

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตารางผลการทดลอง

ตารางผนวกที่ ก1 ผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์การบำบัดสี

น้ำหนัก แอ็คติเวตเต็ด คาร์บอน (กรัม)	ระยะเวลา การดูดซับ (ชั่วโมง)	ค่าการดูดกลืนแสง			ความ เข้มข้นสี (ADMI)	เปอร์เซ็นต์ การบำบัดสี (%)
		1	2	X^-		
0.05	ก่อนดูดซับ	0.1268	0.1262	0.1265	458.67	0.0000
	3	0.0947	0.0949	0.0948	353.00	23.0383
	6	0.0894	0.0898	0.0896	335.67	26.8166
	9	0.0878	0.0876	0.0877	329.34	28.1967
	12	0.0849	0.0847	0.0848	319.67	30.3050
	15	0.0764	0.0762	0.0763	291.34	36.4815
	18	0.0751	0.0747	0.0753	288.00	37.2097
	21	0.0724	0.0726	0.0725	278.67	39.2439
	24	0.0722	0.0724	0.0723	278.00	39.3899
	30	0.0723	0.0721	0.0722	277.67	39.4619
	36	0.0720	0.0722	0.0721	277.34	39.5338
	48	0.0720	0.0720	0.0720	277.00	39.6079

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

น้ำหนัก แอ็คติเวตเตอร์ คาร์บอน (กรัม)	ระยะเวลา การดูดซับ (ชั่วโมง)	ค่าการดูดกลืนแสง			ความ เข้มข้นสี (ADMI)	เปอร์เซ็นต์ การบำบัดสี (%)
		1	2	X^-		
0.10	ก่อนดูดซับ	0.1268	0.1262	0.1265	458.67	0.0000
	3	0.0797	0.0795	0.0796	302.34	34.0833
	6	0.0580	0.0578	0.0579	230.00	49.8550
	9	0.0577	0.0575	0.0576	229.00	50.073
	12	0.0519	0.0515	0.0517	209.34	54.3593
	15	0.0446	0.0450	0.0448	186.34	59.3738
	18	0.0447	0.0445	0.0446	185.67	59.5199
	21	0.0435	0.0439	0.0437	182.67	60.1739
	24	0.0424	0.0428	0.0426	179.00	60.9741
	30	0.0424	0.0424	0.0424	178.34	61.1180
	36	0.0421	0.0419	0.0420	177.00	61.4101
	48	0.0417	0.0415	0.0416	175.67	61.7001

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

น้ำหนัก แอ็คติเวตเตอร์ คาร์บอน (กรัม)	ระยะเวลา การดูดซับ (ชั่วโมง)	ค่าการดูดกลืนแสง			ความ เข้มข้นสี (ADMI)	เปอร์เซ็นต์ การบำบัดสี (%)
		1	2	X^-		
0.20	ก่อนดูดซับ	0.1268	0.1262	0.1265	458.67	0.0000
	3	0.0566	0.0568	0.0567	226.00	50.7271
	6	0.0345	0.0347	0.0346	152.34	66.7865
	9	0.0260	0.0200	0.0230	113.67	75.2174
	12	0.0180	0.0200	0.0219	110.00	76.0176
	15	0.0200	0.0180	0.0190	100.34	78.1237
	18	0.0174	0.0178	0.0176	95.67	79.1418
	21	0.0170	0.0168	0.0169	93.34	79.6498
	24	0.0153	0.0157	0.0155	88.67	80.668
	30	0.0160	0.0140	0.0150	87.00	81.0321
	36	0.0149	0.0147	0.0148	86.34	81.1760
	48	0.0136	0.0136	0.0136	82.34	82.0480

