ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ภาคผนวก ก-1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำมัน (Klinkesorn *et al*., 2006)

วิธีวิเคราะห์

Extraction of free oil (FO)

1. ชั่งตัวอย่างจำนวน 2.5 กรัม
2. เตรียมสารเคมีเฮกเซน 15 ml เทใส่ลงไปในตัวอย่างทำการผสมด้วยเครื่อง Vortex เป็นเวลา 2 นาที
3. นำไปเหวี่ยงแยกสารด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกอนุภาคที่ระดับความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที
4. กรองเอาส่วนข้างบนออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4
5. ล้างกระดาษกรองด้วยเฮกเซน
6. นำของเหลวที่ได้ไปทำการระเหยที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สังเกตจนเฮกเซนระเหยหมดจากนั้นนำเข้าไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
7. รอจนกว่าที่น้ำหนักคงที่แล้วทำการบันทึกผล
8. คำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำมันอิสระตามสูตร

$$\textbf{Free oil (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{[(\text{น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}) \times 100]}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

Extraction of encapsulated oil (EO)

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดด้วยเฮกเซนมาแล้วจำนวน 0.5 กรัม
2. เตรียมสารเคมี acetate buffer (pH 3.0) 2 ml เทใส่ลงไปในตัวอย่างทำการผสมด้วยเครื่องเป็นเวลา 1 นาที
3. เตรียม hexane/isopropanol (3:1 v/v) 25 ml เทใส่ลงไปในตัวอย่างทำการผสมด้วยเครื่อง Vortex นาน 7 นาที
4. นำไปเหวี่ยงที่ระดับความเร็ว 3,500 รอบต่อนาที นาน 15 นาที
5. กรองเอาส่วนข้างบนออกด้วยกระดาษกรอง
6. ล้างกระดาษกรองด้วยเฮกเซน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. นำของเหลวที่ได้ไปทำการระเหยที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สังเกตจนเฮกเซนระเหยหมดจากนั้นนำเข้าไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
8. รอจนกว่าที่น้ำหนักคงที่แล้วทำการบันทึกผล
9. คำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำมันอิสระตามสูตร

Encapsulated oil (เปอร์เซ็นต์) = $\frac{[(\text{น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}) \times 100]}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

Total oil (TO)

นำ Free oil (เปอร์เซ็นต์) และ Encapsulated oil (เปอร์เซ็นต์) มารวมกัน

การคำนวณ Microencapsulation Efficiency

สามารถคำนวณได้ตามสูตรดังนี้

EE (เปอร์เซ็นต์) = $\frac{[\text{Encapsulated oil (กรัม/100 กรัม powder)}] \times 100}{[\text{Total oil (กรัม/100 กรัม powder)}]}$

หมายเหตุ 1. น้ำหนักเริ่มต้นคือ น้ำหนักของแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะ (น้ำหนักบีกเกอร์เปล่าลบด้วยน้ำหนักบีกเกอร์ที่มีแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะ)

2. น้ำหนักสุดท้ายคือ น้ำหนักของน้ำมันหลังการสกัดออกจาก แคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะ (น้ำหนักบีกเกอร์เปล่าลบด้วยน้ำหนักบีกเกอร์ที่มีน้ำมันปลาสวายเผาะหลังการสกัดจากแคปซูลผง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-2 การวัดวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w: water activity)

วิธีวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่าง

1. ใส่ตัวอย่างในตลับวัด water activity ประมาณ 1/3 ของตลับหรือไม่เกินครึ่งหนึ่งของตลับ เกลี่ยตัวอย่างให้คลอบคลุมทั่วตลับเพื่อประสิทธิภาพในการวัด
2. ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าที่ขอบริมและด้านนอกขอตลับวัดสะอาด ห้ามมีตัวอย่างติดบริเวณตลับวัด
3. ตัวอย่างควรมีอุณหภูมิใกล้เคียงหรือต่างกันไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิ chamber เครื่องวัด water activity

การเปิดเครื่อง

1. เปิดเครื่อง water activity ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อการวัดที่มีประสิทธิภาพสูง
2. นำตลับวัด water activity ใส่ลงในเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ห้ามให้ตัวอย่างตกหล่อน
3. หมุนปุ่มไปในตำแหน่ง Open/Load ไปยังตำแหน่ง Read เครื่องจะเริ่มวัดค่า water activity เมื่อเครื่องเริ่มจะมีสัญญาณเตือน 1 ครั้ง
4. เมื่อเครื่องวัดเสร็จใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที จะมีสัญญาณเตือนถี่ๆให้อ่านค่า water activity และอุณหภูมิที่หน้าจอ
5. หมุนปุ่มจากตำแหน่ง Read ไปยังตำแหน่ง Open/Load เพื่อนำตลับออก
6. เมื่อวัดค่าเสร็จให้ปิดเครื่อง วิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นทั้งหมด (Baik *et al*., 2004)

