



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



ภาคผนวก ก
ตารางผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ก-1 องค์ประกอบของกรดไขมัน (%) ที่ได้จากการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

Fatty acid (%)	Temperature (°C)				
	Oil	-5	-10	-15	-20
C14:0	4.43±0.01	4.09±0.21	3.86±0.11	3.96±0.15	3.77±0.35
C16:0	23.85±0.10	14.63±0.40	17.96±0.21	13.66±0.17	9.70±0.03
C16:1	2.16±0.01	2.57±0.11	2.37±0.04	2.57±0.01	2.74±0.04
C18:0	6.66±0.03	3.48±0.44	4.03±0.05	2.85±0.02	2.39±0.01
C18:1	42.59±0.20	54.99±0.28	49.80±0.21	53.66±0.15	56.84±0.91
C18:2	14.27±0.09	17.37±0.16	16.83±0.09	18.12±0.01	23.54±0.04
C18:3	0.50±0.01	1.04±0.01	0.96±0.01	1.02±0.02	1.37±0.01
C20:3	0.64±0.01	0.76±0.02	0.72±0.01	0.77±0.01	1.02±0.01
C20:4	0.38±0.01	0.42±0.02	0.40±0.01	0.42±0.01	0.57±0.01
C20:5	0.21±0.01	0.33±0.01	0.30±0.01	0.32±0.01	0.35±0.01
C22:6	0.70±0.01	1.05±0.07	0.98±0.02	1.03±0.03	1.28±0.01

ตาราง ก-2 องค์ประกอบของกรดไขมัน (%) ที่ได้จากการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

Fatty acid (%)	Temperature (°C)				
	Oil	-5	-10	-15	-20
C14:0	4.43±0.01	3.96±0.17	3.90±0.08	3.49±0.11	3.58±0.06
C16:0	23.85±0.10	13.85±0.37	13.52±0.22	10.60±0.21	5.26±0.01
C16:1	2.16±0.01	2.54±0.11	2.54±0.03	2.65±0.03	2.82±0.04
C18:0	6.66±0.03	1.86±0.02	2.47±0.02	1.94±0.01	0.68±0.24
C18:1	42.59±0.20	54.02±0.07	53.97±0.31	55.56±0.25	60.52±0.43
C18:2	14.27±0.09	18.18±0.03	18.42±0.06	20.36±0.06	21.16±0.30
C18:3	0.50±0.01	1.05±0.01	1.05±0.01	1.13±0.01	1.20±0.02
C20:3	0.64±0.01	0.79±0.02	0.79±0.01	0.88±0.02	0.92±0.01
C20:4	0.38±0.01	0.43±0.01	0.43±0.01	0.47±0.01	0.50±0.01
C20:5	0.21±0.01	0.32±0.01	0.33±0.01	0.34±0.01	0.36±0.01
C22:6	0.70±0.01	1.05±0.08	1.04±0.07	1.16±0.03	1.22±0.02

ตาราง ก-3 องค์ประกอบของกรดไขมัน (%) ที่ได้จากการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

Fatty acid (%)	Temperature (°C)				
	Oil	-5	-10	-15	-20
C14:0	4.43±0.01	3.56±0.13	3.45±0.06	3.88±0.10	3.43±0.04
C16:0	23.85±0.10	12.63±0.25	14.37±0.25	10.53±0.15	5.44±0.07
C16:1	2.16±0.01	2.53±0.06	2.55±0.03	2.63±0.04	2.90±0.01
C18:0	6.66±0.03	2.04±0.31	2.39±0.11	1.52±0.05	0.57±0.01
C18:1	42.59±0.20	53.35±0.20	52.47±0.12	56.74±0.06	59.69±0.13
C18:2	14.27±0.09	19.44±0.08	19.18±0.03	20.95±0.05	22.46±0.09
C18:3	0.50±0.01	1.05±0.02	1.07±0.02	1.13±0.02	1.26±0.02
C20:3	0.64±0.01	0.85±0.02	0.84±0.02	0.91±0.04	0.99±0.02
C20:4	0.38±0.01	0.46±0.01	0.46±0.01	0.50±0.01	0.52±0.01
C20:5	0.21±0.01	0.32±0.01	0.31±0.01	0.35±0.01	0.38±0.01
C22:6	0.70±0.01	1.11±0.07	1.11±0.04	1.29±0.01	1.30±0.01

ตาราง ก-4 องค์ประกอบของกรดไขมัน (%) ที่ได้จากการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

Fatty acid (%)	Temperature (°C)				
	Oil	-5	-10	-15	-20
C14:0	4.43±0.01	3.98±0.75	3.79±0.08	3.84±0.24	3.72±0.12
C16:0	23.85±0.10	14.64±0.29	14.08±0.18	9.98±0.24	5.90±0.05
C16:1	2.16±0.01	2.57±0.06	2.55±0.06	2.67±0.11	2.89±0.03
C18:0	6.66±0.03	3.35±0.01	2.97±0.03	1.76±0.01	0.95±0.03
C18:1	42.59±0.20	50.76±0.11	53.33±0.20	57.49±0.06	60.41±0.19
C18:2	14.27±0.09	17.33±0.01	18.03±0.08	19.63±0.06	21.06±0.02
C18:3	0.50±0.01	1.04±0.01	1.03±0.01	1.11±0.01	1.19±0.02
C20:3	0.64±0.01	0.75±0.03	0.77±0.01	0.82±0.02	0.88±0.01
C20:4	0.38±0.01	0.41±0.01	0.42±0.01	0.45±0.01	0.48±0.01
C20:5	0.21±0.01	0.30±0.01	0.32±0.01	0.34±0.01	0.36±0.01
C22:6	0.70±0.01	0.96±0.09	1.04±0.05	1.12±0.07	1.15±0.03

ตาราง ก-5 องค์ประกอบของกรดไขมัน (%) ที่ได้จากการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

Fatty acid (%)	Temperature (°C)				
	Oil	-5	-10	-15	-20
C14:0	4.43±0.01	3.95±0.20	3.74±0.04	3.48±0.14	3.73±0.06
C16:0	23.85±0.10	13.79±0.35	13.49±0.20	10.29±0.27	4.87±0.02
C16:1	2.16±0.01	2.56±0.08	2.49±0.02	2.72±0.07	2.82±0.04
C18:0	6.66±0.03	2.28±0.03	2.73±0.08	2.00±0.01	0.68±0.01
C18:1	42.59±0.20	54.05±0.31	52.58±0.66	55.60±0.13	61.25±0.11
C18:2	14.27±0.09	18.28±0.11	18.50±0.23	20.91±0.02	21.25±0.06
C18:3	0.50±0.01	1.03±0.01	1.04±0.01	1.16±0.01	1.18±0.01
C20:3	0.64±0.01	0.77±0.02	0.80±0.01	0.91±0.02	0.90±0.01
C20:4	0.38±0.01	0.42±0.01	0.43±0.01	0.49±0.01	0.51±0.01
C20:5	0.21±0.01	0.31±0.01	0.32±0.01	0.35±0.01	0.36±0.01
C22:6	0.70±0.01	1.02±0.08	1.07±0.06	1.19±0.03	1.18±0.01

ตาราง ก-6 องค์ประกอบของกรดไขมัน (%) ที่ได้จากการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

Fatty acid (%)	Temperature (°C)				
	Oil	-5	-10	-15	-20
C14:0	4.43±0.01	3.73±0.05	3.58±0.13	3.61±0.08	3.08±0.04
C16:0	23.85±0.10	12.57±0.65	12.98±0.35	10.42±0.17	5.36±0.05
C16:1	2.16±0.01	2.61±0.10	2.58±0.06	2.67±0.05	2.84±0.03
C18:0	6.66±0.03	1.98±0.23	2.00±0.01	2.03±0.08	0.85±0.03
C18:1	42.59±0.20	53.41±0.94	53.98±0.23	55.87±0.09	59.43±0.04
C18:2	14.27±0.09	18.78±0.22	19.35±0.10	19.67±0.28	22.59±0.03
C18:3	0.50±0.01	1.03±0.01	1.04±0.01	1.09±0.01	1.22±0.01
C20:3	0.64±0.01	0.77±0.02	0.84±0.03	0.94±0.01	1.02±0.02
C20:4	0.38±0.01	0.42±0.01	0.46±0.02	0.49±0.01	0.53±0.01
C20:5	0.21±0.01	0.30±0.01	0.32±0.01	0.34±0.01	0.37±0.01
C22:6	0.70±0.01	1.00±0.04	1.09±0.07	1.13±0.04	1.34±0.02

ตาราง ก-7 องค์ประกอบของกรดไขมัน (%) ที่ได้จากการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

Fatty acid (%)	Oil	Temperature (°C)			
		-5	-10	-15	-20
C14:0	4.43±0.01	4.01±0.69	3.76±0.04	3.71±0.15	3.56±0.03
C16:0	23.85±0.10	12.06±0.10	12.16±0.06	9.87±0.11	5.60±0.05
C16:1	2.16±0.01	2.59±0.03	2.57±0.02	2.60±0.08	2.88±0.01
C18:0	6.66±0.03	2.38±0.02	2.46±0.02	2.03±0.85	0.88±0.01
C18:1	42.59±0.20	54.55±0.39	55.03±0.46	56.71±0.47	60.46±0.25
C18:2	14.27±0.09	18.60±0.10	18.53±0.14	19.74±0.05	21.10 ±0.02
C18:3	0.50±0.01	1.06±0.01	1.06±0.01	1.09±0.01	1.21±0.01
C20:3	0.64±0.01	0.78±0.02	0.78±0.02	0.82±0.01	0.88±0.01
C20:4	0.38±0.01	0.43±0.01	0.43±0.01	0.46±0.01	0.49±0.00
C20:5	0.21±0.01	0.33±0.01	0.33±0.01	0.34±0.01	0.36±0.01
C22:6	0.70±0.01	1.04±0.02	1.03±0.01	1.13±0.04	1.17±0.04

ตาราง ก-8 องค์ประกอบของกรดไขมัน (%) ที่ได้จากการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

