

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มโอเลอินด้วยวิธีการดูดซับ โดยได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของบีตา-แคโรทีนในน้ำมันปาล์มโอเลอิน ได้แก่ ความร้อน และสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ในการสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มได้ทำการศึกษาทั้งในระบบแบบพอร์และระบบคอลัมน์ โดยในระบบแบบพอร์ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นของการดูดซับและการชะสารแคโรทีนบนผงคาร์บอนกัมมันต์ ซึ่งใช้น้ำมันปาล์มโอเลอินในการหาสภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนต่าง ๆ โดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่ ชนิดของตัวดูดซับ , อุณหภูมิ , อัตราส่วนระหว่างผงคาร์บอนกัมมันต์ต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน และระยะเวลาในการดูดซับ ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการชะ ได้แก่ อุณหภูมิ ชนิดของตัวชะ และวิธีการชะโดยอัลตราโซนิคส์ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาประสิทธิภาพของผงคาร์บอนกัมมันต์ในการนำกลับมาใช้งานใหม่แต่ละครั้ง

การศึกษาในระบบคอลัมน์ ทำการศึกษา 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาต้นแบบการดูดซับ และการชะสารบีตา-แคโรทีนในเม็ดคาร์บอนกัมมันต์ โดยใช้สารละลายมาตรฐานบีตา-แคโรทีนในการศึกษาปัจจัยต่างๆในขั้นตอนการดูดซับและการชะ ได้แก่ อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับและการชะ , อุณหภูมิในขั้นตอนการดูดซับและการชะ และการศึกษาประสิทธิภาพของคอลัมน์เมื่อนำกลับมาใช้งานใหม่ในแต่ละรอบ

ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาการสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มโอเลอินในระบบคอลัมน์เดี่ยวและระบบ 3 คอลัมน์ต่อเนื่อง

การศึกษาสภาวะในระบบแบบพท์

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของบีตา-แคโรทีน

1.1 ความร้อน

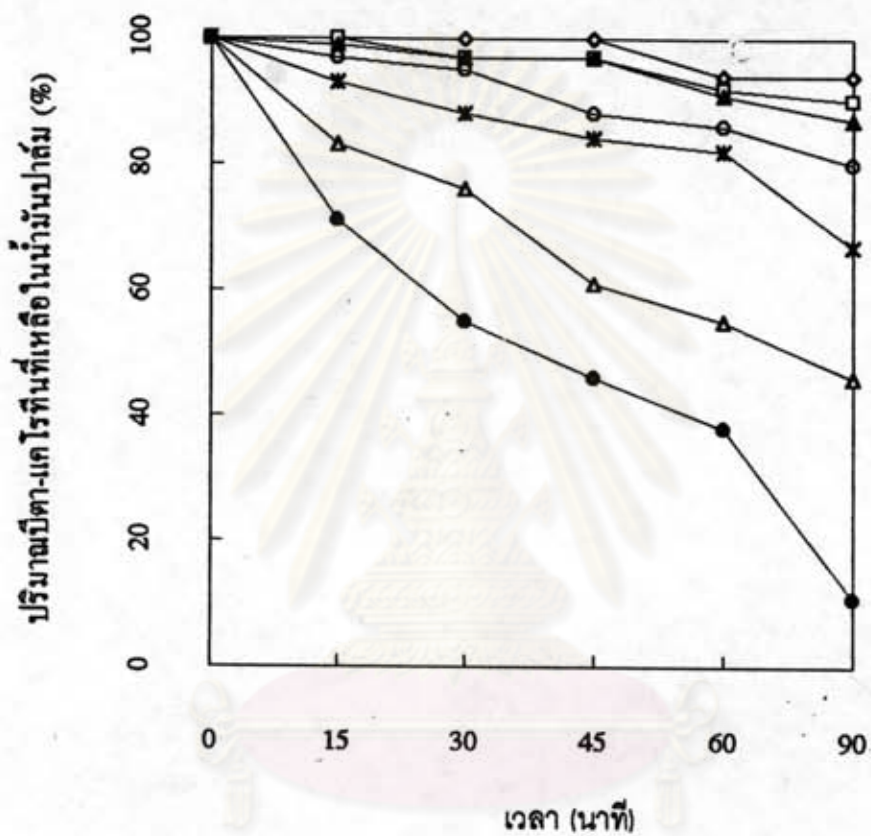
ทำการศึกษาผลของความร้อนต่อการสลายตัวของบีตา-แคโรทีนในน้ำมันปาล์ม โดยทำการให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มซึ่งใส่ในหลอดทดลองชนิดมีฝาเกลียวปิดหลอดละ 0.1 กรัม นำไปแช่ในอ่างน้ำมัน แปรอุณหภูมิตั้งแต่ 60 °ซ - 120 °ซ โดยแต่ละอุณหภูมิมีช่วงห่าง 10 °ซ และแปรระยะเวลาในการให้ความร้อนเป็น 15 , 30 , 45 , 60 และ 90 นาที จากนั้นจึงนำ น้ำมันปาล์มที่ได้รับความร้อนที่แต่ละอุณหภูมิ และระยะเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารบีตา-แคโรทีนด้วยเครื่อง HPLC ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.1 พบว่าที่อุณหภูมิ 60 °ซ มีปริมาณบีตา-แคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์ม หลังจากให้ความร้อนมากที่สุด โดยในระยะเวลา 45 นาทีแรกไม่มีการสลายตัวของบีตา-แคโรทีน เลย แต่หลังจากนั้นมีการสลายตัวของบีตา-แคโรทีนเล็กน้อยและที่อุณหภูมิ 80 °ซ ระยะเวลาในการได้รับความร้อน 30 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิและระยะเวลาในการได้รับความร้อนเช่นเดียวกันกับ ในขั้นตอนการดูดซับสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มในระบบแบบพท์ พบว่ามีปริมาณบีตา-แคโรทีน ที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังจากได้รับความร้อน 97 % ซึ่งแสดงว่ามีการสูญเสียบีตา-แคโรทีน เนื่องจากความร้อนไปเพียง 3 % และเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ปริมาณบีตา-แคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มลดลงตามลำดับซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและ ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้บีตา-แคโรทีนมีการสลายตัวมากยิ่งขึ้น และที่อุณหภูมิ 120 °ซ บีตา-แคโรทีนมีสลายตัวมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณบีตา-แคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปลาที่อุณหภูมิ 60°C - 120 °C
ระยะเวลาในการให้ความร้อน 15 - 90 นาที

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณบีตา-แคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปลา (%)				
	ระยะเวลาในการให้ความร้อน (นาที)				
	15	30	45	60	90
60	100	100	100	94	94
70	100	97	97	92	90
80	99	97	97	91	87
90	97	95	88	86	80
100	93	88	84	82	67
110	83	76	61	55	46
120	71	55	46	38	11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

◆ 60 °ซ □ 70 °ซ
 ▲ 80 °ซ ○ 90 °ซ
 ✱ 100 °ซ △ 110 °ซ
 ● 120 °ซ

รูปที่ 3.1 แสดงเปอร์เซ็นต์บีตา-แคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 60 °ซ - 120 °ซ
ระยะเวลาในการให้ความร้อน 5 - 90 นาที

1.2 สารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน

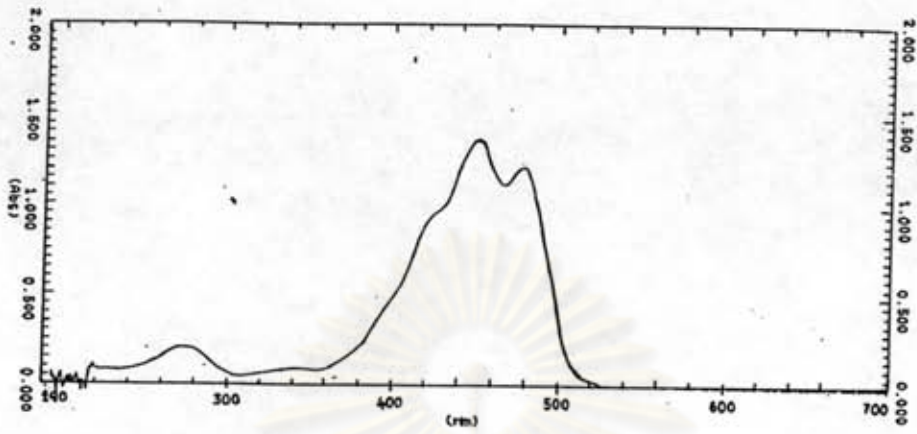
ทำการศึกษาลักษณะของสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันต่อการดูดซับสารแคโรทีนบนผงคาร์บอนกัมมันต์ ที่อุณหภูมิ 80 °ซ , ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที , ใช้ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ 2.5 กรัม, ปริมาณน้ำมันปาล์มโอเลอิน 10.0 กรัม, อุณหภูมิในการชะ 25 °ซ และใช้ไทลูอินเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร โดยเปรียบเทียบการดูดซับของผงคาร์บอนกัมมันต์ 2 ชุด เมื่อผ่านการแช่และไม่แช่ผงคาร์บอนกัมมันต์ในสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ก่อนที่จะนำไปใช้ดูดซับสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มโอเลอิน ซึ่งชุดที่ 1 เป็นผงคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลาย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอิน (BHT) ที่มีสภาพเป็นต่าง ส่วนชุดที่ 2 เป็นผงคาร์บอนกัมมันต์ที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลายดังกล่าว จากการทดลองผงคาร์บอนกัมมันต์ชุดที่ 1 สามารถสกัดสารแคโรทีนออกจากร้ำมันปาล์มได้มากกว่าผงคาร์บอนกัมมันต์ชุดที่ 2 ประมาณ 5 เท่า โดยมีผลผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนเท่ากับ 32 % ส่วนผงคาร์บอนกัมมันต์ชุดที่ 2 มีผลผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนเท่ากับ 7 % ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันหลังการดูดซับแล้ว ผงคาร์บอนกัมมันต์ชุดที่ 2 มีปริมาณสารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ 6 % ขณะที่ผงคาร์บอนกัมมันต์ชุดที่ 1 มีปริมาณสารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ 30 %

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบสารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับสารแคโรทีน และ เปรียบเทียบผลผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีน เมื่อทำการดูดซับที่อุณหภูมิ 80 °ซ ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที , คาร์บอนกัมมันต์ 2.5 กรัม, น้ำมันปาล์มโอเลอิน 10.0 กรัม, อุณหภูมิในการชะ 25 °ซ และใช้ไทลูอินเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร

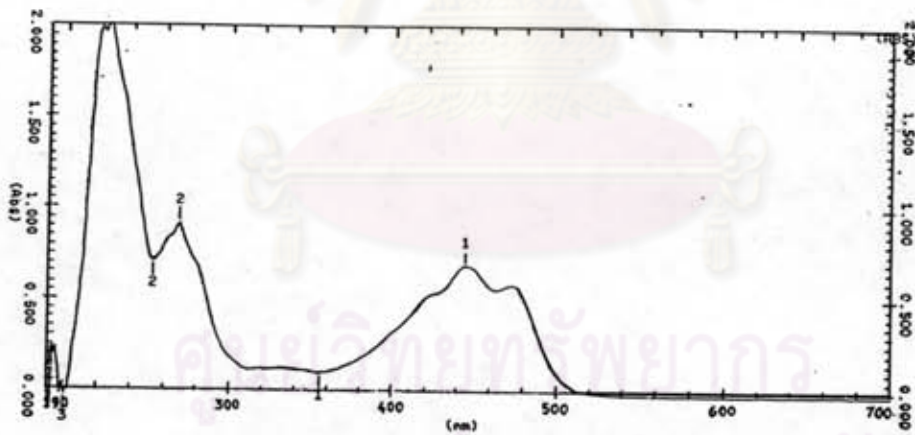
ผงคาร์บอนกัมมันต์	เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือ ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลกลับคืน
แช่ใน 0.5 % BHT	30	32
ไม่แช่ใน 0.5 % BHT	6	7

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผงคาร์บอนกัมมันต์ที่ไม่ได้บำบัดด้วยสารป้องกันการเกิดการออกซิเดชันจะทำให้เกิดการสูญเสียสารแคโรทีนไปเป็นจำนวนมาก อาจเนื่องมาจากเกิดการออกซิเดชันด้วยสารที่ทำให้เกิดการออกซิเดชันที่ผิวของผงคาร์บอนกัมมันต์ ทำให้สารแคโรทีนเปลี่ยนรูปเป็นสารอื่นซึ่งไม่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงคลื่น 445 นาโนเมตร ซึ่งจากการศึกษาของ Ong , Boey and Ong et al. (91) พบว่าเมื่อใช้ผงคาร์บอนกัมมันต์ที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันในการสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์ม สารแคโรทีนที่สกัดได้จะปรากฏที่ความยาวคลื่น 325 นาโนเมตร เสมอ แต่เมื่อใช้ผงคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันในการสกัดสารแคโรทีนที่ได้จะไม่ปรากฏที่ความยาวคลื่นดังกล่าว

จากสเปกตรัมแสดงการดูดกลืนแสงของสารแคโรทีนในน้ำมันปาล์ม จะเห็นว่า มีรูปแบบของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงเหมือนกันกับสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน บีตา-แคโรทีนและมีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 445 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2 จากการทดลองจะสังเกตเห็นสีของน้ำมันปาล์มภายหลังการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารละลาย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน มีลักษณะของสีที่เปลี่ยนจากเดิมซึ่งเป็นสีเหลืองกลายเป็นสีเขียวออกเหลือง และเมื่อนำสารละลายน้ำมันปาล์มดังกล่าวซึ่งละลายในโทลูอีนไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 190-700 นาโนเมตร จะเห็นว่าการดูดกลืนแสงของสารแคโรทีนที่ 445 นาโนเมตร ลดลง ลักษณะพีคมีความกว้างมากขึ้น และปรากฏที่ 320 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.3ก เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารแคโรทีนที่เหลืองอยู่ในน้ำมันปาล์มภายหลังการดูดซับสารแคโรทีนด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ข จะเห็นได้ว่าลักษณะสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารแคโรทีนในน้ำมันปาล์มภายหลังการดูดซับสารแคโรทีนด้วยคาร์บอนกัมมันต์ทั้ง 2 ชุด มีรูปแบบของสเปกตรัมที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนและสารแคโรทีนที่ชะออกมาได้จากคาร์บอนกัมมันต์ทั้ง 2 ชุดก็มีลักษณะของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนเช่นกัน โดยสเปกตรัมของสารแคโรทีนที่ชะออกมาได้จากคาร์บอนกัมมันต์ที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน จะไม่ปรากฏการดูดกลืนแสงที่ 445 นาโนเมตร แสดงให้เห็นว่าเกิดการออกซิเดชันของสารแคโรทีนกลายเป็นสารรูปอื่นโดยไม่มีการดูดกลืนแสงที่ 445 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ค ส่วนสารแคโรทีนที่ชะออกมาได้จากคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน จะเห็นได้ว่า ลักษณะสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารแคโรทีนยังคงมีรูปแบบเดิมคล้ายกันกับสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารแคโรทีนในน้ำมันปาล์มโอดีเอ็นและสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานบีตา-แคโรทีน แสดงว่าสารแคโรทีนที่ชะออกมาได้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารชนิดอื่น



ก

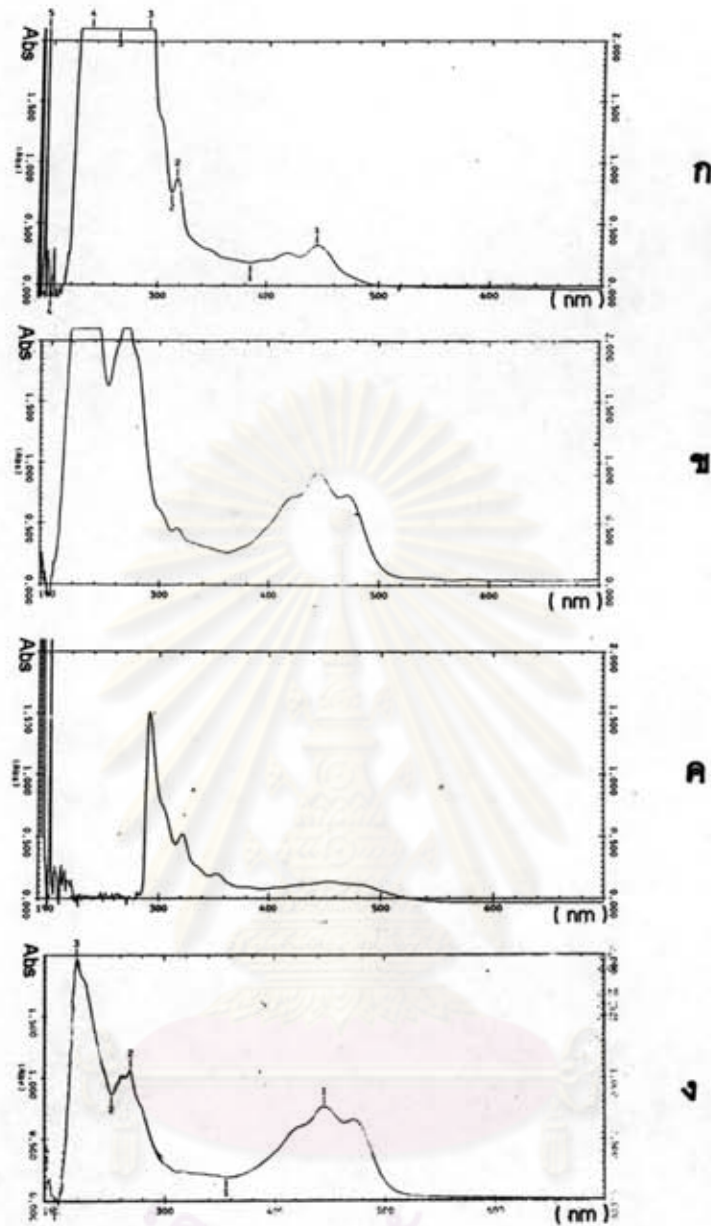


ข

รูปที่ 3.2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของบีตา-แคโรทีน

ก. สารมาตรฐานบีตา-แคโรทีน

ข. น้ำมันปาล์มโอเลอิน



รูปที่ 3.3 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารแคโรทีน

- ก. น้ำมันปลาสดหลังการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน
- ข. น้ำมันปลาสดหลังการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน
- ค. สารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้เมื่อใช้คาร์บอนกัมมันต์ที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน
- ง. สารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้เมื่อใช้คาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน

2. ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดูดซับ

2.1 ชนิดของตัวดูดซับ

ชนิดของตัวดูดซับเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากต่อกระบวนการดูดซับ โดยตัวดูดซับต่างชนิดกันจะมีการดูดซับสารแคโรทีนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของเคมีพื้นผิวและพื้นที่ผิวของตัวดูดซับแต่ละชนิด การทดลองที่ผ่านมามีผลคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด ดังนั้นเพื่อที่จะทราบประสิทธิภาพในการดูดซับผงคาร์บอนกัมมันต์แต่ละชนิด และการใช้ผงคาร์บอนกัมมันต์ร่วมกับตัวดูดซับชนิดอื่นคือ แอคติเวเตดเคลย์ ซึ่งเป็นตัวดูดซับอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการฟอกสีน้ำมันปาล์มในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์ม โดยอัตราส่วนระหว่างผงคาร์บอนกัมมันต์ต่อแอคติเวเตดเคลย์เป็น 2 : 1 จึงได้ดำเนินการทดลองโดยทำการดูดซับที่อุณหภูมิ 80 °ซ , ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที และใช้ปริมาณตัวดูดซับ 2.5 กรัม ซึ่งผ่านการบำบัดด้วย 0.5% บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีนก่อนทำการดูดซับสารแคโรทีน, ปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม ซึ่งมีปริมาณสาร แคโรทีน 7.09 มิลลิกรัม , อุณหภูมิในการชะ 25 °ซ และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 แอคติเวเตดเคลย์มีปริมาณสารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับน้อยที่สุดเพียง 1 % เท่านั้นแต่อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการชะสารแคโรทีน ทำการชะได้น้อยมากโดยมีผลผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนเพียง 6 % ในขณะที่ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียดมีการดูดซับสารแคโรทีนที่ต่ำกว่า โดยมีปริมาณสารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ 29 % แต่มีผลผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนเท่ากับ 29 % ส่วนตัวดูดซับผสมระหว่างผงคาร์บอนกัมมันต์กับแอคติเวเตดเคลย์ มีผลผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนและปริมาณสารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเท่ากับ 22 % และ 20 % ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้ผงคาร์บอนกัมมันต์ในการดูดซับสามารถทำการชะสารแคโรทีนออกมาได้มากกว่าการใช้แอคติเวเตดเคลย์เพียงอย่างเดียว และการใช้ตัวดูดซับผสมระหว่างคาร์บอนกัมมันต์กับแอคติเวเตดเคลย์

ตารางที่ 3.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ เมื่อแปรชนิดของตัวดูดซับ, อุณหภูมิในการดูดซับ 80 °ซ ,ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที , ปริมาณตัวดูดซับ 2.5 กรัม , ปริมาณน้ำมันปาล์มโอเลอิน 10.0 กรัม , อุณหภูมิในการชะ 25 °ซ , ใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร

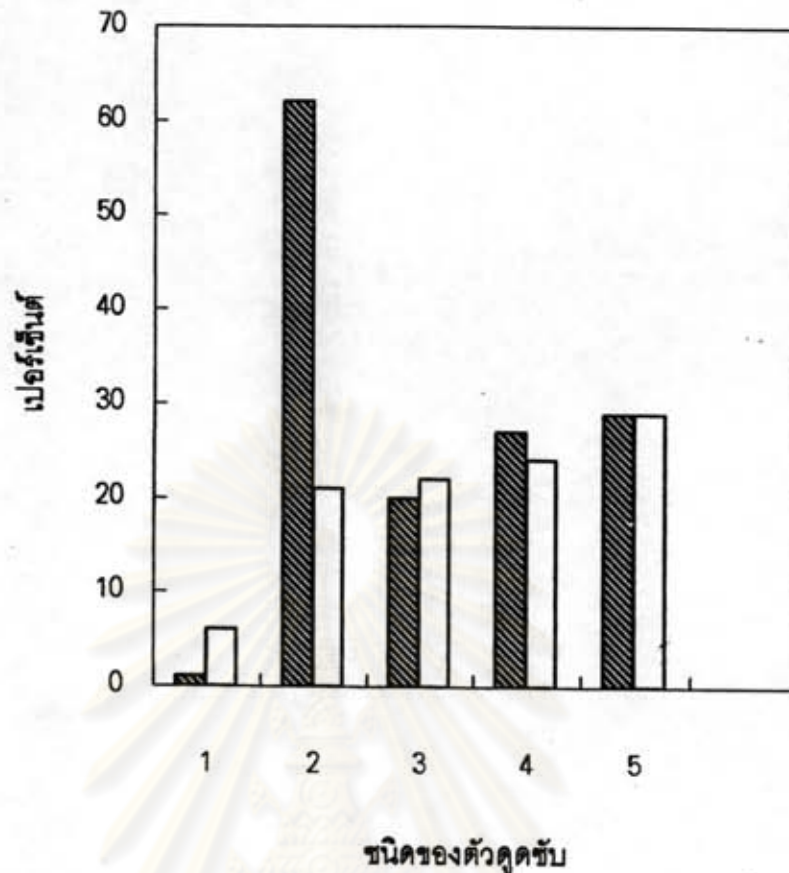
ชนิดของตัวดูดซับ*	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืน	เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือ ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ
1	6	1
2	21	62
3	22	20
4	24	27
5	29	29

หมายเหตุ

- * 1 : แอคติเวเตดเคลย์
 2 : ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดหยาบ
 3 : แอคติเวเตดเคลย์ : ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด
 อัตราส่วน 1 : 2
 4 : ผงคาร์บอนกัมมันต์จากโรงงานพาโมลา จำกัด
 5 : ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





- เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนในน้ำมันหลังการดูดซับ
 □ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลกลับคืน

รูปที่ 3.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ เมื่อแปรชนิดของตัวดูดซับ, อุณหภูมิในการดูดซับ 80 °ซ ,ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที , ปริมาณตัวดูดซับ 2.5 กรัม , ปริมาณน้ำมันปาล์มโอเลอิน 10.0 กรัม , อุณหภูมิในการระเหย 25 °ซ , ใช้โทลูอินเป็นตัวระเหย 100 มิลลิลิตร

- หมายเหตุ * 1. แอคติเวเตดเคลย์
 2. ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดหยาบ
 3. แอคติเวเตดเคลย์ : ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด อัตราส่วน 1 : 2
 4. ผงคาร์บอนกัมมันต์จากโรงงานพาโมลา จำกัด
 5. ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด

จากการทดลองแอคติเวเตดเคลย์มีปริมาณสารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์ม หลังการดูดซับต่ำสุด แต่ในขั้นตอนการชะสารแคโรทีนออกจากตัวดูดซับนั้นทำได้น้อยมาก ทั้งนี้ เนื่องจากกระบวนการดูดซับสารแคโรทีนบนแอคติเวเตดเคลย์เป็นการดูดซับทางเคมี สารแคโรทีน จะถูกทำลายไปในขณะทำการดูดซับ โดยเกิดการออกซิเดชันและเกิดการเปลี่ยนแปลงไอโซเมอร์ ของสารแคโรทีน (72, 73, 74, 77, 86) จะสังเกตได้จากสีของสารละลายที่ได้ภายหลังการสกัด และสีของน้ำมันปาล์มภายหลังการดูดซับจะเปลี่ยนจากสีเหลืองกลายเป็นสีเขียวอ่อนออกเหลือง ซึ่งจากการศึกษาของ Khoo et al. (68, 69) และ Kheok , S.C. and Lim,E.E (72) พบว่าสาร บีตา-แคโรทีนจะถูกทำลายในขณะที่ทำการดูดซับด้วยแอคติเวเตดเคลย์ สีของสารละลาย บีตา-แคโรทีนภายหลังการดูดซับเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนออกเหลือง และปรากฏที่คลื่นใหม่ที่ 330 นาโนเมตร และ 360 นาโนเมตร ขณะที่การดูดกลืนแสงของบีตา-แคโรทีนที่ 453 นาโนเมตรลดลง

การดูดซับสารแคโรทีนบนผงคาร์บอนกัมมันต์เป็นการดูดซับแบบฟิสิกส์ ซึ่งเป็น การสะสมสารแคโรทีนไว้ที่ผิวหน้าของตัวดูดซับแบบธรรมดา ดังนั้นลักษณะของพื้นที่ผิวของผง คาร์บอนกัมมันต์แต่ละชนิดจึงมีความสำคัญต่อการดูดซับมาก จากการทดลองผงคาร์บอน กัมมันต์ชนิดละเอียดมีการดูดซับสารแคโรทีนได้ดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากเป็นผงคาร์บอนกัมมันต์ ที่มีพื้นที่ผิวในการดูดซับมากกว่าดังนั้นจึงดูดซับสารแคโรทีนได้มากกว่า ส่วนผงคาร์บอนกัมมันต์ ชนิดหยาบนั้นดูดซับสารแคโรทีนได้ต่ำที่สุด โดยปริมาณสารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์ม ภายหลังการดูดซับมีปริมาณ 62 % แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีน มีค่า 21 % ซึ่งใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนเมื่อใช้ตัวดูดซับชนิดที่ 3 และชนิดที่ 4 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะพื้นที่ผิวในการดูดซับที่หยาบกว่าจึงทำให้การชะ สารแคโรทีนออกจากผิวหน้าของตัวดูดซับทำได้ง่ายกว่า

ส่วนตัวดูดซับผสมระหว่างแอคติเวเตดเคลย์กับผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด อัตราส่วน 1 : 2 จะเห็นได้ว่ามีการดูดซับสารแคโรทีนได้มากกว่าการใช้ผงคาร์บอนกัมมันต์เพียง อย่างเดียวในการดูดซับ โดยมีปริมาณสารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับต่ำกว่า แต่ในขั้นตอนการชะมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนที่น้อยกว่า เนื่องจากสารแคโรทีน ที่ถูกดูดซับจะถูกทำลายด้วยแอคติเวเตดเคลย์ไปบางส่วน

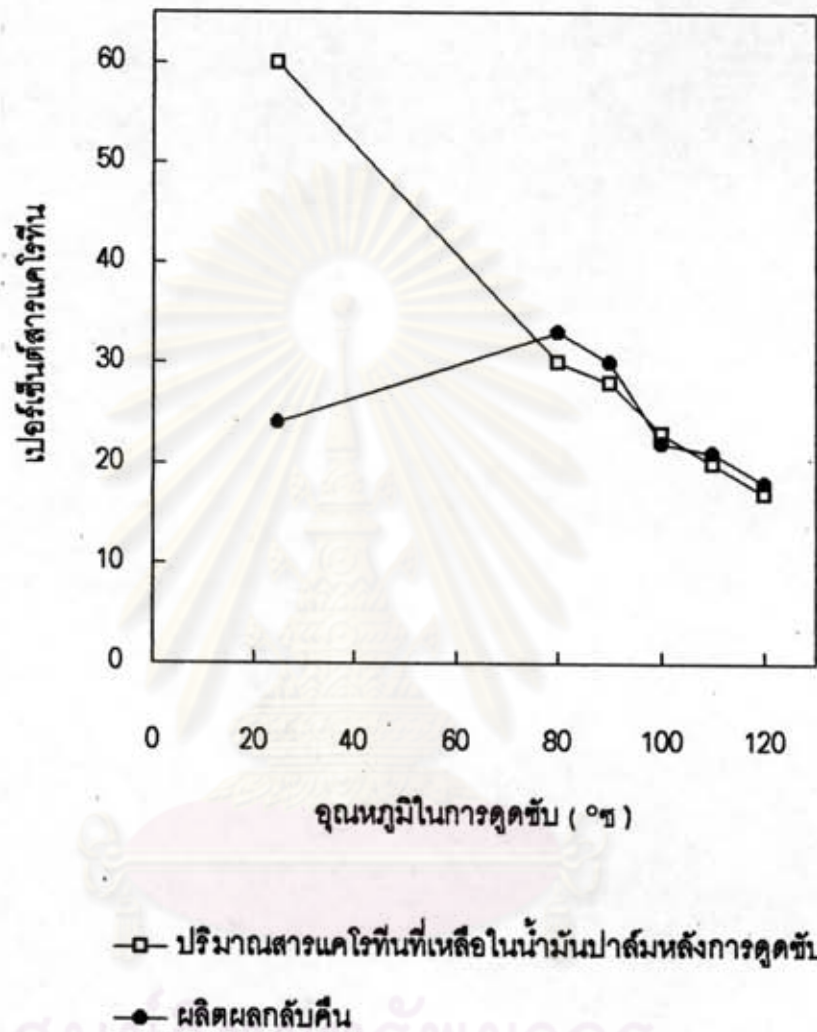
ดังนั้นตัวดูดซับที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มจึงเลือก ใช้ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียดสำหรับดำเนินการทดลองต่อไป

2.2 อุณหภูมิ

การศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดซับสารแคโรทีนบนผงคาร์บอนกัมมันต์ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที , ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด 2.5 กรัม ซึ่งผ่านการบำบัดด้วยสารละลายบิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน และปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม . โดยแปรอุณหภูมิในการดูดซับที่ 25 °ซ และอุณหภูมิระหว่าง 80 °ซ - 120 °ซ ซึ่งมีช่วงห่างของแต่ละอุณหภูมิ 10 °ซ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงดังกล่าวเป็นช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการฟอกสีน้ำมันปาล์มดิบในโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มเพื่อการบริโภคซึ่งมีค่าประมาณ 110 °ซ - 120 °ซ ดังนั้นจึงเลือกทดสอบในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว เพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับระบบต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรมน้อยที่สุด ผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 80 °ซ สามารถสกัดสารแคโรทีนได้มากที่สุดโดยมีผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนเท่ากับ 33 % และปริมาณสารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเท่ากับ 30 % ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.5 จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงมากกว่า 80°ซ ปริมาณสารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับจะลดลงตามลำดับ ซึ่งปริมาณสารแคโรทีนส่วนที่หายไปนี้อาจไม่ได้ถูกดูดซับอยู่บนผงคาร์บอนกัมมันต์ทั้งหมด โดยส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการสูญเสียเนื่องจากความร้อนของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นผลผลิตกลับคืนจึงมีค่าลดลงตามลำดับและอีกส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการที่สารแคโรทีนถูกดูดซับเกาะติดแน่นกับผงคาร์บอนกัมมันต์มากเกินไป จึงทำให้การชะสารแคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์ทำได้ยาก

ตารางที่ 3.4 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเมื่อแปรอุณหภูมิในการดูดซับที่ 25°ซ และ 80°ซ - 120°ซ ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที, ปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม, คาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด 2.5 กรัม ซึ่งผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน อุณหภูมิในการชะ 25°ซ และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร

อุณหภูมิ (°ซ)	เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืน
25	60	24
80	30	33
90	28	30
100	23	22
110	20	21
120	17	18



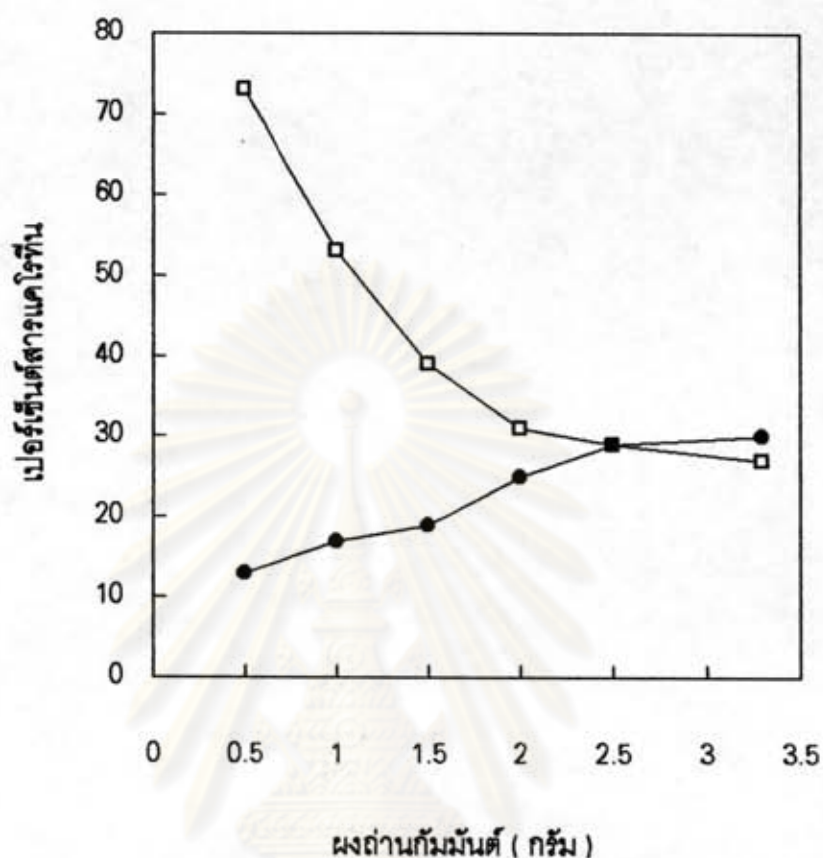
รูปที่ 3.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์กลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเมื่อแปรอุณหภูมิในการดูดซับที่ 25°C และ 80°C - 120°C ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที, ปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม, คาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด 2.5 กรัม ซึ่งผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน อุณหภูมิในการระเหย 25°C และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร

2.3 อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างผงคาร์บอนกัมมันต์ต่อปริมาณน้ำมันปาล์ม

ทำการศึกษ้อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างตัวดูดซับต่อปริมาณน้ำมันปาล์ม ทำการแปรปริมาณผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียดที่ผ่านการบำบัดด้วย 0.5% บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน ตั้งแต่ 0.5 - 3.3 กรัม โดยให้ปริมาณน้ำมันปาล์มโอเลอินคงที่ 10.00 กรัม ซึ่งมีสารแคโรทีนเท่ากับ 7.09 มิลลิกรัม , อุณหภูมิในการดูดซับ 80°ซ เป็นระยะเวลา 30 นาที , อุณหภูมิในการชะ 25 °ซ และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.5 และรูปที่ 3.6 เมื่อปริมาณผงคาร์บอนกัมมันต์เพิ่มขึ้น การดูดซับสารแคโรทีนจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณสารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันหลังการดูดซับจะลดลง และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อทำการดูดซับโดยใช้ผงคาร์บอนกัมมันต์ 3.3 กรัม สารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันหลังการดูดซับเท่ากับ 27 % และผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนเท่ากับ 30% ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันมากเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ผงคาร์บอนกัมมันต์ 2.5 กรัม ซึ่งมีปริมาณสารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเท่ากับ 29 % และผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนเท่ากับ 29 % การทดลองในขั้นต่อไปจึงใช้ปริมาณผงคาร์บอนกัมมันต์ 2.5 กรัมต่อปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม

ตารางที่ 3.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียดที่ผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน เมื่อแปรปริมาณผงคาร์บอนกัมมันต์ 0.5-3.3 กรัมต่อปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม ซึ่งมีปริมาณแคโรทีน 7.09 มิลลิกรัม , อุณหภูมิในการดูดซับ 80 °ซ , ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที , อุณหภูมิในการชะ 25 °ซ และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร

ผงคาร์บอนกัมมันต์ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือ ในน้ำมันหลังการดูดซับ	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลกลับคืน
0.5	73	13
1.0	53	17
1.5	39	19
2.0	31	25
2.5	29	29
3.3	27	30



- ปริมาณสารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ
 —●— ผลิตผลกลับคืน

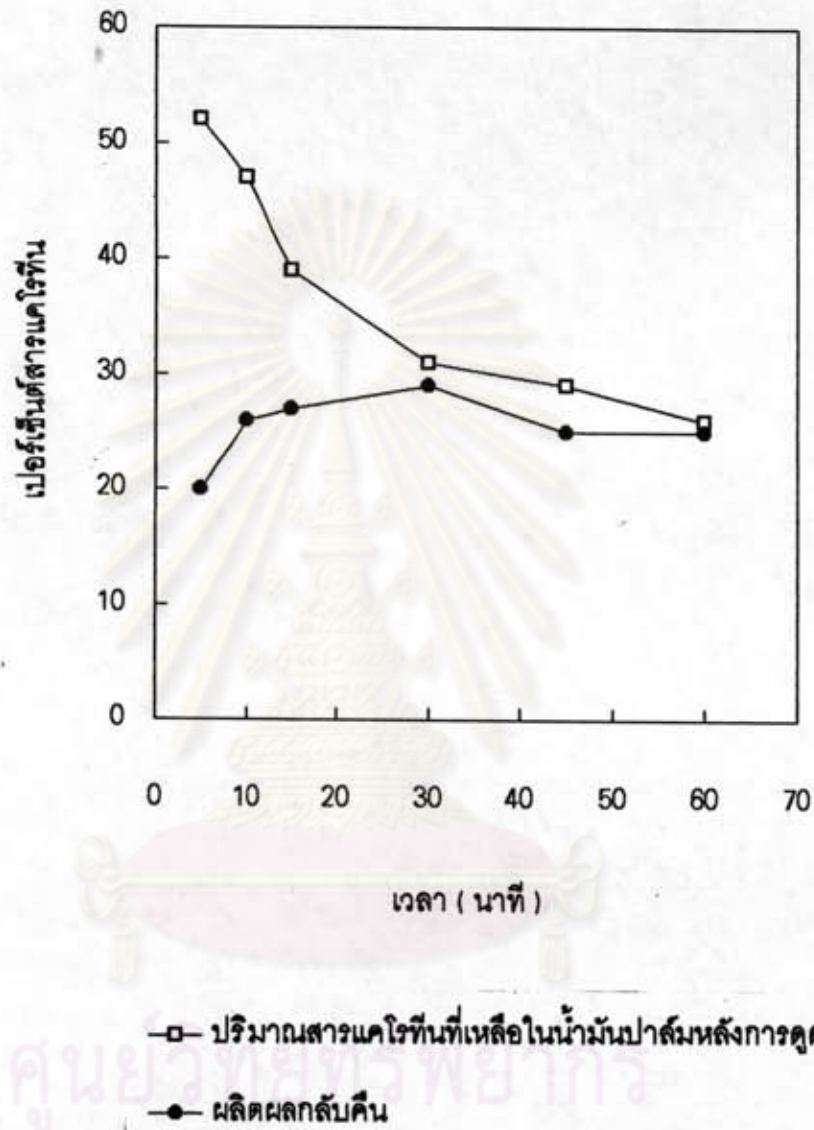
รูปที่ 3.6 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียดที่ผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน เมื่อแปรปริมาณผงคาร์บอนกัมมันต์ 0.5-3.3 กรัม ต่อปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม ซึ่งมีปริมาณแคโรทีน 7.09 มิลลิกรัม , อุณหภูมิในการดูดซับ 80 °ซ , ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที , อุณหภูมิในการระ 25 °ซ และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร

2.4 เวลาที่ผงคาร์บอนกัมมันต์ถึงจุดอิ่มตัวในการดูดซับ

การทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียดซึ่งผ่านการบดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน ปริมาณ 2.5 กรัม สามารถดูดซับสารแคโรทีน 7.09 มิลลิกรัม ในน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม ได้สูงสุดโดยในการทดลองทำการแปรเวลาในการดูดซับตั้งแต่ 5 - 60 นาที , อุณหภูมิในการดูดซับ 80°C , อุณหภูมิในการชะ 25°C และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.6 และรูปที่ 3.7 เมื่อเวลาในการดูดซับเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดซับสารแคโรทีนบนผงคาร์บอนกัมมันต์จะเพิ่มขึ้น และปริมาณสารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับจะลดลงตามลำดับจนกระทั่งที่เวลา 30 นาที การดูดซับจะเริ่มคงที่มีผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนสูงสุด 30 % และปริมาณสารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ 31 % ซึ่งที่ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที เป็นจุดอิ่มตัวในการดูดซับสารแคโรทีนของผงคาร์บอนกัมมันต์ และระยะเวลาหลังจากนี้แล้วการดูดซับควรจะคงที่ตลอดโดยมีเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนคงที่แต่จากการทดลองเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนมีค่าลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการดูดซับนานขึ้น มีผลทำให้สารแคโรทีนถูกทำลายด้วยความร้อนที่ใช้ในระหว่างการดูดซับมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3.6 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ เมื่อแปรเวลาในการดูดซับตั้งแต่ 5 - 60 นาที อุณหภูมิในการดูดซับ 80°C และปริมาณผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียดซึ่งผ่านการบดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน ปริมาณ 2.5 กรัม , ปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม , อุณหภูมิในการชะ 25 °C และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร

เวลา (นาที)	เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือ ในน้ำมันหลังการดูดซับ	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืน
5	52	20
10	47	26
15	39	27
30	31	30
45	29	25
60	26	25



รูปที่ 3.7 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนและเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาโลมหลังการดูดซับ เมื่อแปรเวลาในการดูดซับตั้งแต่ 5 - 60 นาที อุณหภูมิในการดูดซับ 80 °ซ , ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด 2.5 กรัม ซึ่งผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน , ปริมาณน้ำมันปาโลม 10.0 กรัม อุณหภูมิในการระ 25 °ซ และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร

3 ปัจจัยที่มีผลต่อการชะ

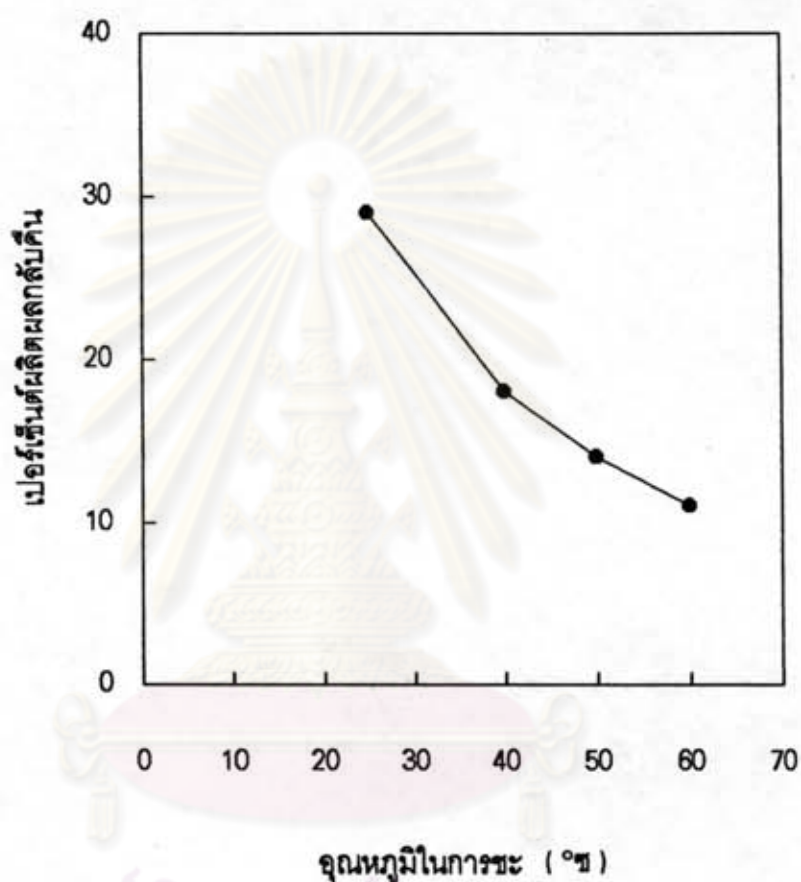
3.1 อุณหภูมิ

เพื่อที่จะทำการชะสารแคโรทีนที่ถูกดูดซับไว้บนผงคาร์บอนกัมมันต์ออกมาให้ได้มากที่สุด จึงได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในขั้นตอนการชะโดยดำเนินการทดลองตามวิธีการทดลองข้อ 3.3.1 แปรอุณหภูมิสำหรับการชะที่ 25°ซ , 40°ซ 50°ซ และ 60°ซ ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที และปริมาณตัวดูดซับต่อปริมาณตัวชะคือ ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด ซึ่งผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน ปริมาณ 2.5 กรัม : ปริมาณโทลูอีน 100 มิลลิลิตร ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.7 และรูปที่ 3.8 โดยอุณหภูมิในการชะเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนมีค่าลดลงตามลำดับ ซึ่งการชะสารแคโรทีนที่ 25°ซ มีผลผลิตกลับคืนสูงสุดเท่ากับ 29 %

การเพิ่มอุณหภูมิในขั้นตอนการชะ อาจทำให้สารแคโรทีนยิ่งเกิดการเกาะติดแน่นกับผงคาร์บอนกัมมันต์มากขึ้นจึงทำให้การชะสารแคโรทีนทำได้ยาก และอาจมีการสูญเสียสารแคโรทีนไปบางส่วนเนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการชะ ดังนั้นจึงทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนลดลงเรื่อย ๆ เมื่ออุณหภูมิในการชะเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3.7 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีน เมื่อแปรอุณหภูมิในการชะที่ 25°ซ และ 40°ซ- 60°ซ , อุณหภูมิในการดูดซับ 80°ซ ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียดที่ผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน 2.5 กรัม : โทลูอีน 100 มิลลิลิตร, ปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม , ระยะเวลาในการชานาน 30 นาที

อุณหภูมิ (°ซ)	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืน
25	29
40	18
50	14
60	11



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

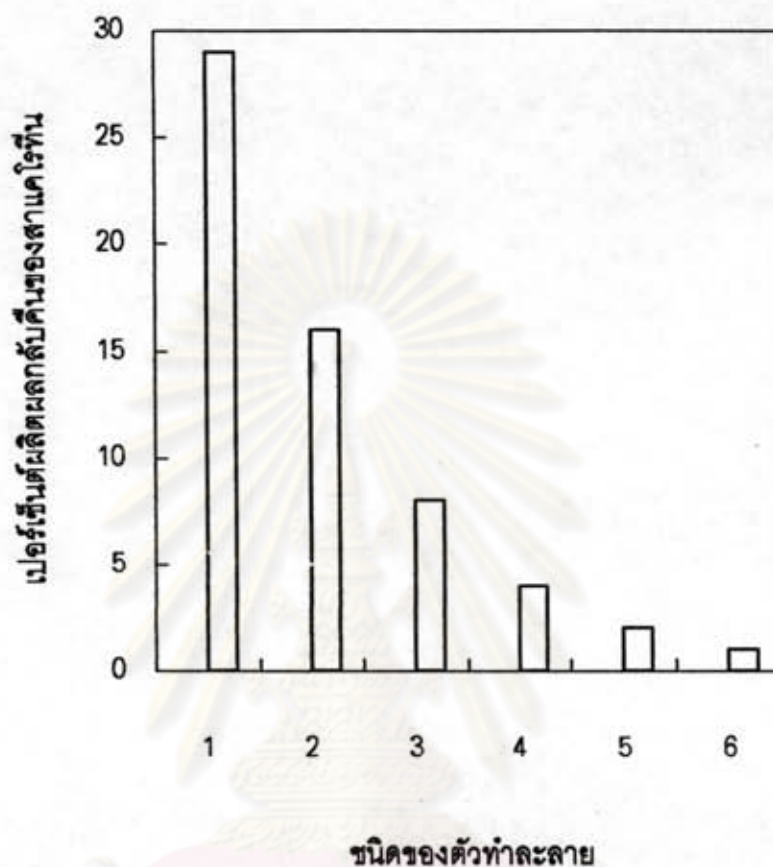
- รูปที่ 3.8 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีน เมื่อแปรอุณหภูมิในการชะที่ 25°C และ 40°C- 60°C , อุณหภูมิในการดูดซับ 80°C ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียดที่ผ่านการบำบัดด้วย 0.5 %บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน ปริมาณ 2.5 กรัม : โทลูอีน 100 มิลลิลิตร , ปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม ระยะเวลาในการชะนาน 30 นาที

3.2 ชนิดของตัวชะ

ชนิดของตัวชะเป็นปัจจัยที่สำคัญมากปัจจัยหนึ่งในขั้นตอนการชะสารแคโรทีน แคโรทีนออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์ โดยตัวชะสารแคโรทีนที่ดีจะต้องสามารถละลายสาร แคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์ได้มากที่สุด ภายใต้การชะที่อุณหภูมิ 25°C และปริมาณตัวชะ ต่อปริมาณตัวดูดซับเท่ากับผงคาร์บอนกัมมันต์ 2.5 กรัม : ปริมาณตัวชะ 100 มิลลิลิตร ภายใต้ สภาพะการดูดซับดังกล่าวข้างต้นในขั้นตอนการดูดซับ ในการทดลองนี้ทำการแปรชนิดของตัวชะ คือ โทลูอีน , คลอโรฟอร์ม , เฮปเทน , ไดคลอโรมีเทน , เฮกเซน และไซโคลเฮกเซน ซึ่งตัวชะที่ดี จะต้องชะสารแคโรทีนได้รวดเร็วและใช้ปริมาณตัวชะไม่มากนัก จากผลการทดลองโทลูอีน สามารถชะสารแคโรทีนได้มากที่สุดโดยมีผลผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีน 29 % ส่วนตัวทำละลาย ชนิดอื่นมีความสามารถในการชะสารแคโรทีนลดน้อยลงตามลำดับ และไซโคลเฮกเซนมีความ สามารถในการชะสารแคโรทีนต่ำที่สุดโดยมีผลผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนเพียง 1 % จนอาจ กล่าวได้ว่าไม่สามารถชะสารแคโรทีนออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์ได้เลย ดังแสดงในตารางที่ 3.8 และรูปที่ 3.9 กระบวนการชะสารแคโรทีนออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์เกิดขึ้นเนื่องจากการแทนที่ ของโมเลกุลของตัวทำละลายกับโมเลกุลของสารแคโรทีนที่ผิวหน้าของผงคาร์บอนกัมมันต์ และการเกิดพายนคอมเพลกซ์ (π-complex) ระหว่างโมเลกุลของสารแคโรทีนกับโมเลกุลของ ตัวทำละลาย เนื่องจากโทลูอีนเป็นตัวทำละลายชนิดอะโรมาติกดังนั้นจึงทำการชะสารแคโรทีน ได้มากกว่าตัวทำละลายชนิดอื่นซึ่งเป็นตัวทำละลายชนิดอะลิฟาติกและอะลิไซคลิก (91) และ โทลูอีนมีความสามารถในการละลายสารปีตา-แคโรทีนได้สูง (18) ดังนั้นจึงทำการชะสารแคโรทีน ออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์ได้มากที่สุดกว่าตัวทำละลายชนิดอื่นที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.8 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนเมื่อแปรชนิดของตัวชะ อุณหภูมิใน การชะ 25°C , ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด 2.5 กรัมที่ผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน , ปริมาณตัวชะ 100 มิลลิลิตร , อุณหภูมิในการดูดซับ 80°C ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที และปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม

ตัวทำละลาย	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืน
โทลูอีน	29
คลอโรฟอร์ม	16
เฮปเทน	8
ไดคลอโรมีเทน	4
เฮกเซน	2
ไซโคลเฮกเซน	1



รูปที่ 3.9 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีน เมื่อแปรชนิดของตัวระ อุดหนุนในการระ 25°C , ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด 2.5 กรัมที่ผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน , ปริมาณตัวระ 100 มิลลิลิตร , อุดหนุนในการดูดซับ 80°C ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที และปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม

หมายเหตุ

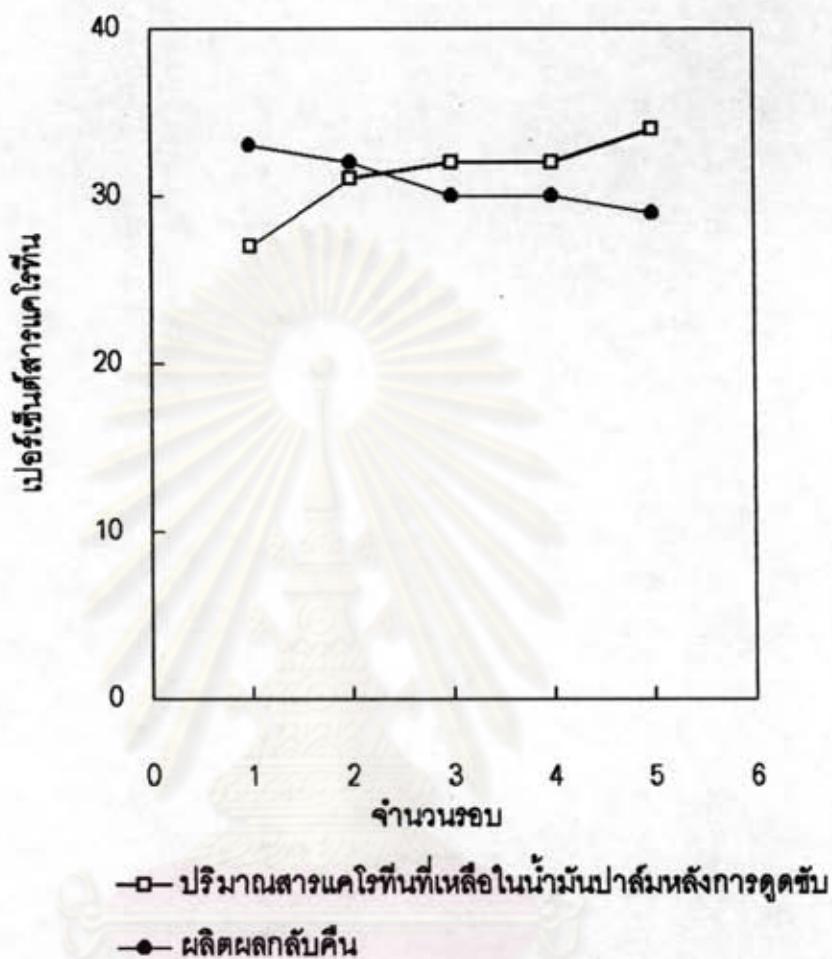
- | | |
|---------------|-----------------|
| 1: โทลูอีน | 4: ไดคลอโรมีเทน |
| 2: คลอโรฟอร์ม | 5: เฮกเซน |
| 3: เฮปเทน | 6: ไซโคลเฮกเซน |

4. ประสิทธิภาพของผงคาร์บอนกัมมันต์เมื่อนำกลับมาใช้งานซ้ำ

ทำการศึกษาประสิทธิภาพของผงคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้ในการสกัดสารแคโรทีน โดยนำผงคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการใช้งานในแต่ละรอบมาทำการดูดซับสารแคโรทีนซ้ำอีก 4 รอบ ซึ่งทำการแช่ผงคาร์บอนกัมมันต์ในสารละลายป้องกันการเกิดการออกซิเดชันเฉพาะในรอบแรกที่ทำ การดูดซับเท่านั้น ส่วนในรอบที่ 2, 3, 4 และ 5 เมื่อทำการชะสารแคโรทีนออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์ในแต่ละรอบแล้วนำมาดูดซับสารแคโรทีนได้เลย ภายใต้สภาวะการดูดซับและการชะดังวิธีการทดลองที่ 3.2 เมื่อใช้โทลูอีนปริมาณ 100 มิลลิลิตรเป็นตัวชะ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.9 และรูปที่ 3.10 จะเห็นได้ว่าการดูดซับสารแคโรทีนของผงคาร์บอนกัมมันต์ในรอบที่ 1- 4 ผงคาร์บอนกัมมันต์ยังคงมีประสิทธิภาพในการดูดซับในระดับที่ใกล้เคียงกัน และในรอบที่ 5 ประสิทธิภาพของผงคาร์บอนกัมมันต์ลดลงเล็กน้อยจากรอบที่ 1 โดยมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนลดลงจาก 33 % ในรอบที่ 1 เป็น 29 % ในรอบที่ 5 และเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจากการดูดซับในรอบที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในการชะสารแคโรทีนออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์ก่อนการดูดซับสารแคโรทีนใหม่ในแต่ละรอบไม่สามารถทำการชะสารแคโรทีนออกได้หมดสมบูรณ์ จึงทำให้การดูดซับสารแคโรทีนในรอบต่อๆมาลดลง

ตารางที่ 3.9 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีน และเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเมื่อนำผงคาร์บอนกัมมันต์มาใช้งานซ้ำ โดยใช้สภาวะในการดูดซับคือ ใช้ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด 2.5 กรัม ซึ่งผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน, อุณหภูมิในการดูดซับ 80 °ซ, ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที, ปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม และสภาวะในการชะคือ ใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร, อุณหภูมิในการชะ 25 °ซ และระยะเวลาในการชะ 30 นาที

รอบที่	เปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลือ ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืน
1	27	33
2	31	32
3	32	30
4	32	30
5	34	29



รูปที่ 3. 10 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีน และเปอร์เซ็นต์สารแคโรทีนที่เหลืออยู่ในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับเมื่อนำผงคาร์บอนกัมมันต์มาใช้งานซ้ำ โดยใช้สภาวะในการดูดซับคือ ใช้ผงคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียด 2.5 กรัม ซึ่งผ่านการบำบัดด้วย 0.5 % บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน , อุณหภูมิในการดูดซับ 80 °ซ , ระยะเวลาในการดูดซับ 30 นาที , ปริมาณน้ำมันปาล์ม 10.0 กรัม และสภาวะในการชะคือ ใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 100 มิลลิลิตร , อุณหภูมิในการชะ 25 °ซ และระยะเวลาในการชะ 30 นาที

3.3 การชะโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิคส์เปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ

การทดลองที่ผ่านมาในขั้นตอนการชะ พบว่าชนิดที่เหมาะสมของตัวชะสารแคโรทีนออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์คือ โทลูอีน ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงมีความพยายามที่จะหาวิธีที่จะทำให้สารแคโรทีนหลุดออกจากผิวหน้าของคาร์บอนกัมมันต์ให้มากที่สุด โดยเปรียบเทียบวิธีการชะสารแคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์ที่แตกต่างกัน 3 วิธีคือ การชะโดยนำคาร์บอนกัมมันต์ที่ดูดซับสารแคโรทีนแล้วนำมาแช่ในโทลูอีน แล้วนำไปวางบนเครื่องเย่าที่มีจำนวนรอบในการเย่า 150 รอบต่อนาที, การแช่คาร์บอนกัมมันต์ที่ดูดซับสารแคโรทีน แล้วแช่ในโทลูอีนตั้งทิ้งไว้ และการแช่ผงคาร์บอนกัมมันต์ที่ดูดซับสารแคโรทีน แล้วนำไปวางบนเครื่องอัลตราโซนิคส์ ซึ่งใช้คลื่นความถี่สูง 43 กิโลเฮิร์ตในการกระตุ้นให้สารแคโรทีนหลุดจากผิวหน้าของผงคาร์บอนกัมมันต์ได้ง่ายขึ้น จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการชะสารแคโรทีนในรอบแรกวิธีการชะโดยใช้เครื่องเย่าและการแช่ในโทลูอีนตั้งทิ้งไว้ สามารถชะสารแคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์ได้เท่ากับโดยมีเปอร์เซ็นต์การชะเท่ากับ 43 % ส่วนวิธีการชะโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิคส์มีการชะสูงสุดเท่ากับ 47 % ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการชะทั้ง 3 วิธี มีเปอร์เซ็นต์การชะไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อทำการชะซ้ำสามารถชะสารแคโรทีนออกมาได้น้อยมาก ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 3.10 ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและลดขั้นตอนในการทดลอง การชะสารแคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์โดยการแช่ในโทลูอีนแล้วตั้งทิ้งไว้ก็เป็นการเพียงพอแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.10 แสดงเปอร์เซ็นต์การชะสสารแคโรทีนออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์ โดยวิธีการชะที่แตกต่างกัน 3 วิธี

วิธีการชะ	เปอร์เซ็นต์การชะ*
รอบที่ 1	
การเขย่า	43
การแช่	43
วิธีอัลตราโซนิคส์	47
ทำการชะซ้ำ	
การเขย่า	3
การแช่	4
วิธีอัลตราโซนิคส์	2

หมายเหตุ

- * เท่ากับ ปริมาณสารแคโรทีนที่ชะออกมาได้จากผงคาร์บอนกัมมันต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารแคโรทีนที่หายไปจากปริมาณตั้งต้นในน้ำมันปาล์มหลังการดูดซับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาในระบบคอลัมน์

จากรายงานเอกสารที่ผ่านมา (75,84,85,91) การสกัดสารบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปลาโดยใช้คาร์บอนกัมมันต์เป็นการศึกษาในระบบแบบพอร์เท่านั้น วิธีการนี้มีประสบปัญหาเกี่ยวกับการกรองผงคาร์บอนกัมมันต์ออกจากรังน้ำมันปลาในระหว่างขั้นตอนการสกัด จึงไม่เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในระดับขยายส่วนต่อไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาวิธีการสกัดสารแคโรทีน จากระบบแบบพอร์มาเป็นระบบคอลัมน์ซึ่งการศึกษาในชั้นเบื้องต้นนี้ทำการศึกษา 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาปรากฏการณ์ดูดซับ และการระเหิดสารบีตา-แคโรทีนโดยใช้สารมาตรฐานบีตา-แคโรทีน ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาการสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปลาโอเลอิน

1. การศึกษาด้านแบบการดูดซับและการระเหิดสารบีตา-แคโรทีนบนคาร์บอนกัมมันต์

ในการศึกษาเบื้องต้นการดูดซับและการระเหิดสารบีตา-แคโรทีนบนคาร์บอนกัมมันต์นี้ทำการทดลองโดยใช้สารละลายมาตรฐานบีตา-แคโรทีนในโทลูอิน ทั้งนี้เพื่อต้องการจัดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งปนเปื้อนชนิดอื่น ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อการศึกษาดูดซับและการระเหิดสารบีตา-แคโรทีน โดยการศึกษาในระบบคอลัมน์นี้แตกต่างจากการศึกษาในระบบแบบพอร์ซึ่งใช้น้ำมันปลาโอเลอินในการหาสภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนต่างๆ ซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่ทำการศึกษาได้แก่ อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับและการระเหิด อุณหภูมิในการดูดซับและการระเหิด และประสิทธิภาพของคอลัมน์ที่ใช้งาน

สำหรับคอลัมน์ที่ใช้ในการศึกษานี้ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เซนติเมตร ความสูงของคอลัมน์ 11.0 เซนติเมตร และปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ที่บรรจุคอลัมน์ 5.0 กรัม โดยสภาวะที่ทำการศึกษาในระดับเบื้องต้นคือ

1.1 อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับ

โดยทำการศึกษ้อัตราการไหลทั้งในขั้นตอนการดูดซับและการระเหิดสารบีตา-แคโรทีน ในขั้นตอนการดูดซับนี้ใช้ความเข้มข้นของสารมาตรฐานบีตา-แคโรทีน 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 25.0 มิลลิลิตรมีปริมาณสารบีตา-แคโรทีน 20.0 มิลลิกรัม ซึ่งแปรอัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับเป็น 0.50, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิลิตรต่อนาที โดยในช่วงขั้นตอนการระเหิดนั้นคงที่อัตราการไหลในช่วงนี้เป็น 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที และใช้สารละลายโทลูอินเป็นตัวระเหิด ปริมาณ 425 มิลลิลิตร , อุณหภูมิในการดูดซับและการระเหิด 25 °ซ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.11 พบว่าอัตราการไหลที่ต่ำทำให้สารบีตา-แคโรทีนมีระยะเวลาอยู่ในคอลัมน์ได้นานขึ้นทำให้การสัมผัสระหว่างตัวดูดซับกับสารที่ถูกดูดซับเกิดขึ้นได้

สมบูรณ์มากกว่าดังนั้นการดูดซับสารจึงเกิดขึ้นได้ดีกว่า ดังจะเห็นได้ว่ที่อัตราการไหล 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที จะมีการดูดซับสูงสุด 95 % และผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีน 87 % และเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นการดูดซับจะลดลงตามลำดับ ซึ่งจากรูปที่ 3.11 จะเห็นได้ชัดเจนว่าในขั้นตอนการดูดซับนั้น เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นปริมาณสารบีตา-แคโรทีนที่ไม่ถูกดูดซับไว้บนคาร์บอนกัมมันต์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามลำดับและที่อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที การดูดซับของสารบีตา-แคโรทีนบนคอลัมน์มีค่าเท่ากับ 89 % และผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีนเท่ากับ 82 % เมื่อเทียบกับปริมาณสารตั้งต้นจะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีนไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งในการเลือกอัตราการไหลที่เหมาะสมยังต้องคำนึงถึงระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการด้วย ถ้าหากอัตราการไหลที่ต่ำมากไปจะทำให้ระยะเวลาที่ใช้เวลานานเกินไป ดังนั้นจึงเลือกอัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ในการหาสภาวะต่าง ๆ ต่อไป

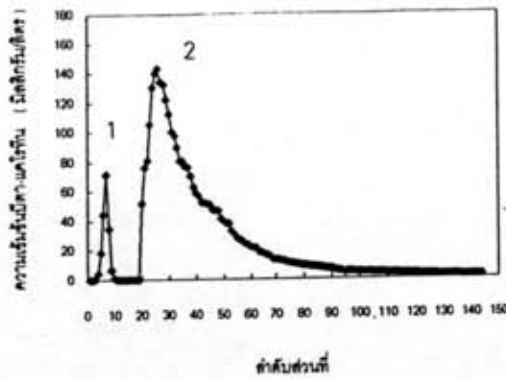
ตารางที่ 3.11 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับ และเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีน เมื่อแปรอัตราการไหลในการดูดซับ 0.5-3.0 มิลลิลิตรต่อนาที, อุณหภูมิในการดูดซับและการระเหย 25°C, อัตราการไหลในขั้นตอนการระเหย 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที คาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัม, ความเข้มข้นของสารมาตรฐานบีตา-แคโรทีน 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 25.0 มิลลิลิตร และโทลูอีน 425 มิลลิลิตร

อัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที)	เปอร์เซ็นต์การดูดซับ *	เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืน * *
0.5	95	84
1.0	89	82
2.0	83	77
3.0	79	67

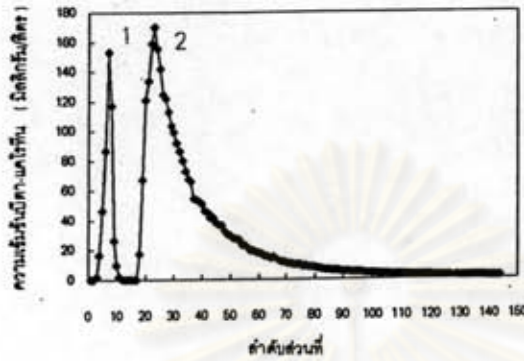
หมายเหตุ

$$* = \frac{(\text{ปริมาณบีตา-แคโรทีนตั้งต้น} - \text{บีตา-แคโรทีนที่ไม่ถูกดูดซับ})}{\text{ปริมาณบีตา-แคโรทีนตั้งต้น}} \times 100$$

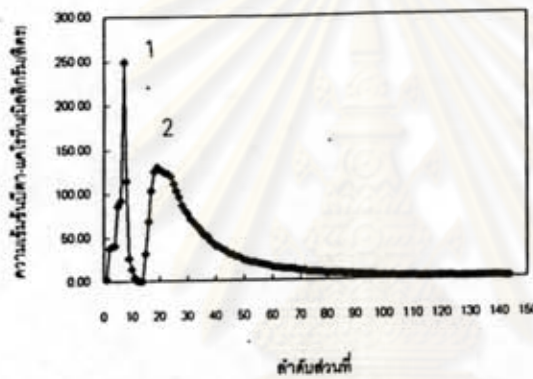
$$** = \frac{\text{ปริมาณบีตา-แคโรทีนที่ระเหยออกจากคอลัมน์}}{\text{ปริมาณบีตา-แคโรทีนตั้งต้น}} \times 100$$



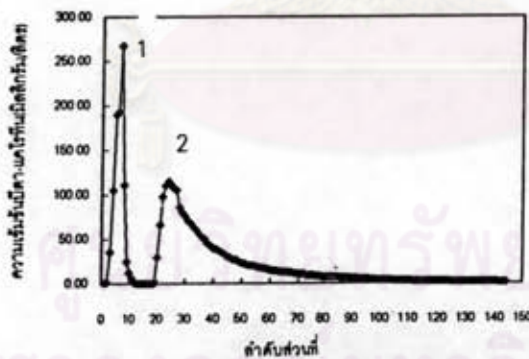
ก



ข



ค



ง

1. ขั้นตอนการดูดซับ
ปริมาณบีตา-แคโรทีน
ที่ไม่ถูกดูดซับ

2. ขั้นตอนการชะ
ปริมาณบีตา-แคโรทีน
ที่ถูกชะออกจากคอลัมน์

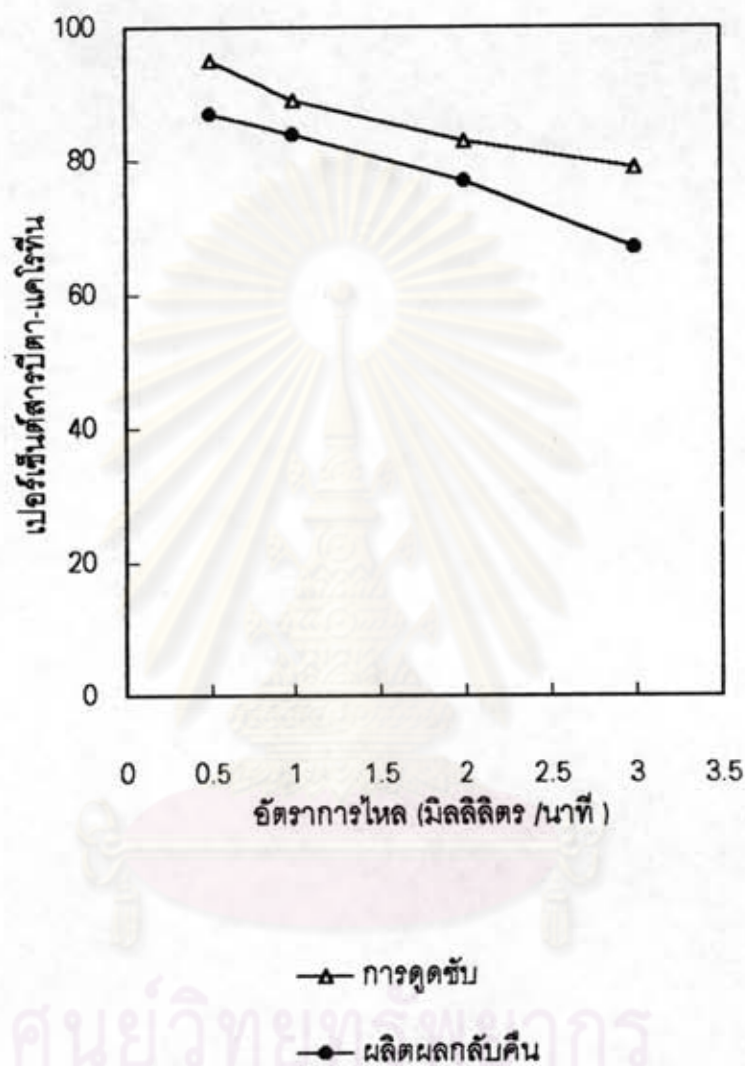
รูปที่ 3.11 แสดงปริมาณสารบีตา-แคโรทีนที่ไม่ถูกดูดซับและถูกชะออกจากคอลัมน์ในลำดับส่วนต่างๆ เมื่อแปรอัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับ 0.5 - 3.0 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิในการดูดซับและการชะ 25° ซ, ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน บีตา-แคโรทีน 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 25.0 มิลลิลิตร, คาร์บอน กัมมันต์ 5.0 กรัม, อัตราการไหลในขั้นตอนการชะ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที และ ใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 425 มิลลิลิตร

ก. อัตราการไหล 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที

ค. อัตราการไหล 2.0 มิลลิลิตรต่อนาที

ข. อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที

ง. อัตราการไหล 3.0 มิลลิลิตรต่อนาที



รูปที่ 3.12 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับ และเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารบีตา-แคโรทีน เมื่อแปรอัตราการใช้ในขั้นตอนการดูดซับ 0.5-3.0 มิลลิลิตรต่อนาที, อุณหภูมิในการดูดซับและการชะ 25° ซ , อัตราการใช้ในขั้นตอนการชะ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที, ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานบีตา-แคโรทีน 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 25.0 มิลลิลิตร, คาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัม และ ใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ ปริมาณ 425 มิลลิลิตร

1.2 อัตราการไหลในขั้นตอนการระเหย

ในขั้นตอนการระเหยสารบีตา-แคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์นั้น เพื่อที่จะทำให้ตัวระเหยมีระยะเวลาในการสัมผัสกับคาร์บอนกัมมันต์ ซึ่งดูดซับสารบีตา-แคโรทีนไว้บนผิวหน้าได้อย่างเพียงพอ เพื่อที่จะระเหยสารบีตา-แคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์ให้ได้มากที่สุดจึงทำการแปรอัตราการไหลในขั้นตอนการระเหยตั้งแต่ 1.0-3.0 มิลลิลิตรต่อนาที และใช้ไหลอื่นปริมาณ 425 มิลลิลิตร และอุณหภูมิในขั้นตอนการดูดซับและการระเหย 25 °ซ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.12 โดยเมื่ออัตราการไหลเพิ่มมากขึ้นการระเหยสารบีตา-แคโรทีนจะลดลงตามลำดับและที่อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที สามารถระเหยสารบีตา-แคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์ได้สูงสุด 87 % เมื่อเทียบกับปริมาณที่ถูกดูดซับไว้บนคาร์บอนกัมมันต์และมีผลผลิตผลกลับคืน 80 % เมื่อเทียบกับปริมาณตั้งต้น

ตารางที่ 3.12 แสดงเปอร์เซ็นต์การระเหย และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลกลับคืนของสารมาตรฐานบีตา-แคโรทีน เมื่อแปรอัตราการไหลในการระเหย 1.0 - 3.0 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิในการดูดซับและการระเหย 25°ซ , อัตราการไหลในการดูดซับ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ,คาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัม,ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานบีตา-แคโรทีน 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 25.0 มิลลิลิตร และใช้ไหลอื่นเป็นตัวระเหย 425 มิลลิลิตร

อัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที)	เปอร์เซ็นต์การระเหย ***	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลกลับคืน
1.0	87	80
2.0	73	64
3.0	65	59

หมายเหตุ

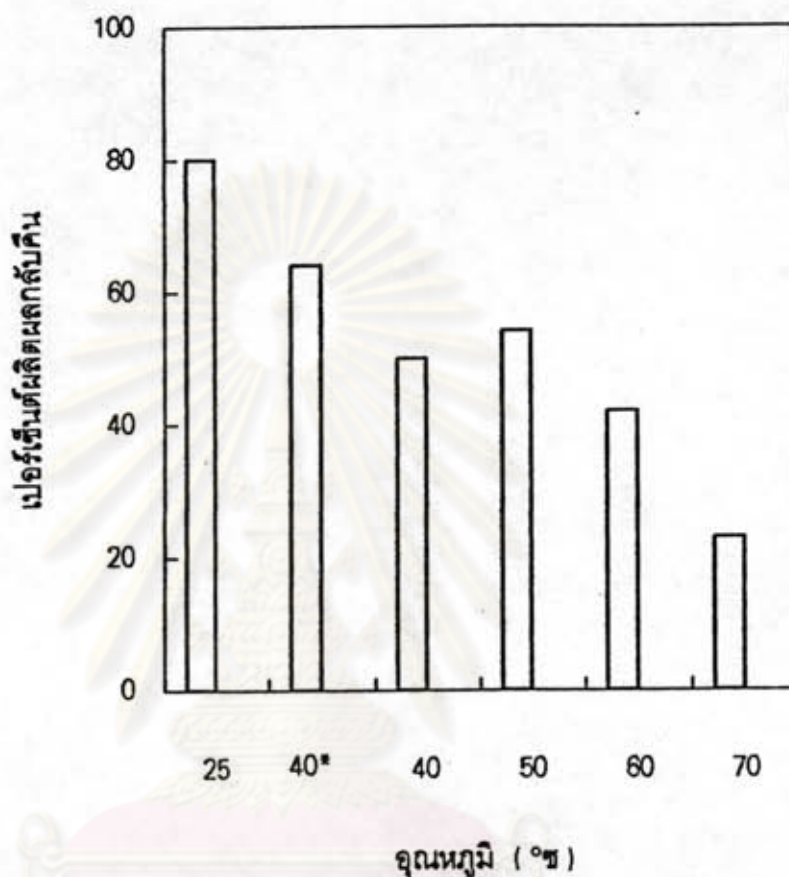
*** = $\frac{\text{ปริมาณสารบีตา-แคโรทีนที่ระเหยออกจากคอลัมน์}}{\text{ปริมาณบีตา-แคโรทีนที่ถูกดูดซับไว้บนคอลัมน์}} \times 100$

1.3 อุณหภูมิในขั้นตอนการดูดซับและการระเหย

ทำการศึกษาดูดซับอุณหภูมิในขั้นตอนการดูดซับและการระเหยที่ค่าเดียวกันควบคู่กันไป โดยแปรอุณหภูมิที่ 25°C และ 40 °C - 80 °C อัตราการไหลในช่วงการดูดซับและการระเหย 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.13 และรูปที่ 3.13 เมื่ออุณหภูมิในการดูดซับและการระเหยเพิ่มมากขึ้น เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีนจะลดลงตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนทำให้สารบีตา-แคโรทีนเกิดการสลายตัวและที่อุณหภูมิในการดูดซับและการระเหย 25°C ผลิตผลกลับคืนของบีตา-แคโรทีนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 80 % เมื่อเทียบกับปริมาณสารมาตรฐานบีตา-แคโรทีนตั้งต้น

ตารางที่ 3.13 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารมาตรฐานบีตา-แคโรทีน เมื่อแปรอุณหภูมิในการดูดซับและการระเหยที่ 25°C และ 40°C - 70°C อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับและการระเหย 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที, คาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัม ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานบีตา-แคโรทีน 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 25.0 มิลลิลิตร และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 425 มิลลิลิตร

อุณหภูมิ (°C)		เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืน
ขั้นตอนดูดซับ	ขั้นตอนชะ	
25	25	80
40	25	64
40	40	50
50	50	54
60	60	42
70	70	23



หมายเหตุ * ทำการดูดซับที่ 40°ซ และทำการระเหยที่ 25°ซ

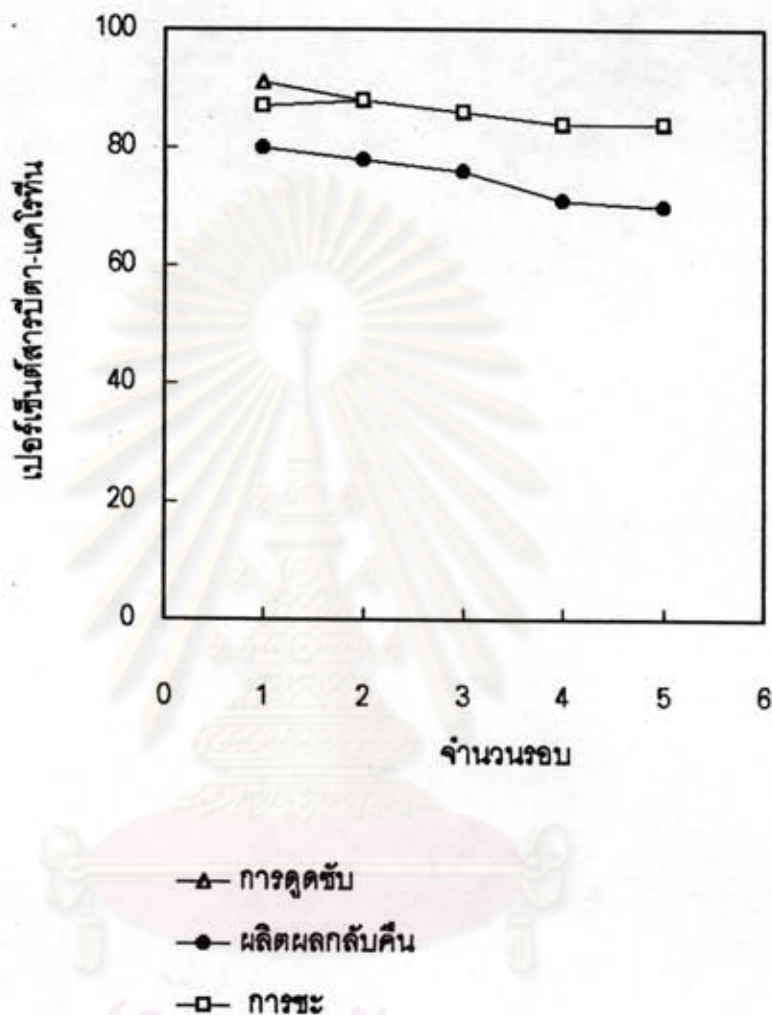
รูปที่ 3.13 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลกลับคืนของสารมาตรฐานบีตา-แคโรทีน เมื่อแปรอุณหภูมิในการดูดซับและการระเหยที่ 25°ซ และ 40°ซ - 70°ซ อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับและการระเหย 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที, คาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัม ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานบีตา-แคโรทีน 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 25.0 มิลลิลิตร และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 425 มิลลิลิตร

1.4 ประสิทธิภาพของคอสมันเมื่อใช้งานซ้ำหลายรอบ

ทำการศึกษาดูประสิทธิภาพในการใช้งานของคอสมัน ในการทดลองนี้ใช้สารละลายมาตรฐานบีตา-แคโรทีนความเข้มข้น 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 25.0 มิลลิลิตร มีปริมาณสารบีตา-แคโรทีน 20.0 มิลลิกรัมในการศึกษา โดยการนำคอสมันที่ผ่านการดูดซับและการชะสารบีตา-แคโรทีนในแต่ละรอบมาใช้งานซ้ำ ซึ่งทำการเตรียมสภาวะการใช้งานของคอสมันนี้โดยการแช่ในสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันในสภาวะที่เป็นด่างเฉพาะในรอบแรกที่ใช้งานเท่านั้น หลังจากนั้นเมื่อทำการชะสารบีตา-แคโรทีนออกจากคอสมันแล้วก็นำกลับมาใช้งานซ้ำในแต่ละรอบเลย โดยทำการดูดซับและการชะสารบีตา-แคโรทีนที่ 25°C อัตราไหลทั้ง 2 ชั้นตอนเท่ากับ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.14 และรูปที่ 3.14 จะเห็นว่าในรอบที่ 1-3 คอสมันมีการดูดซับสารบีตา-แคโรทีนในระดับเดียวกัน หลังจากนั้นการดูดซับสารบีตา-แคโรทีนจะเริ่มลดลงจากการดูดซับในรอบที่ 1 91 % เป็น 83 % ในรอบที่ 5 และเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารบีตา-แคโรทีนในแต่ละรอบลดลงเรื่อยๆ จากรอบที่ 1 80 % เป็น 70 % ในรอบที่ 5 เมื่อเทียบกับปริมาณตั้งต้น ทั้งนี้เนื่องจากการชะสารบีตา-แคโรทีนออกจากคอสมันในแต่ละรอบยังมีสารบีตา-แคโรทีนติดอยู่ในคอสมัน ดังนั้นจึงทำให้การดูดซับสารบีตา-แคโรทีนในรอบต่อมาลดลงเรื่อยๆ ในขณะที่ทำการชะสารบีตา-แคโรทีนในแต่ละรอบได้ในระดับที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันโดยเฉลี่ย 86 %

ตารางที่ 3.14 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับ, เปอร์เซ็นต์การชะ และเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารมาตรฐานบีตา-แคโรทีน ในการใช้งานคอสมัน 1-5 รอบ, อุณหภูมิการดูดซับและการชะ 25°C, อัตราการไหลในการดูดซับและการชะ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที, คาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัม, ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานบีตา-แคโรทีน 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 25.0 มิลลิลิตร และใช้ไทลูอินเป็นตัวชะ 425 มิลลิลิตร

จำนวนรอบ	เปอร์เซ็นต์การดูดซับ	เปอร์เซ็นต์การชะ	เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืน
1	91	87	80
2	88	88	78
3	86	86	76
4	84	84	71
5	84	84	70



รูปที่ 3.14 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับ, เปอร์เซ็นต์การระ และเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนของสารมาตรฐานปี้ตา-แคโรทีน ในการใช้งานคอลัมน์ 1-5 รอบ, อุณหภูมิการดูดซับและการระ 25°C, อัตราการไหลในการดูดซับและการระ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที, คาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัม, ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานปี้ตา-แคโรทีน 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 25.0 มิลลิลิตร และใช้ไทลูอินเป็นตัวระ 425 มิลลิลิตร

2. การสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปลาโอเลอินในระบบคอลล์มันน์

ในการทดลองทำการศึกษาศึกษาการดูดซับสารแคโรทีนในน้ำมันปลา 2.0.0 กรัม มีปริมาณสารแคโรทีน 14.85 มิลลิกรัม ทำการดูดซับและการชะที่อุณหภูมิ 25°C และอัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับและการชะ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที บรรจุเม็ดคาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัม ใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 425 มิลลิลิตร

2.1 การเปรียบเทียบวิธีการต่าง ๆ ในขั้นตอนการดูดซับ

ในขั้นตอนการดูดซับ ความหนืดของน้ำมันปลาทำให้ประสบปัญหาในการนำสารลงสู่คอลล์มันน์และการละลายน้ำมันปลาโอเลอินด้วยตัวทำละลายน่าจะมีผลต่อขั้นตอนการดูดซับสารแคโรทีนบนคาร์บอนกัมมันต์ ในการทดลองนี้จึงทำการละลายน้ำมันปลาโอเลอินด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและโทลูอีนในปริมาณ 50 % น้ำหนักต่อปริมาตร รวมทั้งการใช้ความร้อนอุณหภูมิ 40°C ลดความหนืดของน้ำมันปลาแทนการใช้ตัวทำละลาย

จากการทดลองการละลายน้ำมันปลาโอเลอินด้วยตัวทำละลายมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนมากกว่าการไม่ละลายน้ำมันปลาในตัวทำละลายชนิดใด โดยการละลายในเฮกเซนมีผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนสูงสุด 45 % ขณะที่การไม่ละลายน้ำมันปลาโอเลอินในตัวทำละลายชนิดใดมีผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนเพียง 15 % และ 26 % เมื่อใช้อุณหภูมิร่วม ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าความหนืดของน้ำมันปลาที่มีผลต่อการดูดซับสารแคโรทีนบนคาร์บอนกัมมันต์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากลักษณะน้ำมันปลาที่เหนียวหนืดทำให้การดูดซับสารแคโรทีนบนคาร์บอนกัมมันต์ยาก แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีน เมื่อทำการดูดซับโดยวิธีการต่าง ๆ ในระบบคอลล์มันน์เดี่ยว อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับและการชะ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที , คาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัม , น้ำมันปลา 20.0 กรัม ใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 425 มิลลิลิตร

วิธีการ *	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืน
1	15
2	26
3	45

หมายเหตุ *

1. ไม่ละลายน้ำมันปลาโอเลอินในตัวทำละลาย
2. ไม่ละลายน้ำมันปลาโอเลอินในตัวทำละลาย + อุณหภูมิ 40°C
3. ละลายน้ำมันปลาโอเลอินในเฮกเซน

2.2 การสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มโอเลอินในระบบ คอลัมน์ต่อเนื่อง 3 คอลัมน์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในระดับเบื้องต้นของการสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มโอเลอินโดยที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบต่างๆที่มีอยู่เดิมในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์มให้น้อยที่สุด และพยายามที่จะใช้สารเคมีในกระบวนการให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นเท่านั้น จากผลการทดลองในระบบคอลัมน์ที่ 2.1 จะเห็นว่าการละลายน้ำมันปาล์มในตัวทำละลายเพื่อผ่านลงคอลัมน์ในระหว่างขั้นตอนการดูดซับ จะทำให้สามารถสกัดสารแคโรทีนได้มากกว่าวิธีการอื่นก็ตามแต่จะต้องใช้ตัวทำละลายจำนวนมากและต้องทำการระเหยเอาตัวทำละลายออกภายหลัง ขณะที่การไม่ใช้ตัวทำละลายแต่ใช้อุณหภูมิร่วมเพื่อลดความหนืดของน้ำมันปาล์มจะเป็นวิธีการสกัดสารแคโรทีนออกจากน้ำมันปาล์มได้น้อยกว่า โดยมีผลผลิตผลกลับคืนของแคโรทีน 26 % ดังนั้นการเลือกใช้วิธีการนี้ในขั้นตอนการดูดซับ จึงน่าที่จะเป็นวิธีการที่ดีกว่าซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ตัวทำละลาย เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและพลังงานในการระเหยเอาตัวทำละลายออกภายหลัง จากผลการทดลองในระบบคอลัมน์เดี่ยวที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนที่ได้ยังมีค่าที่ต่ำมาก ดังนั้นจึงทำการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มโดยใช้วิธีการนี้โดยการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับเพิ่มขึ้นจากเดิมในระบบคอลัมน์เดี่ยวปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัม เป็นระบบ 3 คอลัมน์โดยแต่ละคอลัมน์มีปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัม สารแคโรทีนที่เหลือจากการดูดซับในคอลัมน์ที่ 1 จะผ่านมายังคอลัมน์ที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งใช้อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับและการชะเท่ากับ 1.0 มิลลิลิตรต่ออนาที , อุณหภูมิในการดูดซับ 45 °ซ , อุณหภูมิในขั้นตอนการชะ 25°ซ ปริมาณน้ำมันปาล์มโอเลอินตั้งต้น 20.0 กรัม ซึ่งมีสารแคโรทีน 14.19 มิลลิกรัม จากนั้นจึงทำการแยกชะสารแคโรทีนที่ถูกดูดซับในแต่ละคอลัมน์ออกมาโดยใช้โทลูอินปริมาณคอลัมน์ละ 425 มิลลิลิตร จากผลการทดลองในตารางที่ 3.16 จะเห็นได้ว่าแต่ละคอลัมน์มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับ, เปอร์เซ็นต์การชะ และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลกลับคืนของสารแคโรทีนในระดับเดียวกัน ซึ่งในขั้นตอนการชะสามารถชะสารแคโรทีนออกจากแต่ละคอลัมน์ได้เกือบสมบูรณ์แต่อย่างไรก็ตามจะต้องใช้โทลูอินเป็นปริมาณมากในการชะสารแคโรทีนแต่ละคอลัมน์ และต้องใช้ระยะเวลาในการชะที่ยาวนานซึ่งใช้อัตราการไหลในขั้นตอนการชะเพียง 1.0 มิลลิลิตรต่ออนาที

จากปริมาณสารแคโรทีนในน้ำมันปลาโอเลอินตั้งต้น 14.19 มิลลิกรัม หลังจากผ่านการดูดซับทั้งสามคอลัมน์แล้ว พบว่าในคอลัมน์ที่สามมีปริมาณสารแคโรทีนที่ไม่ถูกดูดซับ 5.47 มิลลิกรัม ดังนั้นสารแคโรทีนที่ถูกดูดซับไว้ในสามคอลัมน์เท่ากับ 8.72 มิลลิกรัม คิดเป็นการดูดซับเท่ากับ 61 % เมื่อเทียบกับปริมาณสารแคโรทีนตั้งต้น ในขั้นตอนการระเหยสามารถชะสารแคโรทีนออกจากทั้งสามคอลัมน์ได้ปริมาณเท่ากับ 8.57 มิลลิกรัม คิดเป็นการชะเท่ากับ 60 % และมีผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนรวมทั้งสามคอลัมน์เท่ากับ 60 % เมื่อเทียบกับปริมาณสารแคโรทีนตั้งต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืนของสารแคโรทีนที่ได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นมากกว่าวิธีการดูดซับที่ 2 ในผลการทดลองที่ 2.1 ในระบบคอลัมน์เดี่ยวประมาณ 34 % ซึ่งเป็นการสกัดสารแคโรทีนจากน้ำมันปลาโอเลอินโดยวิธีการเดียวกัน แต่ในการทดลองนี้เพิ่มปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ในการดูดซับสารแคโรทีนและปริมาณโทลูอีนที่ใช้ในการชะเป็น 3 เท่าจากปริมาณเดิมในระบบคอลัมน์เดี่ยว

ตารางที่ 3.16 แสดงปริมาณสารแคโรทีนที่ได้จากการสกัดน้ำมันปลาโอเลอินในระบบคอลัมน์ต่อเนื่อง 3 คอลัมน์, คาร์บอนกัมมันต์ 5.0 กรัมต่อคอลัมน์, อุณหภูมิในการดูดซับ 40°C อุณหภูมิในการชะ 25 °C, ปริมาณน้ำมันปลาโอเลอิน 20.0 กรัม ซึ่งมีปริมาณสารแคโรทีน 14.19 มิลลิกรัม, อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับและการชะ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที และใช้โทลูอีนเป็นตัวชะ 425 มิลลิลิตรต่อคอลัมน์

คอลัมน์ที่	ปริมาณสารแคโรทีน (มิลลิกรัม)			เปอร์เซ็นต์การดูดซับ	เปอร์เซ็นต์การชะ	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับคืน
	ไม่ดูดซับ	ถูกดูดซับ	ถูกชะ			
1	10.59	3.59	3.53	25	98	25
2	7.60	3.00	2.99	28	99	28
3	5.47	2.12	2.04	28	96	27

หมายเหตุ : เปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ

$$\frac{\text{ปริมาณสารแคโรทีนตั้งต้น} - \text{ปริมาณสารแคโรทีนที่ไม่ถูกดูดซับ}}{\text{ปริมาณสารแคโรทีนตั้งต้น}} \times 100$$

โดยที่ปริมาณสารแคโรทีนที่ไม่ถูกดูดซับในคอลัมน์ที่ 1 และ 2 จะเป็นปริมาณสารแคโรทีนตั้งต้นสำหรับผ่านลงในคอลัมน์ที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

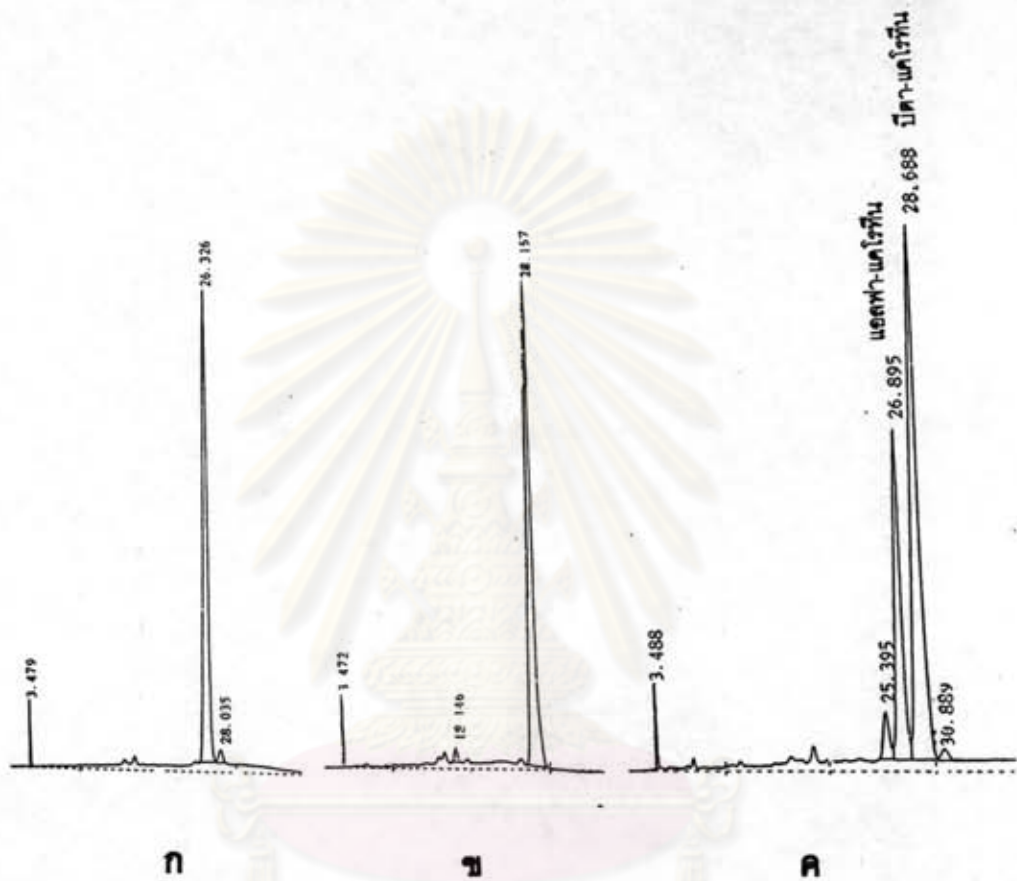
การวิเคราะห์หาปริมาณสารบีตา-แคโรทีน และสารแอลฟา-แคโรทีนในสารแคโรทีน เข้มข้นที่สกัดได้ด้วยเครื่อง HPLC

ดำเนินการทดลองหาปริมาณสารบีตา-แคโรทีน และสารแอลฟา-แคโรทีนของสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้ตามวิธีการทดลองที่ 6 และจากการทดลองพบว่าสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้ประกอบด้วยสารบีตา-แคโรทีนและสารแอลฟา-แคโรทีน โดยสารแอลฟา-แคโรทีนจะแยกออกมาจากคอลัมน์ก่อนที่เวลา 26.89 นาที ส่วนสารบีตา-แคโรทีนจะแยกออกมาที่เวลา 28.68 นาที ดังแสดงโครมาโตแกรมในรูปที่ 3.15 จากการหาปริมาณบีตา-แคโรทีนและแอลฟา-แคโรทีนโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารทั้งสองชนิดในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ดังแสดงในภาคผนวก ง และ จ แล้วคำนวณกลับในหน่วยไมโครกรัมต่อกรัม ของปริมาณสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้ พบว่ามีปริมาณสารบีตา-แคโรทีนเท่ากับ 2252 ไมโครกรัมต่อกรัม คิดเป็น 0.23 % น้ำหนักต่อน้ำหนัก และมีปริมาณสารแอลฟา-แคโรทีน 1270 ไมโครกรัมต่อกรัม คิดเป็น 0.13 % น้ำหนักต่อน้ำหนัก ส่วนที่เหลือเป็นสารเจือปนชนิดอื่น ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 3.17

จากการวิเคราะห์หาปริมาณของสารบีตา-แคโรทีนในน้ำมันปลาสมิโอะเลอินตั้งต้นที่ใช้ในการสกัดสารแคโรทีน พบว่ามีปริมาณสารบีตา-แคโรทีน 378 ไมโครกรัมต่อกรัม และปริมาณสารแอลฟา-แคโรทีน 189 ไมโครกรัมต่อกรัม คิดเป็น 0.038 % และ 0.019 % น้ำหนักต่อน้ำหนัก ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปริมาณสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้มีปริมาณความเข้มข้นของสารบีตา-แคโรทีนเพิ่มขึ้นเป็น 6 เท่า จากปริมาณเดิมที่มีอยู่ในน้ำมันปลาสมิโอะก่อนทำการสกัด และมีปริมาณสารแอลฟา-แคโรทีนเพิ่มขึ้น 3 เท่า จากปริมาณเดิมในน้ำมันปลาสมิโอะก่อนทำการสกัด

ตารางที่ 3.17 แสดงการหาปริมาณของสารบีตา-แคโรทีนและสารแอลฟา-แคโรทีนในสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้ด้วยเครื่อง HPLC

ตัวแปร	สารบีตา-แคโรทีน	สารแอลฟา-แคโรทีน
ปริมาณ (ไมโครกรัม/ กรัม)	2252.0	1270.0
ระยะเวลาที่อยู่ในคอลัมน์ (นาที)	28.68	26.89
เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	0.23	0.13



รูปที่ 3.15 แสดงโครมาโตแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณบีตา-แคโรทีน และ แอลฟา-แคโรทีน ของสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้ ด้วยเครื่อง HPLC

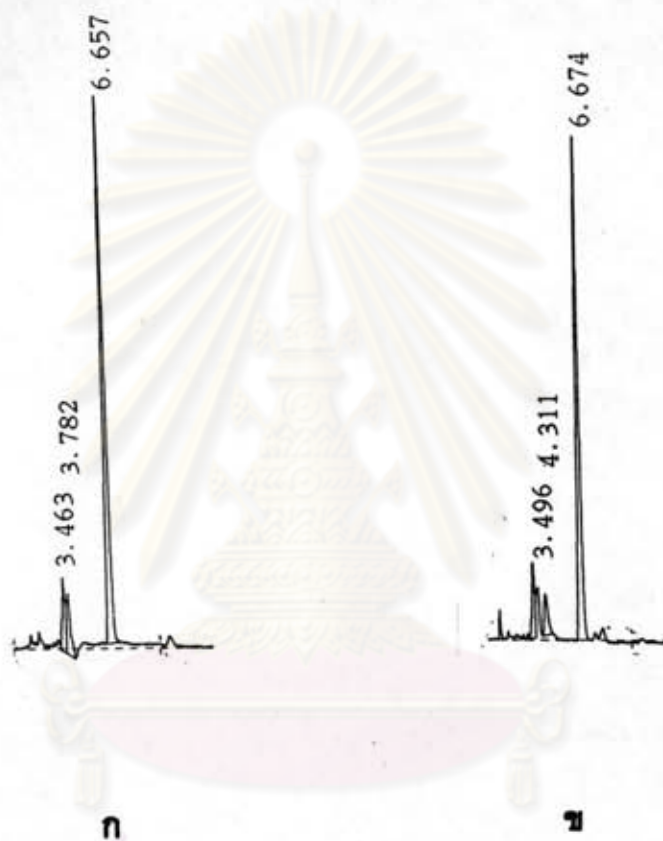
- ก. สารมาตรฐานแอลฟา-แคโรทีน
- ข. สารมาตรฐานบีตา-แคโรทีน
- ค. สารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้

การสกัดแยกโทลูอินจากสารสกัดแคโรทีนโดยการกลั่นแบบลดความดัน

การระเหยแคโรทีนออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์นั้นใช้โทลูอินเป็นตัวระเหย ซึ่งในขั้นตอนสุดท้ายในการระเหยเอาตัวทำละลายออกจากสารแคโรทีน โดยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุนนั้น เนื่องจากโทลูอินมีจุดเดือดสูงและสารแคโรทีนจะสลายตัวได้ง่ายเมื่อใช้ความร้อนในการระเหยเอาตัวทำละลายออกที่สูงจนเกินไป ดังนั้นจึงใช้อุณหภูมิในการระเหยเอาโทลูอินออกที่ 40 °ซ แต่พบว่าไม่สามารถระเหยโทลูอินออกได้จนหมดอย่างสมบูรณ์ยังคงมีโทลูอินตกค้างอยู่ในสารแคโรทีนเข้มข้นจำนวนหนึ่ง ถึงแม้ว่าจะใช้ระยะเวลาในการระเหยเอาโทลูอินออกเป็นเวลานานก็ตาม ดังนั้นจึงต้องทำการกลั่นเอาโทลูอินออกอีกครั้งภายหลังจากการระเหยเอาโทลูอินโดยเครื่องระเหยสุญญากาศ โดยใช้อุณหภูมิในการกลั่นเพิ่มเป็น 80 °ซ และระยะเวลาในการกลั่นนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำสารแคโรทีนที่ทำการกลั่นเอาโทลูอินออกไปวิเคราะห์หาปริมาณโทลูอิน ด้วยเครื่อง HPLC ซึ่งจากการทดลองพบว่ายังไม่สามารถทำการแยกโทลูอินออกจากสารแคโรทีนได้หมด โดยโทลูอินจะถูกแยกออกมาจากคอลัมน์ที่เวลา 6.67 นาที ดังแสดงโครมาโตแกรมในรูปที่ 3.16 ซึ่งก่อนทำการกลั่นพบว่าในสารสกัดแคโรทีนเข้มข้นมีความเข้มข้นของโทลูอิน 9.89×10^4 ไมโครกรัมต่อกรัม หลังจากทำการกลั่นแล้วพบว่ายังคงมีปริมาณโทลูอินเหลืออยู่ 4.70×10^3 ไมโครกรัมต่อกรัม โดยสามารถทำการแยกโทลูอินออกไปได้คิดเป็น 95 % เมื่อเทียบกับปริมาณตั้งต้น และเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการกลั่นที่เพิ่มขึ้นพบว่ามีการสูญเสียปริมาณสารบีตา-แคโรทีนเท่ากับ 13% จากปริมาณตั้งต้น ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 3.18

ตารางที่ 3.18 แสดงปริมาณโทลูอินและบีตา-แคโรทีนก่อนและหลังการสกัดแยกโทลูอินออกจากสารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้ โดยการกลั่นแบบลดความดัน ที่อุณหภูมิ 80 °ซ ระยะเวลา 60 นาที ภายใต้สุญญากาศ

สาร	ความเข้มข้น(ไมโครกรัม/กรัม)	
	ก่อนทำการกลั่น	หลังทำการกลั่น
โทลูอิน	9.89×10^4	4.70×10^3
บีตา-แคโรทีน	2115	1835



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- รูปที่ 3.16 แสดงโครมาโตแกรมของไทลูอินจากการวิเคราะห์หาปริมาณไทลูอินในสารแคโรทีน
เข้มข้นที่สกัดได้
- ก. สารมาตรฐานไทลูอิน
 - ข. สารแคโรทีนเข้มข้นที่สกัดได้

การศึกษาผลของการเติมสารลดแรงตึงผิวต่อการชะสารแคโรทีนออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์

จากการทดลองการเติมสารลดแรงตึงผิวลงในตัวทำละลายที่ใช้ชะสารแคโรทีนออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์ทำให้การชะสารแคโรทีนดีขึ้น โดยสารละลายผสมระหว่างโทลูอีนและ Tween 80 สามารถชะสารแคโรทีนออกจากผงคาร์บอนกัมมันต์ได้สูงสุด จากปริมาณสารแคโรทีนที่ถูกดูดซับไว้ 1.06 มิลลิกรัม ทำการชะออกมาได้ 0.65 มิลลิกรัม คิดเป็น 61 % ของปริมาณที่ถูกดูดซับ เมื่อเปรียบเทียบกับการชะด้วยโทลูอีนซึ่งมีการชะเท่ากับ 44 % จะเห็นได้ว่าการเติมสารลดแรงตึงผิวในตัวทำละลายที่ใช้ชะ ทำให้การชะสารแคโรทีนจากผงคาร์บอนกัมมันต์มีการชะมากกว่าประมาณ 20 % ทั้งนี้เนื่องจาก Tween 80 จะลดแรงตึงผิวระหว่างพื้นที่ผิวของคาร์บอนกัมมันต์กับสารแคโรทีนที่เกาะอยู่ จึงทำให้การชะสารแคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์ทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Ong et. al (91) ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3.19 แสดงเปอร์เซ็นต์การชะสารแคโรทีนออกจากคาร์บอนกัมมันต์เมื่อใช้ตัวชะที่เติมและไม่เติมสารลดแรงตึงผิว

ตัวทำละลาย	เปอร์เซ็นต์การชะ*
เฮกเซน	8
โทลูอีน	44
เฮกเซน + Tween 80	13
โทลูอีน + Tween 80	61

หมายเหตุ

* เทียบกับปริมาณแคโรทีนที่หายไปจากปริมาณตั้งต้นในน้ำมันปาล์ม