

ผลของสภาวะการให้ความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด
และสมบัติการกำจัดอนุมูลอิสระของมะระขี้นก

จิราพร ชัยวรกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
เมษายน 2553
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ จิราพร ชัยวรกุล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรสา สุริยาพันธ์)
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.จิตติมา เจริญพานิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ แสงนาค)
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรสา สุริยาพันธ์)
..... กรรมการ
(ดร.จิตติมา เจริญพานิช)
..... กรรมการ
(ดร.อภิญา นวคุณ)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)
วันที่ 19 เดือน เมษายน พ.ศ. 2553

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา
จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ประจำภาคปลาย ปีการศึกษา 2551

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.อรสา สุริยาพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก คร.จิตติมา เจริญพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชา พี่เพื่อน น้องนิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร และนายสมควร อัดดพิมพ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จาก ภาควิชาชีววิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวชิรศาสตร์ ภาควิชาชีวเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา และศูนย์ความเป็นเลิศด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมพิษวิทยาและการบริหารจัดการสารเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ทางด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ ที่ใช้ในการวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่ น้อง ครอบครัวชัชวรกุล และญาติทุกคน ที่ให้การสนับสนุนทั้งกำลังใจ และทุนทรัพย์ในการศึกษามาโดยตลอด รวมทั้งขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ให้การอบรมสั่งสอนมาเป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบเป็นกตัญญูจดเวทิตาแด่ บพการี บุรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนครบเท่าทุกวันนี้

จิราพร ชัชวรกุล

48910868: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร; วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

คำสำคัญ: สภาวะการให้ความร้อน/ การทำแห้ง/ มะระจีนก/ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด/ อนุมูลอิสระ/ การกำจัดอนุมูล

จิราพร ชัยวรกุล: ผลของสภาวะการให้ความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการกำจัดอนุมูลอิสระของมะระจีนก (EFFECT OF HEAT CONDITIONS ON TOTAL PHENOLIC COMPOUNDS CONTENT AND FREE RADICAL SCAVENGING CAPACITY OF THAI BITTER GOURD (*Momordica charantia* L.)) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: อรสา สุริยาพันธ์, Ph.D., จิตติมา เจริญพานิช, Ph.D. H2 หน้า. ปี พ.ศ. 2553.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อ ศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อน และวิธีการทำแห้ง ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Gallic Acid Equivalent) และการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH[•] และ ABTS^{•+}) ของผงมะระจีนก โดยสภาวะการให้ความร้อนที่ศึกษา ประกอบด้วย การนึ่ง (อุณหภูมิ 100 °C เวลา 4 นาที) การลวก (อุณหภูมิ 100 °C เวลา 4 นาที) การต้ม (อุณหภูมิ 100 °C เวลา 30 นาที) และการอบไอน้ำภายใต้ความดันไอ (อุณหภูมิ 121 °C เวลา 15 นาที) แล้วนำเนื้อผล มะระจีนกที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วมาทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบระเหิด (อุณหภูมิ -52±2 °C) หรือทำแห้งใช้เครื่องทำแห้งแบบถาด (อุณหภูมิ 60±2 °C) เพื่อให้ผงมะระจีนกมีปริมาณ ความชื้นน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ผงมะระจีนกแห้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติ การกำจัดอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการวิเคราะห์ค่าความ แปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ พบว่าผงมะระจีนกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการต่าง ๆ พบว่ามี การลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และการกำจัดอนุมูล DPPH[•] แตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ดีตาม พบว่าสมบัติการกำจัดอนุมูล ABTS^{•+} ของผงมะระจีนก ที่ผ่านการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อระดับการให้ความร้อนสูงขึ้น ผลของการให้ความร้อนผงมะระจีนกโดยการนึ่งภายหลังการทำแห้งแบบระเหิด และการทำแห้ง แบบถาด พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีเปอร์เซ็นต์การลดลงต่ำที่สุด (11.32-12.48 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่การลวกมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 2-3 เท่า แต่การอบไอน้ำภายใต้ความดันไอมิเปอร์เซ็นต์การลดลงสูงที่สุด (43.66-53.16 เปอร์เซ็นต์) แต่พบว่ามีความสามารถในการกำจัดอนุมูล ABTS^{•+} สูงที่สุด

48910868: MAJOR: FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY; M.Sc. (FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY)

KEYWORDS: HEATING CONDITIONS/ DRYING/ BITTER GOURD/ TOTAL PHENOLIC CONTENT/ FREE RADICAL/ SCAVENGING CAPACITY

JIRAPORN CHAIWORAKUL: EFFECT OF HEAT CONDITIONS ON TOTAL PHENOLIC COMPOUNDS CONTENT AND FREE RADICAL SCAVENGING CAPACITY OF THAI BITTER GOURD (*Momordica charantia* L.). ADVISORY COMMITTEE: ORASA SURIYAPHAN, Ph.D., JITTIMA CHAROENPANICH, Ph.D. 112 P. 2010.

The aim of this study was to determine the effects of heating conditions and drying methods on total phenolic content (gallic acid equivalent) and free radical scavenging capacities (DPPH[•] and ABTS^{•+}) on bitter gourd flesh powder. Heating conditions included steaming (100°C, 4 min), blanching (100°C, 4 min), boiling (100°C, 30 min), and sterilization (121°C, 15 min). The heated bitter gourd flesh were subsequently dried via either freeze drying (-52±2°C) or tray drying (60±2°C) to achieve its final moisture content less than 1%. The obtained bitter gourd flesh powder possessed difference in amount of total phenolic content and free radical scavenging capacities ($p<0.05$). Analysis of variance revealed the significant reduction total phenolic content and DPPH[•] scavenging capacity in bitter gourd flesh subjected to heat treatment ($p<0.05$). However ABTS^{•+} scavenging capacity in heated bitter gourd flesh powder increased by the intensity of heat treatment ($p<0.05$). Regardless of drying methods, steaming showed the lowest percentage of reduction in total phenolic content in bitter gourd flesh (11.32-12.48 %), while blanching caused about 2-3 fold loss in total phenolic content. Although sterilized bitter gourd flesh demonstrated the highest reduction of total phenolic content (43.66-53.16 %) but it possessed the highest value of ABTS^{•+} scavenging activity.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
สารบัญ.....	ค
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
มะระ (<i>Momordica charantia</i> Linn.).....	5
สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compound).....	8
วิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	12
อนุมูลอิสระ (Free Radical).....	14
สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant).....	15
วิธีการวิเคราะห์ความสามารถรวมในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Total Antioxidant Capacity; TAC).....	16
ผลของการให้ความร้อนต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ.....	19
วิธีการให้ความร้อนผลิตภัณฑ์อาหาร.....	20
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
3. วิธีดำเนินการวิจัย	29
วัตถุดิบ.....	29
อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	29
สารเคมี.....	31
วิธีดำเนินการวิจัย.....	32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. ผลการวิจัย	43
5. อภิปรายและสรุปผล	64
บรรณานุกรม.....	71
ภาคผนวก.....	78
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมะระจีนก.....	79
ภาคผนวก ข การเตรียมสารเคมี.....	82
ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดลอง.....	89
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	106

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 องค์ประกอบทางเคมี (ส่วนที่บริโภคนได้ 100 กรัม) ของผลมะระขี้นก.....	7
3-1 ระบบความเข้มข้นของสารละลาย A และสารละลาย B (เปอร์เซ็นต์)ในช่วงเวลา ต่างกัน.....	40
4-1 ค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนัก และค่าเฉลี่ยของความชื้น (เปอร์เซ็นต์) จากเนื้อผล เยื่อภายใน และเมล็ด ของผลมะระขี้นก	43
4-2 ค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในส่วนของเนื้อผล เยื่อภายใน และเมล็ด จากผลมะระขี้นก (ความชื้นเฉลี่ย 0.08-0.09) ที่ผ่านการทำให้แห้งแบบระเหิด.....	45
4-3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ และค่าสีของผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วย วิธีการที่ต่างกัน 4 วิธี ก่อนนำมาทำให้แห้งด้วยการทำให้แห้งแบบระเหิดและการ ทำให้แห้งแบบตาก.....	48
4-4 ข้อมูลจากการวิเคราะห์ HPLC และพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน กรดแกลลิก (+)- คาเคซิน กรดคลอโรจีนิก และกรดคาเฟอิก (n=3).....	54
4-5 Retention Time และพื้นที่ใต้พีคของผลมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และ ผ่านการให้ความร้อนภายหลังการทำแห้งที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC.....	56
ภาคผนวก ข-1 ปริมาณสารละลายกรดแกลลิก (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) เพื่อใช้เจือจางให้ได้ สารละลายกรดแกลลิกระดับความเข้มข้นต่าง ๆ.....	86
ภาคผนวก ค-1 ประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูล DPPH [•] และ ABTS ^{•+} ในส่วนของเนื้อผล เยื่อภายใน และเมล็ด จากผลมะระขี้นกที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม ผลมะระขี้นกต่อเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์.....	90
ภาคผนวก ค-2 สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์การลดลงในส่วนของเนื้อผล มะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 4 วิธี ก่อนนำมาทำ ให้แห้งด้วยการทำให้แห้งแบบระเหิด และการทำให้แห้งแบบตาก.....	91
ภาคผนวก ค-3 ประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูล DPPH [•] และ ABTS ^{•+} ในส่วนของเนื้อผล มะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 4 วิธี ก่อนนำมาทำ ให้แห้งด้วยการทำให้แห้งแบบระเหิด และการทำให้แห้งแบบตาก.....	92
ภาคผนวก ค-4 ร้อยละโดยน้ำหนักของผลมะระขี้นกในชุดการทดลองที่ 1 (วันที่ 9 ตุลาคม 2551).....	93

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ภาคผนวก ค-5 ร้อยละโดยน้ำหนักของผลมะระขึ้นกในชุดการทดลองที่ 2 (วันที่ 4 พฤศจิกายน 2551).....	94
ภาคผนวก ค-6 ร้อยละโดยน้ำหนักของผลมะระขึ้นกในชุดการทดลองที่ 3 (วันที่ 11 พฤศจิกายน 2551).....	95
ภาคผนวก ค-7 Retention Time และพื้นที่ใต้พีคของผลมะระขึ้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน ที่วิเคราะห์โดยเทคนิค HPLC.....	96
ภาคผนวก ค-8 Retention Time และพื้นที่ใต้พีคของผลมะระขึ้นกที่ผ่านการให้ความร้อน โดยการนึ่งภายหลังการทำแห้งแบบระเหิดที่วิเคราะห์โดยเทคนิค HPLC.....	97
ภาคผนวก ค-9 Retention Time และพื้นที่ใต้พีคของผลมะระขึ้นกที่ผ่านการให้ความร้อน โดยการลวกภายหลังการทำแห้งแบบระเหิดที่วิเคราะห์โดยเทคนิค HPLC.....	98
ภาคผนวก ค-10 Retention Time และพื้นที่ใต้พีคของผลมะระขึ้นกที่ผ่านการให้ความร้อน โดยการต้มภายหลังการทำแห้งแบบระเหิดที่วิเคราะห์โดยเทคนิค HPLC.....	99
ภาคผนวก ค-11 Retention Time และพื้นที่ใต้พีคของผลมะระขึ้นกที่ผ่านการให้ความร้อน โดยการอบไอน้ำภายใต้ความดันไอลาภายหลังการทำแห้งแบบระเหิดที่ วิเคราะห์โดยเทคนิค HPLC.....	100
ภาคผนวก ค-12 Retention Time และพื้นที่ใต้พีคของผลมะระขึ้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน ภายหลังการทำแห้งแบบลาดที่วิเคราะห์โดยเทคนิค HPLC.....	101
ภาคผนวก ค-13 Retention Time และพื้นที่ใต้พีคของผลมะระขึ้นกที่ผ่านการให้ความร้อน โดยการนึ่งภายหลังการทำแห้งแบบลาดที่วิเคราะห์โดยเทคนิค HPLC.....	102
ภาคผนวก ค-14 Retention Time และพื้นที่ใต้พีคของผลมะระขึ้นกที่ผ่านการให้ความร้อน โดยการลวกภายหลังการทำแห้งแบบลาดที่วิเคราะห์โดยเทคนิค HPLC.....	103
ภาคผนวก ค-15 Retention Time และพื้นที่ใต้พีคของผลมะระขึ้นกที่ผ่านการให้ความร้อน โดยการต้มภายหลังการทำแห้งแบบลาดที่วิเคราะห์โดยเทคนิค HPLC.....	104
ภาคผนวก ค-16 Retention Time และพื้นที่ใต้พีคของผลมะระขึ้นกที่ผ่านการให้ความร้อน โดยการอบไอน้ำภายใต้ความดันไอลาภายหลังการทำแห้งแบบลาดที่วิเคราะห์ โดยเทคนิค HPLC.....	105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ภาคผนวก ง-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดที่ได้จาก สารสกัดจากเนื้อผล เชื้อภายใน และเมล็ด ของ 1 กรัมผงมะระขี้นกแห้ง.....	107
ภาคผนวก ง-2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณผลผลิตที่สกัดได้จาก สารสกัดเนื้อผล เชื้อภายใน และเมล็ด ของ 1 กรัมผงมะระขี้นกแห้ง.....	107
ภาคผนวก ง-3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดที่ได้จาก สารสกัดจากเนื้อผล เชื้อภายใน และเมล็ด ของ 100 กรัมผลมะระขี้นกสด.....	107
ภาคผนวก ง-4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพในการจับอนุมูลคิพีพีเอช ของสารสกัดจากเนื้อผล เชื้อภายใน และเมล็ด ของผลมะระขี้นก.....	108
ภาคผนวก ง-5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพในการจับอนุมูลเอบีทีเอส ของสารสกัดจากเนื้อผล เชื้อภายใน และเมล็ด ของผลมะระขี้นก.....	108
ภาคผนวก ง-6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี L^* ที่ได้จากผงของเนื้อผล มะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ.....	108
ภาคผนวก ง-7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี a^* ที่ได้จากผงของเนื้อผลมะระขี้นก ที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ.....	109
ภาคผนวก ง-8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคลอโรฟิลล์เอที่ได้จากผงของ เนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ.....	109
ภาคผนวก ง-9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคลอโรฟิลล์บีที่ได้จากผงของ เนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ.....	109
ภาคผนวก ง-10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี b^* ที่ได้จากผงของเนื้อผล มะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ.....	110
ภาคผนวก ง-11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี ΔE ที่ได้จากผงของเนื้อผล มะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ.....	110
ภาคผนวก ง-12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่แตกต่าง กัน 4 วิธี โดยการทำให้แห้งด้วยการทำแห้งแบบระเหิดและการทำแห้ง แบบตาก.....	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ภาคผนวก ง-13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในส่วนของเนื้อผลมะระจีนที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 4 วิธี โดยการทำให้แห้งด้วยการทำแห้งแบบระเหิดและการทำแห้งแบบถาด.....	111
ภาคผนวก ง-14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพในการจับอนุมูล DPPH* ในส่วนของเนื้อผลมะระจีนที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 4 วิธี โดยการทำให้แห้งด้วยการทำแห้งแบบระเหิดและการทำแห้งแบบถาด.....	111
ภาคผนวก ง-15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพในการจับอนุมูล ABTS** ในส่วนของเนื้อผลมะระจีนที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 4 วิธี โดยการทำให้แห้งด้วยการทำแห้งแบบระเหิดและการทำแห้งแบบถาด.....	112

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 ลักษณะปรากฏของผลมะระขี้นก.....	5
2-2 ลักษณะปรากฏภายในผลอ่อนของมะระขี้นก.....	6
2-3 ลักษณะปรากฏภายในผลสุกของผลมะระขี้นก.....	6
2-4 โครงสร้างทั่วไปของกรดแกลลิก.....	9
2-5 วิธีทางการสังเคราะห์สารกลุ่มฟีนอลโพรพานอยด์ในพืช.....	10
2-6 (ก) การวัดค่าการดูดกลืนแสงของ ABTS ^{•+} ที่ลดลงเมื่อวัดที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร และ(ข) โครงสร้างของสาร ABTS.....	17
2-7 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างอนุมูล DPPH [•] กับสารกำจัดอนุมูลอิสระ.....	18
2-8 สมการการเกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คอกัวไคคอล.....	19
2-9 เครื่องอบแห้งแบบถาด.....	22
2-10 ส่วนประกอบของเครื่องทำแห้งแบบระเหิด.....	23
3-1 ลักษณะปรากฏของผลมะระขี้นกสุก.....	32
3-2 ผลมะระขี้นกที่มีขนาดความยาว 5-9 เซนติเมตร.....	33
3-3 ผลมะระขี้นกที่ผ่านการแยกส่วน (ก) เนื้อผลมะระขี้นก (ข) เยื่อภายใน และ(ค) เมล็ด....	33
3-4 ขนาดการตัดแบ่งชิ้นของเนื้อผลมะระขี้นก 1x1 เซนติเมตร.....	33
3-5 กราฟมาตรฐานสารละลายกรดแกลลิกสำหรับคำนวณปริมาณประกอบสารฟีนอลิกทั้งหมดในรูปของ GAE (Gallic acid equivalent).....	36
4-1 การกำจัดอนุมูล DPPH [•] (%) และการกำจัดอนุมูล ABTS ^{•+} (%) ในส่วนของเนื้อผลเยื่อภายใน และเมล็ด จากผลมะระขี้นก ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม ผลมะระขี้นกคั่วเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์.....	46
4-2 สีของมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนในสภาวะต่างกันภายหลังจากนำมาทำแห้งแบบระเหิด และสีของมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนในสภาวะต่างกันภายหลังจากนำมาทำแห้งแบบถาด.....	47
4-3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (แสดงโดยกราฟแท่ง) และเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (แสดงโดยกราฟเส้น) ในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ภายหลังจากทำให้แห้งด้วยการทำแห้งแบบระเหิด และการทำแห้งแบบถาด.....	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-4 การกำจัดอนุมูล DPPH [•] (%) และการกำจัดอนุมูล ABTS ^{•+} (%) ในส่วนของเนื้อผล มะระจีนที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่ต่างกัน ภายหลังทำให้แห้งด้วยการ ทำแห้งแบบระเหิด และการทำแห้งแบบถาด.....	51
4-5 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC.....	54
4-6 โครมาโตแกรมของผงมะระจีนแห้งที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และผ่านการทำแห้ง แบบระเหิด (No Heat-Freeze Dry; Control-Freeze Dry).....	57
4-7 โครมาโตแกรมของผงมะระจีนแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการนึ่ง และผ่านการ ทำแห้งแบบระเหิด (Steam-Freeze Dry; ST-FD).....	58
4-8 โครมาโตแกรมของผงมะระจีนแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการลวก และผ่านการ ทำแห้งแบบระเหิด (Blanch-Freeze Dry; BL-FD).....	58
4-9 โครมาโตแกรมของผงมะระจีนแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการต้ม และผ่านการ ทำแห้งแบบระเหิด (Boil-Freeze Dry; BO-FD).....	59
4-10 โครมาโตแกรมของผงมะระจีนแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนภายใต้ความดันไอล และ ผ่านการทำแห้งแบบระเหิด (Autoclave Sterilization-Freeze Dry; AS-FD).....	59
4-11 โครมาโตแกรมของผงมะระจีนแห้งที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และผ่านการทำแห้ง แบบถาด (Control-Tray Dry).....	60
4-12 โครมาโตแกรมของผงมะระจีนแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการนึ่ง และผ่านการ ทำแห้งแบบถาด (Steam-Tray Dry; ST-TD).....	60
4-13 โครมาโตแกรมของผงมะระจีนแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการลวก และผ่านการ ทำแห้งแบบถาด (Blanch-Tray Dry; BL-TD).....	61
4-14 โครมาโตแกรมของผงมะระจีนแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการต้ม และผ่านการ ทำแห้งแบบถาด (Boil-Tray Dry; BO-TD).....	61
4-15 โครมาโตแกรมของผงมะระจีนแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนภายใต้ความดันไอล และ ผ่านการทำแห้งแบบถาด(Autoclave Sterilization-Tray Dry; AS-TD).....	62