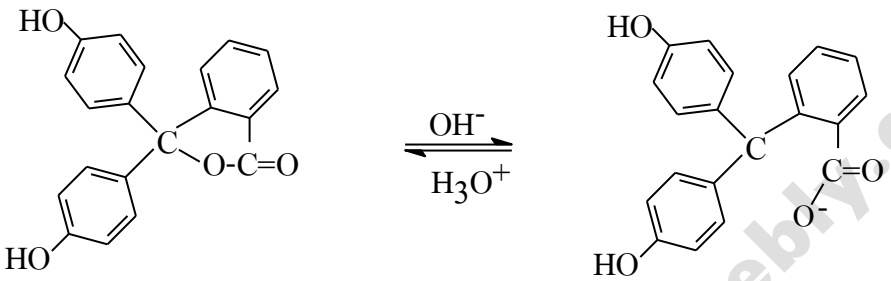
8. อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส (Indicators for acid and base)

อินดิเคเตอร์ คือ สารที่ใช้บอกความเป็นกรด-เบส ของสารละลายได้อย่างหนึ่ง สารประกอบที่เปลี่ยนสีได้ที่ pH เฉพาะตัว จะถูกนำมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ เช่น ฟีนอล์ฟทาลีน จะไม่มีสีเมื่ออยู่ในสารละลายกรด และจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู เมื่ออยู่ในสารละลายเบสที่มี pH 8.3



ไม่มีสี (รูปกรด) ลีชมพู (รูปเบส)

ภาพที่ 1 ฟีนอล์ฟทาลีน

อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส เป็นสารอินทรีย์ อาจเป็นกรดหรือเบสอ่อนๆ ซึ่งสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ เมื่อ pH ของสารละลายเปลี่ยน

การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์

HIn เป็นสัญลักษณ์ของอินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปกรด (Acid form)

In^- เป็นสัญลักษณ์ของอินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปเบส (Basic form)

รูปกรดและรูปเบสมีภาวะสมดุล เขียนแสดงได้ด้วยสมการ ดังนี้

$$HIn\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_3O^+\ (aq) + In^-\ (aq)$$

ไม่มีสี * (รูปกรด) สีชมพู* (รูปเบส) ; (* = กรณีเป็นฟีนอล์ฟทาลีน)

$$K_{ind} = \frac{[H_3O^+][In^-]}{[HIn]}$$

HIn และ In^- มีสีต่างกันและปริมาณต่างกัน จึงทำให้สีของสารละลายเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าปริมาณ HIn มากก็จะมีสีของรูปกรด ถ้ามีปริมาณ In^- มากก็จะมีสีของรูปเบส การที่จะมีปริมาณ HIn หรือ In มากกว่าหรือน้อยกว่านั้นขึ้นอยู่กับปริมาณ H_3O^+ ในสารละลาย ถ้ามี H_3O^+ มากก็จะรวมกับ In^- ได้เป็น HIn

สำหรับ www.kunkruaon.weebly.com

ได้มาก แต่ถ้าอยู่ในสารละลายที่มี OH^- มาก OH^- จะทำปฏิกิริยากับ H_3O^+ ทำให้ H_3O^+ ลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้ In^- มากขึ้น ซึ่งสามารถเขียนอธิบายด้วยสมการ ดังนี้

- เมื่อเติมกรด (H_3O^+) ทำให้ปริมาณ [H_3O^+] ทางขวาของสมการมีมากขึ้น ปฏิกิริยาจะเกิดย้อนกลับทำให้มี HIn มากขึ้นจึงเห็นเป็สีของกรด HIn
- เมื่อเติมเบส (OH^-) OH^- จะทำปฏิกิริยากับ H_3O^+ ทำให้ H_3O^+ น้อยลง ปฏิกิริยาจะไปข้างหน้ามากขึ้น ($\longrightarrow$) ทำให้มี In^- มากขึ้น จึงเห็นเป็นสีเบสของ In^-

* ถ้า [HIn] มากกว่า [In^-] 10 เท่าขึ้นไป จะเห็นเป็นสีของรูปกรด (HIn)

* ถ้า [In^-] มากกว่า [HIn] 10 เท่าขึ้นไป จะเห็นเป็นสีของรูปเบส (In^-)

[HIn] จะมากหรือน้อยกว่า [In^-] ขึ้นอยู่กับ pH ของสารละลาย (หรือปริมาณของ H_3O^+ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ช่วง pH ที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่ง สารละลายจะมีสีผสมระหว่างรูปกรดและรูปเบส เรียกว่า ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ (pH range หรือ pH interval)

ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์หาได้จากค่า K_{ind} ของอินดิเคเตอร์ดังนี้

$$HIn\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_3O^+\ (aq) + In^-\ (aq)$$

$$K_{ind} = \frac{[H_3O^+][In^-]}{[HIn]}$$

$$[H_3O^+] = K_{ind}\ \frac{[HIn]}{[In^-]}$$

$$-\log [H_3O^+] = -\log K_{ind} - \log \frac{[HIn]}{[In^-]}$$

$$pH = pK_{ind} - \log \frac{[HIn]}{[In^-]}$$

◆ จะเริ่มเห็นสีของรูปกรดเมื่อ $\frac{[HIn]}{[In^-]} \geq 10$

$$pH = pK_{ind} - \log 10$$

$$pH = pK_{ind} - 1$$

◆ จะเริ่มเห็นสีของรูปเบสเมื่อ $\frac{[HIn]}{[In^-]} \leq \frac{1}{10}$

$$pH = pK_{ind} - \log \frac{1}{10}$$

สำหรับ www.kunkrudon.weebly.com

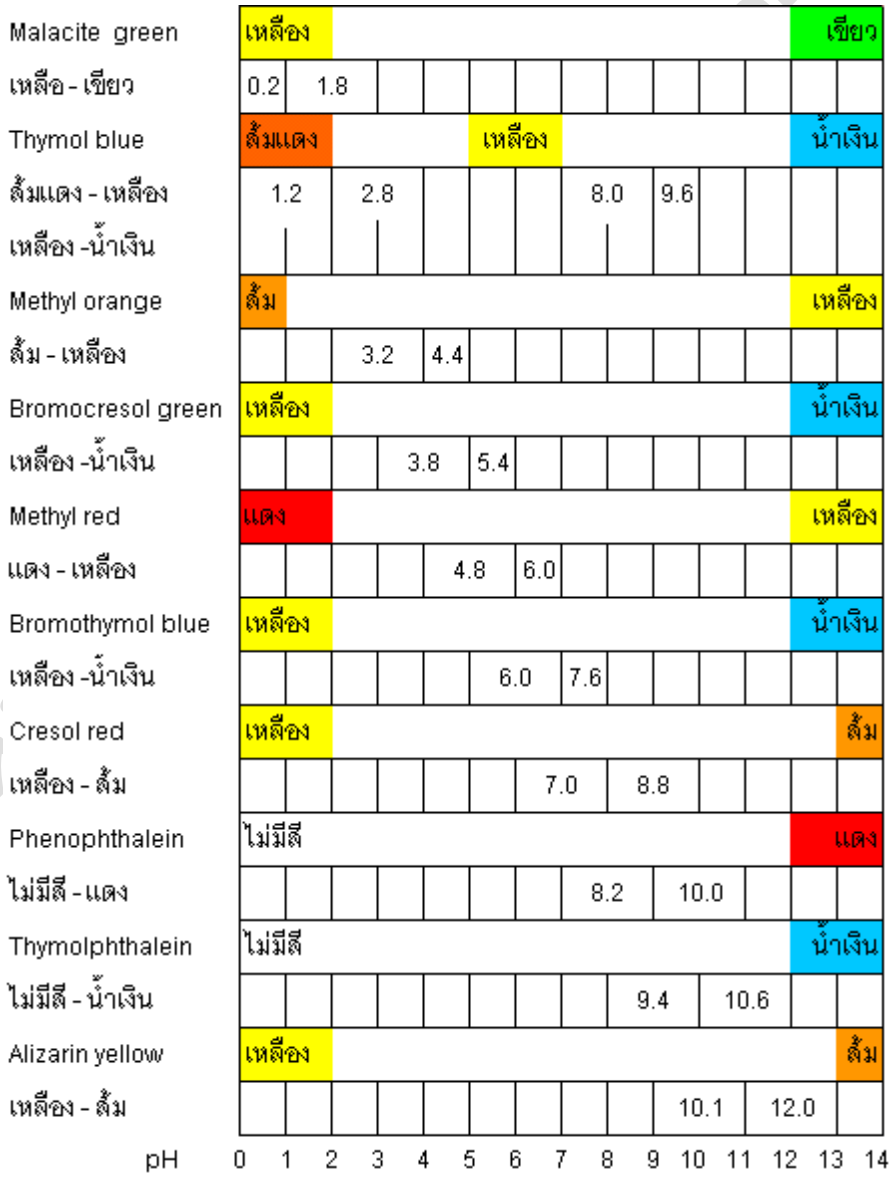
$$pH = pK_{ind} + 1$$

นั่นคือ ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ = $pK_{ind} \pm 1$

หมายความว่า สีของอินดิเคเตอร์จะเริ่มเปลี่ยนแปลงเมื่อ pH = $pK_{ind} \pm 1$ ซึ่งเป็นค่าโดยประมาณ แต่ถ้า [HIn] มากกว่าหรือน้อยกว่า [In^-] 10 เท่าขึ้นไป อาจถึง 100 เท่า ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ก็จะเปลี่ยนไป ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ที่ถูกต้องจริงๆ ของแต่ละอินดิเคเตอร์หาได้จากการทดลอง

ตัวอย่างเช่น เมทิลเรด มีช่วง pH 4.4 - 6.2 หมายความว่า สารละลายที่หยดเมทิลเรดลงไป จะเปลี่ยนสีจากรูปกรด (แดง) ไปเป็นรูปเบส (เหลือง) ในช่วง pH ตั้งแต่ 4.4 - 6.2 นั่นคือ

- ถ้า pH < 4.4 จะให้สีแดง (รูปกรด
- pH อยู่ระหว่าง 4.4 - 6.2 จะให้สีผสมระหว่างสีแดงกับเหลือง คือ สีส้ม
- pH > 6.2 จะให้สีเหลือง (รูปเบส)



ภาพที่ 2 สีของอินดิเคเตอร์แต่ละชนิด

อย่างไรก็ตาม อินดิเคเตอร์ชนิดหนึ่งๆ จะใช้หาค่า pH ของสารละลายได้อย่างคร่าวๆ เท่านั้น เช่น เมื่อนำสารละลายมาเติม เมทิลออเรนจ์ลงไป (ช่วง pH ของเมทิลออเรนจ์เท่ากับ 3.0 - 4.4 และสีที่เปลี่ยนอยู่ในช่วง สีแดง $\longrightarrow$ เหลือง) ถ้าสารละลายมีสีเหลืองหลังจากหยดเมทิลออเรนจ์ แสดงว่าสารละลายนี้มี pH ตั้งแต่ 4.4 ขึ้นไป ซึ่งอาจมีฤทธิ์เป็นกรด กลางหรือ เบส ก็ได้ ดังนั้น การหาค่า pH ของสารละลายหนึ่งๆ อาจจะต้องใช้อินดิเคเตอร์หลายๆ ตัว แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ pH ของสารละลายร่วมกัน

<u>ตัวอย่างที่ 24</u> การทดลองหาค่า pH ของสารละลายชนิดหนึ่ง โดยใช้อินดิเคเตอร์ 5 ชนิดด้วยกัน ผลการทดลองเป็นดังนี้

ชนิดของอินดิเคเตอร์	ช่วง pH	สีที่เปลี่ยน	สีสารละลายที่ได้จากการทดลอง
1. methyl yellow	2.9-4.0	สีแดง-เหลือง	เหลือง
2. Bromeresol green	3.8-5.4	เหลือง-น้ำเงิน	น้ำเงิน
3. Methyl red	4.4-6.2	แดง-เหลือง	ส้ม
4. Bromothymol blue	6.0-7.6	เหลือง-น้ำเงิน	เหลือง
5. Phenophtalein	8.0-9.6	ไม่มีสี-สีชมพู	ไม่มีสี

ให้หาค่า pH ของสารละลายจากข้อมูลการทดลองข้างต้น

แนวคิด จากอินดิเคเตอร์ชนิดที่ 1 แสดงว่า pH ของสารละลาย > 4

จากอินดิเคเตอร์ชนิดที่ 2 แสดงว่า pH ของสารละลายอยู่ระหว่าง 4.4-6.2

จากอินดิเคเตอร์ชนิดที่ 3 แสดงว่า pH ของสารละลาย > 5.4

จากอินดิเคเตอร์ชนิดที่ 4 แสดงว่า pH ของสารละลาย < 6

จากอินดิเคเตอร์ชนิดที่ 5 แสดงว่า pH ของสารละลาย < 8.0

สรุปได้ว่า สารละลายมี pH อยู่ระหว่าง 5.4 - 6

การหา pH ของสารละลายโดยใช้อินดิเคเตอร์หลายๆ ชนิดนี้ ไม่สะดวกในการใช้ จึงมีการคิดที่จะนำอินดิเคเตอร์หลายๆ ชนิด ซึ่งเปลี่ยนสีในช่วง pH ต่างๆ กันมาผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม จะสามารถใช้บอกค่า pH ของสารละลายได้ละเอียดขึ้น อินดิเคเตอร์ผสมนี้เรียกว่า **ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์** ซึ่งสามารถเปลี่ยนสีได้ในสารละลายที่มี pH ต่างๆ กันเกือบทุกค่า

การใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ หยดยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ลงในสารละลายที่ต้องการหาค่า pH ประมาณ 3 หยดต่อสารละลาย 3 cm^3 สังเกตสีของสารละลายแล้วเปรียบเทียบกับสีมาตรฐานของยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ที่ pH ต่างๆ ว่าสีของสารละลายตรงกับสีมาตรฐานที่ pH ใด ก็จะมีค่าเท่ากับ pH นั้น

สำหรับ www.kunkroon.weebly.com

สูตรของยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ มีหลายสูตรด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

- สูตรที่ 1 เมทิลออเรนจ์ 0.05 กรัม (ช่วง pH 3.0-4.4) เหลือง-ส้มเหลือง
  เมทิลเรด 0.15 กรัม (ช่วง pH 4.4-6.2) แดง-เหลือง
  โบรโมไทมอลบลู 0.30 กรัม (ช่วง pH 6.0-7.5) เหลือง-น้ำเงิน
  ฟีนอล์ฟทาลีน 0.35 กรัม (ช่วง pH 8.2-10.0) ไม่มีสี-แดงม่วง
  ทั้งหมดละลายใน 66% เอทานอล จำนวน 1 ลิตร
- สูตรที่ 2 0.1% เมทิลออเรนจ์ 0.5 cm^3
  0.1% เมทิลเรด 1.5 cm^3
  0.1% โบรโมไทมอลบลู 3.0 cm^3
  0.1% ฟีนอล์ฟทาลีน 3.5 cm^3

ตารางที่ 14.8 การเปลี่ยนสีของสารละลาย เมื่อใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

pH สารละลาย	สี
3	แดง
4	ส้มแดง
5	ส้ม
6	ส้มเหลือง
7	เหลือง เขียว
8	เขียว
9	น้ำเงินเขียว
10	ม่วง
11	ม่วงแดง

14.9.1 อินดิเคเตอร์ที่พบในธรรมชาติ

นอกจากอินดิเคเตอร์กรด-เบส ที่เป็นสารอินทรีย์ที่กล่าวมาแล้ว ในธรรมชาติยังมีสารหลายชนิดที่มีสมบัติเหมาะสมที่จะใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ กล่าวคือ มีสีต่างกันที่ pH ต่างกัน สารเหล่านี้พบในดอกไม้ ผลไม้ ผัก หรือรากไม้บางชนิด เช่น ในกะหล่ำปลีสีแดง (Red cabage) มีสารที่เป็นอินดิเคเตอร์ จากการทดลองสกัดสารจากกะหล่ำปลีสีแดง ซึ่งเมื่อละลายเป็นกรดจะได้สีแดง (a) แต่เมื่อเติมเบสลงไปจะมีสีหลายสี ได้แก่ เขียว น้ำเงิน เหลือง (b) และเมื่อสารละลายเบส สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน แสดงว่าอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้จากกะหล่ำปลีสีแดง จะเปลี่ยนสีแดงเป็นน้ำเงินในช่วงกรดเป็นเบส

สำหรับ www.kunkruaon.weebly.com

สารละลายมีสีแดง

กรด

สารละลายมีหลายสี

เขียว น้ำเงิน เหลือง

สารละลายมีสีน้ำเงิน

เบส

ภาพที่ 3 การสกัดอินดิเคเตอร์จากกะหล่ำปลีสีแดง และการเปลี่ยนสีของสารละลาย

ดอกกุหลาบสีแดง เมื่อนำมาละลายในแอลกอฮอล์และอีเทอร์ 1 : 1 จะให้สารละลายซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ตามธรรมชาติ เช่นกัน เมื่อนำสารละลายนี้มาหยดในสารละลายที่มี pH 1, 3, 7, 9 และ 11 ปริมาณเล็กน้อย พบว่าให้สารละลายสี แดง ส้ม น้ำตาล และเขียว ตามลำดับ โดยที่อินดิเคเตอร์นี้จะเปลี่ยนสีในช่วง pH 2 ช่วง คือ 5-7 (แดง-น้ำตาล) และ 8-10(น้ำตาล-เขียว)

ตารางที่ 1 อินดิเคเตอร์ที่พบในธรรมชาติ

ชนิดพืช	สารที่ใช้สกัด	ช่วง pH ที่เปลี่ยนสี	สีที่เปลี่ยน
อัญชัน	น้ำ	1-3	แดง - ม่วง
ดาวเรือง	แอลกอฮอล์	2-3	ไม่มีสี - เหลืองอ่อน
ดาวเรือง	น้ำ	11-12	เหลือง - เหลืองน้ำตาล
		9-10	ไม่มีสี - เหลือง
หางนกยูง	น้ำ	3-4	ส้ม - เหลือง
		7-8	เหลือง - เขียว
		10-11	เขียว - เหลือง
หางนกยูง	แอลกอฮอล์	2-3	ชมพู - ส้ม
		10-11	ส้ม - เหลือง
แคแดง	น้ำ	4-5	บานเย็น - แดง
		6-7	แดง - เขียว
ชงโค	น้ำ	6-7	ชมพู - เขียว
เข็มแดง	น้ำ	6-7	แดง - เหลือง
		7-8	เหลือง - เขียว
เข็มแดง	แอลกอฮอล์	5-6	ชมพู - เหลือง
		6-7	เหลือง - เขียว
กระเจี๊ยบ	น้ำ+แอลกอฮอล์+อีเทอร์	6-7	แดง - เขียว

สำหรับ www.kunkr...weebly.com

คริสต์มาส	น้ำ	5-6	ชมพู - เขียวอ่อน
		8-9	เขียว - เขียวน้ำตาล
คริสต์มาส	แอลกอฮอล์+อีเทอร์	6-7	แดง - ชมพู
บานไม่รู้โรย	น้ำ	8-9	แดง - ม่วง
		10-12	ม่วง - น้ำเงิน
บานไม่รู้โรย	แอลกอฮอล์	10-11	ไม่มีสี - เหลือง
แวนด้า	แอลกอฮอล์	3-4	ชมพู - ม่วง
		9-10	ม่วง - เขียว
		12-13	เขียว - เหลือง
แวนด้า	น้ำ	6-7	แดง - เขียว
		10-11	ชมพู - เขียว
		11-13	เขียว - เหลือง
ส้มเกลี้ยง(ผิว)	น้ำ	11-13	เขียวอ่อน - เหลือง
สารภี	แอลกอฮอล์	11-12	เหลืองอ่อน - เหลืองเข้ม
สารภี	น้ำ	11-12	เหลือง - น้ำตาลเหลือง
		12-13	น้ำตาลเหลือง - น้ำตาล
ทองกวาว	น้ำ	11-12	แดง
			เหลืองเขียว - แดง

สำหรับ www.kunkruon.weebly.com

เอกสารฉบับนี้อาจจะเป็นประโยชน์ไม่มากก็น้อย
ผู้ศึกษาสามารถแสดงความคิดเห็นไว้ด้านล่างของเวปไซต์ได้ค่ะ
ขอขอบพระคุณค่ะ
นิภาภรณ์ จันทะโยธา