ตัวอย่างจนเต็มขวดและปิดฝาให้แน่นและควรจะวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง ถ้าสงสัยว่าจะมีเชื้อจุลินทรีย์หรือสารที่อาจจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีก็ควรจะวิเคราะห์ภายใน 6 ชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารที่ทำให้สภาพกรดเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากในกระบวนการทางชีววิทยาหรือจุลชีววิทยาอาจทำให้เกิดการสูญเสียหรือได้รับเพิ่มขึ้นซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซอื่นๆขณะถูกกับอากาศหรือเก็บในตู้ทำความเย็น ในกรณีที่มีความจำเป็นหรือมีปัญหาหลายๆก็สามารถเก็บรักษาสภาพตัวอย่างไว้ได้นานที่สุดไม่เกิน 14 วัน ตามที่กำหนดไว้โดย US EPA (United States Environmental Protection Agency)

### 7.4 หลักการวิเคราะห์สภาพกรด

การวิเคราะห์หาสภาพกรด จะทำการติเตรตตัวอย่างน้ำด้วยสารละลายมาตรฐานอัลคาไลน์จนถึงจุดยุติ 2 จุด คือ จุดยุติที่พีเอช 3.7 และ 8.2 จะเกิดปฏิกิริยาดังนี้



ในการวิเคราะห์หาสภาพกรด ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆดังนี้

1. ใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำที่เหมาะสม
2. ใช้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอัลคาไลน์ที่เหมาะสม เพื่อให้ปริมาตรในการติเตรตมากกว่า 20 มิลลิลิตร แต่ไม่เกิน 25 มิลลิลิตร จากบิวเรต 50 มิลลิลิตร ทั้งนี้เพื่อความแม่นยำในการวิเคราะห์

ใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำที่น้อยที่สุดตามข้อ (1) เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ที่จุดยุติได้ชัดเจนและมีความแม่นยำดีตามข้อ(2)

ในกรณีที่มีน้ำตัวอย่างมีสภาพกรด น้อยกว่า 1000 มิลลิกรัมแคลเซียมคาร์บอเนตต่อลิตร ให้ใช้ ปริมาณน้ำตัวอย่างที่มีปริมาณสภาพกรดไม่เกิน 50 มิลลิกรัมแคลเซียมคาร์บอเนต ตีเตรตกับสารละลาย มาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล เนื่องจากสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จำนวน 1 มิลลิลิตรจะทำปฏิกิริยาพอดีกับสภาพกรดคิดเป็น 2 มิลลิกรัม แคลเซียมคาร์บอเนต ดังนั้นถ้าตัวอย่างน้ำมีสภาพกรด 50 มิลลิกรัม ก็จะใช้สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จำนวน 25 มิลลิลิตร ในการตีเตรตซึ่งเป็นปริมาตรที่กำลังพอดี

ในกรณีที่มีน้ำตัวอย่างมีสภาพกรด มากกว่า 1000 มิลลิกรัมแคลเซียมคาร์บอเนตต่อลิตร ให้ใช้ ปริมาณน้ำตัวอย่างที่มีปริมาณสภาพกรดไม่เกิน 250 มิลลิกรัมแคลเซียมคาร์บอเนต ตีเตรตกับสารละลาย มาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เนื่องจากสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จำนวน 1 มิลลิลิตรจะทำปฏิกิริยาพอดีกับสภาพกรดคิดเป็น 10 มิลลิกรัม แคลเซียมคาร์บอเนต ดังนั้นถ้าตัวอย่างน้ำมีสภาพกรด 250 มิลลิกรัม ก็จะใช้สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จำนวน 25 มิลลิลิตร ในการตีเตรตซึ่งเป็นปริมาตรที่กำลังพอดี

ตารางที่ 7.1 การเลือกปริมาณตัวอย่างน้ำทิ้งที่เหมาะสมเพื่อการวิเคราะห์สภาพกรด

สภาพกรดของตัวอย่างน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร CaCO <sub>3</sub> )	นอร์มัลของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์	ปริมาณตัวอย่างน้ำที่ใช้ (มิลลิลิตร)
0 - 500	0.0200	100
400 - 1,000	0.0200	50
500 - 1,250	0.0500	100
1,000 - 2,500	0.0500	10
1,000 - 2,500	0.1000	100
2,000 - 5,000	0.1000	50
4,000 - 10,000	0.1000	25

### 7.5 การวิเคราะห์หาสภาพกรดโดยวิธีอินดิเคเตอร์อย่างย่อๆ

การวิเคราะห์หาสภาพกรดต้องใช้น้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งทำได้โดยการต้มน้ำ กลั่นให้เดือดประมาณ 15 นาที แล้วทำให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องอย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันการละลายของ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศลงไปในน้ำในระหว่างที่กำลังทำให้น้ำเย็นลงให้ปิดภาชนะที่บรรจุ น้ำกลั่นที่ต้มแล้วด้วยจุกที่มีหลอดบรรจุสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น โซดาไลม์ แอสคาไรท์คา รอกไซด์ หรือสารอื่นๆ เป็นต้น โดยใช้สารละลายมาตรฐานฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท 0.05 นอร์ มัล และสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล ซึ่งปรับเทียบมาตรฐานโดยการตีเตรตกับ สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท 0.05 นอร์มัล 40 มิลลิลิตร จนสารละลายมีพีเอช

เท่ากับ 8.7 หรือใช้ฟีนอล์ฟธาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์ก็ได้ นอกจากนี้ยังต้องใช้สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 โมล/ลิตร ด้วย

การวิเคราะห์เริ่มโดยการเลือกใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำที่เหมาะสม เพื่อที่จะใช้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ไม่เกิน 25 มิลลิลิตร ในการไทเทรตโดยทั่วไป จะใช้ตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตร หรือ 100 มิลลิลิตร ไล่คลอรีนอิสระที่อาจจะมีอยู่ในตัวอย่างน้ำ โดยหยดสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 โมล/ลิตร ลงไป 1 หยด (0.05 มิลลิลิตร) หยดอินดิเคเตอร์ 3 หยด และไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.0200 โมล/ลิตร จนกระทั่งถึงจุดสมมูล (จะมีสีชมพูอ่อนเมื่อใช้ฟีนอล์ฟธาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์ และสีส้มเมื่อใช้เมทิลออเรนจ์เป็นอินดิเคเตอร์)

## 7.6 การคำนวณ

$$\text{สภาพกรด (มก./ลิตร CaCO}_3\text{)} = \frac{\text{มิลลิลิตร ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้} \times 1,000}{\text{มิลลิลิตร ของตัวอย่างน้ำ}}$$