

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการสกัดบีตา-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์มดิบ โดยมุ่งพิจารณาหาวิธีการที่คาดว่าจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มในโรงงานอุตสาหกรรมน้อยที่สุด โดยใช้ผงถ่านกัมมันต์ดูดซับสารแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบ จากนั้นชะด้วยโทลูอีนที่มีการเติม 2 % tween 80 ตามภาวะที่รายงานไว้โดย ดวงใจ ตั้งวงศ์เจริญกิจ (11)

จากการศึกษาการดูดซับสารแคโรทีนอยด์ด้วยผงถ่านกัมมันต์ตามภาวะดังกล่าว พบว่าสามารถชะสารแคโรทีนอยด์ออกจากผงถ่านกัมมันต์ได้ 59 % ของสารแคโรทีนอยด์ที่ถูกดูดซับอยู่บนผงถ่านกัมมันต์ และเมื่อนำสารสกัดแคโรทีนอยด์ที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารแคโรทีนอยด์โดยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี พบว่า มีสารแคโรทีนอยด์เข้มข้น 3,807 ppm ซึ่งคิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจากเดิม 6 เท่า มีบีตา-แคโรทีน จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC เท่ากับ 1,671 ppm หรือคิดเป็น 44 % ของปริมาณสารสกัดแคโรทีนอยด์ และยังมีโทลูอีนตกค้างจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC เท่ากับ 1.46×10^5 ppm ดังนั้น การทดลองในขั้นต่อไปจึงมุ่งหาวิธีการกำจัดโทลูอีนออกจากสารสกัดแคโรทีนอยด์ เพื่อสามารถนำสารสกัดแคโรทีนอยด์ไปใช้ประโยชน์ได้ โดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้

5.1 การสกัดสารแคโรทีนอยด์ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ

การสกัดสารแคโรทีนอยด์ออกจากผงถ่านกัมมันต์ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ ด้วยเครื่อง Supercritical Fluid Extraction เพื่อหลีกเลี่ยงการชะด้วยโทลูอีน พบว่า การใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติร่วมกับไดคลอโรมีเทนที่มี 2 % tween 80 ในอัตราส่วนผงถ่านกัมมันต์ที่ดูดซับสารแคโรทีนอยด์ 2.5 กรัม ต่อไดคลอโรมีเทนที่มี 2 % tween 80 2.5 กรัม สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 6,000 psi สามารถสกัดสารแคโรทีนอยด์ออกจากผงถ่านกัมมันต์ได้สูงสุด 3.6 % ของปริมาณสารแคโรทีนอยด์ที่ถูกดูดซับอยู่บนผงถ่านกัมมันต์ทั้งหมด ซึ่งถือเป็นปริมาณที่น้อยมาก ดังนั้น วิธีการดังกล่าวนี้จึงไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสกัดสารแคโรทีนอยด์ออกจากผงถ่านกัมมันต์

5.2 การกำจัดน้ำมันในสารสกัดแคโรทีนอยด์ด้วยปฏิกิริยาซาฟอนิฟิเคชัน

จากการทำปฏิกิริยาซาฟอนิฟิเคชันของสารสกัดแคโรทีนอยด์ แล้วนำตัวอย่างที่ได้ไปอบในตู้อบสูญญากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์พบว่า มีสารแคโรทีนอยด์ 95,307 ppm คิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจากเดิม 22 เท่า มีปริมาณบีตา-แคโรทีน 53,615 ppm ซึ่งคิดเป็น 56 % ของสารสกัดแคโรทีนอยด์หลังผ่านปฏิกิริยาซาฟอนิฟิเคชัน แต่ได้ผลผลิตเพียง 20 % และ 23 % ของสารสกัดแคโรทีนอยด์ตั้งต้น ตามลำดับ อีกทั้งยังมีไทลูอินตกค้าง 3.67×10^4 ppm หรือคิดเป็น 15 % ของปริมาณไทลูอินตั้งต้น ดังนั้น วิธีการนี้จึงไม่เหมาะสมในการใช้กำจัดไทลูอินออกจากตัวอย่างสารสกัดแคโรทีนอยด์

5.3 การกำจัดไทลูอินในสารสกัดแคโรทีนอยด์โดยการกลั่นด้วยน้ำ (Hydrodistillation)

5.3.1 การกลั่นไอน้ำ (Steam distillation)

จากการกลั่นสารสกัดแคโรทีนอยด์ 5.0 กรัม ด้วยไอน้ำเป็นเวลานาน 30 นาที พบว่า มีสารแคโรทีนอยด์เหลืออยู่ 3,263 ppm ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก แต่ยังคงมีไทลูอินตกค้าง 1.16×10^5 ppm หรือคิดเป็น 40 % ของปริมาณไทลูอินตั้งต้น ดังนั้น วิธีการนี้จึงไม่เหมาะสมในการใช้กำจัดไทลูอินออกจากสารสกัดแคโรทีนอยด์

5.3.2 การกลั่นด้วยน้ำโดยตรง (Water distillation)

การกลั่นแยกไทลูอินออกจากสารสกัดแคโรทีนอยด์ 5.0 กรัม ด้วยวิธีเติมน้ำลงไป ในสารตัวอย่างโดยตรง แล้วนำไปกลั่นที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส และมีการกวนตลอดเวลา พบว่า การเติมน้ำลงไป ในสารตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร หรือในอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 4 (w/v) เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถกำจัดไทลูอินออกจากสารสกัดแคโรทีนอยด์ได้หมด โดยวิเคราะห์ไม่พบไทลูอินตกค้าง ที่ระยะเวลาการกลั่น 30 นาที และมีสารแคโรทีนอยด์ที่เหลืออยู่ 3,061 ppm ซึ่งคิดเป็น 94 % ของสารสกัดแคโรทีนอยด์ตั้งต้น

และเมื่อนำอัตราส่วนดังกล่าวไปทดลองในระดับขยายส่วน โดยทำการกลั่นสารสกัดแคโรทีนอยด์ 100.0 กรัม ที่เติมน้ำ 400 มิลลิลิตร พบว่า สามารถกำจัดไทลูอินออกจากสารสกัดแคโรทีนอยด์ได้หมด ที่ระยะเวลาการกลั่น 7 ชั่วโมง และมีสารแคโรทีนอยด์เหลืออยู่ 3,758 ppm หรือคิดเป็น 89 % ของสารสกัดแคโรทีนอยด์ตั้งต้น

5.3.3 การระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน

จากการนำสารสกัดแคโรทีนอยด์ 5.0 กรัม แล้วเติมน้ำ 20 มิลลิลิตร ไปทำการระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วในการหมุน 100 รอบ/นาที พบว่า สามารถระเหยน้ำและโทลูอินออกจากสารตัวอย่างได้หมด ภายในเวลา 15 นาที โดยตรวจไม่พบโทลูอินตกค้าง และยังคงมีสารแคโรทีนอยด์เหลืออยู่ 4,084 ppm หรือคิดเป็น 96 % ของสารสกัดแคโรทีนอยด์ตั้งต้น

และเมื่อทำการทดลองในระดับขยายส่วน โดยใช้สารสกัดแคโรทีนอยด์ 100.0 กรัม ที่เติมน้ำ 400 มิลลิลิตร ทำการระเหยที่ภาวะเดียวกัน พบว่า ปริมาณน้ำถูกระเหยไปจนหมดที่ระยะเวลาในการระเหย 1 ชั่วโมง โดยมีสารแคโรทีนอยด์เหลืออยู่ 4,094 ppm หรือคิดเป็น 96 % ของสารสกัดแคโรทีนอยด์ตั้งต้น และยังคงมีโทลูอินตกค้าง 1.51×10^4 ppm หรือคิดเป็น 6 % ของปริมาณโทลูอินตั้งต้น แต่เมื่อทำการระเหยซ้ำ โดยการเติมน้ำเพิ่ม 400 มิลลิลิตร แล้วนำไประเหยที่ภาวะเดิม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า สามารถกำจัดโทลูอินออกจากสารสกัดแคโรทีนอยด์ได้หมด โดยมีสารแคโรทีนอยด์เหลืออยู่ 4,003 ppm หรือคิดเป็น 94 % ของสารสกัดแคโรทีนอยด์ตั้งต้น และมีบีตา-แคโรทีน 2,147 ppm คิดเป็น 54 % ของสารสกัดแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการกลั่น

ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการทดลอง พบว่า การเติมน้ำลงไปในสารสกัดแคโรทีนอยด์โดยตรง แล้วนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถกำจัดโทลูอีนตกค้างออกจากสารสกัดแคโรทีนอยด์ได้หมดภายในระยะเวลาสั้นที่สุด อีกทั้งยังคงมีปริมาณสารแคโรทีนอยด์เหลืออยู่ในปริมาณที่ไม่แตกต่างไปจากเดิมมากนัก แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการระเหยตัวอย่างปริมาณที่มากขึ้น พบว่า จะต้องใช้ระยะเวลาในการระเหยนานขึ้น และใช้ปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากพื้นที่ผิวสัมผัสการระเหยลดลง ดังนั้น การกลั่นตัวอย่างปริมาณมาก ๆ ในระดับอุตสาหกรรม จึงควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสการระเหยมากร่วมกับมีการลดความดันเพื่อลดระยะเวลาในการกลั่น เช่น Thin Film Evaporator เป็นต้น

2. จากผลการทดลอง พบว่า การกำจัดโทลูอีนออกจากสารสกัดแคโรทีนอยด์จะต้องเติมน้ำลงไปในสารสกัดแคโรทีนอยด์โดยตรง ในอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 4 (w/v) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของน้ำที่มากเกินไปมาก ลักษณะสารสกัดแคโรทีนอยด์เมื่อผสมน้ำจะเกิดเป็น emulsion ซึ่งจะส่งผลให้การสัมผัสระหว่างน้ำและโทลูอีนที่ละลายอยู่ในสารสกัดแคโรทีนอยด์เกิดขึ้นไม่ทั่วถึง ดังนั้น การพัฒนาวิธีการผสมสารตัวอย่างหรือการกวนที่มีประสิทธิภาพที่สามารถทำให้การสัมผัสระหว่างน้ำและโทลูอีนเกิดขึ้นอย่างทั่วถึง อาจช่วยลดสัดส่วนของน้ำที่ใช้ในการกลั่นลงได้