



ผลของกระบวนการผลิตต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเร่วหอมผง

Effect of processing on antioxidant activity of bustard cardamom powder

สิริมา ชินสาร* วิชmani ยืนยงพุททกาล นิสานารถ กระแสร์ชล มุทิตา แคนมัน
และ อาภาพรรณ ฉลองจันทร์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

Sirima Chinnasarn*, Wichamanee Yuenyongputtakal, Nisanarth Krasaechol,

Muthita Khaenman and Arpapan Chalongsan

Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131

Received: 3 March 2019/ Revised: 12 June 2018/ Accepted: 20 June 2019

บทคัดย่อ

เร่วหอมมีสรรพคุณทางยาและมีสารกลุ่มโพลีฟีนอลซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แต่ยังมีการใช้ประโยชน์จำกัดเฉพาะในจังหวัดจันทบุรี การแปรรูปเป็นเร่วหอมผงพร้อมใช้งานสามารถช่วยขยายตลาดของเร่วหอมออกไปยังพื้นที่อื่นได้ งานวิจัยนี้ศึกษาผลของกระบวนการผลิตต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและลักษณะทางกายภาพของเร่วหอมผง โดยศึกษาผลของการลวกต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและค่าสีของเร่วหอมผง พบว่าการลวกในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์เร่วหอมผงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการลวกในน้ำและสารละลายโซเดียมคลอไรด์เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH assay ($p \leq 0.05$) การศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและค่าสี พบว่าอุณหภูมิต่ำสามารถรักษาระดับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไว้ได้มากที่สุด เร่วหอมผงมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้น การศึกษาผลของขนาดอนุภาคของเร่วหอมผงต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการละลายพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง โดยเร่วหอมผงที่ขนาดอนุภาค 300 ไมครอน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าขนาดอนุภาคอื่น ๆ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าการละลายเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายเร่วหอมผงมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระจากการทดสอบด้วยวิธี DPPH และ β -carotene bleaching สูงถึง 75.47 และ 92.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: เร่วหอมผง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การลวก ขนาดอนุภาค

Abstract

Bustard cardamom has medicinal properties and contains polyphenol compounds which have antioxidant activity. It still has limited use only in Chanthaburi province. The processing to be ready to use bustard cardamom powder can help to expand the market to other areas. This research was to study the effect of processing on antioxidant activity and physical characteristics of bustard cardamom powder. The effect of blanching on antioxidant activity and color value of bustard cardamom powder was studied. Results showed that blanching with sodium metabisulfite solution was higher amount of total phenolic content and antioxidant activity than blanching with water and sodium chloride solution for DPPH assay ($p \leq 0.05$). Subsequently, the effect of drying temperature on antioxidant activity and color value of the powder was investigated. Results revealed that low temperature could retain the highest total phenolic content and redness value increased when the drying temperature increased. Finally, the effect of particle size on antioxidant activity and solubility of the powder was observed. Results demonstrated that total phenolic content tended to decrease as the particle size decreased. The powder at 300 microns was higher antioxidant effect than other sizes, while the solubility of the powder increased with decreasing particle size. The final product has the ability to inhibit free radicals from DPPH and β -carotene bleaching tests as high as 75.47 and 92.64%, respectively.

Keywords: Bustard cardamom powder, Antioxidant activity, Blanching, Particle size

บทนำ

เร่วหอมเป็นพืชในวงศ์ Zingiberaceae ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Etlingera pumila* (Roxb.) R.M. Smith เป็นพืชสมุนไพรที่พบมากในจังหวัดจันทบุรีและตราด มีรสเผ็ดร้อนและกลิ่นหอมเฉพาะตัว ชาวจันทบุรีจึงนิยมใช้ส่วนเหง้าของเร่วหอมเป็นส่วนประกอบของอาหาร เช่น การใช้ในแกงป่า แกงเผ็ด ผัดเผ็ด และก๋วยเตี๋ยวเลียง นอกจากนี้เร่วหอมยังมีสรรพคุณทางยา คือ สามารถใช้ปรุงเป็นยาขับลม แก้ท้องอืดเฟ้อ จุกเสียด [1] มีรายงานว่า ในน้ำมันหอมระเหยของเร่วหอมยังประกอบไปด้วยสารในกลุ่ม phenolic ether volatile oils ได้แก่ anethole จึงมีความเป็นไปได้ที่เร่วหอมจะมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ด้วย และเมื่อทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และ β -carotene bleaching method พบว่าสารสกัดสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระและยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี [2]

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ แต่สามารถเกิดการเสียสภาพในขั้นตอนของการแปรรูป ซึ่งการทำผลิตภัณฑ์เร่วหอมผงในส่วนการเตรียมขั้นต้นของวัตถุดิบ เช่น การลวกและในส่วนของการผลิต ได้แก่ การอบแห้งและการบดลดขนาดจะส่งผลต่อฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เร่วหอมผงได้ มีรายงานว่า การลวกด้วยน้ำร้อนสามารถทำลายเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส จึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอื่น และยังลดการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ [3] ในส่วนของอุณหภูมิในการอบแห้งนั้นยังส่งผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของพืชอีกด้วย มีงานวิจัยพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งกระชายเหลืองมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ โดยการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งสามารถรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก



ทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไว้ได้มากกว่าการใช้ อุณหภูมิทำแห้งสูง [4] ในขณะที่ขนาดของอนุภาคก็เป็น คุณสมบัติหนึ่งที่มีผลกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์เร็วหอมผง โดย Shegokar และ Müller [5] รายงานว่าการลดขนาด อนุภาคสามารถเพิ่มค่าการละลายของอนุภาคเนื่องจากพื้นที่ ผิวจำเพาะที่สูงขึ้นได้ นอกจากนี้ขนาดอนุภาคที่ต่างกัน อาจจะส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เร็วผงที่ได้แตกต่างกัน ด้วย ทั้งความสามารถในการละลาย สมบัติทางกายภาพ และ องค์ประกอบสำคัญในเร็วผง

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการลวก การทำ แห้ง และขนาดอนุภาคต่อคุณภาพของเร็วหอมผงทั้งในด้าน ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และ คุณภาพทางกายภาพของเร็วหอมผง ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัย นี้จะทำให้ได้กรรมวิธีการผลิตเร็วหอมผงพร้อมใช้งานที่มีฤทธิ์ ในการต้านอนุมูลอิสระสูง ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังสามารถนำ ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่หรือใช้เป็น ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อื่นได้ง่ายขึ้น มีอายุการเก็บรักษาที่ ยาวนานและเพิ่มช่องทางการจำหน่ายเร็วหอมในรูปแบบผง แห้งไปยังภูมิภาคอื่น ๆ ได้มากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาผลของการลวกต่อคุณภาพของเร็วหอมผง

เร็วหอมซื้อจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพัฒนา ทรัพยากรชีวภาพ ตำบลวันยาว อำเภอลำทะลุ จังหวัดจันทบุรี นำเร็วหอมส่วนเหนือดินมาล้างทำความสะอาด และผึ่งให้ แห้ง จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้มีความหนา 0.2 เซนติเมตร แล้วนำไปลวกในสารละลาย 3 ชนิด คือ น้ำ สารละลาย โซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ใน ขณะที่สารละลายเดือด เป็นเวลา 1 นาที โดยใช้เร็วหอมสด เป็นตัวอย่างควบคุม กำหนดอัตราส่วนเร็วหอม : สารละลาย ที่ใช้ลวก เท่ากับ 1: 12 หลังจากลวกแช่ในน้ำเย็นทันที เป็น เวลา 5 นาที จากนั้นนำขึ้นมาพักบนตะแกรง เป็นเวลา 1 นาที ซับด้วยกระดาษซับอเนกประสงค์ แล้วนำไปปดให้ ละเอียดและทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศา เซลเซียส ใช้เวลา 90 นาที นำมาบดอีกครั้งและร่อนผ่าน

ตะแกรงขนาด 50 เมช (300 ไมครอน) บรรจุถุงอลูมิเนียม ปิดผนึก และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

เตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสาร ประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging และ β -carotene bleaching method โดยการสกัดเร็วหอมผงด้วยตัวทำละลาย นำเร็ว หอมผงหนัก 100 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ เติมนิโตรเลียม อีเทอร์ ปริมาตร 500 มิลลิลิตร (1: 5) พาราฟินเหลว ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ปิดปากขวดรูปชมพู่ให้สนิท และหุ้มขวดรูป ชมพู่ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ เขย่าด้วยเครื่องเขย่า (shaker) ความเร็ว 120 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองเอากากตัวอย่างออกด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารสกัดไประเหยเอาตัวทำละลาย ออกด้วยเครื่องระเหยแบบสูญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นำสารที่ผ่านการระเหยมาแล้ว ด้วยเอทานอลจนกว่าไม่มีการตกตะกอน กรองแล้วระเหย เอทานอลออกด้วยเครื่องระเหยแบบสูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส [2] เก็บสารที่ได้ในขวดแก้วสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการวิเคราะห์ ดังนี้

1.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu [6] โดยนำสารสกัดตัวอย่างหนัก 1 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-Ciocalteu reagent 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้ เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาเติม สารละลายโซเดียม คาร์โบเนต ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษ กรอง Whatman เบอร์ 1 จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไป วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน

1.2 การทดสอบฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging (DPPH assay) [7] โดยนำสารสกัด หนัก 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัด ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร สามารถ หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากการคำนวณเป็น % inhibition ดังสมการ



$$\% inhibition = \frac{A_{DPPH} - A_{SAMPLE}}{A_{DPPH}} \times 100$$

เมื่อ A_{DPPH} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง
 A_{SAMPLE} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

1.3 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี β -carotene bleaching [8] โดยชั่งสารสกัด หนัก 0.005 กรัม ละลายในเอทานอล และปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ด้วยเอทานอล จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมไว้ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เติมลงใน β -carotene reagent ปริมาตร 5

มิลลิลิตร แล้วนำไปอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 0 นาที่ (ก่อนอุ่นใน water bath) และ 90 นาที่ ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตรเทียบกับ blank บันทึกผล นำผลการทดลองที่ได้คำนวณหา %antioxidant activity ดังสมการ

$$\%AA = \left[1 - \left(\frac{A_0 - A_t}{A_0} \right) \right] \times 100$$

เมื่อ A_0 และ A_t คือ ค่าดูดกลืนแสงที่เวลา 0 ของสารตัวอย่างและสารควบคุม (เอทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมกับ β -carotene reagent ปริมาตร 5 มิลลิลิตร)

A_t คือ ค่าดูดกลืนแสงที่เวลา 90 นาที่ ของสารตัวอย่าง

1.4 ค่าสีของเร่วหอมผง นำเร่วหอมผงบรรจุในถ้วยพลาสติกสำหรับวัดค่าสีให้เต็มถ้วย เกลี่ยตัวอย่างให้เรียบเสมอกัน ปิดฝาถ้วย แล้ววัดด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab) และรายงานเป็นค่า L^* , a^* และ b^*

2. การศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพของเร่วหอมผง

นำเร่วหอมที่ผ่านการลวกตามวิธีที่คัดเลือกได้จากข้อ 1 มาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90, 85 และ 60 นาที่ แล้วนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดของรูตะแกรง 50 เมช บรรจุถุงออลูมิเนียม และปิดผนึก เพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging และ β -carotene bleaching และวัดค่าสี L^* (ค่าความสว่าง) a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง)

3. การศึกษาขนาดอนุภาคที่มีผลต่อคุณภาพของเร่วหอมผง

นำเร่วหอมผงที่ได้จากวิธีการทำแห้งที่เลือกได้ในข้อ 2 มาทำการบดลดขนาด และร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดรูตะแกรงเท่ากับ 50, 60, 70 และ 80 เมช ซึ่งจะได้เร่วหอมผงที่มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 300, 250, 212 และ 180 ไมครอนตามลำดับ แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ ค่าสี L^* , a^* และ b^* ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging และ β -carotene bleaching และวัดความสามารถในการละลายของเร่วหอมผง [9] โดยชั่งตัวอย่างผงเร่วหอม หนัก 0.5 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร (25 องศาเซลเซียส) ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นกวนโดยใช้แท่งแม่เหล็ก (magnetic stirrer) (ขนาด 2 มิลลิเมตร $\times$ 7 มิลลิเมตร) ที่ความเร็ว 600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที่ กรองส่วนที่ไม่ละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 แล้วนำกระดาษกรองพร้อมส่วนที่ไม่ละลายไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 102 ± 2 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ คำนวณ %solubility ดังสมการ



$$\text{Solubility (\%)} = \left(1 - \left(\frac{m_1 - m_2}{m} \right) \right) \times 100$$

โดย m_1 คือ น้ำหนักของกระดาษกรองและส่วนที่ไม่ละลายหลังจากการอบแห้ง
 m_2 คือ น้ำหนักของกระดาษกรองแห้ง
 m คือ น้ำหนักของตัวอย่างผง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองแสดงในรูป Mean $\pm$ SD และ One way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

1. การศึกษาผลของการลวกต่อคุณภาพของเร่งหอมผง

เนื่องจากการลวกมีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เร่งหอมผง ขึ้นตอนนี้ จึงสนใจศึกษาผลของการลวกในสารละลายชนิดต่าง ๆ ต่อคุณภาพของเร่งหอมผงในด้านปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ในเร่งหอมผง (ตารางที่ 1) พบว่าการลวกในสารละลาย โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ เป็น เวลา 1 นาที สามารถรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไว้ ได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้อง

กับผลการทดสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยการ ทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging ที่พบว่าการลวก ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้เร่งหอมผงที่มีสมบัติการเป็นสารต้าน อนุมูลอิสระมากที่สุด ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อทดสอบสมบัติการ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี β -carotene bleaching กลับพบว่าการลวกแต่ละวิธีมีเปอร์เซ็นต์ antioxidant activity ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยทุกตัวอย่างมี เปอร์เซ็นต์ antioxidant activity สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ พิจารณาค่า L^* , a^* และ b^* ของเร่งหอมผง (ตารางที่ 2) พบว่า สารละลายที่ใช้ในการลวกทำให้เร่งหอมผงมีค่าสี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดย ผลิตภัณฑ์เร่งหอมผงที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียดสี เหลืองอ่อน

ตารางที่ 1 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของเร่งหอมผงที่ผ่านการลวกในสารละลายที่แตกต่างกัน

สารละลายที่ใช้ในการลวก	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมด (mg GAE/g)	DPPH (%inhibition)	β -carotene bleaching (%antioxidant activity) ^{ns}
ตัวอย่างควบคุม	17.06 $\pm$ 0.16 ^b	39.53 $\pm$ 0.63 ^c	93.09 $\pm$ 0.92
น้ำ	17.17 $\pm$ 1.35 ^b	36.83 $\pm$ 10.51 ^c	94.31 $\pm$ 4.43
โซเดียมคลอไรด์ (1%)	19.83 $\pm$ 3.40 ^{ab}	47.21 $\pm$ 2.96 ^b	94.25 $\pm$ 5.67
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (0.05%)	24.90 $\pm$ 0.22 ^a	74.57 $\pm$ 2.13 ^a	94.69 $\pm$ 4.44

หมายเหตุ ^{a, b, c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของเหี่ยวหอมผงที่ผ่านการลวกในสารละลายที่แตกต่างกัน

สารละลายที่ใช้ในการลวก	L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}
ตัวอย่างควบคุม	77.74±0.90	3.86±0.34	18.31±0.71
น้ำ	75.21±0.33	3.81±0.34	18.31±0.94
โซเดียมคลอไรด์ (1%)	75.47±0.04	3.80±0.25	17.78±0.93
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (0.05%)	75.83±0.92	3.58±0.43	19.05±0.77

หมายเหตุ^{ns} หมายถึง ค่าในแนวดิ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากผลการทดลองดังกล่าว สามารถเลือกสารละลายที่ใช้ในการลวกเหี่ยวหอมก่อนการทำแห้งที่เหมาะสม คือ การลวกในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 นาที สำหรับใช้ในการทดลองขั้นต่อไป ซึ่งจะทำได้เหี่ยวหอมผงที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง

2. การศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพของเหี่ยวหอมผง

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งจะส่งผลถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สัมผัสกับอุณหภูมินั้น ๆ โดยตรง จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเหี่ยวหอมที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ตารางที่ 3) พบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งเหี่ยวหอมผงมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณสาร

ประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ซึ่งแนวโน้มการลดลงของสารประกอบฟีนอลิกมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH radical scavenging และ β -carotene bleaching ที่มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อนำเหี่ยวหอมผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มาทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านสี (L^* , a^* และ b^*) (ตารางที่ 4) พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งเหี่ยวหอมผงทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าความเป็นสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการอบสูงขึ้น

ตารางที่ 3 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของเหี่ยวหอมผงที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมด (mg GAE/g)	DPPH (%inhibition) ^{ns}	β -carotene bleaching (%antioxidant activity) ^{ns}
60	27.87±0.69 ^a	75.56±0.32	93.56±4.21
70	20.31±0.25 ^b	74.21±4.26	93.23±3.16
80	16.35±0.07 ^c	70.76±3.11	90.15±4.56

หมายเหตุ^{a, b, c} หมายถึง ค่าในแนวดิ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าในแนวดิ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ตารางที่ 4 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของเร่วหอมผงที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	L^{*ns}	a^*	b^{*ns}
60	76.08±0.34	3.24±0.02 ^c	19.35±0.99
70	76.49±0.15	3.39±0.01 ^b	18.79±0.20
80	76.34±0.62	3.65±0.01 ^a	19.71±0.90

หมายเหตุ ^{a,b,c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและค่าความเป็นสีแดงจึงเลือกอุณหภูมิในการทำแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส สำหรับใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3. การศึกษาขนาดอนุภาคที่มีผลต่อคุณภาพของเร่วหอมผง

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของเร่วหอมผงที่ขนาดอนุภาคแตกต่างกัน (300-180 ไมครอน) (ตารางที่ 5) พบว่าขนาดอนุภาคมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเร่วหอมผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง โดยอนุภาคขนาด 300 ไมครอน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH radical scavenging และ β -carotene bleaching ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง กล่าวคือ ที่ขนาดอนุภาค 300

ไมครอนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด นอกจากนั้นยังพบว่าขนาดของอนุภาคไม่มีผลต่อค่าความสว่างและค่าความเป็นสีแดง ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง ($p \leq 0.05$) โดยค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการละลาย พบว่าขนาดอนุภาคมีผลต่อความสามารถในการละลายของเร่วหอมผง ($p \leq 0.05$) โดยค่าการละลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง (ตารางที่ 6)

เมื่อพิจารณาจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สามารถเลือกขนาดอนุภาคของเร่วหอมผงที่เหมาะสม ได้แก่ ขนาดอนุภาค 300 ไมครอน ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เร่วหอมผงที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง อีกทั้งยังคงมีค่าความเป็นสีเหลืองสูง ผงเร่วหอมมีสีเหลืองสดไม่ซีดจาง ถึงแม้จะมีแนวโน้มของการละลายต่ำกว่าตัวอย่างอื่น ๆ แต่ความสามารถในการละลายไม่แตกต่างจากขนาดอนุภาค 250 และ 212 ไมครอน

ตารางที่ 5 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของเร่วหอมผงที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน

ขนาดอนุภาค (ไมครอน; μm)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g)	DPPH (%inhibition)	β -carotene bleaching (%antioxidant activity)
300	27.95±0.62 ^a	75.47±0.18 ^a	92.64±1.83 ^a
250	19.69±2.13 ^b	41.63±1.43 ^b	87.00±1.56 ^b
212	16.85±1.32 ^b	39.31±1.29 ^b	86.85±1.21 ^b
180	16.44±0.11 ^b	38.27±2.43 ^b	86.82±1.31 ^b

หมายเหตุ ^{a, b, c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) และความสามารถในการละลายของเร็วหอมผงที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน

ขนาดอนุภาค (ไมครอน; μm)	L^{*ns}	a^{*ns}	b^*	Solubility (%)
300	76.29 $\pm$ 0.22	3.44 $\pm$ 0.12	22.60 $\pm$ 0.13 ^a	25 $\pm$ 1.41 ^b
250	76.18 $\pm$ 0.40	3.63 $\pm$ 0.37	22.3 $\pm$ 0.06 ^{ab}	28 $\pm$ 0.00 ^{ab}
212	76.44 $\pm$ 0.74	3.61 $\pm$ 0.19	22.19 $\pm$ 0.12 ^{ab}	29 $\pm$ 0.00 ^{ab}
180	75.87 $\pm$ 0.75	4.02 $\pm$ 0.69	21.46 $\pm$ 0.49 ^b	31 $\pm$ 1.41 ^a

หมายเหตุ^{a, b, c} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากพืชผักสมุนไพรพื้นบ้านได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งผักพื้นบ้านหลายชนิดไม่เพียงแต่นำมาใช้บริโภคในรูปอาหารหรือใช้เป็นเครื่องเทศประกอบอาหารเท่านั้น แต่ยังสามารถใช้เป็นยารักษาหรือป้องกันโรคได้อีกทางหนึ่งด้วย เร่วหอมเป็นพืชพื้นบ้านที่นิยมนำมาใช้ในรูปของเครื่องเทศเพื่อประกอบอาหาร และมีสรรพคุณในการต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันหอมระเหยที่เป็นส่วนประกอบอยู่ถึงแม้เร่วหอมจะมีคุณค่าทั้งในการบริโภคและสรรพคุณทางยาแต่การใช้ประโยชน์จากเร่วหอมยังคงจำกัดอยู่ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีหรือจังหวัดใกล้เคียงเท่านั้น เนื่องจากการใช้ประโยชน์จากเร่วหอมยังใช้ในรูปของเหง้าสดซึ่งทำให้อายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น และการส่งขายไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ยังทำได้ยาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการแปรรูปเร่วหอมเป็นเร่วหอมผงพร้อมใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและง่ายต่อการขนส่ง อีกทั้งการทำในรูปผงพร้อมใช้จะทำให้สามารถใช้ประโยชน์ในรูปแบบหรือเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามขั้นตอนของการแปรรูปมักส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของพืชอาจส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกลดลง งานวิจัยนี้จึงทำการตรวจติดตามลักษณะสำคัญดังกล่าวในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปเร่วหอมผง

ในขั้นตอนแรกของการกระบวนการผลิตเร่วหอมผงได้ศึกษาผลของการลวกเร่วหอมต่อคุณภาพของเร่วหอมผงโดยทำการลวกเร่วหอมในสารละลายชนิดต่าง ๆ พบว่าการลวกเร่วหอมในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ความเข้มข้น

0.05 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 นาที ซึ่งเป็นเวลาในการลวกที่ได้จากการทำการทดสอบเบื้องต้นแล้วว่าสารละลายจะสามารถยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในเร่วหอมได้ทั้งหมด การลวกในสภาวะนี้สามารถรักษาริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากการทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging ไว้ได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์มีสมบัติในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสโดยทำปฏิกิริยากับสารประกอบตัวกลางในระหว่างปฏิกิริยาการเกิดรงควัตถุสีน้ำตาล หรืออาจจะทำปฏิกิริยากับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสโดยตรงหรือทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์สารประกอบควิโนนกลับไปเป็นสารประกอบฟีนอลที่ไม่มีสี [10] จึงทำให้สามารถรักษาริมาณของสารประกอบฟีนอลิกไว้ได้มาก แต่เมื่อทดสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี β -carotene bleaching กลับพบว่า การลวกแต่ละวิธีมีเปอร์เซ็นต์ antioxidant activity ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามทุกตัวอย่างมีเปอร์เซ็นต์ antioxidant activity สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ การที่ผลการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 วิธีให้ผลที่ต่างกัันนี้อาจเป็นเพราะความแตกต่างของหลักในการทดสอบแต่ละวิธี ซึ่งวิธี DPPH วัดความสามารถของสารสกัดในการเข้าจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งการลวกที่แตกต่างกันอาจจะส่งผลต่อความไวในการเข้าจับกับอนุมูลอิสระในขั้นตอนของการเกิดปฏิกิริยา แต่สำหรับวิธี β -carotene bleaching นั้นติดตามผลการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นตอนเนื่องหรือ



ในขั้นการเกิดปฏิกิริยาถูกโซ่ [2] ที่พบว่าเมื่อเข้าสู่ปฏิกิริยาในขั้นต่อมาวิธีการลวกไม่ส่งผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเร็วหอมผง ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการประเมนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความจำเพาะเจาะจงและมีความสำคัญต่อผลการทดสอบ

สำหรับขั้นตอนของการอบแห้งพบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งเร็วหอมมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดรวมถึงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเสื่อมสลายได้ง่ายด้วยความร้อน [11] ดังนั้นการที่น้ำในอาหารกลายเป็นไอที่อุณหภูมิต่ำกว่าเป็นเหตุผลสำคัญที่สามารถคงคุณภาพทางเคมีของอาหารได้ และยังช่วยรักษาปริมาณสารที่สามารถระเหยง่ายให้ยังคงอยู่ในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้เร็วหอมผงยังคงมีคุณภาพทางเคมีที่ดีและกลิ่นรสคงเดิม [12-14] เมื่อพิจารณาผลในด้านค่าสีของเร็วหอมผง พบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งเร็วหอมผงทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการอบสูงขึ้น ค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไปของเร็วหอมผงอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ ได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดจากปฏิกิริยาที่น้ำตาลรีดิวซ์มีหมู่ที่เป็นอัลดีไฮด์และคีโตนทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจน อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ความว่องไวในการทำปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวซ์และสารประกอบไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้อัตราการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น [15] ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของเทวรัตน์ [16] ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าความเป็นสีแดงของหอมสดมีค่าเพิ่มมากขึ้นจากค่าอ้างอิง โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส สีของหอมสดมีแนวโน้มเปลี่ยนไปเป็นสีแดงได้มากที่สุด

สำหรับขั้นตอนสุดท้าย คือ การบดลดขนาดเร็วหอมผงให้มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันระหว่าง 300-180 ไมครอน พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง โดยอนุภาคขนาด 300 ไมครอน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด การที่ขนาดอนุภาคของเร็ว

หอมผงลดลงแต่กลับทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงนั้นอาจเนื่องจากเร็วหอมมีปริมาณเส้นใยสูงจึงทำให้ขั้นตอนของการบดลดขนาดอนุภาคทำได้ยาก เมื่อต้องการขนาดอนุภาคที่เล็กลงจึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการบดมากขึ้น และในระหว่างการบดจะเกิดความร้อนจากการเสียดสีกันระหว่างใบมีดและอนุภาคของเร็วหอม ความร้อนที่เกิดขึ้นในปริมาณมากและเป็นเวลานานจะส่งผลต่อการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ [11]

เมื่อพิจารณาค่าสีของเร็วหอมผงพบว่า ค่าความเป็นสีเหลืองของเร็วหอมผงมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง จากที่อธิบายข้างต้นการลดขนาดเร็วหอมผงซึ่งมีความเป็นเส้นใยมากทำให้ได้รับความร้อนจากการบดมากกว่า ซึ่งจะส่งผลถึงคุณภาพทางเคมีและการสลายตัวหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบที่ให้สีเหลือง เช่น เบต้าแคโรทีน โดยเบต้าแคโรทีนที่พบในอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป trans-form ซึ่งจะมีสีเข้มกว่า cis-form ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจาก trans-form ไปเป็น cis-form คือ แสง ความร้อน และกรด [3] เมื่อขนาดอนุภาคที่เล็กลงทำให้ต้องใช้เวลานานในการบดนานขึ้นเร็วหอมจึงมีโอกาสนสัมผัสกับความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีกันระหว่างการบดมากขึ้น ส่งผลให้เบต้าแคโรทีนเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปเป็น cis-form เร็วหอมผงจึงมีค่าความเป็นสีเหลืองลดลงเมื่อขนาดอนุภาคลดลง แต่เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการละลาย ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนระหว่างปริมาณตัวถูกละลายต่อปริมาณตัวทำละลายในสารละลายอิ่มตัว พบว่า ค่าการละลายของเร็วหอมผงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง แสดงให้เห็นว่าเร็วหอมผงที่มีอนุภาคขนาดเล็กมีการกระจายตัวของอนุภาคในน้ำดีกว่า เนื่องจากเร็วหอมผงที่มีอนุภาคขนาดเล็กมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ทำให้เร็วหอมผงที่มีขนาดเล็กสัมผัสกับตัวทำละลายและดูดซับตัวทำละลายไว้ที่ผิวได้มากกว่าจึงทำให้ความสามารถในการละลายสูงกว่าเร็วหอมผงที่มีอนุภาคขนาดใหญ่

กระบวนการในการผลิตเร็วหอมผงที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนของการลวก การอบแห้ง และการบดลดขนาด

ล้วนส่งผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและคุณภาพของเร็วหอมผงที่ได้ โดยจากผลการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการผลิตเร็วหอมผงที่เหมาะสม คือ การลวกเร็วหอมในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิสารละลายเดือด เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 90 นาที แล้วบดลดขนาดจนมีขนาดอนุภาค 300 ไมครอน ผลผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง มีรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานง่าย มีอายุการเก็บนาน เก็บรักษาและขนส่งได้ง่าย สามารถส่งเสริมให้มีการผลิตเพื่อจัดจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้ข้อมูลจากงานวิจัยยังใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษากระบวนการแปรรูปและการศึกษาเกี่ยวกับสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพรพื้นบ้านชนิดอื่นได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

1. นรินทร์ พันธุ์ครู. เร่วหอมพืชสมุนไพรมากรสพคุณ. [อินเทอร์เน็ต]. 2553 [เข้าถึงเมื่อ 12 ก.ย. 2559]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sahavicha.com/?name=article&file=readarticle&id=1503>
2. กฤติกา นรจิตร์. คุณสมบัติของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง: อิทธิพลของวิธีการสกัดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ; 2548.
3. นิธิยา รัตนพานนท์. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์; 2549.
4. ธนศักดิ์ แซ่เลี้ยว. ผลของการทำแห้งต่อสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถต้านออกซิเดชันของกระชายเหลือง (*Boesenbergia pandurata* (Roxb.) Schltr.). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2552.
5. Shegokar R, Müller RH. Nanocrystals: industrially feasible multifunctional formulation technology for poorly soluble actives. *Int J Pharm* 2010;399(1):129-39.
6. Zhou K, Yu L. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. *LWT - Food Sci Technol* 2006;39(10):1155-62.
7. Brand WW, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebenson Wiss Technol* 1995;28(1):25-30.
8. Siddhuraju P, Becker K. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *J Agric Food Chem* 2003;51(8):2144-55.
9. Sanphakdee U. Caffeine and catechins analysis product recovery sanphakdee, 2007. [Internet]. 2007 [cited 2016 September 12]. Available from: <https://text-id.123dok.com/document/ky6xovk4y-caffeine-and-catechins-analysis-product-recovery-sanphakdee-2007.html>
10. Lambrecht HS. Sulfite substitutes for the prevention of enzymatic browning in foods enzymatic browning and its prevention. Washington DC: American Chemical Society; 1995.



11. พัชรี สิริตระกูลศักดิ์, สกลกานต์ สิมลา. ผลของกรรมวิธีการประกอบอาหารต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในดอกขมจันทร์. วารสารแก่นเกษตร 2558;43(1):875-80.
12. Rahman MS. Hand book of food preservation. New York: Marcel Dekker; 1999.
13. รัตนา อัดตปัญญา, อัจฉรา เทียมภักดี. วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสดเพื่อการแปรรูปเป็นเนื้อลำไยอบแห้งในเชิงพาณิชย์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ; 2540.
14. วัชรพงษ์ ทะสังคินทร์. องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของเหง้าเร่วหอมและเมล็ดกระวาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี; 2556.
15. นิธิยา รัตนานนท์. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2545.
16. เทวรัตน์ ทิพย์วิมล. การคงคุณภาพผักอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบป้อนความร้อน. นครราชสีมา: สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2555.