คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
เทคโนโลยีสุขภาพ เครื่องสำอางและการชะลอวัย
HEALTH, COSMETIC & ANTI-AGING TECHNOLOGY

หน่วย 1 วิธียูวี-วิสิเบิล สเปกโทรสโกปี

บทเรียน 1.3

การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเทคนิค UV-Vis

(Quantitative Analysis by UV-Vis)

ผศ.ดร.วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ
Asst.Prof.Woravith Chansuvarn, Ph.D.

woravith
LINE woravith
woravith.c@rmutp.ac.th
http://sci.rmutp.ac.th/woravith

#แผนการเรียนรู้และการประเมินผลการเรียนรู้

1.3

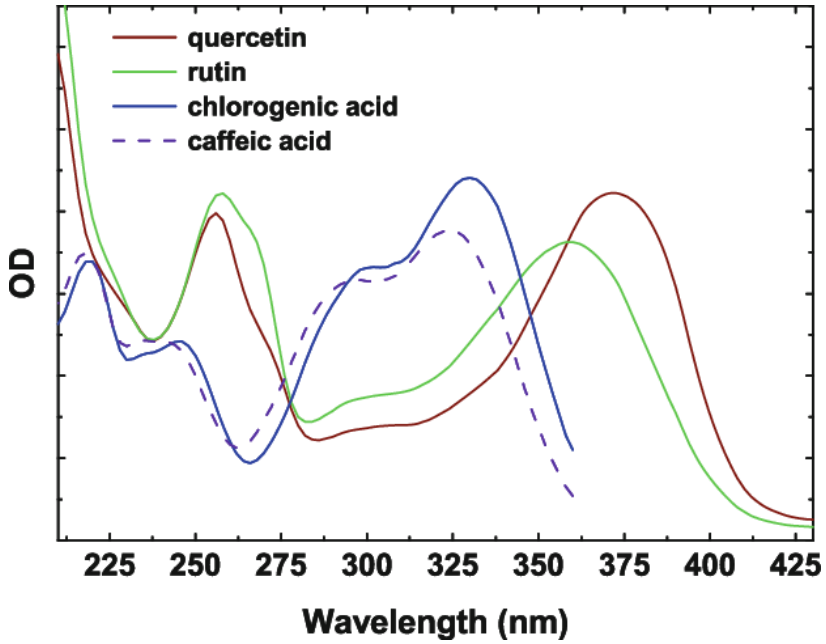
การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเทคนิค UV-Vis

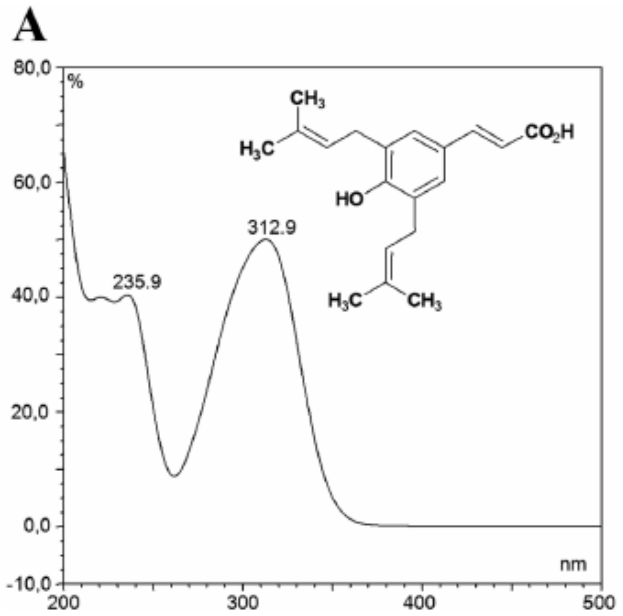
- บอกการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ
- คำนวณวิธีการทำปริมาณวิเคราะห์
- อธิบายวิธีเติมสารมาตรฐาน
- ปฏิบัติการสร้างกราฟมาตรฐานความเข้มข้นและการวิเคราะห์ปริมาณ

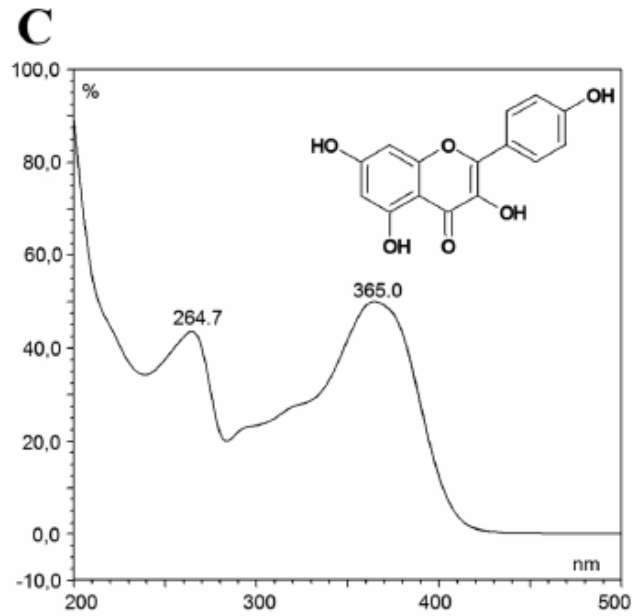
การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

- การใช้การดูดกลืนแสงในย่าน UV-Vis เพื่อระบุชนิดของสารหรือกลุ่มฟังก์ชันทางเคมีในสารตัวอย่าง
- อาศัยหลักการที่ว่าสารต่างชนิดกันจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเฉพาะเจาะจงแตกต่างกัน ทำให้สามารถใช้เป็นข้อมูลบ่งชี้ชนิดของสารได้
- การวัดตำแหน่งของค่าการดูดกลืนสูงสุด (λ_{max})
- ลักษณะของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงเป็นข้อมูลที่ใช้ในการระบุสารหรือเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน

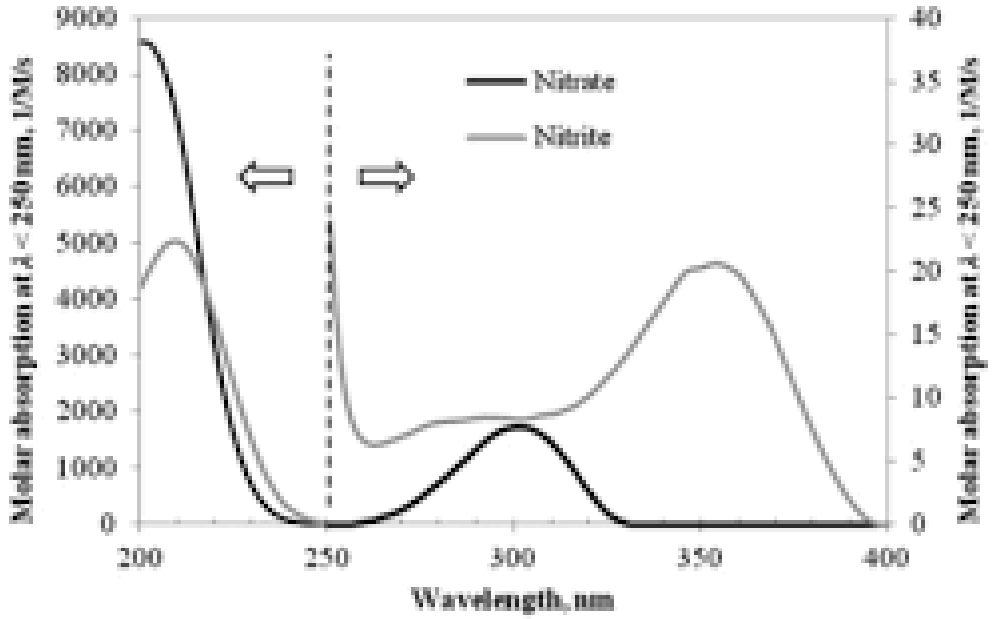
การตรวจสอบสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดจากพืช เช่น ฟลาโวนอยด์ หรือกรดฟีนอลิก มีโครงสร้างแอโรเมติกคอนจูเกต ซึ่งดูดกลืนแสงในช่วง 250–400 nm สามารถใช้เปรียบเทียบ λ_{max} กับข้อมูลอ้างอิง เพื่อยืนยันชนิดของฟีนอลในสารสกัด



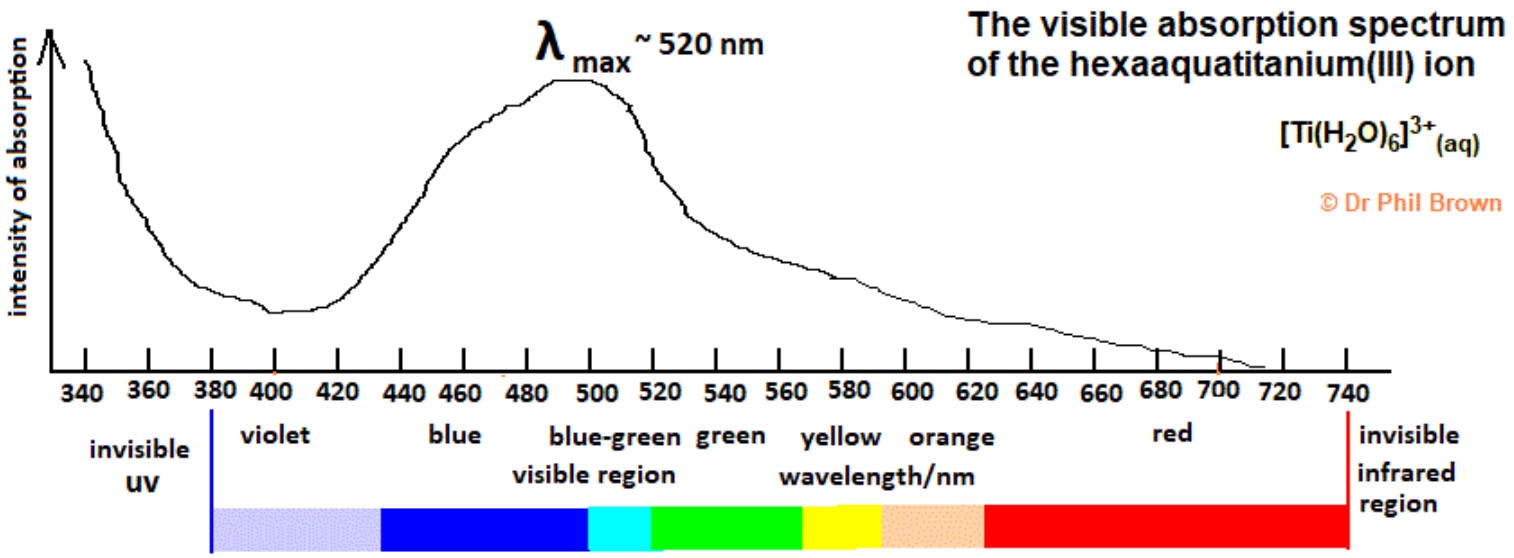


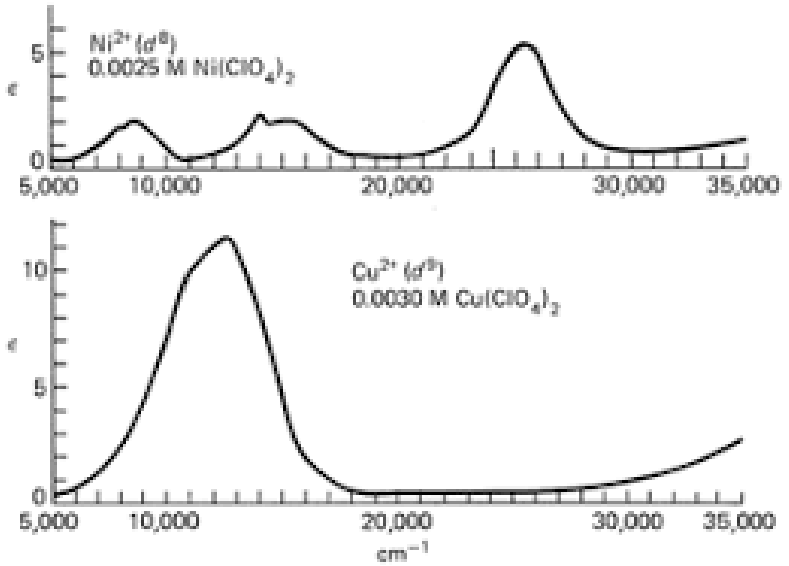


การตรวจสอบไนเทรต (NO_3^-) และไนไทรต์ (NO_2^-) โดยไนเทรตมีการดูดกลืนที่ ~210 nm ขณะที่ไนไทรต์ดูดกลืนที่ ~354 nm สามารถระบุชนิดของไอออนในน้ำหรืออาหารได้ด้วยการวัดสเปกตรัม UV



การยืนยันการเกิดปฏิกิริยาสำหรับสารเชิงซ้อนโลหะ (metal complexes) โลหะแทรนซิชันจะเกิดการดูดกลืนแสงเฉพาะเมื่อสร้างเชิงซ้อนกับลิแกนด์ ใช้ดูการเปลี่ยนแปลง λ_{max} หรือการเปลี่ยนสีเพื่อระบุว่ามีการเกิดเชิงซ้อน





วิธีวิเคราะห์เชิงปริมาณ

Quantitative Method

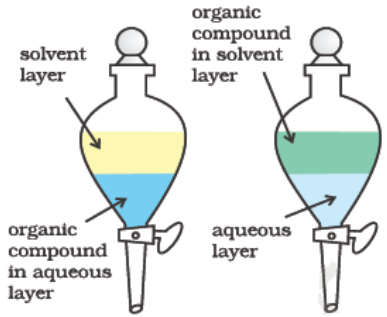
- วิธีกราฟมาตรฐานความเข้มข้น (calibration method)
- วิธีเติมสารมาตรฐาน (standard addition method)

(red cabbage)

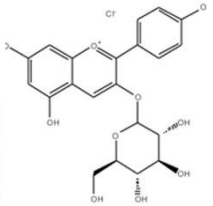
กะหล่ำปลีม่วง (red cabbage)
มีสารแอนโทไซนานิน (anthocyanin)
อยู่ปริมาณเท่าใด

เลือกวิธีวิเคราะห์ :
วิธียูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมทรี

Methodology



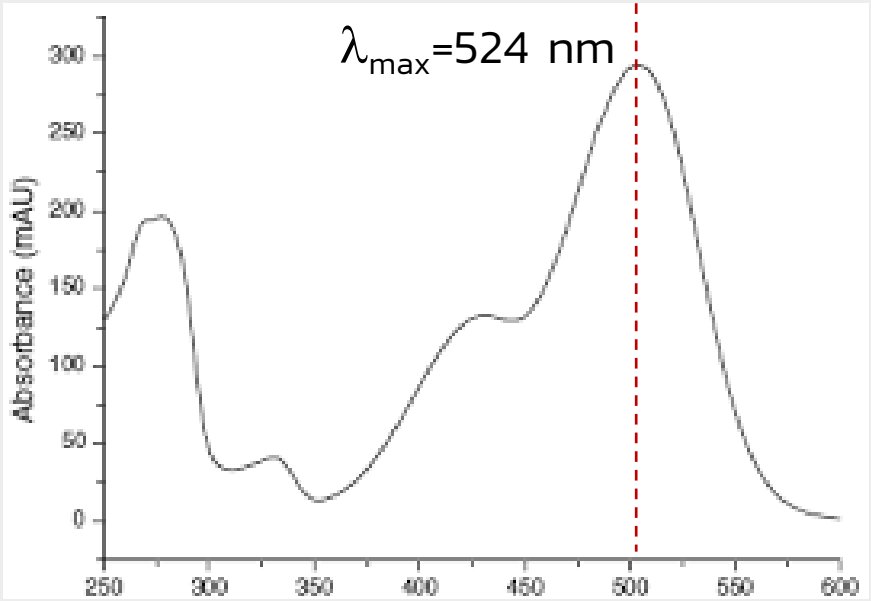
เตรียมตัวอย่างโดยวิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย



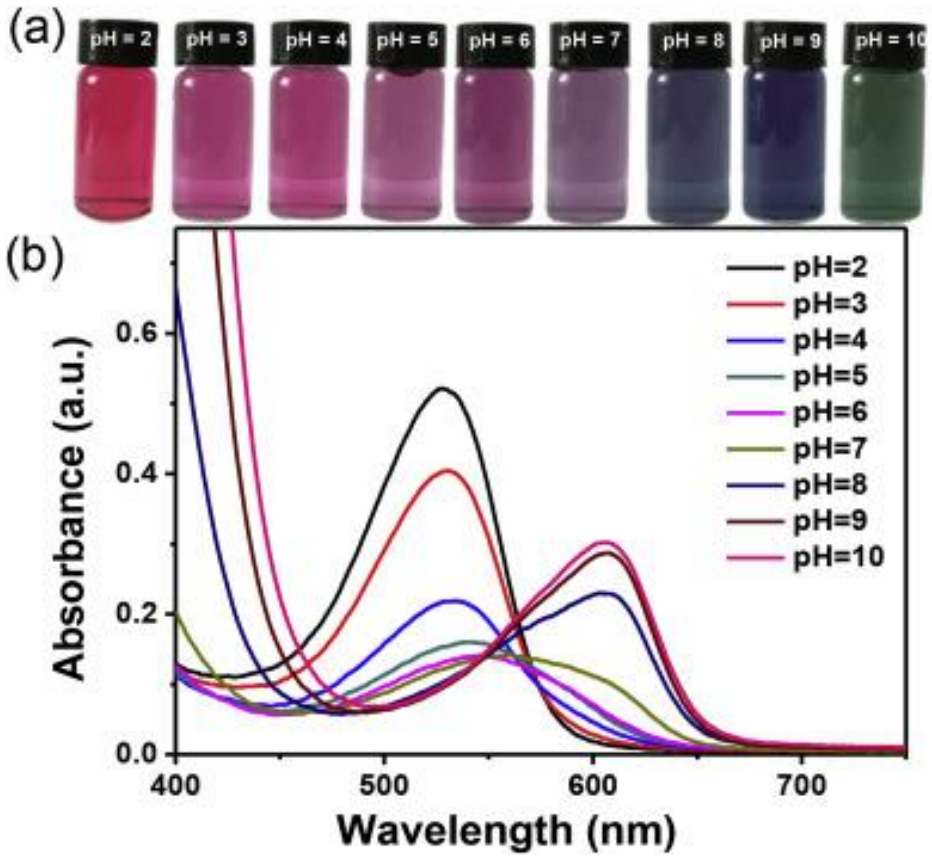
สารสกัดที่มี anthocyanin

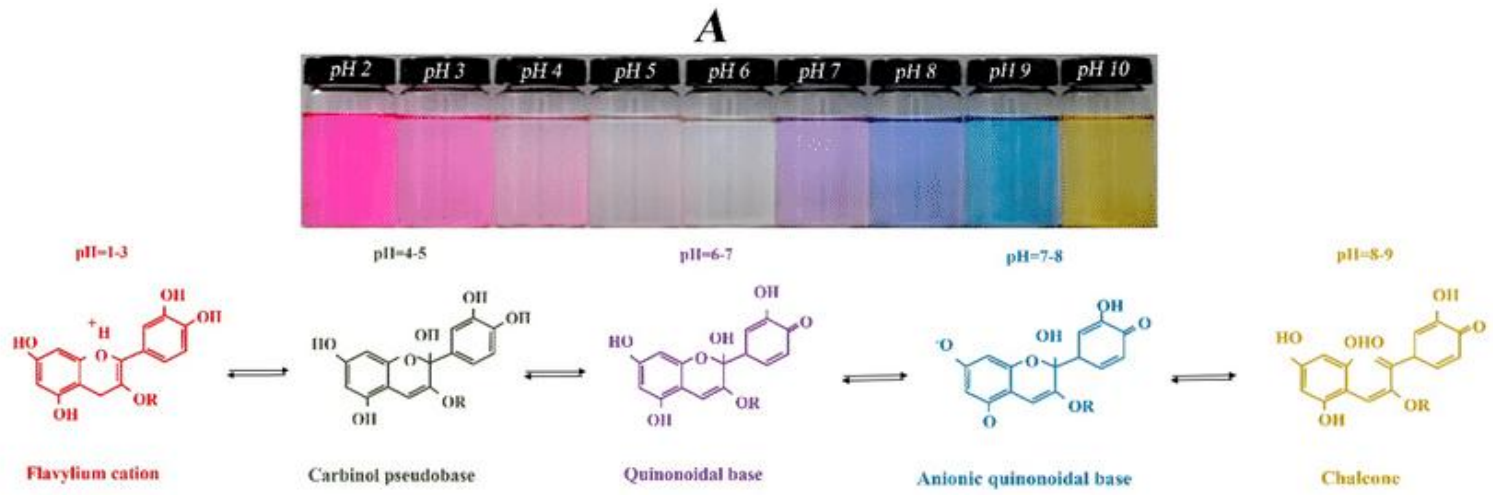
สเปกตรัมดูดกลืนแสงของสาร anthocyanin ในกระหล่ำปลีม่วง

λ_{max}=524 nm



anthocyanin

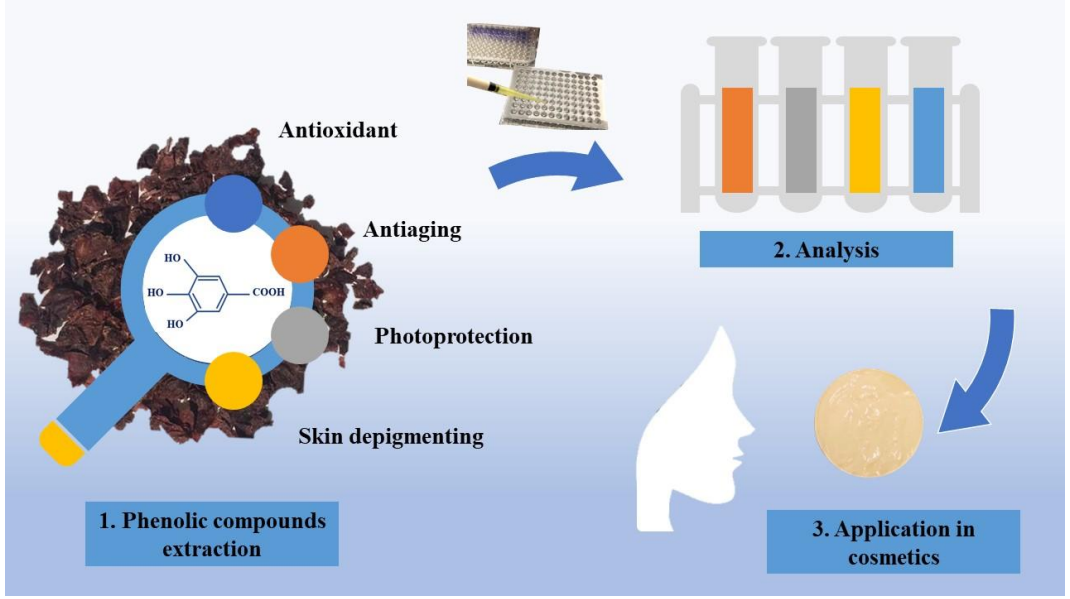


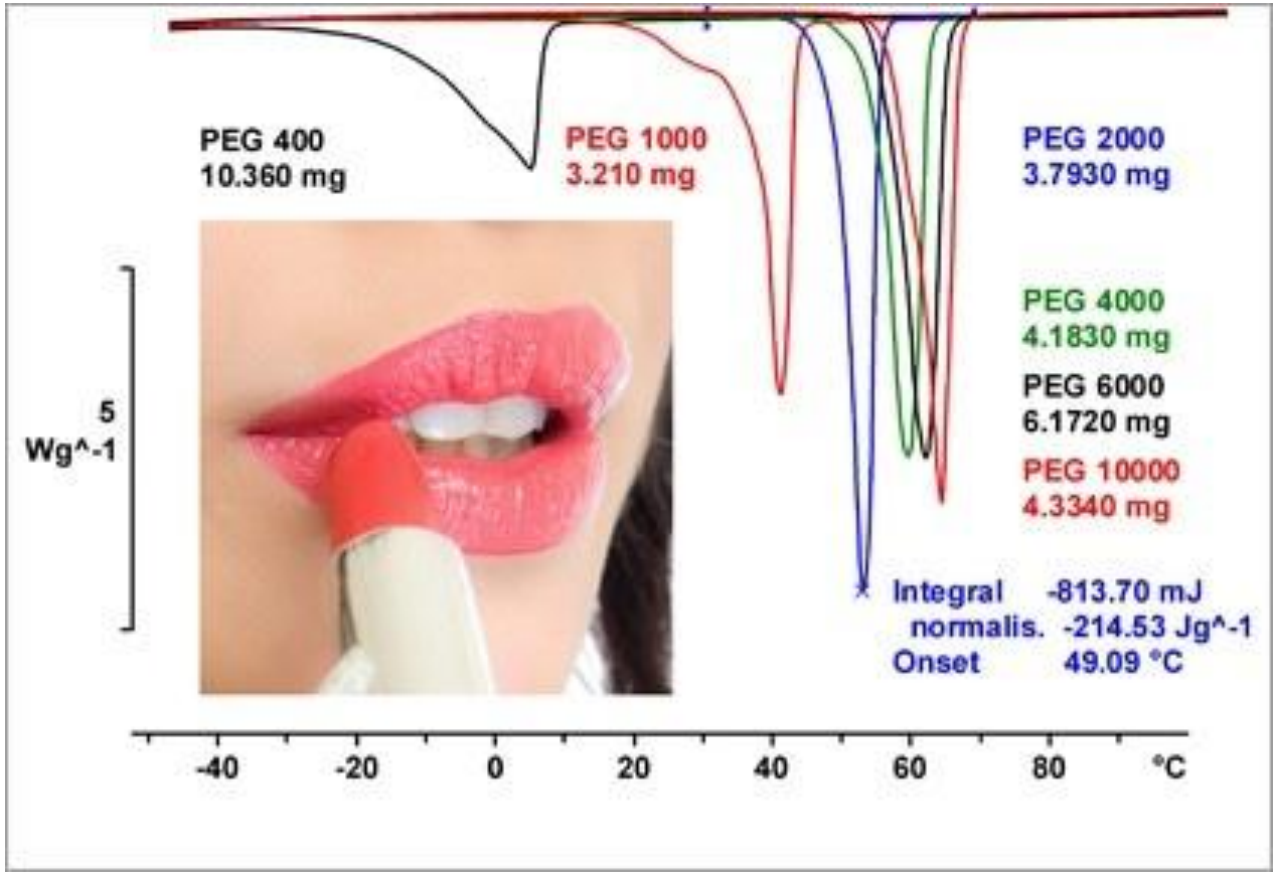


Color changes in response to pH variation of anthocyanin

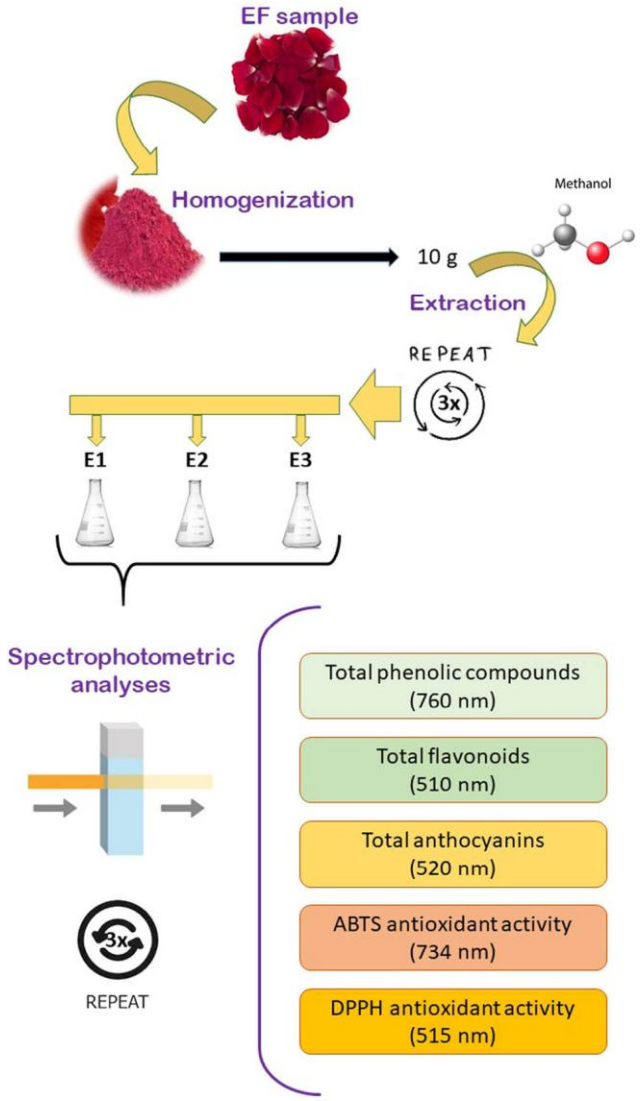
วิธีการทำปริมาณวิเคราะห์

- ปริมาณสารที่สนใจมีอยู่เท่าใด ?

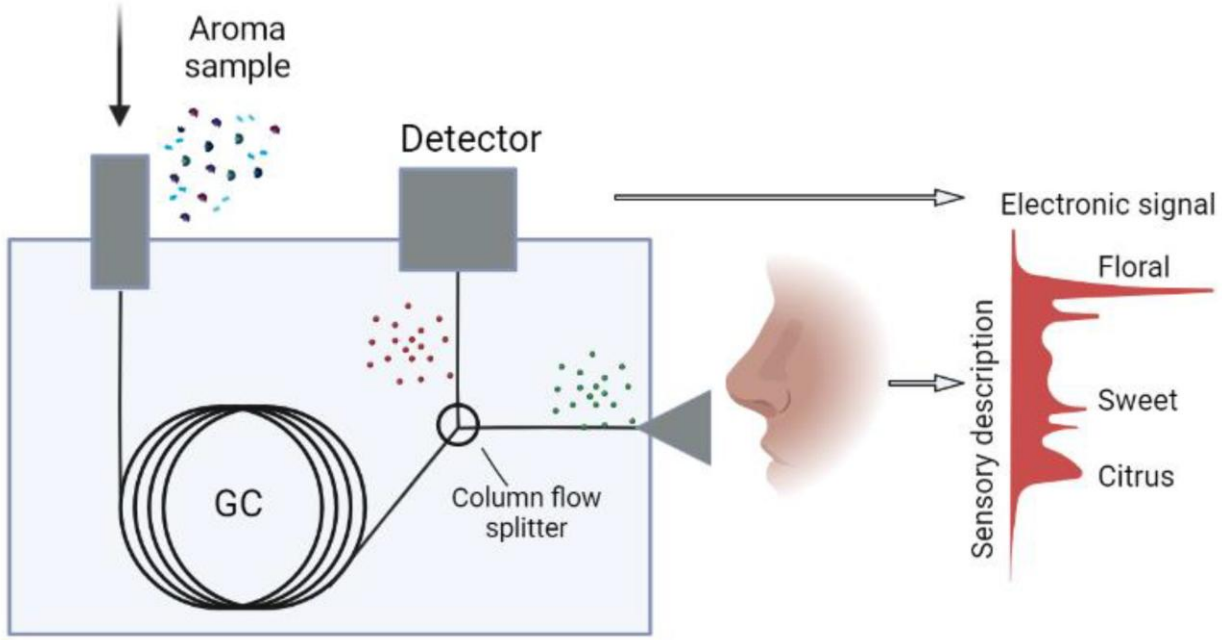




Concept



Evaluation of phenolic compounds and antioxidant activity in some edible flowers



วิธี
กราฟมาตรฐาน

เป็นการเทียบมาตรฐานทางอ้อม โดยกราฟที่สร้างขึ้นเป็น
ความสัมพันธ์ระหว่าง
สัญญาณตอบสนองที่วัดได้ (แกน y)
กับ
ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน (แกน x)

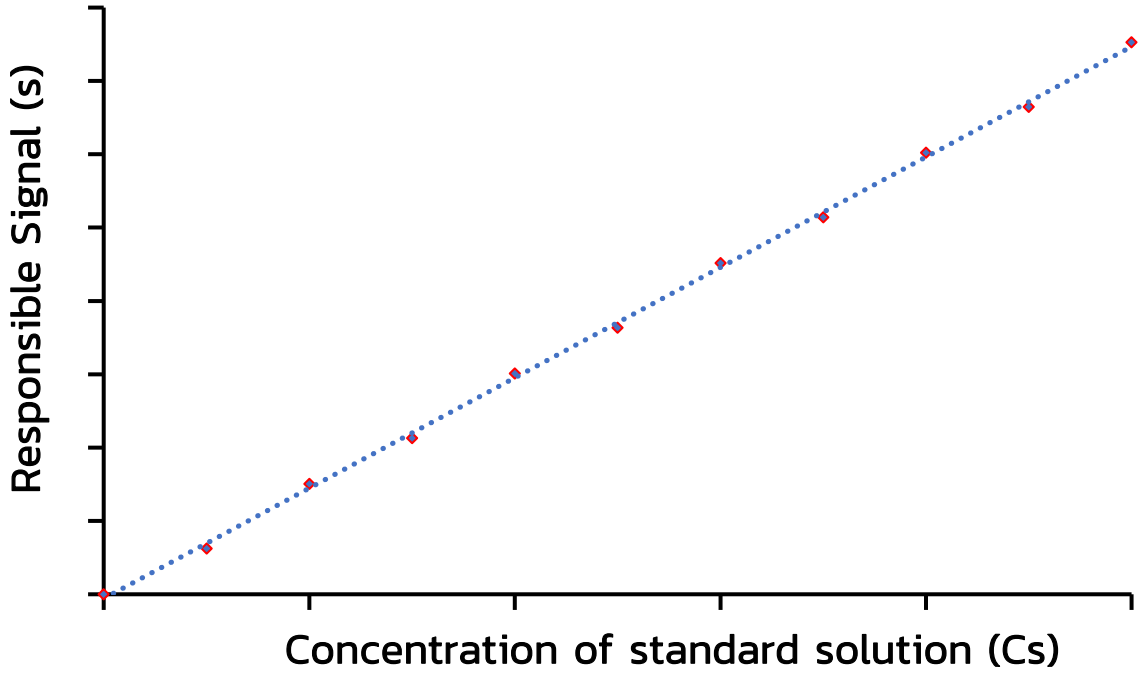
"โดยสัญญาณตอบสนองที่วัดได้ต้องแปรผันโดยตรงกับปริมาณสารที่สนใจ"

"การสร้างกราฟมาตรฐานจึงเป็นวิธีการสร้างความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (หรือปริมาณ) กับสัญญาณตอบสนองที่ได้จากเครื่องมือวิเคราะห์"

วิธีกราฟมาตรฐาน

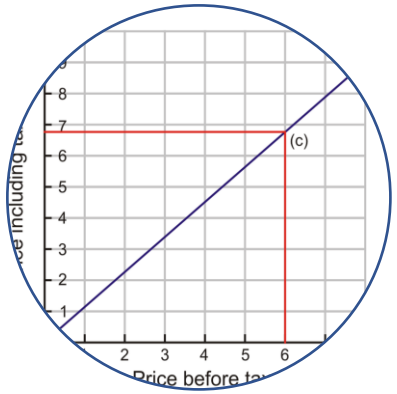
วิธีสารมาตรฐานภายนอก (External standard)

- การสร้างกราฟมาตรฐานภายนอก จะต้องกำหนดช่วงความเข้มข้นให้เหมาะสม โดยควรเป็นช่วงความเข้มข้นที่สัมพันธ์กับสัญญาณที่วัดได้มีความเป็นเส้นตรงมากที่สุด เรียกว่า ช่วงความเป็นเส้นตรง (linearity range) ต้องครอบคลุมความเข้มข้นของสารที่สนใจในตัวอย่าง
- ความเป็นเส้นตรงแสดงด้วย r^2 (มากกว่า 0.995)
- กราฟมาตรฐานภายนอก คือสัญญาณตอบสนองของเครื่องมือวัดที่สัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน



สร้างกราฟมาตรฐานภายนอก เพื่ออะไร...?

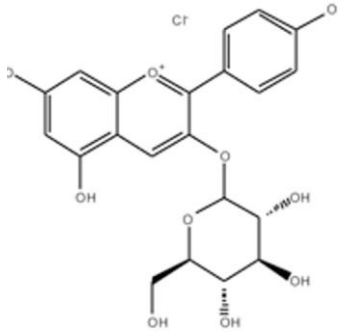
- ✓ บอกสัญญาณตอบสนองตามโดเมนการวัด
- ✗ ไม่สามารถบอกความเข้มข้น



- ✓ ทราบความเข้มข้นของสารมาตรฐานภายนอก (จากการเตรียม)
- ✓ บอกสัญญาณตอบสนองตามโดเมนการวัดตามความเข้มข้นของสารมาตรฐานภายนอก

Link ▶ หลักการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือโดยอาศัยกราฟมาตรฐาน
http://sci.rmutp.ac.th/woravith/?page_id=4559

วิธีกราฟมาตรฐานจากสารมาตรฐานภายนอก



สารมาตรฐาน
anthocyanin

0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 mg/L

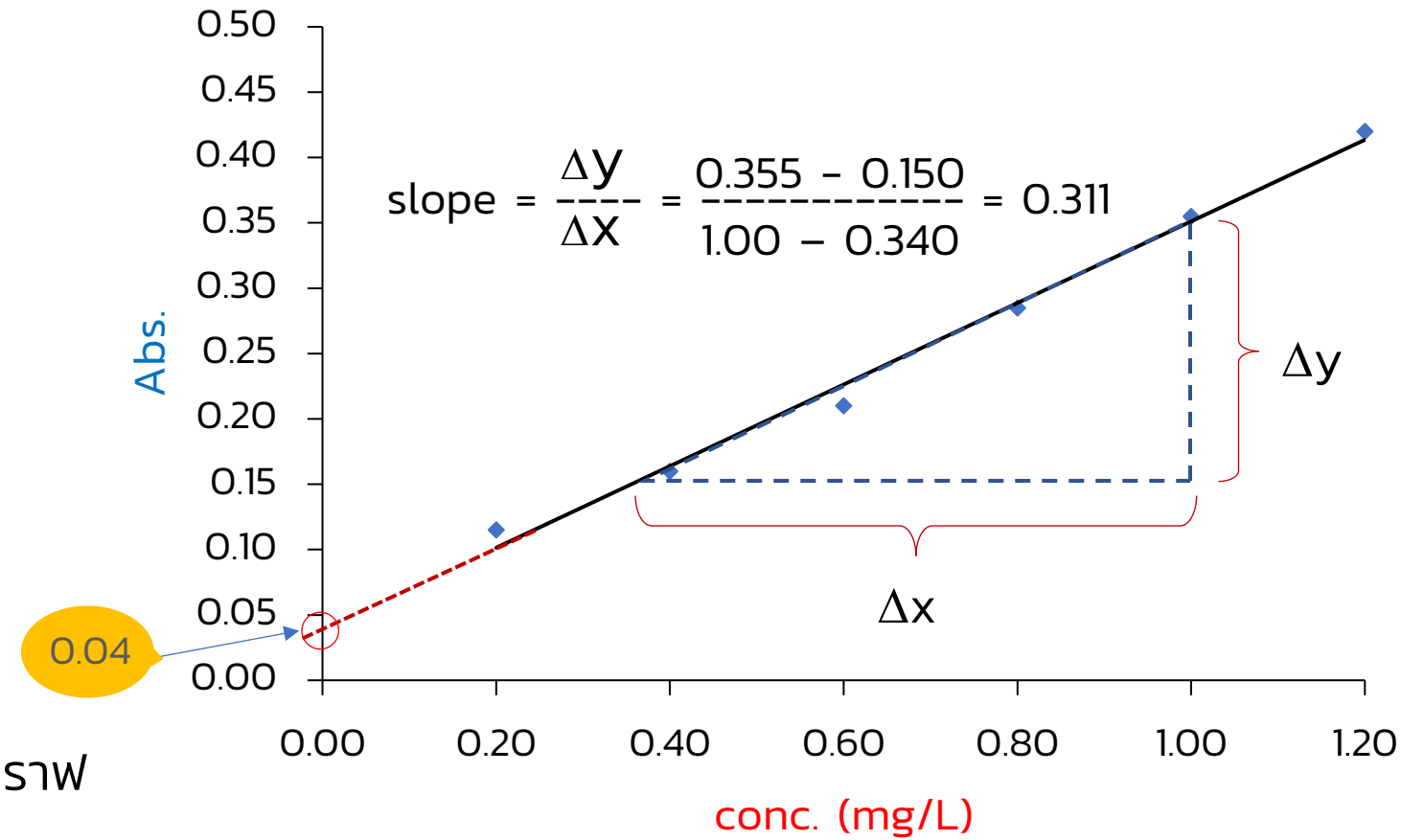
- เตรียมสารละลายมาตรฐาน anthocyanin ที่มีความเข้มข้นต่างกันจำนวน 6 ความเข้มข้น (0.20–1.20 mg/L)
- วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 524 nm
- เขียนกราฟมาตรฐานความเข้มข้น

ความเข้มข้น (mg/L)	ค่าการดูดกลืนแสง (524 nm)
0.20	0.115
0.40	0.160
0.60	0.210
0.80	0.285
1.00	0.355
1.20	0.420

<u>หมายเหตุ</u> ศึกษาวิธีสร้างกราฟด้วยโปรแกรมเอกเซลล์ Click

Conc. (mg/L)	Abs
0.20	0.115
0.40	0.160
0.60	0.210
0.80	0.285
1.00	0.355
1.20	0.420

เขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น



หาความชันกับจุดตัดแกนจากเส้นกราฟ

- ความชัน = 0.311
- จุดตัดแกน = 0.04

สมการเส้นตรง $y = 0.311x + 0.04$

สร้างกราฟมาตรฐานความเข้มข้นด้วยโปรแกรมเอกเซลล์ แสดงสมการเส้นตรง และค่า R^2

$y = 0.3121x + 0.039 \quad R^2=0.9922$

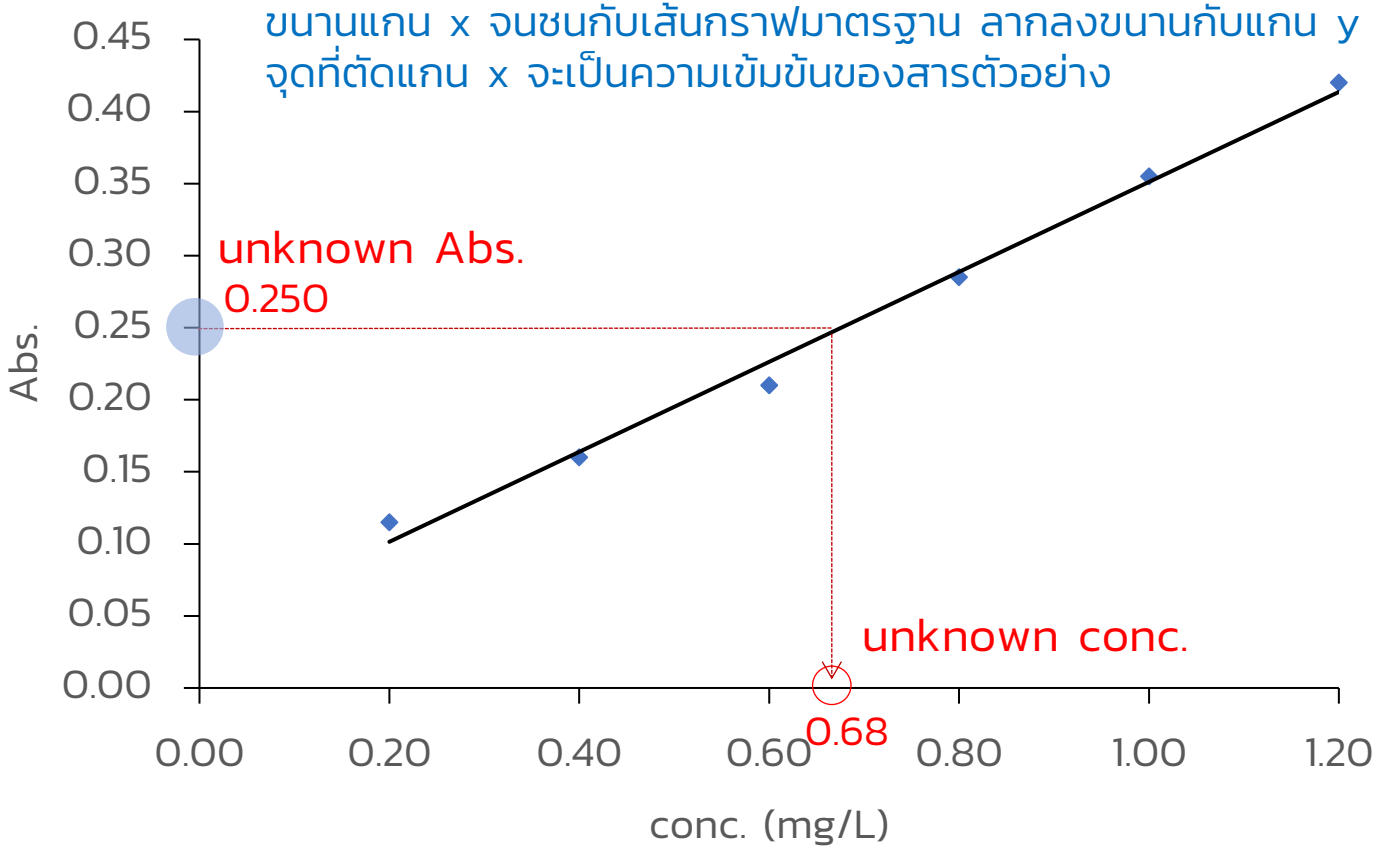
นำสารตัวอย่าง(unknown) หนัก 1.00 g วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 524 nm พบว่า เครื่องมือรายงานค่าการดูดกลืนแสง = 0.250

ความเข้มข้นเป็นเท่าไร ?

1) หาความเข้มข้นโดยลากเส้นบนกราฟมาตรฐานความเข้มข้น

2) คำนวณความเข้มข้นโดยสมการเส้นตรง

กำหนดจุด Abs บนแกน y (Abs ของสารตัวอย่าง) ลากเส้นขนานแกน x จนชนกับเส้นกราฟมาตรฐาน ลากลงขนานกับแกน y จุดที่ตัดแกน x จะเป็นความเข้มข้นของสารตัวอย่าง



แทนค่า Abs ของสารตัวอย่าง (y) ลงในสมการเส้นตรง คำนวณความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (x)

$$y = 0.3121x + 0.039$$

$$0.250 = 0.3121x + 0.039$$

$$x = (0.250-0.039)/0.3121$$

$$= 0.675$$

Take class (10 min)

1. The following calibration data were obtained by an instrumental method for the determination of the species X in aqueous solution.

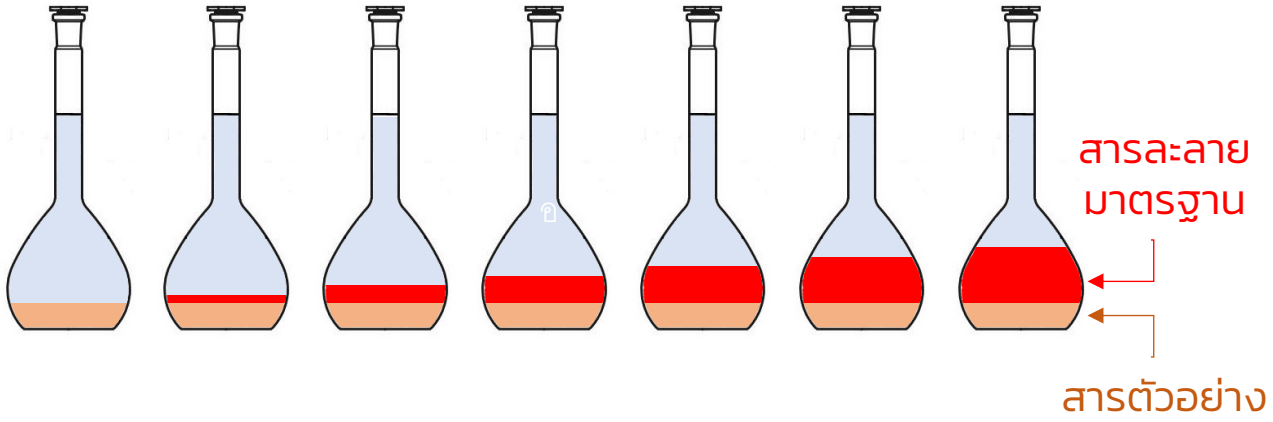
Concentration X, ppm	No. of Replications, N	Mean Analytical Signal, S	Standard deviation, ppm
0.00	25	0.031	0.0079
2.00	5	0.173	0.0094
6.00	5	0.422	0.0084
10.00	5	0.702	0.0084
14.00	5	0.956	0.0085
18.00	5	1.248	0.0110

a. calculate the calibration sensitivity
b. calculate the analytical sensitivity at each concentration
c. What is the detection limit for the method?

วิธีเติมสารมาตรฐาน

นิยมใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารที่สนใจที่มีสารเจือปนมาก (matrix effect) ซึ่งอาจจะมีผลต่อการวิเคราะห์ได้ โดยหลักการของวิธีนี้คือการเติมสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนลงในสารตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์

หรืออาจเรียกว่า
“Spiked method”



1) เตรียมสารละลายตัวอย่าง ที่ไม่ทราบความเข้มข้น (C_x) ปริมาตรแน่นอน (V_x) เท่ากัน ในขวดวัดปริมาตร 5-6 ขวด
2) เติมสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (C_s) และปริมาตรที่แตกต่างกันเป็นลำดับ (V_s)
3) เติมสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา ให้เท่ากันทุก ๆ ขวด และปรับปริมาตรด้วยตัวทำละลาย (ปริมาตรรวม V_t)
4) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่กำหนด ได้สัญญาณการดูดกลืนแสงรวม (S)

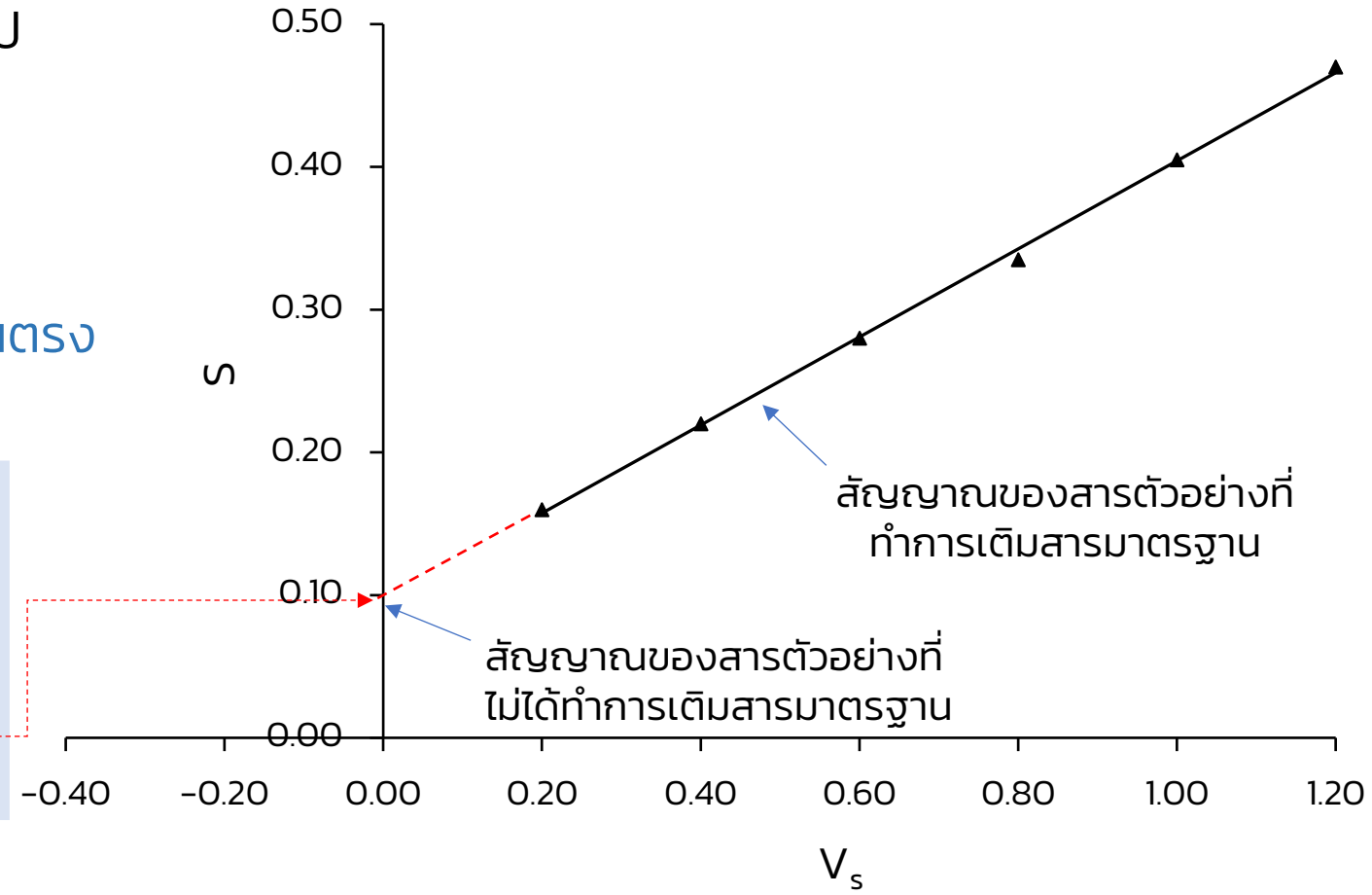
สัญญาณ (S) ที่ได้จะเป็นผลรวมของสัญญาณจากสารตัวอย่างกับสารมาตรฐานที่เติมลงไป

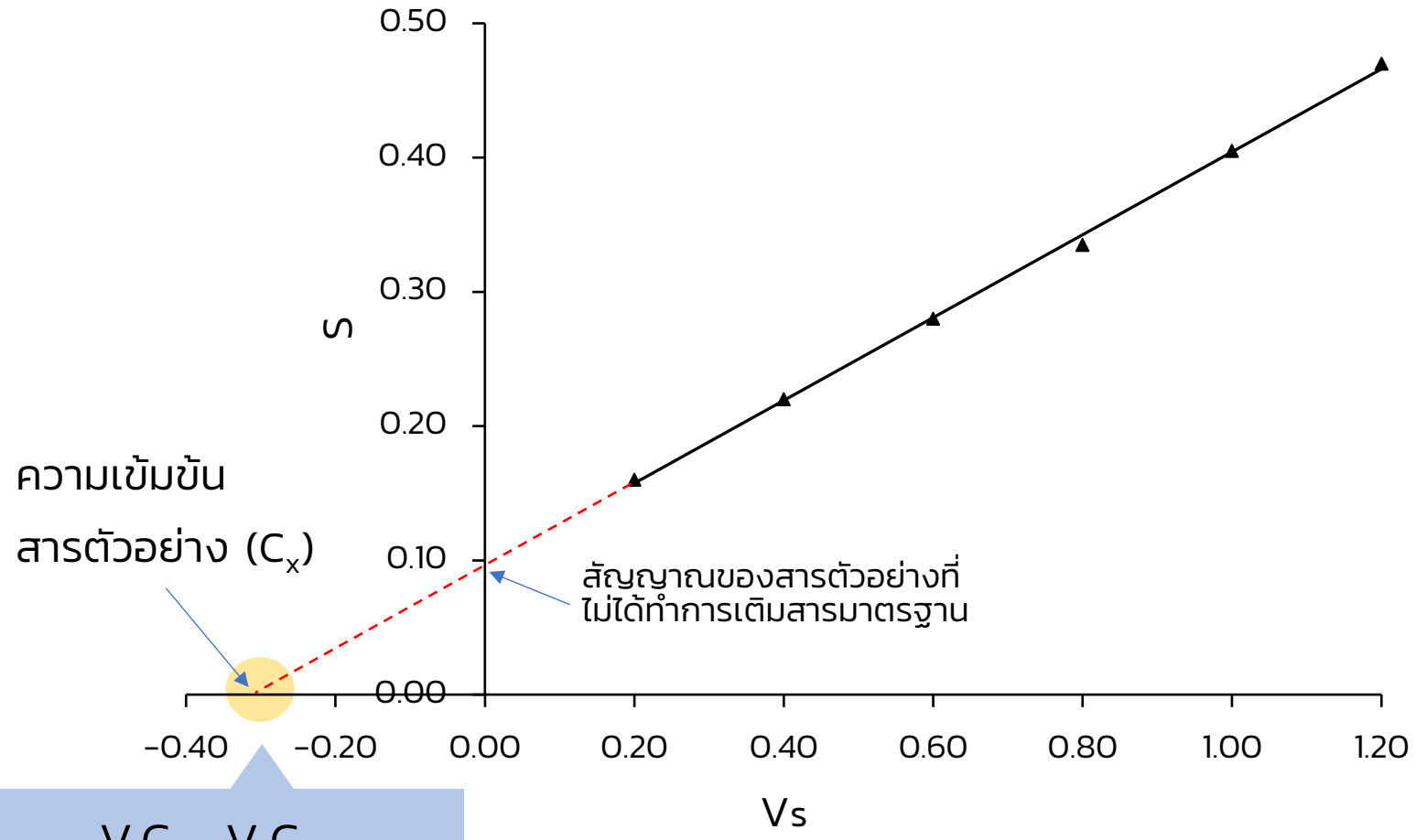
$$S = \frac{V_s C_s}{V_t} + \frac{V_x C_x}{V_t}$$

เขียนกราฟระหว่าง S กับ V_s จะได้กราฟเส้นตรง

$$\text{slope, } m = \frac{C_s}{V_t}$$

$$\text{intercept, } b = \frac{V_x C_x}{V_t}$$





$$S = \frac{V_s C_s}{V_t} + \frac{V_x C_x}{V_t} = 0$$

$$C_x = -\frac{(Vs)_0 C_s}{V_x}$$

$$S = \frac{V_s C_s}{V_t} + \frac{V_x C_x}{V_t}$$

$$\text{slope, } m = \frac{C_s}{V_t}$$

$$\text{intercept, } b = \frac{V_x C_x}{V_t}$$

$$y = m(C_x)$$

$$\frac{b}{m} = \left(\frac{V_x C_x}{V_t}\right)\left(\frac{V_t}{C_s}\right)$$

$$C_x = \frac{bC_s}{mV_x}$$

Take class (15 min)

Question 1 – STANDARD ADDITION

A UV/Vis spectrophotometer is used to determine the concentration of Vitamin B6 and Caffeine in an energy drink using the Standard Addition Method.

A standard solution of 0.0506g of Pyridoxine hydrochloride (vitamin B6) and 0.1253g of caffeine was prepared in 100mL of solvent that included 60:40 phosphate buffer / MeOH solution (Standard A).

The analyst then prepared the following in 100mL volumetric flasks of mobile phase:

Standard Addition Solution	Volume of Energy Drink (mL)	Volume of Standard A (mL)
1	10	0
2	10	1
3	10	2
4	10	3
5	10	4

These solutions were run on an UV/Vis spectrophotometer at a previously identified wavelength maximum under identical experimental conditions and the following data was collected:

Vitamin B6	Absorbance
Solution 1 (0 mL Solution A)	0.04898
Solution 2 (1 mL Solution A)	0.17516
Solution 3 (2 mL Solution A)	0.31907
Solution 4 (3 mL Solution A)	0.45536
Solution 5 (4 mL Solution A)	0.54650

Caffeine	Absorbance
Solution 1 (0 mL Solution A)	0.34026
Solution 2 (1 mL Solution A)	0.46993
Solution 3 (2 mL Solution A)	0.60247
Solution 4 (3 mL Solution A)	0.74104
Solution 5 (4 mL Solution A)	0.83241

a. Using this data above, make a properly documented plots of "**Absorbance**" versus "**Concentration of Vitamin B6 added (ppm)**" and "**Absorbance**" versus "**Concentration of Caffeine added (ppm)**". These graphs are to be done using Excel. **Be sure to provide a trendline, formula and R^2 value.** (8 marks)

b. Using the above plots, **calculate the concentration (in ppm) of Vitamin B6 and Caffeine** in the original energy drink. (6 marks)

Method Validation

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ (method validation)

หมายถึง “การยืนยันโดยการตรวจสอบและจัดทำหลักฐานที่เป็นรูปธรรม เพื่อแสดงว่าข้อกำหนดพิเศษต่าง ๆ สำหรับการใช้ตามที่ตั้งใจไว้โดยเฉพาะสามารถบรรลุผลได้ครบถ้วน” (ISO/IEC 17025:2017)

การทวนสอบวิธี (method verification)

หมายถึง “การทดสอบเพื่อที่จะประกันว่าวิธีการวิเคราะห์มาตรฐานหรือวิธีการวิเคราะห์อ้างอิงที่จะนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการมีความถูกต้อง และความเที่ยงเป็นไปตามคุณสมบัติที่กล่าวไว้ของวิธีวิเคราะห์นั้น ๆ” โดยทั่วไปการทวนสอบวิธีจะเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี

นิยาม

- ISO 9000

  "confirmation, through the provision of objective evidence, that the requirements for a specific intended use or application have been fulfilled"

- **ISO/IEC17025**

  "confirmation by examination and provision of objective evidence that the particular requirements for a specific intended use are fulfilled"

- **VIM (International vocabulary of metrology)**

  "verification, where the specified requirements are adequate for an intended use"

Validation Parameters or characteristics

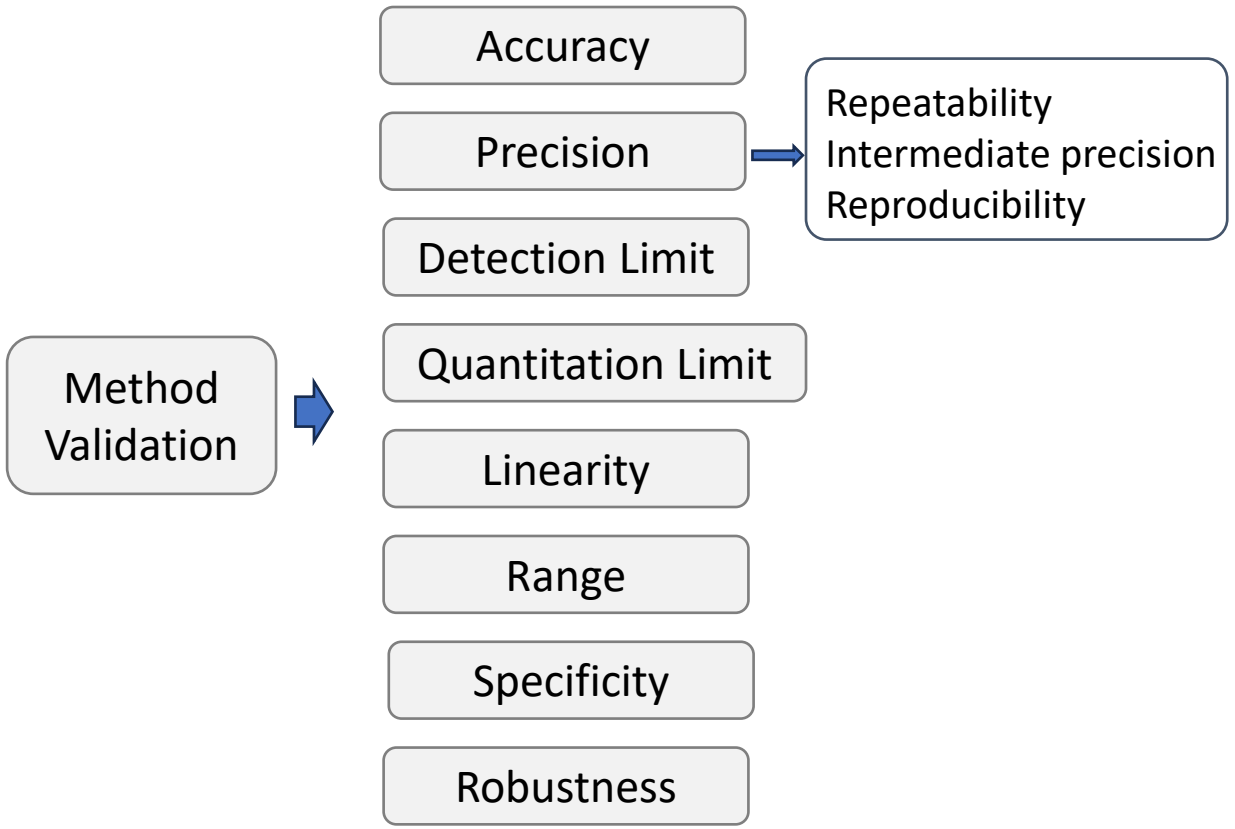


Table 1
Characteristics to consider during analytical validation

Type of analytical procedure	Identification	Testing for impurities	Testing for impurities	Assay — dissolution (measurement only) — content/potency
Characteristics		Quantitative tests	Limit tests	
Accuracy	–	+	–	+
Precision				
Repeatability	–	+	–	+
Intermediate precision[a]	–	+	–	+
Specificity	+	+	+	+
Detection limit	–	–[b]	+	–
Quantitation limit	–	+	–	–
Linearity	–	+	–	+
Range	–	+	–	+

– Characteristic is normally not evaluated;
+ Characteristic should normally be evaluated.
[a] In cases where a reproducibility study has been performed, intermediate precision is not needed.
[b] May be needed in some cases.

https://sci.rmutp.ac.th/woravith/?page_id=8366

Accuracy (ความถูกต้อง หรือความแม่น)

- USP

  “The closeness of the result obtained by the method to the true value.”

- ICH

  “The closeness of the result obtained by the method to a value that is accepted as conventionally true value or as a reference value.”

“ความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่ได้จากการวิเคราะห์นั้น เปรียบเทียบกับค่าจริงหรือค่าอ้างอิงที่เป็นที่ยอมรับ”

การประเมินและยอมรับความเที่ยง

แบบที่ 1 กรณีมีวัสดุอ้างอิง (RM) หรือวัสดุอ้างอิงรับรองค่า (CRM) ทำดังนี้

(1) ให้ทดสอบวัสดุอ้างอิง หรือวัสดุอ้างอิงรับรองค่า (CRM) อย่างน้อย 3 ความเข้มข้น แต่ละความเข้มข้นทดสอบไม่น้อยกว่า 10 ซ้ำ

(2) ทำการทดสอบตามวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่าง คำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละความเข้มข้น

(3) เกณฑ์การยอมรับ ให้เลือกวิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้

- วิธีที่ 1 ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วงของค่ารับรอง เช่น ถ้าได้ค่าเฉลี่ยในช่วงดังกล่าวนี้ แสดงว่าวิธีทดสอบมีความแม่นสูง แต่ถ้าค่าเฉลี่ยที่ได้ไม่ได้อยู่ในช่วง ต้องพิจารณาด้วยวิธีที่ 2 คือใช้สถิติทดสอบค่าเฉลี่ย
- วิธีที่ 2 ใช้สถิติทดสอบค่าเฉลี่ย โดยใช้สถิติทดสอบ t-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีทดสอบกับค่าอ้างอิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความมั่นใจที่กำหนดหรือไม่

การประเมินและยอมรับความเที่ยง

แบบที่ 2 กรณีไม่มีวัสดุอ้างอิงรับรองค่า ให้เตรียมสารที่มีเมทริกซ์ (matrix) ใกล้เคียงกับสารตัวอย่าง ซึ่งเรียกว่า สารตัวอย่างควบคุมคุณภาพ (QC) แล้วทำการเติมสารมาตรฐานของสารที่สนใจที่ทราบปริมาณแน่นอนลงไปปริมาณน้อย ๆ เรียกว่า ตัวอย่างเติมสารมาตรฐาน (spiked sample หรือ fortified sample)

(1) นำ spiked sample และสารตัวอย่างที่ไม่เติมสารมาตรฐาน (unspiked sample) ทดสอบตามวิธีวิเคราะห์อย่างน้อย 3 ความเข้มข้น แต่ละความเข้มข้นทดสอบไม่น้อยกว่า 10 ซ้ำ

(2) คำนวณ %recovery จากการทดสอบ 10 ซ้ำนำไปเปรียบเทียบผลกับเกณฑ์ที่ยอมรับ

Precision (ความเที่ยง)

ความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างเดียวกันซ้ำหลาย ๆ ครั้ง โดยตัวอย่างต้องเป็นเนื้อเดียวกัน

แบ่งได้ 3 ระดับ คือ

1) Repeatability : การแสดงความเที่ยงของการวิเคราะห์ชุดการวิเคราะห์ซ้ำ ที่ทำในสภาวะเดียวกัน ในระยะเวลาที่ห่างกันไม่นาน
2) Intermediate precision : การแสดงความเที่ยงของการวิเคราะห์ชุดการวิเคราะห์ ที่ทำซ้ำ โดยมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเดียวกันเช่นเปลี่ยนเครื่องมือ เปลี่ยนผู้วิเคราะห์ เปลี่ยนวัน
3) Reproducibility : การแสดงความเที่ยงของการวิเคราะห์ที่ทำโดยห้องปฏิบัติการหลายห้อง โดยทั่วไปใช้ในการนำเสนอวิธีใหม่ที่จะใช้เป็นวิธีมาตรฐาน

การประเมินและยอมรับความแม่น

1) ทำการทดสอบตัวอย่างซ้ำในช่วงความเข้มข้นที่ครอบคลุมช่วงการใช้งาน ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ (ไม่น้อยกว่า 7 ซ้ำ)
2) ทดสอบอย่างน้อย 3 ความเข้มข้น
3) คำนวณค่า standard deviation (s) หรือ relative standard deviation (RSD)
4) นำค่าที่ได้ไปเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ให้เลือกวิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้
    - วิธีที่ 1 เกณฑ์การยอมรับที่ถูกกำหนดไว้แล้ว ได้แก่ ข้อกำหนดตามกฎหมาย ข้อกำหนดตามวิธีมาตรฐาน หรือค่าแนะนำสำหรับการยอมรับ
    - วิธีที่ 2 การประเมินผลตามสมการของ Horwitz

Detection Limit (DL or LOD)

"The lowest amount of analyte in a sample that can be detected but not necessarily quantitated as an exact value."

"ปริมาณต่ำสุดของสารที่วิเคราะห์ในตัวอย่างใด ๆ ที่สามารถตรวจวัดได้ แต่ไม่จำเป็นต้องทราบว่ามีปริมาณที่แน่นอนเท่าใด"

Quantitation Limit (QL or LOQ)

"The lowest amount of analyte in a sample that can be quantitatively determined with suitable precision and accuracy. The quantitation limit is a parameter of quantitative assays for low levels of compounds in sample matrices and is used particularly for the determination of impurities and/or degradation products."

"ปริมาณต่ำสุดของสารที่วิเคราะห์ในตัวอย่างที่สามารถตรวจหาเชิงปริมาณโดยมีความถูกต้องและความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม"

Linearity (ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง)

"The ability (within a given range) to obtain test results that are directly proportional to the concentration (amount) of analyte in the sample."

"ความสามารถของวิธีที่จะทำให้วิเคราะห์แล้วได้ผลการวิเคราะห์ที่เป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารที่วิเคราะห์ในช่วงความเข้มข้นที่กำหนด"

Range (ช่วงการใช้งาน)

"The interval between the upper and lower concentration (amounts) of analyte in the sample (including these concentrations) for which it has been demonstrated that the analytical procedure has a suitable level of precision, accuracy, and linearity."

"ช่วงความเข้มข้นของสารที่จะวัดตั้งแต่ความเข้มข้นต่ำสุดถึงความเข้มข้นสูงสุดที่วัดแล้วมีความถูกต้อง ความเที่ยงและความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่ยอมรับได้"

Robustness (ความคงทน)

"A measure of its capacity to remain unaffected by small, but deliberate, variations in method parameters and also provides an indication of its reliability during normal usage."

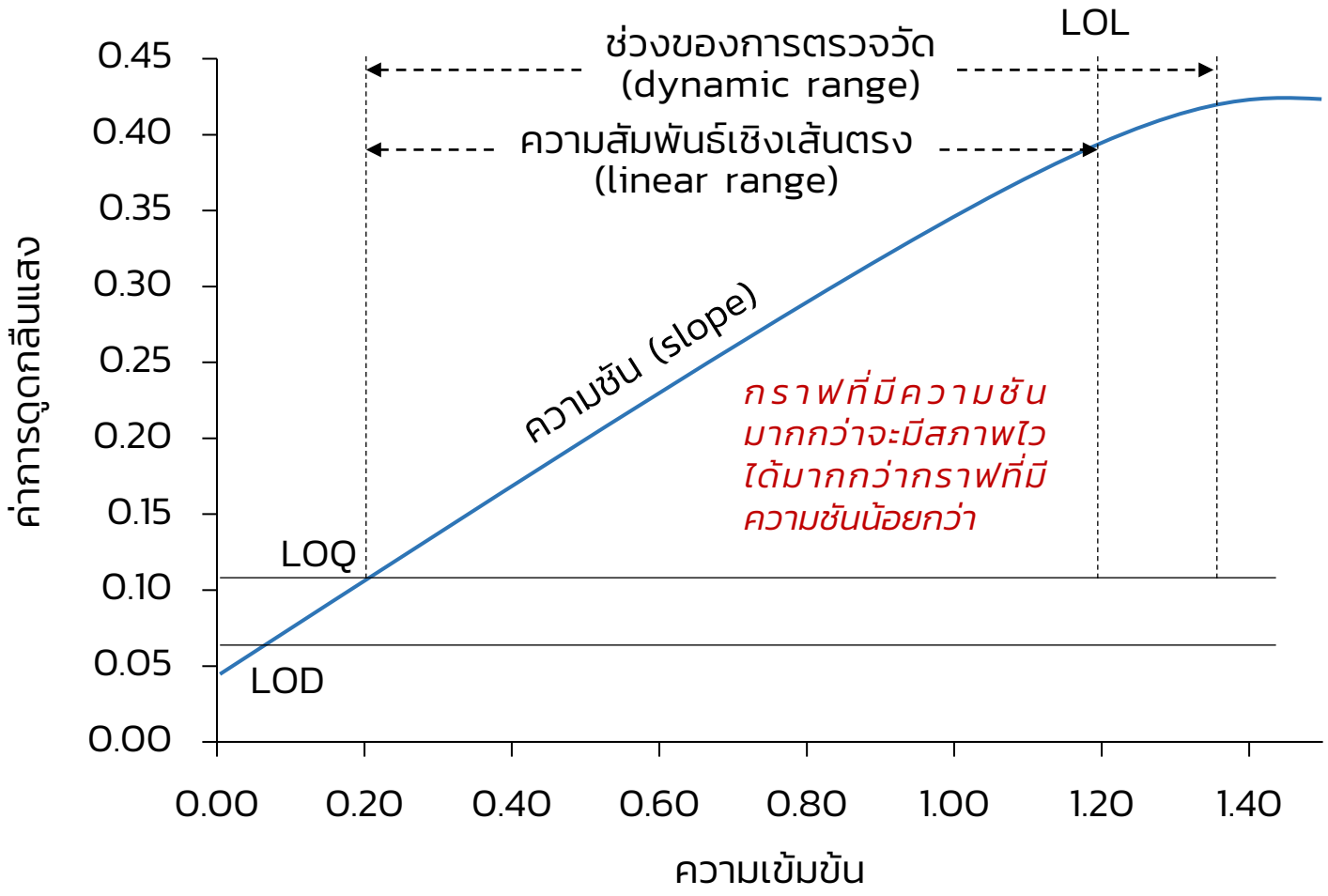
"ตัวชี้วัดให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ว่ายังคงน่าเชื่อถือ แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางอย่างในวิธีวิเคราะห์"

Specificity/Sensitivity (สภาพไว)

"The ability to assess unequivocally the analyte in the presence of components which may be expected to be present."

"ความสามารถของวิธีในการจำแนกสารที่สนใจวิเคราะห์ออกจากสารอื่นๆ รวมถึงสารปนเปื้อน สารที่เกิดจากการสลายตัวและเมทริกซ์"

Method Validation Parameters



ขีดจำกัดในการตรวจวัด (LOD) คือ ระดับความเข้มข้นของสารที่สนใจที่ให้สัญญาณเท่ากับค่าที่วัดได้จากแบลงก์รวมกับ 3 เท่าของ sd ของสัญญาณแบลงก์

ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) คือ ระดับความเข้มข้นของสารสนที่ใจที่ให้สัญญาณเท่ากับค่าที่วัดได้จากแบลงก์รวมกับ 10 เท่าของ sd ของสัญญาณแบลงก์

#กิจกรรม work@class

แบ่งกลุ่มทำกิจกรรม 1.3

มอบหมายโจทย์ให้แต่ละกลุ่ม
ระดมสมองแก้ไขโดยวิธีการ
ร่วมแสดงความคิดเห็น

ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอ วิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา

1) หลักการสำคัญหรือหลักพื้นฐานที่ถูกต้อง

2) วิธีการคำนวณค่าที่ถูกต้อง

3) วิธีอธิบายเชิงพฤติกรรม (วิธีปฏิบัติ) ที่ถูกต้อง

โดยให้กลุ่มอื่น ๆ รับฟัง และซักถามในข้อที่สงสัย