

การบ่งชี้สารเบต้าแคโรทีนระดับเบื้องต้นในดอกโสนและการประยุกต์ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม  
Preliminary Identification of  $\beta$ -Carotene in Sesbania Flower (*Sesbania javanica* Miq.)

Extracts and Application in Ice-cream Product

ประดินันท์ เอี่ยมสะอาด<sup>1\*</sup> หนึ่งฤทัย สุพรหม<sup>2</sup> และ นันทวรรณ จันทร์เพชร<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จ. พระนครศรีอยุธยา

<sup>2</sup>คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก

E-mail: pradinunt.e@aru.ac.th

Pradinunt Eiamsa-ard<sup>1\*</sup>, Neungruthai Suphrom<sup>2</sup> and Nuntawan Janphet<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya

<sup>2</sup>Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok

E-mail: pradinunt.e@aru.ac.th

บทคัดย่อ

เบต้า-แคโรทีน ( $\beta$ -carotene) เป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ ทั้งยังมีบทบาทสำคัญทางเภสัชกรรมเป็นอย่างมาก ในปัจจุบันการศึกษาแหล่งของสารเบต้า-แคโรทีนเพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพทางการค้าได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย ซึ่งโดยทั่วไปสามารถพบเบต้า-แคโรทีนได้ในผัก ผลไม้ที่มีสีส้มและเหลือง ในการทดลองครั้งนี้ได้สนใจศึกษาการสะสมสารเบต้า-แคโรทีนในดอกโสน (*Sesbania javanica* Miq.) นำไปสู่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพในรูปแบบไอศกรีมเสริมดอกโสน โดยการทดลองศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นด้วยการเปรียบเทียบลายพิมพ์พิษเคมีของสารสกัดขยายจากดอกโสนอบแห้งกับสารมาตรฐานเบต้า-แคโรทีนด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบแผ่นบาง พบว่าสารสกัดขยายจากดอกโสนมีสารเบต้า-แคโรทีนเป็นองค์ประกอบทั้งในส่วนที่สกัดด้วยเอทานอลและเฮกเซน นอกจากนี้ในการทดลองครั้งนี้ยังได้สนใจการแปรรูปดอกโสนเป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมดอกโสน ซึ่งผลจากการเสริมดอกโสนลงในอัตราส่วนร้อยละ 20 ลงในไอศกรีม มีผลให้ไอศกรีมที่ได้มีสีเหลืองเข้มกว่าไอศกรีมชุดควบคุมโดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) และยังสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนในไอศกรีมเสริมดอกโสนและชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.94 และ 0.18 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าการเสริมดอกโสนลงในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนอกจากจะเป็นการพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบการเกษตรที่พบมากในท้องถิ่นแล้ว ยังเป็นแนวทางในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์อาหารอีกทางหนึ่งด้วย แต่อย่างไรก็ตามการผลิตไอศกรีมเสริมดอกโสนควรได้รับการพัฒนา

ผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เพื่อนำไปสู่การสนับสนุนให้ไอศกรีมเสริมดอกโสนเป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเพื่อสุขภาพต่อไปในอนาคต

**คำสำคัญ:** สารเบต้า-แคโรทีน; ดอกโสน (*Sesbania javanica* Miq.); ไอศกรีมเสริมดอกโสน

## Abstract

$\beta$ -carotene, a group of carotenoids has been proposed the beneficial effects on human health as well as played an essential role in the pharmaceutical function so far. In recent years, there has been increased interest in alternative dietary sources of  $\beta$ -carotene through the development of functional foods.  $\beta$ -carotene is naturally abundant in several yellow-orange vegetables and fruits also. The present study was efficiently enumerated the  $\beta$ -carotene accumulation in the Sesbania flower (*Sesbania javanica* Miq.) and extraordinarily supplemented the Sesbania flower into ice-cream as the dietary supplemented food. The preliminary chemical composition of Sesbania flower crude extracts was basically investigated according to the TLC fingerprint analysis. The results exhibited either ethanol or hexane extracts of dried Sesbania flower were displayed the similar fingerprint pattern related to the  $\beta$ -carotene standard leading to the highly interested in Sesbania flower ice-cream product development. The increase in yellowness ( $b^*$ ) parameter was observed within the 20 percent of Sesbania flower supplemented in ice-cream product compared to the control as well as the existence of  $\beta$ -carotene accumulation of 1.94 and 0.18  $\mu\text{g/g}$ , respectively. Therefore, the production of Sesbania flower ice-cream could be promote either in the implementation of the locally agricultural in the food processing or additive nutrition in the food products. However, the progressive development of novel Sesbania flower ice-cream probably conducted the consumer acceptance and considerably promoted as the health promotion ice-cream in the future.