วิธีวิเคราะห์

1. อบ moisture can ที่ตู้อบไอร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีทำให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักเปล่าของ moisture can (W_1)
2. นำตัวอย่างไมโครแคปซูลใส่ลงใน moisture canปริมาณ 2 กรัม (W_2)
3. นำไปอบด้วยเครื่อง Vacuum oven ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
4. นำออกมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักสุดท้าย (W_3)

การคำนวณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง)} = \frac{(W_2-W_3)\times 100}{W_2-W_1}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-4 วิเคราะห์ Iodine number (AOAC, 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำมันตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ลงใน flask 500 ml
2. เติม Cyclohexane- acetic acid 15 ml (ทำ blank ควบคู่ไปด้วย)
3. เติมสารละลาย Wij 25 ml แล้วทำการเขย่าอย่างรวดเร็วปิดฝาด้วยกระดาษฟลอยด์
4. เก็บในที่มืดนาน 1-2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
5. เติม KI (15%) 20 ml และน้ำกลั่น 150 ml
6. นำมาไตรเตรทกับ $Na_2S_3O_2$ 0.1M โดยเขย่าตลอดเวลาจนสีเหลืองจางหายไป
7. เติมน้ำแป้ง 1-2 ml จนสารละลายกลายเป็นสีฟ้า
8. ไตเตรทจนสีฟ้าจางหายไป
9. จดบันทึกปริมาตรการใช้ $Na_2S_3O_2$ เท่ากับ a ml และที่ใช้ blank เท่ากับ b ml

การคำนวณ Iodine number

$$\text{Iodine number} = \frac{(b-a) \times 1.269}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

เมื่อ b คือ ปริมาตรของ $Na_2S_3O_2$ ที่ไตเตรทกับ Blank

a คือ ปริมาตรของ $Na_2S_3O_2$ ที่ไตเตรทกับ ตัวอย่าง

หมายเหตุ b-a ต้องน้อยกว่า b/2 ถ้ามากกว่าให้ทำการลดปริมาณน้ำหนักของตัวอย่างให้น้อยลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-5 การวิเคราะห์ Sponification number (AOAC, 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำมันตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ลงใน flask 250 ml
2. เติมสารละลาย แอลกอฮอล์ลิคโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 50 ml (ทำ Blank ควบคู่ไปด้วย)
3. นำไป reflux นาน 30 นาทีแล้วทำให้เย็น
4. นำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 N โดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์
5. ไตรเตรทจนได้สีชมพูที่จางลงไป
6. บันทึกปริมาตรการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก

การคำนวณ Sponification number

$$\text{Sponification number} = \frac{(b-a) \times 28.05}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

เมื่อ b คือ ปริมาตรของ สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ไตเตรทกับ Blank

a คือ ปริมาตรของ สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ไตเตรทกับ ตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-6 การวิเคราะห์ Peroxide Value (AOAC, 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ลงใน flak 250 ml
2. เติมสารละลายผสมของกรดอะซิติกและคลอโรฟอร์ม 30 ml ในตู้ควันเขย่าให้เข้ากัน (ทำ Blank ควบคู่ไปด้วย)
3. เติมสารละลายอิ่มตัว KI 30 ml ตั้งทิ้งไว้นาน 1 นาที โดยเขย่าเป็นครั้งคราว
4. เติมน้ำกลั่น 30 ml
5. ไตเตรทกับสารละลาย $Na_2S_3O_2$ 0.1 M จนสีเหลืองจางไปเติมน้ำแป้ง 0.5 ml ไตเตรทต่อจนสีฟ้าจางหายไป
6. จดบันทึกปริมาตรการใช้ $Na_2S_3O_2$

การคำนวณ Peroxide value

$$\text{Peroxide value} = \frac{S \times N \times 1000}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

หมายเหตุ

S คือ ปริมาตรของ $Na_2S_3O_2$ ที่ไตเตรทกับ ตัวอย่าง

N คือ ความเข้มข้นของ $Na_2S_3O_2$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-7 การวิเคราะห์ Acid value (AOAC, 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. เติมแอลกอฮอล์ เมทานอล 50 ml
2. เติมตัวอย่าง 2-3 หยด และหยดฟีนอฟทาลีน 2-3 หยดลงใน flask 250 ml
3. นำไปแช่น้ำอุ่นจนตัวอย่างอุ่น
4. ปรับให้เป็นกลางโดยการไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1M จนได้สีชมพูนานคงที่ 1 นาที
5. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมลงไปใน flask ที่ปรับเป็นกลางแล้ว
6. ไตรเตรทกับสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1M จนได้สีชมพูคงที่นาน 1 นาที
7. จดบันทึกปริมาตรการใช้สารละลายมาตรฐาน NaOH

การคำนวณ Acid value

$$\text{Acid value} = \frac{V \times 5.61}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

