

การดูดซับเบต้าแคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้ตัวดูดซับ

เมโซพอร์สคาร์บอน

Adsorption of β - carotene in crude palm oil using mesoporous carbon adsorbents

ลลิตา บุรีรักษ์ เกรียงศักดิ์ ไกรวัฒนวงศ์ ประกอบ กิจไชยา

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ลาดกระบัง กทม.10520

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการดูดซับเบต้าแคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบ โดยเตรียมน้ำมันปาล์มดิบเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาณ 2 กรัม ใช้ตัวดูดซับคาร์บอนกัมมันต์ (Ac) และตัวดูดซับเมโซพอร์สคาร์บอน (RF 1, RF 2 และ RF 3) 0.05 กรัม ดูดซับที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบในการเขย่า 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1, 2, 3, 4, 8, 12 และ 24 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าตัวดูดซับคาร์บอนกัมมันต์ Ac เข้าสู่สมดุลการดูดซับเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ในขณะที่ตัวดูดซับเมโซพอร์สคาร์บอนทุกตัวยังสามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนต่อไปได้อีกแม้เวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากคาร์บอนกัมมันต์ มีขนาดรูพรุนส่วนใหญ่เป็นไมโครพอร์และมีปริมาตรรูพรุนน้อย ส่วนตัวดูดซับเมโซพอร์สคาร์บอนมีขนาดรูพรุนเป็นทั้งไมโครพอร์และเมโซพอร์ รวมถึงมีปริมาตรรูพรุนมาก ทำให้สามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนได้ในปริมาณมาก การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าตัวดูดซับเมโซพอร์สคาร์บอนทุกตัวสามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนได้มากกว่าตัวดูดซับคาร์บอนกัมมันต์ โดยตัวดูดซับ RF 3 ดูดซับได้สูงสุดเป็น 6.81 มิลลิกรัมเบต้าแคโรทีนต่อกรัมตัวดูดซับ

คำสำคัญ : เมโซพอร์สคาร์บอน, คาร์บอนกัมมันต์, เบต้าแคโรทีน, น้ำมันปาล์มดิบ

Abstract

This research concentrated on a study of adsorption of β -carotene in crude palm oil (CPO) using mesoporous carbon (RF 1, RF 2 and RF 3) and activated carbon (Ac) adsorbents. 0.05 g of adsorbent was added into CPO is diluted with the same amount of hexane solvent to determine the adsorbate concentration at 40° C, shaker speed of 180 rpm for 1, 2, 3, 4, 8, 12 and 24 hours. It was found that adsorption equilibrium of Ac was reached within 4 hour. While all mesoporous carbon adsorbent could still adsorb β -carotene even after 24 hours. Most of the pore size in Ac was micropore and pore volume was small, while most of the pore size in mesoporous carbon adsorbent was micropore, mesopore and pore volume was large. β - carotenes could be adsorbed by mesoporous carbon adsorbent more than Ac adsorbent, β - carotenes adsorption on the RF 3 was 6.81 mg β - carotenes /g adsorbent.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Keywords : Mesoporous carbon, Activated carbon, β -carotene, Crude palm oil
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่กำลังได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เนื่องจากอุตสาหกรรมแปรรูปน้ำมันปาล์มมีแนวโน้มที่จะขยายตัวอย่างมาก โดยส่วนประกอบในน้ำมันปาล์มดิบจะมีแคโรทีนอยด์ อยู่ 500-700 ppm ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเบต้าแคโรทีน(β -carotene) ถึง 56 % แคโรทีนอยด์ที่เหลือจะประกอบไปด้วยแอลฟาแคโรทีน แกมมาแคโรทีน แซนโทฟิล และไลโคฟิล [1,2]

เบต้าแคโรทีน มีบทบาทสำคัญในการรักษาสุขภาพและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงทำให้เบต้าแคโรทีนเป็นสารที่ได้รับความสนใจและเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องสำอางค์เป็นอย่างมาก [3]

เนื่องจากในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์นั้น จะใช้ตัวดูดซับในการกำจัดสีออกจากน้ำมันปาล์มเพื่อให้ น้ำมันปาล์มดูน่ารับประทาน ในขั้นตอนนี้จะทำให้สูญเสียเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารที่มีคุณค่าไปอย่างเปล่าประโยชน์ [4,5] ดังนั้นถ้าสามารถนำเบต้าแคโรทีน กลับมาใช้ประโยชน์ได้ก่อนที่จะถูกทำลายจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งการดูดซับโดยใช้ตัวดูดซับเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้สำหรับแยกเบต้าแคโรทีนออกจากน้ำมันปาล์ม โดยการดูดซับเป็นวิธีที่มีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น เช่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย หรือการกลั่นโมเลกุล พบว่าวิธีการดูดซับเป็นวิธีที่สะดวก และใช้พลังงานต่ำเหมาะสำหรับการแยกสารที่มีปริมาณความเข้มข้นน้อยๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเบต้าแคโรทีนเป็นสารที่ไม่มีสี และมีขนาดประมาณ 17 อังสตรอม [6] ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการดูดซับเบต้าแคโรทีนด้วยตัวดูดซับที่ไม่มีสี ได้แก่ คาร์บอนกัมมันต์เกรดการค้า จากบริษัทคาร์โบกาญจน์ และเมโซพอร์สคาร์บอนที่สังเคราะห์ด้วยวิธีการโซล-เจล (sol-gel method) ซึ่งมีขนาดรูพรุนใหญ่กว่า และมีปริมาตรรูพรุนมากกว่าตัวดูดซับสังเคราะห์ เช่นเรซิน จึงเป็นตัวดูดซับที่มีความน่าสนใจสำหรับนำมาใช้ดูดซับเบต้าแคโรทีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีการทดลอง

2.1 การสังเคราะห์เมโซพอร์สคาร์บอน

นำ ริซอร์ซินอล (R) น้ำ (W) โซเดียมคาร์บอเนต(C) และฟอร์มัลดีไฮด์ (F) มาผสมในขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร ตามอัตราส่วนดังตารางที่ 1 แล้วเขย่าให้เข้ากันจากนั้นปล่อยให้แข็งตัวเป็นเจลที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 1 วัน 50 องศาเซลเซียส 1 วัน และ 90 องศาเซลเซียส 3 วัน นำเจลที่ได้มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วมาแลกเปลี่ยนด้วยตัวทำละลายบิวทานอล 6 ครั้ง ครั้งละ 1 วัน จากนั้นนำเจลที่ได้ไปผ่านกระบวนการทำให้แห้งแบบสูญญากาศเป็นเวลา 1 วัน แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียสนาน 4 ชั่วโมง ภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจนที่อัตราการไหล 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที จะได้เมโซพอร์สคาร์บอนออกมา จากนั้นคัดขนาดเม็ดเมโซพอร์สคาร์บอนโดยถาดตะแกรงร่อน (sieve tray) ขนาด 12 ถึง 20 mesh ก่อนนำไปใช้ดูดซับเบต้าแคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบ

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์เมโซพอร์สคาร์บอน

| ตัวอย่าง | R / F (mol/mol) | R / C (mol/mol) | R / W (mol/cm ³) |
|----------|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| RF 1 | 0.5 | 500 | 0.5 |
| RF 2 | 0.5 | 200 | 0.5 |
| RF 3 | 0.5 | 200 | 0.25 |

2.2 วิธีการดูดซับเบต้าแคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบด้วยตัวดูดซับ

นำน้ำมันปาล์มดิบมาเจือจางด้วยเฮกเซน โดยมีความเข้มข้นของน้ำมันปาล์มร้อยละ 50 ซึ่งสารละลายน้ำมันปาล์มที่เตรียมไว้ใส่ลงในขวดแก้วขนาด 5 มิลลิลิตร ปริมาณ 2 กรัม จำนวน 7 ขวด และชั่งคาร์บอนกัมมันต์ Ac ปริมาณ 0.05 กรัม เติมนลงในขวดที่ชั่งน้ำมันไว้ ใส่อากาศด้านบนขวดด้วยไนโตรเจน และปิดด้วยฝาขวดป้องกันการเกิดออกซิเดชัน จากนั้นนำขวดตัวอย่างไปเขย่าด้วยอัตราเร็ว 180 รอบต่อนาที

ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เก็บขวดตัวอย่างออกจากเครื่องเขย่าที่เวลา 1, 2, 3, 4, 8, 12 และ 24 ชั่วโมงตามลำดับ แยกสารละลายน้ำมันปาล์มออกจากคาร์บอนกัมมันต์

ทำการทดลองซ้ำเหมือนที่กล่าวไปข้างต้น แต่เปลี่ยนชนิดของตัวดูดซับจากคาร์บอนกัมมันต์ Ac เป็นเมโซพอร์คาร์บอน RF1, RF 2 และ RF3

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณเบต้าแคโรทีนโดยใช้เครื่อง HPLC

นำสารละลายน้ำมันปาล์มที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณเบต้าแคโรทีนหลังจากการดูดซับ โดยใช้เครื่อง HPLC โดยกรองสารที่ต้องการวิเคราะห์ผ่าน Syringe filters ที่มีขนาดของรูที่สารผ่านได้เท่ากับ 0.45 ไมโครเมตร และนำสารที่ทำการกรองแล้วไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง HPLC โดยใช้อุปกรณ์และสภาวะในการวิเคราะห์ดังนี้

คอลัมน์ : ODS-2-HYPERSIL

เครื่องตรวจวัด : UV-Visible ความยาวคลื่น 450 nm

สารตัวพา : เมทานอล : เฮกเซน 85 : 15 V/V

อัตราการไหลของสารตัวพา : 1 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาณสารที่ใช้ในการวิเคราะห์ : 20 ไมโครลิตร

2.4 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับ

ทำการวิเคราะห์พื้นที่ผิว ขนาดรูพรุน การกระจายตัวของรูพรุน และรูปร่างของรูพรุนด้วยวิธี Brunauer-Emmett-Teller (BET) โดยใช้เครื่องรุ่น Micromeritics, ASAP 2020, Surface area and porosity analyzer

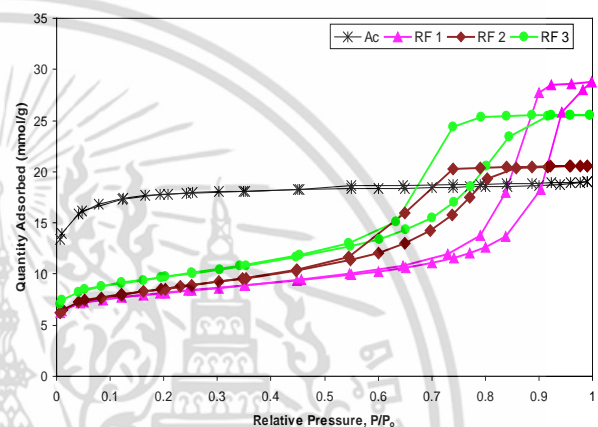
3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

3.1 ผลการสังเคราะห์เมโซพอร์คาร์บอน

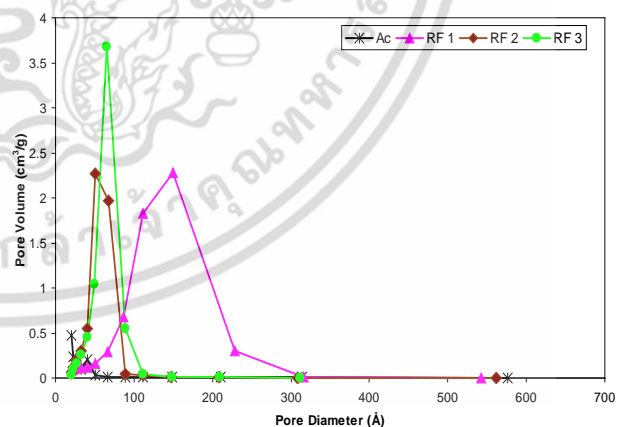
ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิว ขนาดรูพรุน การกระจายตัวของรูพรุน และรูปร่างของรูพรุนด้วย BET ของตัวดูดซับคาร์บอนกัมมันต์ Ac เกรดการค้า และตัวดูดซับเมโซพอร์คาร์บอน RF 1, RF 2 และ RF 3 แสดงผลดังตารางที่ 2 รูปที่ 1 และรูปที่ 2

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวและขนาดรูพรุน โดยวิธี BET

| Sample | Diameter (Å) | Surface Area (m ² /g) | Mesopore Volume (cm ³ /g) | Micropore Volume (cm ³ /g) |
|--------|--------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Ac | 19 | 877 | 0.10 | 0.40 |
| RF 1 | 150 | 587 | 0.87 | 0.16 |
| RF 2 | 51 | 628 | 0.65 | 0.14 |
| RF 3 | 65 | 710 | 0.81 | 0.16 |



รูปที่ 1 ไอโซเทอร์มของการดูดซับและการคายซับไนโตรเจนที่ 77 เคลวิน ของเมโซพอร์คาร์บอนที่สังเคราะห์ได้



รูปที่ 2 การกระจายตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนของเมโซพอร์คาร์บอนที่สังเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

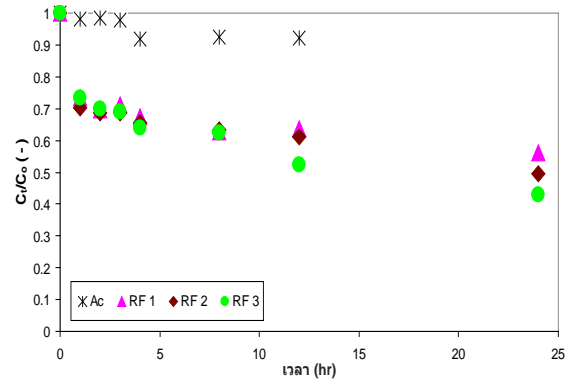
จากตารางที่ 2 พบว่าตัวดูดซับคาร์บอนกัมมันต์ Ac มีเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนน้อยกว่า 20 อังสตรอม คือมีรูพรุนขนาดไมโครพอร์ (Micropore) ส่วนเมโซพอร์สคาร์บอนทั้ง 3 ตัว คือ RF 1 , RF 2 และ RF 3 มีเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนตั้งแต่ 20-500 อังสตรอม นั่นคือมีรูพรุนขนาดเมโซพอร์ (Mesopore) เมโซพอร์สคาร์บอนทั้ง 3 ตัวมีขนาดรูพรุนที่ต่างกันเพราะขนาดของรูพรุนของเมโซพอร์สคาร์บอนสามารถควบคุมได้ด้วยการใช้อัตราส่วนของสารตั้งต้นต่างกัน

จากรูปที่ 1 พบว่าไอโซเทอร์มของเมโซพอร์สคาร์บอนทั้ง 3 ตัวเป็นแบบ Type 4 ตามระบบ IUPAC ซึ่งมีขนาดรูพรุนทั้งแบบไมโครพอร์และเมโซพอร์ จากรูปพบว่า RF 1 มีปริมาณเมโซพอร์มากที่สุด รองลงมาคือ RF 3 และ RF 1 ตามลำดับ ดูได้จากขนาดของฮิสเทอรีซิสลูป (Hysteresis loop) ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด

จากรูปที่ 2 แสดงการกระจายตัวของรูพรุน พบว่าตัวดูดซับเมโซพอร์สคาร์บอน RF 2 และ RF 3 มีการกระจายตัวของขนาดรูพรุนค่อนข้างสม่ำเสมอโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนส่วนใหญ่อยู่ที่ 51 และ 65 อังสตรอม ส่วนตัวดูดซับเมโซพอร์สคาร์บอน RF 1 มีการกระจายตัวของขนาดรูพรุนกว้างกว่าและมีเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนส่วนใหญ่อยู่ที่ 150 อังสตรอม

3.2 การดูดซับเบต้าแคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบด้วยตัวดูดซับ

เมื่อพิจารณาเวลาในการเข้าสู่สมดุลและตัวดูดซับที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับเบต้าแคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบ โดยเปรียบเทียบระหว่างตัวดูดซับเมโซพอร์สคาร์บอนที่สังเคราะห์ขึ้นมา และตัวดูดซับคาร์บอนกัมมันต์เกรดการค้าได้ผลดังรูปที่ 3 และตารางที่ 3



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบ

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณการดูดซับเบต้าแคโรทีน (mg/g) ในน้ำมันปาล์มดิบของตัวดูดซับชนิดต่างๆ ที่ 24 ชั่วโมง

| ชนิดตัวดูดซับ | ปริมาณการดูดซับเบต้าแคโรทีน (mg/g) |
|---------------|------------------------------------|
| Ac* | 0.91 |
| RF 1 | 5.23 |
| RF 2 | 6.08 |
| RF 3 | 6.81 |

*หมายเหตุ ปริมาณการดูดซับเบต้าแคโรทีนของ Ac ที่เวลา 12 ชั่วโมง

จากรูปที่ 3 พบว่า คาร์บอนกัมมันต์ Ac เข้าสู่สมดุลเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ในขณะที่ตัวดูดซับเมโซพอร์สคาร์บอนทุกตัวยังสามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนต่อไปได้อีกแม้เวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง การที่คาร์บอนกัมมันต์ Ac เข้าสู่สมดุลการดูดซับเร็วขึ้น เนื่องจากคาร์บอนกัมมันต์มีรูพรุนขนาดไมโครพอร์รวมถึงมีปริมาณรูพรุนน้อยทำให้เบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นสารที่มีขนาดใหญ่ ประมาณ 17 อังสตรอม ถูกดูดซับเข้าไปภายในรูพรุนได้ในปริมาณที่จำกัด ส่วนเมโซพอร์สคาร์บอนทั้ง 3 ตัว มีรูพรุนขนาดทั้งไมโครพอร์และเมโซพอร์ รวมทั้งมีปริมาณรูพรุนมากกว่าตัวดูดซับคาร์บอนกัมมันต์จึงทำให้เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงตัวดูดซับเมโซพอร์สคาร์บอนทั้ง 3 ตัวยังสามารถดูดซับเบต้าแคโรทีน ต่อไปได้

จากตารางที่ 3 พบว่าตัวดูดซับเมโซพอร์รัสคาร์บอนที่สังเคราะห์ขึ้นมาทั้ง 3 ตัว สามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนได้มากกว่าตัวดูดซับคาร์บอนกัมมันต์เกรดการค้าค่อนข้างมาก โดยตัวดูดซับเมโซพอร์รัสคาร์บอน RF 3 สามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนได้มากกว่าตัวดูดซับคาร์บอนกัมมันต์ Ac ถึงประมาณเกือบ 7 เท่า ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปัจจัยทางกายภาพของตัวดูดซับที่น่าจะส่งผลต่อการดูดซับเบต้าแคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบออกเป็นกรณีดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อพิจารณาตัวดูดซับ RF 1 และ RF 3 ที่มีปริมาณเมโซพอร์ใกล้เคียงกันแต่มีขนาดของรูพรุนต่างกัน ดังตารางที่ 2 พบว่าตัวดูดซับ RF 3 ซึ่งมีรูพรุนส่วนใหญ่ขนาด 65 อังสตรอม สามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนได้ปริมาณมากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าตัวดูดซับ RF 3 มีขนาดรูพรุนที่มีความจำเพาะเจาะจงสำหรับการดูดซับเบต้าแคโรทีน มากกว่าตัวดูดซับ RF 1 ที่มีขนาดรูพรุนส่วนใหญ่ขนาด 150 อังสตรอม ซึ่งอาจเป็นขนาดของรูพรุนที่ใหญ่เกินไปสำหรับการดูดซับเบต้าแคโรทีน ในทำนองเดียวกันตัวดูดซับ Ac ที่มีขนาดรูพรุนส่วนใหญ่เพียง 19 อังสตรอมอาจเป็นขนาดของรูพรุนที่เล็กเกินไปสำหรับการดูดซับ

