



การทำแห้งกากผลหนามแดงและการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อัดเม็ด

Drying of Karanda (*Carissa carandas*) Pomace and Its Tablet Product

วิชมนิ ยืนยงพุทธกาล^{1*} สุภาพรพรณ คงสมเพ็ชร¹ และ ปารีชาติ วีระแพทย์¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณภาพของกากผลหนามแดงและผลของสภาวะในการทำแห้งต่อคุณภาพของกากผลหนามแดงอบแห้ง รวมทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากกากผลหนามแดงอบแห้ง กากผลหนามแดงมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีค่า inhibition เท่ากับ 88.11% และค่า IC₅₀ เท่ากับ 118.70 mg/L ศึกษาผลของสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพของกากผลหนามแดงอบแห้งโดยการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เพื่อให้ความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 5% พบว่า สภาวะการทำแห้งที่มีผลต่อสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณวิตามินซี ปริมาณกรดทั้งหมด และค่าสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ การทำแห้งกากผลหนามแดงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 200 นาที ทำให้กากผลหนามแดงอบแห้งยังคงมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงที่สุด ($p < 0.05$) ศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของส่วนผสมด้วยการแปรส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดโดยจัดสิ่งทดลองแบบ mixture design ภายใต้ข้อจำกัด คือ ใช้กากผลหนามแดงผง 45-76% น้ำตาลไอซิ่ง 4-60% และแป้งข้าวโพด 2-10% พบว่า สูตรที่เหมาะสม คือ ใช้กากผลหนามแดงผง 45% น้ำตาลไอซิ่ง 53% และแป้งข้าวโพด 2% ทำให้ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี 20131

* Corresponding Author, E-mail: wich@buu.ac.th

ABSTRACT

This research was to study the Karanda pomace quality and the effect of drying condition on dried Karanda pomace quality, as well as developed the tablet product from dried Karanda pomace. Karanda pomace had the antioxidant property, the inhibition was 93.01% and IC_{50} was 118.70 mg/L. Effect of drying condition on Karanda pomace quality was studied. Drying temperatures at 40 50 60 and 70 °C to reach the final moisture content not more than 5% were conducted. It was found that drying conditions effect on antioxidant properties, total phenolic compounds content, total anthocyanin content, vitamin C content, total titratable acidity and color values ($p < 0.05$). Optimum condition was drying of Karanda pomace at 60 °C for 200 min. These remained the highest antioxidant properties, total phenolic compounds content and total anthocyanin content in dried Karada pomace ($p < 0.05$). The optimum ingredients content for tablet product was studied using the mixture design experiment under constrains as following: Karanda pomace powder 45-76%, icing sugar 4–60% and corn starch 2-10%. The result showed that the optimum ingredients content were Karanda pomace powder 45%, icing sugar 53% and corn starch 2%. It's obtained the highest overall liking score as slightly like level.

คำสำคัญ: กากผลหนามแดง การทำแท่ง สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ผลิตภัณฑ์อัดเม็ด

Keywords: Karanda pomace, Drying, Antioxidant property, Tablet product

บทนำ

หนามแดง (*Carissa carandas* L.) มีชื่อสามัญคือ Karanda และ Carunda มีชื่อเรียกอื่น ได้แก่ มะนาวไม่รู้รูห์ หนามขี้แฮด ผลหนามแดงมีลักษณะเป็นผลเดี่ยวออกรวมกันเป็นช่อ ผลอ่อนจะมีสีชมพูอ่อนและค่อยๆ เข้มขึ้นเป็นสีแดง เมื่อสุกเต็มที่มีสีม่วงดำ โดยมีสารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ ได้แก่ แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี เป็นต้น (รุ่งทิwa และคณะ, 2551) วิไล (2550) ศึกษากิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในพืชพื้นบ้านที่มีสีม่วง พบว่า ผลหนามแดงมีค่ากิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระสูงถึง 93.01% Subhadrabndhu (2001) รายงานว่า หนามแดงเป็นผลไม้ไทย 1 จาก 5 รายการที่มีการใช้ประโยชน์ทาง

สมุนไพร แต่ยังไม่มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีการส่งเสริมให้มีการท่องเที่ยวเชิงนิเวศน์ รวมถึงส่งเสริมการใช้ภูมิปัญญาไทยในการบริโภคอาหารที่มีสรรพคุณทางยาให้ได้รับรู้กันมากขึ้น ชุมชนในจังหวัดสมุทรสงครามก็เป็นอีกแหล่งหนึ่งที่ได้มีการเปิดรับนักท่องเที่ยวมาเยี่ยมชมวิถีชีวิต เช่น ตลาดอัมพวา ตลาดบางนกแขวก ตลาดบางน้อย เป็นต้น โดยพบว่า ผลหนามแดงเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรพื้นบ้านที่สำคัญของชุมชน ซึ่งมีการบริโภคหนามแดงกันมานาน ปัจจุบันได้มีการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อจำหน่ายให้กับนักท่องเที่ยวในบางรูปแบบ ได้แก่ น้ำคั้นพร้อมดื่ม และแยม ซึ่งมีการยอมรับจากนักท่องเที่ยวอย่างมาก ทั้งนี้ในการผลิตน้ำ

คั้นพร้อมดื่มมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลผลิตในรูปของกาก
ผลหมอนแดงจำนวนมาก จึงมีแนวคิดในการเพิ่มมูลค่า
กากผลหมอนแดงนำมาทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน เพื่อให้
สามารถเก็บวัตถุดิบกากผลหมอนแดงไว้ใช้นานในรูป
ของแห้ง เก็บรักษาได้ง่าย และสะดวกที่จะนำไป
ประยุกต์ใช้ทำผลิตภัณฑ์ในรูปต่างๆ ได้ อย่างไรก็ตาม
สภาวะการทำแห้งมีผลต่อความคงตัวของสารพฤกษ
เคมีซึ่งมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าว
(Katsube et al., 2009; Kuljara-CHANAN et al.,
2009; Vega-Galvez et al., 2009) นอกจากนี้
ต้องการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากผลหมอน
แดงอบแห้งมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งเป็นการ
เพิ่มมูลค่าของกากผลหมอนแดงขึ้น ซึ่งจากการทำการ
ทดลองเบื้องต้นพบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำกากผล
หมอนแดงอบแห้งมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์อัดเม็ดได้
เช่นกัน อย่างไรก็ตามการได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี
ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ปัจจัยที่สำคัญได้แก่ ปริมาณที่
เหมาะสมของส่วนผสม นอกจากนี้การใช้เทคนิคการ
เคลือบด้วยสารเคลือบน่าจะสามารถปรับปรุงผลิตภัณฑ์
ให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น จึงศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของ
ส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากกากผลหมอน
แดงอบแห้ง โดยหาปริมาณที่เหมาะสมการใช้กากหมอน
แดงผง แป้งข้าวโพดซึ่งมีสมบัติเป็นสารเพิ่มเนื้อ และ
น้ำตาลไอซิ่ง ซึ่งมีสมบัติเป็นสารยึดเกาะ ดังนั้นใน
งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของกาก
ผลหมอนแดง ผลของสภาวะในการทำแห้งต่อคุณภาพ
ของกากผลหมอนแดงอบแห้งและการพัฒนาผลิตภัณฑ์
อัดเม็ดจากกากผลหมอนแดงอบแห้ง

วิธีการ

1. การศึกษาคุณภาพของกากผลหมอนแดง

งานวิจัยนี้กากผลหมอนแดง หมายถึง กาก
ส่วนเหลือทิ้งจากการคั้นน้ำประกอบด้วยส่วนเนื้อ
เปลือก และเมล็ดของผลหมอนแดง มีลักษณะเป็นชิ้น
เล็ก ๆ รับประทานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปน้ำหมอนแดง
จังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งได้จากผลหมอนแดงที่เก็บเกี่ยว
ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2553
นำมาแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่าง
กากผลหมอนแดงแช่แข็งมาทำละลายที่อุณหภูมิห้อง
แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพได้แก่ สมบัติการเป็นสาร
ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging
assay รายงานเป็นค่า % inhibition และค่า IC_{50} ซึ่ง
หมายถึงความเข้มข้นของตัวอย่างที่ทำให้เกิดการยับยั้ง
อนุมูลอิสระ 50% คำนวณได้จากกราฟระหว่าง %
Inhibition และความเข้มข้นของสารสกัดจากกากผล
หมอนแดง (Karagozler et al., 2008) ปริมาณ
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด รายงานเป็นค่า mg gallic
acid โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานระหว่างความ
เข้มข้นของกรดแกลลิกและค่าการดูดกลืนแสง
(Dewanto et al., 2002) ปริมาณแอนโทไซยานิน
ทั้งหมด (Sun et al., 2009) ปริมาณวิตามินซี (AOAC,
1990) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (AOAC, 1990) ปริมาณ
กรดทั้งหมด (AOAC, 1990) ปริมาณความชื้น (AOAC,
1990) และค่าสี รายงานเป็นค่า L^* a^* และ b^* วัดด้วย
เครื่องวัดสี HunterLab ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

2. การศึกษาผลของสภาวะการทำแห้งต่อ คุณภาพของกากผลหมอนแดงอบแห้ง

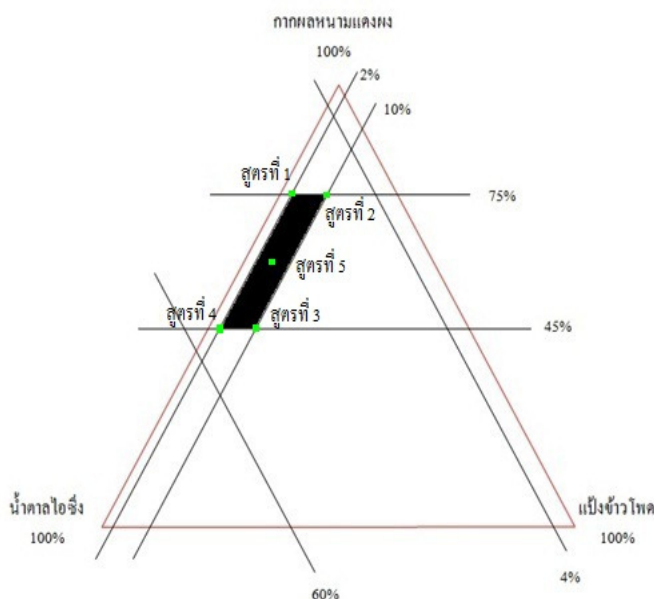
ในการทดลองขั้นตอนนี้ต้องศึกษาผลของ
สภาวะการทำแห้งและต้องการหาสภาวะการอบแห้งที่
เหมาะสม ดำเนินการโดยนำกากผลหมอนแดงแช่แข็ง
มาทำละลายที่อุณหภูมิห้อง แล้วเกลี่ยลงบนถาดสำหรับ
อบแห้ง นำมาทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดโดย
แปรอุณหภูมิการอบแห้งเป็น 40 50 60 และ 70 องศา

เซลเซียส อบแห้งจนทำให้มีความชื้นไม่เกิน 5% แล้วนำตัวอย่างกากผลหนามแดงอบแห้งที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพเหมือนข้อ 1. ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากกากผลหนามแดงอบแห้งโดยศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของส่วนผสมในการผลิต

นำกากผลหนามแดงอบแห้งที่เลือกได้จากข้อ 2. มาบดด้วยเครื่องบดอาหาร Waring รุ่น K55E ประเทศฝรั่งเศส ใช้ความเร็วสูงเป็นเวลาประมาณ 3 นาที แล้วร่อนด้วยเครื่องร่อน (sieving machine) ขนาด 100 mesh ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ดร่วมกับส่วนผสมต่าง ๆ ได้แก่ กากผลหนามแดงผง 45–75% น้ำตาลไอซิ่ง 4-60% แป้งข้าวโพด 2-10% และซิลิกอนไดออกไซด์ 0.5% โดยน้ำหนักส่วนผสม จัดสิ่งทดลองแบบ mixture design สำหรับการใช้ส่วนผสมกากหนามแดงผง น้ำตาลไอซิ่ง และแป้งข้าวโพดโดยใช้ปริมาณรวมกันเป็น 99.5% แสดงดังรูปที่ 1 ทำให้ได้ขอบเขตการใช้ส่วนผสม

ดังกล่าวที่สามารถดำเนินการได้ กำหนดสูตรของผลิตภัณฑ์อัดเม็ด จำนวน 5 สูตร ดังตารางที่ 1 ซึ่งน้ำหนักส่วนผสมตามที่กำหนดแล้วผสมให้เข้ากัน เพื่อให้การอัดเม็ดได้ง่ายขึ้น เติมน้ำกลั่นลงไปในส่วนผสมทุกสูตรปริมาณ 20% (v/w) กำหนดน้ำหนักเท่ากับ 0.7000 ± 0.1500 กรัมต่อ 1 เม็ด และนำไปอัดเม็ดโดยใช้เครื่องตอกเม็ดด้วยมือ แล้ววิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) เส้นผ่านศูนย์กลางและความหนา โดยใช้ไมโครมิเตอร์ คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทดสอบวิธี 9-point hedonic scale นำผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไปสร้างโครงสร้างพื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology, RSM) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS13 และ Statistica 5.0



รูปที่ 1 การแปรปริมาณกากผลหนามแดงผง น้ำตาลไอซิ่ง และแป้งข้าวโพดโดยจัดสิ่งทดลองแบบ Mixture Design

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่ดำเนินการทดลอง

สูตร	ปริมาณของส่วนผสม (%)			
	กากผลหนามแดงผง	น้ำตาลไอซิ่ง	แป้งข้าวโพด	ซิลิกอนไดออกไซด์
1	75	23	2	0.5
2	75	15	10	0.5
3	45	45	10	0.5
4	45	53	2	0.5
5	60	34	6	0.5

ผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาคุณภาพของกากผลหนามแดง

คุณภาพกากผลหนามแดงที่ใช้ในงานวิจัย แสดงดังตารางที่ 2 โดยพบว่าเมื่อนำสารสกัดหยาบที่ได้จากกากผลหนามแดงมาทดสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay และรายงานค่าเป็นค่า % Inhibition และค่า IC₅₀ พบว่า กากผลหนามแดงมีค่า Inhibition เท่ากับ 88.11% ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของวิไลพร (2550) ที่ศึกษาความสามารถการต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดที่ได้จากพืชพื้นบ้านที่มีสีม่วงแดง โดยพบว่า ผลหนามแดงจัดอยู่ในกลุ่มที่มี % Inhibition สูงที่มีค่าตั้งแต่ 80% ขึ้นไป โดยมี % inhibition 93.01% สูงกว่าพืชพื้นบ้านบางชนิด เช่น ตะขบป่า เซอร์รี่ไทย เป็นต้น ซึ่งมีค่า % inhibition เท่ากับ 85.67 67.64% ตามลำดับ สำหรับค่า IC₅₀ (inhibition concentration at 50%) ซึ่งหมายถึง ค่าความเข้มข้นของปริมาณสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่ง สำหรับสารสกัดหยาบที่ได้จากกากผลหนามแดงพบว่า มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 118.70 mg/L เมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ พบว่า กากผลหนามแดงมีค่า IC₅₀ ต่ำกว่ากว่าแบล็ก ราสเบอร์รี่ (black raspberry) ที่มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 241 mg/L (Hjun et al., 2010) และแบล็กไทเกอร์ (black tiger) ที่มีค่า

IC₅₀ เท่ากับ 759 mg/L (Sun et al., 2009) อย่างไรก็ตาม พบว่า กากผลหนามแดงมีค่า IC₅₀ สูงกว่ามะหาดที่พบว่า มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 19.32 mg/L (บัวใส, 2552) และในส่วนของเปลือกลูกหว้าสุกที่มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 6.91± 0.59 mg/L (นิตยา, 2550) จากค่า % inhibition และค่า IC₅₀ แสดงให้เห็นว่ากากผลหนามแดงเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีศักยภาพ มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยจากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดพบว่า กากผลหนามแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 231.05 mg gallic acid/100 g ทั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับแบล็กเคอร์เรนต์ (Black currant) ที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 239 mg gallic acid/100 g (Denev et al., 2010) และมีปริมาณสูงกว่าแบล็กไทเกอร์ที่มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 179 mg gallic acid/100 g (Sun et al., 2009) อย่างไรก็ตามกากผลหนามแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยกว่ากากลูกหม่อนและส่วนของเปลือกอ่อนมังคุด ซึ่งมีสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 1848.02 และ 3404.09 mg gallic acid/100 g ตามลำดับ และจากผลการทดลอง พบว่า กากผลหนามแดงมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 271.35 mg /100 g sample ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าในมัลเบอร์รี่และบลูเบอร์รี่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 179.49 246 และ 139

mg/100 g ตามลำดับ (Denve et al., 2010) อย่างไรก็ตามกากผลหนามแดงมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดน้อยกว่ากากลูกหม่อนซึ่งมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 619.54 mg/100 g (สิขญา และคณะ, 2552) กากผลหนามแดงมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 1.94 mg/100 g ซึ่งมีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าพืชพื้นบ้านบางชนิด เช่น ชำมะเลียง ซึ่งมีปริมาณวิตามินซี 30 mg/100 g (Subhadrabandul, 2001)) ในส่วนกากผลหนามแดงยังคงมีรสหวานอยู่บ้างเล็กน้อยจากผลการทดลอง พบว่า กากผลหนามแดงมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 3.24% มีรายงานการวิเคราะห์คุณค่า

ทางอาหารของผลหนามแดงสุกในประเทศอินเดียและฟิลิปปินส์ พบว่า มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 7.35-11.58% (Morton, 1987) ซึ่งในกากผลหนามแดงมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดน้อยกว่าในผล เนื่องจากน้ำตาลส่วนใหญ่จะละลายออกไปพร้อมน้ำคั้นที่ได้ คงเหลืออยู่ในส่วนกากเพียงบางส่วนเท่านั้น นอกจากนี้ มีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 3.76% กากผลหนามแดงแม้คั้นน้ำออกไปแล้วแต่ยังคงมีความชื้นสูงถึงประมาณ 80% ส่วนค่าสี L* a* และ b* ของกากผลหนามแดงมีค่าเท่ากับ 21.34 19.87 และ 8.47 ตามลำดับ ซึ่งมีสีออกแดงเข้มอมม่วง

ตารางที่ 2 คุณภาพกากผลหนามแดงที่ใช้ในงานวิจัย

ค่าคุณภาพ	ค่าเฉลี่ย ± SD	ค่าคุณภาพ	ค่าเฉลี่ย ± SD
สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ		ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)	3.24 ± 0.02
- Inhibition (%)	88.11 ± 1.40	ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	3.76 ± 0.02
- IC ₅₀ (mg/L)	118.70 ± 0.06	ปริมาณความชื้น (%)	80.98 ± 1.46
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg gallic acid/100 g)	231.05 ± 1.92	ค่าสี L*	21.34 ± 0.04
ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg /100 g)	271.35 ± 1.87	ค่าสี a*	19.87 ± 0.04
ปริมาณวิตามินซี (mg /100 g)	1.94 ± 0.02	ค่าสี b*	8.47 ± 0.06

2. ผลของสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพของกากผลหนามแดงอบแห้ง

เวลาการทำแห้งเพื่อให้กากผลหนามแดงมีความชื้นประมาณ 5% สำหรับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เท่ากับ 390 280 200 และ 110 นาที ตามลำดับ โดยมีปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 4.69–4.97% จากตารางที่ 3 พบว่า สภาวะการทำแห้งมีผลต่อสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสภาวะที่ยังคงรักษาสมาบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไว้ได้มากที่สุด คือ การทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (200 นาที) รองลงมาคือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

(110 นาที) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (280 นาที) และอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (390 นาที) ตามลำดับ จากผลการทดลองเห็นได้ว่า สภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (40 องศาเซลเซียส) แต่ใช้เวลานาน มีแนวโน้มทำให้สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระคงเหลืออยู่น้อยกว่าการทำแห้งในสภาวะอื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การให้ความร้อนนานในการทำแห้งทำให้สารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ เช่น สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และวิตามินซี เป็นต้น ที่มีอยู่ในกากผลหนามแดงมีโอกาสสูญเสียไปกับความร้อนได้มาก โดยความร้อนเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดเร็วขึ้น และทำให้สมบัติในการเป็นสาร

ต้านอนุมูลอิสระลดลง เนื่องจากสารพิษเคมีต่าง ๆ ที่มี aromatic ring และ hydroxyl group เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีลักษณะเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ สามารถระเหยกลายเป็นไอและถูกพาไปกับอากาศร้อนระเหยออกมาสู่มิวน้ำอาหารได้ (นิธิยา, 2549) อย่างไรก็ตาม การใช้อุณหภูมิสูงขึ้น (70 องศาเซลเซียส) แม้ใช้เวลาสั้น มีแนวโน้มทำให้สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก อุณหภูมิสูงมีโอกาสมากขึ้นที่ สารพิษเคมีที่สำคัญต่าง ๆ เช่น สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และวิตามินซี เกิดการสูญเสียไปได้มาก จึงทำให้สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในการกำจัดอนุมูลอิสระลดลง ดังนั้นการใช้สภาวะที่เหมาะสมทำให้รักษาการมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไว้ได้มาก จากผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Katsube et al. (2009) ที่รายงานว่า อุณหภูมิในการทำแห้งมีผลต่อความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในใบหม่อน โดยการทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 40 และ 60 องศาเซลเซียส มีผลทำให้กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในใบหม่อนลดลงน้อยกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 80 และ 110 องศาเซลเซียส ($p < 0.05$) Vega-Galvez et al. (2009) รายงานว่า การทำให้แห้งที่อุณหภูมิสูง 80 และ 90 องศาเซลเซียส มีผลทำให้กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญว่า การทำให้แห้งเป็นเวลานานก็มีผลทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระลดลงด้วย

จากตารางที่ 4 พบว่า สภาวะในการทำแห้งมีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในกากผลหมอนแดงอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสภาวะที่ยังคงรักษาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไว้ได้มากที่สุด คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (200 นาที) รองลงมา

คือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (110 นาที) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (280 นาที) และอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (390 นาที) ตามลำดับ ซึ่งให้ผลการทดลองในการทำงานเดียวกับสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (40 องศาเซลเซียส) แต่ใช้เวลานาน มีแนวโน้มทำให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าการทำแห้งในสภาวะอื่น ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก สารประกอบฟีนอลิกไม่คงตัวต่อความร้อน สามารถสลายตัวได้ด้วยความร้อน เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานานทำให้มีโอกาสมากขึ้นที่สารพิษเคมีต่าง ๆ รวมทั้งสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้มาก และการทำให้แห้งที่อุณหภูมิสูงเกินไปมีผลให้เกิดการเสื่อมเสียหรือการระเหยของสารต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น จากผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ลิขญา และคณะ (2552) รายงานว่า การทำให้แห้งกากหม่อนที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานสามารถรักษากิจกรรมของสารพิษเคมีไว้ได้มากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน และ Kuljarachanan et al. (2009) รายงานว่า การทำให้แห้งกะนวดด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกได้สูงกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส ($p < 0.05$)

สภาวะในการทำแห้งมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในกากผลหมอนแดงอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสภาวะที่ยังคงรักษาสารแอนโทไซยานินทั้งหมดไว้ได้มากที่สุด คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (200 นาที) และ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (110 นาที) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า สภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (390 นาที) และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (280 นาที) เป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน ซึ่งมีแนวโน้มทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูญเสียไปได้มาก

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารแอนโทไซยานินที่ทำให้สารเม็ดสีแอนโทไซยานินซีดจาง อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิสูงขึ้น (70 องศาเซลเซียส) ก็มีผลเร่งอัตราเร็วของการสลายตัวของสารแอนโทไซยานินให้เกิดเร็วขึ้น อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยา condensation ของแอนโทไซยานินกับสารประกอบอื่น เช่น น้ำตาล หรือกรดแอสคอร์บิกในสภาวะที่มีออกซิเจน (นิธิยา, 2549) สิขญา และคณะ (2552) และ Suvaamakuta et al. (2011) รายงานว่าการใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งมีแนวโน้มสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินไว้ได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูงหรือการใช้เวลานานเกินไป

นอกจากนี้พบว่าสภาวะในการทำแห้งมีผลต่อปริมาณวิตามินซีในกากผลหนามแดงอบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สภาวะการทำแห้งที่ยังคงรักษาปริมาณวิตามินซีไว้ได้มากที่สุด คือ อุณหภูมิ 40 (390 นาที) และ 50 องศาเซลเซียส (280 นาที) ซึ่งเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำและเป็นเวลานาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สภาวะในการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีแนวโน้มทำให้ปริมาณวิตามินซีในกากผลหนามแดงเหลืออยู่มากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวิตามินซีสามารถถูกออกซิไดส์ไปเป็น dehydroascorbic acid และ ascorbate free-radical ที่เรียกว่า monodehydroascorbic acid ที่มีความคงตัวต่ำ สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน และไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นิธิยา, 2549) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vega-Galvez et al. (2009) และ Kuljarachanan et al. (2009) ที่รายงานว่า ปริมาณวิตามินซีของพริกและกากมะนาวลดลงเมื่อทำแห้งเป็นเวลานานที่อุณหภูมิสูง

จากตารางที่ 5 พบว่า สภาวะในการทำแห้งไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในกากผลหนามแดงอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในกากผลหนามแดงอบแห้ง มีค่าประมาณ 2.94-3.05% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในการทำแห้งกากผลหนามแดงอบแห้งใช้อุณหภูมิ 40-70 องศาเซลเซียส มีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือสลายตัวของน้ำตาลได้ไม่มากนัก แต่พบว่าสภาวะในการทำแห้งมีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในกากผลหนามแดงอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าสภาวะที่ยังคงรักษาปริมาณกรดทั้งหมดไว้ได้มากที่สุด คือ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (390 นาที) และ 50 องศาเซลเซียส (280 นาที) ซึ่งเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกับปริมาณวิตามินซี ที่แสดงให้เห็นว่า การทำแห้งที่สภาวะต่ำมีแนวโน้มทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในกากผลหนามแดงเหลืออยู่มากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้เนื่องจากกรดมีความคงตัวต่ำ สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน และไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นิธิยา, 2549; Vega-Galvez et al., 2009) สำหรับด้านค่าสีพบว่า สภาวะในการทำแห้งมีผลต่อค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่า หากอุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้นทำให้ค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น แต่ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของกากผลหนามแดงอบแห้งลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงมีผลให้เร่งการสลายตัวของรงควัตถุและเร่งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ จากผลการทดลองทั้งหมดพิจารณาเลือกสภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมได้ว่า การทำแห้งกากผลหนามแดงอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 200 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ยังคงรักษาสารพฤกษเคมีที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

สูงที่สุด โดยมีค่า % inhibition มากที่สุด และค่า IC_{50} ต่ำที่สุด ซึ่งเป็นสภาวะที่ประหยัดเวลาและพลังงานการทำงาน

3. ผลการหาปริมาณที่เหมาะสมของส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ด

ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดมีปริมาณความชื้น เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนา ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) จากตารางที่ 6 พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่คะแนนความชอบด้านสีและรสชาติของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดสูตรที่ 3 4 และ 5 มีแนวโน้มได้คะแนนความชอบด้านดังกล่าวมากกว่าสูตรที่ 1 และ 2 สำหรับคะแนนความชอบด้านสีและรสชาติพบว่า ทุกสูตรมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 4.63 – 5.23 และ 5.50 – 6.23 ซึ่งอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉย ๆ และระดับเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อยตามลำดับ เพื่อให้อธิบายแนวโน้มผลของส่วนผสมที่ใช้ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดให้ชัดเจนขึ้น จึงนำข้อมูลมาสร้างสมการทางคณิตศาสตร์โดย regression analysis โดยกำหนดให้ x_1 x_2 x_3 คือ ปริมาณของกากผลหนามแดง น้ำตาลไอซิ่ง และแป้งข้าวโพดที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อัดเม็ด ตามลำดับ และ Y คือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ พิจารณา

ความน่าเชื่อถือของสมการจากค่า R^2 ซึ่งควรมีค่า R^2 อย่างน้อย 0.75 และพิจารณาจากค่า model significance หากมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ หมายถึง ตัวแปรในสมการมีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญดังกล่าวนั้น เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ดังกล่าว พบว่า สมการของความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีค่า R^2 มากกว่า 0.75 และมีค่า model significance น้อยกว่า 0.10 จึงนำสมการดังกล่าวมาสร้างกราฟ RSM แสดงดังรูปที่ 2 ถึง 4 พบว่า มีแนวโน้มคล้ายกันคือ เมื่อเติมน้ำตาลไอซิ่งในปริมาณมากขึ้นทำให้คะแนนความชอบมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำตาลไอซิ่งมีลักษณะสีขาว ทำให้ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดมีสีอ่อน อีกทั้งน้ำตาลไอซิ่งมีสมบัติในการเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะกับส่วนผสมอื่น การเติมน้ำตาลไอซิ่งมากจึงช่วยให้เกิดการยึดเกาะกันแน่นมีผลให้ได้ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสคงรูปดี ส่งผลให้ได้คะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรที่ใช้ น้ำตาลไอซิ่งน้อย สำหรับการเลือกสูตรที่เหมาะสม พบว่า สูตรที่ 4 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่มีลักษณะดี เป็นเม็ดสมบูรณ์ ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p < 0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านสี และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับตัวอย่างอื่น ดังนั้นสูตรที่เหมาะสม คือ สูตรที่ 4 ใช้กากผลหนามแดงผง 45% น้ำตาลไอซิ่ง 53% แป้งข้าวโพด 2% และซิลิกอนไดออกไซด์ 0.5% แสดงดังรูปที่ 5

ตารางที่ 3 ค่า inhibition (%) และ IC₅₀ (mg/L) ของกากผลหนามแดงอบแห้ง

สภาวะการอบกากผลหนามแดง	ค่าเฉลี่ย ± SD	
	inhibition (%)	IC ₅₀ (mg/L)*
อุณหภูมิ 40 °C เวลา 390 นาที	44.45±0.11 ^d	188.68±1.11 ^d
อุณหภูมิ 50 °C เวลา 280 นาที	59.59±0.14 ^c	165.80±1.18 ^c
อุณหภูมิ 60 °C เวลา 200 นาที	75.77±0.12 ^a	135.12±1.15 ^a
อุณหภูมิ 70 °C เวลา 110 นาที	66.46±0.12 ^b	151.06±1.13 ^b

a,b,c,d หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

* หมายถึง หน่วยมิลลิกรัมของสารสกัดต่อปริมาณเอทานอล 1 ลิตร

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg gallic /100 g) ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg /100 g) และ ปริมาณวิตามินซี (mg /100 g)ของกากผลหนามแดงอบแห้ง

สภาวะการอบ กากผลหนามแดง	ค่าเฉลี่ย ± SD		
	ฟีนอลิกทั้งหมด (mg gallic /100 g)	แอนโทไซยานิน (mg /100 g)	วิตามินซี (mg /100 g)
อุณหภูมิ 40 °C เวลา 390 นาที	64.22±1.98 ^d	83.49±1.07 ^b	1.30±0.01 ^a
อุณหภูมิ 50 °C เวลา 280 นาที	97.50±1.61 ^c	111.33±1.08 ^b	1.33±0.02 ^a
อุณหภูมิ 60 °C เวลา 200 นาที	162.14±1.33 ^a	180.90±1.04 ^a	0.68±0.01 ^b
อุณหภูมิ 70 °C เวลา 110 นาที	123.32±1.98 ^b	139.16±1.03 ^{ab}	0.48±0.01 ^b

a,b,c,d หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%) ปริมาณกรดทั้งหมด (%) ค่าสี L* a* และ b* ของกากผลหนามแดงอบแห้ง

สภาวะการอบ กากผลหนามแดง	ค่าเฉลี่ย ± SD				
	น้ำตาลทั้งหมด (%) ^{ns}	กรดทั้งหมด (%)	L*	a*	b*
อุณหภูมิ 40 °C เวลา 390 นาที	2.96±0.01	3.37±0.04 ^a	27.21±0.04 ^a	16.10±0.08 ^a	7.42±0.04 ^a
อุณหภูมิ 50 °C เวลา 280 นาที	0.04±0.01	3.08±0.02 ^a	30.74±0.01 ^b	15.55±0.02 ^b	6.95±0.09 ^b
อุณหภูมิ 60 °C เวลา 200 นาที	3.05±0.01	2.49±0.01 ^b	32.63±0.05 ^c	14.81±0.04 ^c	5.56±0.06 ^d
อุณหภูมิ 70 °C เวลา 110 นาที	2.94±0.01	2.50±0.02 ^b	35.84±0.04 ^d	12.53±0.09 ^d	5.98±0.08 ^c

a,b,c,d หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≥0.05)

ตารางที่ 6 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์อัดเม็ด

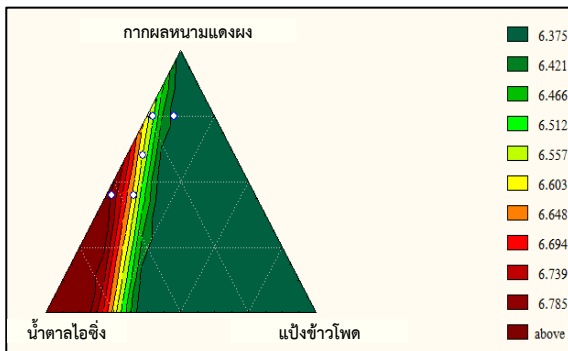
สูตรที่	ค่าเฉลี่ย \pm SD				
	ลักษณะปรากฏ	สี ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	6.47 ^b \pm 0.03	6.37 \pm 0.03	4.80 \pm 0.02	5.67 ^{ab} \pm 0.04	5.53 ^{cb} \pm 0.02
2	6.33 ^b \pm 0.03	6.30 \pm 0.05	4.63 \pm 0.02	5.50 ^b \pm 0.05	5.20 ^c \pm 0.02
3	6.53 ^{ab} \pm 0.05	6.47 \pm 0.05	5.23 \pm 0.03	5.87 ^{ab} \pm 0.03	5.80 ^{ab} \pm 0.03
4	6.83 ^a \pm 0.02	6.50 \pm 0.04	5.10 \pm 0.04	6.27 ^a \pm 0.04	6.13 ^a \pm 0.04
5	6.60 ^{ab} \pm 0.06	6.37 \pm 0.04	5.03 \pm 0.02	5.93 ^{ab} \pm 0.03	5.90 ^{ab} \pm 0.03

^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

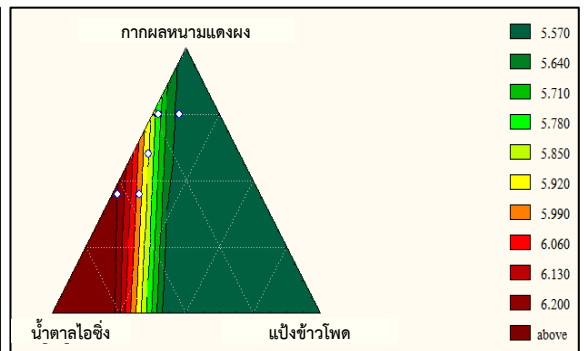
^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 7 สมการของความชอบ (Y_1 - Y_3) กับปริมาณกากผลหนามแดงผง (x_1) น้ำตาลไอซิ่ง (x_2) และแป้งข้าวโพด (x_3)

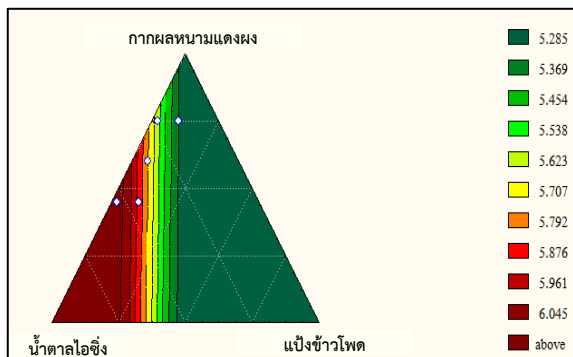
คุณภาพ	สมการ	R ²	Model significance
ความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Y_1)	$Y_1 = 6.344x_1 + 7.277x_2 + 4.527x_3$	0.93	0.07
ความชอบด้านเนื้อสัมผัส (Y_2)	$Y_2 = 5.415x_1 + 7.032x_2 + 3.469x_3$	0.94	0.06
ความชอบโดยรวม (Y_3)	$Y_3 = 5.159x_1 + 7.16x_2 + 3.034x_3$	0.91	0.09



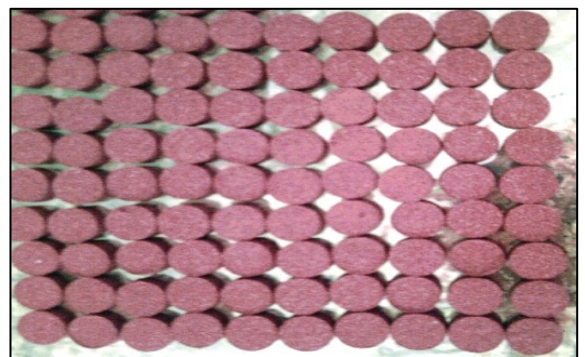
รูปที่ 2 พื้นผิวตอบสนองของความชอบลักษณะปรากฏ



รูปที่ 3 พื้นผิวตอบสนองของความชอบเนื้อสัมผัส



รูปที่ 4 พื้นผิวตอบสนองของความชอบโดยรวม



รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์กากผลหนามแดงอัดเม็ดที่เลือกได้ (สูตรที่ 4)

สรุป

สภาวะการทำแห้งกากผลหนามแดงที่เหมาะสมคือ อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 200 นาที ได้ปริมาณความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 5% โดยยังคงมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแอนโทไซยานิน ทั้งหมดปริมาณสูง และมีความเป็นไปได้ที่จะนำกากผลหนามแดงมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อัดเม็ด โดยปริมาณที่เหมาะสมของส่วนผสม คือ ใช้กากผลหนามแดงผง 45% น้ำตาลไอซิ่ง 53% แป้งข้าวโพด 2% และซิลิกอนไดออกไซด์ 0.5% ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

เอกสารอ้างอิง

- นิธิยา รัตนาปนนท์. (2549). เคมีอาหาร. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- บัวไส ศรีไชย. (2552). การศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระจากไวน์มะทวดและไวน์ลำตวน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์ การศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- รุ่งทิภา วงศ์ไพฑูริ์, เบลญมาภรณ์ ภัทรนาวิก และ ดวงทิพย์ ศรีตาแสน. (2551). น้ำลูกหนามแดงพร้อมดื่ม. โครงการวิจัย วิทยาศาสตร์บัณฑิต. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพฯ.
- วิไลพร ปองเพียร. (2550). การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพืชพื้นบ้านที่มีสีม่วง. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- สิขญา สิทธิพนัน, สุภนิช อิศรานุกรณ์ และ วรณิ จิรภาคย์กุล. (2552). ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากกากลูกหม่อน. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. (1990). The Association of official Analysis Chemists. 15th edition. Arlington, Virginia.
- Denev, P., Ciz, M., Ambrozova, G., Lojek, A., Yanakieva I. and Kratchanova, M. (2010). Solid-phase extraction of berries' anthocyanins and evaluation of their antioxidative properties. Food Chemistry. 123: 1055-1061.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K. and Liu, R.H. (2002). Thermal Processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. Agricultural and Food Chemistry 50: 3010-3014.
- Hjun, J., Jung, H., Lee, S.R., Lee, H.J., Hwang, K.T. and Kim, T.Y. (2010). Anti-oxidant, anti-proliferative and anti-inflammatory activities of the extracts from black raspberry fruits and wine. Food Chemistry 123: 338-344.
- Karagozler, A.A., Erdag, B., Emek Y.C. and Uygun D. A. (2008). Antioxidant activity and proline content of leaf extracts from *Dorystoechas hastate*. Food Chemistry 111: 400-407.
- Katsube, T., Tsurunaga, Y., Sugiyama, M., Furuno, T. and Yamasaki, Y. (2009). Effect of air-drying temperature on antioxidant capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves. Food Chemistry 113: 964-969.
- Kuljarachanan, T., Devahastin, S. and Chiewchan, N. (2009). Evolution of antioxidant compounds in lime residues during drying. Food Chemistry 113: 944-949.
- Morton, J. (1987). Karanda. [Online]. Available: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/karanda.html>.
- Subhadrabndhu, S. (2001). Under-Utilized Tropical Fruits of Thailand. Department of Horticulture Faculty of Agriculture, Kasetsart University.
- Sun, J., Yao, J., Huang, S., Long, X., Wang J. and Garcia, E. (2009). Antioxidant activity of polyphenol

- and anthocyanin extracts from fruits of *Kadsura coccinea* (Lem.) A.C. Smith. Food Chemistry 117: 276–281.
- Vega-Galvez, A.V., Scala, K.D., Rodriguez, K., Mondaca, R.L., Miranda, M., Lopez, J. and Won, M.P. (2009). Effect of air-drying temperature on physic-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). Food Chemistry 117: 647-653.

