

การสกัดแยกบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์มเพื่อให้ได้
ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยยิ่งขึ้น

นางสาว กาญจนา รักรวาท

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-766-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

β -CAROTENE EXTRACTION PROCESS FROM PALM OIL
FOR TOLUENE FREE PRODUCT

Miss Kanjana Rakwara

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Biotechnology

Program of Biotechnology

Faculty of Science

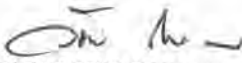
Chulalongkorn University

Academic Year 1999


ISBN 974-334-766-6

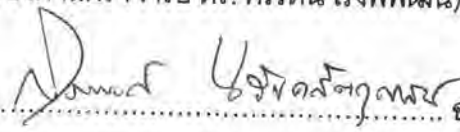
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสกัดแยกบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์มเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ ที่ปลอดภัยอื่น
โดย	นางสาวกาญจนา รักรวรา
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงษ์ นวังคสัตถุศาสน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

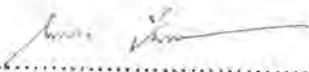

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงษ์ นวังคสัตถุศาสน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล)

กาญจนา ริกขวา : การสกัดแยกบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์มเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดโทลูอีน.

(β -CAROTENE EXTRACTION PROCESS FROM PALM OIL FOR TOLUENE FREE PRODUCT)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุรพงศ์ นวัจนวิทย์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. อมร เพชรสม,

อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ , 83 หน้า. ISBN 974-334-766-6.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแยกบีตา-แคโรทีนออกจากน้ำมันปาล์มดิบ โดยมุ่งพิจารณาวิธีการที่คาดว่าจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มเพื่อบริโภคในโรงงานอุตสาหกรรมน้อยที่สุด โดยทำการดูดซับสารแคโรทีนอยด์ในน้ำมันปาล์มดิบด้วยผงถ่านกัมมันต์ชนิดละเอียดที่ผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีนในภาวะที่เป็นด่าง ในอัตราส่วน 1 : 4 โดยน้ำหนักของผงถ่านกัมมันต์ต่อน้ำมันปาล์ม ทำการดูดซับที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นชะสารแคโรทีนอยด์ออกจากผงถ่านกัมมันต์ด้วยโทลูอีนที่มีการเติม 2 % tween 80 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี และวิเคราะห์ปริมาณบีตา-แคโรทีนโดยเทคนิค HPLC พบว่า สารสกัดแคโรทีนอยด์ที่ได้มีปริมาณแคโรทีนอยด์ 3,807 ppm และปริมาณบีตา-แคโรทีน 1,671 ppm ซึ่งคิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจากเดิม 6 เท่า และ 4 เท่า ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ปริมาณโทลูอีนตกค้างโดยเทคนิค HPLC พบว่า มีปริมาณโทลูอีนตกค้างสูงถึง 1.4648×10^5 ppm จึงต้องหาวิธีการที่เหมาะสมในการกำจัดโทลูอีนออกให้หมด โดยศึกษาวิธีการกำจัดโทลูอีนตกค้างออกจากสารสกัดแคโรทีนอยด์ 4 วิธี ได้แก่ การทำปฏิกิริยาซาฟอนนิฟิเคชัน การกลั่นไอน้ำ การกลั่นด้วยน้ำ และการเติมน้ำลงไปในการสกัดแคโรทีนอยด์ในอัตราส่วนสารสกัดแคโรทีนอยด์ต่อน้ำเท่ากับ 1 : 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรแล้วนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน รวมทั้งยังศึกษาการสกัดสารแคโรทีนอยด์ออกจากผงถ่านกัมมันต์ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติเพื่อหลีกเลี่ยงการชะด้วยโทลูอีน ผลการทดลองพบว่า วิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดโทลูอีนตกค้างออกจากสารสกัดแคโรทีนอยด์ คือ วิธีการเติมน้ำลงไปในการสกัดแคโรทีนอยด์ในอัตราส่วนสารสกัดแคโรทีนอยด์ต่อน้ำเท่ากับ 1 : 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งภายหลังการระเหยพบว่า มีแคโรทีนอยด์เหลืออยู่ 4,157 ppm คิดเป็นผลผลิตกลับคืน 93 % และตรวจไม่พบโทลูอีนตกค้าง

ภาควิชา
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ.....
ปีการศึกษา2542.....

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

3970085523 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD: : / CAROTENOID / PALM OIL / DISTILLATION / TOLUENE

KANJANA RAKWARA : β - CAROTENE EXTRACTION PROCESS FROM PALM OIL FOR TOLUENE FREE PRODUCT. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SURAPONG NAVANKASATTUSAS, Ph.D, THESIS COADVISOR : ASSOC. PROF. AMORN PETSOM, Ph.D, AND ASSOC. PROF. PAIROH PINPHANICHAKARN, PhD, 83 pp. ISBN 974-334-766-6.

The purpose of this study was to find a suitable extracting condition for β - carotene from palm oil with emphasis for minimal changes in existing process of edible palm oil production plant. Carotenoids in crude palm oil were adsorbed on activated carbon pretreated with 0.5 % butyl hydroxy toluene as an adsorbent at the ratio of activated carbon to palm oil of 1 : 4 (w/w) at 80 degree celsius for 30 minutes. Elution of the adsorbed carotenoids from activated carbon was done by using toluene containing 2 % tween 80 (v/v) at 25 degree celsius for 30 minutes. The concentrations of carotenoids and β - carotene in the extract analyzed by spectrophotometry and HPLC, were 3,807 ppm and 1,671 ppm corresponding to 6 and 4 times higher than that of the original, respectively. The remaining toluene in the concentrated carotenoid extract analyzed by HPLC was 1.4648×10^5 ppm. Hence, the suitable method to remove the remaining toluene from concentrated carotenoid was sought. Four methods for the removal of toluene in the concentrated carotenoid extract were studied, these were saponification, steam distillation, water distillation and rotary vacuum evaporation of the extract containing four folds weight by volume of added water. Furthermore, to eliminate toluene elution step, extraction of carotenoid adsorbed on activated carbon using supercritical carbon dioxide was also studied. It was found that the most suitable method to remove toluene from the extract was by rotary vacuum evaporation at 60 degree celsius of the extract containing four folds weight by volume of added water. This method showed carotenoid recovery of 93 %. The concentrated carotenoid contained 4,157 ppm of carotenoids and no toluene was detected.

ภาควิชา
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ....
ปีการศึกษา2542.....

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลืออย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคส์ตฤศาสน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม และรองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชกร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ที่กรุณาเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. รพีพล ภาโวาท และบุคลากรทุกท่านในภาควิชาเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาเชื่อเพื่อเครื่องสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และบุคลากรทุกท่านในสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

ขอขอบคุณครอบครัว IBGE ซึ่งประกอบด้วยพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ชาวสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกคน ที่ร่วมสุขร่วมทุกข์กันมาโดยตลอด

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา พี่สาว น้องสาว และน้องชาย ที่เป็นกำลังใจสำคัญ และให้การสนับสนุนในการศึกษาด้วยดีมาตลอด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูป	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฐ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 มูลเหตุจูงใจ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขั้นตอนของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 วารสารปริทัศน์	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปาล์มน้ำมัน	4
2.2 การผลิตน้ำมันปาล์ม	6
2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารแคโรทีนอยด์	9
2.4 การใช้ประโยชน์บีตา-แคโรทีน	18
2.5 กระบวนการสกัดแยกบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์ม	19
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์ม	24
3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย	25
3.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	25
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	36
4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารแคโรทีนอยด์ในน้ำมันปาล์มดิบโดยวิธี ยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี	36
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณบีตา-แคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบ โดยวิธี HPLC	36
4.3 การสกัดแยกบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์มดิบโดยการดูดซับด้วย ผงถ่านกัมมันต์	38
4.4 การสกัดสารแคโรทีนอยด์ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ (Supercritical CO ₂)	42
4.5 การกำจัดน้ำมันในสารสกัดแคโรทีนอยด์ด้วยปฏิกิริยาซาпонิฟิเคชัน (Saponification)	46
4.6 การกำจัดโพลีอินในสารสกัดแคโรทีนอยด์โดยการกลั่นด้วยน้ำ (Hydrodistillation)	50
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	64
รายการอ้างอิง	68
ภาคผนวก	73
ประวัติผู้วิจัย	83

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของสารแคโรทีนอยด์ในน้ำมันปาล์ม	5
ตารางที่ 2.2 ปริมาณการนำเข้าและส่งออกวิตามินเอและอนุพันธ์ของวิตามินเอ จากต่างประเทศในช่วงปี พ.ศ. 2532-2541	8
ตารางที่ 2.3 ความสามารถในการละลายของบีตา-แคโรทีนในตัวทำละลายอินทรีย์	12
ตารางที่ 2.4 ปริมาณบีตา-แคโรทีนในพืชชนิดต่าง ๆ	13
ตารางที่ 2.5 Vitamin A Activity ในสารแคโรทีนอยด์บางชนิด	15
ตารางที่ 2.6 การสลายตัวของบีตา-แคโรทีนที่อุณหภูมิ 210 °C	16
ตารางที่ 2.7 ชนิดตัวดูดซับและปัจจัยของการดูดซับสารแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์ม	19
ตารางที่ 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	25
ตารางที่ 3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	26
ตารางที่ 3.3 ภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์บีตา-แคโรทีนโดยเครื่อง HPLC	28
ตารางที่ 3.4 ภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์โทลูอีนโดยเครื่อง HPLC	30
ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นสารแคโรทีนอยด์ และบีตา-แคโรทีนในน้ำมันปาล์มดิบ	37
ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์การชะสารแคโรทีนอยด์ออกจากผงถ่านกัมมันต์ด้วยโทลูอีน ที่มี 2 % tween 80 ครั้งละ 50 มิลลิลิตร 2 ครั้ง	39
ตารางที่ 4.3 ความเข้มข้นสารแคโรทีนอยด์ บีตา-แคโรทีน และโทลูอีนตกค้าง ในน้ำมันปาล์มดิบ และในสารสกัดแคโรทีนอยด์	40
ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสกัดออกจากผงถ่านกัมมันต์ ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ ที่อุณหภูมิ 60 และ 80 °C ความดัน 6,000 psi	44
ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสกัดออกจากผงถ่านกัมมันต์ด้วย คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติที่อุณหภูมิ 80 °C ความดัน 6,000 psi	45
ตารางที่ 4.6 ความเข้มข้นสารแคโรทีนอยด์ บีตา-แคโรทีน และโทลูอีนตกค้างใน สารสกัดแคโรทีนอยด์ ก่อนและหลังทำปฏิกิริยาซาฟอนนิฟิเคชัน	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.7 ความเข้มข้นสารแคโรทีนอยด์ บีตา-แคโรทีน และโทลูอินตก้าง ภายหลังจากการกลั่นสารสกัดแคโรทีนอยด์ 5.0 กรัม ด้วยไอน้ำ เป็นเวลา 30 นาที	51
ตารางที่ 4.8 ความเข้มข้นสารแคโรทีนอยด์ที่เหลือจากการกลั่นสารสกัดแคโรทีนอยด์ 5.0 กรัม โดยการเติมน้ำปริมาตรต่าง ๆ กลั่นในอ่างน้ำมันร้อนที่อุณหภูมิ 125 ° C วิเคราะห์โดยเทคนิคยูวีวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี	53
ตารางที่ 4.9 ความเข้มข้นโทลูอินที่เหลือจากการกลั่นสารสกัดแคโรทีนอยด์ 5.0 กรัม โดยการเติมปริมาตรต่าง ๆ กลั่นในอ่างน้ำมันร้อนที่อุณหภูมิ 125 ° C วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC	54
ตารางที่ 4.10 ความเข้มข้นสารแคโรทีนอยด์ และโทลูอินที่เหลือจากการกลั่นสารสกัดแคโรทีนอยด์ 100.0 กรัม โดยการเติมน้ำ 400 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 125 ° C	57
ตารางที่ 4.11 ความเข้มข้นสารแคโรทีนอยด์ และโทลูอินที่เหลือจากการระเหยสารสกัดแคโรทีนอยด์ 5.0 กรัม ที่เติมน้ำ 20 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน ที่อุณหภูมิ 60 ° C ความเร็วในการหมุน 100 รอบ/นาที	60
ตารางที่ 4.12 ความเข้มข้นสารแคโรทีนอยด์ และโทลูอินที่เหลือจากการระเหยสารสกัดแคโรทีนอยด์ 100.0 กรัม ที่เติมน้ำ 400 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุนที่อุณหภูมิ 60 ° C ความเร็วในการหมุน 100 รอบ/นาที	61

