การสกัดสารบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์มโดยใช้คาร์บอนกัมมันต์

นางสาว ดวงใจ ตั้งวงศ์เจริญกิจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-368-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20514839 - 3 มิ.ย. 2547

EXTRACTION OF β-CAROTENE FROM PALM OIL USING ACTIVATED CARBON

Miss Duangjai Thangwongjathroengit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Program of Biotechnology
Graduate School
Chulalongkorn University
1995

ISBN 974-632-368-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสกัดสารบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์ม โดยใช้คาร์บอนกัมมันต์
โดย	นางสาว ดวงใจ ตั้งวงศ์เจริญกิจ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ดวงใจ ตั้งวงศ์เจริญกิจ : การสกัดสารบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์มโดยใช้คาร์บอนกัมมันต์ (EXTRACTION OF β-CAROTENE FROM PALM OIL USING ACTIVATED CARBON)
อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. อมร เพชรสม, 101 หน้า. ISBN 974-632-368-7

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์มทั้งในระบบแบทช์และระบบคอลัมน์โดยใช้คาร์บอนกัมมันต์เป็นตัวดูดซับ โดยทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัว ของบีตา-แคโรทีน ได้แก่ ความร้อน และสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ในระบบแบทช์ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่ ชนิดของตัวดูดซับ , อุณหภูมิ , อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกัมมันต์ต่อน้ำมันปาล์มและระยะเวลาในการดูดซับ ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการชะที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ , ชนิดของตัวชะ และสารลดแรงตึงผิว จากการศึกษาผลของความร้อนต่อการสลายตัวของบีตา-แคโรทีน ที่อุณหภูมิ 80°ซ ระยะเวลานาน 30 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่ใช้ในขั้นตอนการดูดซับสารแคโรทีนบนคาร์บอนกัมมันต์พบว่า มีการสลายตัวของบีตา-แคโรทีน 3 % และการใช้คาร์บอนกัมมันต์ที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันในการดูดซับสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์ม มีผลทำให้เกิดการสลายตัวของบีตา-แคโรทีน สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ คือ การใช้คาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันเป็นตัวดูดซับ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกัมมันต์ต่อน้ำมันปาล์มเท่ากับ 1 : 4 โดยน้ำหนัก ภายใต้อุณหภูมิในการดูดซับ 80 °ซ เป็นระยะเวลานาน 30 นาที ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในการชะสารแคโรทีนออกจากคาร์บอน กัมมันต์ คือ ทำการชะที่อุณหภูมิ 25 °ซ โดยใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ จากการใช้สภาวะดังกล่าวสามารถสกัดสารแคโรทีนได้ผลิตผลกลับคืน 30% และพบว่าการเติม Tween 80 ในโทลูอีนทำให้การชะสารแคโรทีนเพิ่มขึ้น 20%

การศึกษาในระบบคอลัมน์ต่อเนื่อง 3 คอลัมน์ พบว่าการใช้คาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกัมมันต์ต่อน้ำมันปาล์มเท่ากับ 3 : 4 โดยน้ำหนัก ภายใต้อุณหภูมิในการดูดซับ 40 °ซ อุณหภูมิในการชะ 25 °ซ และใช้อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับและการชะ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที สามารถสกัดสารแคโรทีนได้ผลิตผลกลับคืน 60 % โดยมีการดูดซับ 61 % และการชะ 98 %

การกำจัดโทลูอีนซึ่งตกค้างอยู่ในสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้โดยการกลั่นแบบลดความดัน พบว่ายังคงมีโทลูอีนเหลืออยู่ในสารแคโรทีนเข้มข้น 0.5 % (น้ำหนัก/น้ำหนัก) และจากการวิเคราะห์หาปริมาณบีตา-แคโรทีนและแอลฟา-แคโรทีนในสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้โดยใช้เทคนิคทางไฮเพอร์ฟอร์มานซ์ ลิควิด โครมาโทกราฟี พบว่ามีปริมาณบีตา-แคโรทีน 2252 ไมโครกรัมต่อกรัม และแอลฟา-แคโรทีน 1270 ไมโครกรัมต่อกรัม คิดเป็น 0.23 % และ 0.13 % (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ตามลำดับ

ภาควิชา	ลายมือชื่อนิสิต ....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....
ปีการศึกษา 2537	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

C526442 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD : β - CAROTENE / ACTIVATED CARBON/ ADSORPTION/ PALM OIL

DUANGJAI THANGWONGJATHROENGIT : EXTRACTION OF β - CAROTENE FROM PALM OIL USING ACTIVATED CARBON. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. AMORN PETSOM, Ph.D. 101 pp. ISBN 974-632-368-7

The purpose of this study was to find extraction condition of β-carotene from palm oil by using activated carbon as an adsorbent in batch and column system. The preliminary study of factors affected degradation of β-carotene extraction in palm oil were heat and antioxidant . In the batch system, factors affecting the adsorption step were type of adsorbent, temperature, ratio of activated carbon to palm oil and adsorption time. The factors affecting elution step were temperature, type of eluent and surfactant. The degradation of β-carotene was 3 % by using temperature 80°C for 30 minutes as the condition of carotene adsorption on activated carbon. Using of nontreated antioxidant with activated carbon in adsorption of carotene from palm oil resulted in degradation of β-carotene. The optimum condition for carotene adsorption on adsorbent was carried out by using activated carbon treated with antioxidant at a ratio of 1 : 4 by weight of palm oil to activated carbon, at 80°C adsorption temperature for 30 minutes. The suitable condition for elution of adsorbed carotene from activated carbon was carried out at 25°C by using toluene as an eluent which yield 30%. Addition of Tween 80 in toluene increased the elution yield by 20 %.

In the 3 column continuous system, the condition was carried out by using activated carbon treated with antioxidant at a ratio of 3 : 4 by weight of palm oil to activated carbon, 40°C adsorption temperature and 25°C elution temperature, 1.0 ml/min flow rate in adsorption step and elution step and toluene as an eluent. The recovery yield was 60 % with 61 % adsorption and 98 % elution .

The removal of toluene in the concentrated carotene extraction was carried out by reduced pressure distillation and it was found to have 0.5 % remaining toluene (w/w). The content of β-carotene and α-carotene in the concentrated carotene extraction were analyzed by HPLC to be 2252 μg/g corresponding to 0.23 % (w/w) and 1270 μg/g corresponding to 0.13 % (w/w), respectively.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา............	ลายมือชื่อนิสิต............
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา............
ปีการศึกษา 2537	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม............

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาให้คำแนะนำ และช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล และ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล ที่กรุณาให้คำแนะนำและแนวคิดอันมีค่ายิ่งต่อการทำวิจัย ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ ผู้อำนวยการสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ตลอดจนอุปกรณ์ และสารเคมี ในการทำวิจัย และให้คำแนะนำช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บริษัทพาโมลา จำกัด คุณอัครวิทย์ กาญจนโอภาส และคุณวีระเดช สุขเอียด ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยจัดหาน้ำมันปาล์มสำหรับทำการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณณรงค์ หอมจันทร์ คุณปรีดา ไชยฤทธิ์ และคุณพินิจ เกิดน้อย เจ้าหน้าที่ฝ่ายช่างเทคนิค ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยและขอขอบพระคุณ คุณสมศรี เกียรติวณิชพันธุ์ เจ้าหน้าที่ธุรการประจำสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในระหว่างการทำวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ชาย ที่ให้ความรักและความเข้าใจอันเป็นกำลังใจ อันสำคัญยิ่งต่อผู้ทำวิจัยตลอดมา

ขอขอบคุณครอบครัว Biotech อันอบอุ่น ซึ่งประกอบด้วย พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ชาวสถาบันฯทุกคน ที่ร่วมสุขร่วมทุกข์กันมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณสิทธินันท์ ท่อแก้ว,คุณโสภณ กู่คำอู่ เพื่อนเคมี16 ที่ให้ความช่วยเหลือ ความเข้าใจ และช่วยเติมกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..........ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..........จ

กิตติกรรมประกาศ..........ฉ

สารบัญ..........ช

สารบัญตาราง..........ญ

สารบัญภาพ..........ฎ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..........ฒ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ปริมาณผลผลิตและความต้องการใช้น้ำมันปาล์มในประเทศไทย..........1

12 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำมันปาล์มดิบ..........3

1.3 กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม..........4

1.4 ปริมาณการนำเข้าวิตามินเอและอนุพันธ์ของวิตามินเอ..........6

1.5 คุณสมบัติทางฟิสิกส์-เคมีของบีตา-แคโรทีน..........7

1.6 ความสามารถในการละลายของบีตา-แคโรทีน..........9

1.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของบีตา-แคโรทีน..........11

1.8 แหล่งของบีตา-แคโรทีน..........16

1.9 ประโยชน์ของบีตา-แคโรทีนและการนำไปใช้..........18

1.10 การสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์ม..........20

1.11 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..........27

1.12 ขอบเขตของงานวิจัย..........27

สารบัญ (ต่อ)

2 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 อุปกรณ์และสารเคมีในการทดลอง 28

2.2 การทดลองในระบบแบทช์ 30

2.3 การทดลองในระบบคอลัมน์ 35

2.4 การหาปริมาณบีตา-แคโรทีนและแอลฟา- แคโรทีน ในสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้ 38

2.6 การกลั่นแยกโทลูอีนออกจากสารแคโรทีนเข้มข้น 38

2.7 การศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวต่อการชะสาร แคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์ 40

3 ผลการทดลอง

การศึกษาในระบบแบทช์

1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของบีตา-แคโรทีน

1.1 ความร้อน 42

1.2 สารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน 45

2 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

2.1 ชนิดของตัวดูดซับ 49

2.2 อุณหภูมิในการดูดซับ 53

2.3 อัตราส่วนคาร์บอนกัมมันต์ต่อน้ำมันปาล์ม 55

2.4 เวลาที่คาร์บอนกัมมันต์ถึงจุดอิ่มตัวในการดูดซับ 57

3 ปัจจัยที่มีผลต่อการชะ

3.1 อุณหภูมิ 59

3.2 ชนิดของตัวชะ 61

3.3 ประสิทธิภาพของคาร์บอนกัมมันต์เมื่อนำกลับมาใช้งานซ้ำ 63

3.4 การชะโดยเครื่องอัลทราโซนิกส์เปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ 65

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

การศึกษาในระบบคอลัมน์

1 การศึกษาต้นแบบการดูดซับและการชะบีตา-แคโรทีนบนคาร์บอนกัมมันต์

1.1 อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับ....67

1.2 อัตราการไหลในขั้นตอนการชะ....71

1.3 อุณหภูมิในขั้นตอนการดูดซับและการชะ....72

1.4 ศึกษาประสิทธิภาพของคอลัมน์เมื่อใช้งาน 5 รอบ....74

2 การสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์ม

2.1 การเปรียบเทียบวิธีการต่างๆในขั้นตอนการดูดซับ....76

2.2 การสกัดสารแคโรทีนในระบบคอลัมน์ต่อเนื่อง 3 คอลัมน์....77

การวิเคราะห์หาปริมาณบีตา-แคโรทีนและแอลฟา-แคโรทีน

ในสารแคโรทีนเข้มข้นด้วยวิธี HPLC....79

การกลั่นแยกโทลูอีนออกจากสารแคโรทีนเข้มข้น....81

การศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวต่อการชะ

สารแคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์....83

4 สรุปและวิจารณ์การทดลอง....84

เอกสารอ้างอิง....87

ภาคผนวก....94

ประวัติผู้เขียน....101

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 ปริมาณผลผลิตและความต้องการน้ำมันปาล์ม
ในประเทศไทยปี 2535-2540 2

2 ปริมาณและมูลค่าส่งออกและนำเข้าน้ำมันปาล์ม
ในประเทศไทยปี 2531-2535 2

3 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำมันปาล์มดิบ 3

4 ปริมาณการนำเข้าวิตามินเอและอนุพันธ์ของวิตามินเอ 6

5 ความสามารถในการละลายของบีตา-แคโรทีน
ในตัวทำละลายแต่ละชนิด 9

6 ความสัมพันธ์ระหว่างการสลายตัวของบีตา-แคโรทีน
ในตัวทำละลายชนิดต่างๆ 10

7 การสลายตัวของบีตา-แคโรทีนที่ 210 °ซ ที่เวลาต่างๆ 11

8 ปริมาณสารบีตา-แคโรทีนในพืชชนิดต่างๆ 16

9 แอคติวิตีของวิตามินเอจากแคโรทีนอยด์ในน้ำมันปาล์มดิบ 19

10 ปริมาณความต้องการวิตามินเอของมนุษย์แต่ละวัน 20

11 วิธีการสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์ม 22

12 ชนิดของตัวดูดซับและปัจจัยของ
กระบวนการดูดซับสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์ม 23

13 ชื่อเครื่องมือ รุ่น และบริษัทผู้ผลิตที่ใช้ในการทดลอง 28

14 รายชื่อสารเคมี และบริษัทผู้ผลิต .... 29.

15 สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณบีตา-แคโรทีนด้วย HPLC 30

16 สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปรมาณโทคูอีนด้วย HPLC 39

17 ปริมาณบีตา- แคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มเมื่อได้รับความร้อน
ที่อุณหภูมิ 60 °ซ -120 °ซ และระยะเวลา 15 - 90 นาที 43

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

18 เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเมื่อใช้ผงถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการบำบัดและไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน.....45

19 เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเมื่อแปรชนิดของตัวดูดซับ.....50

20 เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเมื่อแปรอุณหภูมิในการดูดซับที่ 25 °ซ และ 80 °ซ - 120 °ซ.....53

21 เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเมื่อแปรปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ต่อปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม ซึ่งมีแคโรทีน 7.09 มิลลิกรัม.....55

22 เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเมื่อแปรเวลาการดูดซับ 5-60 นาที.....57

23 เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนเมื่อแปรอุณหภูมิในการชะ 25 °ซและ40°ซ - 60 °ซ.....59

24 เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนเมื่อแปรชนิดตัวชะ.....61

25 เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเมื่อนำคาร์บอนกัมมันต์มาใช้งานซ้ำ.....63

26 เปอร์เซ็นต์การชะสารแคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์เมื่อใช้วิธีการชะโดยอัลทราโซนิกส์เปรียบเทียบกับวิธีการชะอื่นๆ.....66

27 เปอร์เซ็นต์การดูดซับและเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีนเมื่อแปรอัตราการไหลในการดูดซับ 0.5 - 3.0 มิลลิลิตรต่อนาที.....68

28 เปอร์เซ็นต์การชะและเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีนเมื่อแปรอัตราการไหลในการชะ 1.0 - 3.0 มิลลิลิตรต่อนาที.....71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

29 เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีนเมื่อแปรอุณหภูมิในการดูดซับ
และการชะ 25 °ซ และ 40°ซ - 70°ซ 72

30 เปอร์เซ็นต์การดูดซับ, เปอร์เซ็นต์การชะและเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืน
ของบีตา-แคโรทีนเมื่อใช้งานคอลัมน์ 5 รอบ 74

31 เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนเมื่อ
ทำการดูดซับด้วยวิธีการต่างๆ 76

32 ปริมาณสารแคโรทีนที่ได้จากการสกัดสารแคโรทีน
จากน้ำมันปาล์มในระบบคอลัมน์ต่อเนื่อง3 คอลัมน์ 78

33 ปริมาณบีตา-แคโรทีนและแอลฟา-แคโรทีนใน
สารแคโรทีนเข้มข้นจากการวิเคราะห์ด้วย HPLC 79

34 ปริมาณโทลูอีนและบีตา-แคโรทีนในสารแคโรทีนเข้มข้น
ก่อนและหลังการกลั่นแยกโทลูอีน 81

35 เปอร์เซ็นต์การชะสารแคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์
เมื่อเติมสารลดแรงตึงผิวลงในตัวชะโทลูอีนและเฮกเซน 83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

1 ผลของอุณหภูมิต่อการสลายตัวของสารบีตา-แคโรทีน ในกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์ม 5

2 สูตรโครงสร้างของ all - trans- β-carotene 7

3 ตำแหน่งที่เกิดการออกซิเดชันของบีตา-แคโรทีน 8

4 ปริมาณบีตา-แคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์ม เมื่อได้รับความร้อน 138 °ซ - 258 °ซ เป็นเวลานาน 30 นาที 12

5 อัตราการสลายตัวของบีตา-แคโรทีนในโทลูอีน เนื่องจากแสงและออกซิเจน 13

6 กลไกการสลายตัวของบีตา-แคโรทีนในการเกิดการออกซิเดชัน 14

7 อัตราการสลายตัวของบีตา-แคโรทีนเนื่องจากแสงฟลูออเรสเซนซ์ และออกซิเจนซึ่งบรรจุในภาชนะเปิดขนาดต่าง ๆ 15

8 แผนภาพชีวสังเคราะห์บีตา-แคโรทีนในสิ่งมีชีวิต 17

9 ผลของค่าความเป็นกรดด่างของคาร์บอนกัมมันต์ ในการสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์ม 25

10 แผนภาพแสดงปฏิกิริยาระหว่างกรดกับสารแคโรทีนอยด์ 26

11 แสดงชุดการทดลองในการสกัดสารแคโรทีนจาก น้ำมันปาล์มในระบบคอลัมน์ต่อเนื่อง 3 คอลัมน์ 37

12 กราฟแสดงปริมาณบีตา-แคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์ม เมื่อได้รับความร้อน 60 °ซ-120 °ซ ระยะเวลา 15-90 นาที 44

13 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของบีตา-แคโรทีน ในสารมาตรฐาน บีตา-แคโรทีน และ ในน้ำมันปาล์มโอเลอีน 47

14 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารแคโรทีน ในน้ำมันปาล์มหลัง การดูดซับคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการบำบัดและไม่ผ่านการบำบัด ด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ก่อนการดูดซับสารแคโรทีน สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารแคโรทีน ที่ชะออกมาได้จากผง คาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการบำบัดและไม่ผ่านการบำบัดด้วยสาร ป้องกันการเกิดออกซิเดชัน 48

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

15 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีน และเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนเหลือในน้ำมันปาล์มหลังการการดูดซับ เมื่อแปรชนิดตัวดูดซับ 51

16 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีน และเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนเหลือในน้ำมันปาล์มหลังการการดูดซับเมื่อแปรอุณหภูมิในการดูดซับ 25°ซ และ 80-120°ซ..........54

17 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีน และเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนเหลือในน้ำมันปาล์มหลังการการดูดซับเมื่อแปรปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ต่อน้ำมันปาล์ม 56

18 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีน และเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนเหลือในน้ำมันปาล์มหลังการการดูดซับเมื่อแปรเวลาในการดูดซับ 5 - 60 นาที 58

19 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีน เมื่อแปรอุณหภูมิในการชะที่ 25 °ซ และ 40°ซ - 70°ซ 60

20 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีน เมื่อแปรชนิดของตัวชะ 62

21 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีน และเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนเหลือในน้ำมันปาล์มหลังการการดูดซับเมื่อนำคาร์บอนกัมมันต์กลับมาใช้งานซ้ำ..........64

22 แสดงปริมาณบีตา-แคโรทีนที่ไม่ถูกดูดซับและถูกชะออกจากคอลัมน์ในลำดับส่วนต่างๆเมื่อแปรอัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับ 0.5 - 3.0 มิลลิลิตรต่อนาที..........69

23 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับและเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีน เมื่อแปรอัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับ 0.5 - 3.0 มิลลิลิตรต่อนาที..........70

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

24 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีน
เมื่อแปรอุณหภูมิการดูดซับและการชะ25 °ซ และ40 °ซ-70 °ซ.....73
25 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับ , เปอร์เซ็นต์การชะ
และเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีน
เมื่อใช้งานคอลัมน์ 1- 5 รอบ.....75
26 โครมาโตแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณ บีตา-แคโรทีน
และแอลฟา-แคโรทีนในสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้ด้วย HPLC.....80
27 โครมาโตแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโ ทคูอีน
ในสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้ ด้วย HPLC.....82

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

HPLC = ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี

ppm = หนึ่งส่วนในล้านส่วน

μM = ไมโครโมล

BHT = บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน

% = เปอร์เซ็นต์

°ซ = องศาเซลเซียส

β = บีตา

α = แอลฟา

γ = แกมมา

λ_{max} = ความยาวคลื่นสูงสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย