

ภาคผนวก

### ผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซ

ตารางที่ 1 ปริมาณก๊าซของ F/M = 0.1 ไม่ปรับสภาพเบื้องต้นด้วยความร้อน

ครั้งที่	ว/ด/ป	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	1/2/2557	19.9	15.9	17.2
2	1/3/2557	41.6	36.8	40.2
3	1/4/2557	31.5	33.2	29.4
4	1/5/2557	18.9	21.3	19.3
5	1/6/2557	15.2	17.1	17.9
6	1/7/2557	12	11.6	12.7
7	1/8/2557	18.8	19.4	18.6
8	1/9/2557	17.3	18.5	17.5
9	1/10/2557	16.8	19.8	21.1
10	1/11/2557	13.6	13.9	16.1
11	1/12/2557	13.5	12.5	13.7
12	1/13/2557	11.5	10.9	10.6
13	1/14/2557	8.2	8.1	8.1
14	1/15/2557	7	7.3	6.4
15	1/16/2557	5.5	6	5.2
16	1/17/2557	5.1	5.7	4.7
17	1/18/2557	4.7	5.6	4.8
18	1/19/2557	4.2	4.8	3.6
19	1/20/2557	3.9	4.8	3.9
20	1/21/2557	4	4.5	3.8
21	1/22/2557	2.9	3.5	2.8
22	1/23/2557	1.3	1.4	1
23	1/24/2557	2	2.1	1.5
24	1/25/2557	1.5	2.7	2.3
25	1/26/2557	2.7	3.1	2.5
26	1/27/2557	1.2	2.8	2.5
27	1/28/2557	2	3.6	3
28	1/29/2557	2.7	3.2	2.5

ตารางที่ 1 ปริมาตรก๊าซของ F/M = 0.1 ไม่ปรับสภาพเบื้องต้นด้วยความร้อน (ต่อ)

ครั้งที่	ว/ด/ป	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
29	1/30/2557	3.7	2.8	3.2
30	1/31/2557	2	3.5	2.8
31	2/1/2557	2.2	5.5	4.2
32	2/2/2557	3.1	3.3	2.7
33	2/3/2557	1.6	3.5	3
34	2/4/2557	2.6	2.9	3
35	2/5/2557	1.2	1.6	1.7
36	2/6/2557	1.6	2.8	1.3
37	2/7/2557	1.8	2.2	2
38	2/8/2557	1	2.1	2.8
39	2/9/2557	2.5	2.8	3.4
40	2/10/2557	2	1.8	2
41	2/11/2557	1	1	1.6
42	2/12/2557	2.4	2.5	3.1
43	2/13/2557	2.3	2.2	2.6
44	2/14/2557	2	1.7	2.3
45	2/15/2557	1.3	1	1.2
46	2/16/2557	2.6	2.4	2.7
47	2/17/2557	0	0	0
48	2/18/2557	0	0	0
49	2/19/2557	0	0	0
50	2/20/2557	0	0	0
51	2/21/2557	0	0	0
52	2/22/2557	0	0	0
53	2/23/2557	0	0	0
54	2/24/2557	0	0	0
55	2/25/2557	0	0	0
ปริมาตรก๊าซทั้งหมด		326.4	345.7	338.5

ตารางที่ 2 ปริมาตรก๊าซของ  $F/M = 0.5$  ไม่ปรับสภาพเบื้องต้นด้วยความร้อน

ครั้งที่	ว/ด/ป	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	1/2/2557	38.8	33.9	36.4
2	1/3/2557	176	178	182.3
3	1/4/2557	113	112.5	116.5
4	1/5/2557	89.1	82.5	108
5	1/6/2557	82	70	79
6	1/7/2557	26.5	49.5	47
7	1/8/2557	62	60.8	56
8	1/9/2557	55.5	37	52
9	1/10/2557	62.5	25.5	52.8
10	1/11/2557	35.3	38.3	30.3
11	1/12/2557	40	35	18.9
12	1/13/2557	34	7.5	13.2
13	1/14/2557	32.7	3.3	5.5
14	1/15/2557	20.7	1.1	7
15	1/16/2557	30.2	1.3	5.1
16	1/17/2557	26.3	2.8	10.8
17	1/18/2557	30	2.6	18.5
18	1/19/2557	28.1	4	19.6
19	1/20/2557	23.7	1.8	11.5
20	1/21/2557	22.2	26.7	16.6
21	1/22/2557	13.4	2.2	14.7
22	1/23/2557	6.8	6.6	0.7
23	1/24/2557	10.3	11	0.3
24	1/25/2557	21.5	12.5	10
25	1/26/2557	13	14	1.5
26	1/27/2557	15	1.5	6
27	1/28/2557	24	2.5	2
28	1/29/2557	14	15	14.3

ตารางที่ 2 ปริมาณก๊าซของ F/M = 0.5 ไม่ปรับสภาพเบื้องต้นด้วยความร้อน (ต่อ)

ครั้งที่	ว/ด/ป	ชั่วโมง 1	ชั่วโมง 2	ชั่วโมง 3
29	1/30/2557	25.2	11	14.2
30	1/31/2557	13	15.8	16
31	2/1/2557	19.3	12.5	22.5
32	2/2/2557	17.5	15.3	24.2
33	2/3/2557	5.5	5	26
34	2/4/2557	11	1	22.8
35	2/5/2557	12.5	2.5	6.3
36	2/6/2557	18	0.5	16.8
37	2/7/2557	15	0	10
38	2/8/2557	22	2.8	2.5
39	2/9/2557	22	3	7
40	2/10/2557	3	1	1
41	2/11/2557	2	0	0.5
42	2/12/2557	13.5	0.8	1
43	2/13/2557	6.6	0.7	0.5
44	2/14/2557	5	1.3	1.7
45	2/15/2557	2	0.1	0.3
46	2/16/2557	2.5	0.3	0.3
47	2/17/2557	6	7	8.3
48	2/18/2557	7.5	5	1.5
49	2/19/2557	12	0.5	4
50	2/20/2557	2.5	1	3
51	2/21/2557	6.5	1	1
52	2/22/2557	7	1	0.5
53	2/23/2557	7	0	1.2
54	2/24/2557	6	0.5	1
55	2/25/2557	2	0	4.3
ปริมาณก๊าซทั้งหมด		1418.7	929	1134.9

