

การเอนแคปซูเลชันสารสกัดจากมะเกี๋ยงโดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง Encapsulation Of Crude Extracts from Makiang by Freeze Drying

นริศรา วิชิต^{1*} หยาดฝน ทนงการกิจ² จีระพล ปันคำ¹ และสุภาพรรณ ถิ่นถาน¹
Narissara Wichit^{1*} Yardfon Tanongkankit² Jeerapon Pankam¹ and Supaphan Tintan¹

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 202 ถ.ช้างเผือก ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

² คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

¹ Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University

202 Chang Puak road, Chang Puak, Muang District, Chiang Mai, 50300

² Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University

63 Sansai-Phrao Road, Nonghan, Sansai District, Chiang Mai, 50290

*narissara_wic@cmru.ac.th, 083-5777958

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บกักแอนโธไซยานินจากสารสกัดมะเกี๋ยงโดยใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชันด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยใช้มอลโทเด็กซ์ทรีน (DE10) เป็นสารห่อหุ้มในปริมาณ 10, 20 และ 30% โดยมวลต่อปริมาตรตามลำดับ ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผงมะเกี๋ยง ได้แก่ ร้อยละผลผลิต ค่าสี ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ) และประสิทธิภาพการเก็บกักแอนโธไซยานิน (ร้อยละ) พบว่าการเติมมอลโทเด็กซ์ทรีนปริมาณ 30% โดยมวลต่อปริมาตร ผงมะเกี๋ยงที่ได้มีสมบัติที่ดีคือ ปริมาณผลิตภัณฑ์ผงร้อยละ 86.67±0.25 ให้ผงสีชมพูที่มีค่าสี L* , a* และ b* เท่ากับ 52.45±0.05, 21.56±0.08 และ 2.12±0.02 ตามลำดับ มีปริมาณความชื้น 4.27±0.04 % ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.25±0.00 ความสามารถในการละลายสูงถึง 87.81±0.30 % ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 66.34±0.23 % และประสิทธิภาพของการเอนแคปซูเลชันของแอนโธไซยานินที่เก็บกักได้คือ 68.05±0.43% ซึ่งผงมะเกี๋ยงที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไปได้

คำสำคัญ: เอนแคปซูเลชัน, มะเกี๋ยง, การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Abstract

The aim of this research was to encapsulate anthocyanin from Makiang extracted using encapsulation technique by freeze drying. Maltodextrin (DE10) was applied for wall material at 10, 20 and 30 % (w/v) concentrations. The physical and chemical properties, %yield, color in CIE system, moisture content, water activity, solubility, antioxidant activity and encapsulation efficiency were examined. The effect of concentration of encapsulating agent showed that 30%(w/v) of maltodextrin (DE10) had the highest %yield of 86.67 ± 0.25 and the encapsulated anthocyanin powder from Makiang had a pinkish color. Color values in L*, a* and b* of anthocyanin powder were 52.45 ± 0.05 , 21.56 ± 0.08 and 2.12 ± 0.02 , respectively. The moisture content and water activity (a_w) were 4.27 ± 0.04 % and 0.25 ± 0.00 , respectively. Makiang powder had high solubility at 87.81 ± 0.30 % and the encapsulation efficiency was 68.05 ± 0.43 %. It has a potential for applications in food production systems, especially as an added value to food products.

Keywords: Encapsulation, Makiang, Freeze Drying

1. บทนำ

มะเกี๋ยง (*Cleistocalyx nervosum* var. *Paniala*) เป็นพืชอนุรักษ์ตามโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงมีพระราชประสงค์ที่จะให้ช่วยกันอนุรักษ์พืชพื้นเมืองของประเทศไทยไว้ไม่ให้สูญพันธุ์ ซึ่งมะเกี๋ยงพบได้ใกล้แหล่งชุมชนทางภาคเหนือตอนบนของไทย นิยมนำไปบริโภคทั้งในรูปผลสด และผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น น้ำพร้อมดื่ม ไวน์ และไอศกรีม เป็นต้น (สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง, 2545) สารสีแดงบริเวณผิวของผลมะเกี๋ยง จากการวิเคราะห์ของ Jansom *et al.* (2008) พบว่า สารดังกล่าว คือ cyanidin 3-glucoside เป็นแอนโธไซยานินที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดในกลุ่มของแอนโธไซยานิน จากผลทางเภสัชวิทยาพบว่าผลมะเกี๋ยงมีแอนโธไซยานิน ซึ่งเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) โพลีฟีนอล (Polyphenol) และแทนนิน (Tannins) แอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุชนิดหนึ่งที่ละลายในน้ำ เป็นสารที่ให้ทั้งสีส้ม สีแดง สีม่วง และสีน้ำเงิน จึงมีประสิทธิภาพสำหรับใช้เป็นสารให้สีตามธรรมชาติ ถูกนำมาใช้ในอาหาร เพื่อแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหาร จึงทำให้ความต้องการใช้สีจากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น

เทคนิคเอนแคปซูเลชันเป็นกระบวนการในการกักเก็บสารประกอบต่างๆ ที่สลายตัวได้ง่ายไว้ภายในระบบ โดยสารประกอบที่ถูกกักเก็บหรือห่อหุ้มจะเรียกว่า active หรือ core material เช่น วิตามิน แร่ธาตุ สารแอนติออกซิแดนท์ และสี เป็นต้น ส่วนสารที่นำมาห่อหุ้มจะเรียกว่า wall material (Tosaowaluk & Intipunya, 2008) ซึ่งในปัจจุบันมีการนำเทคนิคเอนแคปซูเลชันมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อทำให้มีการคงตัวของสารสำคัญในอาหาร และทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้นอีกทั้งยังสะดวกต่อการนำไปใช้งาน ลดความเสี่ยงในการใช้สารสำคัญ สามารถบริโภคในปริมาณที่ลดน้อยลง เนื่องจากสารสำคัญถูกทำให้มีขนาดเล็กและเข้มข้นมากขึ้น ดังนั้นจึงนำเทคนิคดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการห่อหุ้มสารสำคัญที่มีในมะเกี๋ยง

สำหรับสารห่อหุ้มพื้นฐานที่นิยมใช้มากที่สุด ได้แก่ กลุ่มโบโอพอลิเมอร์ เช่น มอลโทเด็กซ์ทรินและกัมอารบิก เป็นคาร์โบไฮเดรตพอลิเมอร์ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของแป้งบางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ซึ่งจะมีกลูโคสอยู่ประมาณ 5-20 หน่วยต่อโมเลกุล โดยมีคุณสมบัติทั่วไปคือ มีค่าการละลายน้ำสูง ความหนืดต่ำ น้ำตาลน้อย อีกทั้งยังเป็นสารที่ไม่มีสีและกลิ่น สามารถปกป้องสารสำคัญจากการออกซิเดชันและมีราคาถูก

งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้กระบวนการเอนแคปซูชัน โดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจากสารสกัดมะเกี๋ยง เพื่อที่จะเก็บรักษาคุณสมบัติของสารสีจากธรรมชาติไว้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้เป็นสีผสมอาหารที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและคุณภาพดี และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของมะเกี๋ยงที่มีการเน่าเสียอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งศึกษาปริมาณของมอลโทเด็กซ์ทรินที่เหมาะสมในกระบวนการเอนแคปซูเลชัน

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

นำผลมะเกี๋ยงที่แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มาละลายน้ำแข็ง ล้างทำความสะอาด รอสะเด็ดน้ำ จากนั้นทำการเอาเมล็ดออก นำเนื้อมะเกี๋ยงไปปั่นด้วยเครื่องปั่นจนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 80% ด้วยอัตราส่วนระหว่างเนื้อมะเกี๋ยงต่อตัวทำละลาย 1:5 (กรัม:มิลลิลิตร) นาน 24 ชั่วโมง กรองเอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำ

นำสารสกัดที่ได้ไปทำการเอนแคปซูเลชัน โดยใช้สารเอนแคปซูเลตติ้งคือ มอลโทเด็กซ์ทริน (DE10) ความเข้มข้น 10, 20 และ 30% โดยมวลต่อปริมาตร ผสมให้เข้ากัน นำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยนำสารสกัดที่ได้ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างไปเข้าเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เป็นเวลา 15 ชั่วโมง ผงมะเกี๋ยงที่ได้นำมาเก็บในถุงกันความชื้นที่อุณหภูมิห้อง เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีดังนี้

ร้อยละผลผลิต (% yield) ของผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้ คำนวณจากสมการที่ (1)

$$\text{ร้อยละผลผลิต (\% yield)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างทั้งหมดหลังทำแห้ง} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างเริ่มต้นก่อนทำแห้ง}} \quad (1)$$

ค่าสี L*, a* และ b* นำผลิตภัณฑ์ผง วัตค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี เลือกระบบ CIE L* a* b* ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดย ค่า L* แทนค่าความสว่าง ค่า a* แทนค่าสีแดง เมื่อ (+) แทนค่าสีเขียว เมื่อ (-) และ ค่า b* แทนค่าสีเหลือง เมื่อ (+) แทนค่าสีน้ำเงิน เมื่อ (-) ทำการวัดค่าสีของตัวอย่าง อ่านผลการวัดค่าสีจากเครื่อง และบันทึกผลการวัดของแต่ละค่า ทำการวัดค่าทั้งหมด 3 ซ้ำ

ความสามารถในการละลาย (solubility) ด้วยวิธีของ Begum & Deka (2017)

เตรียมตัวอย่างผงแห้ง 1 กรัมเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันนาน 30 นาที จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 3000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แยกเอาส่วนใสออก นำส่วนที่ไม่ละลายน้ำไปทำให้แห้งโดยอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณดังสมการที่ (2)

$$\text{ความสามารถในการละลาย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของสารละลายส่วนใส} \times 4 \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}} \quad (2)$$

ปริมาณความชื้น ด้วยวิธีของ AOAC (2000)
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า water activity
ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด ด้วยวิธี pH differential ดัดแปลงตามวิธีของ Lee et al. (2005)

และ Muenkiang et al. (2015) คำนวณปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดในรูป cyanidin 3-glucoside ดังสมการที่ (3)

$$\text{ปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/L)} = \frac{[(A \times MW \times DF \times 10^3)]}{(\epsilon \times l)} \quad (3)$$

โดย A = $(A_{520} - A_{700})_{pH1} - (A_{520} - A_{700})_{pH4.5}$
MW = น้ำหนักโมเลกุลของ cyanidine-3-glucoside เท่ากับ 499.2 g/mol
DF = dilution factor
 ϵ = molar extinction coefficient 26,900 (l/mol.cm)
l = ความกว้างของคิวเวต (cm)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH scavenging activity

ตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Kim & Lee (2002) และ Lapnitiptom et al. (2013) โดยนำสารละลายตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร กับสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (บริษัท sigma Aldrich ประเทศเยอรมัน) 2

มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้ น้ำกลั่นเติมสารละลาย DPPH เป็น blank standard และสารละลายตัวอย่างเติมเอทานอลเป็น blank sample จากนั้นนำมาคำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ดังสมการที่ (4)

$$\text{ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (\% inhibition)} = \frac{\text{Blank Standard} - (\text{Sample} - \text{Blank Sample}) \times 100}{\text{Blank Standard}} \quad (4)$$

ประสิทธิภาพในการกักเก็บ (Encapsulation efficiency, EE) ดัดแปลงจากวิธีการของ Nafiunisa et al. (2017) โดยการนำปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดใน

ไมโครแคปซูล และปริมาณแอนโธไซยานินที่ผิวไมโครแคปซูลที่สกัดได้ คำนวณตามสมการที่ (5)

$$\text{ประสิทธิภาพในการกักเก็บ (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณแอนโธไซยานินในไมโครแคปซูล} - \text{ปริมาณแอนโธไซยานินที่ผิวไมโครแคปซูล}}{\text{ปริมาณแอนโธไซยานินในไมโครแคปซูล}} \quad (5)$$

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ
วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design, CRD) และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ด้วยวิธี Fisher's Least-Significant Difference (LSD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix 8.0

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารสกัดจากมะเข็ญ พบว่ามีค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 29.26±0.00, 4.32±0.00 และ -3.30±0.01 ตามลำดับ ซึ่งสารสกัดที่ได้มีสีชมพูเข้มจากสีของแอนโธไซยานิน จึงทำให้ค่าความสว่างเข้าใกล้ 0 นอกจากนี้สารสกัดที่ได้ยังมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 21.22±0.04 °Brix ดังแสดงในตารางที่ 1

สารแอนโธไซยานินที่พบในมะเข็ญ คือ cyanidin 3-glucoside ซึ่งเป็นแอนโธไซยานินที่มี

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดในกลุ่มของแอนโธไซยานิน (Phakdee & Chaiprasart, 2018) ซึ่งพบว่าสารสกัดมะเข็ญที่ได้มีปริมาณแอนโธไซยานินมี 98.28±0.23 mg/100g และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ 65.78±1.52%

ผลของการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของมอลโทเด็กซ์ทรินในการเอนแคปซูลชันด้วยการแช่เยือกแข็งสารสกัดจากมะเข็ญ เมื่อนำสารสกัดจากมะเข็ญเติมมอลโทเด็กซ์ทริน (DE10) ปริมาณ 10%, 20% และ 30% โดยมวลต่อปริมาตร จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเด็กซ์ทริน ทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ผง (% yield) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 2 เนื่องจากมอลโทเด็กซ์ทรินเป็นสารช่วยทำแห้งและเมื่อปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า Tg ของแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยลดการเหนียวติดภายในห้องอบแห้งในระหว่างการทำแห้งจึงส่งผลให้ได้ปริมาณผงมากขึ้น

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารสกัดมะเข็ญ

สมบัติทางกายภาพ	
L*	29.26±0.00
a*	4.32±0.00
b*	-3.30±0.01
สมบัติทางเคมี	
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)	21.22±0.04

สมบัติทางกายภาพ	
pH	4.43±0.03
ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/100 g)	98.28±0.23
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition)	65.78±1.52

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อวัดค่าสีของผงมะเข็ญด้วยเครื่อง color meter แสดงออกมาในค่า L*, a* และ b* พบว่ามีค่า L* มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลในผงมะเข็ญที่ได้มีความสว่างเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า a* จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ที่ได้ที่พบว่าความ

เป็นสีชมพูของผงมะเข็ญลดลงเมื่อปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้นนั่นเอง โดยการใช้สารเอนแคปซูลเลตังในปริมาณที่สูงขึ้น มีผลทำให้ความสว่างสูงขึ้นเนื่องจากสารเอนแคปซูลเลตังมีสีขาว จึงส่งผลให้ผงมะเข็ญที่ได้มีความสว่างเพิ่มขึ้น (Khunthaward & Sriputi, 2013)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของผงมะเข็ญ

ปริมาณมอลโทเด็กซ์ทริน	ร้อยละผลผลิต	L*	a*	b*
10%	77.53±0.40 ^c	48.57±0.08 ^b	26.65±0.01 ^a	2.41±0.04 ^b
20%	80.25±0.31 ^b	46.69±0.03 ^c	24.88±0.06 ^b	2.56±0.08 ^a
30%	86.67±0.25 ^a	52.45±0.05 ^a	21.56±0.08 ^c	2.12±0.02 ^c

*ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการศึกษาปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผงสารสกัดจากมะเข็ญพบว่า มีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 4.27±0.04 ถึง 5.17±0.01 % และปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.25±0.00 ถึง 0.31±0.00 ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งค่าปริมาณน้ำอิสระจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นเพื่อใช้บ่งบอกอายุการเก็บรักษาของอาหาร เนื่องจากน้ำในอากาศมีผลต่อการเสื่อมสีของอาหาร ซึ่งอาหารประเภทอบแห้งควรมีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.6 และควรมีความชื้นไม่เกิน 12% (Suyalek et al., 2020) นอกจากนี้มอลโทเด็กซ์ทรินมีสมบัติการดูดความชื้นต่ำ เมื่อใช้ในปริมาณสูงจึงช่วยทำให้ผงมะเข็ญที่ได้มีความชื้นต่ำ ส่งผลให้ค่าความสามารถในการละลายสูงที่สุด โดยผงมะเข็ญที่เติมมอลโทเด็กซ์ทริน (DE10) ในปริมาณ 30 % (w/v) มีค่าการละลายสูงถึง 87.81±0.30%

ประสิทธิภาพการเอนแคปซูลเลตังสารสกัดจากมะเข็ญด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า เมื่อใช้มอลโทเด็กซ์ทริน (DE10) ปริมาณ 10% โดยมวลต่อปริมาตร ในการเอนแคปซูลเลตังมีประสิทธิภาพการเอนแคปซูลเลตังร้อยละ 64.12±0.32 และเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเด็กซ์ทริน ยิ่งทำให้ประสิทธิภาพในการเก็บกักแอมโมเนียไนโตรเจนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเด็กซ์ทริน (DE10) มากถึง 30 % โดยมวลต่อปริมาตร ประสิทธิภาพในการเก็บกักแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าร้อยละ 68.05±0.43 เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น พบว่า ประสิทธิภาพการเอนแคปซูลเลตังมีค่าค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาจากการทำแห้งด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นวิธีการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิต่ำมาก เมื่อเทียบกับการทำแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งที่สภาวะดังกล่าวทำให้แอมโมเนียไนโตรเจนยังคงมีความคงตัวสูง และร่วมกับโครงสร้างของสารห่อหุ้มยึดเกาะกับโครงสร้างของ

สารแอนโธไซยานินกลายเป็นฟิล์มเพื่อปกป้องสารออกฤทธิ์ จึงทำให้การเอนแคปซูลเข้มข้นมีประสิทธิภาพสูงที่สุด นอกจากนี้มอลโทเด็กซ์ทรีนที่เลือกใช้เป็นสารห่อหุ้มมีคุณสมบัติในการทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ซึ่งช่วยให้เกิดการป้องกันสารออกฤทธิ์ได้เป็นอย่างดี โดยมอลโท

เด็กซ์ทรีน ดีอี ต่ำ มีความหนืดและ ค่า structure integrity เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการห่อหุ้มและกักเก็บสารออกฤทธิ์ได้มากกว่ามอลโทเด็กซ์ทรีน ดีอี สูง (Labuschagne, 2018)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของผงมะเกี๋ยง

ปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรีน	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณน้ำอิสระ (a _w)	ความสามารถในการละลาย (%)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	ประสิทธิภาพการกักเก็บแอนโธไซยานิน (ร้อยละ)
10%	5.17±0.01 ^a	0.31±0.00 ^a	81.10±0.31 ^c	72.99±0.09 ^a	64.12±0.32 ^b
20%	4.63±0.02 ^b	0.28±0.01 ^b	83.35±0.34 ^b	67.99±0.29 ^b	65.69±1.50 ^b
30%	4.27±0.04 ^c	0.25±0.00 ^c	87.81±0.30 ^a	66.34±0.23 ^c	68.05±0.43 ^a

*ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผงมะเกี๋ยง มีค่าลดลงเมื่อปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยพบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผงมะเกี๋ยง มีค่ามากกว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากมะเกี๋ยง เนื่องจากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying) นั้นเป็นกระบวนการทำแห้งที่ใช้หลักการดึงเอาโมเลกุลของน้ำออกจากอาหาร โดยอาศัยการระเหยของน้ำจากสภาพของแข็งกลายเป็นไอ อาหารที่ต้องการทำแห้งโดยวิธีนี้จะถูกทำให้อยู่ในสภาพเยือกแข็ง การระเหยของน้ำเกิดขึ้นได้เนื่องจากความดันและอุณหภูมิในการทำแห้งที่อยู่ต่ำกว่าจุดวิกฤตของก๊าซ ของเหลว และของแข็ง หรือจุด Triple point ของน้ำหรือสารละลายในอาหาร ซึ่งการทำแห้งวิธีนี้สามารถรักษาคุณค่าทางอาหารและคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ดีกว่าการทำแห้งแบบทั่วไป (วิจิตรและคณะ, 2560)

4. สรุปผล

ผงมะเกี๋ยงที่ใช้ปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรีน (DE10) 30% โดยมีมวลต่อปริมาตร เหมาะสมในการเอนแคปซูลเข้มข้นสารสกัดจากมะเกี๋ยงด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

เนื่องจากสามารถกักเก็บสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพให้คงอยู่และทำให้ได้ผงมะเกี๋ยงมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ดีที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

วิจิตร เพลียวตระกูล, วชิรญา เพลียวตระกูล, ประพนอม สุขแก้ว และวิไลลักษณ์ สนวนมะลิ. (2560). การหาปริมาณสารสำคัญและการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดตับเต่าเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารด้วยเทคนิคเอนแคปซูลเข้มข้น (รายงานผลการวิจัย). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง. (2545). มะเกี๋ยงพืชในโครงการอนุรักษ์. ลำปาง: ศิลปะการพิมพ์.

- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Volume 2: Food Composition, Additives, Natural Contaminants. (17th ed.). The Association of Official Analytical Chemist, Gaithersburg, MD, USA
- Begum, Y.A. & Deka, S.C. (2017). Stability of Spray-Dried Microencapsulated Anthocyanins Extracted from Culinary Banana Bract. *International Journal of Food Properties*, 20(12), 3135-3148.
<http://www.tandfonline.com/loi/ljfp20>
- Fukumoto, L.R. & Mazza, G. (2000). Assessing Antioxidant and Prooxidant Activities of Phenolic Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3597-3604.
- Jansom, C., Bhamarapravati, S. & Itharat, A. (2008). Major anthocyanin from ripe berries of *Cleistocalyx nervosum* var. *paniala*. *Thammasat Medical Journal*. 8(3).
- Khunthaward, A. & Sripui, J. (2013). Effects of Encapsulation by Spray Drying on Physical Properties of Mamao (*Antidesma thwaitesianum*) Powder. Graduate Research Conference, Khon Kaen University, 386-391.
- Kim, D.O. & Lee, C.Y. (2002). Extraction and Isolation of Polyphenolics, Current Protocols in Food Analysis Chemistry, R.E. Wrolstad., New York.
- Labuschagne, P. (2018). Impact of Wall Material Physicochemical Characteristics on the Stability of Encapsulated Phytochemicals: A Review. *Food Research International*, 107, 227-247.
- Lapnitiporn, S., Laohakunjit, N. & Kerdchoechuen, O. (2013). Encapsulation of Cashew Apple Juice by Spray Drying Technique. *Agricultural Science Journal*, 44(2), 21-24.
- Lee, J. , Durst, R. & Wrolstad, R. (2005) . Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, beverage, natural colorants, and Wines by The pH Different method : Collaborative Study. *Journal of AOAC International*. 88(5), 1269-1278.
- Muenkiang, A. , Varith, J. , Narkprasom, N & Narkprasom, K. (2015). Optimal Conditions for Anthocyanins Extraction from Makiang (*Cleistocalyx nervosum* var. *paniala*) Using Microwave – Assisted Extraction. The 36th National Graduate Research Conference, Maejo University, 422-429.
- Nafiunisa, A. , Aryanti, N. , Wardhani, D. H. & Kumoro, A.C. (2017). Microencapsulation of Natural Anthocyanin from Purple Rosella Calyces by Freeze Drying. *International Conference on Science and Applied Science* 2017, 1- 8. doi: 10.1088/1742-6596/909/1/012084.
- Phakdee, N. & Chaiprasart, P. (2018). Study on Quality and Anthocyanin of Maliang. *Agricultural Science Journal*, 49(3) , 178-181.
- Suyalek, S. , Jaturonglumlert, S. , Amornlerdpison, D., Narkprasom, N. & Narkprasom, K. (2020). Encapsulation of Crude Extracts from Banana (*Musa X paradisca*) Flowers by Spray Drying. *Burapha Science Journal*, 25(2), 448-463.
- Tosaowaluk, Y. & Intipunya, P. (2008) . Co-encapsulation of Natural Colour and

Honey Crystals by Drying Methods. The 5th
Kasetsart University Kamphaeng Saen
Campus Conference, 927-934.