หมายเหตุ

V คือ ปริมาตรของ NaOH ที่ไตเตรทกับ ตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-8 การเปลี่ยนกรดไขมันให้อยู่ในรูปเมทิลเอสเทอร์ (Shahidi and Wanasundara, 1998)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างมา 100 มิลลิกรัม ใส่ลงในหลอดฝาเกลียว
2. เติม Internal standard (C15: 0; 10 ppm) 1 มิลลิลิตร
3. เติม H_2SO_4 0.9 M ในเมทานอล 3 มิลลิลิตร และ toluene 1 มิลลิลิตร แล้วทำการปิดฝาหลอดทดลองให้สนิท
4. ใส่ลงใน water bath 70องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (เขย่าทุกๆ 45 นาที)
5. เติมเฮกเซน 2 มิลลิลิตร และ 0.85 เปอร์เซ็นต์ NaCl 1 มิลลิลิตร
6. ดูดส่วนบนใส่หลอดทดลองที่มีน้ำอยู่ประมาณ 1 ใน 3 ของหลอดแล้วทำให้ผสมกัน
7. ดูดสารละลายส่วนบนกรองผ่าน Na_2SO_4 ใส่ในหลอดทดลองที่สะอาด
8. นำตัวอย่างไปสกัดสารรบกวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-9 การสกัดสารรบกวน (Shahidi and Wanasundara, 1998)

วิธีการ

1. ต่อไซลิ่งขนาด 10 ml เข้ากับ Sep-pak (C18)
2. ล้างไซลิ่งด้วย คลอโรฟอร์ม: เมทานอล (2:1 v/v) 3 ml 3 รอบโดยใช้ก้านกดกด คลอโรฟอร์ม: เมทานอลให้ผ่าน Sep-pak ด้วยความเร็วปานกลางลงในขวดใส่ของเสีย
3. ล้างไซลิ่งด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ 2 ml ใช้ก้านกดกด ปิโตรเลียมอีเทอร์ผ่าน Sep-pak ด้วยความเร็วปานกลางลงในขวดใส่ของเสีย
4. ดูดตัวอย่างในหลอดทดลองทั้งหมดลงในไซลิ่ง ล้างหลอดทดลองด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาณเล็กน้อยแล้วดูดลงในไซลิ่งใช้ก้านกดกดให้ผ่าน Sep-pak อย่างรวดเร็วลงในขวดใส่ของเสีย
5. ดูดอีเทอร์ 5 เปอร์เซนต์ ในปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในไซลิ่ง 3.5 ml ใช้ก้านกดกดปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ผ่าน Sep-pak ที่มีตัวอย่างอยู่อย่างช้าๆ โดยให้หยดต่อเนื่องกันทีละหยดลงในหลดทดลองที่สะอาด
6. ล้างไซลิ่งด้วย คลอโรฟอร์ม: เมทานอล 3 ml ใช้ก้านกดกดให้ผ่าน Sep-pak ด้วยความเร็วปานกลางลงในขวดใส่ของเสีย
7. นำของเหลวที่ได้หลังจากสกัดสารรบกวน ไปเป่าไล่ตัวทำละลายออกโดยใช้ไนโตรเจน

ขั้นตอนการวิเคราะห์กรดไขมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

1. เติมเฮกเซนลงในหลอดตัวอย่าง 15 ml แล้วปั่นผสมให้เข้ากัน
2. ดูดตัวอย่างมา 2 ไมโครลิตรแล้วฉีดลงในเครื่องที่พร้อมวิเคราะห์ตัวอย่าง
3. นำผลที่แสดงออกมาเป็นโครมาโตรแกรมมาหาองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน

สูตรการคำนวณปริมาณกรดไขมัน

$$\text{องค์ประกอบของกรดไขมัน} = \frac{\text{พื้นที่พีคของกรดไขมัน} \times 10\ (\text{mg}/\ 10^{6}\ \text{mg})}{\text{พื้นที่พีคของกรดไขมัน Internal Standard (C15)}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-10 สภาวะการทดลองในวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันที่มีในน้ำมันปลาสวายเผาะ (Shahidi and Wanasundara, 1998)

สภาวะการทดลอง

GC2014 : SHIMADZU, Japan

Column : 122-7032 DB-WAX

Length (m) : 30

I.D (mm) : 0.25

Film (μm) : 0.25

Temperature limits : 20°C-250°C

Injector temperature : 250°C

Inlet pressure : 139.1 kPa

Total flow : 47.4 ml/min

Column flow : 1.27 ml/min

Linear velocity : 34.5 cm/s

Split ratio: splitless

Detector : FID, at 270°C

Carrier gas : N_2

Temperature program column oven

	Rate (C/min)	Temp (°C)	Time (min)
Init	-	150.0	1.00
1	20.00	180.0	1.00
2	2.50	220.0	3.00
3	10.00	230.0	3.00
4	5.00	235.0	10.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ภาคผนวก ข-1 การวัดสีระบบ Hunter L a* b*