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

น้ำหนัก แอ็คติเวตเตอร์ คาร์บอน (กรัม)	ระยะเวลา การดูดซับ (ชั่วโมง)	ค่าการดูดกลืนแสง			ความ เข้มข้นสี (ADMI)	เปอร์เซ็นต์ การบำบัดสี (%)
		1	2	X^-		
0.50	ก่อนดูดซับ	0.1268	0.1262	0.1265	458.67	0.0000
	3	0.0244	0.0246	0.0245	118.67	74.1273
	6	0.0155	0.0159	0.0157	89.37	80.5154
	9	0.0136	0.0142	0.0139	83.34	81.8300
	12	0.0136	0.0138	0.0137	82.67	81.9761
	15	0.0094	0.0096	0.0095	68.67	85.0284
	18	0.008	0.0076	0.0078	63.00	86.2646
	21	0.005	0.0054	0.0052	54.34	88.1527
	24	0.0047	0.0051	0.0049	53.34	88.3707
	30	0.0045	0.0046	0.0044	51.67	88.7348
	36	0.0043	0.0041	0.0042	51.00	88.8808
	48	0.0039	0.0037	0.0038	49.67	89.1708

ตารางผนวกที่ ก2 แสดงเปอร์เซ็นต์การบำบัด COD

เวลา จุดจับ (ชั่วโมง)	แอ็คติเวตเต็ดคาร์บอน 0.05 กรัม				แอ็คติเวตเต็ดคาร์บอน 0.10 กรัม			
	COD			เปอร์เซ็นต์ การบำบัด	COD			เปอร์เซ็นต์ การบำบัด
	1	2	X ⁻		1	2	X ⁻	
ก่อนการ จุดจับ	235	245	240	0.0000	235	245	240	0.0000
3	159	163	161	32.9166	140	150	145	39.5833
6	155	158	156.50	34.7916	134	138	136	43.3333
9	136	138	137	42.9166	128	132	130	45.8333
12	137	135	136	43.3333	123	127	125	47.9166
15	126	124	125	47.9166	106	110	108	55.0000
18	121	124	122.50	48.9583	88	85	86.5	63.9583
21	121	122	121.50	49.3750	86	86	86	64.1666
24	119	124	121.50	49.3750	85	87	86	64.1666
30	119	117	118	50.8333	84	86	85	64.5833
36	118	119	118.50	50.6250	83	85	84	65.0000
48	118	120	119	50.4166	82	84	83	65.4166

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

เวลา จุดจับ (ชั่วโมง)	แอ็คติเวตเต็ดคาร์บอน 0.20 กรัม				แอ็คติเวตเต็ดคาร์บอน 0.50 กรัม			
	COD			เปอร์เซ็นต์ การบำบัด	COD			เปอร์เซ็นต์ การบำบัด
	1	2	X ⁻		1	2	X ⁻	
ก่อนการ								
จุดจับ	235	245	240	0.0000	235	245	240	0.0000
3	128	132	130	45.8333	95	92	93.5	61.0416
6	123	128	125.5	47.7083	88	71	79.5	66.8750
9	97	104	100.5	58.1250	81	64	72.5	69.7916
12	85	95	90	62.5000	66	56	61	74.5833
15	76	80	78	67.5000	65	53	59	75.4166
18	75	73	74	69.1666	62	54	58	75.8333
21	56	57	56.5	76.4583	45	50	47.5	80.2083
24	54	59	56.5	76.4583	46	43	44.5	81.4583
30	52	57	54.5	77.2916	42	43	42.5	82.2916
36	53	55	54	77.5000	43	39	41	82.9166
48	52	54	53	77.9166	40	42	41	82.9166

ตารางผนวกที่ ก3 จำนวนความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกจากพื้นที่ได้กราฟ

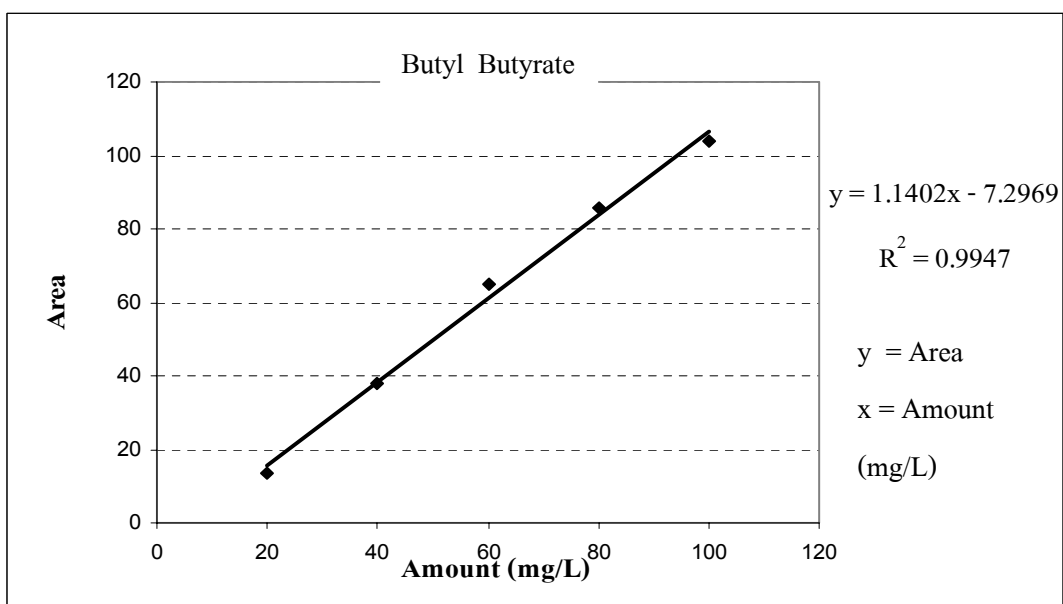
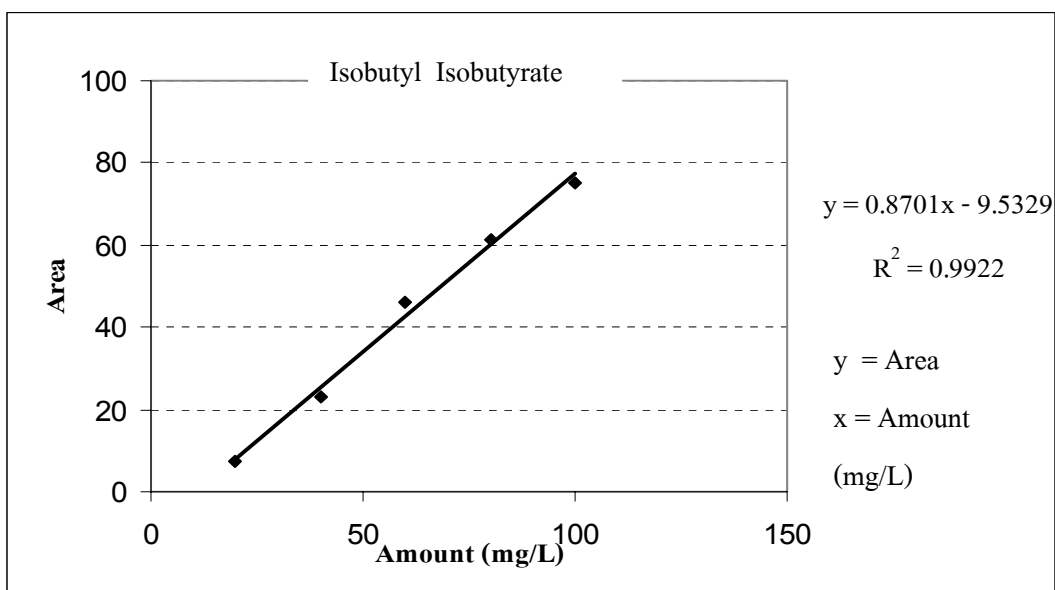
ชนิดของสารประกอบ ฟีนอลิก	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่ได้กราฟ		ความเข้มข้น		$\bar{x}$
		1	2	1	2	
Isobutyl Isobutyrate	ก่อนดูดซับ	40.4752	39.1814	57.4740	55.9870	56.7305
	0.05	28.2687	18.4963	43.4451	37.8294	32.2138
	0.10	22.5747	22.2354	36.9010	36.5111	36.7060
	0.20	10.4233	16.8827	22.9356	30.3593	26.6474
	0.50	14.0612	14.2828	27.1165	27.3712	27.2438
Butyl Butyrate	ก่อนดูดซับ	20.8620	22.0660	24.6965	25.7524	25.2244
	0.05	12.1018	9.3055	17.0134	14.5609	15.7871
	0.10	16.4780	18.6011	20.8515	22.7136	21.7825
	0.20	34.8784	34.0863	36.9894	36.2946	36.6420
	0.50	13.1506	14.1963	17.9332	18.8504	18.3918
Isovanillic Acid	ก่อนดูดซับ	34.4923	35.5178	69.6863	71.2060	70.4460
	0.05	12.9531	12.5863	37.7668	37.2233	37.4950
	0.10	7.8193	0.0000	30.1590	0.0000	30.1590
	0.20	3.8907	10.5084	24.3371	34.1441	29.2406
	0.50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Dibutyl Phthalate	ก่อนดูดซับ	34.1651	36.3673	19.7367	21.2090	20.4728
	0.05	8.3768	8.3889	2.4963	2.5043	2.5003
	0.10	13.0613	14.4775	5.6280	6.5748	6.1014
	0.20	11.3764	16.8860	4.5016	8.1850	6.3433
	0.50	15.1952	14.6251	7.0546	6.6734	6.8640