Fatty acid (%)	Oil	Temperature (°C)			
		-5	-10	-15	-20
C14:0	4.43±0.01	3.92±0.18	3.75±0.12	3.44±0.02	3.56±0.02
C16:0	23.85±0.10	12.17±0.05	13.46±0.12	8.75±0.04	4.74±0.01
C16:1	2.16±0.01	2.58±0.07	2.53±0.02	2.75±0.01	2.86±0.03
C18:0	6.66±0.03	1.97±0.01	2.67±0.04	1.53±0.01	0.65±0.01
C18:1	42.59±0.20	54.68±0.06	53.78±0.66	57.89±0.14	61.07±0.04
C18:2	14.27±0.09	18.89±0.04	18.57±0.24	20.96±0.03	21.58±0.08
C18:3	0.50±0.01	1.06±0.01	1.04±0.02	1.12±0.01	1.19±0.02
C20:3	0.64±0.01	0.80±0.02	0.79±0.03	0.88±0.01	0.81±0.15
C20:4	0.38±0.01	0.43±0.02	0.43±0.01	0.50±0.03	0.63±0.25
C20:5	0.21±0.01	0.32±0.01	0.32±0.01	0.35±0.01	0.35±0.01
C22:6	0.70±0.01	1.09±0.06	1.05±0.03	1.15±0.03	1.13±0.07

ตาราง ก-9 องค์ประกอบของกรดไขมัน (%) ที่ได้จากการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

Fatty acid (%)	Oil	Temperature (°C)			
		-5	-10	-15	-20
C14:0	4.43±0.01	3.58±0.16	3.46±0.06	3.15±0.12	3.08±0.17
C16:0	23.85±0.10	12.47±0.31	12.76±0.15	10.41±0.10	4.83±0.14
C16:1	2.16±0.01	2.69±0.07	2.64±0.06	2.72±0.06	2.76±0.03
C18:0	6.66±0.03	2.08±0.01	2.06±0.04	1.92±0.01	0.62±0.01
C18:1	42.59±0.20	54.59±0.07	54.42±0.04	55.95±0.05	60.47±0.42
C18:2	14.27±0.09	19.15±0.03	19.40±0.14	20.60±0.14	22.59±0.16
C18:3	0.50±0.01	1.04±0.01	1.05±0.02	1.09±0.01	1.16±0.02
C20:3	0.64±0.01	0.85±0.01	0.88±0.01	0.96±0.02	1.01±0.02
C20:4	0.38±0.01	0.44±0.02	0.47±0.01	0.50±0.01	0.53±0.01
C20:5	0.21±0.01	0.32±0.01	0.33±0.01	0.34±0.01	0.34±0.01
C22:6	0.70±0.01	1.11±0.05	1.18±0.01	1.23±0.01	1.23±0.02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ตาราง ก-10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปลาเผาที่เพิ่มความเข้มข้น โดยการตกผลึกด้วยยูเรีย

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
UREA_FA	C14_0	2.986	2	1.493	113.348	.000
	C16_0	36.837	2	18.418	361.600	.000
	C16_1	.022	2	.011	3.546	.034
	C18_0	8.842	2	4.421	364.327	.000
	C18_1	15.438	2	7.719	65.947	.000
	C18_2	22.682	2	11.341	774.609	.000
	C18_3	.002	2	.001	5.154	.008
	C20_3	.146	2	.073	88.338	.000
	C20_4	.020	2	.010	5.932	.004
	C20_5	.000	2	5.131E-05	.806	.450
	C22_6	170	2	.085	40.987	.000
TEMP	C14_0	2.443	3	.814	61.819	.000
	C16_0	1121.190	3	373.730	7337.320	.000
	C16_1	2.113	3	.704	228.951	.000
	C18_0	43.296	3	14.432	1189.282	.000
	C18_1	742.837	3	247.612	2115.539	.000
	C18_2	214.398	3	71.466	4881.172	.000
	C18_3	.610	3	.203	1304.823	.000
	C20_3	.393	3	.131	158.753	.000
	C20_4	.163	3	.054	31.775	.000
	C20_5	.048	3	.016	253.787	.000
	C22_6	.542	3	.181	87.233	.000
TIME	C14_0	.116	2	.058	4.421	.015
	C16_0	45.571	2	22.786	447.341	.000
	C16_1	.041	2	.020	6.640	.002
	C18_0	1.507	2	.754	62.095	.000
	C18_1	38.015	2	19.008	162.397	.000
	C18_2	1.656	2	.828	56.550	.000
	C18_3	.006	2	.003	19.494	.000
	C20_3	.009	2	.005	5.508	.006
	C20_4	.012	2	.006	3.476	.036
	C20_5	.002	2	.001	14.408	.000
	C22_6	.016	2	.008	3.963	.023
UREA_FA * TEMP	C14_0	.464	6	.077	5.866	.000
	C16_0	6.788	6	1.131	22.211	.000
	C16_1	.077	6	.013	4.166	.001
	C18_0	1.366	6	.228	18.762	.000
	C18_1	6.750	6	1.125	9.612	.000
	C18_2	8.475	6	1.412	96.471	.000
	C18_3	.044	6	.007	47.286	.000

ตาราง ก-10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปลาเผาที่เพิ่ม
ความเข้มข้นโดยการตกผลึกด้วยยูเรีย (ต่อ)

	C20_3	.057	6	.010	11.535	.000
	C20_4	.005	6	.001	.512	.798
	C20_5	.005	6	.001	13.912	.000
	C22_6	.036	6	.006	2.861	.015
TEMP * TIME	C14_0	.146	6	.024	1.846	.102
	C16_0	45.505	6	7.584	148.898	.000
	C16_1	.066	6	.011	3.580	.004
	C18_0	3.319	6	.553	45.579	.000
	C18_1	34.861	6	5.810	49.640	.000
	C18_2	9.264	6	1.544	105.454	.000
	C18_3	.052	6	.009	55.863	.000
	C20_3	.049	6	.008	9.879	.000
	C20_4	.007	6	.001	.669	.675
	C20_5	.010	6	.002	26.432	.000
UREA_FA * TIME	C22_6	.082	6	.014	6.618	.000
	C14_0	.101	4	.025	1.912	.117
	C16_0	38.117	4	9.529	187.086	.000
	C16_1	.116	4	.029	9.407	.000
	C18_0	3.326	4	.832	68.530	.000
	C18_1	21.892	4	5.473	46.760	.000
	C18_2	.640	4	.160	10.930	.000
	C18_3	.009	4	.002	14.346	.000
	C20_3	.020	4	.005	6.041	.000
	C20_4	.006	4	.001	.864	.490
	C20_5	.001	4	.000	3.792	.007
	C22_6	.016	4	.004	1.924	.115
UREA_FA * TEMP * TIME	C14_0	1.033	12	.086	6.532	.000
	C16_0	47.149	12	3.929	77.139	.000
	C16_1	.134	12	.011	3.639	.000
	C18_0	6.990	12	.583	48.004	.000
	C18_1	59.016	12	4.918	42.018	.000
	C18_2	16.716	12	1.393	95.140	.000
	C18_3	.055	12	.005	29.387	.000
	C20_3	.043	12	.004	4.337	.000
	C20_4	.041	12	.003	2.019	.034
	C20_5	.008	12	.001	10.441	.000
	C22_6	.082	12	.007	3.289	.001



ภาคผนวก ข
ภาพประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



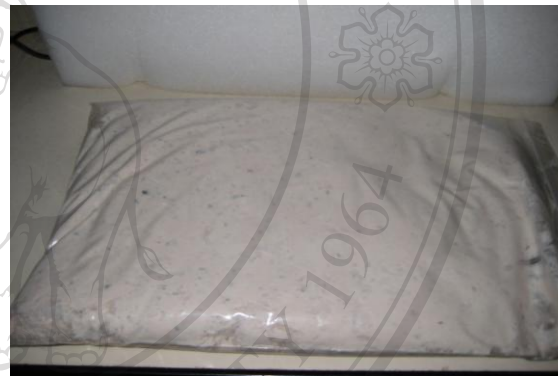
ภาพ ข-1 เนื้อส่วนพุงปลาเผาแช่แข็ง



ภาพ ข-2 เนื้อส่วนพุงหลังจากผ่านการบดด้วยเครื่องบดเนื้อ



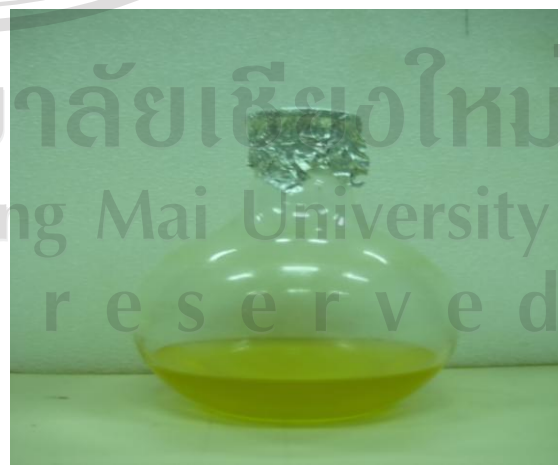
ภาพ ข-3 การบดด้วยเครื่องนวดและสับละเอียด



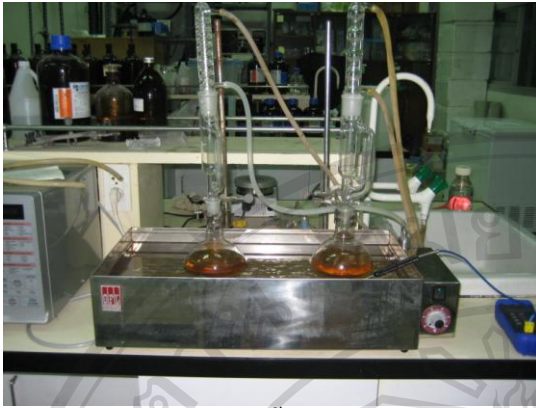
ภาพ ข-4 ตัวอย่างเนื้อส่วนพุงที่ผ่านการบดแล้ว



ภาพ ข-5 การกรองแยกน้ำมันออกจากเนื้อปลา



ภาพ ข-6 น้ำมันดิบที่สกัดได้จากปลาเผา



ภาพ ข-7 การ Reflux น้ำมันจากปลาเผา



ภาพ ข-8 น้ำมันที่ได้หลังผ่านการ Reflux



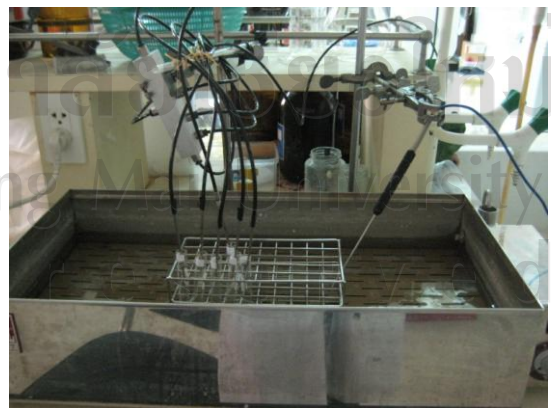
ภาพ ข-9 น้ำมันที่ได้หลังจากตกผลึกด้วยยูเรีย