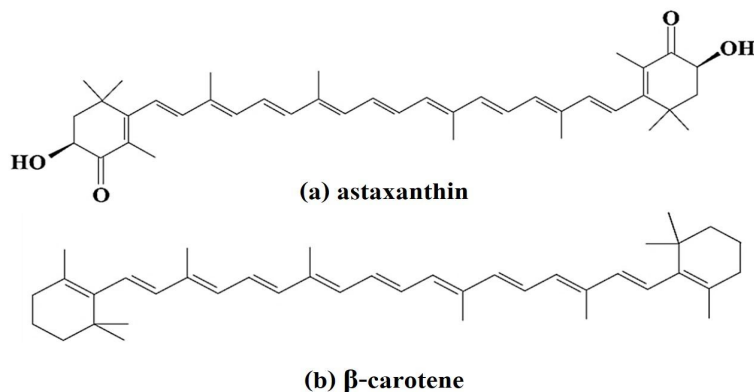
**Keywords:**  $\beta$ -carotene; Sesbania flower (*Sesbania javanica* Miq.); Sesbania flower ice-cream

## 1. บทนำ

พืชทั่วไปสามารถผลิตสารประกอบต่าง ๆ ได้มากถึง 200,000 ชนิด รวมไปถึงการสังเคราะห์สารที่ทำให้เกิดสีส้มต่าง ๆ หรือที่เรียกว่ารงควัตถุ ซึ่งสีของดอกไม้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้พืชกลุ่มไม้ดอกไม้มีลักษณะพิเศษ โดยเกิดจากการสังเคราะห์รงควัตถุที่สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) และเบตาเลน (betalains) [1 - 2] ในการวิจัยครั้งนี้สนใจศึกษาดอกโสน (*Sesbania javanica* Miq.) ซึ่งเป็นพืชที่จัดอยู่ในกลุ่ม Fabaceae Lindl. ตามการจัดจำแนกพืชโดย GRIN taxonomy [3] โสนเป็นพืชเขตร้อนที่พบมากบริเวณริมคูคลองโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนของประเทศไทย ตั้งแต่อดีตดอกโสนถูก

นำมาใช้ในการประกอบอาหารซึ่งให้สีส้มสวยงามและยังมีคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย โดยพบว่าโสนเป็นพืชที่มีการสะสมสารสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ปริมาณสูง ได้แก่ เบต้า-แคโรทีน ( $\beta$ -carotene), เบต้า-คริปโตแซนทีน ( $\beta$ -cryptoxanthin), ลูทีน (lutein) และซีแซนทีน (zeaxanthin) [4] ปัจจุบันการศึกษาพบสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์มากกว่า 700 ชนิดจากสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในธรรมชาติที่มีสีส้มต่างกัน สารในกลุ่มนี้สามารถละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ทั่วไป และยังพบว่าบางชนิดสามารถละลายได้ในไขมัน สารกลุ่มแคโรทีนอยด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างที่ปรากฏและไม่ปรากฏโมเลกุลออกซิเจนในโครงสร้าง ได้แก่ แซนโทฟิลล์ (xanthophylls) และแคโรทีน (carotenes) ตามลำดับ [5 - 6] ตัวอย่างสารแคโรทีนอยด์ในกลุ่มแซนโทฟิลล์ เช่น แอสตาแซนทีน (astaxanthin) พบมากในสาหร่ายขนาดเล็ก ยีสต์ ปลาแซลมอน เป็นต้น มีโครงสร้างแบบ keto-carotenoid ที่ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่คีโตนเป็นหมู่ฟังก์ชัน [7 - 8] (รูปที่ 1(a)) ในขณะที่เบต้า-แคโรทีน ( $\beta$ -carotene) จัดเป็นตัวแทนของสารแคโรทีนอยด์ในกลุ่มแคโรทีน เนื่องจากในโครงสร้างเป็นไฮโดรคาร์บอนสายยาวที่ไม่มีโมเลกุลของออกซิเจน (รูปที่ 1(b)) พบมากในผัก ผลไม้ เช่น ฟักทอง แครอท เป็นต้น [9]

แคโรทีนอยด์มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดแตกต่างกัน การสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ในพืชมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง เช่น การรวมแสง การเก็บเกี่ยวแสง และการป้องกันการทำลายโครงสร้างจากแสง [2] ทั้งยังพบว่าแคโรทีนอยด์เป็นสารประกอบที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะสารเบต้า-แคโรทีนที่พบมากในดอกโสนนั้นมีรายงานเกี่ยวกับบทบาทการเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอ (retinol) ช่วยในการมองเห็นของมนุษย์ [10] และยังพบว่ามีรายงานเกี่ยวกับบทบาทในการป้องกันโรคบางชนิด เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็ง และโรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น [11-12] นอกจากนี้เบต้าแคโรทีนยังมีประสิทธิภาพในการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ประกอบด้วยการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สารต้านการกลายพันธุ์ (antimutagenic activity) ซึ่งเป็นการศึกษาการป้องกันการเกิดความผิดปกติของเซลล์อันนำมาซึ่งการเกิดโรคมะเร็ง ผลจากการทดสอบสารสกัดจากดอกโสนพบว่าสามารถยับยั้งความเป็นพิษที่เกิดจากสารอัลฟาทอกซิน บี 1 (alfatoxin B1; AFB1) และสารเบนโซไพรีน [benzo (a) pyrene; (B(a)P)] ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [13] จากการศึกษาคุณสมบัติประโยชน์ของสารเบต้า-แคโรทีนที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพมนุษย์ รวมทั้งแหล่งของสารเบต้า-แคโรทีนที่สามารถพบได้ในผักและผลไม้ที่มีสีเหลืองจึงนำไปสู่ความสนใจการวิเคราะห์สารเบต้า-แคโรทีนในดอกโสน โดยการยืนยันการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางเคมีและประยุกต์ใช้ดอกโสนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเพื่อสุขภาพเป็นทางเลือกสุขภาพให้กับผู้บริโภค ทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผักพื้นบ้านในท้องถิ่นอีกด้วย



รูปที่ 1 โครงสร้างเคมีของ astaxanthin (a) และ  $\beta$ -carotene (b) [ดัดแปลงจาก 14]

## 2. อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

### 2.1 การเตรียมตัวอย่างดอกโสนและการสกัดสารสกัดจากดอกโสนอบแห้ง

ตัวอย่างดอกโสน (*Sesbania javanica* Miq.) ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้เก็บในพื้นที่ อ.มหาราช จ.พระนครศรีอยุธยา แยกส่วนก้านดอกกับส่วนดอกออกจากกัน ส่วนของดอกทำให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 0.5 - 1 เซนติเมตร แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นเตรียมดอกโสนอบแห้งสำหรับสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยชั่งน้ำหนักดอกโสนอบแห้งน้ำหนักประมาณ 10 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วจึงสกัดด้วยเฮกเซนและเอทานอล ปริมาตร 150 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง [ดัดแปลงจาก 15] จากนั้นกรองแยกส่วนสารละลายไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบลดความดัน (Heidolph, Germany) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Heto, Maxi-dry lyo, Denmark) จะได้สารสกัดส่วน D-hSJ และ D-eSJ เป็นส่วนสารสกัดดอกโสนจากตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดเฮกเซนและเอทานอล ตามลำดับ ชั่งน้ำหนักสารสกัดที่ได้ คำนวณร้อยละของสารสกัดต่อน้ำหนัก (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) แล้วจึงเก็บตัวอย่างสารสกัดที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการศึกษาในขั้นตอนถัดไป

### 2.2 การศึกษาลักษณะลายพิมพ์พฤษเคมี (fingerprint) ของสารสกัดดอกโสนด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบาง (Thin Layer Chromatography, TLC)

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบ D-hSJ และ D-eSJ จากดอกโสนอบแห้งที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์เฮกเซนและเอทานอล โดยการเปรียบเทียบลายพิมพ์พฤษเคมีของสารสกัดดอกโสนกับสารมาตรฐานเบต้า-แคโรทีน ( $\beta$ -carotene,  $\geq 97.0\%$  UV, Sigma-Aldrich, USA) ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบาง (Thin Layer Chromatography, TLC) โดยเลือกใช้ระบบตัวทำละลายของสารละลายผสมระหว่างเฮกเซนและอะซีโตน ในอัตราส่วน 8:2 ปริมาตรต่อปริมาตร จากนั้นสังเกตลักษณะลายพิมพ์พฤษเคมีที่ปรากฏขึ้นบนแผ่น TLC ด้วยตาเปล่า การศึกษาภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet, UV) ที่ความยาวคลื่น 254 และ 366

นาโนเมตร และการสังเกตเมื่อสเปรย์ด้วยน้ำยาทดสอบ anisaldehyde แล้วจึงวิเคราะห์หาค่า retardation factor ( $R_f$ ) ดังสมการที่ (1)

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)}}{\text{ระยะทางที่สารละลายเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)}} \quad (1)$$

### 2.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากดอกโสน ชนิดไอศกรีมเสริมดอกโสน

เตรียมดอกโสนสด (*Sesbania javanica* Miq.) ที่เด็ดขั้วออก นำมาลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 นาที แล้วแช่ในน้ำเย็นทันที พักให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นเตรียมส่วนผสมของไอศกรีมเป็นของเหลว ได้แก่ น้ำ นมสด และ วิปปิ้งครีม (ตารางที่ 1) ใส่ลงในเครื่องปั่นอเนกประสงค์ บั่นส่วนผสมทั้งหมดพร้อมดอกโสนลวกให้ละเอียด จนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงเตรียมส่วนผสมที่เป็นของแข็ง (น้ำตาลทราย เกลือ และสารให้ความคงตัว) นำส่วนผสมที่เป็นของเหลวตั้งไฟแบบหม้อตุ๋นจนส่วนผสมมีอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติมส่วนผสมของแข็งลงไป คนให้เข้ากันแล้วอุ่นต่อจนได้อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส ใส่ส่วนผสมทั้งหมดลงในเครื่องปั่นอเนกประสงค์โดยปั่นที่ความเร็วสูงสุด นาน 1 นาที ในขณะที่เครื่องปั่นทำงานให้ใส่ไข่แดงลงไป จากนั้นเทส่วนผสมทั้งหมดลงในหม้อตุ๋นอีกครั้ง อุ่นต่อจนกระทั่งอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้ นาน 2 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีด้วยการหล่อในน้ำเย็น บ่มไอศกรีมในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง แล้วจึงเติมกลิ่นวานิลลา คนให้เข้ากันก่อนนำส่วนผสมทั้งหมดปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม บรรจุไอศกรีมที่ได้ลงในถ้วยพลาสติกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ในระหว่างรอการวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนในไอศกรีม การทดลองในครั้งนี้ได้เตรียมไอศกรีมวานิลลาที่ไม่มีส่วนผสมของดอกโสนเป็นชุด การทดลองควบคุม [16]

### 2.4 การวิเคราะห์สีและปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมดอกโสน

การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดำเนินการวัดค่าสีตามระบบ Hunter Lab System ( $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$ ) ด้วยเครื่องวัดสี Color Quest XE (HunterLab, USA) และวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน ในตัวอย่างไอศกรีมเสริมดอกโสนและไอศกรีมชุดควบคุม ตามวิธีการ extraction, saponification และ partition [17] โดยการเตรียมตัวอย่างไอศกรีมทั้งสองตัวอย่าง น้ำหนัก 0.6 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย ethanolic Butylated Hydroxyl Toluene (BHT) ปริมาตร 6 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Julabo, Germany) ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น ร้อยละ 80 ลงในตัวอย่างไอศกรีม ซึ่งเป็นขั้นตอนของการเกิดปฏิกิริยา saponification [18] เมื่อผสมตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงนำไปให้ความร้อนอีกครั้งที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (เขย่าให้เข้ากันทุก 5 นาที) แล้วนำตัวอย่างใส่ลงในอ่างน้ำแข็งทันที ตามด้วยการเติมน้ำกลั่นที่แช่เย็นไว้ แล้วปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ขั้นตอนการสกัดแคโรทีนอยด์ทำได้โดยการเติมตัวทำละลายเฮกเซน

ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 3 มิลลิลิตร แล้วทำให้เกิดการแยกชั้นด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ (Eppendorf centrifuge 5810R, Germany) ที่ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที สกัดซ้ำอีกครั้ง ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน แล้วจึงนำส่วนใสที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Perkin Elmer Spectrophotometer LS 55, USA) ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ศึกษาความเข้มข้นของสารเบต้า-แคโรทีนในตัวอย่างไอศกรีมช็อคช็อคและไอศกรีมเสริมดอกโสน ด้วยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารเบต้า-แคโรทีน ( $\beta$ -carotene,  $\geq 97.0\%$  UV, Sigma-Aldrich, USA) [17]

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของไอศกรีมเสริมดอกโสน [16]

| วัตถุดิบ        | ปริมาณ | หน่วยตวง  |
|-----------------|--------|-----------|
| นมสด            | 500    | มิลลิลิตร |
| วิปปิ้งครีม     | 250    | กรัม      |
| น้ำตาลทรายขาว   | 160    | กรัม      |
| เกลือ           | 1/8    | ช้อนชา    |
| ไข่แดง          | 3      | ฟอง       |
| สารให้ความคงตัว | 2      | มิลลิลิตร |
| น้ำ             | 120    | มิลลิลิตร |
| กลิ่นวานิลลา    | 1      | ช้อนชา    |
| ดอกโสนลวก       | 100    | กรัม      |

### 3. ผลการทดสอบ

#### 3.1 การเตรียมตัวอย่างดอกโสนและการสกัดสารสกัดจากดอกโสนอบแห้ง

ตัวอย่างดอกโสนที่นำมาใช้ในการศึกษาการสะสมสารสีแคโรทีนอยด์ในครั้งนี้เก็บตัวอย่างในพื้นที่ อ. महाराज จ. พระนครศรีอยุธยา (รูปที่ 2) จากการสกัดดอกโสนอบแห้งด้วยตัวทำละลายอินทรีย์เฮกเซนและเอทานอลได้สารสกัดหยาบสองส่วน ได้แก่ D-hSJ และ D-eSJ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าน้ำหนักดอกโสน น้ำหนักและร้อยละผลได้ (% yield) ของสารสกัดหยาบพบว่าร้อยละของผลได้ (% yield) ของสารสกัดจากตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดเอทานอล (ร้อยละ 7.95) มากกว่าสารสกัดจากเฮกเซน (ร้อยละ 1.66) (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากเอทานอลมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่สกัดสารได้ในช่วงกว้างทั้งสารที่มีขั้วและไม่มีขั้ว รวมทั้ง อาจละลายเอนไซม์บางชนิดในพืชตัวอย่างออกมาด้วยจึงทำให้ผลได้ของสารสกัดหยาบจากเอทานอลมากกว่าผลได้จากตัวทำละลายเฮกเซน [19] และเมื่อศึกษาลักษณะของสารสกัดที่ได้พบว่าสารสกัดทั้งสองส่วน (D-hSJ และ

D-eSJ) มีสีเหลืองเข้มไปจนถึงสีน้ำตาล สารสกัดที่ได้นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนศึกษาในขั้นต่อไป



รูปที่ 2 ดอกโสนที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่ อ. มหาราช จ. พระนครศรีอยุธยา

ตารางที่ 2 ข้อมูลน้ำหนักสารสกัดหยาบและร้อยละผลได้จากสารสกัดดอกโสนอบแห้ง

| ตัวทำละลาย | สารสกัด | น้ำหนักของสารสกัดหยาบ (กรัม) | ร้อยละของผลได้ (% yield dry weight) |
|------------|---------|------------------------------|-------------------------------------|
| เฮกเซน     | D-hSJ   | 0.1665 ± 0.006               | 1.66 ± 0.14                         |
| เอทานอล    | D-eSJ   | 0.7950 ± 0.008               | 7.95 ± 0.08                         |

### 3.2 การศึกษาลักษณะลายพิมพ์ฟลักซ์เคมี (fingerprint) ของสารสกัดดอกโสนอบแห้งด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบาง (Thin Layer Chromatography, TLC)

ขั้นตอนการศึกษาองค์ประกอบในระดับเบื้องต้นของสารสีแคโรทีนอยด์ในดอกโสนครั้งนี้ใช้วิธีการทดสอบด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบาง ซึ่งจากการทดลองศึกษาระบบตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับสารสกัดหยาบดอกโสน พบว่าสารละลายผสมระหว่างเฮกเซนและอะซิโตน ในอัตราส่วน 8:2 โดยปริมาตร (v/v) เป็นระบบตัวทำละลายเคลื่อนที่ที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบลายพิมพ์ฟลักซ์เคมีของสารสกัดดอกโสนกับสารมาตรฐานเบต้า-แคโรทีน ( $\beta$ -carotene standard) ซึ่งผลการศึกษาเปรียบเทียบพบว่าสารสกัดหยาบจากดอกโสนทั้ง 2 ตัวอย่าง (D-hSJ และ D-eSJ) สามารถเคลื่อนที่ได้ในเฟสเคลื่อนที่และพบว่ามีองค์ประกอบที่เป็นสารเบต้า-แคโรทีน เนื่องจากปรากฏค่า  $R_f$  ที่ตรงกับสารมาตรฐานเบต้า-แคโรทีน ทั้งยังพบว่าการเห็นแถบสีเหลืองของสารเบต้า-แคโรทีนบนแผ่นโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบางในการทดลองที่ใช้การสังเกตด้วยตาเปล่าอาจเนื่องมาจากสีที่เป็นเหลืองส้ม ควบคู่กับลักษณะโครงสร้างของสารเบต้า-แคโรทีนที่มีพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว (conjugated double bond) จึงทำให้เกิดแถบสีบนแผ่นโครมาโทกราฟีโดยไม่จำเป็นต้องใช้สารทดสอบ [20] นอกจากนี้ผลการศึกษาเปรียบเทียบลายพิมพ์ฟลักซ์เคมียังพบการเกิดควENCHING โดยการเกิดลักษณะ

แถบที่บแสงเมื่อสังเกตภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และการเรืองแสงภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) ที่ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร รวมทั้งการเกิดสีเมื่อสเปรย์ด้วยน้ำยาทดสอบ anisaldehyde (ตารางที่ 3)

จากผลการศึกษาลักษณะลายพิมพ์ถูกยเคมีของสารสกัดจากดอก โสนอบแห้งที่เป็นการยืนยันพบสารเบต้า-แคโรทีนเป็นองค์ประกอบนั้นมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาพบปริมาณสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะชนิดเบต้า-แคโรทีน ( $\beta$ -carotene) ในปริมาณสูงในดอก โสน และได้นำดอก โสนมาประยุกต์เป็นส่วนผสมในอาหารไก่เพื่อกระตุ้นสีแดงในไข่ไก่ [4] ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสีแคโรทีนอยด์ในดอก โสนด้วยวิธีการเปรียบเทียบลายพิมพ์ถูกยเคมีโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบางเป็นผลการทดลองการบ่งชี้ในระดับเบื้องต้นเกี่ยวกับการสะสมสารเบต้า-แคโรทีนในดอก โสน นำมาซึ่งความสนใจในประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้ดอก โสนในผลิตภัณฑ์อาหารที่เสริมดอก โสน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพของมนุษย์ ทั้งนี้การพิสูจน์เอกลักษณ์และการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิคทางเคมีขั้นสูงยังคงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมเป็นลำดับต่อไป

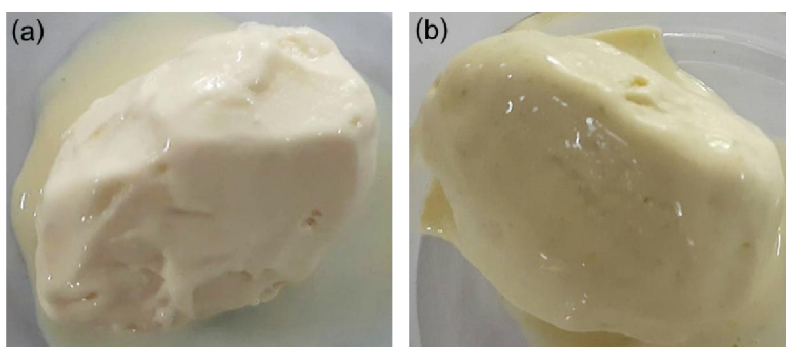
ตารางที่ 3 ค่า  $R_f$  ของสารสกัดดอก โสนอบแห้งที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด และใช้สารละลายผสมระหว่าง เฮกเซนและอะซีโตน (8:2 v/v) เป็นระบบตัวทำละลายเคลื่อนที่

| ตัวอย่าง                   | $R_f$     | การสังเกต  |                   |                   |              |
|----------------------------|-----------|------------|-------------------|-------------------|--------------|
|                            |           | ตาเปล่า    | UV <sub>254</sub> | UV <sub>366</sub> | anisaldehyde |
| $\beta$ -carotene standard | 0.94      | + (เหลือง) | Quenching         | + (น้ำตาลแดง)     | + (ม่วง)     |
| D-hSJ                      | 0.00-0.14 | -          | -                 | -                 | + (ม่วง)     |
|                            | 0.34      | + (เหลือง) | quenching         | + (น้ำตาลแดง)     | + (ม่วง)     |
|                            | 0.49      | -          | -                 | -                 | + (ม่วง)     |
|                            | 0.62      | -          | -                 | -                 | + (ม่วง)     |
|                            | 0.94      | + (เหลือง) | quenching         | + (น้ำตาลแดง)     | + (ม่วง)     |
| D-eSJ                      | 0.00-0.14 | -          | -                 | -                 | + (ม่วง)     |
|                            | 0.34      | + (เหลือง) | quenching         | + (น้ำตาลแดง)     | + (ม่วง)     |
|                            | 0.49      | -          | -                 | -                 | + (ม่วง)     |
|                            | 0.62      | -          | -                 | -                 | + (ม่วง)     |
|                            | 0.94      | + (เหลือง) | quenching         | + (น้ำตาลแดง)     | + (ม่วง)     |



### 3.3 การวิเคราะห์สีและปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมดอกโสน

จากผลการทดลองพบการสะสมสารเบต้า-แคโรทีนในดอกโสน จึงได้มีความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากดอกโสนเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากสรรพคุณทางเภสัชกรรม และคุณค่าทางโภชนาการต่อมนุษย์ของของดอกโสนที่มีรายงานพบว่าสารเบต้า-แคโรทีนจัดอยู่ในกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant) และยังมีรายงานเกี่ยวกับคุณสมบัติการเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์วิตามินเอ [21, 22] ในการทดลองครั้งนี้มีความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมดอกโสน เพื่อเป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำดอกโสนไปใช้เป็นส่วนประกอบหนึ่งในไอศกรีมและยังเป็นการศึกษาความคงตัวของสารเบต้า-แคโรทีนในดอกโสนเมื่อผ่านการแปรรูป โดยในการทดลองครั้งนี้ได้เสริมดอกโสนลงในไอศกรีมสัดส่วนร้อยละ 20 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของนันทวรรณ ฉวีวรรณ [16] ที่ได้ทดลองผสมดอกโสนในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 และ 30 พบว่าการเสริมดอกโสนในอัตราส่วนร้อยละ 20 ให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีรสชาติใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมช็อคโกแลต ในขณะที่การเสริมที่ร้อยละ 30 ส่งผลให้ไอศกรีมมีกลิ่นรสของดอกโสนที่เข้มเกินไปอาจส่งผลต่อการไม่ยอมรับของผู้บริโภค จากผลการทดลองยังพบว่าไอศกรีมเสริมดอกโสนนั้นมีลักษณะใกล้เคียงกับไอศกรีมรสวานิลลาที่มีจำหน่ายทางการค้า และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะทั่วไปกับไอศกรีมช็อคโกแลตจากการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าไอศกรีมช็อคโกแลตมีสีเหลืองนวล ในขณะที่เนื้อไอศกรีมที่เสริมดอกโสนมีสีเหลืองเข้มและอมเขียวเล็กน้อย (รูปที่ 3) แต่อย่างไรก็ตามการเสริมดอกโสนลงในไอศกรีมอาจมีผลต่อความหวานของไอศกรีม โดยไอศกรีมช็อคโกแลตอาจมีรสหวานมากกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากในกรรมวิธีการเตรียมดอกโสนก่อนการผสมลงในไอศกรีมจำเป็นต้องลวกดอกโสนในน้ำเดือด ทำให้มีน้ำสะสมในเซลล์ของดอกโสน และเมื่อนำดอกโสนมาเป็นส่วนผสมในไอศกรีมจึงทำให้น้ำในเซลล์เป็นเกล็ดน้ำแข็งและอาจมีผลทำให้ความหวานของไอศกรีมลดลง [23]



รูปที่ 3 ลักษณะของไอศกรีมช็อคโกแลต (a) และไอศกรีมเสริมดอกโสน (b)

ผลจากการเสริมดอกโสนลงในไอศกรีมมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ได้มีสีเหลืองเข้มกว่าไอศกรีมชุดควบคุม โดยสามารถวัดค่าสี L\* a\* และ b\* ได้ดังแสดงในตารางที่ 4 จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าสีเหลือง (b\*) ในไอศกรีมเสริมดอกโสนจะเห็นได้ว่ามีค่ามากกว่าไอศกรีมชุดควบคุม คิดเป็นร้อยละ 37 ทั้งนี้ผลการวัดค่าสียังมีความสอดคล้องกับปริมาณของสารเบต้า-แคโรทีนที่พบเป็นองค์ประกอบในไอศกรีม ซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนด้วยวิธีการ extraction, saponification และ partition [17] ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมชุดควบคุมและไอศกรีมเสริมดอกโสนพบว่ามีสารเบต้า-แคโรทีน ( $\beta$ -carotene) เป็นองค์ประกอบ 0.18 และ 1.94 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานเบต้า-แคโรทีน

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์สีและปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมดอกโสน

| คุณภาพไอศกรีม                        | ไอศกรีมชุดควบคุม | ไอศกรีมเสริมดอกโสน |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|
| ค่าสี                                |                  |                    |
| L*                                   | 88.70 $\pm$ 0.40 | 80.98 $\pm$ 0.25   |
| a*                                   | 1.20 $\pm$ 0.28  | 1.03 $\pm$ 0.06    |
| b*                                   | 17.62 $\pm$ 0.54 | 27.25 $\pm$ 0.48   |
| $\beta$ -carotene (ไมโครกรัมต่อกรัม) | 0.18 $\pm$ 1.05  | 1.94 $\pm$ 0.87    |

#### 4. บทสรุป

ดอกโสน (*Sesbania javanica* Miq.) จัดได้ว่าเป็นผักพื้นบ้านที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับต้น ๆ ในการประกอบอาหารของคนไทย ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีความสนใจในการศึกษาสารสีในดอกโสนและนำไปสู่การประยุกต์ใช้ดอกโสนเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่เสริมสร้างคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งจากการทดลองศึกษาพบว่าสารสกัดขยายจากดอกโสนอบแห้งมีองค์ประกอบที่เป็นสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์ชนิดเบต้า-แคโรทีนทั้งในส่วนสารสกัด D-hSJ และ D-eSJ ซึ่งได้จากการสกัดดอกโสนด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและเอทานอล ตามลำดับ เป็นผลจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยการศึกษาเปรียบเทียบลายพิมพ์ฤกษ์เคมีของสารสกัดขยายเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานเบต้า-แคโรทีน และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดดอกโสนในเบื้องต้นด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบางที่พบสารเบต้า-แคโรทีนในดอกโสนจึงได้นำไปสู่ความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีดอกโสนเป็นองค์ประกอบ เพื่อสนับสนุนให้เป็นอาหารเสริมสุขภาพจากดอกโสน ในงานวิจัยนี้จึงได้สนใจนำดอกโสนไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเพื่อเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมดอกโสนให้เป็นไอศกรีมเสริมสุขภาพ

ในการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมดอกโสนในสัดส่วนร้อยละ 20 ขององค์ประกอบทั้งหมด พบว่าการเสริมดอกโสนลงในผลิตภัณฑ์สามารถวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนในไอศกรีมและปริมาณที่วิเคราะห์ได้มากกว่าในชุดควบคุมถึงร้อยละ 90 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์สีของไอศกรีมที่พบว่ามีในไอศกรีม

เสริมดอกโสนมีค่าสีเหลือง (b\*) สูงกว่าไอศกรีมช็อคโกแลต ซึ่งเป็นผลมาจากสารเบต้า-แคโรทีนที่สะสมในดอกโสน ทั้งยังพบว่าขั้นตอนการเตรียมดอกโสนลวกเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไอศกรีมนั้นไม่มีผลต่อการสลายตัวของสารเบต้า-แคโรทีน แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์พบสารเบต้า-แคโรทีนในไอศกรีมช็อคโกแลตปริมาณเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากสารเบต้า-แคโรทีนที่เป็นองค์ประกอบในไข่แดงซึ่งใช้เป็นส่วนผสมหนึ่งในไอศกรีมช็อคโกแลต [24]

ผลจากการทดลองในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์องค์ความรู้เกี่ยวกับการเสริมดอกโสนในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม เพื่อการพัฒนาไปสู่ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะสารเบต้า-แคโรทีนที่พบในปริมาณสูงในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีรายงานพบว่าเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ และจากขั้นตอนการเตรียมดอกโสนที่ใช้วิธีการลวกในน้ำเดือดในช่วงเวลาสั้น ๆ ยังช่วยคงคุณค่าทางโภชนาการได้ไม่ต่างจากการเตรียมดอกโสนด้วยวิธีอื่น ซึ่งโดยทั่วไปนิยมเตรียมในรูปแบบดอกโสนอบแห้งที่ให้เป็นผงละเอียดที่ต้องเพิ่มขั้นตอนที่ซับซ้อนมากขึ้นทั้งในการศึกษาอุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการอบแห้ง ดังเช่น การเสริมดอกโสนอบแห้งในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนควิช [25] แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาองค์ประกอบ ทางเคมีอื่น ๆ เช่น ปริมาณโปรตีน ไขมัน และเส้นใย ยังคงจำเป็นต้องมีการศึกษาเป็นลำดับต่อไป เพื่อสนับสนุนให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมดอกโสนได้รับการพัฒนาเป็นอาหารว่างที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต่อไปในอนาคต ซึ่งนอกจากจะเป็นการวิจัยที่เสริมสร้างแนวทางสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่เสริมคุณค่าทางโภชนาการจากพืชหรือวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นแล้วนั้น ยังเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฐานชีวภาพร่วมกับการพัฒนาชุมชนท้องถิ่นอีกแนวทางหนึ่งด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Y. Tanaka, N. Sasaki and A. Ohmiya, "Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids," *The Plant Journal*, Vol. 54, 2008, pp. 733-749.
- [2] Y. Wang, C. Zhang, B. Dong, J. Fu, S. Hu and H. Zhao, "Carotenoid accumulation and its contribution to flower coloration of *Osmanthus fragrans*," *Frontiers in Plant Science*, Vol. 9, Article ID 1499, 2018, pp. 1-17.
- [3] GRIN Taxonomy, *Sesbania javanica* Miq., In J.H. Wiersema, US National Plant Germplasm System, 2019, doi.org/10.15468/ao14pp.
- [4] S. Kijparkorn, H. Plaimast and S. Wangsoonoen, "Sano (*Sesbania javanica* Miq.) flower as a pigment source in egg yolk of laying hens," *The Thai veterinary medicine*, Vol. 40, No. 3, 2010, pp. 281-287.
- [5] N. Mezzomo and S. R. S. Ferreira, "Carotenoids functionality, sources, and processing by supercritical technology: A review," *Journal of Chemistry*, Vol. 2016, Article ID 3164312, 2016, pp. 1-16.
- [6] O. A. Eldahshan and A. N. B. Singab, "Carotenoids," *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, Vol. 2, No. 1, 2013, pp. 225-234.

- [7] J. L. Barredo, C. García-Estrada, K. Kosalkova, C. Barreiro C, “Biosynthesis of astaxanthin as a main carotenoid in the heterobasidiomycetous yeast *Xanthophyllomyces dendrorhous*,” *Journal of Fungi*, Vol. 3, No. 44, 2017, pp. 1-17.
- [8] C. Chitchumroonchokchai and M. L. Failla, “Bioaccessibility and intestinal cell uptake of astaxanthin from salmon and commercial supplements,” *Food Research International*, Vol. 99, 2017, pp. 936-943.
- [9] H. E. Khoo, K. N. Prasad, K. W. Kong, Y. Jiang and A. Ismail, “Carotenoids and their isomers: color pigments in fruits and vegetables,” *Molecules*, Vol. 16, No. 2, pp. 1710-1738.
- [10] T. Grune, G. Lietz, A. Palou, A. C. Ross, W. Stahl, G. Tang, D. Thurnham, S. A. Yin and H. K. Biesalski, “Beta-carotene is an important vitamin A source for humans,” *The Journal of Nutrition*, Vol. 140, No. 12, 2010, pp. 2268S-2285S.
- [11] S. Voutilainen, T. Nurmi, J. Mursu and T. H. Rissanen, “Carotenoids and cardiovascular health,” *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 83, No. 6, 2006, pp. 1265-1271.
- [12] S. Balaji and A. Roy, “Beta-carotene -a versatile antioxidant in oral cancer: a review,” *Drug Invention Today*, Vol. 13, No. 3, 2020, pp. 398-403.
- [13] S. Tangvarasittichai, N. Sriprang, T. Harnroongroj and S. Changbumrung, “Antimutagenic activity of *Sesbania javanica* Miq. flower DMSO extraction and its major flavonoid glycoside,” *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, Vol. 36, No. 6, 2005, pp. 1543-1551.
- [14] ประดิดันันท์ เอี่ยมสะอาด, “การสังเคราะห์สารสีแคโรทีนอยด์ในจุลินทรีย์,” วารสาร มทร. อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 10, ฉบับที่ 3, 2560, หน้า 118-131.
- [15] R. C. de Oliveira, S. T. D. de Barros and M. L. Gimenes, “The extraction of passion fruit oil with green solvents,” *Journal of Food Engineering*, Vol. 117, No. 4, 2013, pp. 458-463.
- [16] นันทวรรณ ฉวีวรรณ, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดอกโสน, รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, 2556, หน้า 27-31.
- [17] R. A. Sanusi, and A. E. Adebisi, “Beta carotene content of commonly consumed foods and soups in Nigeria,” *Pakistan Journal of Nutrition*, Vol. 8, No. 9, 2005, pp. 1512-1516.
- [18] M. L. Nollet and F. Toldra, *Food analysis by HPLC*, 3<sup>rd</sup> Ed, CRC Press, New York, 2012, pp. 284-290.
- [19] A. Altemimi, N. Lakhssassi, A. Baharlouei, D. G. Watson and D. A. Lightfoot, “Phytochemicals: extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts,” *Plants*. Vol. 6, No. 4, 2017, pp. 1-23.
- [20] O. V. Checheta, E. F. Safonova and A. I. Slivkin, “Thin-layer chromatography characteristics of  $\beta$ -carotene,” *Pharmaceutical Chemistry Journal*, Vol. 46, 2012, pp. 321-323.

- [21] J. Fiedor and K. Burda, "Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease," *Nutrients*, Vol. 6, No. 2, 2014, pp. 466-488.
- [22] J. A. Kim, J.-H. Jang and S.-Y. Lee, "An updated comprehensive review on vitamin A and carotenoids in breast cancer: mechanisms, genetics, assessment, current evidence, and future clinical implications," *Nutrients*, Vol.13, No. 9, 2021. pp. 1-23.
- [23] Q. A. Syed, S. Anwar, R. Shukat and T. Zahoor, "Effects of different ingredients on texture of ice cream" *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, Vol. 8, No. 6, 2018, pp. 422-435.
- [24] Y. H. Jiang, R. B. McGeachin and C. A. Bailey, "Alpha-tocopherol, beta-carotene, and retinol enrichment of chicken eggs," *Poultry Science*, Vol. 73, No. 7, 1994, pp. 1137-1143.
- [25] วรณิภา พาณิชกรกุล, "ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพของดอกโสนและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง," *วารสารวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์*, ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, 2559, หน้า 47-55.