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

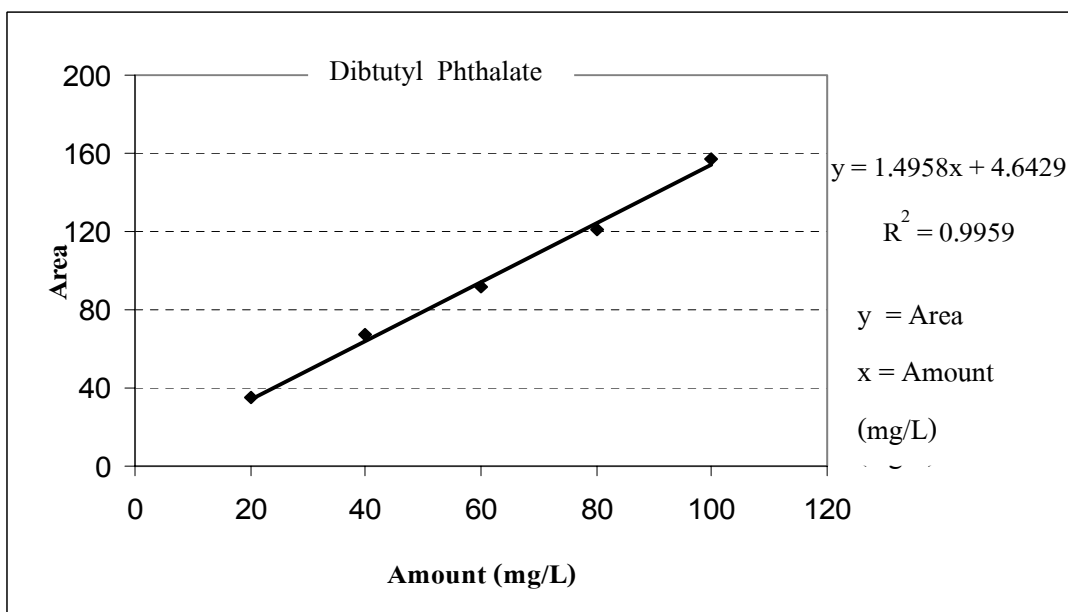
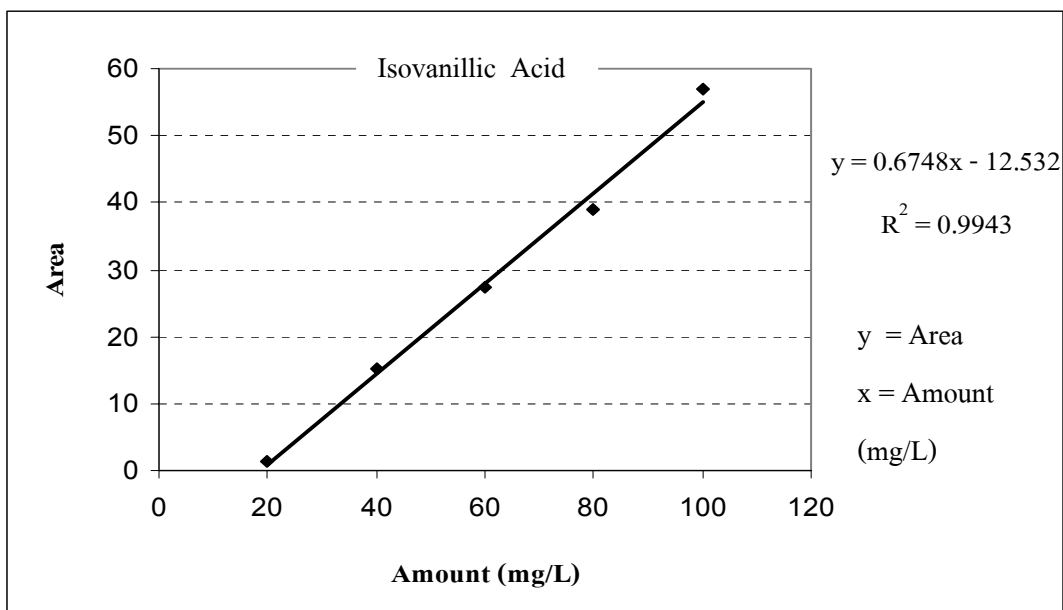
ชนิดของสารประกอบ ฟีนอลิก	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่ใต้กราฟ		ความเข้มข้น		$\bar{x}$
		1	2	1	2	
E-Icosane	ก่อนดูดซับ	29.4674	30.9486	12.242	12.9409	12.5914
	0.05	10.8286	10.1162	3.4472	3.1110	3.2791
	0.10	6.5050	7.0098	1.4071	1.6453	1.5262
	0.20	8.25001	8.6741	2.2305	2.4306	2.3305
	0.50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Diocetyl Phthalate	ก่อนดูดซับ	9.3830	9.4170	3.1511	3.1697	3.1604
	0.05	6.3309	6.0370	1.4766	1.3154	1.3960
	0.10	4.4504	5.2169	0.4450	0.8655	0.6552
	0.20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ตารางผนวกที่ ก4 การหาเปอร์เซ็นต์ได้กลับคืนมาของสารประกอบฟีนอลิกที่ทำการศึกษา

