

การสกัดแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำ ได้ทำการศึกษาโดยใช้เครื่องสกัดแบบที่สร้างขึ้น ซึ่งเครื่องสกัดประกอบด้วย ชุดลดอุณหภูมิเฮกเซน ชุดผสมเฮกเซนกับน้ำมันปาล์มดิบ ชุดแยกไขมัน ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ชุดระเหยเฮกเซน ชุดควบแน่นเฮกเซน และชุดรวบรวมเฮกเซน เครื่องสกัดสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง -25 ถึง 25 องศาเซลเซียส มีความจุ 7,000 มิลลิลิตร ใบกวนมีอัตราเร็วสูงสุด 800 รอบต่อนาที กระบวนการสกัดใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง น้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ควรกำจัดกัมด้วยวิธีการใช้กรดซิตริกร่วมกับกรดฟอสฟอริก สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคือ อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส สัดส่วนของน้ำมันปาล์มดิบต่อเฮกเซนเท่ากับ 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และอัตราเร็วในการกวน 250 รอบต่อนาที ซึ่งสามารถสกัดแคโรทีนอยด์ได้ความเข้มข้น 558 พีพีเอ็ม หรือสกัดได้ร้อยละ 52 ของปริมาณที่มีอยู่ในน้ำมันปาล์มดิบ ในการหาสมการสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ที่สกัดได้และปัจจัยในการสกัดพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์จากมากไปน้อยตามลำดับได้แก่ สัดส่วนของน้ำมันปาล์มดิบต่อเฮกเซน อุณหภูมิในการสกัด และอัตราเร็วของใบกวนผสม

แคโรทีนอยด์ที่สกัดได้มีปริมาณเฮกเซนตกค้าง 62 พีพีเอ็ม ไม่พบสารหนู แคดเมียม ตะกั่ว ปรอท และทองแดง แต่พบเหล็กในปริมาณ 9.41 พีพีเอ็ม แคโรทีนอยด์ที่สกัดได้สามารถนำไปทำให้เข้มข้นได้ 216,100 พีพีเอ็ม โดยการทำปฏิกิริยาซาปอนนิฟิเคชัน แต่ปฏิกิริยาซาปอนนิฟิเคชัน ทำให้แคโรทีนอยด์สูญเสียไปประมาณร้อยละ 43

เมื่อนำแคโรทีนอยด์ที่สกัดได้มาผลิตเป็นสีชนิดที่ละลายในน้ำมัน จะได้ค่าสีแดงสูงกว่าสีจากเบต้าแคโรทีนที่จำหน่ายในท้องตลาด แต่เมื่อนำมาผลิตเป็นสีชนิดที่ละลายในน้ำที่เตรียมในรูปอิมัลชันจะได้ค่าสีแดงต่ำกว่า โทนสีของแคโรทีนอยด์ชนิดที่ละลายในน้ำมันที่ศึกษามีสีส้มเข้มเดียวกับสีที่จำหน่ายในท้องตลาด ส่วนสีที่ละลายในน้ำที่ศึกษาจะมีสีส้มแดง แต่สีที่จำหน่ายในท้องตลาดจะมีสีเหลืองแดง

การเก็บสีชนิดที่ละลายในน้ำมัน ที่อุณหภูมิ  $30 \pm 2$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์  $60 \pm 5\%$  จะมีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงร้อยละ 50 เมื่อเก็บนาน 5 เดือน ส่วนสีชนิดที่ละลายในน้ำจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงร้อยละ 33 ในเดือนแรก และหลังจากนั้นจะมีการลดลงอีกเล็กน้อย นอกจากนี้ที่เวลาการเก็บ 30 วัน สีจะเกิดการแยกชั้นและมีเชื้อราเกิดขึ้น

ค่าวัสดุคิบและสารเคมีที่ใช้ในการผลิตแคโรทีนอยด์เข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาณ 1 กิโลกรัม เท่ากับ 2,189 บาท ซึ่งที่ราคาขาย 5,000 บาทต่อกิโลกรัม จะมีส่วนต่าง 2,811 บาท

The prototype extractor for the production of carotenoids from crude palm oil (CPO) was built. The utilities included the hexane cooler system, the CPO-hexane mixing system, the fat separator, the heat exchanger, the hexane evaporator, the hexane condenser, and the hexane vessel. The extractor could be monitored at 25 to  $-25^{\circ}\text{C}$  with maximum volume of 7000 ml and maximum agitation speed of 800 rpm. The process cycle was about 3 hrs. The proper type of CPO was the homogenous CPO that degummed by using the combination of citric acid and phosphoric acid. The optimum processed variables were  $-10^{\circ}\text{C}$ , oil to hexane of 1:3 (w/v), and rate of agitation of 250 rpm, which provided 52% of 558 ppm carotenoids. The regression equation demonstrated the relationships between carotenoids concentration and extraction parameters revealed that the important independent factor affecting concentration of carotenoids decreased in the order ratio of oil to hexane > temperature > rate of agitation.

Carotenoids sample extracted by the built extractor at the optimum condition of  $-10^{\circ}\text{C}$ , oil to hexane of 1:3 (w/v), and rate of agitation of 250 rpm found 62 ppm of residual hexane. The amounts of As, Cd, Pb, Hg, and Cu were undetectable, while 9.41 ppm of Fe was detected in samples.

The final concentration of carotenoids concentrated through a saponification was 216,100 ppm, which was higher than in the extracted carotenoids before saponification for 21.61%. The loss of carotenoids through saponification was about 43%.

Comparing with the commercial samples at the same concentration, the values of  $a^*$  (redness) of the extracted oil soluble samples were higher, whereas those of the extracted water soluble samples were much less. The extracted and commercial oil soluble samples gave a similar color of orange red. Color of the extracted water-soluble samples was orange red, while that of the commercial samples was yellow red.

At the storage condition of  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$  and  $60 \pm 5\%$  relative humidity, carotenoids concentration of the oil base samples decreased about 10%/month, and at 5 months the concentration decreased about 50%. In case of the water base colors, the decreasing of carotenoids was about 33% during the first month, and then the concentration was remained relatively constant. The phase separation was occurred together with the growth of moulds after storage for 1 month.

The raw material and chemical costs of making 1 kg of 1 % carotenoids were altogether 2,189 Baht. The gain would be 2,811 Baht/kg at the sale value of 5,000 Baht/kg.