ตารางที่ 3 ปริมาตรก๊าซของ F/M = 1 ไม่ปรับสภาพเบื้องต้นด้วยความร้อน

ครั้งที่	ว/ด/ป	ซ้่า 1	ซ้่า 2	ซ้่า 3
1	1/2/2557	26.5	26.4	26.7
2	1/3/2557	309.4	348.4	330
3	1/4/2557	297	295	182.9
4	1/5/2557	117	150.5	56
5	1/6/2557	36.5	47.9	25.7
6	1/7/2557	25.3	17.5	12.3
7	1/8/2557	19	17.4	14.3
8	1/9/2557	9.1	9.9	10.3
9	1/10/2557	9.8	6.5	12.8
10	1/11/2557	7.5	7.2	8.8
11	1/12/2557	8.5	9.3	8.4
12	1/13/2557	8.7	12.3	8.1
13	1/14/2557	7.3	9	4.7
14	1/15/2557	8	6.7	4.8
15	1/16/2557	8.5	5.2	4
16	1/17/2557	5.8	5.2	4.7
17	1/18/2557	7.9	6.3	2.6
18	1/19/2557	6.2	4.8	4.6
19	1/20/2557	5.5	4.2	4.1
20	1/21/2557	4	4	5.2
21	1/22/2557	4.4	3.5	4.6
22	1/23/2557	1	1.2	0.9
23	1/24/2557	1.6	1	1.5
24	1/25/2557	2.9	2.5	3.3
25	1/26/2557	3.1	2.5	0.7
26	1/27/2557	3.5	2.8	0.5
27	1/28/2557	4.3	3.5	0
28	1/29/2557	4.3	3.5	0

ตารางที่ 3 ปริมาณก๊าซของ F/M = 1 ไม่ปรับสภาพเบื้องต้นด้วยความร้อน (ต่อ)

ครั้งที่	ว/ด/ป	ชั่วโมง 1	ชั่วโมง 2	ชั่วโมง 3
29	1/30/2557	4.5	3.2	1.5
30	1/31/2557	4.9	3.2	2.2
31	2/1/2557	5.2	3.4	2.3
32	2/2/2557	5.5	3.7	3
33	2/3/2557	6.5	4.2	3.6
34	2/4/2557	6.3	4	5
35	2/5/2557	6.4	3.8	2.5
36	2/6/2557	7	4.2	1
37	2/7/2557	4.8	3.5	0
38	2/8/2557	5.7	4.5	0.8
39	2/9/2557	5.2	4.6	1.6
40	2/10/2557	3.8	3.5	2.1
41	2/11/2557	1.2	1.5	0.8
42	2/12/2557	3.7	1	3.7
43	2/13/2557	3.4	3.5	6
44	2/14/2557	3	2.9	0.8
45	2/15/2557	1.6	1.8	0.4
46	2/16/2557	2.1	3.5	0.7
47	2/17/2557	0	0	0
48	2/18/2557	0	0	0
49	2/19/2557	0	0	0
50	2/20/2557	0	0	0
51	2/21/2557	0	0	0
52	2/22/2557	0	0	0
53	2/23/2557	0	0	0
54	2/24/2557	0	0	0
55	2/25/2557	0	0	0
ปริมาณก๊าซทั้งหมด		1033.4	1074.2	780.5

ตารางที่ 4 ปริมาตรก๊าซของ F/M = 0.1 ปรับสภาพเบื้องต้นด้วยความร้อน

ครั้งที่	ว/ด/ป	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	1/2/2557	20.4	20.3	8.1
2	1/3/2557	35.2	35.2	34.2
3	1/4/2557	22.9	29.5	32
4	1/5/2557	15	18.1	19.5
5	1/6/2557	13.5	14.6	15.1
6	1/7/2557	11	10.7	10.7
7	1/8/2557	17.1	18.1	19
8	1/9/2557	13.8	17.3	18.6
9	1/10/2557	16	14.6	20.6
10	1/11/2557	14.6	15.9	18
11	1/12/2557	13.6	14.5	15.3
12	1/13/2557	10	11.6	12
13	1/14/2557	5.1	6.6	6.9
14	1/15/2557	4.5	5.7	5.4
15	1/16/2557	3.9	5.9	5.1
16	1/17/2557	5.3	5.6	4.8
17	1/18/2557	4	5.2	5.1
18	1/19/2557	3.1	4.5	4.6
19	1/20/2557	3	4.2	4.4
20	1/21/2557	2.9	4.1	2.7
21	1/22/2557	1.9	3.1	3.7
22	1/23/2557	0.3	0.9	1.3
23	1/24/2557	1	1.9	2.1
24	1/25/2557	2	1.7	3.2
25	1/26/2557	2	2.5	3.6
26	1/27/2557	2	2.8	3.5
27	1/28/2557	2.5	3.3	4.4
28	1/29/2557	1.5	3	3.5

ตารางที่ 4 ปริมาตรก๊าซของ F/M = 0.1 ปรับสภาพเบื้องต้นด้วยความร้อน (ต่อ)

ครั้งที่	ว/ด/ป	ชั่วโมง 1	ชั่วโมง 2	ชั่วโมง 3
29	1/30/2557	2.2	3	3.8
30	1/31/2557	2.3	3.2	3.8
31	2/1/2557	1.9	2.8	3.5
32	2/2/2557	2.2	1.2	3.5
33	2/3/2557	2.5	1.5	3.3
34	2/4/2557	2	2.2	2.2
35	2/5/2557	1	1.18	2.5
36	2/6/2557	2	2.5	3.2
37	2/7/2557	1.6	2	2.5
38	2/8/2557	2.2	2.7	2
39	2/9/2557	2.6	2.5	3.1
40	2/10/2557	1.8	1.7	2
41	2/11/2557	0.3	0.5	1
42	2/12/2557	1.8	2.5	2.5
43	2/13/2557	1.7	2.2	2.5
44	2/14/2557	1.3	1.8	2
45	2/15/2557	0.8	1.2	1.2
46	2/16/2557	1.8	2.2	2.6
47	2/17/2557	0	0	0
48	2/18/2557	0	0	0
49	2/19/2557	0	0	0
50	2/20/2557	0	0	0
51	2/21/2557	0	0	0
52	2/22/2557	0	0	0
53	2/23/2557	0	0	0
54	2/24/2557	0	0	0
55	2/25/2557	0	0	0
ปริมาตรก๊าซทั้งหมด		280.1	318.28	334.6

ตารางที่ 5 ปริมาตรก๊าซของ  $F/M = 0.5$  ปรับสภาพเบื้องต้นด้วยความร้อน

ครั้งที่	ว/ด/ป	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	1/2/2557	31.7	31.7	26.8
2	1/3/2557	168	193.5	227
3	1/4/2557	118.5	120.5	123.5
4	1/5/2557	79.4	66.2	74
5	1/6/2557	60	44.1	62.5
6	1/7/2557	43.8	31.5	37
7	1/8/2557	63.6	49.5	56.3
8	1/9/2557	55.5	48.5	49
9	1/10/2557	59.8	52.6	54.7
10	1/11/2557	36.2	34.1	41
11	1/12/2557	36.2	35.4	43
12	1/13/2557	35.8	38.3	42
13	1/14/2557	26	36.7	31
14	1/15/2557	16	29.2	28.9
15	1/16/2557	27.5	27.6	31
16	1/17/2557	27.9	28.7	32.2
17	1/18/2557	12.7	27.8	28.8
18	1/19/2557	25	30.2	25.4
19	1/20/2557	26.5	20.5	20.3
20	1/21/2557	35.1	36.9	27
21	1/22/2557	27.5	33.5	15.3
22	1/23/2557	15	13.2	5.8
23	1/24/2557	16	27.5	12
24	1/25/2557	28.5	38.5	20.5
25	1/26/2557	24	30.5	16.5
26	1/27/2557	22.3	23	15.8
27	1/28/2557	31	39.5	23.5
28	1/29/2557	26	29.5	23

ตารางที่ 5 ปริมาตรก๊าซของ F/M = 0.5 ปรับสภาพเบื้องต้นด้วยความร้อน (ต่อ)

ครั้งที่	ว/ด/ป	ชั่วโมง 1	ชั่วโมง 2	ชั่วโมง 3
29	1/30/2557	28	28.2	27.8
30	1/31/2557	27	26.5	30
31	2/1/2557	2	28.5	32.5
32	2/2/2557	18	27	26
33	2/3/2557	10	27.3	21.5
34	2/4/2557	5	24.5	16.5
35	2/5/2557	13	20	14
36	2/6/2557	2	27	15.8
37	2/7/2557	8.5	19	11
38	2/8/2557	13	22.5	13.5
39	2/9/2557	14	19.8	15
40	2/10/2557	1	16	14
41	2/11/2557	0	5	5.5
42	2/12/2557	8	15	14.5
43	2/13/2557	10.5	13.8	14
44	2/14/2557	11	15	14
45	2/15/2557	8	9	4
46	2/16/2557	1.6	14.5	15
47	2/17/2557	19.5	7	8.3
48	2/18/2557	8.5	0	12.5
49	2/19/2557	6.2	16	14
50	2/20/2557	10.5	14	10
51	2/21/2557	1	9.5	11.5
52	2/22/2557	1	9.5	11.5
53	2/23/2557	2.5	10	12
54	2/24/2557	2	10	12.5
55	2/25/2557	4.7	10	13
ปริมาตรก๊าซทั้งหมด		1,412	1,663.3	1,603.7

## วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร

วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์ในน้ำ (COD), ค่าอัลคาไลน์ตี (alkalinity), ค่าปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (TVA), การวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซ, ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ค่าความชื้น (Moisture), ค่าของแข็งทั้งหมด (TS), ค่าของแข็งแขวนลอย (VS), ค่าปริมาณเถ้า (Ash), ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (VSS) , และค่าปริมาณโปรตีน (ไนโตรเจน)ทั้งหมด(TKN) โดยวิเคราะห์ทำตามหลัก Standard Methods For Water and Wastewater Examination 1995. หรือ APHS , AWWA , WEF สหรัฐอเมริกา (นายปิยชน สังข์กลิ่นหอม,2545)