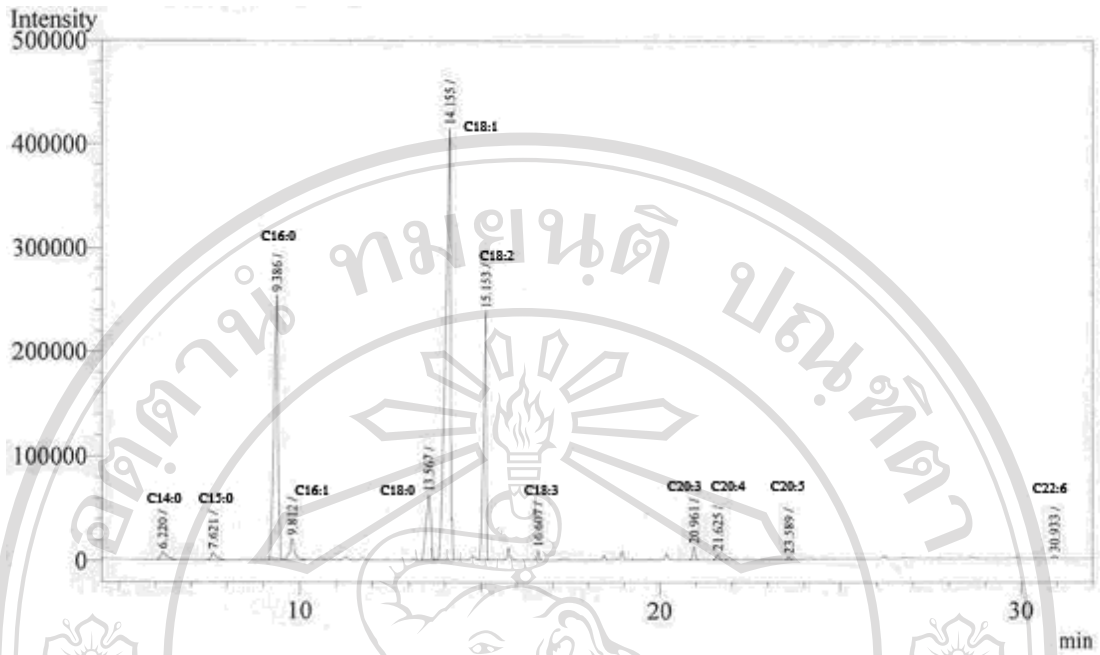
ภาพ ข-10 การทำ methylation น้ำมันจากปลาเผา



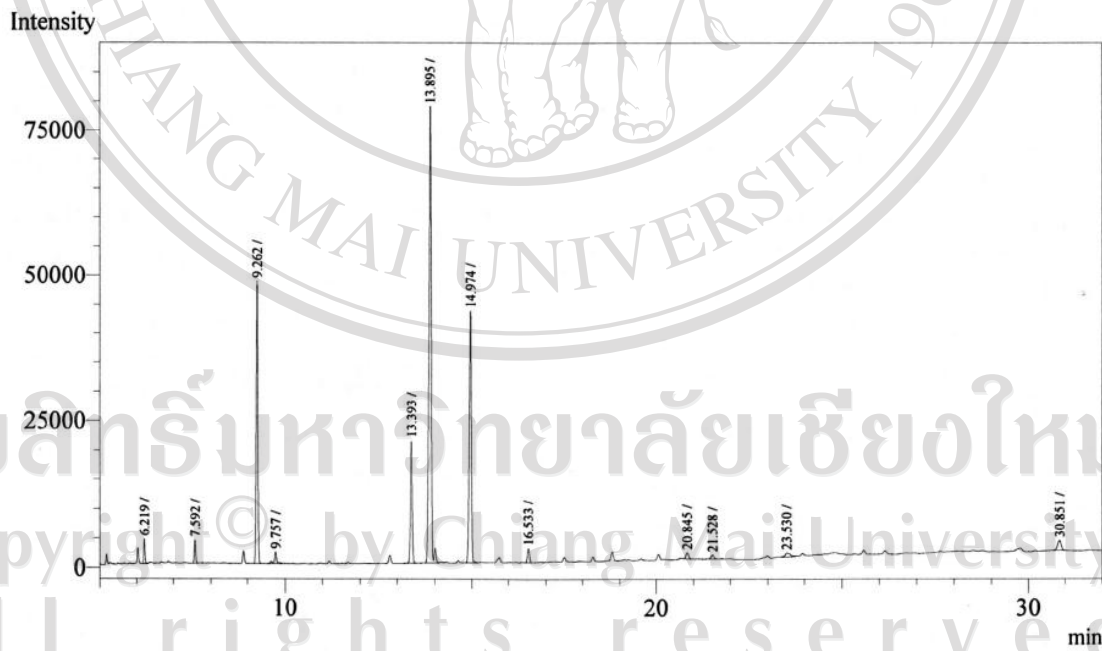
ภาพ ข-11 น้ำมันหลังผ่านการทำ methylation



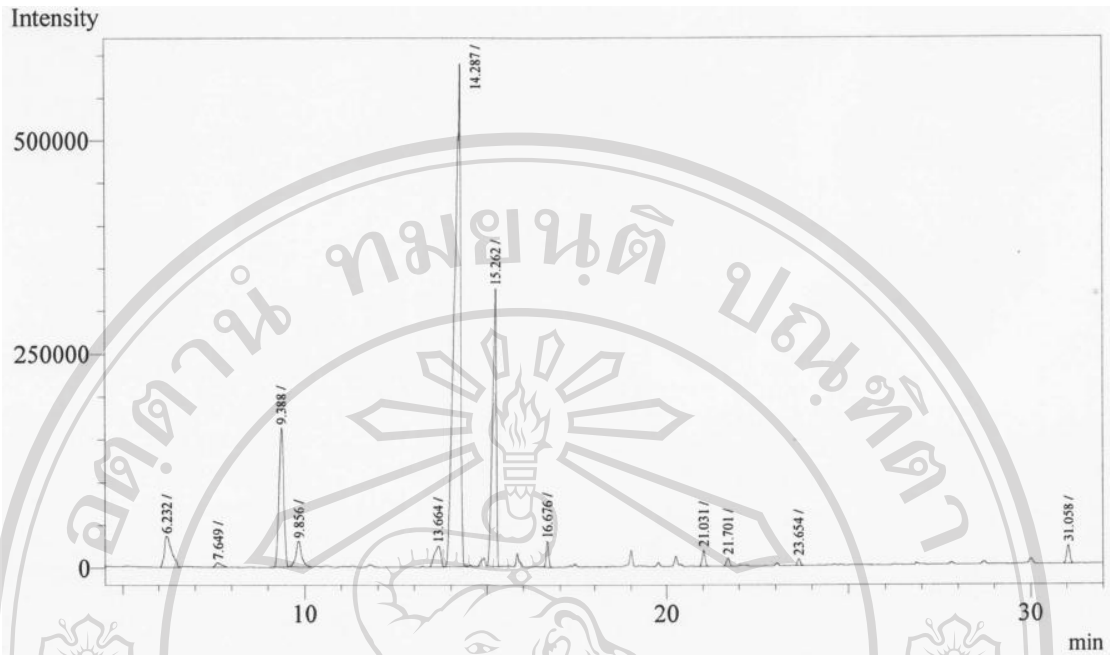
ภาพ ข-12 การระเหยตัวทำละลายออกด้วยไนโตรเจน



ภาพ ข-13 โครมาโทแกรมของกรดไขมันจากน้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อส่วนพุงและเนื้อเยื่อไขมันของปลาตะเพียน



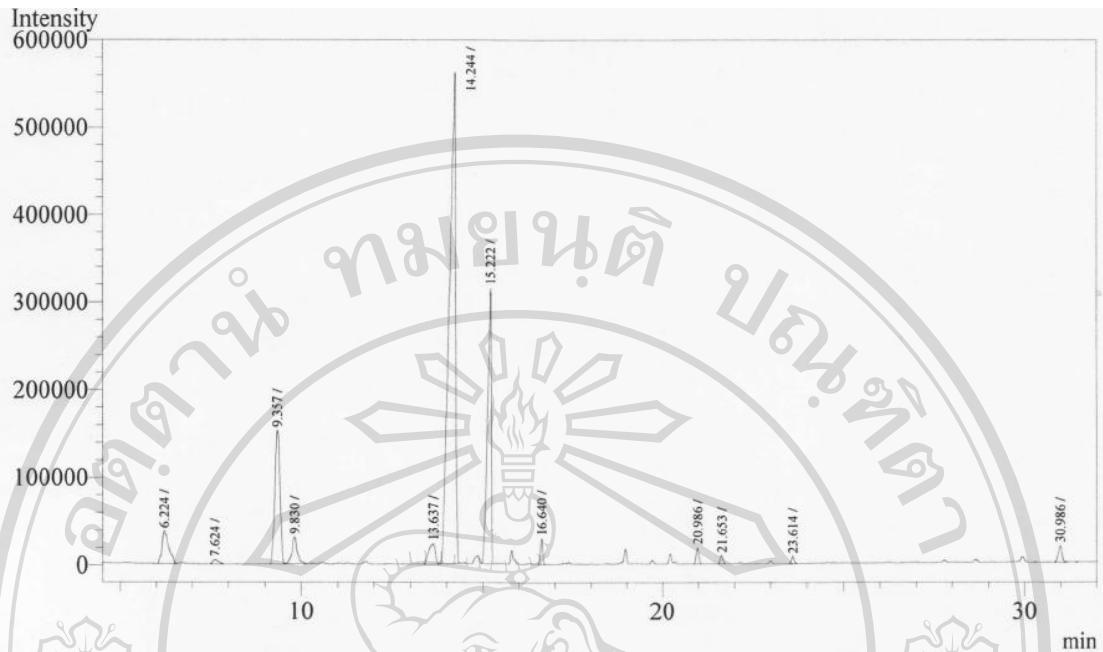
ภาพ ข-14 โครมาโทแกรมของกรดไขมันจากน้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อไขมันของปลาตะเพียน



