

### บทที่ 3

## อุณหภูมิและความเป็นกรดและด่าง

### (Temperature and pH-value)

โดย ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข  
นักวิทยาศาสตร์ 8ว กรมโรงงานอุตสาหกรรม

#### 3.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นสิ่งที่แสดงความเข้มของความร้อนในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ความร้อนจะไหลจากสิ่งที่มีความร้อนสูงกว่าไปยังสิ่งที่มีความร้อนต่ำกว่า การวัดอุณหภูมิกระทำได้โดยใช้เทอร์มิเตอร์แบบของเหลวซึ่งมักจะเป็นแอลกอฮอล์หรือปรอท

อุณหภูมิเป็นคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำโดยจะมีผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการเติบโตของพืชน้ำและจุลินทรีย์รวมทั้งสัตว์น้ำชนิดต่างๆ นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลในเชิงลบต่อปริมาณการละลายของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศลงไปในน้ำ กล่าวคือถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ(Dissolved Oxygen; DO)จะลดน้อยลงและในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศจะสามารถละลายลงไปในน้ำได้มากขึ้นทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายเพิ่มสูงขึ้นซึ่งมีผลให้พืชน้ำและจุลินทรีย์รวมทั้งสัตว์น้ำชนิดต่างๆดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างดี นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลต่ออัตราการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในน้ำและมีผลต่อกลิ่นรวมทั้งรสของน้ำด้วย

ในกรณีที่มีการระบายน้ำทิ้งทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากแหล่งชุมชนลงสู่แหล่งรองรับน้ำ อุณหภูมิของน้ำทิ้งจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตโดยอาจจะทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำมีสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไปหรืออาจจะทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำนั้นตายได้ในกรณีที่น้ำทิ้งมีอุณหภูมิสูงเกินไป ตามข้อกำหนดตามมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม<sup>1</sup> กำหนดให้น้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะต้องมีอุณหภูมิของน้ำไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม<sup>2</sup> กำหนดให้อุณหภูมิของน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงานอุตสาหกรรม (ข้อ 2(4))และน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรม (ข้อ 3) ลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะต้องไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

การวัดอุณหภูมิจะต้องกระทำที่จุดตรวจวัดทันทีในสนามไม่สามารถเก็บตัวอย่างมาวัดในห้องปฏิบัติการได้ เนื่องจากอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในระหว่างการขนส่ง อุณหภูมิจะมีหน่วยหลายแบบ เช่น ฟาเรนไฮท์ เซลเซียส เคลวิน(องศาสัมบูรณ์) และเรนคิน(Rankine) ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ดังตัวอย่างของน้ำในตาราง 311

<sup>1</sup>ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2525) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 ลงวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2525

<sup>2</sup>ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539

ตารางที่ 3.1 สภาวะของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ(โดยประมาณ)

คุณสมบัติ	เคลวิน(K)	เซลเซียส	ฟาเรนไฮท์	เรนดิน
จุดเดือด	373	100	212	672
จุดเยือกแข็ง	273	0	32	492
ศูนย์สัมบูรณ์	0	-273	-460	0

การคำนวณ

$$F = 9/5C + 32$$

$$C = (F - 32)5/9$$

$$K = C + 273$$

$$R = F + 460$$

เมื่อ K = เคลวิน(K) C = เซลเซียส F = ฟาเรนไฮท์ R = เรนดิน

### 3.2 ความเป็นกรดและด่าง (pH-Value)

ความเป็นกรด-ด่างหรือที่เรียกกันว่า ความเป็นกรดและด่าง เป็นค่าที่แสดงปริมาณหรือความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำ (Hydrogen or hydronium ion; H<sup>+</sup> or H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) ซึ่งเกิดจากสารที่สามารถแตกตัวให้อนุมูลกรด(H<sup>+</sup>)หรือด่าง(OH<sup>-</sup>)ได้ ความเป็นกรด-ด่างมีค่าตั้งแต่ 0 - 14 ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 7 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นกรด ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นด่าง และถ้าตัวอย่างน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นกลาง ค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำไม่ได้บอกความเป็นพิษต่อร่างกายแต่บอกให้ทราบถึงประเภทของสิ่งเจือปนในน้ำในรูปของสารที่ให้อนุมูลกรดหรือด่างได้ อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด-ด่างนี้จะป็นดัชนีที่มีประโยชน์ในการวัดคุณภาพน้ำโดยที่ภาวะความเป็นกรด - ด่างของน้ำมีผลต่อคุณภาพน้ำปฏิบัติยาเคมีที่เกิดขึ้นและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ นอกจากนั้นยังบอกถึงคุณสมบัติในการกักกรองของน้ำด้วย ค่ามาตรฐานความเป็นกรด-ด่างของน้ำจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำแต่โดยทั่วไปแล้วน้ำควรจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6 - 8 ในกรณีของน้ำดื่มควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.8 - 7.3<sup>3</sup>และในกรณีน้ำทิ้งจะต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 5 - 9<sup>4</sup>

ตัวอย่างความสำคัญของค่าความเป็นกรดและด่าง คือ (1) การทำน้ำให้บริสุทธิ์สำหรับน้ำดื่มขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดและด่างของการตกตะกอนในลำดับต่างๆ ในระบบการจัดสรรน้ำ (2) ความเป็นกรดและด่างร่วมกับค่าสภาพความเป็นด่างจะมีความสำคัญมากในการรักษาสภาพของท่อส่งน้ำให้อยู่ในสภาพที่ดี (3) ในการผลิตน้ำตาล ถ้ามีค่าความเป็นกรดและด่างไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดกรดที่ไม่ต้องการจำนวนมากและได้น้ำตาลเพียงจำนวนน้อยเท่านั้น (4)ในระบบบำบัดน้ำทิ้ง ต้องมีการปรับค่าความเป็นกรดและด่างให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ และไม่

<sup>3</sup> ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ (พ.ศ. ) ออกตามความในพระราชบัญญัติ พ.ศ. 2512 ลงวันที่ กุมภาพันธ์

<sup>4</sup> ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2525) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 ลงวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2525

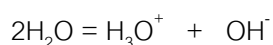
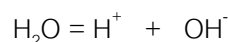
ทำลายหรือทำให้ระบบบำบัดเกิดการช็อค และ (5)นมจะเปรี้ยวที่ค่าความเป็นกรดและด่าง 6.00 ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องควบคุมความเป็นกรดและด่างของน้ำนมในการผลิต

ความเป็นกรดและด่างเป็นค่าที่ใช้แสดงปริมาณของไฮโดรเนียมไอออนในสารละลายที่เจือจางในรูปของตัวเลขอย่างง่าย โดยกำหนดให้

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

โดยที่  $[\text{H}^+]$  = ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน หน่วยเป็นโมลต่อลิตร

น้ำบริสุทธิ์จะมีการแตกตัวของไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน ดังสมการ



$$K_w = 1 \times 10^{-14}$$

แสดงว่าน้ำบริสุทธิ์ จะมีค่าความเป็นกรดและด่าง เท่ากับ 7.00

ตัวอย่างค่าความเป็นกรดและด่างของสารละลายเจือจางของกรดและเบส แสดงในตาราง 3.2 ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบการทำงานของเครื่องวัดความเป็นกรดและด่างหรือใช้ทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความเป็นกรดและด่างแบบอื่นๆได้ด้วย เช่น กระดาษลิตมัส เป็นต้น

ตาราง 3.2 ค่าความเป็นกรดและด่าง(พีเอช)ของสารละลายกรดและเบส

ความเข้มข้นของกรด (โมล/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด และด่าง	ความเข้มข้นของเบส (โมล/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด และด่าง
1.0	0	1.0	14
0.1	1	0.1	13
0.01	2	0.01	12
0.001	3	0.001	11
0.0001	4	0.0001	10
0.00001	5	0.00001	9
0.000001	6	0.000001	8
0.0000001	7	0.0000001	7

วิธีการวัดความเป็นกรด-ด่าง สามารถกระทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับความละเอียดและความถูกต้องที่ต้องการใช้งาน เช่น

1. ใช้กระดาษวัดความเป็นกรดและด่าง (pH paper)
2. ใช้การเทียบสีกับสารละลายมาตรฐานที่ทราบค่าความเป็นกรดและด่างโดยการเติมตัวชี้หรืออินดิเคเตอร์ (pH indicator) ซึ่งตัวอย่างของอินดิเคเตอร์แสดงไว้ในตารางที่ 3.3

- ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่าง(pH meter) ซึ่งจะต้องทำการปรับเทียบมาตรฐานด้วยสารละลายที่ทราบค่าความเป็นกรดและด่างก่อนการใช้งาน ตัวอย่างสารละลายมาตรฐานที่ใช้แสดงดังในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 แสดงช่วงพีเอชของอินดิเคเตอร์ที่สำคัญๆและใช้กันบ่อยในห้องปฏิบัติการ

อินดิเคเตอร์	สีที่เปลี่ยน		ช่วงความเป็นกรดและด่าง	
	รูปกรด	รูปเบส	รูปกรด	รูปเบส
Picric acid	Colorless	Yellow	0.1	0.8
Paramethyl red	Red	Yellow	1.0	3.0
2,6-Dinitrophenol	Colorless	Yellow	2.0	4.0
Bromophenol blue	Yellow	Blue	3.0	4.6
Congo red	Blue	Red	3.0	5.0
Methyl orange	Red	Yellow	3.1	4.4
Ethyl orange	Red	Yellow	3.4	4.5
Alizarin red S	Yellow	Purple	3.7	5.0
Bromocresol green	Yellow	Blue	3.8	5.4
Methyl red	Red	Yellow	4.2	6.2
Propyl red	Red	Yellow	4.6	6.6
Methyl purple	Purple	Green	4.8	5.4
Chlorophenol red	Yellow	Red	4.8	6.4
p-Nitrophenol	Colorless	Yellow	5.0	7.0
Bromocresol purple	Yellow	Purple	5.2	6.8
Bromthymol blue	Yellow	Blue	6.0	7.6
Brilliant yellow	Yellow	Orange	6.6	8.0
Neutral red	Red	Amber	6.7	8.0
Phenol red	Yellow	Red	6.7	8.4
m-Nitrophenol	Colorless	Yellow	6.7	8.6
Phenolphthalein	Colorless	Pink	8.0	9.6
Thymolphthalein	Colorless	Blue	9.3	10.6
2,4,6-Trinitrotoluene	Colorless	Orange	12.0	14.0

ค่าความเป็นกรดและด่างของสารละลายขึ้นกับอุณหภูมิของสารละลายนั้นๆด้วย ในการตรวจวัดจึงต้องทราบอุณหภูมิด้วย เพื่อลดความผิดพลาดในการวัด ตาราง 3.5 แสดงถึงค่าความเป็นกรดและด่างที่อุณหภูมิต่างๆของสารละลายมาตรฐานที่กำหนดโดยสถาบันมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา (NIST)

ตาราง 3.4 Preparation of pH Standard Solutions.

<i>Standard Solution</i>	<i>pH at 25 °C</i>	<i>Weight of Chemical Needed/1000 mL Aqueous Solution at 25 C.</i>
<u>Primary standards</u>		
1. Potassium hydrogen tartrate (saturated at 25 C.)	3.557	> 7 g $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$
2. 0.05 M Potassium dihydrogen citrate	3.776	11.41 g $\text{KH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$
3. 0.05 M Potassium hydrogen phthalate	4.004	10.12 g $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$
4. 0.025 M Potassium dihydrogen phosphate + 0.025 M Disodium hydrogen phosphate	6.863	3.387 g $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + 3.533 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4$
5. 0.008695 M Potassium dihydrogen phosphate + 0.03043 M Disodium hydrogen phosphate	7.415	1.179 g $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + 4.303 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4$
6. 0.01 M Sodium borate decahydrate (Borax)	9.183	3.80 g $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
7. 0.025 M Sodium bicarbonate + 0.025 M Sodium carbonate	10.014	2.092 g $\text{NaHCO}_3$ + 2.640 g $\text{Na}_2\text{CO}_3$
<u>Secondary standards</u>		
1. 0.05 M Potassium tetroxalate dihydrate	1.679	12.61 g $\text{KH}_3\text{C}_4\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
2. Calcium hydroxide (saturated at 25 C.)	12.454	> 2 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$

ตาราง 3.5 สารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการปรับเทียบมาตรฐานเครื่องวัดความเป็นกรดและด่าง หรือพีเอช (pH Meter)

Temp (°C)	Secondary Standard 0.05 M K Tetraoxalate	0.05M KH Phthalate	0.025 M $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + 0.025 M $\text{Na}_2\text{HPO}_4$	0.01 M $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
0	1.67	4.01	6.98	9.46
10	1.67	4.00	6.92	9.33
15	1.67	4.00	6.90	9.27
20	1.68	4.00	6.88	9.23
15	1.68	4.01	6.86	9.18
38	1.69	4.03	6.34	9.08
40	1.69	4.04	6.84	9.07
50	1.71	4.06	6.83	9.01
60	1.72	4.09	6.85	8.96
70	1.74	4.12	6.85	8.93
80	1.77	4.16	6.86	8.89
90	1.79	4.20	6.88	8.85
95	1.81	4.23	6.89	8.83