เป็นการวัดค่าสีของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี Color Quest II Sphere (Hunter Associates Inc, USA) โดยวัดค่าสีในระบบ CIE โดยค่า

L คือความสว่างของสีโดยมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a* คือค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดงที่อยู่ในตัวอย่างโดยค่า a+ แสดงถึงความเป็นสีแดง และค่า a- แสดงความเป็นสีเขียว

b* คือค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงินที่อยู่ในตัวอย่างโดยค่า b+ แสดงถึงความเป็นสีเหลืองและค่า b- แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

โดยก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยการวางหัววัดทาบบนผิวหน้าของแผ่นสีขาวมาตรฐาน

วิธีวิเคราะห์

1. ปรับมาตรฐานเครื่องวัดสีโดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน
2. วัดค่าสีของตัวอย่างโดยทำการวัดจำนวน 3 ครั้ง
3. บันทึกผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข -2 การวิเคราะห์อุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันปลาสวายเผาะด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC)

วิธีการปรับมาตรฐาน

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์โดยเปิดโปรแกรม Pyris Manager
2. เปิดเครื่อง DSC
3. เปิดแก๊สไนโตรเจนโดยปรับวาล์วแก๊สให้อยู่ที่เลข 9
4. เปิดเครื่อง ultra cooler รอให้อุณหภูมิลดลง -85 องศาเซลเซียส
5. ทำการปรับมาตรฐานโดยตั้งโปรแกรม heat ตั้งแต่ 50 องศาเซลเซียส จนถึง 170 องศาเซลเซียสโดย flow rate ระดับ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที
6. คำนวณพื้นที่ใต้กราฟโดย indium จะมี $\triangle H$ เท่ากับ 28.450 จูลต่อกรัมและมีอุณหภูมิ 156.6 องศาเซลเซียส ค่าที่คำนวณได้ไม่ควรต่างจากมาตรฐานเกิน 1 เปอร์เซ็นต์

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่าง 4 มิลลิกรัมใส่ลงไปใน pan ขนาด 40 µl
2. ทำการตั้งโปรแกรมโดยเริ่มที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที
3. เพิ่มความร้อนเป็น 110 องซาเซลเซียส ที่ระดับอัตราความเร็ว 10 องศาเซลเซียส/ นาที แล้วคงที่ระดับอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที
4. หลังจากนั้นทำให้เย็นลง 0 องศาเซลเซียส ที่ระดับอัตราความเร็ว 20 องศาเซลเซียส/ นาที
5. ทำการวิเคราะห์ผลจากเทอร์โมแกรม โดยใช้โปรแกรม Pyris 1 Data software เพื่อวิเคราะห์อุณหภูมิในการหลอมเหลว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข-3 การวิเคราะห์อุณหภูมิการเกิดกลาสทรานสิชันของไมโครแคปซูลน้ำมันปลาสวายเผาะด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) (Anna Millqvist-Fureby, 2002)

วิธีการปรับมาตรฐาน

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์โดยเปิดโปรแกรม Pyris Manager
2. เปิดเครื่อง DSC
3. เปิดแก๊สไนโตรเจนโดยปรับวาล์วแก๊สให้อยู่ที่เลข 9
4. เปิดเครื่อง ultra cooler รอให้อุณหภูมิลดลง -85 องศาเซลเซียส
5. ทำการปรับมาตรฐานโดยตั้งโปรแกรม heat ตั้งแต่ 50 องศาเซลเซียส จนถึง 170 องศาเซลเซียสโดย flow rate ระดับ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที
6. คำนวณพื้นที่ใต้กราฟโดย indium จะมี △H เท่ากับ 28.450 จูลต่อกรัมและมีอุณหภูมิ 156.6 องศาเซลเซียส ค่าที่คำนวณได้ไม่ควรต่างจากมาตรฐานเกิน 1 เปอร์เซ็นต์

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่าง 4 มิลลิกรัมใส่ลงไปใน pan ขนาด 40 µl \
2. ทำการตั้งโปรแกรมโดยเริ่มที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที
3. เพิ่มความร้อนเป็น 90 องศาเซลเซียสที่ระดับอัตราความเร็ว 5 องศาเซลเซียสต่อนาที
4. คงที่ระดับอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที
5. ทำให้เย็นลง 0 องศาเซลเซียส ที่ระดับอัตราความเร็ว 20 องศาเซลเซียสต่อนาที
6. ทำการวิเคราะห์ผลจากเทอร์โมแกรม โดยใช้โปรแกรม Pyris 1 Data software เพื่อวิเคราะห์อุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

รูป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ค-1 ไขมันปลาสวายเผาะ

รูปที่ ค-2 การหลอมละลายไขมันปลาสวายเผาะ

รูปที่ ค-3 การกรองแยกกากน้ำมันออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ค-4 การกลั่นน้ำมันปลา

รูปที่ ค-5 น้ำมันดิบที่ได้จากปลาสวายเผาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

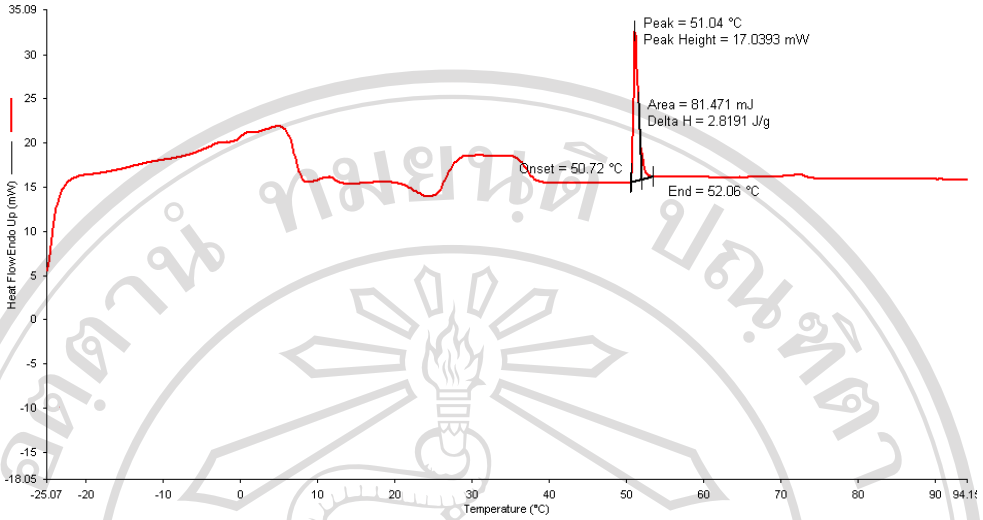
รูปที่ ค-6 เครื่องเหวี่ยงแยกอนุภาค (Centrifuge)

รูปที่ ค-7 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying)

รูปที่ ค-8 เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

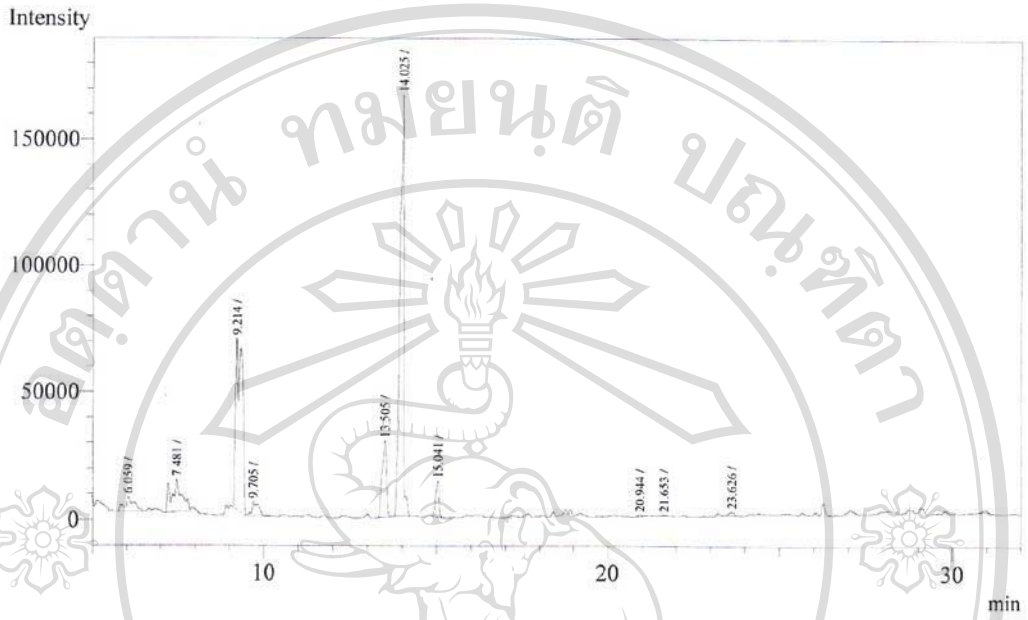
รูปที่ ค-9 เครื่องวิเคราะห์เชิงความร้อน (Differential Scanning Calorimeter)