### 1. การวิเคราะห์หาค่าซีโอดี (COD)

การวิเคราะห์หาค่าซีโอดีเป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสียโดยเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ โดยสารเคมีที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์สูง (strong chemical oxidant) ในสถานะที่เป็นกรด ได้แก่ โพรแตสเซียมเปอร์มันกาเนต ( $\text{KMnO}_4$ ) และโพแตสเซียมไดโครเมต ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) แต่วิธีการออกซิไดซ์ด้วย  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจากได้ผลที่แน่นอนและน่าเชื่อถือกว่าการใช้  $\text{KMnO}_4$  หลักการของวิธีการออกซิไดซ์ด้วย  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  คือทำการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ต่างๆ ที่ปะปนในน้ำซึ่งรู้ปริมาตรที่แน่นอนด้วยสารละลาย  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ซึ่งเติมจนเกินพอและรู้ปริมาตรที่แน่นอน ในสถานะที่เป็นกรดอย่างแรงและอุณหภูมิสูง โดยมี  $\text{Ag}^+$  เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาทำการไตเตรทหาปริมาณ  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ที่เหลือด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ (indicator) ที่จุดยุติจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ข้อผิดพลาดของปริมาณซีโอดีที่หาได้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากในตัวอย่งน้ำเสียมีสารแทรกสอดปฏิกิริยาปะปนอยู่ตัวอย่างเช่น ตัวอย่างน้ำเสียที่มีคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) ปะปนอยู่ทำให้ปริมาณซีโอดีที่หาได้สูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากคลอไรด์ไอออนไปรีดิวซ์ไดโครเมตไอออน แก้ไขได้โดยการเติมเมอคิวริกซัลเฟต ( $\text{HgSO}_4$ ) คลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) จะรวมตัวกับเมอคิวริกไอออน ( $\text{Hg}_2^+$ )เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเมอคิวริกคลอไรด์ ( $\text{HgCl}_2$ ) ซึ่งจะไม่รบกวนปฏิกิริยาและนอกจากนั้นไนไตรท์และไนเตรตไอออนที่ปะปนอยู่ในตัวอย่างน้ำเสียจะทำให้ปริมาณซีโอดีที่หาได้ต่ำกว่าความเป็นจริง จึงต้องกำจัดด้วยกรดซัลฟามิก

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

การหาซีโอดีโดยวิธีฟลักซ์แบบปิด (Close Reflux Method) สารอินทรีย์ที่ระเหยสามารถถูกออกซิไดซ์ (oxidite) ได้มากกว่าระบบแบบเปิด (Open Reflux Method) เพราะมีเวลาสัมผัสกับสารออกซิไดซ์ได้นานกว่า สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาซีโอดีโดยวิธีฟลักซ์แบบปิดประกอบไปด้วย

1. ภาชนะที่ใช้สำหรับการย่อยสลาย (digestion vessel) ใช้หลอดทดลองแบบ บอโรซิลิเกต (borosilicate culture tubes) ขนาด 16 x 100 มม. 20 x 150 มม. หรือ 25 x 150 มม. ที่มีฝาจุกบุด้วย TFE หรือ ใช้บอโรซิลิเกตแอมพูล (borosilicate ampules) ขนาดความจุ 10 มล. เส้นผ่านศูนย์กลาง 19-20 มม.

2. ฮีตตั้งบล็อก (heating block) เป็นอะลูมิเนียมหล่อ มีช่องหลายช่องซึ่งมีความลึก 45-50 มม. และมีช่องขนาดพอดีกับหลอดทดลองหรือแอมพูล (ampules)

3. เครื่องอบความร้อนหรือเตาอบ (block heater หรือ oven) ที่สามารถให้ความร้อนได้ที่อุณหภูมิ  $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$

4. เครื่องเชื่อมแอมพูล (ampule sealer) ใช้แมคเคนนิเคิลซิลเลอร์ (mechanical sealer) ที่แน่ใจว่าจะมีการเชื่อมที่แข็งแรงพอ

### สารเคมี

1. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (standard potassium dichromate solution) ที่มีความเข้มข้น 0.0167 M : ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 4.913 กรัม ซึ่งถูกอบแห้งที่อุณหภูมิ  $103^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 500 มล. ค่อยๆเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 167 มล. และเติม  $\text{HgSO}_4$  33.3 กรัม คนให้ละลายและทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1,000 มล.

2. กรดซัลฟูริกรีเอเจนต์ (sulfuric acid reagent) : ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) ลงไปในกรดซัลฟูริกเข้มข้น ที่อัตรา 5.5 กรัมของ  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ /กก.ของกรดซัลฟูริก และทิ้งไว้ 1- 2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟต ละลาย

3. สารละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ (ferroin indicator solution) : ละลาย 1,10-ฟีแนนโทรีน โมโนไฮเดรต [1,10-phenanthroline monohydrate ( $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{H}_2\text{N}_2\text{O}$ )] 1.485 กรัม และเฟอร์รัสซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต 0.695 กรัมในน้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 100 มล. สำหรับสารละลายอินดิเคเตอร์นี้อาจสั่งซื้อแบบสำเร็จรูปก็ได้

4. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (ferrous ammonium sulfate titrant ; FAS) ที่มีความเข้มข้นประมาณ 0.1 M : ละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต [ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ] หนัก 39.2 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 500 มล. แล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มล. คนให้ละลายทิ้งไว้ให้เย็นจากนั้นเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 1,000 มล. สารละลายนี้ต้องเทียบมาตรฐานกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตที่ใช้ในการย่อยสลายทุกครั้งที่จะนำมาใช้การหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน FAS แล้วเติมสารละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ ประมาณ 0.05-0.10 มล. (1-2 หยด) นำไปไตเตรตด้วย FAS จนถึงจุดยุติ

### ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

$$= \frac{\text{ปริมาตรของสารละลาย } K_2Cr_2O_7 \text{ 0.0167 M (มล.)} \times 0.10 \text{ เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต}}{\text{(M) ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรท (มล.)}}$$

5. กรดซัลฟามิก (sulfamic acid) : เพื่อแก้สารแทรกสอดเนื่องจากไนไตรท จะเติมกรดซัลฟามิก 10 มล. เพื่อกำจัดไนไตรททุกๆ 1 มก. โดยใส่ในภาชนะย่อยสลายก่อนที่จะนำไปรีฟลักซ์
6. เมอร์คิวรีซัลเฟต ชนิดเออาร์ (mercury (II) sulfate)

### วิธีการวิเคราะห์

1. ก่อนที่จะนำหลอดย่อยสลายมาใช้ต้องล้างหลอดและฝาจุกด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 20 % ก่อน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์

2. เลือกใช้ตัวอย่างน้ำเสียและสารเคมีที่เหมาะสม

3. นำตัวอย่างมาใส่หลอดย่อยสลายหรือแอมพูล (ampules) เติมสารละลายที่ใช้ในการย่อยสลาย ได้แก่ สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต

4. ค่อยๆ เทกรดซัลฟูริกที่เอเจนต์ให้ไหลลงกันหลอดแก้ว เพื่อให้ชั้นของกรดอยู่ใต้ชั้นของตัวอย่างน้ำเสีย จากนั้นปิดฝาหลอดให้แน่น แล้วผสมสารละลายในขวดให้เข้ากัน

หมายเหตุ : ควรสวมถุงมือระหว่างที่เขย่าเพื่อป้องกันความร้อน การผสมสารละลายให้เข้ากันก่อนที่จะนำไป รีฟลักซ์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนสะสมอยู่เฉพาะส่วนก้นของหลอดทดลองเพราะอาจเกิดการระเบิดได้

5. นำหลอดทดลองไปใส่ในเครื่องย่อยสลายหรือเตาอบ (block heater หรือ oven) ซึ่งได้ทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 150 °C ก่อน และทำการรีฟลักซ์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อเสร็จแล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง โดยนำหลอดทดลองมาไว้ใน test tube rack

6. เปิดฝาหลอดแล้วใส่แท่งแม่เหล็กที่หุ้มด้วย TFE ถ้าใช้แอมพูล (ampules) ให้ของผสมลงไป ในภาชนะที่ใหญ่กว่าเพื่อนำไปไตเตรท แล้วเติมสารละลายเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ ลงไป 0.05-0.10 มล.(1-2 หยด) และทำการกวนโดยใช้เครื่องกวนชนิดแม่เหล็ก พร้อมทั้งไตเตรทด้วยสารละลาย FAS 0.10M เมื่อถึงจุดยุติสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นสีน้ำตาลแดง ถึงแม้บางครั้งสีเขียวแกมน้ำเงินอาจจะกลับมาให้เห็นอีกในระยะเวลาอันสั้นก็ตามให้ถือว่าจุดยุติอยู่ที่สีน้ำตาลครั้งแรก

7. การทำแบลนด์ (blank) ควรทำไปพร้อมๆกันกับตัวอย่างน้ำเสีย โดยใช้ปริมาตรน้ำกลั่นเท่ากับปริมาตรน้ำเสีย ซึ่งการเติมสารเคมีต่างๆและการทำรีฟลักซ์ ทำเช่นเดียวกันกับตัวอย่างทุกประการ

### การคำนวณหาค่าซีโอดี

$$\frac{\text{ค่าซีโอดี (มก.ออกซิเจน/ลิตร)} = (A-B) \times M \times 8000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำเสีย (มล.)}}$$

เมื่อ A = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้สำหรับการทำแบลนด์ (blank) (มล.)

B = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้สำหรับน้ำเสียตัวอย่าง (มล.)

C = ความเข้มข้นของ FAS

### ตารางที่ ข-1 ปริมาตรตัวอย่าง และน้ำยาเคมีที่ใช้ในการย่อยสลาย

ขนาดของภาชนะ ย่อยสลาย	ตัวอย่างน้ำ (ml)	สารละลายในการ ย่อยสลาย $K_2Cr_2O_7$	กรดกำมะถัน เข้มข้น (ml)	ปริมาตรทั้งหมด (ml)
16X100 mm.	2.5	1.5	3.5	7.5
20X150 mm.	5.0	3.0	7.0	15.0
25X150 mm.	10.0	6.0	14.0	30.0

## 2. การวิเคราะห์หาค่าอัลคาไลน์ตี (alkalinity) และปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (TVA)

ในการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์โดยวิธีไทเตรท (Titration method) ซึ่งเป็นวิธีการแบบหยาบๆสามารถนำไปใช้ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำงานภายใต้สภาวะไร้อากาศได้เพื่อที่จะได้ทราบถึงการทำงานของจุลินทรีย์ภายในระบบ เนื่องจากใช้เวลาในการวิเคราะห์สั้นกว่าวิธีการอื่นๆ โดยวิธีการนี้สามารถหาได้ ทั้งค่าอัลคาไลน์ตี (alkalinity) และปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (totalvolatile acid ; TVA)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
2. บิวเรต ขนาด 50 ลบ.ซม. พร้อมขาตั้งและตัวยึดบิวเรต จำนวน 2 ชุด
3. เตาไฟฟ้า ( hot plate)
4. เครื่องกวนโดยใช้แท่งแม่เหล็ก (magnetic stirrer)
5. ปีกเกอร์ ขนาด 200 ลบ.ซม.
6. ปีเปต ขนาด 50 หรือ 100 ลบ.ซม.

### สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ) ความเข้มข้น 0.1 N
2. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N

### วิธีการวิเคราะห์

ตัวอย่างน้ำเสียที่จะทำการวิเคราะห์ควรทิ้งไว้ให้ตกตะกอน แล้วรินเอาเฉพาะแต่ส่วนที่ใส (supernatant) หรือน้ำเสียนั้นเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ประมาณ 5 นาที ไม่ควรใช้วิธีการกรองหรือเติมสารในการตกตะกอน เพราะจะทำให้ผลที่วิเคราะห์ได้คลาดเคลื่อนเลือกปริมาณตัวอย่างน้ำเสียที่จะหาให้เหมาะสม เพื่อที่จะได้ใช้สารละลายมาตรฐานในการไตเตรทไม่เกิน 25 ลบ.ซม. โดยทั่วไปใช้ตัวอย่างน้ำเสีย ประมาณ 50 หรือ 100 ลบ.ซม.

1. ใช้ปิเปต ดูดตัวอย่างน้ำเสีย ปริมาตร 50 ลบ.ซม. ใส่ในบีกเกอร์
2. วัดค่าพีเอช (pH) ของตัวอย่างน้ำเสียด้วย pH meter ที่ผ่านการปรับมาตรฐาน (calibration) กับสารละลายบัฟเฟอร์ที่ทราบค่าพีเอช (pH) ที่แน่นอนมาแล้ว
3. ทำการไตเตรทตัวอย่างน้ำเสียด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ) ความเข้มข้น 0.1 N ผสมเข้าด้วยกันโดยใช้ magnetic stirrer จนกระทั่งมีค่าพีเอช เป็น 4 จดบันทึกปริมาตรกรดที่ใช้เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าอัลคาไลน์ตี (alkalinity) ของตัวอย่างน้ำเสีย หลังจากนั้นไตเตรทต่อจนตัวอย่างน้ำเสียมีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 3.3 - 3.5
4. ต้มตัวอย่างน้ำเสียจาก ข้อ 3. ให้เดือดเบา ๆ ประมาณ 3 นาที แล้วทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิเท่าเดิม
5. ทำการไตเตรทตัวอย่างน้ำเสียด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N จนมีค่าพีเอช เป็น 4 ไตเตรทตัวอย่างน้ำเสียต่อจนมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นถึง 7 จดบันทึกปริมาณต่างที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่างน้ำเสียจากค่าพีเอช 4 ถึง ค่าพีเอช 7 เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย

### การคำนวณ

1. การคำนวณหาค่าอัลคาไลน์ตี (alkalinity) ของตัวอย่างน้ำเสีย (มก.ของ  $CaCO_3$  /ลิตร)

$$= \frac{(\text{ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชเป็น 4}) \times (N \text{ ของกรดซัลฟูริก}) \times 50,000}{(\text{ปริมาณของน้ำเสียตัวอย่าง})}$$

2. การคำนวณปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายของตัวอย่างน้ำเสียปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (TVA) (มก.ของ  $\text{CaCO}_3$  /ลิตร)

$$= \frac{(\text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชจาก 4 เป็น 7}) \times (\text{N ของ NaOH}) \times 50,000}{(\text{ปริมาณของน้ำเสียตัวอย่าง})}$$

หมายเหตุ : ค่าคงที่ 50,000 ที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าคงที่ที่ใช้แปลงหน่วยของค่าอัลคาไลน์ตี (alkalinity) และปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (TVA) ให้มีหน่วยเป็นกรัมของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อปริมาตร

### 3. การวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซ

#### อุปกรณ์

- เครื่องวิเคราะห์แบบก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography)
- คอลัมน์ : Porapak-N 80/100 ความยาว 2 เมตร ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว
- เครื่องตรวจวัดแบบ Thermal Conductivity Detector (TCD)
- อุณหภูมิคอลัมน์ 70 °C
- อุณหภูมิของช่องฉีดตัวอย่าง (temperature of injection) 120 °C
- อุณหภูมิของ TCD 120 °C
- Current bridge 100 mA
- Carrier gas ใช้ก๊าซฮีเลียม (He) ที่มีอัตราการไหล 50 มล./นาที

#### วิธีการวิเคราะห์

ใช้ไซริงจ์ (syring) แบบ gas type ขนาด 250 ไมโครลิตร ดูดก๊าซจากในหลอดรูปตัวยู (U-tube) หรือขวด Vial ที่ต่อเข้ากับท่อหรือจุดปล่อยก๊าซซึ่งอยู่ส่วนบนสุดของถังปฏิกรณ์ให้ได้ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร แล้วจึงฉีดเข้าเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) ร้อยละของส่วนประกอบของก๊าซจะแสดงออกมาโดย integrator ของ Shimadzu model C-R3A

### 4. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งในตัวอย่างน้ำเสีย

ของแข็ง (solids) หมายถึง สารที่เหลือเป็น residue หลังจากการนำไปประเหยและทำให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 103-105 °C ของแข็งสามารถแบ่งตามลักษณะของการละลายน้ำได้ดังนี้

1. ของแข็งทั้งหมด (total solids) หมายถึง ของแข็งทั้งหมดที่เหลืออยู่หลังจากระเหยน้ำออกหมดแล้วเมื่อนำไปอบในอากาศที่อุณหภูมิประมาณ 103-105 °C
2. ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (dissolved solids) หมายถึง ของแข็งส่วนที่ละลายในน้ำได้
3. ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ หรือ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดแบ่งออกเป็น
  - 3.1 ของแข็งแขวนลอย (suspended solids) หมายถึง ของแข็งที่ไม่ละลายและแขวนลอยอยู่ในน้ำได้เนื่องจากมีขนาดเล็ก
  - 3.2 ของแข็งตกตะกอน (settleable solids) หมายถึง ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำมีขนาดใหญ่กว่าชนิดแรกสามารถตกตะกอนสู่ส่วนล่างของภาชนะได้
4. ของแข็งระเหยง่าย (volatile solids) หมายถึง ของแข็งซึ่งระเหยไปได้เมื่อนำไปเผาในอากาศที่อุณหภูมิสูงประมาณ 550 ± 50 °C
5. ของแข็งคงตัว (fixed solids) หมายถึง ของแข็งที่เหลือหลังจากเผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 550 ± 50 °C

#### อุปกรณ์

1. ถ้วยระเหย (evaporating dish) และ/ หรือ ถ้วยทนไฟ
2. ตู้อบความร้อน (drying)
3. เตาเผาความร้อนสูง
4. อ่างควบคุมความร้อน (Water bath)
5. โถดูดความชื้น (Desiccator)
6. ตาชั่งละเอียดสามารถชั่งน้ำหนักได้ถึง 0.0001 กรัม
7. กระจกกรองแบบ GF/C (Glass filter disks) ที่มี pore size 0.4
8. กรวยกรอง (Buchner funnel)
9. Suction apparatus
10. ถ้วยอลูมิเนียม ฟอยล์
11. ปากคืบ

#### 5. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (volatile suspended solid ; VSS)

ของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (volatile suspended solid ; VSS) ของแข็งที่ไม่ละลายและแขวนลอยอยู่ในน้ำได้เนื่องจากมีขนาดเล็กซึ่งระเหยไปได้เมื่อนำไปเผาในอากาศที่อุณหภูมิสูงประมาณ 550 ± 50 °C

### วิธีการวิเคราะห์

1. ออบกระดาชกรองแบบ GF/C และของแข็งเนื่องจากการกรองติดอยู่ขึ้นวางบนถ้วยอลูมิเนียมฟรอยด์ แล้วจึงนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C ประมาณ 1 ชั่วโมง จนมีน้ำหนักคงที่ หลังจากนั้นเก็บไว้ใน Desiccator จนเย็น จึงนำเอากระดาชกรองแบบ GF/C ที่มีของแข็งออกมาชั่งหาน้ำหนัก (B)

2. วางกระดาชกรองแบบ GF/C และของแข็งที่ทราบน้ำหนักแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-10 °C ประมาณ 1 ชั่วโมง นำไปเผาในอากาศที่อุณหภูมิสูงประมาณ 550 ± 50 °C ประมาณ 3 ชั่วโมง

3. นำกระดาชกรองที่มีของแข็งเนื่องจากการกรองติดอยู่ไปอบที่เผาในอากาศอุณหภูมิสูงประมาณ 550 ± 50 °C เก็บไว้ใน desiccator ปลดปล่อยให้เย็นจนมีน้ำหนักคงที่ หลังจากนั้น จึงนำเอาออกมาชั่งหาน้ำหนัก (C)

### การคำนวณ

ปริมาณของแข็งแขวนลอย มีหน่วยเป็น มก./ล.

$$= (B-C) \times 1000 \text{ (มก.)}$$

---

ปริมาตรน้ำเสียที่ใช้ (มล.)

ปริมาณ VSS หน่วย มก. /ล.

$$= \text{ปริมาณของแข็งแขวนลอย} - \text{ปริมาณของแข็งคงตัว}$$

หมายเหตุ : ในการศึกษานี้ใช้กระทงฟรอยด์แทน evaporating dish หรือ petri dish เนื่องจากตัวอย่างที่ต้องการศึกษามีจำนวนมาก

### 6. วิเคราะห์ค่า pH ความเป็นกรด-ด่าง

เครื่องวัด pH อาศัยหลักการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (electrical potential) ที่เกิดขึ้นระหว่าง indicator electrode และ reference electrode ซึ่งจุ่มอยู่ในสารละลาย แล้วเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ให้เป็นค่า pH โดยการเทียบค่ากับสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน แต่เนื่องจากความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้น เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ซึ่งเป็นผลให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เครื่องวัด pH จึงต้องมีการชดเชยค่าของการวัด อันเนื่องจากอุณหภูมิ โดยใช้หัววัดวัดอุณหภูมิของตัวอย่าง ขณะทำการวัด แล้วปรับเปลี่ยนเป็นค่า pH ณ ขณะนั้น

### อุปกรณ์

1. ตัวเครื่อง pH เป็นส่วนที่ใช้ในการวัดสัญญาณไฟฟ้า และแปลงหน่วยของความต่างศักย์จากมิลลิโวลต์ (mV) เป็นหน่วย pH โดยอ้างอิงจากสมการทางไฟฟ้าเคมี แล้วแสดงผลที่ได้ทางจอภาพหรือเครื่องพิมพ์

2. หัววัดค่า pH (electrode) หัววัดค่า pH เป็นหัวใจหลักของการวัด ปัจจุบันนิยมใช้ combination electrode คือ มีทั้ง glass electrode และ reference electrode รวมอยู่ในอันเดียวกัน บริเวณปลายกระเปาะเป็นส่วนของ glass electrode ที่มีผิวเยื่อแก้วลักษณะเป็นเจลหนาประมาณ 10 มิลลิเมตร เป็นบริเวณที่เกิดการแลกเปลี่ยนไอออน ระหว่างโซเดียมไอออนในเยื่อแก้วกับไฮโดรเจนไอออนในสารละลาย

3. ปีกเกอร์

4. กระดาษทิชชู

### วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องวัด pH เพื่ออุ่นเครื่องก่อนวัดประมาณ 5-10 นาที

2. calibrate ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ ที่มีค่า pH อยู่ในช่วงที่คาดว่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่จะวัด แต่เครื่องวัด pH บางยี่ห้อ เช่น WTW จะกำหนดสารละลายบัฟเฟอร์ไว้ตายตัว คือ pH 7.0 และ 4.0 ตามลำดับ ในขณะที่เครื่องวัด pH บางยี่ห้อ เช่น DENVER นั้น สามารถเลือกสารละลายบัฟเฟอร์ ที่ต้องการ calibrate ได้ตามต้องการ การ calibrate ทำได้โดยเทสารละลายบัฟเฟอร์ลงในปีกเกอร์ แล้วจุ่มหัววัดลงไป ควรแกว่งหัววัดเบาๆ

3. ล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่น และซับให้แห้งก่อนวัด pH ทุกๆ ครั้ง หรือทุกๆ ตัวอย่างของน้ำที่วัดหน้าตัวอย่างที่ต้องการวัดลงในปีกเกอร์ แล้วทำการวัด pH โดยแกว่งหัววัดเบาๆ เมื่อค่า pH หยุดนิ่งประมาณ 10 วินาที จดบันทึกค่าที่วัดได้

4. ทำความสะอาดหัววัด แล้วเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

### การ calibrate เทียบค่ามาตรฐานค่า pH

การ calibrate เป็นการวัดความสัมพันธ์ของกระแสสัญญาณของหัววัด (mV) กับค่ามาตรฐาน เมื่อนำความสัมพันธ์ที่ได้มาพล็อต (plot) กราฟ จะได้เป็นกราฟเส้นตรง ซึ่งค่ามาตรฐานค่าแรกที่ต้องทำการ calibrate คือ pH 7.00 กับค่าที่ต้องการควบคุมคุณภาพ โดยมีอุณหภูมิเป็นตัวแปร สารละลายบัฟเฟอร์สารละลายบัฟเฟอร์ใช้สำหรับการอ้างอิงในการวัดค่า pH เพื่อการวัดที่ถูกต้อง ควร calibrate ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ ที่มีค่า pH แตกต่างกัน 2 ค่า เช่น ใช้ pH 4 กับ 9 หรือ pH

4 กับ 7 เป็นต้น สารละลายบัฟเฟอร์สามารถเตรียมขึ้นมาเองได้ แต่โดยทั่วไป มักจัดหาจากผู้จำหน่ายสารเคมี

## 7. การวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ (gas composition)

การวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ คือ การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซมีเทน

### เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatography) Shimadzu GC-14B ภายใต้สภาวะการทดลอง ดังนี้

- คอลัมน์ WG-100 SS เส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 มิลลิเมตร ความยาว 1.8 เมตร
- เครื่องตรวจวัดแบบ thermal conductivity detector (TCD)
- อุณหภูมิคอลัมน์ 70 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิ injection port 70 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิ detector 85 องศาเซลเซียส
- carrier gas ที่ใช้คือ ก๊าซฮีเลียม ที่อัตราการไหล 33 มิลลิลิตรต่อนาที
- bridge current ที่ใช้คือ 120 mA

### วิธีการวิเคราะห์

การฉีดตัวอย่างก๊าซชีวภาพโดยใช้ syringe แบบ gas tight syringe ขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดก๊าซชีวภาพจากหลอดสูญญากาศที่ใช้เก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพมา 10 มิลลิลิตรปล่อยออกให้เหลือ 1 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี คำนวณหาร้อยละของก๊าซมีเทนโดยเทียบจากร้อยละของพื้นที่ใต้พีค (peak area) ของก๊าซมีเทนมาตรฐาน

## 8. Total Kjeldahl Nitrogen; TKN

การวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธี Kjeldahl (Total Kjeldahl Nitrogen; TKN) เป็นการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (ไนโตรเจน) ทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่าง โดยมีขั้นตอนการทำงานหลัก 3 ขั้นตอน คือ

1. การย่อย (โดยใช้กรด)
2. การกลั่น (เพื่อเก็บอามอนิเอียมของ แอมโมเนีย)
3. การไตเตรต (เพื่อหาปริมาณของแอมโมเนีย)

### วิธีการวิเคราะห์

TKN วิเคราะห์โดยวิธี Macro Kjeldahl method โดยปริมาณ Amino Nitrogen ในสารอินทรีย์ แอมโมเนียอิสระ และ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในตัวอย่าง เปลี่ยนเป็น Ammonium Sulfate  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  ภายใต้สภาวะที่มี  $\text{H}_2\text{SO}_4$  และ  $\text{K}_2\text{SO}_4$  โดยมี  $\text{CuSO}_4$  เป็นตัว Catalyst หลังจากนั้นแอมโมเนียในสภาวะที่เป็นต่างจะถูกกลั่นและถูกจับใน Boric Acid แล้วนำไป ไตรเตรต (titrate) ด้วยกรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$

### 9. การวิเคราะห์ความชื้น (Moisture)

การวิเคราะห์หาความชื้น เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ต้องทำในห้องปฏิบัติการ ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในวัตถุดิบมีความสำคัญมากเพราะตัวอย่างที่มีความชื้นสูง

#### อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งชนิดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยอบตัวอย่างพร้อมฝาปิด (weighing bottle)
3. ตู้อบ ชนิด Forced-air drying oven
4. ตู้ดูดความชื้น (desiccator)

#### วิธีการวิเคราะห์

1. นำถ้วยอบตัวอย่างพร้อมฝา ที่ล้างสะอาดและแห้งอบในตู้อบที่อุณหภูมิ  $135\text{ }^{\circ}\text{C}$  นาน 2 ชั่วโมง นำออกใส่ในโถดูดความชื้นและทิ้งให้เย็น ไม่เกิน 2 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งบนตีกน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่าง ใส่ลงในถ้วยอบ บนตีกน้ำหนัก ปิดฝาถ้วย นำไปอบที่อุณหภูมิ  $135\text{ }^{\circ}\text{C}$  นาน 2 ชั่วโมง
3. เมื่อครบกำหนดเวลา นำถ้วยอบออกใส่ในตู้ดูดความชื้น แล้วปล่อยให้เย็น ไม่เกิน 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก

#### การคำนวณ %

$$\text{ความชื้น} = \frac{(W1 - W2) \times (100)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

W1 คือ น้ำหนักถ้วยอบ + น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

W2 คือ น้ำหนักถ้วยอบ + น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

## 10. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Ash)

เถ้า (Ash) คือ ส่วนของสารอินทรีย์ เมื่อนำตัวอย่างไปเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์จะถูกเผาไหม้หมดไป

### อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งชนิดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เตาเผา (muffle furnace)
3. ถ้วยสำหรับเผาเถ้า (porcelain dish)
4. ตู้ดูดความชื้น (dessicator)

### วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์ TS , VS ออกจากตู้ดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก
2. นำตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปเผาต่อในเตาเผา อุณหภูมิ 550 °C นาน 2 ชั่วโมง แล้วปิดสวิทช์เตาเผา เปิดฝาเตาออกรอจนอุณหภูมิภายในเตาลดเหลือประมาณ 100 °C เพื่อป้องกันมิให้ถ้วยสัมผัสอากาศเย็นกะทันหัน ซึ่งอาจทำให้ถ้วยแตกได้
3. นำถ้วยออกมาใส่ในตู้ดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

### การคำนวณ %

$$\text{เถ้า} = \frac{(W2 - W1) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

W1 คือ น้ำหนักก่อนเผา

W2 คือ น้ำหนักหลังการเผา