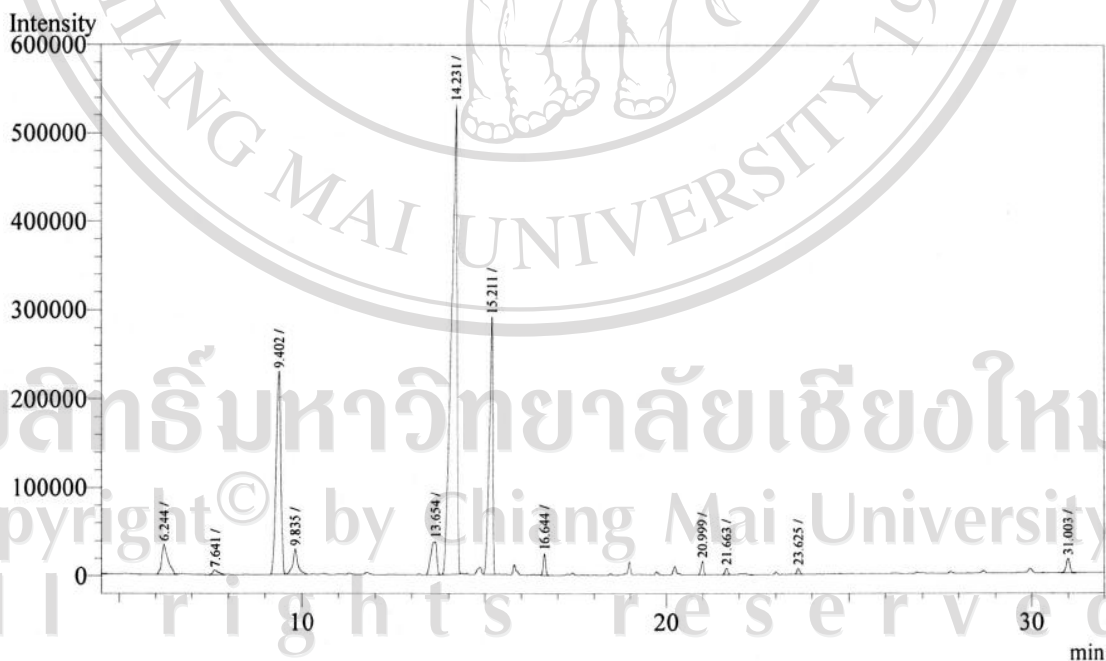
ภาพข-15 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



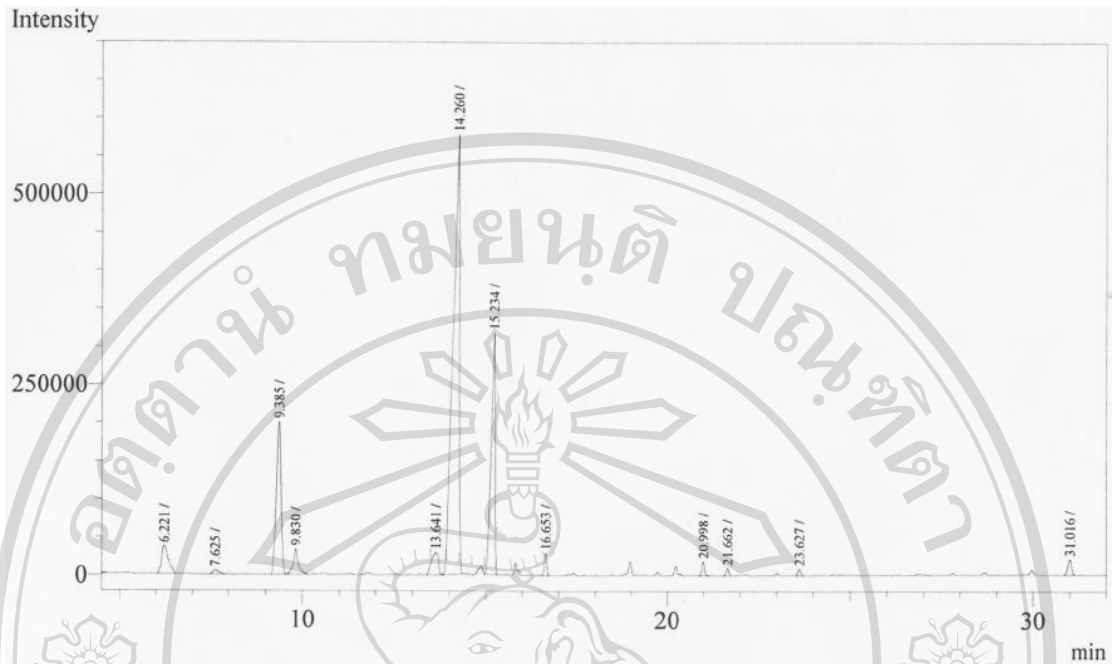
ภาพ ข-16 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



ภาพ ข-17 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



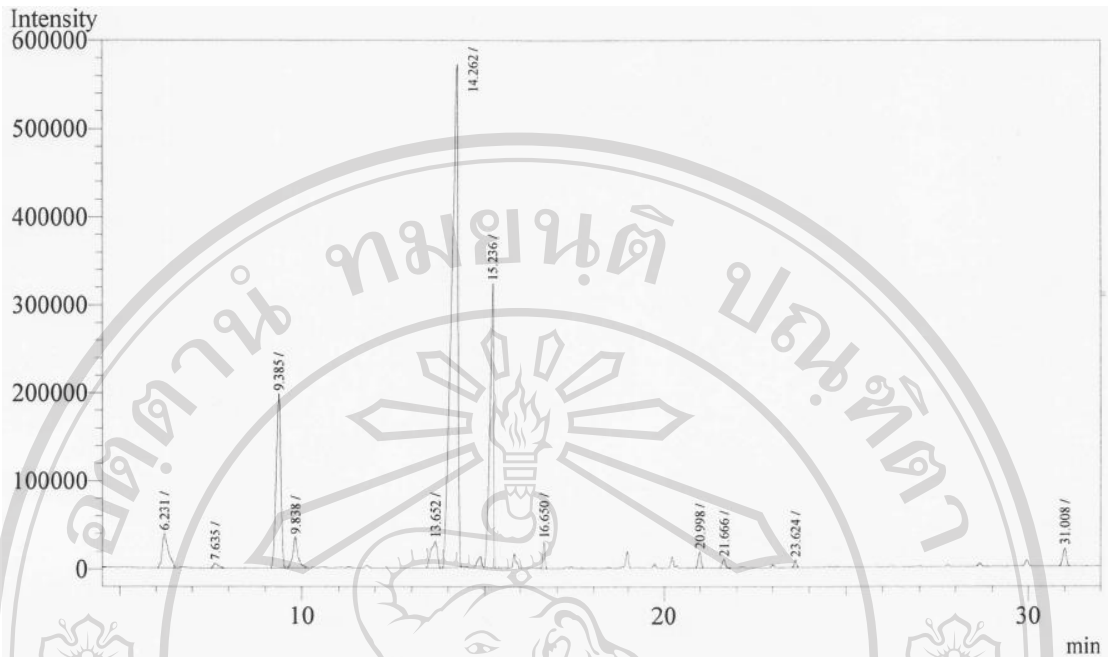
ภาพ ข-18 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



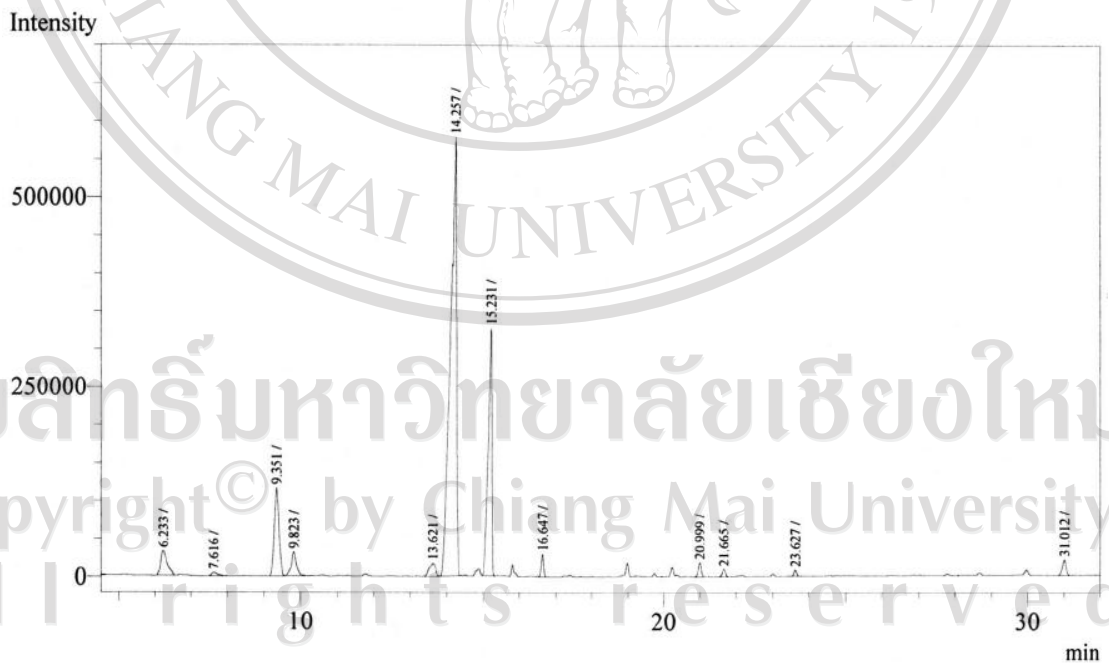
ภาพ ข-19 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



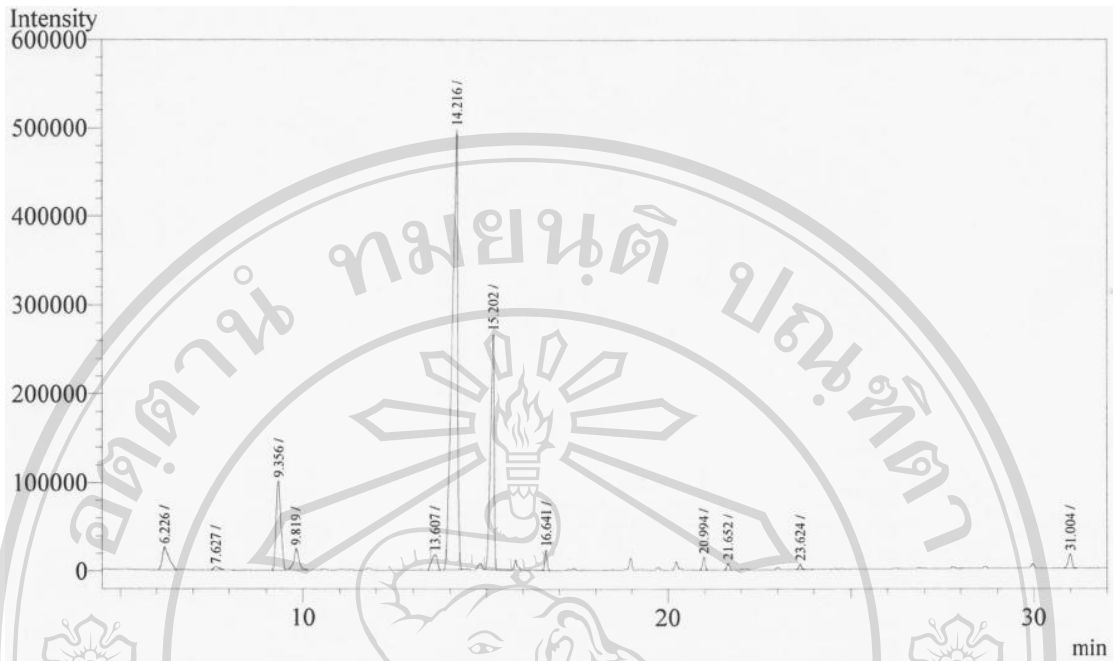
ภาพ ข-20 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



ภาพข-21 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



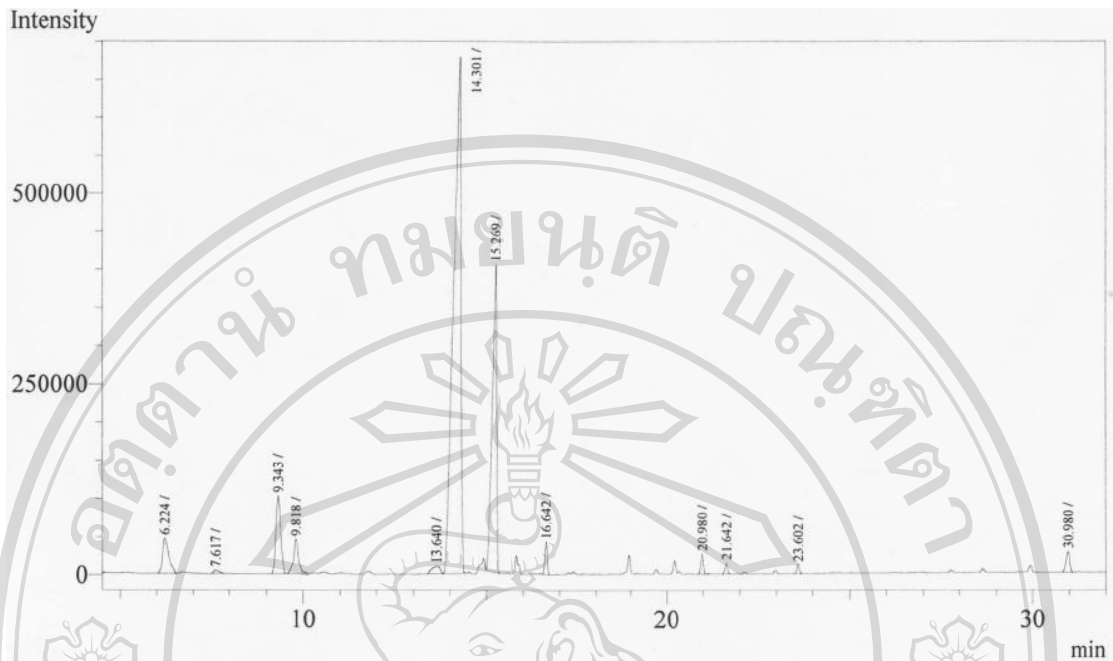
ภาพ ข-22 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



ภาพ ข-23 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



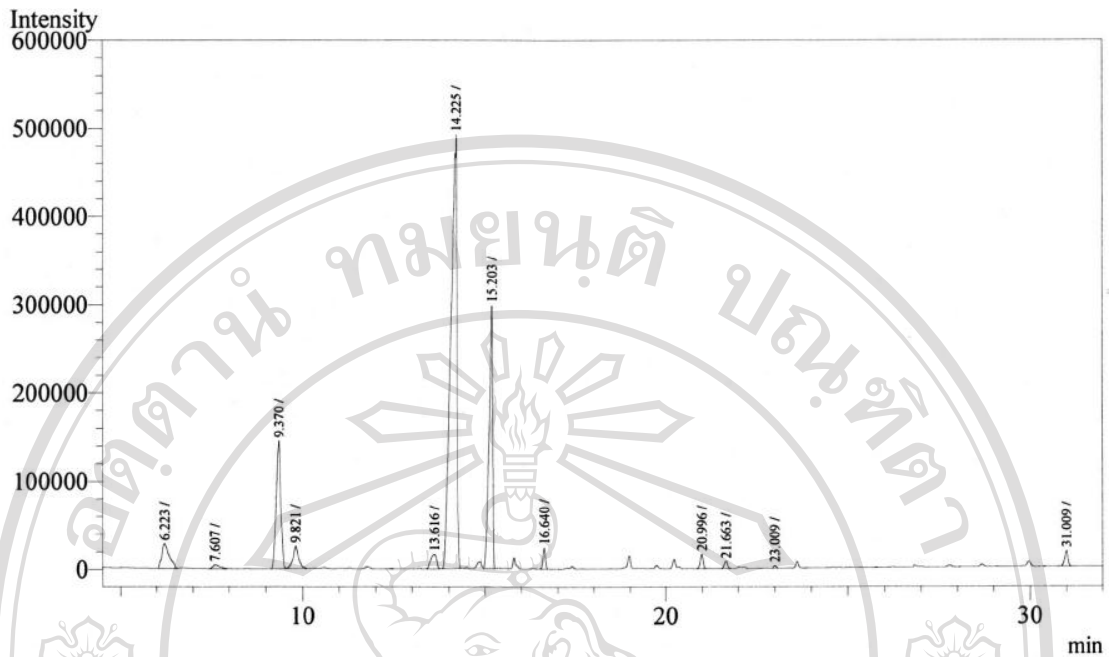
ภาพ ข-24 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



ภาพ ข-25 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



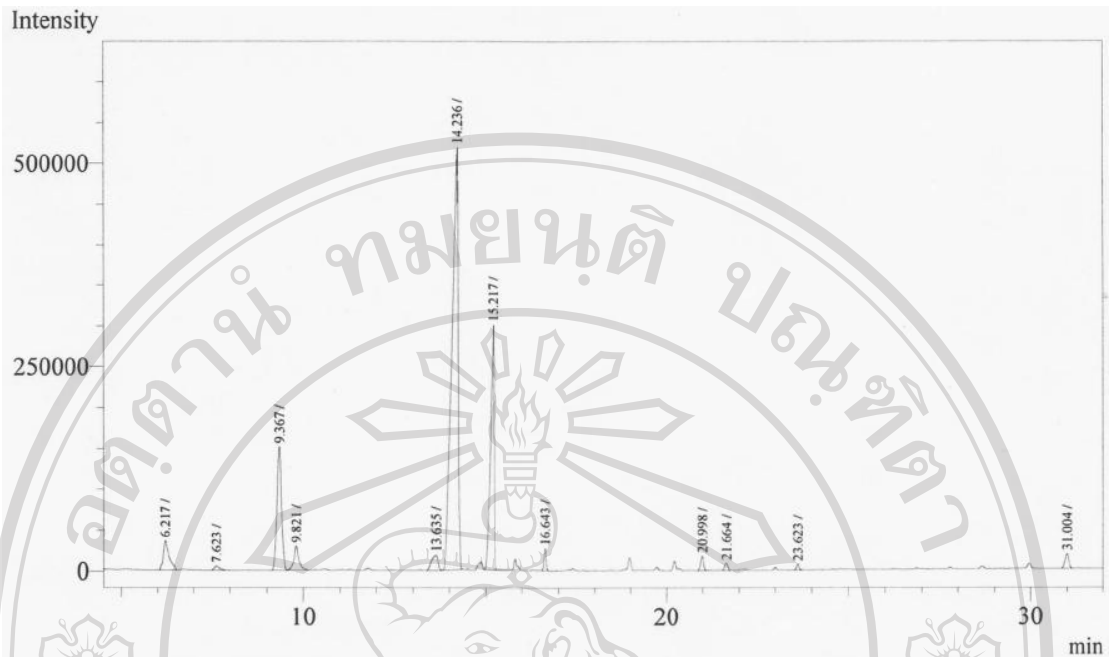
ภาพ ข-26 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2:1 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



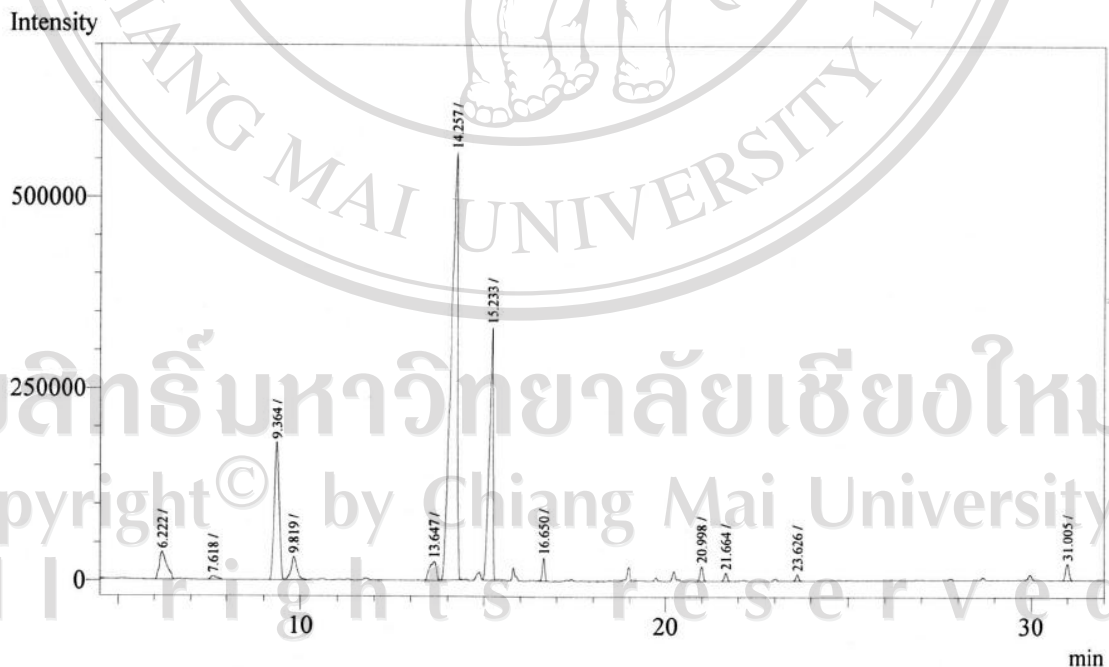
ภาพ ข-27 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



ภาพ ข-28 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



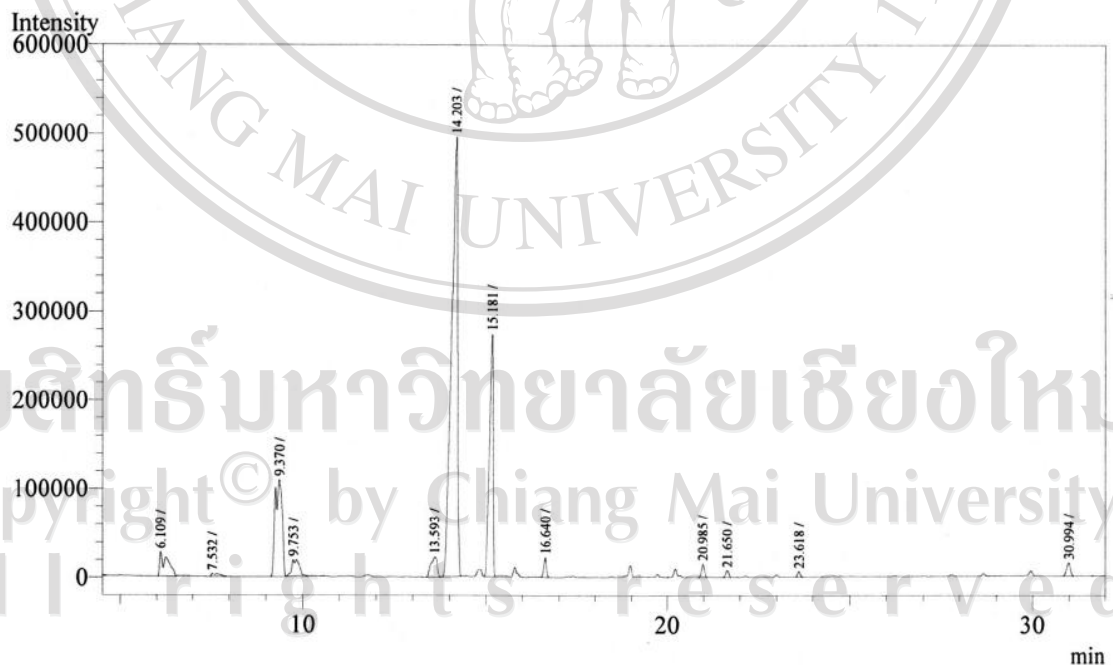
ภาพ ข-29 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



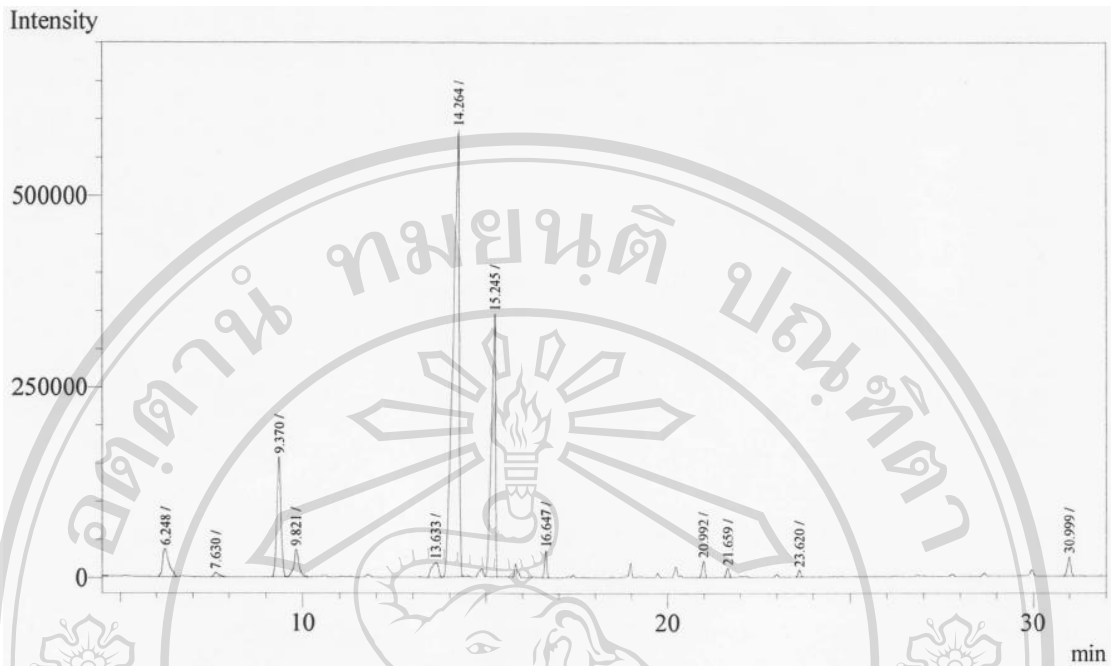
ภาพ ข-30 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



ภาพ ข-31 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



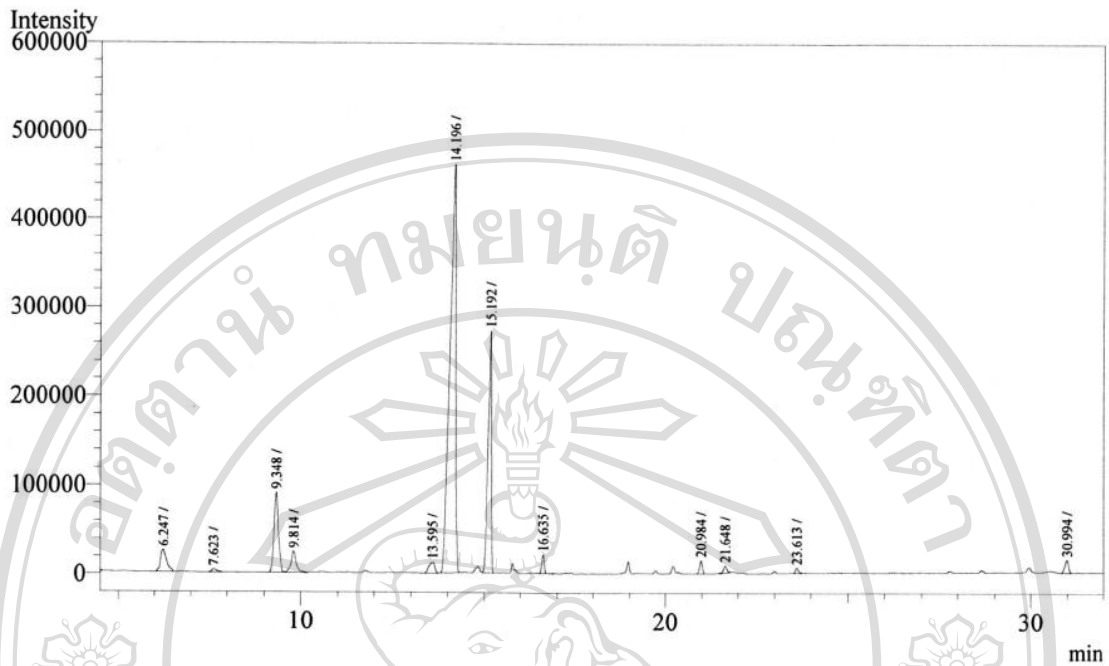
ภาพ ข-32 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



ภาพ ข-33 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการแตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



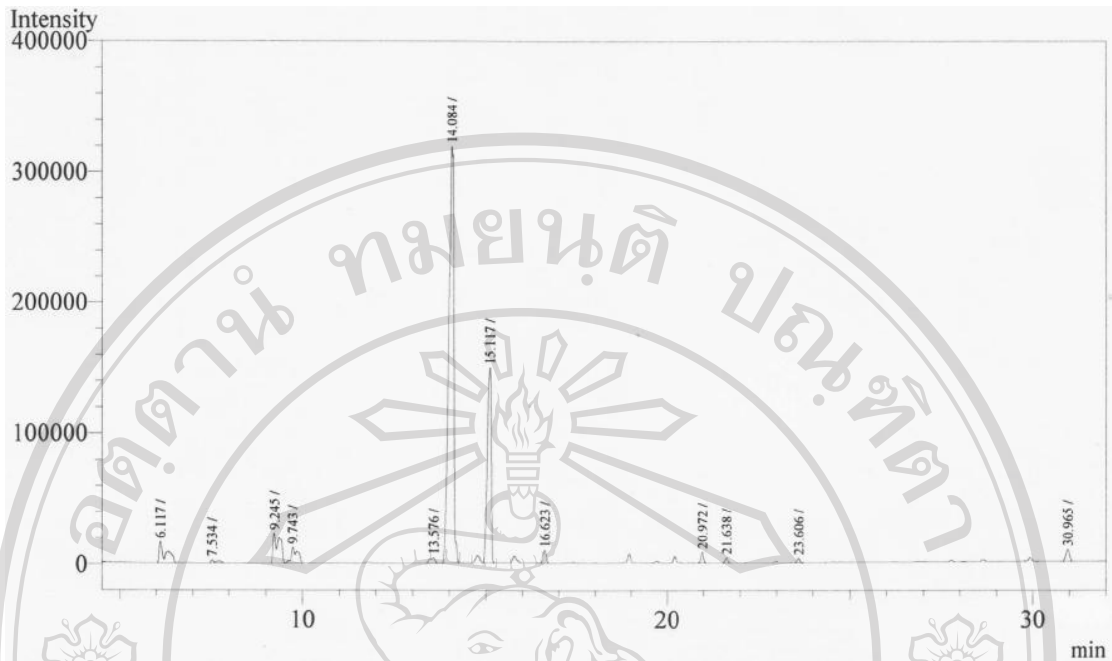
ภาพ ข-34 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการแตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



ภาพ ข-35 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



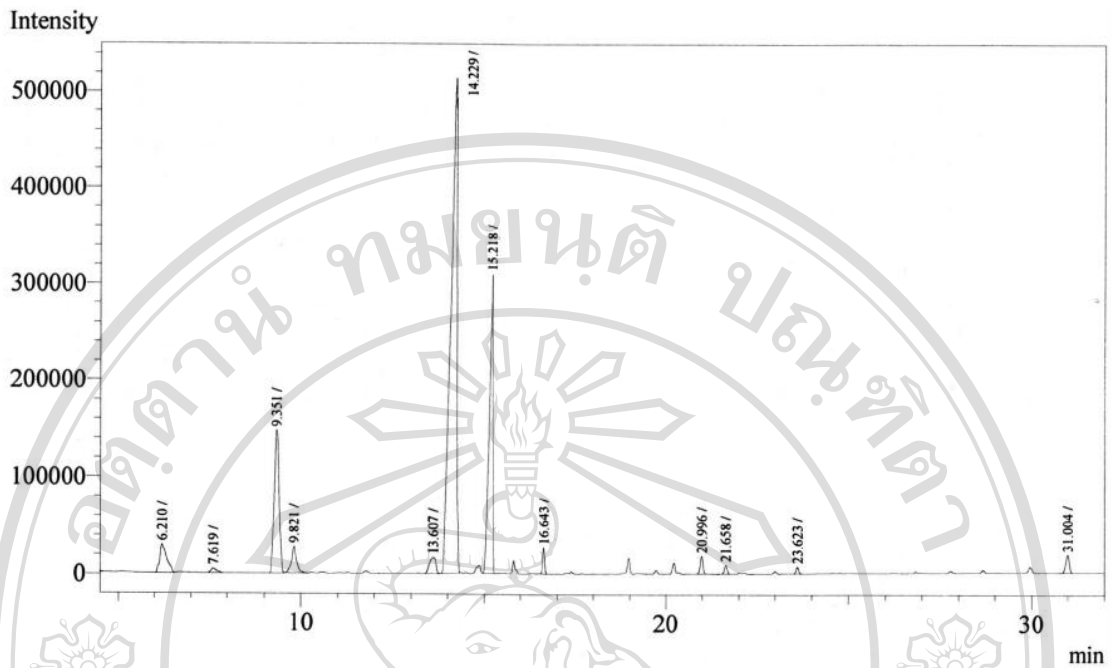
ภาพ ข-36 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



ภาพ ข-37 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการแตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



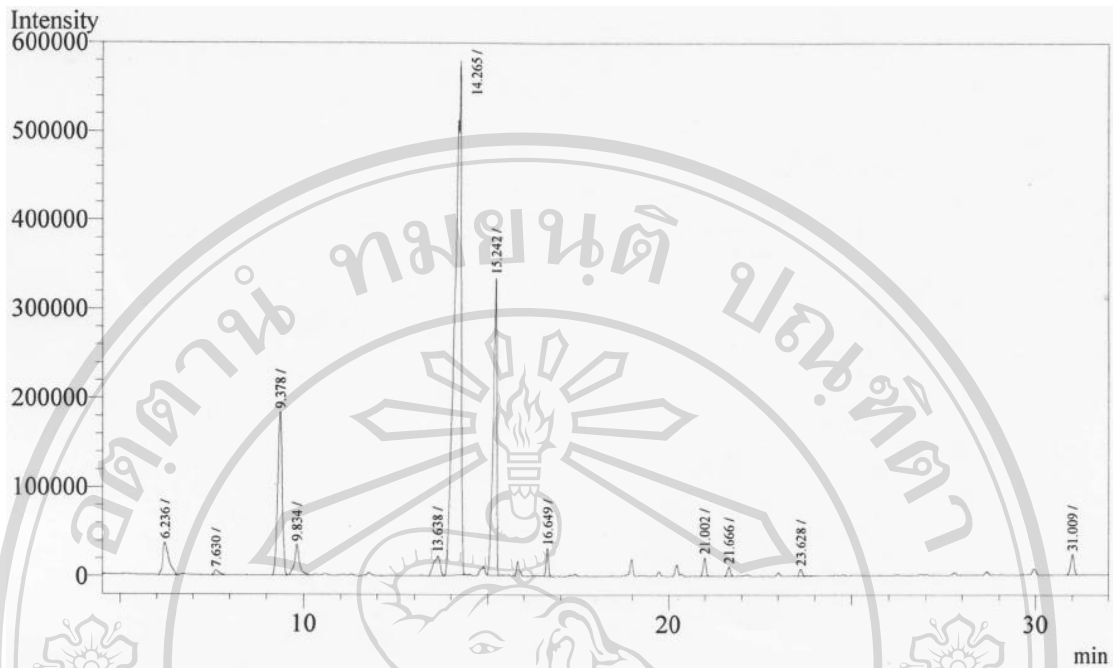
ภาพ ข-38 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการแตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



ภาพ ข-39 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการแตกผลิตภัณฑ์ด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



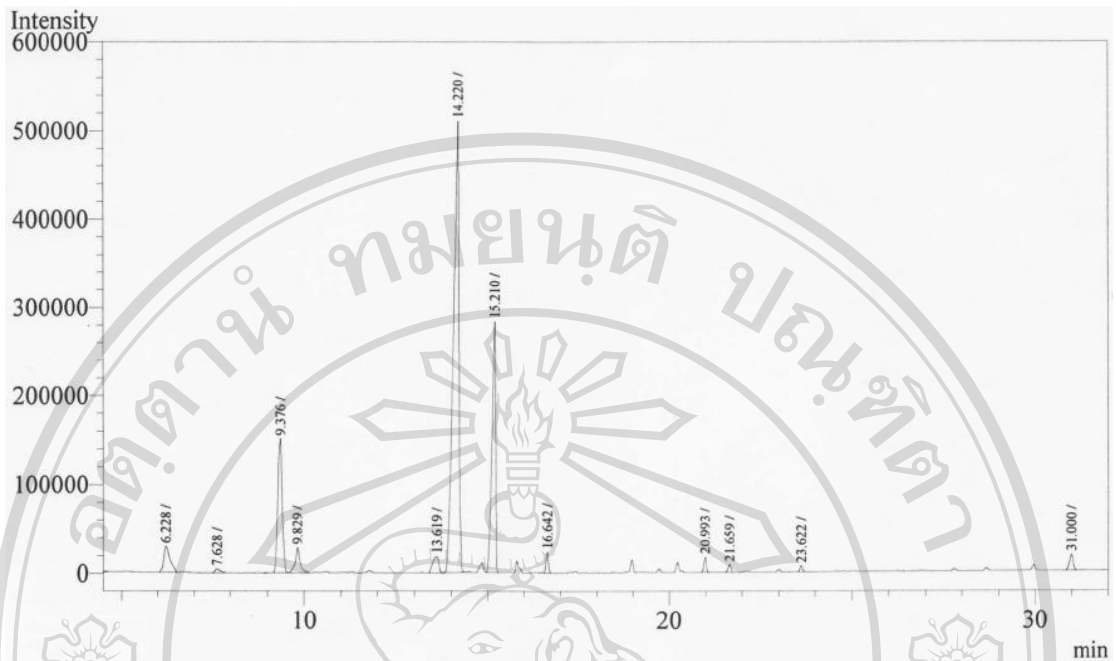
ภาพ ข-40 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการแตกผลิตภัณฑ์ด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



ภาพ ข-41 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



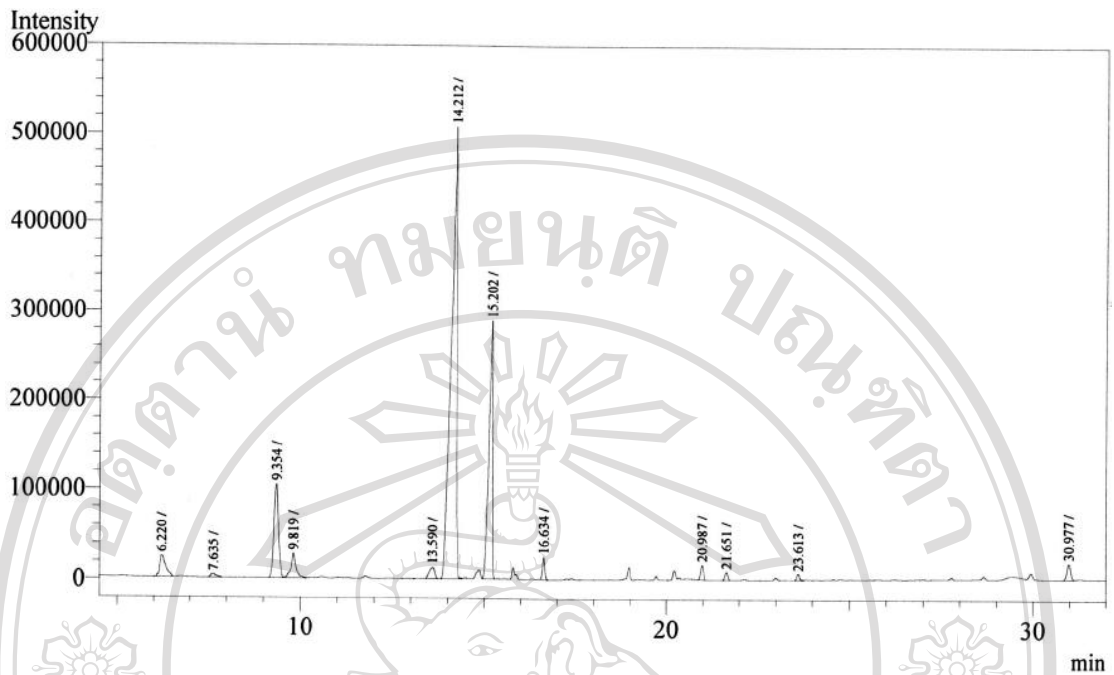
ภาพ ข-42 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



ภาพ ข-43 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



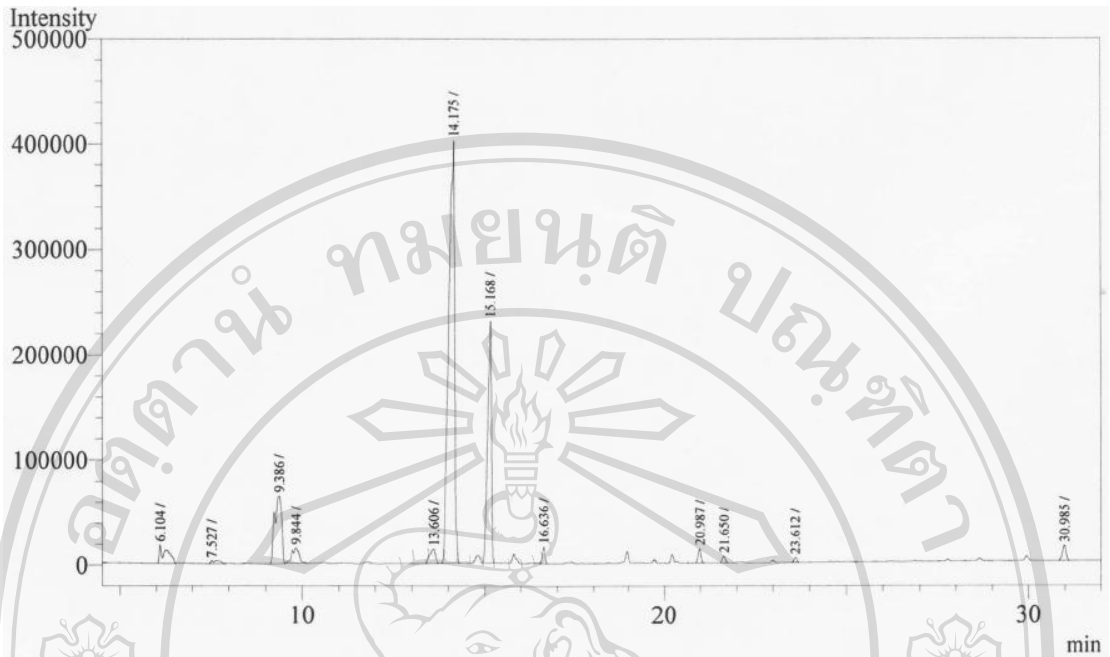
ภาพ ข-44 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



ภาพ ข-45 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



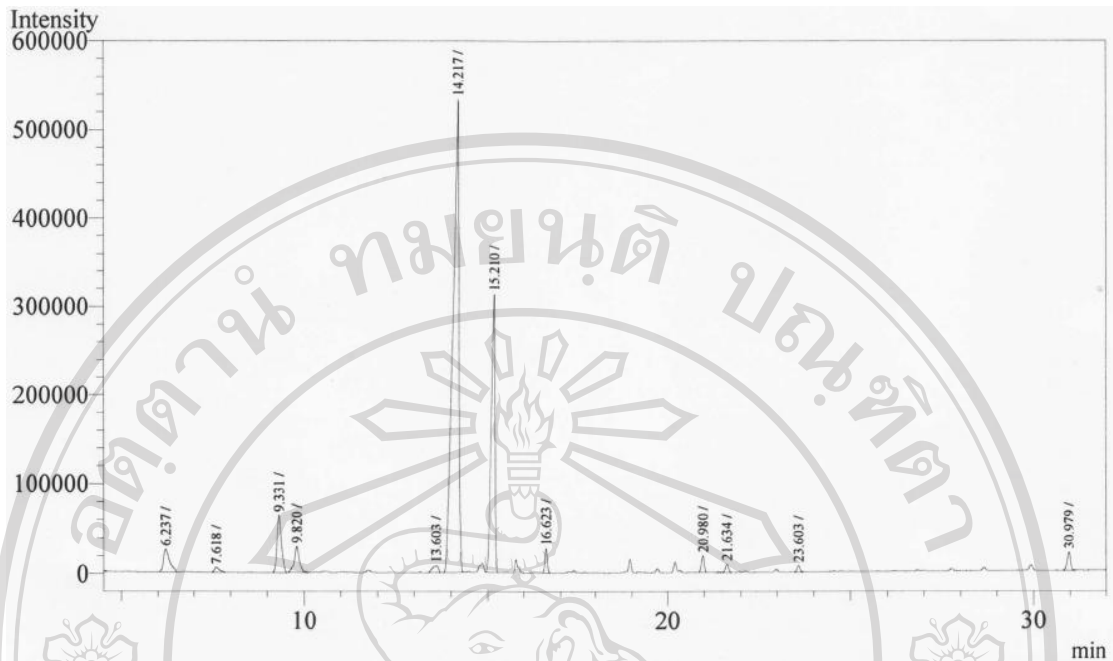
ภาพ ข-46 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



ภาพข-47 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



ภาพข-48 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง



ภาพ ข-49 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง



ภาพ ข-50 โครมาโทแกรมของกรดไขมันที่ผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย ที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง



ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์คุณภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาคุณภาพของน้ำมันที่ผ่านการกำจัดกัมและฟอสเฟตแล้ว

1. ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) (AOAC, 2002)

- 1.1 ชั่งน้ำมันจำนวน 5.00 ± 0.05 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 1.2 เติมสารละลายของอะซิติก : คลอโรฟอร์ม (3:2) จำนวน 30 มิลลิลิตร เขย่าให้น้ำมันละลาย
- 1.3 เติมสารละลายอิ่มตัวของโปแทสเซียมไอโอไดด์ 0.5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1 นาที และเขย่าเป็นครั้งคราว
- 1.4 เติมน้ำกลั่นจำนวน 30 มิลลิลิตร
- 1.5 ไตเทรตอย่างช้าๆ ด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.1 M จนสีเหลืองเกือบหายไป จึงเติมน้ำเบ็ง 1% จำนวน 0.5 มิลลิลิตร ไตเทรตต่อจนสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นไม่มีสี
- 1.6 ทำ Blank ทดสอบด้วยโดยไม่ต้องเติมตัวอย่าง

2. ค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acids) (AOAC, 2000)

- 2.1 ชั่งตัวอย่าง 7.05 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 2.2 เติมเอทานอลจำนวน 50 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลายน้ำมันละลาย
- 2.3 เติมสารละลาย 1% ของฟีนอล์ฟธาลินเป็นอินดิเคเตอร์
- 2.4 ไตเทรตอย่างช้าๆ ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1M จนได้จุดยุติซึ่งสารละลายมีสีชมพูคงตัวนาน 30 วินาที
- 2.5 ทำ Blank ทดสอบด้วยโดยไม่ต้องเติมตัวอย่าง

3. ค่าสี (Color)

วัดค่าสีในระบบอินเตอร์ (Hunter : $L a^* b^*$) โดยใช้เครื่องวัดสี (Color meter)



ภาคผนวก ง
การคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง-1

การศึกษาการสกัดน้ำมันจากปลาเผา

1. ร้อยละของผลผลิตของน้ำมันดิบที่สกัดได้

$$\text{ผลผลิต (\% yield)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100$$

เมื่อ $W_2 =$ น้ำหนักของน้ำมันที่สกัดได้ (กรัม) $W_1 =$ น้ำหนักของเนื้อส่วนพุงปลาสดที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน (กรัม)

ภาคผนวก ง-2

การศึกษาคุณภาพของน้ำมันที่ผ่านการกำจัดกัมและฟอสเฟตแล้ว

1. ค่าเปอร์ออกไซด์

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg oil)} = \frac{S \times M}{W} \times 1000$$

เมื่อ $S =$ ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง - ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไตเตรต Blank (มิลลิลิตร) $M =$ ความเข้มข้นของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (M) $W =$ น้ำหนักตัวอย่างน้ำมัน (กรัม)

2. ค่ากรดไขมันอิสระ

$$\text{ค่ากรดไขมันอิสระ (\% Oleic acid)} = \frac{S \times M \times 28.2}{W}$$

เมื่อ $S =$ ปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง - ปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต Blank (มิลลิลิตร) $M =$ ความเข้มข้นของ NaOH (N) $W =$ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

3. ค่าของกรด (Acid value)

$$\text{ค่าของกรด (mg KOH/ oil 1 g)} = \% \text{ Free fatty acid (as oleic)} \times 1.99$$

ภาคผนวก ง-3

การศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปลาผะและการเพิ่มความเข้มข้นของกรดไขมัน
โอเมก้า-3 โดยการตกผลึกด้วยยูเรีย

1. องค์ประกอบของกรดไขมัน

$$\text{องค์ประกอบของกรดไขมัน (\%)} = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมัน} \times 100}{\text{พื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันทั้งหมด}}$$

2. ร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหลังจากตกผลึกด้วยยูเรีย

$$\text{ผลผลิต (\% yield)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100$$

เมื่อ W_2 = น้ำหนักของน้ำมันที่ได้หลังจากผ่านการตกผลึกด้วยยูเรีย (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ในการตกผลึกด้วยยูเรีย (กรัม)

3. relative recovery (%)

$$\text{relative recovery (\%)} = [\text{ความเข้มข้นของกรดไขมันในผลิตภัณฑ์ที่ได้ (\%)} \times \text{หนักของน้ำมันที่ได้ (g)}] / [\text{ความเข้มข้นของกรดไขมันในน้ำมันเริ่มต้น(\%)} \times \text{น้ำหนักของน้ำมันเริ่มต้น(g)} \times 100]$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายพรพิชญ์ ธรรมปัทม์

วัน เดือน ปี เกิด 23 มีนาคม 2526

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีการศึกษา 2548

สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเสลภูมิพิทยาคม จังหวัด

ร้อยเอ็ด ปีการศึกษา 2544

ผลงานวิจัย พรพิชญ์ ธรรมปัทม์ และ พัชรินทร์ ระวียัน

(2550) ปลาเผา : แหล่ง

ของโอเมก้า-3. วารสารสถาบันอาหาร (Food journal of Thailand)

ปีที่ 9 ฉบับที่ 54 ประจำเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม 2550.

Pornpisanu Thammapat and Patcharin Raviyan (2550).

Pangasius (*Pangasius bocourti*) : Source of omega-3 and

beneficial to health (P-125). ในการประชุมวันวิชาการ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 3 “วิถีวิจัย : คู่สังคर्मร่ร่นและเป็นสุข”

23-25 พฤศจิกายน 2550.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved