

คุณภาพด้านเคมีกายภาพและจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม
ผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินที่สภาวะการเก็บรักษาต่าง ๆ

Physicochemical and Microbiological Qualities of
Mixed Fruit Juice Beverage Powder Incorporated with
Astaxanthin under Different Storage Conditions

ถกลรัตน์ ทักซิมา และวรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์*

ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

มารุจ ลิมปะวัฒนะ

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ถนนเพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160

เพ็ญญา ชลปฐมพิกุลเลิศ

ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
ตำบลคลองห้า อำเภอกองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Takunrat Taksima and Wanwimol Klaypradit*

Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University,
Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

Maruj Limpawattana

Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University,
Phetkasem Road, Bang Wa, Phasi Charoen, Bangkok 10160

Pennapa Chonpathompikunlert

Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research,
Khleng Ha, Khleng Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินธรรมชาติ โดยผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยแอสตาแซนธินผงจากเปลือกกุ้งขาว โดยใช้กระบวนการห่อหุ้มสารด้วยเทคนิค freeze

drying ร่วมกับการใช้ cryogenic freezing และน้ำผลไม้รวมชนิดผงโดยใช้วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินที่ได้นำไปวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ค่าสี ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ สมบัติการต้านออกซิเดชัน ปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ระดับ 0, 11, 33 และ 52 เป็นระยะเวลา 2 เดือน ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินมีลักษณะเป็นผงละเอียด สีส้มอมเหลือง ค่าสีของคุณลักษณะด้าน L^* , a^* , b^* และ ΔE คือ 76.16, 19.39, 18.62 และ 34.65 ตามลำดับ ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ 6.08 % และ 0.32 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ที่ได้สูงถึงร้อยละ 96.88 สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ พบว่า RH ร้อยละ 0 เป็นสภาวะที่ดีที่สุด และผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านค่าสี ปริมาณความชื้น และปริมาณจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษา ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแอสตาแซนธินที่ได้มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

คำสำคัญ : เครื่องดื่มชนิดผง; แอสตาแซนธินธรรมชาติ; สภาวะความชื้นสัมพัทธ์

Abstract

This research aimed to develop mixed fruit juice beverage powder added with natural astaxanthin from white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) shell. Encapsulated astaxanthin powder was subjected to freeze drying together with cryogenic freezing whereas spray drying was employed to produce mixed fruit juice. The resultant product was determined for quality changes including color, moisture content, water activity, antioxidant properties and microbial loads at 30 °C under various relative humidity conditions (0, 11, 33, and 52 %RH) for 2 months. Mixed fruit juice powder encapsulated with astaxanthin was fine and yellowish- orange in color represented as the coordinates L^* , a^* , b^* and ΔE of 76.16, 19.39, 18.62 and 34.65, respectively. Its moisture content and water activity were 6.08 % and 0.32, respectively, with remarkable high antioxidant activity (96.88 % inhibition). The storage condition under 0 %RH was optimum, whereas the product could maintain its quality without significant changes in terms of color, moisture content and microbial loads. This study suggested that the encapsulated astaxanthin is a promising supplement for product development.

Keywords: beverage powder; natural astaxanthin; relative humidity condition

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการแปรรูปกุ้งแช่เยือกแข็งเป็นอุตสาหกรรมส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยที่มี

แนวโน้มสูงขึ้นทุกปี โดยกุ้งสดและกุ้งปรุงแต่งแช่เยือกแข็งมีปริมาณการส่งออกรวม 265 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 87,600 ล้านบาท ในจำนวนนี้ร้อยละ 90

เป็นกุ้งขาว (*Litopenaeus Vannamei*) [1] เศษที่เหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตกุ้งแช่แข็ง เช่น เปลือกและหางกุ้งมักนำไปขายเป็นวัตถุดิบราคาถูกเพื่อผลิตเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 40 ในจำนวนนี้กว่าร้อยละ 20 เป็นเศษเหลือจากส่วนเปลือกกุ้งที่อุดมด้วยแอสตาแซนธิน (astaxanthin) (Seabra and Pedrosa, 2010) ซึ่งเป็นรงควัตถุธรรมชาติในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ที่ให้สีในช่วงสีชมพูถึงสีแดง พบได้ในสัตว์น้ำตระกูล crustacean (กุ้ง ปู) เคย ปลาแซลมอน ปีกของแมลง รวมทั้งสาหร่ายสีแดง (*Haematococcus pluvialis*) และยีสต์สีชมพู (*Phaffia rhodozyma*) บางชนิด แอสตาแซนธินมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญ คือ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเบต้าแคโรทีน ลูทีน (lutein) ซีแซนธิน (zeaxanthin) และแคนธาแซนธิน (canthaxanthin) ประมาณ 10 เท่า และมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิตามินอี (alpha-tocopherol) ประมาณ 100 เท่า [2] มีงานวิจัยที่พัฒนาผลิตภัณฑ์แอสตาแซนธินในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แคปซูล [3] ผง [4] เม็ดบิต [5] และลิโปโซม [6] ผลิตภัณฑ์จากแอสตาแซนธินที่มีจำหน่ายทางการค้าเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารส่วนใหญ่ผลิตได้จากสาหร่ายสีแดง (*Haematococcus pluvialis*) ที่อยู่ในรูปแบบของ soft gel แต่ยังไม่พบผลิตภัณฑ์แอสตาแซนธินที่ผลิตได้จากเปลือกกุ้งขาว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาแอสตาแซนธินที่สกัดจากเปลือกกุ้งขาวในรูปแบบผงด้วยกระบวนการห่อหุ้มสาร (encapsulation) เพื่อคงสมบัติเชิงหน้าที่และนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้รวมชนิดผงเข้มข้นโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย อย่างไรก็ตาม คุณภาพผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้ชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินอาจมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะเร่ง โดยการเก็บรักษาที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ระดับต่าง ๆ มีรายงานใน

ผลิตภัณฑ์วาซาบิผง [7] และสารให้กลิ่นรส [8] นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์ยังมีผลต่อการรอดตายของแบคทีเรียและไวรัสก่อนการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ผิวของแคนตาลูป ผักกาดหอม และพริกหยวก [9] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตแอสตาแซนธินผงจากเปลือกกุ้งขาวด้วยกระบวนการห่อหุ้มสารและศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และศักยภาพการต้านอนุมูลอิสระของแอสตาแซนธินในน้ำผลไม้รวมชนิดผงเข้มข้น เมื่อเก็บรักษาที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ระดับต่าง ๆ (0, 11, 33 และ 52) เป็นระยะเวลา 2 เดือน

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

เศษเหลือส่วนเปลือกกุ้งขาวได้รับจากบริษัท มารีนโกลด์ โปรดักส์ จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร โดยแช่แข็งในระหว่างการขนส่งมายังตึกปฏิบัติการภาคิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากนั้นนำวัตถุดิบที่ได้มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการนำมาสกัดสารตัวอย่างต่อไป อัลจิเนต (alginate) ซึ่ได้จาก Union Chemical (Thailand) และ HicapTM 100 ซึ่ได้จาก National Starch and Chemical (Thailand)

2.2 การผลิตเครื่องดื่มชนิดผงจากผลไม้รวม

เตรียมตัวอย่างของน้ำส้มต่อน้ำสับปรดคั้นสดในอัตราส่วน 60 : 40 โดยปรับปริมาตรของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดให้เป็น 16 °Bx (Brix) ด้วยน้ำตาลทราย จากนั้นให้ความร้อนน้ำผลไม้จนมีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส แล้วเติมมอลโตเด็กซ์ทริน DE 10 ร้อยละ 10 และ 20 (น้ำหนักโดยปริมาตร) คนจนมอลโตเด็กซ์ทรินละลายหมด จนได้ 25 °Bx จากนั้นอบแห้งน้ำผลไม้โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย กำหนดสภาวะการทำงานของเครื่อง คือ อัตราการป้อน

อยู่ในช่วง 0.3-0.4 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิความร้อนขาออก 130-140 องศาเซลเซียส และความดันหัวฉีดที่ 2.75 บาร์ และอุณหภูมิความร้อนขาเข้า 180 องศาเซลเซียส

2.2.1 ปริมาณผลผลิตที่ได้

ปริมาณผลผลิตของน้ำผลไม้รวมชนิดผงที่ได้ คำนวณจากน้ำหนักของน้ำผลไม้รวมชนิดผงที่ได้จากการทำแห้ง เปรียบเทียบกับน้ำผลไม้รวมเริ่มต้นก่อนทำแห้ง แสดงดังสมการที่ (1)

$$\text{ปริมาณผลผลิตของน้ำผลไม้ (\% Yield)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักน้ำผลไม้รวมชนิดผงที่ได้จากการทำแห้ง (g)}}{\text{น้ำหนักน้ำผลไม้รวมเริ่มต้นก่อนทำแห้ง (g)}} \times 100 \right] \quad (1)$$

2.2.2 ค่าสี

ใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าสี (Minolta CM-3500d, Japan) ในระบบ CIE LAB วิเคราะห์ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเขียว-สีแดง (a^*) ค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง (b^*) และค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (ΔE) โดยเปรียบเทียบกับแผ่นขาวมาตรฐาน (standard white plate) ที่คำนวณได้จาก $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$

2.2.3 ปริมาณความชื้นในอาหาร

วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC [10] โดยทดลอง 3 ซ้ำ/ตัวอย่าง จากนั้นคำนวณหาร้อยละความชื้นจากสมการที่ (2)

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)}} \times 100 \right] \quad (2)$$

2.2.4 ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร

วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระในตัวอย่างด้วยเครื่อง Thermoconstanter Novasina model TH 200 โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างบรรจุในตลับตัวอย่างให้มีขนาดหรือปริมาณ 50 % ของปริมาตรตลับ จากนั้นนำตลับตัวอย่างใส่ในเครื่องวิเคราะห์ซึ่งจะแสดงผลค่า a_w ที่วัดได้ พร้อมกับค่าอุณหภูมิตัวอย่าง

ในขณะวัดตัวอย่าง

2.2.5 ความสามารถในการละลาย

วิเคราะห์ความสามารถในการละลายของน้ำผลไม้รวมชนิดผงตามวิธีของ Shittu และ Lawal [11] โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างปริมาณ 5 กรัม ใส่ในหลอดหมุนเหวี่ยง (centrifuge tube) และเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำตัวอย่างไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) แล้วเทส่วนใส (supernatant) ใส่ในถ้วยอลูมิเนียม จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ แล้วคำนวณหาความสามารถในการละลายโดยคิดเป็นร้อยละดังแสดงในสมการที่ (3)

$$\text{ความสามารถในการละลาย (\%)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ละลายได้ใน supernatant (g)}}{\text{น้ำหนักน้ำผลไม้รวมชนิดผงเริ่มต้น (g)}} \times 100 \right] \quad (3)$$

2.3 การผลิตแอสตาแซนธินผงโดยกระบวนการทอหุ้มสาร

2.3.1 การสกัดสารแอสตาแซนธินจากเศษเปลือกส่วนเปลือกกุ้งขาว

นำเปลือกกุ้งขาวมาปั่นผสมกับตัวทำละลายเอทานอลในอัตราส่วนของเปลือกกุ้งต่อตัวทำละลาย 1:2 (w/v) [5] โดยใช้เครื่องปั่น จนกระทั่งมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปกรองเอาเปลือกกุ้งออกด้วยเครื่องกรองระบบสุญญากาศ โดยใช้กระดาษกรอง (Whatman[®]) เบอร์ 1 แล้วนำสารละลายที่กรองได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยระบบสุญญากาศ (rotary evaporator) นำสารสกัดจากเปลือกกุ้งที่ได้ใส่ในขวดสีขาปิดฝาให้สนิทและนำไปเก็บในที่มืด อุณหภูมิ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.3.2 การผลิตแอสตาแซนธินผง

เตรียมสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 (w/v) และแป้งตัดแปร (Hicap™ 100) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 (w/v) นำส่วนผสมที่ได้จากการเตรียมเข้าสู่กระบวนการห่อหุ้มสาร โดยนำสารสกัดแอสตาแซนธินที่สกัดได้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 (w/v) มาผสมกับสารละลายอัลจิเนต แล้วปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสม (homogenizer) ที่ความเร็ว 10,000 rpm เป็นระยะเวลา 10 นาที จากนั้นเทอิมัลชันที่ได้อลงในสารละลาย Hicap™ 100 ที่ละน้อยและผสมต่อจนเข้ากันที่ความเร็ว 10,000 rpm 10 นาที นำอิมัลชันที่ได้จากการเตรียมมาทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งโดยการใช้สารไนโตรเจน (cryogenic freezing) ร่วมกับวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยการฉีดพ่นด้วยไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen) ลงบนอิมัลชัน ทำให้อิมัลชันมีลักษณะแข็งทันที จากนั้นนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dryer) ประมาณ 24-36 ชั่วโมง ซึ่งได้เป็นผลิตภัณฑ์แอสตาแซนธินผง (astaxanthin powder)

2.3.3 การวิเคราะห์คุณภาพแอสตาแซนธินผง

(1) ปริมาณผลผลิตของแอสตาแซนธินผงที่ได้คำนวณจากน้ำหนักของแอสตาแซนธินผงที่ได้จากการทำแห้ง เปรียบเทียบกับปริมาณสารเคลือบและสารแอสตาแซนธินเริ่มต้นก่อนทำแห้ง แสดงดังสมการที่ (4)

$$\text{ปริมาณผลผลิตของแอสตาแซนธินผง (\% Yield)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักของแอสตาแซนธินผงที่ได้จากการทำแห้ง (g)}}{\text{น้ำหนักของสารเคลือบและสารแอสตาแซนธินเริ่มต้น (g)}} \right] \times 100 \quad (4)$$

(2) ค่าสี ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในข้อ 2.2.2, 2.2.3 และ 2.2.4 ตามลำดับ

(3) ความสามารถในการละลาย โดยตัด

แปลงจากวิธีของ Shittu และ Lawal [11] ด้วยการชั่งน้ำหนักแอสตาแซนธินผงปริมาณ 5 กรัม ใส่ใน centrifuge tube แล้วเติมน้ำผลไม้และน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง แล้วนำส่วนใสไปวิเคราะห์หาปริมาณของสารแอสตาแซนธินที่ละลายได้ โดยใช้เทคนิค high performance liquid chromatography (HPLC) ตามวิธีของ Higuera-Ciapara และคณะ [12] โดยนำตัวอย่างกรองด้วย membrane filter ขนาด 0.45 µm จากนั้นนำสารตัวอย่างฉีดเข้าเครื่อง HPLC (Agilent LC 1200 Series) ในปริมาตร 20 ไมโครลิตร และใช้คอลัมน์ชนิด C18 ซึ่งตัวทำละลายที่ใช้ (mobile phase) คือ สารละลายที่มีเมทานอลร้อยละ 85 ไดคลอโรมีเทนร้อยละ 5 อะซิโตไนโตรร้อยละ 5 และน้ำร้อยละ 5 ที่อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที วัดปริมาณแอสตาแซนธินโดยใช้ตัวตรวจวัด (diode-array detector) ที่ detection wavelength 480 นาโนเมตร เป็นเวลา 25 นาที และปริมาณของแอสตาแซนธินที่ออกมาเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานแอสตาแซนธิน (Ehrenstorfer GmbH, Germany)

(4) ประสิทธิภาพในการห่อหุ้มสาร (encapsulation efficiency, EE) ของแอสตาแซนธินผงที่ได้จากกระบวนการห่อหุ้มสาร โดยการวัดปริมาณสารแอสตาแซนธินที่ถูกห่อหุ้มไว้ภายในสารเคลือบเปรียบเทียบกับปริมาณของสารแอสตาแซนธินเริ่มต้นตามวิธีของ Bae และ Lee [13] โดยคำนวณดังสมการที่ (5)

$$\text{ประสิทธิภาพในการห่อหุ้ม} = \left[\frac{\text{ปริมาณสารทั้งหมด} - \text{ปริมาณสารบนพื้นผิว}}{\text{ปริมาณสารทั้งหมด}} \right] \times 100 \quad (5)$$

(5) สมบัติการต้านออกซิเดชันด้วย 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazil (DPPH) ดัดแปลง

ตามวิธีของ Wu และคณะ [14] โดยการใช้น้ำมันในการกำหนดค่า blank จากนั้นผสมสารละลายอนุโมลอิสระ DPPH ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ กับสารละลายเมทานอลที่มีสารตัวอย่างในอัตราส่วน 1:3 (v/v) แล้วเขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร รายงานผลเป็น DPPH scavenging effect (%) โดยคำนวณดังสมการที่ (6)

$$\text{DPPH scavenging effect (\%)} = \frac{[A_{\text{control}} - (A_{\text{sample}} - A_{\text{sample blank}})]}{A_{\text{control}}} \times 100 \quad (6)$$

เมื่อ A_{control} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ในเมทานอล; A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายผสมของ DPPH และสารละลายตัวอย่าง; $A_{\text{sample blank}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

2.3.4 ผลิตภัณฑ์เครื่องตีผลไม้มรวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธิน

ผลิตภัณฑ์เครื่องตีผลไม้มรวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินที่พัฒนาขึ้นประกอบน้ำผลไม้รวมชนิดผงและแอสตาแซนธินผง โดยกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคมีปริมาณสุทธิ 35 กรัม และมีองค์ประกอบของสารแอสตาแซนธิน 12 มิลลิกรัม

(1) วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าสี ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ความสามารถในการละลาย และสมบัติการต้านออกซิเดชัน โดยวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับข้อ 2.3.3

(2) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องตีผลไม้มรวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ระดับต่าง ๆ โดยทดสอบการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องตีผลไม้มรวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ระดับต่าง ๆ (relative humidity,

RH) ซึ่งดัดแปลงตามวิธีของ Ratanasiriwat และคณะ [7] โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในโถดูดความชื้นที่มีการควบคุมร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สภาวะต่าง ๆ คือ 0, 11, 33 และ 52 โดยใช้สารละลายเกลืออิมิตัว คือ silica gel, LiCl, MgCl₂ และ Mg(HO₃)₂ ตามลำดับ และเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) จากนั้นสุ่มตัวอย่างเครื่องตีผลไม้มผงเสริมแอสตาแซนธินทุก ๆ 10 วัน เป็นระยะเวลา 2 เดือน เพื่อวิเคราะห์ค่าสี ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ดังแสดงในข้อ 2.2.2, 2.2.3 และ 2.2.4 ตามลำดับ และสุ่มตัวอย่างทุก 30 วัน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และยีสต์รา ตามวิธีของ American Public Health Association [15]

2.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ข้อมูลค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้รวมชนิดผงและเครื่องตีผลไม้มรวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ t-test โดยทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องตีผลไม้มผงเสริมแอสตาแซนธินระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ระดับต่าง ๆ ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้รวมชนิดผง

การทดลองศึกษาปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้รวมชนิดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้รวมชนิดผงที่พัฒนาได้มีสีส้มเหลืองโดยมีค่า L*, a* และ b* 87.76, 2.57 และ 27.05 ตามลำดับ ค่าความแตกต่างของสีทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) และมีลักษณะเป็นผงละเอียด (รูปที่ 1A) โดยมีปริมาณผลผลิตที่ได้ร้อยละ 4.30 และ 5.33 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของมอลโตเด็คซ์ตรินที่ใช้

นอกจากจะทำหน้าที่เป็นสารช่วยอบแห้งแล้วยังมีผลในการเพิ่มปริมาณของแข็งในผลิตภัณฑ์อีกด้วย [16] สำหรับปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้รวมชนิดผงพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) โดยน้ำผลไม้รวมชนิดผงจากการใช้มอลโตเด็คซ์ตรินร้อยละ 20 มีค่าที่ต่ำกว่าเล็กน้อย เนื่องจากการเติมมอลโทเด็คซ์ตรินจะทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนของน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีซ้ำลง มีความสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ต่ำ (low hygroscopicity) จึงช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงแห้ง [17]

Table 1 Physical and chemical properties of mixed fruit juice powder, encapsulated astaxanthin powder and mixed fruit juice powder with encapsulated with astaxanthin.

Physical and chemical properties	Products				
	Mixed fruit juice powder *		Encapsulated astaxanthin powder	Mixed fruit juice powder with encapsulated astaxanthin [#]	
	A	B		C	D
Yield (%)	4.30±0.24 ^b	5.33±0.01 ^a	53.63±0.35	-	-
Color L*	87.76±0.20 ^b	89.93±0.10 ^a	84.74±0.32	74.33±0.26 ^B	76.16±0.16 ^A
a*	2.57±0.17 ^a	1.42±0.02 ^b	8.74±0.04	20.08±0.12 ^{ns}	19.39±0.06 ^{ns}
b*	27.05±0.16 ^a	23.40±0.17 ^b	11.56±0.10	21.21±0.31 ^A	18.62±0.23 ^B
ΔE	29.02±0.22 ^a	24.77±0.19 ^b	19.28±0.24	37.60±0.28 ^A	34.65±0.22 ^B
Moisture content (%)	2.16±0.15 ^a	1.55±0.01 ^b	4.56±0.02	6.44±0.02 ^A	6.08±0.04 ^B
Water activity	0.23±0.01 ^a	0.15±0.00 ^b	0.28±0.02	0.35±0.01 ^A	0.29±0.00 ^B
Solubility (%)	98.86±0.66 ^{ns}	99.06±0.04 ^{ns}	ND	ND	ND
Encapsulation efficiency (%EE)	-	-	86.66±0.07	-	-
Antioxidant activity (% inhibition)	-	-	91.72±1.24	95.31±1.83 ^B	96.88±2.04 ^A

Values are presented as the mean ± standard deviation; ^{ab} Values with different letters within a row were significantly (p > 0.05) different (for mixed fruit juice powder); ^{AB} Values with different letters within a row were significantly (p > 0.05) different (for mixed fruit juice powder with encapsulated astaxanthin); ^{ns} no significant difference (p ≤ 0.05); ND (not detected); A is mixed fruit juice powder with 10 % maltodextrin added; B is mixed fruit juice powder with 20 % maltodextrin added; C is sample A mixed with encapsulated astaxanthin powder; D is sample B mixed with encapsulated astaxanthin powder



Figure 1 Products: (A) mixed fruit juice powder, (B) encapsulated astaxanthin powder, and (C) mixed fruit juice powder encapsulated with astaxanthin.

เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้รวมชนิดผงในน้ำกลั่นได้ ค่าร้อยละ 98.86-99.06 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ผลของการวิเคราะห์ที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรรณจิรา และคณะ [18] ที่พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้รวมผงที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยมีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และความ สามารถในการละลายร้อยละ 2.84, 0.24 และ

97.90 ตามลำดับ ดังนั้นน้ำผลไม้รวมชนิดผงที่พัฒนาได้ จึงมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ เครื่องดื่มชนิดผงเสริมแอสตาแซนทิน

3.2 คุณภาพทางเคมีกายภาพของแอสตาแซนทินผงที่ได้จากกระบวนการกักเก็บสาร

3.2.1 ลักษณะทางกายภาพของแอสตาแซนทินผง

ลักษณะทางกายภาพของแอสตาแซนทินผงที่ได้จากกระบวนการห่อหุ้มสารมีปริมาณผลผลิตที่ได้รับร้อยละ 53.63 และลักษณะเป็นผงละเอียด มีสีส้มอ่อนถึงสีน้ำตาลอ่อน ดังแสดงในรูปที่ 1B ซึ่งสีของแอสตาแซนทินผงที่ได้มีความแตกต่างจากสารสกัดแอสตาแซนทินที่ไม่ผ่านกระบวนการห่อหุ้มสาร อาจเป็นเพราะสารเคลือบที่ใช้ คือ อัลจิเนต และ Hicap™ 100 ถูกทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งด้วยการถูกดึงความร้อนออกไปอย่างรวดเร็วในช่วงการเตรียมตัวอย่างด้วยสารโครโอเจนก่อนถูกนำไปทำแห้ง ทำให้เกิดการเคลือบหรือห่อหุ้มสารแอสตาแซนทินไว้ภายในได้ในปริมาณสูง ส่งผลทำให้สีของแอสตาแซนทินถูกห่อหุ้มสารด้วยสารเคลือบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอาจสามารถช่วยรักษาสมบัติเชิงหน้าที่ของแอสตาแซนทินไว้ในสารเคลือบ งานวิจัยนี้เป็นการใช้วิธีโครโอเจนสำหรับกระบวนการห่อหุ้มสารเป็นครั้งแรกจากเดิมที่เคยใช้สำหรับการถนอมอาหาร เช่น เนื้อหมู [19] พริกไทยบ่น [20] ผงยี่ห่วย [21] น้ำมันหอมระเหยของผักชี [22] และกุ้งแช่เยือกแข็ง [23]

3.2.2 สมบัติทางเคมีของแอสตาแซนทินผง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแอสตาแซนทินผงแสดงดังตารางที่ 1 โดยพบว่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในอาหารมีค่าร้อยละ 4.97 และ 0.28 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานอาหารแห้งกำหนด [24] และประสิทธิภาพในการ

ห่อหุ้มสารแอสตาแซนธินมีค่าร้อยละ 86.66 ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์แอสตาแซนธินยังคงสมบัติการเป็นสารแอนติออกซิเดนท์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงถึงร้อยละ 91.72 ทั้งนี้แอสตาแซนธินผงที่ได้ไม่ละลายในน้ำหรือสารละลายที่มีสภาพเป็นกรดแต่จะแขวนลอยอยู่ในน้ำทำให้ยังคงสมบัติเชิงหน้าที่ไว้ได้ และสามารถนำไปเสริมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้ผงที่พัฒนาขึ้น

3.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธิน

3.3.1 ลักษณะทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธิน

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้ชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินมีลักษณะทางกายภาพเป็นผงละเอียด มีสีส้มอมเหลือง ดังแสดงในรูปที่ 1C โดยมีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินที่ได้จากน้ำผลไม้รวมชนิดผงที่ความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 (ตัวอย่าง C) แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่ความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 (ตัวอย่าง D) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตัวอย่าง C และ D ยังคงสมบัติการเป็นสารแอนติออกซิเดนท์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงร้อยละ 95.31 และ 96.88 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความสามารถในการละลายเพื่อยืนยันสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาพบว่าไม่ปรากฏสารแอสตาแซนธินในสารละลาย ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เป็นเพราะงานวิจัยนี้ใช้สารเคลือบ 2 ชนิด คือ อัลจิเนต และ HicapTM 100 ซึ่งอัลจิเนตมีสมบัติที่ไม่ละลายในสภาวะกระเพาะอาหารหรือสภาวะที่เป็นกรด และทำให้เกิดเป็นเมทริกซ์ที่ไม่ละลายน้ำ จึงทำให้สามารถห่อหุ้มและป้องกันสารจากสภาวะดังกล่าวไว้อย่างมีประสิทธิภาพ [25] ขณะที่

HicapTM 100 เป็นแป้งตัดแปรที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในกระบวนการห่อหุ้มสารเพื่อเพิ่มความคงตัวทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถทนความร้อนได้ดี [26] ซึ่งการใช้อัลจิเนตร่วมกับ HicapTM 100 ทำให้ผลิตภัณฑ์แอสตาแซนธินผงมีความคงตัวต่อสภาวะการเก็บรักษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกตัวอย่าง D เนื่องจากมีสมบัติด้านเคมีและกายภาพที่เหมาะสมทั้งในด้านปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำผลไม้รวมชนิดผง ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และสมบัติการต้านออกซิเดชั่น เพื่อนำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะการเก็บรักษาที่ระดับร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ

3.3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินที่สภาวะการเก็บรักษาที่ระดับร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ

การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านค่าสี ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และคุณภาพด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินที่ถูกเก็บรักษาไว้ในสภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ระดับต่าง ๆ ได้แก่ 0, 11, 33 และ 52 เป็นระยะเวลา 2 เดือน แสดงผลดังนี้

(1) ค่าสีของเครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธิน พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่า L^* (ค่าความสว่าง) a^* (ค่าสีแดง) ค่า b^* (ค่าสีเหลือง) และ ΔE (ค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด) เริ่มต้น คือ 76.16, 19.39, 18.62 และ 34.65 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 2 เมื่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ระดับต่าง ๆ คือ 0, 11, 33 และ 52 พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ร้อยละสภาวะ RH เป็น 0 ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีทั้งในคุณลักษณะทางด้าน L^* , a^* , b^* และ ΔE น้อยที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา 2 เดือน ขณะที่เมื่อ

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สภาวะของ RH สูงขึ้นและระยะเวลามากขึ้น พบว่าผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีมากขึ้นตามไปด้วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Michalska และคณะ [27] ที่ศึกษาคุณภาพด้านค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้รวมชนิดผงที่ผลิตจากพลัมด้วยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และพบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสี L^* , a^* , b^* และ ΔE เท่ากับ 63.0, 11.6, 17.0 และ 35.20 ตามลำดับ

(2) ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินที่เก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 3A พบว่าปริมาณความชื้นที่พบมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมากหรือน้อยแตกต่างกันขึ้นกับระดับร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยพบว่าที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเท่ากับ 0 ปริมาณความชื้นที่พบในผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากร้อยละ 6.08 (วันที่ 0) เป็นร้อยละ 7.83 หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 11 และ 33 พบปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์หลังจากเก็บรักษาร้อยละ 10.06 และ 15.48 ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 52 พบปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์สูงถึงร้อยละ 16.38 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากระดับร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในระหว่างการเก็บรักษาสามารถบ่งบอกได้ว่ามีปริมาณไอน้ำในผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะส่งผลเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการเก็บรักษาที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเท่ากับ 0 และ

11 น่าจะกระจายผ่านผนังเมทริกซ์ได้น้อยกว่า และมีผลให้มีความชื้นต่ำกว่าการเก็บไว้ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 33 และ 52 อย่างไรก็ตามเกณฑ์การกำหนดปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง [24] กำหนดไว้ว่าผลิตภัณฑ์ควรมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 15 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความชื้นที่สูงขึ้นจะมีผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ทั้งด้านประสาทสัมผัสได้แก่เนื้อสัมผัส (texture) ได้แก่ ความกรอบ ความหนืด (viscosity) และการเกาะติดกันเป็นก้อน (caking) เป็นต้น ด้านเคมี ได้แก่ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning) และปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) เป็นต้น สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงความร้อนของอาหาร ได้แก่ จุดหลอมเหลว จุดเดือด การนำความร้อน และความร้อนจำเพาะ (specific heat) และด้านจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย ดังนั้นที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเท่ากับ 0 และ 11 จึงมีความเหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระในเครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธินที่เก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ แสดงดังในรูปที่ 3B พบว่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นมีค่า 0.32 ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขึ้นอยู่กับสภาวะการเก็บรักษาที่ระดับร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยพบว่าการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 0 เป็นระยะเวลา 2 เดือน ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระ 0.45 ซึ่งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเก็บรักษาที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ 11, 33 และ 52 มีปริมาณน้ำอิสระ 0.63, 0.65 และ 0.55 ตามลำดับ ผลการทดลองหาปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์พบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ratanasiriwat และคณะ [7] ที่ได้ศึกษา

กระบวนการกักเก็บสารให้กลีตรสวาซาบิ โดยใช้สตาร์ชดัดแปร (modified starches) มอลโตเดกซ์ทริน (maltodextrin) และเวย์โปรตีน (whey protein) เป็นสารเคลือบ และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ได้ในสภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับต่าง ๆ คือ 11, 33 และ 52 ผลการทดลองพบว่าปริมาณความชื้นและน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้น เมื่อเก็บรักษาที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นและเป็นระยะเวลามากขึ้นตลอดการเก็บรักษา 2 เดือน การลดปริมาณน้ำในอาหาร เช่น ในอาหารแห้ง (dried food) เป็นการหยุดปฏิกิริยาการทำงานของของเอนไซม์ จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย และจุลินทรีย์ก่อโรค [28] โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารแห้งกำหนดว่าผลิตภัณฑ์ต้องมีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.6 เพื่อป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียจากยีสต์ รา และแบคทีเรีย [24]

(3) ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้รวมชนิดผงเสริมแอสตาแซนธิน ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และยีสต์รา พบว่ามีปริมาณโคลิฟอร์มซึ่งเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคน้อยกว่า 3 MPN ต่อตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร และไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมถึงยีสต์ราตลอดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทุกสภาวะ เป็นระยะเวลา 2 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องตามเกณฑ์การกำหนดคุณภาพและมาตรฐานทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์น้ำมะนาวผงสำเร็จรูปที่กำหนดไว้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 3×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม โคลิฟอร์มต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และยีสต์ราต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม [24]

Table 2 Changes in microbial counts of mixed fruit juice powder with encapsulated astaxanthin during 60 days of storage in various relative humidity at 30 °C.

Relative humidity	Microorganisms	Viable cells		
		Day 0	Day 30	Day 60
RH = 0	Total bacteria	ND	ND	ND
	Coliform bacteria	<3 MPN/mL	<3 MPN/mL	<3 MPN/mL
	Yeasts and molds	ND	ND	ND
RH = 11	Total bacteria	-	ND	ND
	Coliform bacteria	-	<3 MPN/mL	<3 MPN/mL
	Yeasts and molds	-	ND	ND
RH = 33	Total bacteria	-	ND	ND
	Coliform bacteria	-	<3 MPN/mL	<3 MPN/mL
	Yeasts and molds	-	ND	ND
RH = 52	Total bacteria	-	ND	ND
	Coliform bacteria	-	<3 MPN/mL	<3 MPN/mL
	Yeasts and molds	-	ND	ND

ND (not detected)

4. สรุป

การผลิตแอสตาแซนธินผงจากเปลือกกุ้งขาว ด้วยกระบวนการห่อหุ้มสารโดยใช้สารเคลือบ 2 ชนิด คือ อัลจิเนตและ Hicap™ 100 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 20 ตามลำดับ ด้วยวิธี cryogenic freezing ร่วมกับวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ได้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวดีทั้งด้านปริมาณน้ำอิสระร้อยละ 0.28 ความชื้นในอาหารร้อยละ 4.56 ประสิทธิภาพการห่อหุ้มร้อยละ 86.66 สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 91.72 และความสามารถในการละลายเมื่อนำแอสตาแซนธินผงมาเสริมในเครื่องดื่มผลไม้ชนิดผงที่ผลิตได้ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีส้มอมเหลือง และเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ระดับต่าง ๆ (0, 11, 33 และ 52) พบว่าที่สภาวะร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 0 เป็นสภาวะที่ดีที่สุด รองลงมา คือ ที่สภาวะ 11 และ 33 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวดีทั้งคุณภาพด้านเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาตลอดการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน แสดงให้เห็นว่าแอสตาแซนธินผงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้และผลิตภัณฑ์ต่อไปอื่น ๆ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยตามสัญญาเลขที่ PHD/0169/2557

6. References

- [1] Office of Agricultural Economics, 2017, Important agricultural products situation and trends in 2017, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai)
- [2] Naguib, Y.M.A, 2000, Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoids, J. Agric. Food Chem. 48: 1150-1154.
- [3] Kittikalwan, P., Powthongsook, S., Pavasant, P. and Shotipruk, S., 2007, Encapsulation of *Heamatococcus pluvialis* using chitosan for astaxanthin stability enhancement, Carbohydr. Polym. 70: 378-385.
- [4] Shen, Q. and Quek, S.Y., 2014, Microencapsulation of astaxanthin with blends of milk protein and fiber by spray drying, J. Food Eng. 123: 165-171.
- [5] Taksima, T., Limpawattana, M. and Klaypradit, W., 2015, Astaxanthin encapsulated in beads using ultrasonic atomizer and application in yogurt as evaluated by consumer sensory profile, LWT Food Sci. Technol. 62: 431-437.
- [6] Sangsuriyawong, A., Limpawattana, M., Siriwan, D., Kaewnern, P. and Klaypradit, W., 2016, Effects of phospholipid concentration and mixing methods on properties of astaxanthin extract-loaded liposomes, J. Agric. 32(3): 321-333. (in Thai)
- [7] Ratanasiriwat, P., Worawattanamateekul, W. and Klaypradit, W., 2013, Properties of encapsulated wasabi flavor and its application in canned food, Int. J. Food Sci. Tech. 48: 749-757.
- [8] Yoshii, H., Soottitantawat, S., Liu, X.D., Atarashi, T., Furuta, T., Aishima, S., Ohgawara, M. and Linko, P., 2001, Flavor release from spray-dried maltodextrin/gum arabic or soy matrices as a function

- of storage relative humidity, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2: 55-61.
- [9] Stine, S.W., Song, I., Choi, C.Y. and Gerba, C.P., 2005, Effect of relative humidity on preharvest survival of bacterial and viral on the surface of cantaloupe lettuce and bell peppers, *J. Food Prot.* 68: 1352-1358.
- [10] Association of Official Analytical Chemists, 2000, Official Method of Analysis of AOAC International, 17th Ed., Gaithersburg, Maryland.
- [11] Shittu, T.A. and Lawal, M.O., 2007, Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages, *Food Chem.* 100: 91-98.
- [12] Higuera-Ciapara, I., Felix-Valenzuela, L., Goycoolea, F.M. and Arguelles-Monal, W., 2004, Microencapsulation of astaxanthin in a chitosan matrix, *Carbohydr. Polym.* 56: 41-45.
- [13] Bae, E.K. and Lee, S.W., 2008, Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin, *J. Microencapsul.* 25: 549-560.
- [14] Wu, H.C., Chen, H.M. and Shiau, C.Y., 2003, Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel (*Scomber austriasicus*), *Food Res. Int.* 36: 949-957.
- [15] American Public Health Association, 1992, Standard Methods for the Examination of Dairy Products, American Public Health Association, New York.
- [16] Avila, E.L., Rodriguez, M.C. and Velasquez, H.J.C., 2015, Influence of maltodextrin and spray drying process conditions on sugarcane juice powder quality, *Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin.* 68: 7509-7520.
- [17] Siew Young, Q., Ngan King, C. and Peter, S., 2007, The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders, *Chem. Eng. Process.* 46: 386-392.
- [18] Vongsawasdi, P., Nopharatana, M., Tang bumrunpong, D. and Apinunjarupong, S., 2002, Production of instant fruit and vegetable juice by spray dryer and microwave-vacuum dryer, *KMUTT Res. Develop. J.* 25(3): 257-277. (in Thai)
- [19] Choi, E.J., Park, H.W., Chung, Y.B., Park, S.H., Park, S.H., Kim, J.S. and Chun, H.H., 2017, Effect of tempering methods on quality changes of pork loin frozen by cryogenic immersion, *Meat Sci.* 124: 69-76.
- [20] Liu, H., Zeng, F., Wang, Q., Ou, S., Tan, L. and Gu, F., 2013, The effect of cryogenic grinding and hammer milling on the flavour quality of ground pepper (*Piper nigrum* L.), *Food Chem.* 141: 3402-3408.
- [21] Sharma, L. K., Agarwal, D., Sharma, Y., Rathore, S. S. and Saxena, S. N., 2014, Cryogenic grinding technology enhances volatile oil, oleoresin and antioxidant activity of cumin (*Cuminum cyminum* L.), *Int. J. Seed Spices.* 4: 68-72.
- [22] Saxena, S. N., Sharma, Y.K., Rathore, S. S., Singh, K. K., Barnwal, P., Saxena, R.,

- Upadhyaya, P. and Anwer, M. M., 2013, Effect of cryogenic grinding on volatile oil, oleoresin content and anti-oxidant properties of coriander (*Coriandrum sativum* L.) genotypes, J. Food Sci. Technol. Mysore. 52: 568-573.
- [23] Solval, K.M., Rodezno, L.A.E., Moncada, M., Bankston, J. D. and Sathivel, S., 2015, Evaluation of chitosan nanoparticle as a glazing material for cryogenically frozen shrimp, LWT Food Sci. Technol. 57: 172-180.
- [24] Food Code, Available Source: <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/RetailFoodProtection/FoodCode/ucm374275.htm>, September 22, 2013.
- [25] Pongjanyakul, T., 2012, Alginate: Natural Polymers into the Drug Delivery System, Klangnana Wittaya, Khon Kaen, 230 p. (in Thai)
- [26] Soottitantawat, A., Takayama, K., Okamura, K., Muranaka, D., Yoshii, H., Furuta, T., Ohkawara, M. and Linko, P., 2005, Microencapsulation of l-menthol by spray drying and its release characteristics, Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 6: 163-170.
- [27] Michalska, A., Wojdyto, A., Lech, K., Lysiak, G.P. and Figiel, A., 2016, Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies, Food Chem. 207: 223-232.
- [28] James, J. M., Loessner, M. J. and Golden, D. A., 2005, Modern food microbiology, Springer Science Business Media, Inc., Berlin.