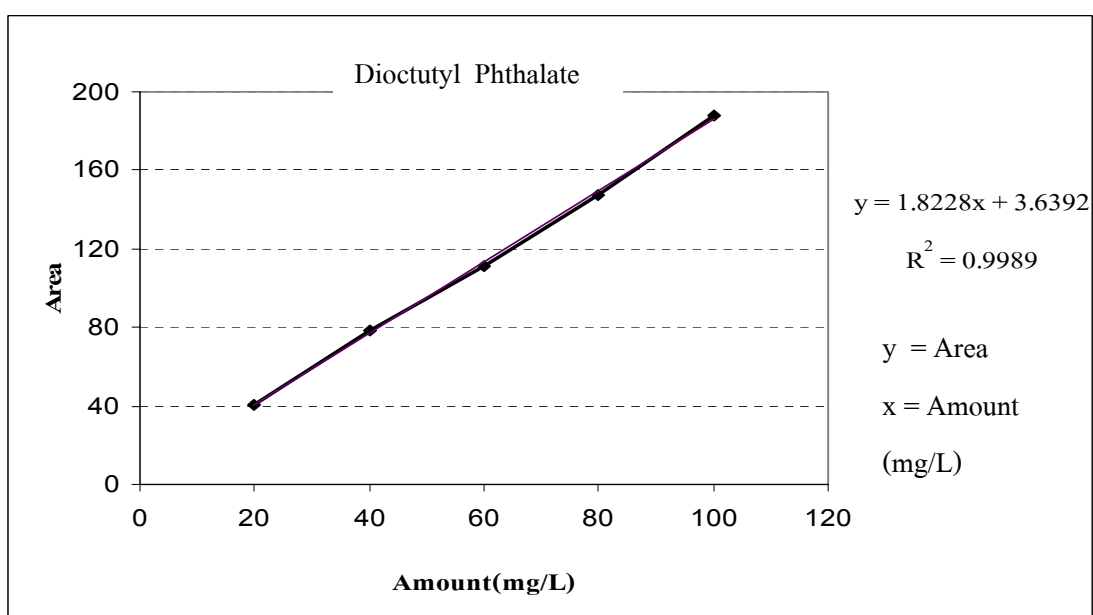
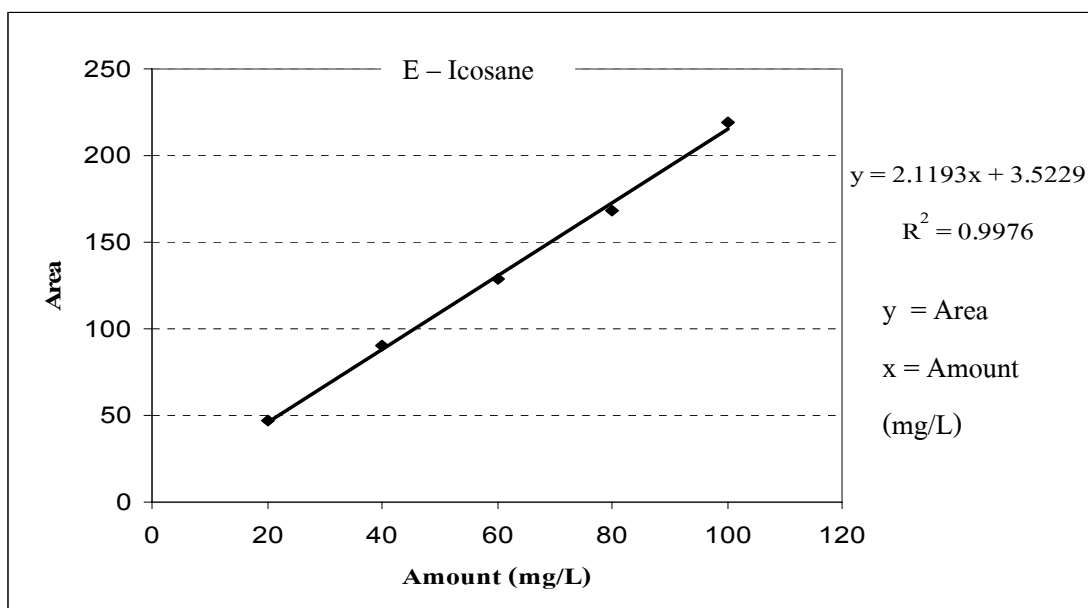
สารประกอบ ฟีนอลิก	ความเข้มข้น เริ่มต้น (mg/L)	ความเข้มข้นสุดท้าย(mg/L)			เปอร์เซ็นต์ ได้กลับคืน มา (%)
		1	2	$\bar{x}$	
Isobutyl Isobutyrate	500	306.85693	310.07213	308.46453	61.69290
Butyl Butyrate	500	369.82195	361.20522	365.51358	73.10271
Isovanillic acid	500	387.98085	404.88611	396.43348	79.28669
Dibutyl Phthalate	500	299.72327	305.80353	302.76340	60.55268
E – Icosane	500	397.17200	413.46314	405.31757	81.06351
Diocetyl Phthalate	500	305.36562	316.16024	310.76293	62.15258