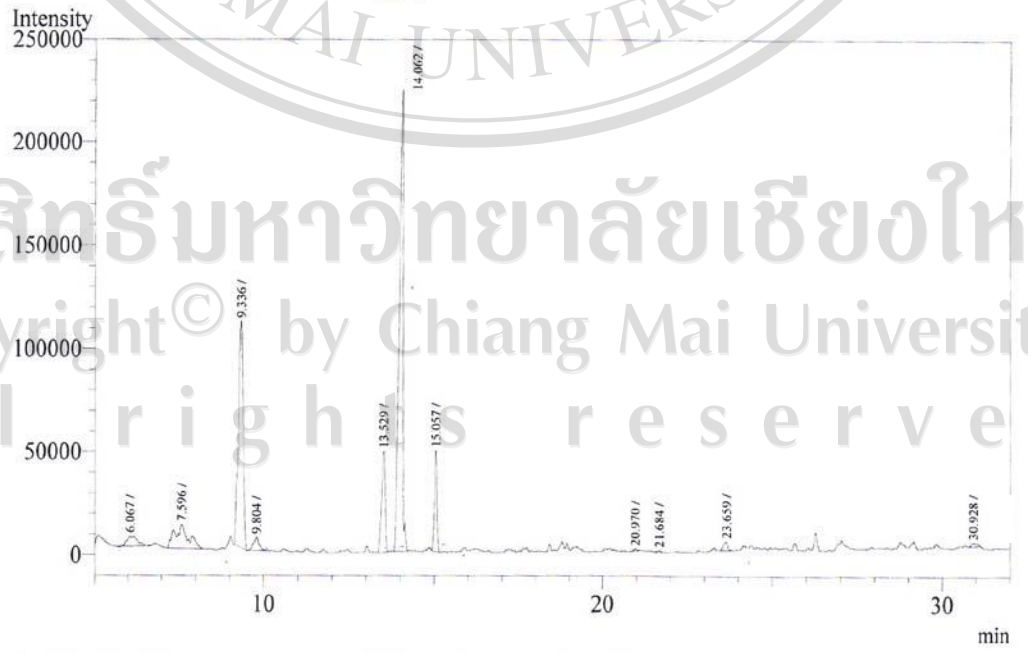
รูปที่ ค-10 เทอร์โมแกรมจุดหลอมเหลวของไขมันปลาสวายเผาะ

รูปที่ ค-11 โครมาโตรแกรมน้ำมันปลาสวายเผาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

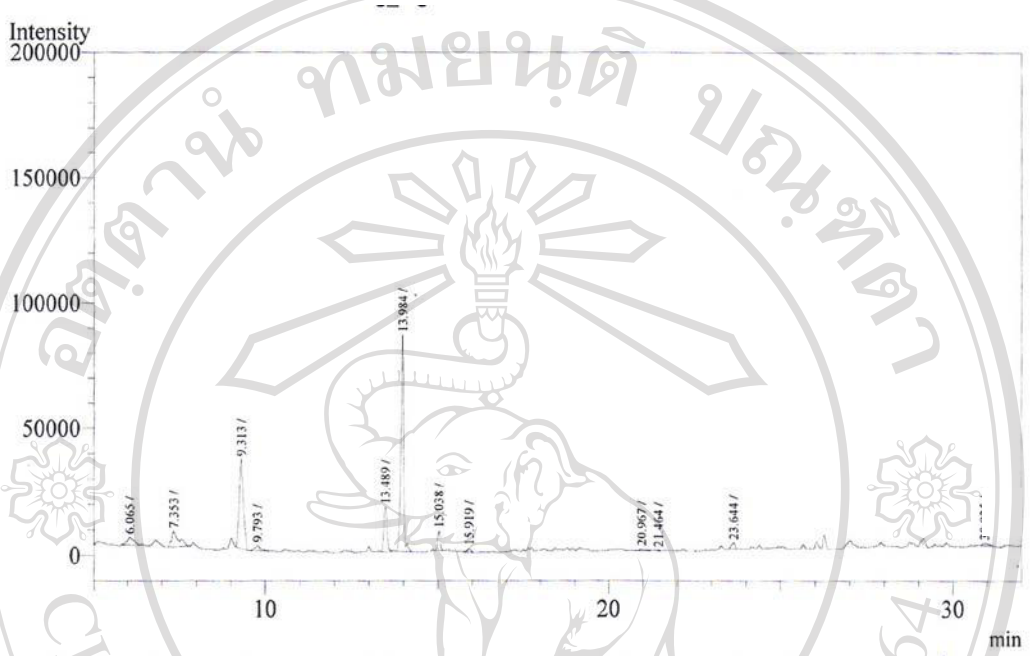


รูปที่ ค-12 โครมาโตรแกรมไมโครแคปซูลน้ำมันปลาสวายเผาะที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส



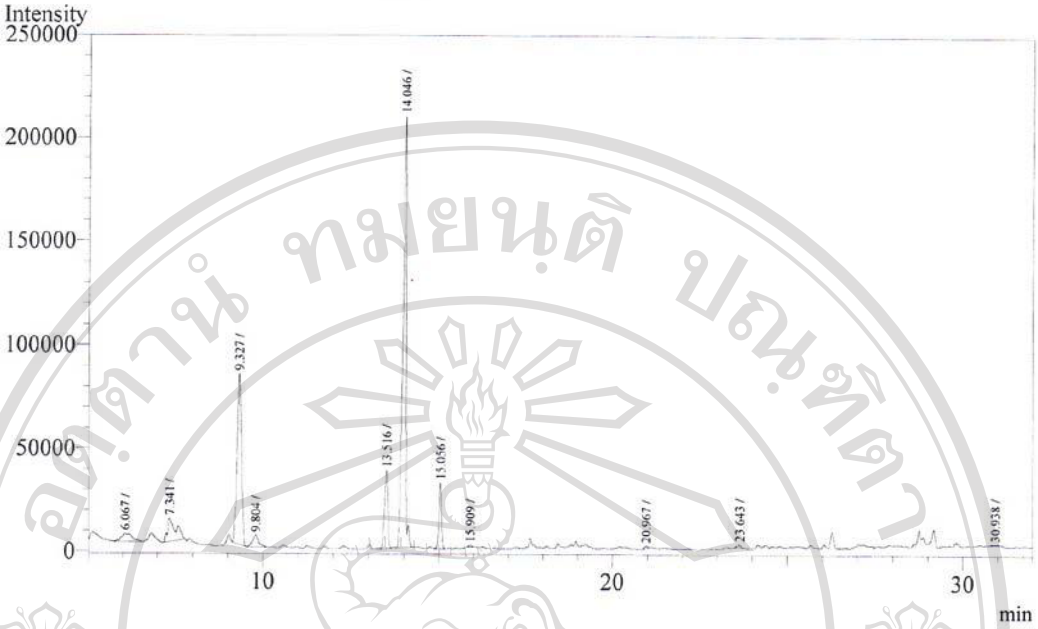
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ค-13 โครมาโตรแกรมไมโครแคปซูลน้ำมันปลาสวายเผาะที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส



รูปที่ ค-14 โครมาโตรแกรมไมโครแคปซูลน้ำมันปลาสวายเผาะที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ค-15 โครมาโตรแกรมไมโครแคปซูลน้ำมันปลาสวายเผาะที่ผ่านกรรมวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงค่าทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-1 ค่าสถิติของค่าสี L ในไมโครแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	765.594[a]	2	382.797	83.721	.000	.767
Intercept	397176.858	1	397176.858	86866.212	.000	.999
Treatment	765.594	2	382.797	83.721	.000	.767
Error	233.186	51	4.572			
Total	398175.638	54				
Corrected Total	998.780	53				

a. R Squared = .767 (Adjusted R Squared = .757)

L

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1	18	81.9256		
2	18		84.4822	
3	18			90.8783
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 4.572.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

หมายเหตุ : 1) 1 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส

2) 2 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส

3) 3 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-2 ค่าสถิติของค่าสี a* ในไมโครแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1.483[a]	2	.741	8.647	.001	.253
Intercept	141.038	1	141.038	1645.134	.000	.970
Treatment	1.483	2	.741	8.647	.001	.253
Error	4.372	51	.086			
Total	146.893	54				
Corrected Total	5.855	53				

a. R Squared = .253 (Adjusted R Squared = .224)

a

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset 1	Subset 2
1	18	-1.7456	
2	18	-1.7206	
3	18		-1.3822
Sig.		.799	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .086.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

หมายเหตุ : 1) 1 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส

2) 2 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส

3) 3 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-3 ค่าสถิติของค่าสี b* ในไมโครแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	42.287[a]	2	21.144	38.605	.000	.602
Intercept	9088.858	1	9088.858	16594.734	.000	.997
Treatment	42.287	2	21.144	38.605	.000	.602
Error	27.932	51	.548			
Total	9159.077	54				
Corrected Total	70.220	53				

a. R Squared = .602 (Adjusted R Squared = .587)

b

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
3	18	11.9617		
2	18		12.8417	
1	18			14.1172
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .548.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

หมายเหตุ : 1) 1 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส

2) 2 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส

3) 3 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-4 ค่าสถิติของปริมาณความชื้นในไมโครแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: mc

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	6.084[a]	2	3.042	748.553	.000	.967
Intercept	291.067	1	291.067	71618.062	.000	.999
Treatment	6.084	2	3.042	748.553	.000	.967
Error	.207	51	.004			
Total	297.359	54				
Corrected Total	6.292	53				

a. R Squared = .967 (Adjusted R Squared = .966)

mc

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1	18	2.028889		
2	18		2.144444	
3	18			2.791667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .004.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

หมายเหตุ : 1) 1 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส

2) 2 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส

3) 3 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-5 ค่าสถิติของวอเตอร์แอคทิวิตีในไมโครแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: aw

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	.035[a]	2	.018	1019.325	.000	.976
Intercept	2.156	1	2.156	124244.5	.000	1.000
Treatment	.035	2	.018	1019.325	.000	.976
Error	.001	51	1.73E-005			
Total	2.192	54				
Corrected Total	.036	53				

a. R Squared = .976 (Adjusted R Squared = .975)

aw

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1	18	.164056		
2	18		.212722	
3	18			.222611
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.73E-005.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

หมายเหตุ : 1) 1 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส

2) 2 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส

3) 3 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-6 ค่าสถิติของน้ำมันอิสระในไมโครแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FOsp