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	กระบวนการฟอกน้ำมันปาล์มอย่างย่อ	7
รูปที่ 2.2	โครงสร้างของสารแคโรทีนอยด์บางชนิด	10
รูปที่ 2.3	ตัวอย่างปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองการดูดกลืนแสงของสารแคโรทีนอยด์	11
รูปที่ 2.4	ขั้นตอนการสังเคราะห์บีตา-แคโรทีนในอุตสาหกรรม	14
รูปที่ 2.5	สารประกอบไม่มีขั้วในผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ได้จากการสกัดด้วย คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ	22
รูปที่ 3.1	ชุดอุปกรณ์การกลั่นไอน้ำ	33
รูปที่ 4.1	ภาพถ่ายลักษณะทางกายภาพของ ก. น้ำมันปาล์มดิบ ข. น้ำมันปาล์ม หลังการดูดซับ และค. สารสกัดแคโรทีนอยด์	41
รูปที่ 4.2	ภาพถ่ายลักษณะทางกายภาพของสารสกัดแคโรทีนอยด์ภายหลังผ่าน ปฏิกิริยาซาฟอนนิฟิเคชัน.....	49
รูปที่ 4.3	เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนอยด์ ที่เหลือจากการกลั่นสารสกัดแคโรทีนอยด์ 5.0 กรัม โดยการเติมน้ำปริมาตรต่าง ๆ กลั่นในอ่างน้ำมันร้อนที่อุณหภูมิ 125 °C	55
รูปที่ 4.4	เปอร์เซ็นต์โทลูอินที่เหลือจากการกลั่นสารสกัดแคโรทีนอยด์ 5.0 กรัม โดยเติมน้ำปริมาตรต่าง ๆ กลั่นในอ่างน้ำมันร้อนที่อุณหภูมิ 125 °C	56
รูปที่ 4.5	เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนอยด์ และโทลูอินที่เหลือในตัวอย่างที่ได้จากการ การกลั่นสารสกัดแคโรทีนอยด์ 100.0 กรัม โดยการเติมน้ำ 400 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 125 °C	57
รูปที่ 4.6	ภาพถ่ายเปรียบเทียบการกลั่นสารสกัดแคโรทีนอยด์ 100.0 กรัม และ 5.0 กรัม	59
รูปที่ 4.7	เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนอยด์ และโทลูอินที่เหลือจากการระเหยสารสกัด แคโรทีนอยด์ 5.0 กรัม ที่เติมน้ำ 20 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แบบหมุนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วในการหมุน 100 รอบ/นาที	60
รูปที่ 4.8	เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนอยด์ และโทลูอินที่เหลือจากการระเหยสารสกัด แคโรทีนอยด์ 100.0 กรัม ที่เติมน้ำ 400 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แบบหมุนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วในการหมุน 100 รอบ/นาที	61

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.9	
ภาพถ่ายเปรียบเทียบพื้นที่ผิวสัมผัสการระเหยของการระเหย	
ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน	63

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

HPLC = ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี

ppm = หนึ่งในล้านส่วน

% = เปอร์เซ็นต์

°C = องศาเซลเซียส

α = แอลฟา

β = บีตา

γ = แกมมา