ภาพผนวกที่ ก1 กราฟมาตรฐานสัมบูรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบเคมี



ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ภาคผนวก ข
วิธีการทดลอง

การวิเคราะห์ค่าซีโอดีโดยวิธี Dichromate Reflux Method

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 หลอดย่อยสลาย (Digestion Vessels) ใช้แก้วที่ทำด้วยบอโรซิลิเกตขนาด 16 X 100 มิลลิเมตร หรือ 20 – 150 มิลลิเมตร ที่มีฝาเกลียวชนิดทีเอฟอี

1.2 อีทติ้งบล็อกกล่องอลูมิเนียมตันลึก 45-50 มิลลิเมตร ที่มีรูขนาดพอดีกับหลอดแก้วหรือ ขาตั้งใส่หลอดแก้ว

1.3 บล็อกฮีเตอร์ (Block Heater) หรือตู้อบควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ประมาณ 150 ± 2 องศาเซลเซียส ซึ่งการใช้ตู้อบต้องแน่ใจว่าการอบ 2 ชั่วโมงที่ 150 องศาเซลเซียส จะไม่ทำให้ฝา หลอดเสียหาย

1.4 Spectrophotometer วัด COD รุ่น DR / 2010 ยี่ห้อ Hach, Portable Datalogging

2. สารเคมี

2.1 สารละลายมาตรฐานโพตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

สารละลายมาตรฐานโพตัสเซียมไดโครเมตซึ่งอบแห้งที่ $103^\circ C$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงหนัก 4.913 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 167 มิลลิลิตร คนให้ละลาย ปล่อยให้เย็นแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

2.2 กรดซัลฟิวริกและซิลเวอร์ซัลเฟต

ซิงซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) หนัก 8.8 กรัม ใส่ลงในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วันเพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้หมดก่อนนำไปใช้ต่อไป

3. วิเคราะห์

ปริมาณตัวอย่างน้ำและสารเคมีสำหรับขวดแก้วขนาดต่าง ๆ

หลอดย่อยสลาย (ขนาดของ หลอดแก้ว)	ปริมาตรน้ำ ตัวอย่าง (มล.)	ปริมาตรสารละลาย โปตัสเซียม ไดโครเมตสำหรับ การย่อยสลาย (มล.)	สารละลาย กรดซัลฟูริก (มล.)	ปริมาตรรวม (มล.)
16 X 100 มม.	2.5	1.5	3.5	7.5
20 X 150 มม.	5.0	3.0	7.0	15.0
25 X 150 มม.	10.0	6.0	14.0	30.0

3.1 ใส่ตัวอย่างน้ำในหลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 16 X 100 มิลลิเมตร ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร

3.2 เติมโปตัสเซียมไดโครเมตความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้นที่มีการเติมซิลเวอร์ซัลเฟต ปริมาตร 3.5 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่นแล้วเขย่าให้ผสมกันดี สำหรับแปลงค่าให้ใช้น้ำกลั่นแล้วทำเหมือนน้ำตัวอย่าง

3.3 นำตัวอย่างน้ำที่เตรียมไว้ใส่บล็อกฮีทเตอร์ หรือตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Oven) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ประมาณ $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.4 เมื่อครบเวลาแล้วนำตัวอย่างออกจากบล็อกฮีทเตอร์แล้วปล่อยให้เย็น

3.5 นำหลอดตัวอย่างที่ปล่อยให้เย็นไปวัด COD ที่เครื่อง Spectrophotometer รุ่น DR/2010 ยี่ห้อ Hach , Portable Datalogging.

3.6 การใช้เครื่องวัด COD Spectrophotometer รุ่น DR / 2010 ยี่ห้อ Hach, Portable Datalogging.

3.6.1 เปิดเครื่อง Spectrophotometer รุ่น DR / 2010

3.6.2 เลือกโปรแกรม 951 ตามด้วย Enter

3.6.3 นำแบล็กมาวัดแล้วกด Zero ให้เป็นศูนย์

3.6.4 ใส่หลอดตัวอย่างแล้วกด Read อ่านค่าความเข้มข้น COD หน่วยเป็น ppm.

การวิเคราะห์สีด้วยเครื่อง UV / VIS Spectrophotometer

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 เครื่อง UV / VIS Spectrophotometer รุ่น V-530 ยี่ห้อ JASCO

1.2 เครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิต่ำ (Refrigerated Centrifuge) รุ่น GRX – 220 High Speed ยี่ห้อ TOMY พร้อมหลอดหมุนเหวี่ยง

1.3 คิวเวทควอท (Cuvett) ความกว้าง 1 เซนติเมตร

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 ใส่น้ำตัวอย่างในหลอดหมุนเหวี่ยงปริมาตร 5 มิลลิลิตร ไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบเป็นเวลา 15 นาที

2.2 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV / VIS Spectrophotometer รุ่น V-530 ยี่ห้อ JASCO

2.2.1 เปิดเครื่อง เข้าโปรแกรม V 530 เลือก Environment เลือกความยาวคลื่นที่ 450 นาโนเมตร

2.2.2 ใส่น้ำกลั่นในคิวเวทควอทเพื่อทำเบสไลน์ แล้วกด Auto Zero ให้เป็นศูนย์

2.2.3 นำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการเซ็นทริฟิวส์แล้วไปใส่ในคิวเวทควอท แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร อ่านค่าการดูดกลืนแสง (Absorbent) ที่วัดได้จากเครื่อง UV / VIS Spectrophotometer

2.2.4 คำนวณหาค่าความเข้มสีจากสมการ

$$\text{Color} = (\text{Absorbent} + 0.0111) / 0.0003 \text{ หน่วย ADMI} \quad (\text{สมการที่ 8})$$

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1.1 เครื่อง Gas Chromatography : Agilent Technology รุ่น 6890 GC
- 1.2 เครื่อง Rota – Evaporator สำหรับการระเหยให้แห้ง บริษัท Buchi รุ่น R-114
- 1.3 ตู้อบอุณหภูมิ (Oven) 103 – 105 °C
- 1.4 เครื่องเขย่า (Shaker) ของบริษัท Glas - Col ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิก
- 1.5 เครื่องแก้วประจำห้องปฏิบัติการ

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 ก่อนทำการวิเคราะห์ ทำการกรองสิ่งสกปรกออกจากน้ำทิ้งโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1

2.2 นำตัวอย่างน้ำทิ้งปริมาตร 100 มิลลิลิตร (ml) ใส่ในขวดรูปชมพู่ มาผสมกับตัวทำละลายคือ Ethyl Acetate ปริมาตร 50 มิลลิลิตร (ml) เขย่าโดยใช้เครื่องเขย่า (Shaker) ของบริษัท Glas - Col ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิก ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที แล้วทิ้งให้สารละลายแยกชั้น แยกนำส่วนบนของสารละลายออก

2.3 ทำการทดลองอีก 2 ซ้ำ โดยใช้สารละลายส่วนบน นำสารละลายส่วนบนมาทำการแยกเอา Ethyl Acetate ที่ปนอยู่ออกจากสารละลาย โดยใช้เครื่อง Rota – Evaporator ควบคุมอุณหภูมิ 40 °C จนเหลือปริมาตรของสารละลาย 1.0 – 2.0 มิลลิลิตร (ml)

2.4 นำสารละลายที่เหลือปริมาตร 1.0 – 2.0 มิลลิลิตร (ml) ทำเป็นอนุพันธ์ (Derivatization) โดยการเติม BSTFA (N, O-Bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร (μ l) และ TMCS (Trimethylchlorosilane) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร (μ l) ผสมให้เข้ากัน

2.5 ทำให้แห้งในตู้อบ (Oven) ควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C เวลา 5 ชั่วโมง

2.6 ละลายตัวอย่างที่เหลือด้วย Chloroform ปริมาตร 1 มิลลิลิตร (ml) แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง $0.45\ \mu\text{m}$

2.7 ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography)

สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ของ Gas Chromatography (GC)

1) GC : Agilent Model 6890 GC

2) Column : HP – 5 J & W Scientific (30m x 0.32mm internal dia., $0.25\ \mu\text{m}$ thickness)

3) Detector : FID (Flame Ionization Detector)

4) Mobile Phase : Helium Gas

5) Flow Rate : 1.3 ml/min

6) Mode Split : Splitless Inlet, Split Ratio 100 : 1, Split Flow : 13 ml / min

7) Injector : 1 μ l

8) Temperature : 80°C (1min) ; $80\text{--}280^{\circ}\text{C}$ (7°C /min) hold time 5 min