

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
อักษรย่อและอักษรเต็ม	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ไบบับก	3
2.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของไตรเทอร์พีน	5
2.1.2 สารเคมีที่สำคัญในไบบับก	5
2.1.3 สรรพคุณของไบบับก	12
2.1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไบบับก	12
2.2 การทำชาสมุนไพร	15
2.2.1 ความหมายของชาสมุนไพร	15
2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชา	17
2.3 การทำแห้งอาหาร	18
2.3.1 กลไกการทำแห้ง	21
2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง	24
2.3.3 ผลของการอบแห้งที่มีต่ออาหารอบแห้งในด้านต่างๆ	25

2.4 เครื่องอบแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	26
2.4.1 รังสีอัลตราไวโอเลต	26
2.4.2 ทฤษฎีปั๊มความร้อน	28
2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องอบแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน	30
2.5 เครื่องอบแห้งอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	31
2.5.1 การแผ่รังสีอินฟราเรด	31
2.5.2 ข้อดีของการทำแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด	33
2.5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องอบแห้งอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	34
บทที่ 3 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	36
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	36
3.2 วิธีการทดลอง	37
3.2.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของใบบัวบกสด	37
3.2.2 ศึกษาการผลิตชาใบบัวบกด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	37
3.2.3 ศึกษาการผลิตชาใบบัวบกด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	38
3.2.4 ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา	38
3.2.5 ศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาชาใบบัวบก	38
3.3 วิเคราะห์ปริมาณอะเซติลโคไซน์	39
3.4 วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี	42
3.5 วิเคราะห์สารประกอบแคโรทีนอยด์	44
3.6 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด	46
3.7 วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด	48
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	50
4.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของใบบัวบกสด	52
4.2 การผลิตชาใบบัวบกด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	52
4.2.1 ผลการศึกษาระยะเวลาการทำแห้งชาใบบัวบกด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	55
4.2.2 คุณภาพทางเคมีของชาใบบัวบกที่อบแห้งด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	56

4.2.3	คุณภาพทางกายภาพของชาใบบั่วบกดที่อบแห้งด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	60
4.2.4	คุณภาพทางจุลชีววิทยาของชาใบบั่วบกดที่อบแห้งด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	62
4.3	การผลิตชาใบบั่วบกดด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	62
4.3.1	ผลการศึกษาระยะเวลาการอบแห้งชาใบบั่วบกดด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	63
4.3.2	คุณภาพทางเคมีของชาใบบั่วบกดด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	64
4.3.3	คุณภาพทางกายภาพของชาใบบั่วบกดด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	66
4.3.4	คุณภาพทางจุลชีววิทยาของชาใบบั่วบกดด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	68
4.4	ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา	71
4.5	คุณภาพการเก็บรักษาชาใบบั่วบกด	76
4.5.1	คุณภาพทางเคมีของชาใบบั่วบกดเก็บรักษานาน 3 เดือน	76
4.5.2	คุณภาพทางกายภาพของชาใบบั่วบกดเก็บรักษานาน 3 เดือน	81
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	88
5.1	สรุปผลการทดลอง	88
5.2	ข้อเสนอแนะ	89
	เอกสารอ้างอิง	90
	ภาคผนวก	99
	ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และด้านจุลชีววิทยา	100
	ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการทดลอง	110
	ภาคผนวก ค โครมาโตแกรม HPLC	124
	ภาคผนวก ง แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	130
	ภาคผนวก จ ภาพงานวิจัย	132
	ภาคผนวก ฉ การทำงานของเครื่องปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	135
	ภาคผนวก ช การทำงานของเครื่องอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	140
	ภาคผนวก ซ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน	142
	ประวัติผู้เขียน	152

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของบ๊วยกในประเทศไทยในสัดส่วน 100 กรัม	4
2.2	ความสำคัญของคุณค่ากิจกรรมของน้ำ ต่ออาหาร	21
4.1	คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของใบบ๊วยกสด	52
4.2	คุณภาพทางเคมีของชาใบบ๊วยกที่อบแห้งด้วยป้้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	59
4.3	คุณภาพทางกายภาพของชาใบบ๊วยกที่อบแห้งด้วยป้้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	61
4.4	คุณภาพสารที่มีฤทธิ์ทางชีววิทยาของชาใบบ๊วยกด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	66
4.5	คุณภาพทางกายภาพของชาใบบ๊วยกด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	68
4.6	เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีววิทยาของใบบ๊วยกสด ชาใบบ๊วยกด้วยป้้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต และอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	70
4.7	เปรียบเทียบค่าสี $L^* a^* b^*$ ความชื้น และ a_w ของใบบ๊วยกสด ชาใบบ๊วยกด้วยป้้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต และอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	71
4.8	ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของน้ำชาใบบ๊วยกที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยป้้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	73
4.9	ค่าสี $L^* a^* b^*$ ของน้ำชาใบบ๊วยกที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยป้้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	74
4.10	ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของน้ำชาใบบ๊วยกที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	75
4.11	ค่าสี $L^* a^* b^*$ ของน้ำชาใบบ๊วยกที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	75
4.12	ลักษณะทางประสาทสัมผัสของชาใบบ๊วยกในเดือนที่ 0 และเดือนที่ 3	86
ก-1	ค่า MPN/g ของตัวอย่างอาหาร	108
ข-1	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในชาใบบ๊วยกระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	111

ข-2	ปริมาณอะซีติกโคไซด์ (mg/g dry basis) ในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	111
ข-3	ปริมาณวิตามินซี (mg/100g dry basis) ในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	112
ข-4	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg/g dry basis) ในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	112
ข-5	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (mg/g dry basis) ในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	113
ข-6	ปริมาณสารประกอบทั้งหมดฟีนอล (mg/g dry basis) ในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	113
ข-7	ค่าสี L(ความสว่าง) ในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	114
ข-8	ค่าสี a* ในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	114
ข-9	ค่าสี b* ในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	115
ข-10	ค่าสี Chroma ในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	115
ข-11	ค่าสี Hue ในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	116
ข-12	ค่ากิจกรรมของน้ำในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	116
ข-13	ค่าความชื้นในชาใบบัวกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	117
ข-14	คุณภาพทางจุลชีวินวิทยาของชาใบบัวบักที่ผ่านการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน	117
ข-15	คุณภาพทางจุลชีวินวิทยาของชาใบบัวบักที่ผ่านการอบแห้งด้วยอินฟราเรด	118
ข-16	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดชาใบบัวบักกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	118
ข-17	ระยะเวลาการอบแห้งชาใบบัวบักด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อุณหภูมิ 30-40 °ซ น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 70 กรัม	119
ข-18	ระยะเวลาการอบแห้งชาใบบัวบักด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อุณหภูมิ 30-50 °ซ น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 70 กรัม	119
ข-19	ระยะเวลาการอบแห้งชาใบบัวบักด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อุณหภูมิ 30-60 °ซ น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 70 กรัม	120
ข-20	ระยะเวลาการอบแห้งชาใบบัวบักด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อุณหภูมิ 40-50 °ซ น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 70 กรัม	121

ช-21	ระยะเวลาการอบแห้งชาใบบับกด้วยไ้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อุณหภูมิ 40-60 °ซ น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 70 กรัม	121
ช-22	ระยะเวลาการอบแห้งชาใบบับกด้วยอินฟราเรดภายใต้สูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 °ซ ความดัน 70 มิลลิบาร์ น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 70 กรัม	122
ช-23	ระยะเวลาการอบแห้งชาใบบับกด้วยอินฟราเรดภายใต้สูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 °ซ ความดัน 70 มิลลิบาร์ น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 70 กรัม	122
ช-24	ระยะเวลาการอบแห้งชาใบบับกด้วยอินฟราเรดภายใต้สูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 °ซ ความดัน 70 มิลลิบาร์ น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 70 กรัม	123
ง-1	แบบทดสอบความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale ของผลิตภัณฑ์ชาใบบับก	131

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

รูป		หน้า
2.1	ลักษณะใบของบัวบก	3
2.2	โครงสร้างของ triterpene glycosides	5
2.3	โครงสร้างคลอโรฟิลล์เอ และบี	8
2.4	โครงสร้างของเบตา-แคโรทีน	10
2.5	ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิก	11
2.6	การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง	22
2.7	เส้นโค้งการเปลี่ยนแปลงของอัตราการทำแห้งอาหาร	23
2.8	ส่วนประกอบของระบบปั๊มความร้อน	30
2.9	แสดงรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่น 3 ระดับคือ (Near infrared ; NIR, Middle infrared, mid-IR และ Far-infrared; FIR)	32
2.10	แผนผังกระบวนการระเหยน้ำด้วยระบบอินฟราเรดภายใต้สภาวะสุญญากาศ	32
3.1	กราฟมาตรฐานอะเซติลโคโคไซด์	41
3.2	กราฟมาตรฐานวิตามินซี	43
3.3	กราฟมาตรฐานแคโรทีนอยด์	45
3.4	กราฟมาตรฐานฟีนอลทั้งหมด	47
4.1	กราฟการอบแห้งชาใบบัวบกโดยใช้ปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	54
4.2	กราฟอัตราการลดลงของความชื้นในชาใบบัวบกโดยใช้ปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	55
4.3	กราฟการอบแห้งชาใบบัวบกโดยใช้อินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	64
4.4	กราฟอัตราการลดลงของความชื้นในชาใบบัวบกโดยใช้อินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	64
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะเซติลโคโคไซด์ (mg/g dry basis) และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	77

4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตามินซี (mg/100 g dry basis) และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	78
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg/g dry basis) และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	79
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/g dry basis) และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	80
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg/g dry basis) และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	81
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี L (ความสว่าง) และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	83
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า a^* (สีแดง-เขียว) และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	83
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี b^* (สีเหลือง-น้ำเงิน) และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	84
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	85
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (%) และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 °ซ	85
ค-1	โครมาโตแกรมของสาร asiaticoside ในใบบัวบกสด ที่เวลาเฉลี่ยประมาณ 14.3 นาที	125
ค-2	โครมาโตแกรมของสารอะเซียติโคไซด์ (asiaticoside) ในชาบัวบกที่ทำให้แห้งด้วยป้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเล็ต ที่อุณหภูมิ 30-40 °ซ เวลาเฉลี่ยประมาณ 14.2 นาที	125
ค-3	โครมาโตแกรมของสารอะเซียติโคไซด์ (asiaticoside) ในชาบัวบกที่ทำให้แห้งด้วยป้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเล็ต ที่อุณหภูมิ 30-50 °ซ เวลาเฉลี่ยประมาณ 14.2 นาที	126
ค-4	โครมาโตแกรมของสารอะเซียติโคไซด์ (asiaticoside) ในชาบัวบกที่ทำให้แห้งด้วยป้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเล็ต ที่อุณหภูมิ 30-60 °ซ เวลาเฉลี่ยประมาณ 14.2 นาที	126

ค-5	โครมาโตแกรมของสารอะเซียติโคไซด์ (asiaticoside) ในชาบัวบกที่ทำให้แห้งด้วย ป้้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อุณหภูมิ 40-50 °ซ เวลาเฉลี่ยประมาณ 14.2 นาที	127
ค-6	โครมาโตแกรมของสารอะเซียติโคไซด์ (asiaticoside) ในชาบัวบกที่ทำให้แห้งด้วย ป้้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อุณหภูมิ 40-60 °ซ เวลาเฉลี่ยประมาณ 14.2 นาที	127
ค-7	โครมาโตแกรมของสารอะเซียติโคไซด์ (asiaticoside) ในชาบัวบกที่ทำให้แห้งด้วย อินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 °ซ เวลาเฉลี่ยประมาณ 14.2 นาที	128
ค-8	โครมาโตแกรมของสารอะเซียติโคไซด์ (asiaticoside) ในชาบัวบกที่ทำให้แห้งด้วย อินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 °ซ เวลาเฉลี่ยประมาณ 14.2 นาที	128
ค-9	โครมาโตแกรมของสารอะเซียติโคไซด์ (asiaticoside) ในชาบัวบกที่ทำให้แห้งด้วย อินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 °ซ เวลาเฉลี่ยประมาณ 14.2 นาที	129
จ-1	รูปชาใบบัวบกที่อบแห้งด้วยป้้มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	133
จ-2	รูปชาใบบัวบกที่อบแห้งด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	134
จ-3	เปรียบเทียบชาใบบัวบกที่อบแห้งด้วยป้้มความร้อนสภาวะ 40-50°ซ และชาใบบัวบก ที่อบแห้งด้วยอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศสภาวะ 60 °ซ	134
ฉ-1	เครื่องอบแห้งแบบป้้มความร้อนภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต	136
ช-1	เครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ	141

อักษรย่อและ อักษรเต็ม

ABTS	2, 2-azino-bis (3-ethylbenzo-6-thiazoline-sulfonic acid)
AEAC	Ascorbic acid equivalent antioxidant
a_w	Water activity
BCE	Beta carotene equivalent
CFU	Colony-forming unit
DNA	Deoxyribonucleic acid
DPPH	2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
FIR	Far-infrared
FRAP	Ferric-reducing ability power
FTC	Ferric thiocyanate
GAE	Gallic acid equivalent
HPLC	High-performance liquid chromatography
IU	International Units
kPa	Kilopascal
kW/m^2	Kilowatt per square meter
MIR	Middle infrared
mmHg	Millimeter of mercury
MPN	Most probable number
NIR	Near infrared
ORAC	Oxygen radical absorbance capacity
PPO	Polyphenol oxidase
RE	Retinal equivalents
SOD	Superoxide dismutase
TBA	Thiobarbituric acid
TF	Theaflavin
TR	Thearubigin
UV	Ultraviolet

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved