ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
242699

การแปรรูปเยลลี่แห้งจากน้ำใบบัวบกด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลตเปรียบเทียบกับวิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ

จันตนาพร สังข์คำ

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มีนาคม 2553

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
242699

การแปรรูปเยลลีแห้งจากน้ำใบบัวบกโดยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลตเปรียบเทียบกับวิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ

จินตนาพร สังข์คำ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มีนาคม 2553

การแปรรูปเยลลีแห้งจากน้ำใบบัวบกโดยวิธีปั๊มความร้อน ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลตเปรียบเทียบกับ วิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ

จินตนาพร สังข์คำ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร. เรณู ปิ่นทอง

.....กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร. อรุณี อภิชาติสรางกูร

.....กรรมการ
อาจารย์เกตุการ ดาจันทา

18 มีนาคม 2553

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี อภิชาติสรางกูร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และอนุเคราะห์สารเคมี และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ตลอดจนตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ รวมถึง รองศาสตราจารย์ ดร. เรณู ปิ่นทอง ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. เกตุการ ดาจันทา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา รวมทั้งช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ซึ่งเป็นสถานที่ทำการวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ และขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโททุกคนที่คอยให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจตลอดการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และคุณตา คุณยายที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนด้วยดีตลอดมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

จินตนาพร สังข์คำ

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การแปรรูปเยลลีแห้งจากน้ำใบบัวบกโดยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลตเปรียบเทียบกับวิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ
ผู้เขียน	นางสาวจินตนาพร สังข์คำ
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. อรุณี อภิชาติสรางกูร

บทคัดย่อ

242699

ในการพัฒนาเยลลีแห้งจากน้ำใบบัวบก สกัดน้ำใบบัวบกโดยใช้บัวบก 3 ส่วน ต่อน้ำดื่ม 1 ส่วน โดยน้ำหนัก จากนั้นผลิตเยลลีน้ำบัวบก โดยผันแปรอัตราส่วนของคาร์ราจีแนนกับโลคัสต์บีนกัม 4 ระดับ (ร้อยละ 1: 0, 0.8 : 0.2, 0.6 : 0.4 และ 0.4 : 0.6) และผันแปรปริมาณน้ำตาลซูโครส 4 ระดับ (ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20) อบแห้งเยลลีที่ได้ด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต ที่อุณหภูมิ 40-50°ซ จนมีค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วง 0.75-0.80 พบว่า เมื่อลดปริมาณคาร์ราจีแนน ทำให้เยลลีแห้งมีสีน้ำตาล และความแข็งเพิ่มขึ้น สูตรของเยลลีที่มีอัตราส่วนของคาร์ราจีแนนกับโลคัสต์บีนกัมร้อยละ 0.8 : 0.2 และมีน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 เป็นสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด จากนั้น ทำการผลิตเยลลีโดยใช้อัตราส่วนของกัมและน้ำตาลดังกล่าว เพื่อทดสอบหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต โดยผันแปรอุณหภูมิ 4 ระดับ (30-50, 30-60, 40-50 และ 40-60°ซ) และเปรียบเทียบกับวิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ ผันแปรอุณหภูมิ 3 ระดับ (40, 50 และ 60°ซ) ทำการอบแห้งจนได้ผลิตภัณฑ์มีค่ากิจกรรมของน้ำประมาณ 0.8 พบว่า การอบแห้งเยลลีน้ำบัวบกด้วยวิธีปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 40-50°ซ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดอะเซียติก สารประกอบฟีนอลทั้งหมด แคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด คงเหลืออยู่สูง ส่วนการอบแห้งเยลลีด้วยวิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศโดยใช้อุณหภูมิ 50°ซ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากกว่าวิธีแรก แต่เนื่องจากวิธีหลังนี้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวมากกว่า จึงมีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคน้อยกว่าวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต เมื่อเก็บรักษาเยลลีแห้งใน

242699

ถุงไนลอนลามินเนต ในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 90 วัน และ 30°ซ เป็นเวลา 30 วัน พบว่า เมื่อเก็บรักษาในเวลานานขึ้น เยลลีที่อบแห้งโดย 2 กระบวนการ มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ขณะที่ความแข็งลดลงเล็กน้อย ส่วนปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีววิทยาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความชื้นหรือ a_w ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถถนอมคุณภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีววิทยาได้ดีกว่า

Thesis Title	Processing of Dried Jelly from Pennywort Juice by Heat Pump Under Ultra-Violet Compared with Vacuum Infrared Methods
Author	Miss Jintanaporn Sangkam
Degree	Master of Science (Food Science and Technology)
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Arunee Apichatsrangkoon

Abstract

242699

To develop dehydrated jelly from pennywort juice, the pennywort was extracted with water in the ratio of 3 : 1 (pennywort : water, w/w). The jelly was made from this extract with the addition of carrageenan plus locust bean gum incorporating into 4 levels (1:0, 0.8: 0.2, 0.6: 0.4 and 0.4:0.6) and varying 4 levels of sucrose (5, 10, 15 and 20). All jellies were dehydrated in heat-pump dehumidifier at 40-50°C until a_w reached 0.75-0.8. As the reduction of carrageenan, dehydrated jelly exhibited darker color and increasing hardness. The optimum jelly formula was found with the ratio of carrageenan : locust bean gum 0.8 : 0.2 in addition of 10% sucrose by panelist. This optimum formula was use to assess the optimum condition for jelly dehydration by heat-pump dehumidifier varying 4 levels of temperature (30-50, 30-60, 40-50 and 40-60°C) in comparison with vacuum infrared varying 3 levels of temperature (40, 50 and 60°C). All samples were dehydrated until their a_w reached 0.8. It was found that dehydration by heat-pump dehumidifier at temperature 40-50°C gave rise to high quantity of residual bioactive compounds such as asiatic acid, total phenolic compounds, carotenoids and chlorophylls. Whereas dehydration by vacuum infrared at 50°C brought about higher concentration of residual bioactive compounds than those obtained from the former dryer. The vacuum infrared technique gave products with tougher texture, hence had lesser preference scores than the former technique. To evaluate shelf-life of products, the selected and dried jelly were vacuum pack in nylon laminated with polyethylene and kept at 4°C for 90 days and 30°C for 30 days. The dried jelly processed by

two techniques displayed increasing lightness, slightly decreasing toughness but significantly decreasing bioactive compounds, these might be due to higher moisture content or a_w of the storage products. By keeping at low temperature could preserve better bioactive compounds.

สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบาญตาราง	ฎ
สารบาญรูปภาพ	ฐ
สัญลักษณ์และอักษรเต็ม	ฒ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 บัวบก	4
2.1.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของบัวบก	4
2.1.2 องค์ประกอบทางสารเคมีที่สำคัญในบัวบก	6
2.1.3 สารประกอบเทอร์พีน	6
2.1.4 สารประกอบฟีนอล	8
2.1.5 คลอโรฟิลล์	9
2.1.6 แคโรทีนอยด์	11
2.1.7 ผลต่อสุขภาพของบัวบก	12
2.2 เยลลี	17
2.2.1 ส่วนประกอบสำคัญในการผลิตเยลลี	18
2.3 การอบแห้ง	28
2.3.1 การทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่	29
2.3.2 การทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง	29

2.3.5 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการอบแห้งอาหาร 31
2.4 การอบแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน 32
2.4.1 หลักการทำงานของปั๊มความร้อนแบบอัดไอ 32
2.4.2 ลักษณะของระบบปั๊มความร้อน 34
2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งแบบปั๊มความร้อน 36
2.5 รังสีอัลตราไวโอเลต 38
2.5.1 ประโยชน์และข้อจำกัดของการฉายรังสี 39
2.5.2 ผลของการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตต่อเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ 39
2.6 การอบแห้งด้วยอินฟราเรด 41
2.6.1 การแผ่รังสีอินฟราเรด 42
2.6.2 กลไกการแผ่รังสีอินฟราเรด 42
2.6.3 การลดความชื้นโดยใช้อินฟราเรด 45
2.6.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด 45

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 48
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ 48
3.2 วิธีการทดลอง 49
3.2.1 การเตรียมน้ำบัวบก 49
3.2.2 วิธีวิจัย 50

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 68
4.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของน้ำบัวบกสด 68
4.2 พัฒนาสูตรที่เหมาะสมของเยลลีแห้งจากน้ำบัวบก 72
4.2.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างคาร์ราจีแนนกับโลคัสต์บีนกัม ในการผลิตเยลลีแห้งจากน้ำบัวบก 72
4.2.2 ศึกษาปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในการผลิตเยลลีแห้งจากน้ำบัวบก 79
4.3 การศึกษาคุณภาพของเยลลีจากน้ำบัวบกที่ทำแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อน ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต และอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ 86
4.3.1 ผลของการทำแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต ต่อคุณภาพของเยลลีน้ำบัวบก 86

4.3.2 ผลของการทำแห้งด้วยวิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศต่อคุณภาพของเยลลีน้ำบัวบก 94
4.3.3 เปรียบเทียบคุณภาพของเยลลีที่อบแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนและอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ 101
4.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาของเยลลีแห้งจากน้ำบัวบก 104
4.4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของเยลลีแห้งจากน้ำบัวบก 104
4.4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของเยลลีแห้งจากน้ำบัวบก 106
4.4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเยลลีแห้งจากน้ำบัวบก 117

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 120
5.1 สรุปผลการทดลอง 120
5.2 ข้อเสนอแนะ 121

เอกสารอ้างอิง 122
ภาคผนวก 133
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และด้านจุลชีววิทยา 134
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาระหว่างเก็บรักษา 145
ภาคผนวก ค โครมาโตแกรม HPLC 152
ภาคผนวก ง แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 157
ภาคผนวก จ รูปภาพงานวิจัย 160
ภาคผนวก ฉ การทำงานของเครื่องปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต 163
ภาคผนวก ช การทำงานของเครื่องอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ 167
ภาคผนวก ซ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลีแห้ง 169
ประวัติผู้เขียน 177

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของบัวบก	6
2.2	ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากบัวบก	16
3.1	สิ่งทดลองที่ผันแปรอัตราส่วนของคาร์ราจีแนนกับโลคัสต์บีนกัม	65
4.1	คุณภาพทางเคมี และจุลชีววิทยาของน้ำใบบัวบกสด	69
4.2	ค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมของน้ำ และค่าความเหนียว ของเยลลี่น้ำใบบัวบกที่ผันแปรอัตราส่วนของคาร์ราจีแนนต่อโลคัสต์บีนกัม ที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต อุณหภูมิ 40-50°ซ เป็นเวลา 10 ชั่วโมง	75
4.3	ค่าสี ของเยลลี่น้ำใบบัวบกที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างคาร์ราจีแนนและโลคัสต์บีนกัมที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต อุณหภูมิ 40-50°ซ เป็นเวลา 10 ชั่วโมง	76
4.4	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเยลลี่น้ำใบบัวบกที่ผันแปรอัตราส่วนของคาร์ราจีแนนต่อโลคัสต์บีนกัมที่ผ่านการอบด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต อุณหภูมิ 40-50°ซ เป็นเวลา 10 ชั่วโมง	78
4.5	ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมของน้ำ และค่าความเหนียว ของเยลลี่น้ำใบบัวบกที่ผันแปรปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ผ่านการอบด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต อุณหภูมิ 40-50°ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง	82
4.6	ค่าสีของเยลลี่น้ำใบบัวบกที่ผันแปรปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ผ่านการอบด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต อุณหภูมิ 40-50°ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง	83
4.7	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเยลลีแห้งจากน้ำใบบัวบกที่ผันแปรปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต อุณหภูมิ 40-50°ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง	85
4.8	ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมของน้ำ และค่าความเหนียว ในเยลลีจากน้ำใบบัวบกที่ทำแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต	87
4.9	ค่าสีของเยลลีจากน้ำใบบัวบกที่ทำแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต	88

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
4.10	ปริมาณกรดอะเซียติก ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ ของเยลลีจากน้ำใบบัวบกที่ทำแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต	89
4.11	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเยลลีจากน้ำใบบัวบกที่ทำแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต	93
4.12	ค่าสีของเยลลีจากน้ำใบบัวบกที่อบแห้งด้วยวิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	94
4.13	ค่าความเหนียว ค่ากิจกรรมของน้ำ และปริมาณความชื้นของเยลลีจากน้ำใบบัวบกที่ทำแห้งด้วยวิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	95
4.14	ปริมาณกรดอะเซียติก ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแคโรทีนอยด์ และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในเยลลีน้ำใบบัวบกที่ทำแห้งด้วยวิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	96
4.15	ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของเยลลีจากน้ำใบบัวบกที่อบแห้งด้วยวิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	100
4.16	คุณภาพของเยลลีที่อบแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลตและอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	102
4.17	ข้อดีและข้อเสียของเยลลีน้ำใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลตและวิธีอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	103

สารบาญรูปภาพ

รูป		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของใบบัวบก	5
2.2	โครงสร้างพื้นฐานของ Asiaticoside	7
2.3	โครงสร้างพื้นฐานของ Madecassoside	7
2.4	โครงสร้างพื้นฐานของ Asiatic acid	8
2.5	โครงสร้างพื้นฐานของ Madecassic acid	8
2.6	โครงสร้างโมเลกุลของไพโรล (pyroole) และพอร์ไฟริน (porphyrin)	10
2.7	การสลายตัวของวัตถุคลอโรฟิลล์	11
2.8	หน่วยโครงสร้างย่อยในโมเลกุลของแคปปา- แลมบ์ดา- และไอโอตา-คาร์ราจีแนน	25
2.9	หน่วยโครงสร้างย่อยในโมเลกุลของโลคัสต์บีนกัม	28
2.10	ส่วนประกอบของวัฏจักรปั๊มความร้อนแบบอัดไอ	33
2.11	แผนภูมิความดันและวัฏจักรเอนทัลปีของวัฏจักรปั๊มความร้อนแบบอัดไอ	34
2.12	แผนผังระบบวงจรของเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน	34
2.13	ประสิทธิภาพของวิธีการอบแห้งที่แตกต่างกัน	37
2.14	การอบแห้งด้วยการแผ่รังสีของแผ่นของแข็งชื้น	43
2.15	โปรไฟล์อุณหภูมิ (a) และโปรไฟล์ความชื้น (b) ระหว่างการอบแห้งด้วยการแผ่รังสีของแผ่นของแข็งชื้นในรูป 2.13	44
3.1	ขั้นตอนการเตรียมน้ำบัวบก	49
3.2	กราฟมาตรฐานอะเซียติโคไซด์ (mg/L)	51
3.3	กราฟมาตรฐานกรดอะเซียติก (mg/L)	52
3.4	กราฟมาตรฐานสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg/L)	55
3.5	กราฟมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (mg/L)	58
3.6	กราฟมาตรฐานสารประกอบแคโรทีนอยด์ (mg/L)	61
3.7	กรรมวิธีการผลิตเยลลีแห้งจากน้ำใบบัวบก	64
4.1	โครมาโทแกรมของกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid)	68
4.2	โครมาโทแกรมของอะเซียติโคไซด์ (asiaticoside) และกรดอะเซียติก (asiatic acid)	69

สารบาญรูปภาพ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนักเปียก) และค่ากิจกรรมของน้ำ(a_w) เทียบกับเวลาที่ใช้ในการอบ (ชั่วโมง)	73
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) กับเวลาที่ใช้อบ (ชั่วโมง)	73
4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนักเปียก) และค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) เทียบกับเวลาที่ใช้ในการอบ (ชั่วโมง)	79
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) เทียบกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	80
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนียวและเวลาในการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4°ซ (a) และ 30°ซ (b)	105
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาในการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4°ซ (a) และ 30°ซ (b)	107
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากิจกรรมของน้ำและเวลาในการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4°ซ (a) และ 30°ซ (b)	108
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดอะเซียติก และเวลาในการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4°ซ (a) และ 30°ซ (b)	110
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และเวลา ในการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4°ซ (a) และ 30°ซ (b)	112
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคโรทีนอยด์ และเวลาในการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4°ซ (a) และ 30°ซ (b)	114
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และเวลาในการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ (a) และ 30°ซ (b)	116
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และเวลาในการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ (a) และ 30°ซ (b)	118
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนยีสต์และรา และเวลาในการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4°ซ (a) และ 30°ซ (b)	119

อักษรย่อและ อักษรเต็ม

อักษรย่อ	อักษรเต็ม
a_w	water activity
^{o}Bx	Brix หรือ Balling,
BCE	beta-carotene equivalent
Be'	Baume
CFU	colony-forming unit
DNA	deoxyribonucleic acid
FIR	far-infrared
GAE	gallic acid equivalent
HP	heat pump
HPLC	high - performance liquid chromatography
IR	infrared
kGy	kilogray
kPa	kilopascal
MER	moisture extraction rates
mid-IR	middle infrared
MPN	most probable number
NIR	near infrared
PE	polyethylene
PPO	polyphenol oxidase
SMER	specific moisture extraction rates
UV	ultraviolet
Vis	visible

สัญลักษณ์ 1 atm =760 mmHg =1.01 bar =101.3 KPa