กรณีที่ 2 เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของขนาดรูพรุนของตัวดูดซับดังรูปที่ 2 พบว่าตัวดูดซับที่มีการกระจายตัวของขนาดรูพรุนอยู่ในช่วงเมโซพอร์คือ RF 1 และ RF 3 จะสามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนได้มากกว่าตัวดูดซับที่มีการกระจายตัวของขนาดรูพรุนอยู่ในช่วงไมโครพอร์ดังตัวดูดซับ Ac และเมื่อพิจารณาตัวดูดซับ RF 1 และ RF 3 ที่มีปริมาณเมโซพอร์ใกล้เคียงกันแต่มีการกระจายตัวของขนาดรูพรุนต่างกัน พบว่าตัวดูดซับ RF 3 ที่มีการกระจายตัวของขนาดรูพรุนสม่ำเสมอสามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนได้ดีกว่าตัวดูดซับ RF 1 ที่มีการกระจายตัวของขนาดรูพรุนกว้างกว่า แสดงว่าความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของขนาดรูพรุนมีผลต่อการดูดซับเบต้าแคโรทีน

กรณีที่ 3 เมื่อพิจารณาตัวดูดซับเมโซพอร์รัสคาร์บอน RF 2 และ RF 3 ซึ่งมีการกระจายตัวของขนาดรูพรุน

ค่อนข้างสม่ำเสมอใกล้เคียงกันแต่มีปริมาณเมโซพอร์ต่างกัน พบว่าตัวดูดซับ RF 3 ที่มีปริมาณเมโซพอร์มากกว่าตัวดูดซับ RF 2 จะสามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนได้มากกว่าแสดงว่าปริมาณเมโซพอร์มีผลต่อการดูดซับเบต้าแคโรทีนเช่นเดียวกัน

ดังนั้นลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่ส่งผลต่อการดูดซับเบต้าแคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบ ได้แก่ ขนาดของรูพรุน ความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของขนาดรูพรุน และปริมาณเมโซพอร์

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาเวลาในการเข้าสู่สมดุลการดูดซับเบต้าแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มดิบพบว่าตัวดูดซับคาร์บอนกัมมันต์ Ac ซึ่งมีรูพรุนส่วนใหญ่ขนาดไมโครพอร์ และมีปริมาณรูพรุนน้อย ทำให้เข้าสู่สมดุลการดูดซับได้เร็ว ส่วนตัวดูดซับเมโซพอร์รัสคาร์บอนทั้ง 3 ตัวซึ่งมีขนาดรูพรุนเป็นทั้งไมโครพอร์และเมโซพอร์ รวมถึงมีปริมาณเมโซพอร์มาก ทำให้สามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนได้ในปริมาณมาก และใช้เวลานานในการเข้าสู่สมดุล

จากการพิจารณาหาตัวดูดซับที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับเบต้าแคโรทีน พบว่าตัวดูดซับที่สามารถดูดซับเบต้าแคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบได้ปริมาณมากที่สุดคือ RF 3 สามารถดูดซับได้ปริมาณ 6.81 มิลลิกรัมเบต้าแคโรทีนต่อกรัมตัวดูดซับ มากกว่าตัวดูดซับคาร์บอนกัมมันต์เกรดการค้าถึงประมาณ 7 เท่า

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทางการเงินทุนวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] M.L. Slattery, J. Benson., K. Curtin, K.N. Ma, D. Schaeffer and J.D. Potter, "Carotenoids and colon cancer". American Journal of Clinical Nutrition, Vol.71, pp. 575-582. 2000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [2] S.H. Goh, "Carotene controversy". Malaysian Oil Science and Technology, Vol.5, No.17.,1996.
- [3] Y.M. Choo, " Palm oil carotenoids ". Food and nutrition bulletin., Vol.15, No.2., June., 1993/1994
- [4] S. Hermann, "The Physical Refining Process". Journal of The American Oil Chemistry Society , Vol. 62. pp. 299-330. 1985.
- [5] S.Frank L, "Adsorption Technology : A Step-by-Step Approach to Process Evaluation and Application". New York and Basel : Tall Oaks Publishing, Inc. pp. 9-40, 1985
- [6] S.C Boon, I. Sosaku, K. Sumiyo and N. Mitsutoshi , "Preparation of Protein-Stabilized β -Carotene Nanodispersions by Emulsification-Evaporation Method" Journal of The American Oil Chemistry Society , pp. 1053-1062, 2007.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้