

ผลของสภาวะต่าง ๆ ในการสกัดแบบอัลตราโซนิกต่อ ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

Effect of Various Conditions in Ultrasonic Extraction on Total Anthocyanin Content of Purple Waxy Corn

รัตนา ม่วงรัตน์*, ศุจินตรา สุวรรณ และปณิดดา ศุทธกิจ

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตำบลแม่เหียะ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50100

Rattana Muangrat*, Sujintra Suwan and Panidda Suthakit

Department of Food Engineering, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University,

Mae Hea, Muang, Chiang Mai 50100

บทคัดย่อ

ซึ่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงมีความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดมากกว่าเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (เทียบจากน้ำหนักแห้งเท่ากัน) เมื่อสกัดด้วยน้ำโดยใช้เทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิกอัตราส่วนน้ำหนักซึ่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงต่อน้ำมีผลต่อความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้ เมื่ออัตราส่วนน้ำหนักซึ่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงต่อน้ำเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จะเพิ่มสูงขึ้น โดยอัตราส่วนน้ำหนักซึ่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงต่อน้ำเท่ากับ 1:3 จะได้ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดมากกว่าที่อัตราส่วนน้ำหนักซึ่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงต่อน้ำเท่ากับ 1:6 และ 1:9 ตามลำดับ การศึกษาอุณหภูมิ (50, 65 และ 80 องศาเซลเซียส) และเวลา (15, 30, 45, 60 และ 120 นาที) ที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซึ่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการสกัดให้มากขึ้น ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จะเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่ออุณหภูมิในการสกัดสูงกว่า 65 องศาเซลเซียส และเวลาการสกัดมากกว่า 30 นาที ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซึ่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงจะลดลง โดยความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้มากที่สุดจากซึ่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยน้ำโดยใช้เทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 377.50 ± 1.48 มิลลิกรัมสมมูลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อลิตร เมื่อสกัดด้วยสภาวะที่เหมาะสมที่อัตราส่วนน้ำหนักซึ่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงต่อน้ำเท่ากับ 1:3 อุณหภูมิและเวลาในการสกัดเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส และ 30 นาที ตามลำดับ นอกจากนี้สภาวะความเป็นกรดต่าง (pH condition) และเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความคงตัวของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้ เมื่อสภาวะความเป็นกรดสูง (ค่า

pH ต่ำ) และเวลาในการเก็บรักษาสั้น สารแอนโธไซยานินจะมีความคงตัวมากกว่าที่สภาวะความเป็นกรดต่ำ (ค่า pH สูง) และเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ความสามารถของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้จากชั่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงในการยับยั้งอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH[•] inhibition) ที่ร้อยละ 50 มีค่าความเข้มข้นประมาณ 5.093 มิลลิกรัมสมมูลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อมิลลิลิตร

คำสำคัญ : แอนโธไซยานิน; การสกัดแบบอัลตราโซนิก; ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง; การยับยั้งอนุมูลอิสระดีพีพีเอช

Abstract

Dried cobs of purple waxy corn contained a higher concentration of total anthocyanins than dried kernels of purple waxy corn (dry weight equivalent) when ultrasonic extraction technique was applied. A ratio of the weight of the dried cobs of purple waxy corn to the weight of water had affected the total anthocyanin concentration. When the ratio of the weight of the dried cobs of purple waxy corn to the weight of water increased, the total anthocyanin concentration increased. At 1:3 ratio of the weight of the dried cobs of purple waxy corn to the weight of water, the concentration of total anthocyanins was higher than at 1:6 and 1:9 ratios, respectively. The effects of extraction temperature (50, 65 and 80 °C) and extraction time (15, 30, 45, 60 and 120 min) on the total anthocyanin concentration in the dried cobs of purple waxy corn were studied. When the extraction temperature and the extraction time increased, the total anthocyanin concentration increased. However, the concentration of total anthocyanins decreased with the increasing extraction temperature and time over 65 °C and 30 min, respectively. The highest average concentration of the total anthocyanins in extract from the dried cobs of purple waxy corn using the ultrasonic extraction method was 377.50±1.48 milligrams of cyanidin-3-glucoside equivalents per liter of extract which obtained from the optimal extraction condition (the ratio of the weight of the dried cobs of purple waxy corn to the weight of water 1:3, the ultrasonic temperature 65 °C and the extraction time 30 min). Furthermore, acidic condition (indicated with pH level) and time of storage on the extract product had affected on anthocyanin stability. The total anthocyanin concentration at lower pH level and shorter storage time was more stable than that at higher pH level and longer storage time. In the addition, antioxidant activity of the extract obtained from the dried cobs of purple waxy corn to decrease by 50 % the initial DPPH[•] concentration was 5.093 milligrams of cyanidin-3-glucoside equivalents per milliliter of extract.

Keywords: anthocyanins; ultrasonic extraction; purple waxy corn; DPPH[•]; inhibition

1. บทนำ

ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้นในปัจจุบันเพราะมีสารอาหารที่สำคัญที่เป็นประโยชน์คือสารแอนโธไซยานิน โดยชนิดของสารแอนโธไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงประกอบด้วย cyanidin-3-glucoside, pelargonidin-3-glucoside, peonidin-3-glucoside, cyanidin-3-(6"-malonylglucoside) และ cyanidin-3-(3", 6"-dimalonylglucoside) [1-3] สารแอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดงไปจนถึงม่วงดำเป็นสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) ที่จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งให้สีกับส่วนต่าง ๆ ของพืช สารแอนโธไซยานินมีความสามารถในการละลายน้ำและมีสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ และลดโอกาสในการเกิดโรคมะเร็ง เสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายช่วยให้ร่างกายสามารถต่อต้านเชื้อโรค เพิ่มการทำงานของเม็ดเลือดแดง ชะลอการเกิดไขมันอุดตันในหลอดเลือด เพิ่มการทำงานของเม็ดเลือดแดง ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมองด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน และช่วยบรรเทาภาวะน้ำตาลในเลือดสูง [4,5] ดังนั้นข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ รวมถึงอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพเนื่องจากเป็นแหล่งของสารแอนโธไซยานินทางธรรมชาติ

การสกัดสารแอนโธไซยานินจากวัสดุทางธรรมชาติมีหลายวิธี เช่น วิธีการสกัดแบบซอกซ์เลต (soxhlet extraction method) วิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction method) วิธีการสกัดด้วยอัลตราโซนิก (ultrasonic extraction method) วิธีการสกัดด้วยความดันสูง (high pressure extraction method) และวิธีการ

สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแบบพัลส์ (pulsed electric fields extraction method) ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้ด้วยวิธีการสกัดต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา ชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย สภาวะความเป็นกรดต่าง เป็นต้น [6-8] ซึ่งวิธีการสกัดด้วยอัลตราโซนิกเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการสกัดสูง ใช้ตัวทำละลายในการสกัดต่ำ ค่าใช้จ่ายต่ำ และไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม [9] งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาค้นคว้าหาความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดจากซังแห้งและเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงโดยวิธีการสกัดแบบอัลตราโซนิก นอกจากนี้ยังทำการศึกษาค้นคว้าที่มีผลต่อการสกัดสารแอนโธไซยานินทั้งหมดจากซังแห้งและเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง ได้แก่ เวลา อุณหภูมิ อัตราส่วนน้ำหนักของตัวอย่างต่อตัวทำละลาย และสภาวะความเป็นกรดต่าง (pH condition)

2. อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาค้นคว้าที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนโธไซยานินจากซังแห้งและเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงจากบริษัท แปซิฟิค เมล็ดพันธุ์ จำกัด และใช้เทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิก การศึกษาและทดลองประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาค้นคว้าความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซังแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิก

นำข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงแห้งจากบริษัท แปซิฟิค เมล็ดพันธุ์ จำกัด มาแกะเพื่อแยกซังและเมล็ดออกจากกัน โดยซังแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงจะถูกนำมาบดด้วยเครื่องบด (ML-SC Strong Crusher, Ming Lee Industrial (HK) Limited.,

Hong Kong) จนได้ขนาดประมาณ 0.2-0.5 cm จากนั้นนำซังแห้งที่เตรียมไว้ไปสกัดด้วยเครื่องสกัดอัลตราโซนิค (Elmasonic S 30 H, Elma Hans Schmidbauer GmbH & Co. K, Germany) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที อัตราส่วนโดยน้ำหนักของซังแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:9 โดยจะทำการสกัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง เมื่อสกัดเสร็จนำสารละลายที่สกัดได้ไปผ่านเครื่องกรองสุญญากาศ (Super Suction Unit, SS200, Sturdy Industrial Co., Ltd., Australia) จากนั้นนำสารละลายสกัดที่กรองได้ไปวิเคราะห์และคำนวณหาความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซังแห้งด้วยวิธี pH differential method (ดังแสดงในหัวข้อ 2.3)

2.2 การศึกษาหาความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิค

นำเมล็ดแห้งที่แกะออกมาแล้ว มาชั่งน้ำหนักโดยเทียบจากน้ำหนักแห้งที่เท่ากับซังแห้งในข้อ 2.1 แล้วนำไปสกัดด้วยเครื่องสกัดอัลตราโซนิค ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ดแห้งต่อน้ำ เท่ากับ 1:9 โดยจะทำการสกัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง เมื่อสกัดเสร็จนำสารละลายที่สกัดได้ไปผ่านเครื่องกรองสุญญากาศ จากนั้นนำสารละลายสกัดที่กรองได้ไปวิเคราะห์และคำนวณหาความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากเมล็ดแห้งด้วยวิธี pH differential method (ดังแสดงในหัวข้อ 2.3) จากนั้นทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากเมล็ดแห้งกับความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซังแห้งในข้อ 2.1

2.3 การวิเคราะห์และคำนวณหาความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้

วิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้โดยวิธี pH differential method ดัดแปลงตามวิธีของ Lee และคณะ [10] โดยปรับระดับความเจือจางของตัวอย่างสารละลายที่สกัดได้ใน 0.025 โมลาร์ โพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ที่มีความเป็นกรดต่าง 1.0 และ 0.4 โมลาร์ โซเดียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ที่มีความเป็นกรดต่าง 4.5 จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบ double-beam (PerkinElmer Instruments, Lambda 25 UV/VIS Spectrometer, Shelton, USA) โดยมีน้ำกลั่นเป็น blank และคำนวณความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดของสารละลายสกัดได้ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (cyanidin-3-glucoside) ต่อหนึ่งลิตรของสารละลายสกัด แสดงดังสมการที่ 1

ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของ cyanidin-3-glucoside ต่อลิตร) =
$$\frac{A \times MW \times DF \times 1000}{(\epsilon \times l)} \quad (1)$$

เมื่อ A เท่ากับผลต่างของค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นที่ 510 นาโนเมตร และค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นที่ 700 นาโนเมตร ของตัวอย่างที่ใส่สารละลายบัฟเฟอร์ 0.025 โมลาร์ โพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ที่มีความเป็นกรดต่าง 1.0 ลบด้วย ผลต่างของค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นที่ 510 นาโนเมตร และค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นที่ 700 นาโนเมตร ของตัวอย่างที่ใส่สารละลายบัฟเฟอร์ 0.4 โมลาร์ โซเดียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ที่มีความเป็นกรดต่าง 4.5 MW คือน้ำหนักโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (cyanidine-3-glucoside) มีค่าเท่ากับ 499.2 กรัมต่อโมล DF คือ dilution factor (ถ้าใช้ตัวอย่างสารละลายสกัดได้ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์จนมีปริมาตรทั้งหมดเป็น

3 มิลลิลิตร ใช้ค่า DF เท่ากับ 15) ε คือ molar extinction coefficient โดยค่านี้นักใช้ค่าของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (cyanidin-3-glucoside) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26,900 ลิตรต่อโมลต่อเซนติเมตร 1000 คือ แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยจากกรัมเป็นมิลลิกรัม และ 1 คือความกว้างของคิวเวตต์เท่ากับ 1 เซนติเมตร

2.4 การศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดแบบอัลตราโซนิคต่อความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้

การศึกษาเวลาที่มีผลต่อการสกัด โดยใช้สภาวะการสกัดที่ได้ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดมากที่สุดจากข้อ 2.1 และ 2.2 มาสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบอัลตราโซนิค ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15, 30, 45, 60 และ 120 นาที จากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้ไปกรองเพื่อหาความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดตามสมการที่ (1)

2.5 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดแบบอัลตราโซนิคต่อความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้

การศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการสกัด นำสภาวะการสกัดที่ได้ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดมากที่สุดจากข้อ 2.1, 2.2 และ 2.4 มาสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบอัลตราโซนิคที่อุณหภูมิ 50, 65 และ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปกรองเพื่อหาความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดตามสมการที่ (2-1)

2.6 การศึกษาผลของอัตราส่วนตัวอย่างของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงต่อน้ำที่ใช้ในการสกัดแบบอัลตราโซนิคต่อความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้

ข้อมูลในข้อ 2.1, 2.2, 2.4 และ 2.5 ที่ได้ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดมากที่สุด

นำมาสกัดสารแอนโธไซยานินทั้งหมดด้วยวิธีการสกัดแบบอัลตราโซนิค โดยการปรับอัตราส่วนน้ำหนักตัวอย่างข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงต่อน้ำเท่ากับ 1:3, 1:6 และ 1:9 หลังการสกัดนำสารละลายที่สกัดได้ไปกรองแล้วนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแอนโธไซยานินทั้งหมดตามสมการที่ (1)

2.7 การศึกษาผลของสภาวะความเป็นกรดต่างและเวลาการเก็บรักษาต่อความคงตัวของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้

การศึกษาผลของสภาวะความเป็นกรดต่างและเวลาการเก็บรักษาที่มีต่อความคงตัวของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้มากที่สุดจากข้อ 2.1, 2.2, 2.4, 2.5 และ 2.6 โดยศึกษาเวลาการเก็บรักษาที่เวลาเริ่มต้นและที่เวลา 24 ชั่วโมง หัวข้อนี้ทำการวัดค่าความเป็นกรดต่างของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้ก่อนการปรับค่าความเป็นกรดต่างของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้ การปรับค่าความเป็นกรดต่างทำได้ด้วยการเติมกรดซิตริกจนได้ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1.5, 3.0 และ 4.4 จากนั้นทำการวัดค่าความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง pH meter (Metrohm, 827 pH lab, Switzerland) แล้วนำสารสกัดที่เตรียมได้นี้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 ถึง 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.8 การศึกษาความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้

การศึกษาความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้จากข้อ 2.1, 2.2, 2.4, 2.5 และ 2.6 โดยใช้วิธีดักจับอนุมูลอิสระ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH[•]) radical หรือ DPPH[•] radical scavenging ดัดแปลงตามวิธีของ Tananu Wong และ Tewaruth [11] โดยเจือจาง

สารละลายที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายเมทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 0.57, 1.76, 4.23, 10.0, 24.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นปีเปิดสารละลายสกัดเจือจางลงในขวดสีชาจำนวน 5 ขวด ขวดละ 0.15 มิลลิลิตร เตรียมสารละลายดีพีพีเอช (DPPH solution) ที่มีความเข้มข้น 0.3 มิลลิโมลาร์ ในตัวทำละลายเมทานอล ทำได้โดยการชั่งสาร DPPH 0.0118 กรัม ละลายด้วยตัวทำละลายเมทานอล จนสารละลายหมด จากนั้นปรับปริมาตรด้วยตัวทำละลายเมทานอลให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.3 มิลลิโมลาร์ ปริมาณ 2.85 มิลลิลิตร ลงในสารละลายสกัดเจือจางที่เตรียมไว้ แล้วนำไปเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งสารอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (% DPPH[•] inhibition) แสดงดังสมการที่ 2

$$\% \text{ DPPH}^{\bullet} \text{ inhibition} = \left[\frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ A_{control} คือค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่างของสารละลายสกัดทำโดยใช้เมทานอลจำนวน 0.15 มิลลิลิตร แทนตัวอย่างของสารละลายสกัด A_{sample} คือค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสกัดเจือจางที่เตรียมไว้ผสมกับสารละลาย DPPH โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร และใช้เมทานอลเป็น blank จากนั้นคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้ที่สามารถลดปริมาณสารอนุมูลอิสระ DPPH[•] ลงได้ร้อยละ 50

2.7 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

แต่ละขั้นตอนการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ (n=3) แล้วทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance,

ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 17.0 for Windows

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อ 2.1 และ 2.2 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติดังกล่าวเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซังแห้งและเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่เป็นอิสระต่อกัน (independent sample t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

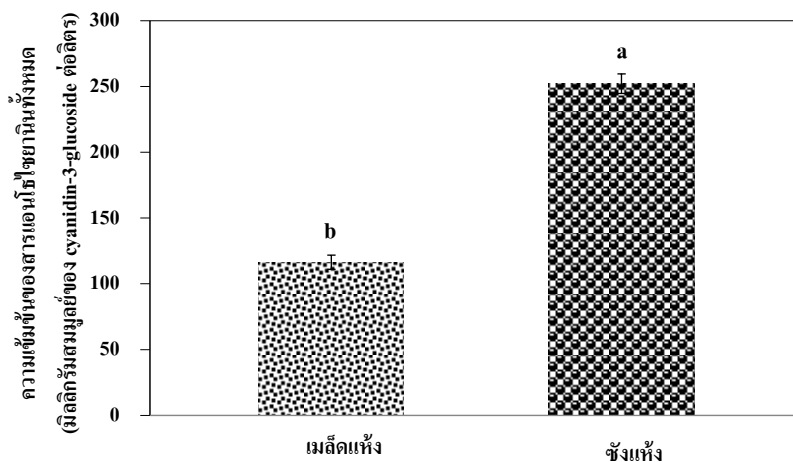
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 การศึกษาเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซังแห้งและเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิค

การทดลองในข้อ 2.1 และ 2.2 ได้ศึกษาหาความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซังแห้งและเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (โดยเทียบจากน้ำหนักแห้งที่เท่ากัน) ด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิค อัตราส่วนตัวอย่างต่อน้ำ 1:9 ที่อุณหภูมิในการสกัด 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซังแห้งและเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง จากผลการศึกษาพบว่าซังแห้งมีความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 252.23 ± 4.96 มิลลิกรัมสมมูลของ cyanidin-3-glucoside ต่อลิตร และเมล็ดแห้งมีความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 116.44 ± 5.41 มิลลิกรัมสมมูลของ cyanidin-3-glucoside ต่อลิตร ซึ่งความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซังแห้งจะมีค่า

มากกว่าความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงประมาณ 2.2 เท่า โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงผลการ

เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซังแห้งและเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงดังรูปที่ 1

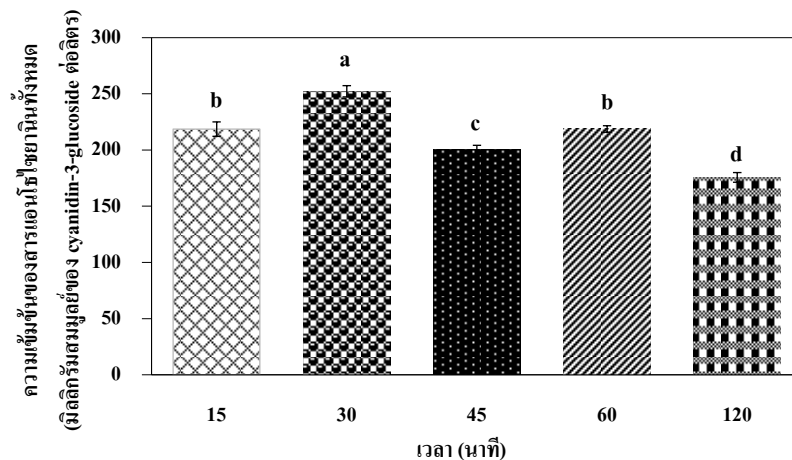


รูปที่ 1 ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซังแห้งและเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิคที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอัตราส่วนตัวอย่างต่อน้ำ 1:9

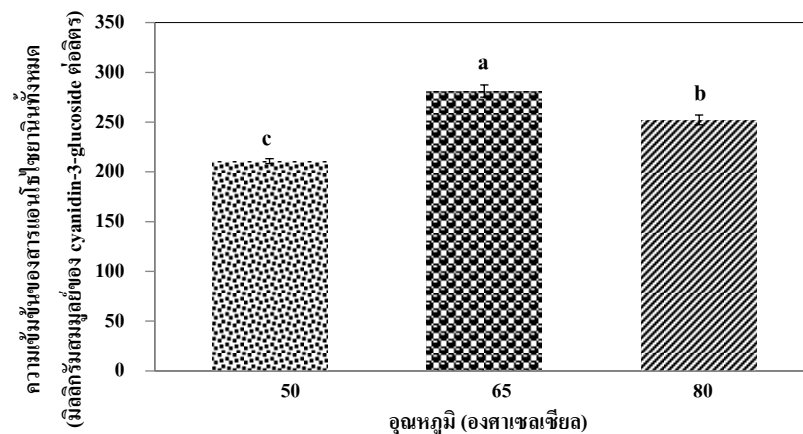
3.2 การศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดแบบอัลตราโซนิคต่อความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้

ผลการศึกษาในข้อ 3.1 ซังแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงมีความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้มากกว่าความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากเมล็ดแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงในหัวข้องานวิจัยนี้จึงนำซังแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงมาศึกษาหาเวลาที่ใช้ในการสกัดสารแอนโธไซยานินทั้งหมดได้มากที่สุด โดยทำการทดลองเปรียบเทียบเวลาในการสกัดสารแอนโธไซยานินทั้งหมดจากซังแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่เวลาในการสกัดเท่ากับ 15, 30, 45, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิในการสกัด 80 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนซังแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:9 ผลการทดลองแสดงดังรูปที่

2 พบว่าการสกัดที่เวลา 30 นาที ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้มีค่ามากที่สุด (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 252.23 ± 4.96 มิลลิกรัมสมมูลของ cyanidin-3-glucoside ต่อลิตร) เวลาที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้ โดยเมื่อเวลาในการสกัดสารแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นจะสามารถสกัดสารแอนโธไซยานินทั้งหมดได้มากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดนานขึ้น (มากกว่า 30 นาที) มีผลทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดหรือความเข้มข้นของแอนโธไซยานินที่สกัดได้ลดลงเนื่องมาจากเวลาในการสกัดที่นานขึ้นมีโอกาสที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารแอนโธไซยานิน ส่งผลให้ปริมาณของสารแอนโธไซยานินลดลงอย่างรวดเร็ว [12,13] และลดสมบัติในการยับยั้งอนุมูลอิสระลงได้ [16]



รูปที่ 2 ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากขังแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิคที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15, 30, 45, 60 และ 120 นาที และอัตราส่วนขังแห้งต่อน้ำ 1:9



รูปที่ 3 ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากขังแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิคที่อุณหภูมิ 50, 65 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอัตราส่วนขังแห้งต่อน้ำ 1:9

3.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดแบบอัลตราโซนิคต่อความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้

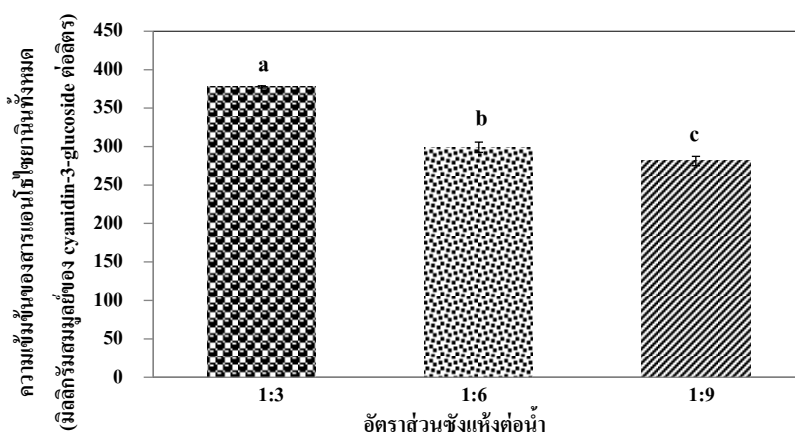
การศึกษาและทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อสกัดสารแอนโธไซยานินทั้งหมดให้ได้มากที่สุด โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50, 65 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เป็นเวลา 30 นาที และอัตราส่วน

ขังแห้งต่อน้ำคือ 1:9 ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 50, 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 210.87 ± 2.44 , 281.19 ± 6.11 และ 252.23 ± 4.96 มิลลิกรัมสมมูลของ cyanidin-3-glucoside ต่อลิตร ตามลำดับ โดยสารสกัดที่ได้ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีความ

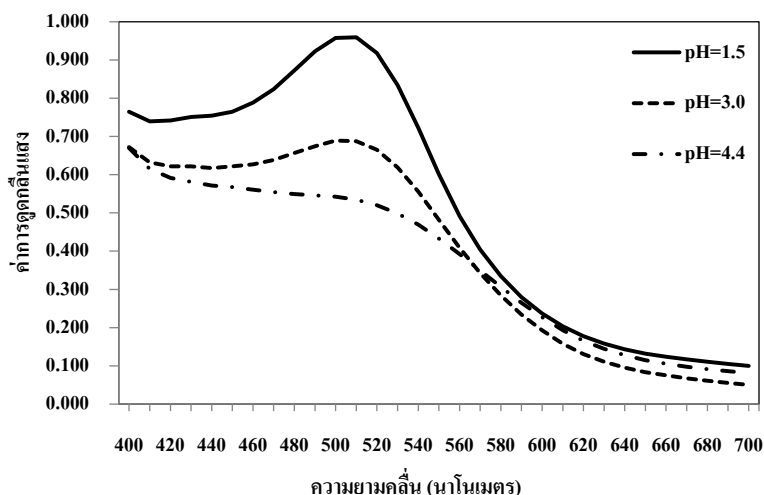
เข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้มากที่สุด อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัดโดยจะไปช่วยในการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล อุณหภูมิในการสกัดสูงยังสามารถช่วยลดแรงตึงผิวของตัวทำละลายส่งผลทำให้การสกัดเกิดได้อย่างรวดเร็วขึ้น และสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จะละลายในตัวทำละลายเกิดการแพร่กระจายซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด แต่เมื่อใช้อุณหภูมิสกัดที่สูงกว่า 65 องศาเซลเซียส จะทำให้สารแอนโธไซยานินที่สกัดได้ลดลงเนื่องจากอุณหภูมิจะส่งผลต่อความเสถียรของโครงสร้างสารแอนโธไซยานินและรงควัตถุ เช่น cyaniding 3-glucoside ทำให้สารแอนโธไซยานินสลายตัวได้ง่าย [14,15] ที่อุณหภูมิสูงทำให้โครงสร้างของแอนโธไซยานินเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยจะไปเร่งการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลเซชัน (hydrolyzation) ของ 3-glucoside ทำให้ flavylumcation เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปเป็น chalcone ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความคงตัวน้อยและสลายตัวกลายเป็นสารประกอบสีน้ำตาลของสารฟีนอลิกในธรรมชาติที่ไม่สามารถละลายน้ำได้และไม่คงตัว

3.4 การศึกษาผลของอัตราส่วนตัวอย่างของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงต่อน้ำที่ใช้ในการสกัดแบบอัลตราโซนิคต่อความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้

ตัวอย่างที่ใช้ศึกษาการเปรียบเทียบอัตราส่วนตัวอย่างของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงต่อน้ำที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้คือ ช้างแห้ง (จากผลการศึกษาที่อธิบายในข้อ 3.1) ผลการศึกษาเปรียบเทียบพบว่าเมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนช้างแห้งต่อน้ำ 1:3 มีค่าความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดมากกว่าที่อัตราส่วนช้างแห้งต่อน้ำ 1:6 และ 1:9 ตามลำดับ โดยที่อัตราส่วนช้างแห้งต่อน้ำ 1:3, 1:6 และ 1:9 มีค่าความเข้มข้นของสาร แอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้เฉลี่ยเท่ากับ 377.50 ± 1.48 , 299.20 ± 6.64 และ 281.19 ± 6.11 มิลลิกรัมสมมูลของ cyanidin-3-glucoside ต่อลิตร ตามลำดับ ดังนั้นเมื่ออัตราส่วนของช้างแห้งต่อน้ำที่เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากช้างแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิคที่อุณหภูมิในการสกัด 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอัตราส่วนช้างแห้งต่อน้ำ 1:3, 1:6 และ 1:9



รูปที่ 5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากซังแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิก เมื่อเก็บรักษาที่สภาวะค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 1.5, 3.0 และ 4.4 ที่เวลาเริ่มต้น (อุณหภูมิในการสกัด 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอัตราส่วนซังแห้งต่อน้ำ 1:3) (n=3)

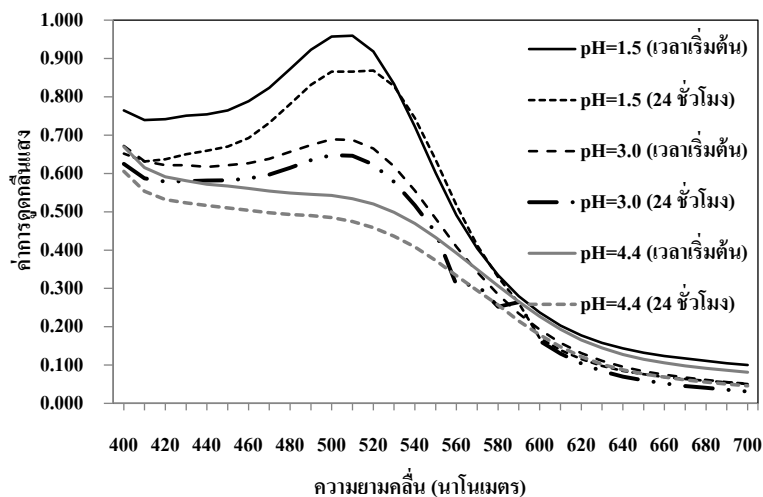
3.5 การศึกษาผลของสภาวะความเป็นกรดต่างและเวลาการเก็บรักษาต่อความคงตัวของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้

เมื่อวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH value) ของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้จากซังแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิในการสกัด 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอัตราส่วนซังแห้งต่อน้ำ 1:3 ซึ่งเป็นสภาวะที่สามารถสกัดสารแอนโธไซยานินที่มีความเข้มข้นมากที่สุด พบว่าสารสกัดที่ได้มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 4.4 ± 0.1 การศึกษาในหัวข้อนี้จึงทำการปรับค่าความเป็นกรดต่างของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้เป็น 1.5, 3.0 และ 4.4 เพื่อศึกษาผลของสภาวะความเป็นกรดต่าง (pH condition) และเวลาการเก็บรักษาที่มีผลต่อความคงตัวของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้โดยอธิบายความคงตัวของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้จากค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัด จากรูปที่ 5 พบว่าสภาวะความเป็นกรดต่างและเวลาในการเก็บรักษามี

ผลต่อความคงตัวของสาร แอนโธไซยานินที่สกัดได้ที่สภาวะความเป็นกรดสูงกว่า (pH ต่ำกว่า) สารสกัดที่ได้จะมีสีแดงเข้มมากกว่า ส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงมากกว่า ซึ่งเป็นไปตามหลักโครงสร้างของแอนโธไซยานินที่ว่าเมื่อความเป็นกรดสูงสารแอนโธไซยานินอยู่ในรูปของ flavyliumcation (สีแดง) และมีความคงตัวมากกว่า [16,17] เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้ที่ค่าความเป็นกรดต่าง 1.5, 3.0 และ 4.4 ที่เวลาเริ่มต้นการเก็บรักษา (รูปที่ 5) พบว่าที่สภาวะความเป็นกรดสูงกว่า (pH เท่ากับ 1.5) จะมีค่าการดูดกลืนแสงที่สูงกว่าหรือความคงตัวของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้จะมากกว่าที่สภาวะความเป็นกรดต่ำกว่า (pH 3.0 และ 4.4 ตามลำดับ) และเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเป็น 24 ชั่วโมง ค่าความคงตัวของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้จะลดลงและลดลงต่ำกว่าเมื่อเวลาเริ่มต้นการเก็บรักษาในทุก ๆ ระดับของค่าความเป็นกรดต่าง (รูปที่ 6) เนื่องจากเวลาในการเก็บรักษาสารสกัดนานขึ้นจะไป

เร่งการสลายตัวของสารแอนโธไซยานินและทำให้โครงสร้างของแอนโธไซยานินเปลี่ยนจาก flavylumcation (สีแดง) เป็น chalcone (ไม่มีสี)

ส่งผลให้แอนโธไซยานินมีความคงตัวลดลงและความเป็นสีแดงของสารสกัดลดลง [16,17]



รูปที่ 6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากขั้วโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิก เมื่อเก็บรักษาที่สภาวะค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 1.5, 3.0 และ 4.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาเก็บรักษาเริ่มต้นเปรียบเทียบกับเวลา 24 ชั่วโมง (อุณหภูมิในการสกัด 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอัตราส่วนขั้วแห้งต่อน้ำ 1:3) (n=3)

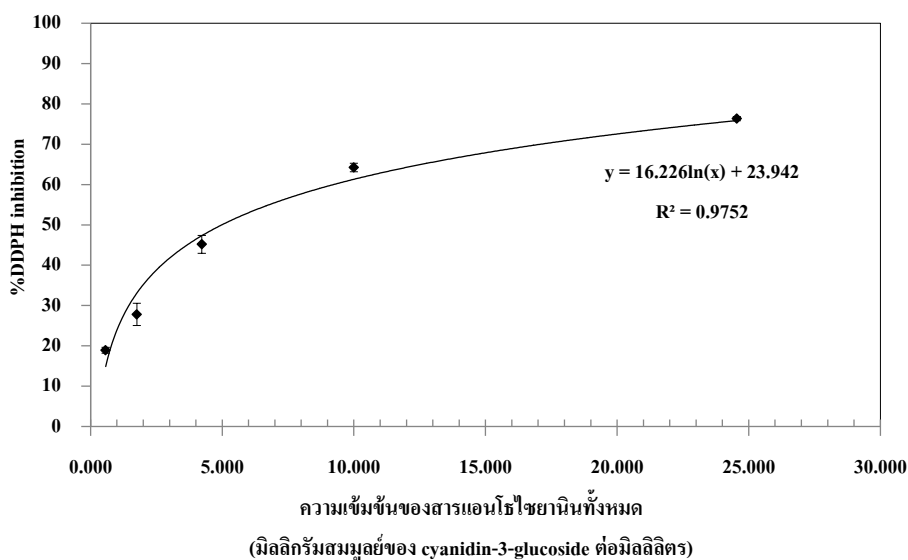
3.6 การศึกษาความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้

ผลการทดลองความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH[•] เพื่อหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขั้วโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยตัวทำละลายน้ำโดยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิกที่อัตราส่วนขั้วแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:3 อุณหภูมิในการสกัด 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่ได้ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดมากที่สุด ผลการทดลองพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH[•]

(% DPPH[•] inhibition) เป็นไปตามสมการ $y = 16.226\ln(x) + 23.585$ ($R^2=0.9752$) ซึ่งค่าความเข้มข้นของสารสกัดแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากขั้วโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่สามารถลดปริมาณอนุมูลอิสระ DPPH[•] เริ่มต้นลงได้ร้อยละ 50 มีค่าประมาณ 5.093 มิลลิกรัมสมมูลของ cyanidin-3-glucoside ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 7)

4. สรุป

ขั้วโพดข้าวเหนียวสีม่วงมีความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายน้ำโดยใช้เทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิกมากกว่าในเมล็ดแห้ง 2.2 เท่า อัตราส่วนน้ำหนักขั้วแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงต่อน้ำ อุณหภูมิ และเวลา



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากชั่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิก ที่อัตราส่วนชั่งแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:3 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ % DPPH• inhibition

มีผลต่อความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินที่สกัดได้จากชั่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง เมื่ออัตราส่วนน้ำหนักชั่งแห้งต่อน้ำ อุณหภูมิ และเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จะเพิ่มสูงขึ้นที่อัตราส่วนชั่งแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:3 อุณหภูมิในการสกัด 65 องศาเซลเซียส และเวลาในการสกัด 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดที่ได้ความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดมากที่สุดและมีค่าความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 377.50 ± 1.48 มิลลิกรัมสมมูลของ cyanidin-3-glucoside ต่อลิตร สภาวะความเป็นกรดต่าง (pH condition) และเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความคงตัวของสารแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้ สภาวะความเป็นกรดสูงช่วยให้สารแอนโธไซยานินที่สกัดได้มีความคงตัวมากกว่าที่สภาวะความเป็นกรดต่ำ และความคงตัวของสารแอนโธไซยานินจะลดลงเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น การศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH• ของสารแอนโธ-

ไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จากชั่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยเทคนิคการสกัดแบบอัลตราโซนิก (ที่อัตราส่วนชั่งแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:3 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที) โดยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH• พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดแอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้มีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH• ที่ร้อยละ 50 ประมาณ 5.093 มิลลิกรัมสมมูลของ cyanidin-3-glucoside ต่อมิลลิลิตร ดังนั้นชั่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงสามารถเป็นแหล่งของสารแอนโธไซยานินได้ [3,18] และมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้เช่นเดียวกับที่ Limsitthichaikoon และคณะ [3] ได้ศึกษาและหาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดจากชั่งแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอล พบว่าสารสกัดที่ได้มีค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH• ที่ร้อยละ 50 เท่ากับ 77.8 และ 96.5 ppb เมื่อสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอล ตามลำดับ

5. รายการอ้างอิง

- [1] Harakotr, B., Suriharn, B., Tangwongchai, R., Scott, M.P. and Lertrat, K., 2014, Anthocyanins and antioxidant activity in coloured waxy corn at different maturation stages, *J. Funct. Food* 9: 109-118.
- [2] Moreno, Y.S., Sanchez, G.S., Hernandez, D.R. and Lobato, N.R., 2005, Characterization of anthocyanin extracts from maize kernels, *J. Chromatogr. Sci.* 43: 483-487.
- [3] Limsitthichaikoon, S., Khampaenjiraroach, B., Saodaeng, K., Rimdusit, T. and Thapphasaraphong, S., 2014, Quality evaluation of purple waxy corn cobs for health use, *JAASP*. 3:326-332.
- [4] Cevallos-Casals, B.A. and Cisneros-Zevallos, L., 2003, Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from andean purple corn and red-fleshed sweetpotato, *J. Agric. Food Chem.* 51: 3313-3319.
- [5] Katsube, N., Iwashita, K., Tsushida, T., Yamaki, K. and Kobori, M., 2003, Induction of apoptosis in cancer cells by bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins, *J. Agric. Food Chem.* 51: 68-75.
- [6] Yang, Z. and Zhai, W., 2010, Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.), *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 11: 169-176.
- [7] Pedreschi, R. and Cisneros-Zevallos, L., 2007, Phenolic profiles of Andean purple corn (*Zea mays* L.), *Food Chem.* 100: 956-963.
- [8] Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C. and Rivas-Gonzalo, J.C., 2002, LCMS analysis of anthocyanins from purple corn cob, *J. Sci. Food Agric.* 82: 1003-1006.
- [9] Tao, Y., Wu, D., Zhang, Q.A. and Sun, D.W., 2014, Ultrasound-assisted extraction of phenolics from wine lees: Modeling optimization and stability of extracts during storage, *Ultrason. Sonochem.* 21: 706-715.
- [10] Lee, J., Durst, R.W. and Wrolstad, R.E., 2005, Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study, *J. AOAC Int.* 88: 1269-1278.
- [11] Tananuwong, K. and Tewaruth, W., 2010, Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice, *LWT. Food Sci. Technol.* 43: 476-481.
- [12] Lapornik, B., Prošek, M. and Wondra, A.G., 2005, Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time, *J. Food Eng.* 71: 214-222.
- [13] Mason, T. J., 1998, Power ultrasound in food processing – The way forward, pp. 105-126, In Povey, M.J.W. and Mason, T.

- J. (Eds.), *Ultrasound in food processing*, Blackie Academic & Professional, London.
- [14] Roobha, J.J., Saravanakumar, M., Aravindhan, K.M. and Devi, P.S., 2011, The effect of light, temperature, pH on stability of anthocyanin pigments in *Musa acuminata* bract, *Res. Plant Biol.* 1: 5-12.
- [15] Kopjar, M., Piližota, V., Šubaric, D. and Babic, J., 2009, Prevention of thermal degradation of red currant juice anthocyanins by phenolic compounds addition, *Croat. J. Food Sci. Technol.* 1: 24-30.
- [16] Laleh, G.H., Frydoonfar, H., Heidary, R., Jameei, R. and Zare, S., 2006, The Effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four berberis species, *Pak. J. Nutr.* 5: 90-92.
- [17] Kirca, A., Özkan, M. and Cemeroglu, B., 2007, Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins, *Food Chem.* 101: 212-218.
- [18] Li, C-Y., Kim, H-W., Won, S-R., Min, H-K., Park, K-J., Park, J.Y., Ahn, M-S. and Rhee, H-I., 2008, Corn husk as a potential source of anthocyanins, *J. Agric. Food Chem.* 56: 11413-11416.