บทที่ 2
การวิเคราะห์ข้อมูล

วัตถุประสงค์

1. ความหมายเลขนัยสำคัญ
2. การบวก ลบ คูณ หารเลขนัยสำคัญ
3. การบันทึกผลโดยคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ
4. การตัดทิ้งข้อมูล

2.1 เลขนัยสำคัญ

36.5 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง

3.045 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตำแหน่ง

0.305 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง

03.15 มีเลขนัยสำคัญ

00.645 มีเลขนัยสำคัญ

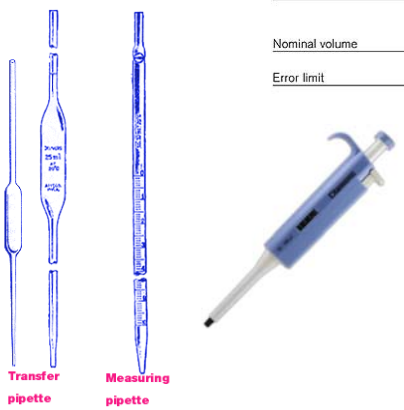
volumetric flask

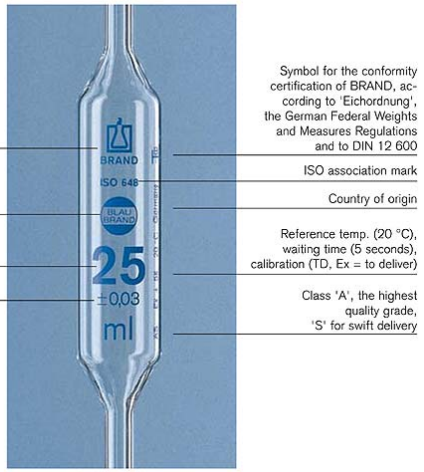
ความจุ (ml)	ระดับชั้นคุณภาพ A(? ml)	ระดับชั้นคุณภาพ B(? ml)
50	0.05	0.10
100	0.08	0.16
250	0.12	0.24
500	0.20	0.40
1,000	0.30	0.60
2,000	0.50	1.00

ข้อมูลจาก: Annual Book of ASTM standards, E288-97, **Standard Specification for Laboratory Glass Volumetric Flasks**, 14, 04, 1998.

http://vet.kku.ac.th/physio/labbiochem/16/volumetric%20flask.html

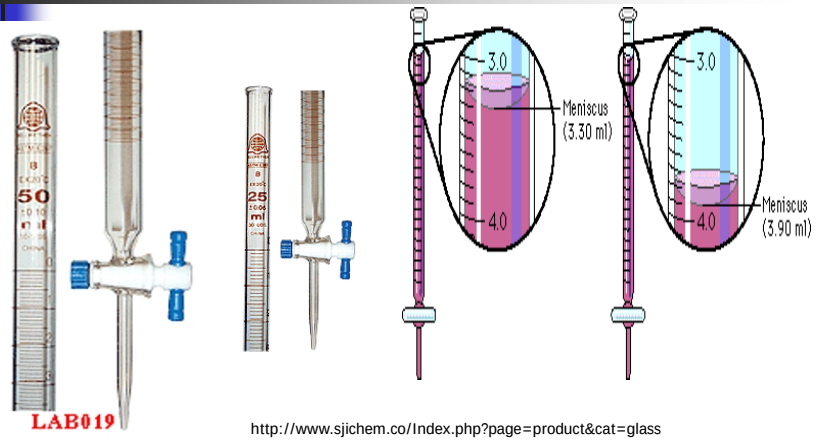
pipette





http://www.brand.de/en/products/volumetric-instruments/bulb-pipettes/

burette



http://www.sjichem.co/Index.php?page=product&cat=glass

http://www.phschool.com/science/biology_place/labbench/lab2/burette.html

(1) เลขศูนย์

- ถ้าอยู่นำเลขใด ๆ จะไม่นับเป็นตัวเลขนัยสำคัญ

0.050 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตำแหน่ง

0.06006 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตำแหน่ง

0.014036 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตำแหน่ง

1.11×10^{-8} มีเลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง

(2) การเขียนเลขยกกำลัง

- 0.320×10^{-5} ที่ถูก 3.20×10^{-6}
- 21.20×10^{-5} ที่ถูก 2.120×10^{-4}
- 3.20000×10^{-6} ที่ถูก 3.20×10^{-6}
- 1.250×10^{-12}
- 2.90×10^{-24}

(3) การปัดตัวเลข

1. ตัวเลขหลังเลขนัยสำคัญมากกว่า 5 ปัดขึ้น น้อยกว่า 5 ปัดทิ้ง

8.187 ปัดเป็น(เลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง) 8.19

9.146 ปัดเป็น(เลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง) 9.15

3.162 ปัดเป็น(เลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง) 3.16

(4) ตัวเลขตามหลังเลขนัยสำคัญสุดท้ายเป็นเลข 5

- หน้าเลข 5 เป็นเลขคู่ ปัดทิ้ง
- หน้าเลข 5 เป็นเลขคี่ ปัดขึ้น
- เลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายเป็นเลข 5 แล้วมีเลขตามหลัง ยกเว้นเลขศูนย์ ให้ปัดขึ้นเสมอ
- เลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายเป็นเลข 5 แล้วมีเลขตามหลัง เป็นเลขศูนย์ ให้ปัดทิ้ง

2.2 การคำนวณเลขนัยสำคัญ

- **การบวกลบ**

ค่าที่ได้จากการบวกลบต้องเป็นตัวเลขที่มีจำนวนเลขทศนิยมน้อยที่สุด

(1) 8.36 + 141.1 = ? 149.5

(2) 165.955 – 97.30 = ? 68.66

(3) 957.87 + 64.08 – 95.468 + 2.4 = ? 928.9

(4) 1854.234 – 194.77 + 27.369 – 111.2 = ? 1575.6

- **การคูณหาร**

ค่าที่ได้ต้องมีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด

(1) 12.3 x 0.870 x 1.0362 = ? 11.1

(2) 936.235 / 5.21 = ? 180

(3) (16.52 x 3.21) / 55.25 = ? 0.960

(4) (29.32 x 146.3) / (3.47 x 0.480) = ? 2.58×10^3

การคำนวณเกี่ยวกับลอกะริทึม (log)

2.661

- log 458 = 2.660865478 ⟶ แมนทิสสะ

↓

แคริกเทอริสทิก

ค่าที่ได้จากการถอดค่า log จะต้องมีเลขในกลุ่มแมนทิสสะ (หลังจุดทศนิยม)เท่ากับเลขนัยสำคัญ

จงหาค่าต่อไปนี้โดยคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ

1. $\log 5.142 \times 10^{-7} = ?$
2. $\log \ A \ = 0.457$
3. $\log 6.57 \times 10^{-18} = ?$
4. $pH = \ - \log (3.16 \times 10^{-7} \ )$

แบบทดสอบ

- $(321.45 + 33.58) - (81.28 + 7.84) = ?$
- $(12.79 + 3.79) \div (7.45 - 91.01) = ?$
- $(0.91 \times 17.88) \ \div \ (0.41 \times 6.12) = ?$
- $\log \ Y = 1.648$
- $\log 2.84 \times 10^{-3} = ?$

2.3 การคำนวณจากข้อมูล

- ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$
- ค่าพิสัย $(\omega) =$ X max – X min
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) $= \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$
- ค่าเบี่ยงเบนสัมพัทธ์ (RSD) $= \frac{S}{\overline{X}}$

แบบทดสอบ

1. ในการหาปริมาณสารหนูของน้ำในหน่วย ppm ผลที่ได้ดังนี้

2.345, 2.335 , 2.329 , 2.341 , 2.348 และ 2.340 จงหา

- ค่าเฉลี่ย
- ค่าพิสัย
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ค่าเบี่ยงเบนสัมพัทธ์

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน (pre-test) $=X_i$
1	30
2	23
3	34
4	28
5	25
6	27
7	22
8	20
9	24
10	22
11	27
12	26
13	33
14	31
15	30
16	21
17	22
18	33
19	28
20	29

- ค่าเฉลี่ย
- ค่าพิสัย
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ค่าเบี่ยงเบนสัมพัทธ์

2.5 ความคลาดเคลื่อน (Error)

(1). ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมได้

- Instrument Errors

- Reagent Error

- Method Errors

(2). ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้

การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมได้

(1). เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน

(2). Blank determination

(3). วิเคราะห์โดยเปลี่ยนขนาดของสารตัวอย่าง

2.4 การตัดข้อมูลที่สงสัยออก

(Rejection of data) : Q_{test}

- ถ้า $Q_{cal} > Q_{crit}$ ค่าที่สงสัยตัดทิ้งได้
- ถ้า $Q_{cal} < Q_{crit}$ ค่าที่สงสัยตัดทิ้งไม่ได้

* Q_{cal} คือค่าที่คำนวณได้

* Q_{crit} คือค่ามาตรฐานจากตาราง

การคำนวณค่า Q_{cal} ทุกครั้งจะต้องจัดเรียงข้อมูลที่ได้จากค่าต่ำสุดไปหาค่าสูงสุด

- ค่าต่ำสุด คือ X_1 และค่าสูงสุดคือ X_n

* กรณีสงสัยค่าต่ำสุด (smallest value, X1)

$$Q_{cal} = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1}$$

* กรณีสงสัยค่าสูงสุด (largest value, Xn)

$$Q_{cal} = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_1}$$

ตาราง 2.1 แสดงค่า Q_{crit} (Crilical value for rejection quotient Q)

Number	Q_{crit} (90%)	Q_{crit} (95%)	Q_{crit} (99%)
3	0.941	0.970	0.994
4	0.765	0.829	0.926
5	0.642	0.710	0.821
6	0.560	0.625	0.740
7	0.507	0.568	0.680
8	0.468	0.526	0.634
9	0.437	0.493	0.598
10	0.412	0.466	0.568

ตัวอย่างที่ 2.2

Consider the data set:

0.189, 0.167, 0.187, 0.183, 0.186, 0.182, 0.181, 0.184, 0.181, 0.177

Now rearrange in increasing order:

0.167, 0.177, 0.181, 0.181, 0.182, 0.183, 0.184, 0.186, 0.187, 0.189

We hypothesize 0.167 is an outlier. Calculate *Q*:

$$Q = \frac{\text{gap}}{\text{range}} = \frac{0.177 - 0.167}{0.189 - 0.167} = 0.455.$$

แบบทดสอบ

- จงคำนวณหาค่า Q_{test} ต่ำสุดและสูงสุดว่าสามารถตัดทิ้งได้หรือไม่

(1). 32.5 ,32.07 ,32.46 , 32.33 , 31.92 , 31.98 , 31.94 และ 32.33

(2). 0.1207 , 0.1225 , 0.1246 , 0.1233 , 0.1192 และ
0.1174

แบบทดสอบ

1. ในการหาวิตามินเอในรำข้าวในหน่วยความเข้มข้น ppm โดยใช้สารมาตรฐานที่ความเข้มข้น 8.00 ppm ผลที่ได้ดังนี้

7.89, 7.98, 7.88, 7.95, 7.96, 7.97, 7.99, 8.00, 8.01, 8.00, 7.87, 8.02

จงหาร้อยละความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD)

Accuracy

The Student t Test (T-test) 3 แบบ

1. เปรียบเทียบด้วยสารมาตรฐานอ้างอิง เช่น RM, SRM, CRM, NIST

2. ใช้สารตัวอย่างเดียวเปรียบเทียบ 2 วิธี คือวิธีที่พัฒนากับวิธีมาตรฐาน

3. ใช้สารตัวอย่างหลายชนิดเปรียบเทียบ 2 วิธี คือวิธีที่พัฒนากับวิธีมาตรฐาน

t Table

cum. prob	$t_{.50}$	$t_{.75}$	$t_{.80}$	$t_{.85}$	$t_{.90}$	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$	$t_{.999}$	$t_{.9995}$
one-tail	0.50	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
two-tails	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
df											
1	0.000	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	0.000	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	0.000	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	0.000	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	0.000	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	0.000	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	0.000	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	0.000	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	0.000	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	0.000	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	0.000	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	0.000	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	0.000	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
80	0.000	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
100	0.000	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
1000	0.000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098	3.300
z	0.000	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%
	Confidence Level										

Precision

F-Test โดยพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \qquad \because s_1^2 > s_2^2$$

s_1^2 คือ ค่ากำลังสองของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิธีที่ 1

s_2^2 คือ ค่ากำลังสองของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิธีที่ 2

Table 2: Critical values (percentiles) for the F distribution. Upper one-sided 0.05 significance levels; two-sided 0.10 significance levels; 95 percent percentiles.

	Numerator degrees of freedom																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	6.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96

ตัวอย่างที่ 2.1

ในการวิเคราะห์คลอไรด์ในน้ำประปาด้วยวิธีวิเคราะห์ 2 วิธี ได้ผลดังนี้

วิธีที่ 1	วิธีที่ 2
229	227
225	225
223	231
231	229
230	230
226	228
227	

วิธีทำ

วิธีที่ 1

X_i	$X_i - \overline{X}$	$(X_i - \overline{X})^2$
229		
225		
223		
231		
230		
226		
227		
$\overline{X}$		

วิธีที่ 2

X_i	$X_i - \overline{X}$	$(X_i - \overline{X})^2$
227		
225		
231		
229		
230		
228		
$\overline{X}$		