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	7.384[a]	2	3.692	23.925	.000	.666
Intercept	549.995	1	549.995	3564.066	.000	.993
trt	7.384	2	3.692	23.925	.000	.666
Error	3.704	24	.154			
Total	561.083	27				
Corrected Total	11.088	26				

a. R Squared = .666 (Adjusted R Squared = .638)

FOsp

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1.00	9	3.9500		
2.00	9		4.3800	
3.00	9			5.2100
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .154.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

หมายเหตุ : 1) 1 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส

2) 2 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส

3) 3 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-7 ค่าสถิติของน้ำมันที่ถูกห่อหุ้มในไมโครแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: EOsp

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	8.057[a]	2	4.028	72.722	.000	.858
Intercept	8771.055	1	8771.055	158335.5	.000	1.000
trt	8.057	2	4.028	72.722	.000	.858
Error	1.329	24	.055			
Total	8780.442	27				
Corrected Total	9.386	26				

a. R Squared = .858 (Adjusted R Squared = .847)

EOsp

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
3.00	9	17.2900		
2.00	9		18.1811	
1.00	9			18.6000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .055.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

หมายเหตุ : 1) 1 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส

2) 2 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส

3) 3 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-8 ค่าสถิติของน้ำมันทั้งหมดในไมโครแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TTsp

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	.014[a]	2	.007	.404	.672	.033
Intercept	13708.379	1	13708.379	768534.5	.000	1.000
trt	.014	2	.007	.404	.672	.033
Error	.428	24	.018			
Total	13708.821	27				
Corrected Total	.443	26				

a. R Squared = .033 (Adjusted R Squared = -.048)

TTsp

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1
3.00	9	22.5000
1.00	9	22.5467
2.00	9	22.5511
Sig.		.452

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .018.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หมายเหตุ : 1) 1 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส

2) 2 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส

3) 3 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส

ตาราง ง-9 ค่าสถิติของประสิทธิภาพการกักเก็บในไมโครแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: EEsp

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	114.151[a]	2	57.076	748.806	.000	.984
Intercept	175069.805	1	175069.805	2296834	.000	1.000
trt	114.151	2	57.076	748.806	.000	.984
Error	1.829	24	.076			
Total	175185.786	27				
Corrected Total	115.981	26				

a. R Squared = .984 (Adjusted R Squared = .983)

EEsp

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
3.00	9	77.6811		
2.00	9		81.4144	
1.00	9			82.4756
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .076.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

หมายเหตุ : 1) 1 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส

2) 2 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส

3) 3 หมายถึงอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-10 ค่าสถิติ T-test ของค่าสี (L, a*, b*) ปริมาณความชื้นและวอเตอร์แอคทิวิตี ในไมโครแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Lsp - Lfd	8.25833	1.84073	.43386	7.34296	9.17371	19.034	17	.000
Pair 2	asp - afd	-.06611	.36960	.08711	-.24991	.11768	-.759	17	.458
Pair 3	bsp - bfd	6.06500	.51168	.12060	5.81055	6.31945	50.289	17	.000
Pair 4	mcsp - mcfd	-.00328	.00500	.00118	-.00577	-.00079	-2.779	17	.013
Pair 5	awsp - awfd	-.22111	.08065	.01901	-.26122	-.18100	-11.632	17	.000

หมายเหตุ : 1) sp หมายถึงการอบแห้งแบบพ่นฝอย

2) fd หมายถึงการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-11 ค่าสถิติ T-test ของน้ำมันอิสระ น้ำมันที่ถูกห่อหุ้ม น้ำมันทั้งหมดและประสิทธิภาพการกักเก็บ ในไมโครแคปซูลผงน้ำมันปลาสวายเผาะหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	FOsp - FOfd	-4.18667	.02598	.00866	-4.20664	-4.16670	-483.435	8	.000
Pair 2	EOsp - Eofd	2.36222	.06418	.02139	2.31289	2.41156	110.414	8	.000
Pair 3	TTsp - TTfd	-1.82778	.14956	.04985	-1.94274	-1.71281	-36.662	8	.000
Pair 4	EEsp - EEfd	15.85889	.29101	.09700	15.63520	16.08258	163.489	8	.000

หมายเหตุ : 1) sp หมายถึงการอบแห้งแบบพ่นฝอย

2) fd หมายถึงการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายจิรชัย วรรณาลัย

วัน เดือน ปีเกิด 3 ตุลาคม 2525

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียน พิริยาลัยจังหวัดแพร่
สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยีชีวภาพอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต

ประวัติการทำงาน บริษัท A.Q.Y Sauce (Ajinomoto Group)
สถาบันอาหาร เจ้าหน้าโครงการพัฒนาเศรษฐกิจสัตว์น้ำ
เพื่อการส่งออกตัวใหม่ของประเทศไทย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved