



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การพัฒนากรรมวิธีการผลิตชาเขียวโดยใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟระดับอุตสาหกรรม
เพื่อลดการสูญเสียสารแอนติออกซิแดนซ์

Process development of green tea using pilot-scale microwave technology
for reducing antioxidant loss

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรมล อุตมอ่าง หัวหน้าโครงการ

ดร. สติระ หิรัญ

นางสาวณัฐณา เหล่ากุลดิลก

สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขภัณฑ์

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2553

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัย เรื่องการพัฒนาระบบวิธีการผลิตชาเขียวโดยใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟระดับอุตสาหกรรมเพื่อลดการสูญเสียสารแอนติออกซิแดนท์ ฉบับนี้ ได้รับงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2552 ดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์บรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ เนื่องจากได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณแผ่นดินจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ การสนับสนุนด้านสถานที่ดำเนินงานวิจัยจาก คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขภัณฑ์ หน่วยประเมินทางประสาทสัมผัสและการทดสอบผู้บริโภค และการสนับสนุนวัตถุดิบจาก บริษัทธาระมิงค์ เชียงใหม่ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานสนับสนุนดังกล่าวเป็นอย่างสูง นอกจากนั้นขอขอบคุณ นักศึกษาปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขภัณฑ์ที่ให้ความร่วมมือฝึกฝนเป็นผู้ทดสอบชิมในการวิเคราะห์เชิงพรรณนา และผู้บริโภคทุกท่านที่สละเวลาเข้าร่วมงานวิจัยนี้

สุดท้ายงานวิจัยนี้ขอขอบคุณ นางสาวสิริรัตน์ พันธุ์ไชยศรี และนางสาว ณัฐณา เหล่ากุลคิลก ที่มีส่วนสำคัญให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นิรมล อุดมอ่าง

ธันวาคม 2553

การพัฒนาระบบวิธีการผลิตชาเขียวโดยใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟระดับอุตสาหกรรม เพื่อลดการสูญเสียสารแอนติออกซิแดนท์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบวิธีการผลิตชาเขียวด้วยไมโครเวฟระดับอุตสาหกรรมเพื่อลดการสูญเสียสารแอนติออกซิแดนท์ การทดลองใช้ชาพันธุ์อัสสัม (*Camellia Sinensis* Var. *assamica*) พบว่า มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 79.59% ของน้ำหนักเปียก มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตีในช่วง 0.86-0.90 มีปริมาณเถ้า 6.88% มีปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำและปริมาณแทนนินเท่ากับ 9.28 และ 1.18% ตามลำดับ ค่า EC_{50} เท่ากับ 1.07 mg/L ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 524.84 mg GAE/g ปริมาณสารสำคัญที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ได้แก่ Catechin (C) Epigallocatechin gallate (EGCG) Epicatechin gallate (ECG) Epigallocatechin (EGC) และ Gallocatechin (GC) เท่ากับ 0.41, 3.73, 3.13, 1.18 และ 0.02% ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

การพัฒนาระบบวิธีการผลิตโดยใช้เครื่องไมโครเวฟสุญญากาศ โดยวางแผนการทดลอง Central Composite Design ศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ กำลังไมโครเวฟ 3,200 – 4,800 วัตต์ เวลาทำแห้ง 30 – 50 นาที และปริมาณชา 2–4 กิโลกรัม วิเคราะห์โมเดลรีเกรสชันใช้เทคนิค Response surface methodology และ Optimization technique ได้กรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมคือใช้ชาปริมาณ 2 กิโลกรัม และใช้พลังงานในการทำแห้ง 4,200 วัตต์ นาน 50 นาที ได้ผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 6.65% ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีเท่ากับ 0.66 มีปริมาณเถ้าเท่ากับ 9.97% มีปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำและปริมาณแทนนินเท่ากับ 7.66 และ 0.93% ตามลำดับ ค่า EC_{50} เท่ากับ 1.62 mg/L มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 120.23 mg GAE/g ปริมาณสารสำคัญที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ได้แก่ EGCG, ECG, EGC และ GC มีค่าเท่ากับ 3.24, 2.38, 3.58 และ 0.019% ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากนั้นทำการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับชาเขียวที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมโดยใช้ 9-point Hedonic scale จากผลการทดลองพบว่า คะแนนความชอบรวมและกลิ่นรสชาไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) โดยชาเขียวที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยใช้ไมโครเวฟมีปริมาณสาร EGCG ECG EGC สูงกว่าชาเขียวที่ผ่านการผลิตแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีค่า EC_{50} ต่ำกว่า ดังนั้น ดังนั้นชาเขียวที่ผ่านไมโครเวฟมีสารสำคัญและสารแอนติออกซิแดนท์สูงกว่าชาเขียวแบบดั้งเดิม

Process development of green tea using pilot-scale microwave technology for reducing antioxidant loss

Abstract

The objective of this research was to develop the process of green tea using pilot-scale microwave for reducing antioxidant loss. Green tea leaves (*Camellia Sinensis* Var. *assamica*) contained 79.59% of moisture content (wet basis). Water activities of samples varied from 0.856 to 0.980. The ash contents, the extractives and the tannin contents were 6.88, 9.28 and 1.18%, respectively. An EC_{50} value was 1.07 mg/L. The total phenol content was 524.84 mg GAE/ g dried tea. The major component from HPLC analysis i.e. Catechin (C), Epigallocatechin gallate (EGCG), Epicatechin gallate (ECG), Epigallocatechin (EGC) and Galocatechin (GC) were 0.41, 3.73, 3.13, 1.18 and 0.02% dry basis, respectively.

Process development of green tea using pilot-scale microwave technology was obtained by Central Composite Design (CCD) with 3 factors i.e. 3,200-4,800 watt of microwave power, 30-50 min for drying time and 2-4 kilograms of fresh tea leaves. The regression models were analyzed and followed by response surface methodology and optimization technique. The optimum condition contained 2 kilograms of tea leaves, 4,200 watt of microwave power and 50 minutes of process time. The finished green tea had 6.65% of moisture content. Water activity of samples was 0.657. The ash contents, the extractives and the tannin contents were 9.97, 7.66 and 0.93%, respectively. EC_{50} was 1.62 mg/L. The total phenol content was 120.23 mg GAE/ g dried tea. The major component from HPLC analysis i.e. EGCG, ECG, EGC and GC, were 3.24, 2.38, 3.58 and 0.019% dry basis, respectively. In addition, the sensory evaluation was conducted to compare with green tea from traditional process using 9-point hedonic scale. The result showed that there was no significantly different ($p > 0.05$) of overall liking and tea flavor attributes. Moreover, green tea processed by microwave technique contained the amount of EGCG, ECG and EGC higher than the traditional process. The green tea from microwave process was significantly ($p < 0.05$) lower EC_{50} value than traditional green tea. Therefore, green tea processed by microwave technique contained the amount of the major component and antioxidant higher than green tea from traditional process.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่การค้นคว้าวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ชาเขียว	4
2.2 การทำแห้ง (Drying)	9
2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)	10
2.4 ตัวอย่างการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในชาเขียว	19
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	23
3.1 วัสดุ อุปกรณ์และเคมีภัณฑ์	23
3.2 วิธีการทดลอง	24
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	89
เอกสารอ้างอิง	90
ภาคผนวก	96

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบทางเคมีของชา	6
2.2	ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน (TEAC, mM) ของสารกลุ่มฟีนอลิก	15
2.3	Total Antioxidant Activity ของชาเขียว	21
2.4	ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารกลุ่ม catechin ในสารสกัดชาเขียว	22
3.1	ระดับของปัจจัยในแต่ละสิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนแบบ D-optimal	30
4.1	ค่าปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของชาสด	34
4.2	ร้อยละของเถ้า ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำ และปริมาณแทนนินของชาสด	34
4.3	ปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาสด	35
4.4	ระยะเวลาที่พีก (peak) ปรากฏ (retention time) ของสารมาตรฐาน Catechin (C), Epigallocatechin (EGC), Epigallocatechin gallate (EGCG), Epicatechin gallate (ECG), Gallocatechin (GC) และ Epicatechin (EC)	37
4.5	ความเข้มข้นของสดเทียบเท่ากับสารมาตรฐาน Catechin (C), Epigallocatechin gallate (EGCG), Epicatechin gallate (ECG), Epigallocatechin (EGC) และ Gallocatechin (GC)	37
4.6	ค่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของชาเขียวทั้ง 20 สิ่งทดลอง	39
4.7	ค่าร้อยละของเถ้า สารที่สกัดได้ด้วยน้ำ และปริมาณแทนนินของชาเขียว 20 สิ่งทดลอง	40
4.8	ปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาเขียวทั้ง 20 สิ่งทดลอง	42
4.9	ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวทั้ง 20 สิ่งทดลอง เทียบเท่ากับสารมาตรฐาน Catechin (C), Epigallocatechin gallate (EGCG), Epicatechin gallate (ECG), Epigallocatechin (EGC) และ Gallocatechin (GC)	46
4.10	สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและค่าตอบสนองด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ชาเขียว	49

ตารางที่		หน้า
4.11	สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและค่าตอบสนองด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ชาเขียว (ต่อ)	50
4.12	ค่านิยามที่เหมาะสมสำหรับแต่ละคุณลักษณะของชาเขียว	60
4.13	ค่านิยามที่เหมาะสมสำหรับแต่ละคุณลักษณะของชาเขียว (ต่อ)	61
4.14	ตัวอย่างอ้างอิงที่เหมาะสมสำหรับแต่ละคุณลักษณะของชาเขียวโดยใช้ความเห็นร่วมกันของผู้ประเมินจำนวน 10 คน	62
4.15	การเตรียมตัวอย่างอ้างอิงสำหรับแต่ละคุณลักษณะ และสเกลคะแนนของแต่ละระดับ	64
4.16	การเตรียมตัวอย่างอ้างอิงสำหรับแต่ละคุณลักษณะ และสเกลคะแนนของแต่ละระดับ (หน่วย มิลลิเมตร)(ต่อ)	65
4.17	คะแนนในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาสำหรับสิ่งทดลองที่ 1-7	67
4.18	คะแนนในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาสำหรับสิ่งทดลองที่ 8-14	68
4.19	คะแนนในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาสำหรับสิ่งทดลองที่ 16-20	69
4.20	ค่าสีในเทอมของ L^* , a^* และ b^* ของน้ำชาจำนวน 20 สิ่งทดลอง	73
4.21	ค่า factor loadings ของคุณลักษณะต่างๆ เมื่อผ่านการหมุนแกนปัจจัยโดยวิธี Varimax	75
4.22	สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและค่าตอบสนองด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์ชาเขียว	77
4.23	ผลการวิเคราะห์ทางเคมี-กายภาพของชาเขียวที่ผลิตจากสภาวะที่เหมาะสม	87
4.24	เปรียบเทียบกับชาเขียวที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม และชาสดที่เก็บเกี่ยวจากไร่ชาละมิงค์	88

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	หลักการหาขีดความสามารถของสารแอนติออกซิแดนซ์ในการเป็นตัวต้านอนุมูลอิสระ	13
2.2	วิธีการของการสังเคราะห์สารกลุ่ม phenylpropanoids ในพืช	16
2.3	ขบวนการเมตาโบลิซึมของ quercetin เป็นกรดฟีนอลิกที่ไม่ซับซ้อนในทางเดินอาหาร	18
2.4	ขบวนการเมตาโบลิซึมของกรดคาเฟอิก	18
2.5	เมตาโบลิซึมของ quercetin (Q) และ quercetin O-methylated metabolites ในเซลล์ fibroblast	19
2.6	ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารกลุ่ม catechin และ catechin gallate ester ที่พบมากในชาเขียวค่าในวงเล็บเป็นค่า TEAC	20
3.1	ชาสดสายพันธุ์อัสสัมและเครื่องทำแห้งไมโครเวฟสุญญากาศ	31
4.1	โครมาโทแกรมสารมาตรฐาน 5 ชนิดและ Internal standard (4-amino salicylic acid) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC	36
4.2	โครมาโทแกรมสารสำคัญของชาสดที่วิเคราะห์ได้ด้วยวิธี HPLC	36
4.3	โครมาโทแกรมสารสำคัญของผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่ผ่านกระบวนการทำแห้งไมโครเวฟสุญญากาศที่วิเคราะห์ได้ด้วยวิธี HPLC	45
4.4	พื้นที่การตอบสนองต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ชาเขียว เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	51
4.5	พื้นที่การตอบสนองต่อค่าออกเตอร์แอคติวิตีของผลิตภัณฑ์ชาเขียว เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	52
4.6	พื้นที่การตอบสนองต่อปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำของผลิตภัณฑ์ชาเขียว เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	53
4.7	พื้นที่การตอบสนองต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ชาเขียว เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	54
4.8	พื้นที่การตอบสนองต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ชาเขียวเมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	56

ภาพที่		หน้า
4.9	พื้นที่การตอบสนองต่อความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวเทียบกับสารมาตรฐาน (a) Catechin (b) Epicatechin gallate และ (c) Epigallocatechin gallate ของผลิตภัณฑ์ชาเขียว เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	57
4.10	พื้นที่การตอบสนองต่อความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวเทียบกับสารมาตรฐาน (d) Epigallocatechin และ (e) Gallocatechin ของผลิตภัณฑ์ชาเขียว เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	58
4.11	แผนภาพใยแมงมุมแสดงเค้าโครงขาเขียว 20 สิ่งทดลอง ใน 12 คุณลักษณะ ตำแหน่งกลุ่มคุณลักษณะของชาเขียวโดยวิธีการจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิค Principle Component Analysis	72
4.12	พื้นที่การตอบสนองคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาด้านสี เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	75
4.13	พื้นที่การตอบสนองคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาด้านกลิ่นชา เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	78
4.14	พื้นที่การตอบสนองคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาด้านกลิ่นรสชา เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	79
4.15	พื้นที่การตอบสนองคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาด้านรสขม เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	80
4.16	พื้นที่การตอบสนองคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาด้านรสหวาน เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	81
4.17	พื้นที่การตอบสนองคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาความรู้สึกล้นกลืนด้านรสขม เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	87
4.18	พื้นที่การตอบสนองคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาความรู้สึกล้นกลืนด้านรสขม เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	83
4.19	พื้นที่การตอบสนองคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาความรู้สึกล้นกลืนด้านรสขม เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง	84
4.20	พื้นที่การตอบสนองคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาความรู้สึกล้นกลืนด้านความฝาดเคี้ยว เมื่อผันแปรระยะเวลาและพลังงานในการทำแห้ง กราฟการซ้อนทับของพื้นที่ตอบสนองของคุณลักษณะต่างของผลิตภัณฑ์ชาเขียว	86