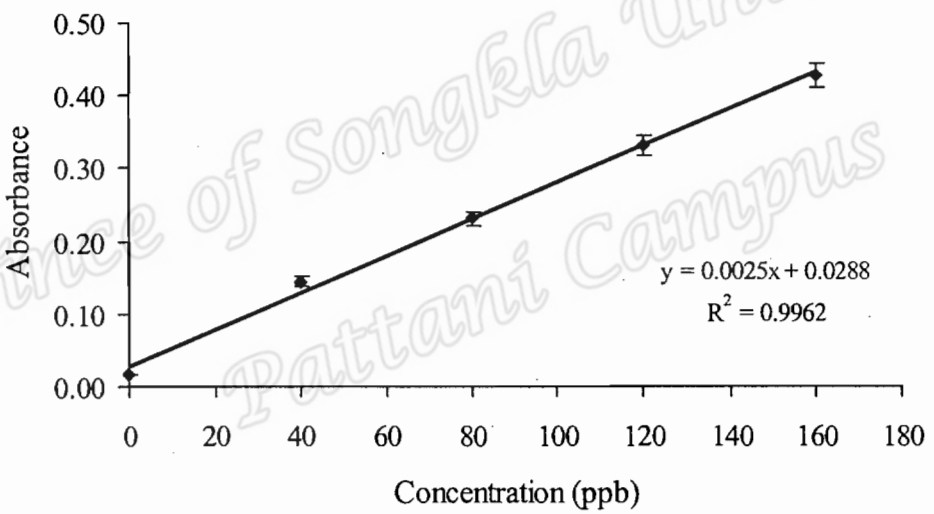
ภาคผนวก

1. การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายตะกั่วและทองแดง

ตารางที่ 1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานทองแดงที่ 324.8 nm โดยวิธี GF-AAS

Cu^{2+}(µg/l)	ค่าเฉลี่ย	จำนวนซ้ำ	SD
0	0.017	22	0.003
40	0.145	10	0.016
80	0.231	8	0.018
120	0.332	7	0.027
160	0.428	7	0.038

Detection limit ของเครื่อง เท่ากับ 4.20 µg/l



รูปที่ 1 กราฟมาตรฐานของทองแดงโดยวิธี GF-AAS

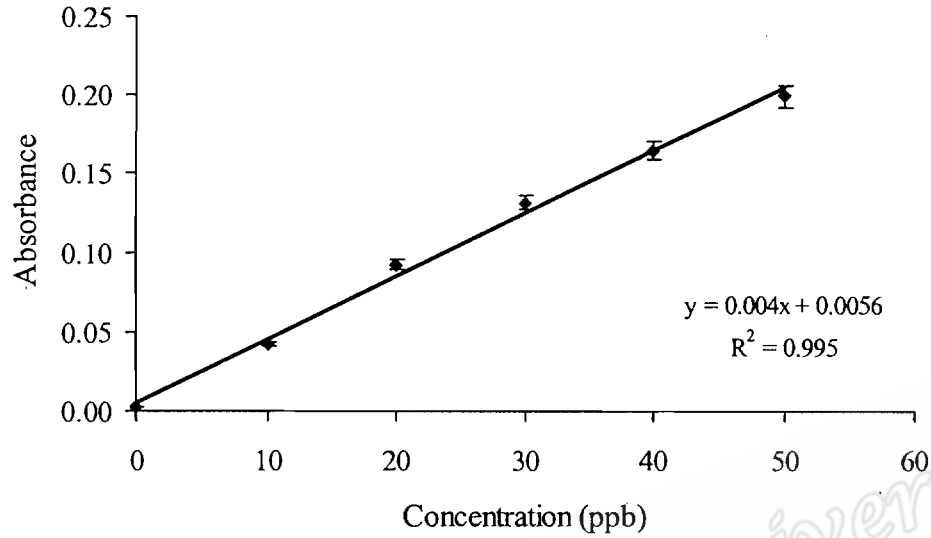
ตารางที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตะกั่วที่ 283.3 nm โดยวิธี GF-AAS

Pb^{2+}(µg/l)	ค่าเฉลี่ย	จำนวนซ้ำ	SD
0	0.002	24	0.001
10	0.042	10	0.002
20	0.092	6	0.002
30	0.132	6	0.003
40	0.165	6	0.003
50	0.200	6	0.006

Prince of Songkla University Pattani Campus

Modifier : PO_4 ($NH_4H_2PO_4$), 0.2 mg/10 µL Injection

Detection limit ของเครื่อง เท่ากับ 8.69 µg/l



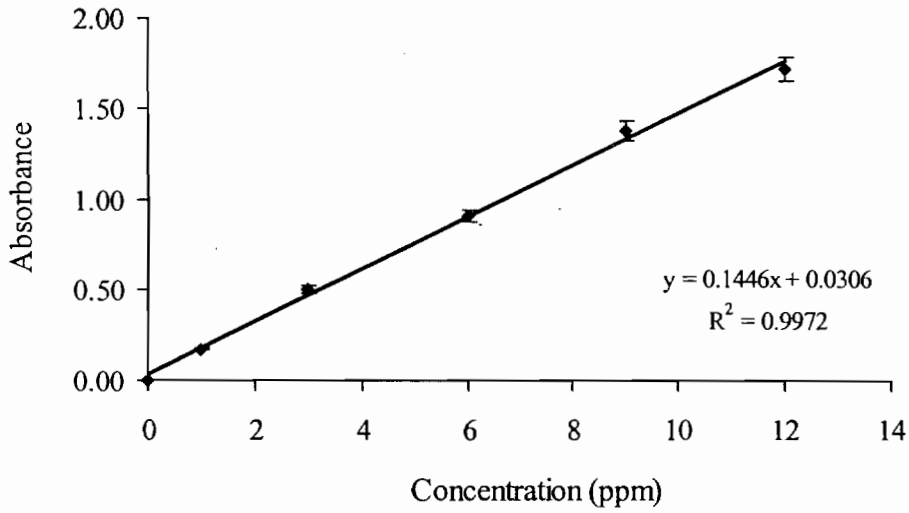
รูปที่ 2 กราฟมาตรฐานของตะกั่วโดยวิธี GF-AAS

ตารางที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานทองแดงที่ 324.8 nm โดยวิธี FAAS

Cu^{2+}(mg/l)	ค่าเฉลี่ย	จำนวนซ้ำ	SD
0	-0.003	33	0.003
1	0.170	11	0.003
3	0.496	5	0.007
6	0.904	5	0.018
9	1.379	5	0.015
12	1.720	5	0.015

Detection limit ของเครื่อง เท่ากับ 0.085 mg/l

Prince of Songkla University Pattani Campus



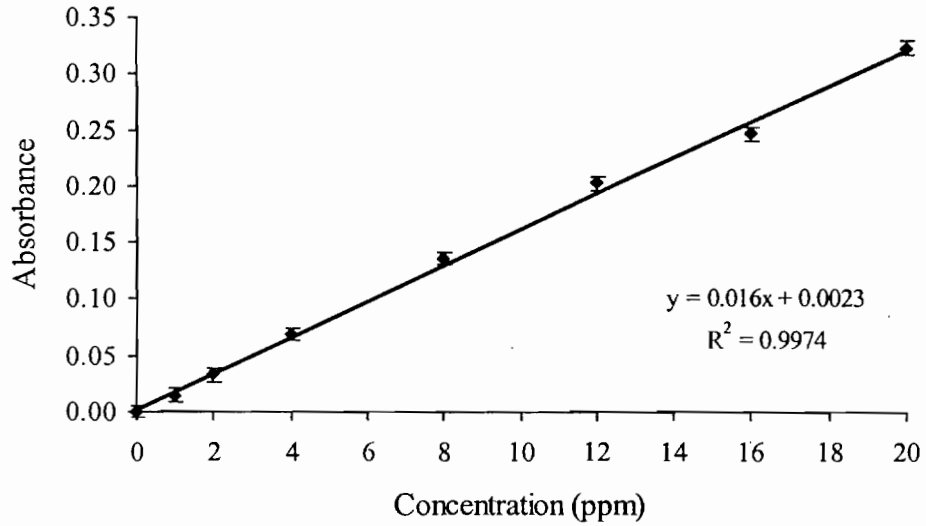
รูปที่ 3 กราฟมาตรฐานของทองแดงโดยวิธี FAAS

ตารางที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตะกั่วที่ 238.3 nm โดยวิธี FAAS

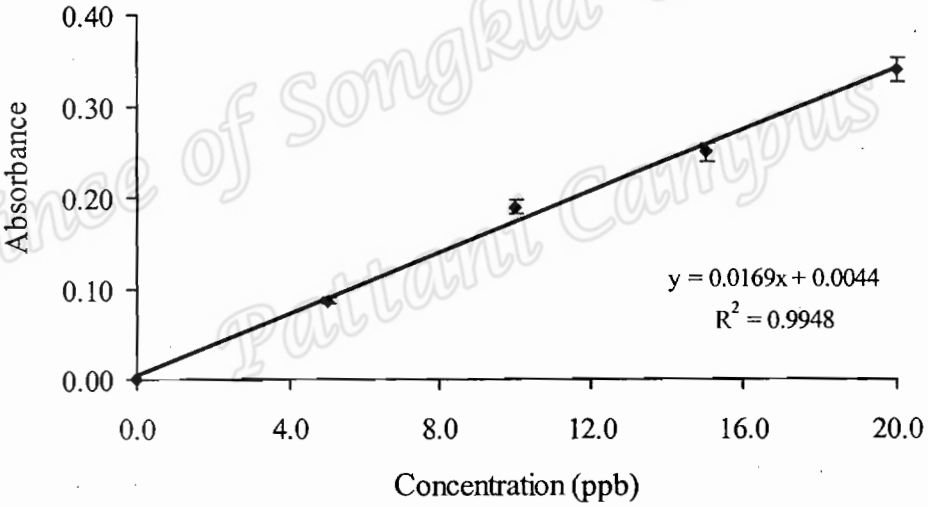
Pb^{2+}(ppm)	ค่าเฉลี่ย	จำนวนซ้ำ	SD
0	0.0012	22	0.0003
1	0.015	10	0.002
2	0.033	5	0.003
4	0.069	5	0.002
8	0.136	5	0.004
12	0.203	5	0.007
16	0.246	5	0.005
20	0.324	5	0.008

Detection limit ของเครื่อง เท่ากับ 0.58 mg/l

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4 กราฟมาตรฐานของตะกั่วโดยวิธี FAA S



รูปที่ 5 กราฟมาตรฐานของสารหนูโดยวิธี AAS แบบ Hydride generation

สูตรคำนวณ Detection limit

$$S_m = X_{bl} - kS_{bl}$$

$$C_m = \frac{S_m - X_{bl}}{m}$$

ให้ X_{bl} = mean blank signal

S_{bl} = standard deviation of blank

S_m = minimum distinguishable analytical signal

k = constant, 3 และ C_m = detection limit

Prince of Songkla University Pattani Campus

2. ปริมาณ % total solid ของ สาหร่ายผมนาง สาหร่ายผักกาด สาหร่ายไส้ไก่ และถ่านกัมมันต์

ตารางที่ 5 ปริมาณ % total solid ของสาหร่ายผมนาง สาหร่ายผักกาด สาหร่ายไส้ไก่ และถ่านกัมมันต์

Sample No.	beaker weight (g)	beaker + sample before (g)	beaker + sample after (g)	% total solid
Activated carbon 1	28.87	29.89	29.76	87.18
2	28.85	29.88	29.75	87.16
3	28.97	29.99	29.89	87.23
		mean		87.19±0.03
Ulva reticulata 1	28.86	29.41	29.35	89.10
2	29.10	29.62	29.56	88.46
3	28.88	29.21	29.17	87.88
		mean		88.48±0.61
Gracilaria fisheri 1	28.92	29.92	29.82	90.55
2	29.25	30.30	30.20	89.94
3	29.00	30.13	30.01	89.51
		mean		90.00±0.
Chaetomorpha sp.1	29.67	34.43	33.91	89.07
2	29.17	34.38	33.80	88.86
3	29.24	34.39	33.81	88.77
		mean		88.90±0.15

Prince of Songkla University Pattani Campus

สูตรการคำนวณ $\%\ \text{Total solid (TS)} = \frac{(A-B)}{(C-B)} \times 100$

ให้ A = weight of dried sample + beaker, g

B = weight of beaker, g

C = weight of wet sample, g

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงและตะกั่วใน สาหร่ายผมนาง สาหร่ายผักกาด สาหร่ายไส้ไก่ และถ่านกัมมันต์

สูตรคำนวณ $$\text{metal concentration (mg/kg)} = \frac{A \times B}{\text{g sample}} \times \frac{100}{TS}$$

กำหนดให้ A = ความเข้มข้นของโลหะในสารละลาย digested, mg/l

B = ปริมาตรสุดท้ายของสารละลาย digested, ml

TS = total solid, %

ตารางที่ 6 ปริมาณทองแดงในวัสดุต่าง ๆ

Sample No.		Sample weight	Metal concentration	
		(g)	mg/l	mg/kg
Activated carbon	1	1.03	0.086	4.79
	2	1.01	0.085	4.83
	3	1.01	0.085	4.83
	4	1.05	0.091	4.97
	5	1.05	0.090	4.92
	mean		**0.087**	**4.87±0.07**
Ulva reticulata	1	0.60	0.092	8.66
	2	0.62	0.095	8.66
	3	0.64	0.103	9.09
	4	0.58	0.090	8.77
	5	0.60	0.095	8.95
	mean		**0.095**	**8.83±0.19**
Gracilaria fisheri	1	1.09	0.108	5.50
	2	1.05	0.106	5.61
	3	1.10	0.112	5.66
	4	1.12	0.115	5.70
	5	1.05	0.103	5.45
	mean		**0.109**	**5.58±0.11**
Chaetomorpha sp.	1	0.80	0.108	7.59
	2	0.82	0.110	7.54
	3	0.85	0.114	7.54
	4	0.85	0.118	7.81
	5	0.90	0.122	7.62
	mean		**0.435**	**7.62±0.11**

Digested solution (B) = 50.00 ml

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 7 ปริมาณตะกั่วในวัสดุต่าง ๆ

Sample No.		Sample weight (g)	Metal concentration mg/l	mg/kg
Activated carbon	1	1.02	0.024	0.27
	2	1.01	0.023	0.26
	3	1.01	0.020	0.23
	4	1.03	0.021	0.23
	5	1.05	0.019	nd
	mean		**0.021**	**0.25±0.02**
Ulva reticulata	1	1.90	0.070	0.42
	2	2.10	0.074	0.40
	3	2.12	0.076	0.41
	4	2.10	0.072	0.39
	5	1.90	0.073	0.43
	mean		**0.073**	**0.41±0.02**
Gracilaria fisheri	1	2.09	0.065	0.34
	2	2.09	0.067	0.36
	3	2.09	0.064	0.34
	4	2.10	0.066	0.35
	5	2.05	nd	nd
	mean		**0.066**	**0.35±0.01**
Chaetomorpha sp.	1	2.55	0.056	0.25
	2	2.53	0.047	0.21
	3	2.535	0.050	0.22
	4	2.52	0.043	0.19
	5	2.50	0.036	0.16
	mean		**0.045**	**0.21±0.03**

Digested solution (B) = 10.00 ml, nd = not detected

Prince of Songkla University Pattani Campus

4. การลดปริมาณตะกั่วและทองแดงในน้ำจากตำบลถ้ำทะลุ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา

ตารางที่ 8 แสดงค่า parameter ต่าง ๆ ของน้ำที่ผ่านคอลัมน์

ปริมาตร (l)	pH	Pb^{2+} (µg/l)	Cu^{2+} (µg/l)	ปริมาตร (l)	pH	Pb^{2+} (µg/l)	Cu^{2+} (µg/l)
0	7.48	0	0	20.56	7.60	10.85	0
2.08	7.50	0	0	21.52	7.55	11.60	0
2.92	7.55	0	0	22.48	7.50	12.10	0
3.64	7.61	0	0	23.20	7.46	13.00	0
4.00	7.42	0	0	23.80	7.35	13.95	0
4.48	7.40	0	0	24.88	7.39	14.90	0
4.84	7.52	0	0	25.96	7.57	15.75	0
5.20	7.40	0	0	27.04	7.45	16.80	0
5.56	7.33	0	0	28.00	7.55	17.90	0
5.80	7.60	0	0	28.96	7.35	18.95	1.10
6.28	7.66	0	0	29.32	7.57	19.90	1.26
6.52	7.59	0	0	30.28	7.58	20.72	1.64
6.76	7.54	0	0	31.00	7.55	21.03	1.83
7.00	7.52	0	0	32.08	7.62	21.56	2.00
7.24	7.38	0	0	33.04	7.60	22.54	2.35
7.48	7.42	0	0	34.00	7.65	24.84	2.96
7.72	7.45	0	0	35.08	7.45	25.90	3.15
7.963	7.38	0	0	36.04	7.58	26.83	3.60
8.08	7.34	0	0	37.12	7.55	27.75	4.36
8.20	7.30	0.55	0	38.92	7.60	28.96	4.48
8.68	7.45	1.25	0	40.00	7.65	30.00	4.96
9.40	7.50	2.00	0	41.08	7.60	30.80	5.36
10.24	7.45	2.80	0	42.88	7.58	31.70	5.60
10.84	7.60	3.32	0	43.96	7.53	32.00	6.00
11.56	7.56	4.35	0	44.82	7.60	32.76	6.42
12.40	7.60	4.95	0	45.88	7.62	33.80	6.58
13.12	7.52	5.90	0	46.84	7.48	34.66	6.66
14.08	7.60	6.20	0	47.80	7.55	35.87	7.70
14.80	7.50	6.90	0	48.88	7.60	36.98	8.55
15.76	7.46	7.50	0	49.84	7.76	38.00	8.70
16.60	7.36	8.40	0	51.06	7.55	40.21	9.20
17.32	7.50	8.90	0	53.20	7.65	42.20	9.70
17.92	7.48	9.25	0	55.00	7.57	43.15	10.20
18.88	7.60	9.90	0	56.80	7.60	44.80	10.70
19.72	7.54	10.20	0				

Prince of Songkla University Pattani Campus

วิธีการหาค่า alkalinity

เลือกปริมาตรของตัวอย่างที่ทำให้ปริมาตรกรดที่ใช้ในการไทเทรตน้อยกว่า 25 ml เพราะจะทำให้มองเห็นการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ metal orange ที่จุดสิ้นสุดของการไทเทรตได้ชัดเจน โดยจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้มที่ pH 4.6 ในกรณีที่มีคลอรีนอิสระตกค้าง ให้กำจัดโดยเติม 0.1 N Sodium thiosulphate solution 1 หยด หรือ โดยการใช้แสง UV ทำลาย

การคำนวณ

$$\text{Total alkalinity mg/l as } CaCO_3 = \frac{B \times N \times 50{,}000}{\text{ml sample}}$$

เมื่อ B = จำนวน ml กรดที่ใช้ถึง end point

N = Normality ของกรด

วิธีการหาความกระด้าง (Hardness)

น้ำตัวอย่าง 25.00 ml

(ปริมาตรเท่าไรก็ได้ที่ใช้ 0.01 M EDTA ไม่เกิน 15 ml)

↓ + 25.00 ml น้ำกลั่น

↓ + 1-2 ml Buffer solution

วัด pH 10.00±0.1

↓

เติม Eriochrome Black T

↓

ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน EDTA (end point สีม่วงแดง⟶ สีน้ำเงิน)

Prince of Songkla University Pattani Campus

การคำนวณ

$$\text{Hardness as mg/l } CaCO_3 = \frac{AxBx1000}{\text{ml sample}}$$

เมื่อ A = ml ของ EDTA ที่ใช้ในการไทเทรตสารตัวอย่าง

B = ml $CaCO_3$ ที่สมมูลกับ 1 ml EDTA

5. Statistical Analysis – ANOVA and Multiple Comparisons

Descriptives

CEQ

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Ulva sp.	7	2.5886	.2024	.0765	2.4013	2.7758	2.35	3.00
G.fisheri	7	2.7571	.2535	.0958	2.5227	2.9916	2.49	3.20
Chaetomorpha sp	7	2.6643	.2550	.0964	2.4284	2.9001	2.27	3.04
Activated carbon	7	3.1557	.4420	.1671	2.7469	3.5645	2.52	3.86
Total	28	2.7914	.3617	.0684	2.6512	2.9317	2.27	3.86

Test of Homogeneity of Variances

CEQ

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.577	3	24	.221

ANOVA

CEQ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.338	3	.4461	4.8806	.0087
Within Groups	2.194	24	.0914		
Total	3.532	27			

Prince of Songkla University Pattani Campus

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: CEQ

Tukey HSD

(I) GROUP	(J) GROUP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Ulva sp.	G.fisheri	-.1686	.1616	.7263	-.6144	.2772
	Chaetomorpha sp.	-.0757	.1616	.9652	-.5215	.3701
	Activated carbon	-.5671*	.1616	.0091	-1.0130	-.1213
G.fisheri	Ulva sp.	.1686	.1616	.7263	-.2772	.6144
	Chaetomorpha sp.	.0929	.1616	.9387	-.3530	.5387
	Activated carbon	-.3986	.1616	.0914	-.8444	.0472
Chaetomorpha sp.	Ulva sp.	.0757	.1616	.9652	-.3701	.5215
	G.fisheri	-.0929	.1616	.9387	-.5387	.3530
	Activated carbon	-.4914*	.1616	.0269	-.9372	-.0456
Activated carbon	Ulva sp.	.5671*	.1616	.0091	.1213	1.0130
	G.fisheri	.3986	.1616	.0914	-.0472	.8444
	Chaetomorpha sp.	.4914*	.1616	.0269	.0456	.9372

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

CEQ

Tukey HSD [a]

GROUP	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Ulva sp.	7	2.5886	
Chaetomorpha sp.	7	2.6643	
G.fisheri	7	2.7571	2.7571
Activated carbon	7		3.1557
Sig.		.726	.091

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7.000.

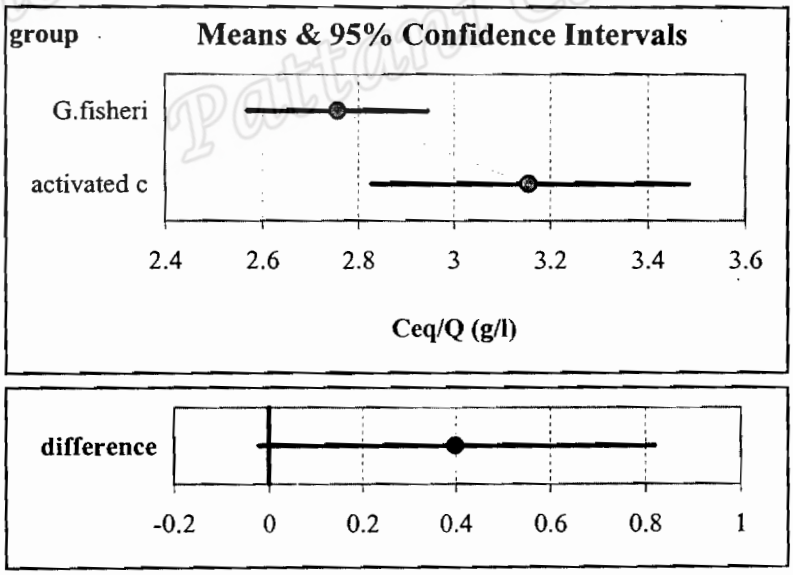
Comparison: Ceq/Q (g/l)

group	Size	Mean	SE	StDev
G.fisheri	7	2.757	0.096	0.253
activated c	7	3.156	0.167	0.442

Ceq/Q (g/l)

Two-sample t-test: Resid SS: 1.557714 r-sq: 0.26

factor	df	t	p-val	s	diff	CI/2	Lev p	Bart p
group	12	2.070	0.0607	0.360	0.399	0.420	0.305	0.202



Prince of Songkla University Pattani Campus