

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาทางวิจัย	1
1.2 หลักการและแนวความคิดของการวิจัย	10
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	12
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา	12
1.5 ขอบเขตการวิจัย	12
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์	13
2.1 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	13
2.1.1 การปรับปรุงคุณภาพชา	13
2.1.2 การออกแบบการทดลอง	15
2.2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	18
2.2.1 การทดสอบทางเคมี	20
2.2.2 การประเมินค่าทางประสาทสัมผัส	23
2.3 การออกแบบการทดลอง	25
2.4 คำศัพท์ที่ควรรู้เกี่ยวกับการทดลอง	27
2.4.1 การทดลอง (Experiment)	30
2.4.2 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 3^k	35
2.4.3 วิธีการพื้นผิวผลตอบสนองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของ กระบวนการ	37
2.4.4 การออกแบบการทดลองสำหรับฟิต (Fit) พื้นผิวผลตอบสนอง	44

บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	51
3.1	การหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยหลักที่มีผลต่อสี กลิ่นและรสชาติ ของผลิตภัณฑ์ชาฝรั่ง	52
3.1.1	ศึกษาปัจจัยในการแปรรูปชาฝรั่ง	52
3.1.2	การออกแบบการทดลองเบื้องต้น	52
3.1.3	การทดลองซ้ำ (Replication)	57
3.1.4	การสุ่มในการทดลอง (Randomization)	57
3.1.5	ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Nuisance Factors)	57
3.1.6	การวิเคราะห์ผลตอบของการแปรรูปชาฝรั่ง	58
3.2	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	58
3.2.1	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	58
3.2.2	เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย	58
3.3	การทดลองเพื่อหาค่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสม	58
3.3.1	การทดลองเพื่อหาค่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการ แปรรูปชาฝรั่ง	58
3.3.2	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติและหาค่าที่เหมาะสม ของแต่ละปัจจัย	64
3.4	การทดลองเพื่อยืนยันผล	65
3.5	สรุปผลการทดลอง	65

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล	66
4.1 การออกแบบการทดลองเบื้องต้น (Pre-experiment)	66
4.2 การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวนและผลการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป	71
4.3 ผลการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบจากการแปรรูปชาฝรั่ง	77
4.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)	77
4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่ได้จากกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง	78
4.5.1 ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อผลตอบของกระบวนการแปรรูปชาฝรั่งโดยใช้ชาไม่	78
4.5.2 ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อผลตอบของกระบวนการแปรรูปชาฝรั่งโดยใช้ชาใบ	81
4.6 สร้างพื้นผิวผลตอบ (Response Surface)	83
4.7 สมการทำนายค่าผลตอบด้วยการฟิตสมการใหม่ด้วยฟังก์ชัน Regression	85
4.7.1 สมการทำนายค่าที่เหมาะสมของกระบวนการแปรรูปชาฝรั่งแบบไม่ด้วยการฟิตสมการใหม่	85
4.7.2 สมการทำนายค่าที่เหมาะสมของกระบวนการแปรรูปชาฝรั่งแบบใบด้วยการฟิตสมการใหม่	87
4.8 การเปรียบเทียบค่าของผลตอบกับค่าผลการทดลองเพื่อยืนยันผล	89

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล	94
5.1 สรุปผลการวิจัย	94
5.2 อภิปรายผล	94
5.3 ข้อเสนอแนะ	98
บรรณานุกรม	99

ภาคผนวก

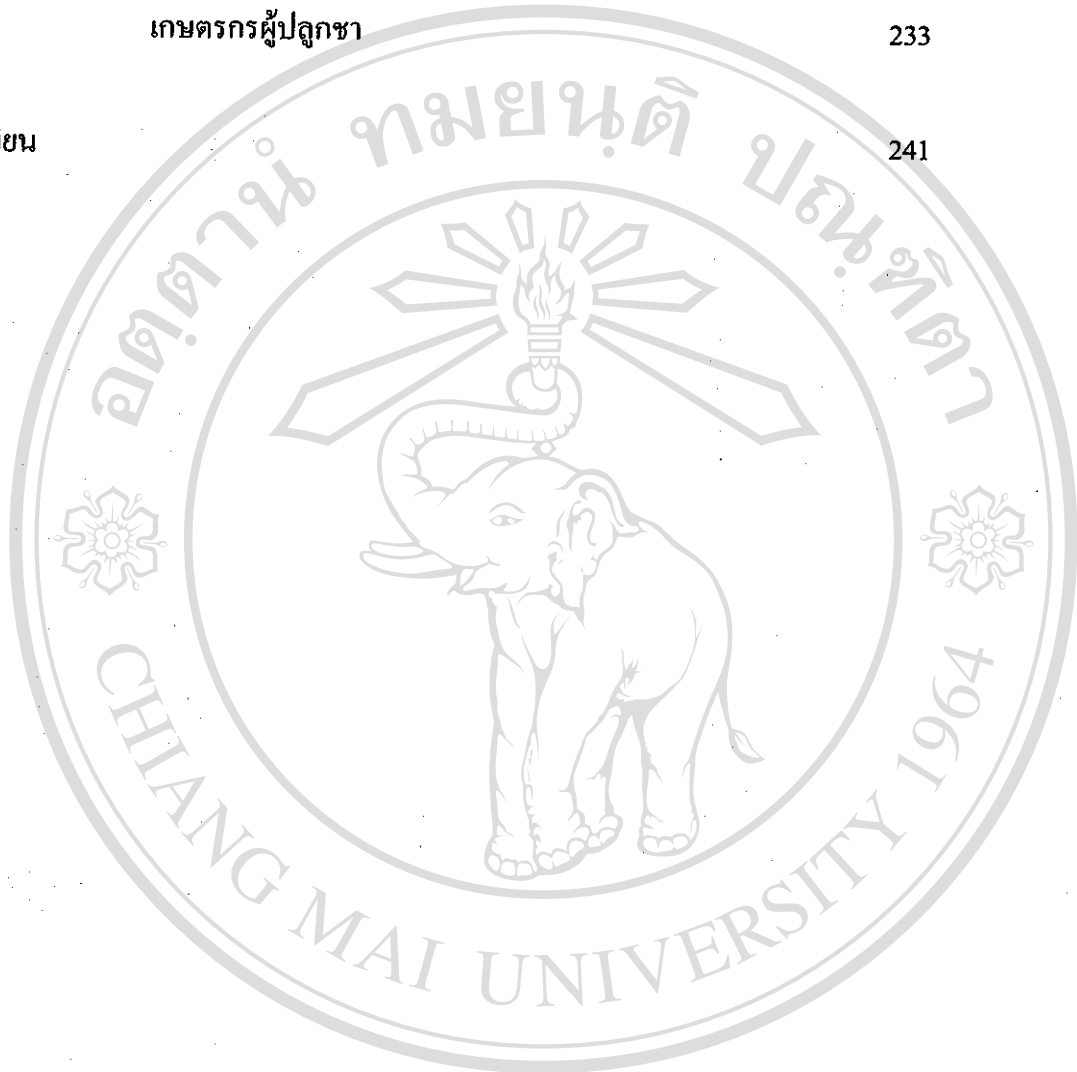
ภาคผนวก ก	การออกแบบการทดลองเบื้องต้นการกำหนดปัจจัย ระดับ ขอบเขตและสัญลักษณ์ ของชาฝรั่ง และรูปแบบตารางการ ทดลองของชาฝรั่งทั้งแบบชาโม้ และชาใบ	102
ภาคผนวก ข	วิธีการทดสอบหาค่าจากห้องทดลองและผลการทดลอง เพื่อหาปริมาณสาร TF ปริมาณสาร TR การวัดค่าสี $L^*a^*b^*$ และค่าสี กลิ่น รสชาติจากการทดสอบ ทางประสาทสัมผัส โดยผู้เชี่ยวชาญ	117
ภาคผนวก ค	ขั้นตอนการวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหา ค่าสัมประสิทธิ์(Coefficients) ของเทอมต่างๆของปัจจัยที่มี ผลต่อปริมาณTF TR ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของสีน้ำชา กลิ่นน้ำชา และรสชาติของน้ำชาด้วยฟังก์ชัน Response Optimizer	131
ภาคผนวก ง	ผลการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยด้าน ปริมาณสาร TF ปริมาณสาร TR, ค่าสี กลิ่น รสชาติโดย การทดสอบทางประสาทสัมผัส และปริมาณสาร TF ปริมาณสาร TR ค่าสี กลิ่น รสชาติโดยการทดสอบทาง ประสาทสัมผัสร่วมกันจากกระบวนการแปรรูปชาฝรั่งทั้ง แบบชาโม้ และชาใบ	151
ภาคผนวก จ	สมการทำนายค่าปริมาณสาร TF ปริมาณสาร TR ค่าสี กลิ่น และรสชาติโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ได้ จากกระบวนการแปรรูปชาฝรั่งทั้งแบบชาโม้และชาใบ	162
ภาคผนวก ฉ	ข้อมูลปริมาณสาร TF ปริมาณสาร TR ค่าสี กลิ่น และ รสชาติโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ได้จาก กระบวนการแปรรูปชาฝรั่งทั้งแบบชาโม้และชาใบ เพื่อยืนยันผล	171
ภาคผนวก ช	การวิเคราะห์พื้นผิวผลตอบของกระบวนการแปรรูป ชาฝรั่งทั้งแบบชาโม้และชาใบ	178

ญ

ภาคผนวก ซ ข้อมูลจริงจากการทดลองเพื่อหาปริมาณสาร TF และ TR	
แบบทดสอบคุณภาพหาทางประสาทสัมผัสจากผู้เชี่ยวชาญ	218
ภาคผนวก ฉ คู่มือวิธีการแปรรูปชาฝรั่งสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ของ	
เกษตรกรผู้ปลูกชา	233

ประวัติผู้เขียน

241



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงรูปแบบและลักษณะการทดลอง	29
2.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 3^3 (3^3 Full Factorial Design)	34
2.3 แสดงการออกแบบการทดลองแบบสมมูลย์ บล็อก ไม่สมบูรณ์ สำหรับ 3 ทรีทเมนต์ และ 3 บล็อก	47
2.4 แสดงการออกแบบการทดลอง แบบ Box-Behnken Design ที่มีสามตัวแปร	47
3.1 ตารางเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นและเวลา ในกระบวนการฝัง ชาในการทดลองเบื้องต้น (Pre-experiment)	54
3.2 ระดับและขอบเขตของปัจจัยที่สนใจศึกษา	55
3.3 เงื่อนไขและลำดับการทดลอง	59
3.4 ตารางผลการทดสอบคุณภาพชาทางประสาทสัมผัสจากผู้เชี่ยวชาญ	61
3.5 เงื่อนไขการทดลอง และผลตอบของการทดลอง	62
4.1 ปัจจัย ระดับ ขอบเขตและสัญลักษณ์ สำหรับการแปรรูปชาฝรั่งทั้งแบบชาโม้ และ ชาใบ ในการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน	71
4.2 ค่าปริมาณสาร TR , TF และคะแนนของสี กลิ่น และรสชาติจากการวิเคราะห์ทาง ประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นคนชิม ที่ได้จากการทดลองของชาฝรั่งทั้งแบบ ชาโม้ ในการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน	72
4.3 ค่าปริมาณสาร TR , TF และคะแนนของสี กลิ่น และรสชาติจากการวิเคราะห์ทาง ประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นคนชิม ที่ได้จากการทดลองของชาฝรั่งทั้งแบบ ชาใบ ในการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน	73
4.4 ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ TF TR และค่าของสี กลิ่น และรสชาติ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญรวมกัน ซึ่งได้จากกระบวนการ การแปรรูปชาฝรั่งโดยใช้ชาโม้	79
4.5 ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ TF TR และค่าของสี กลิ่น และรสชาติ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญรวมกัน ซึ่งได้จากกระบวนการ การแปรรูปชาฝรั่งโดยใช้ชาใบ	81
4.6 การเปรียบเทียบค่าของผลตอบที่ได้จากกระบวนการแปรรูปชาฝรั่งแบบชาโม้	90
4.7 การเปรียบเทียบค่าของผลตอบที่ได้จากกระบวนการแปรรูปชาฝรั่งแบบชาใบ	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.8 การเปรียบเทียบค่าของผลตอบที่ได้จากฟังก์ชัน Response Optimizer กับค่าจาก สมการทำนายของกระบวนการแปรรูปชาฝรั่งแบบชาโม	92
4.9 การเปรียบเทียบค่าของผลตอบที่ได้จากฟังก์ชัน Response Optimizer กับค่าจาก สมการทำนายของกระบวนการแปรรูปชาฝรั่งแบบชาโม	92
4.10 การวิเคราะห์ปริมาณ TF และ TR จากบริษัทที่เป็นที่นิยมในตลาด	93



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 ยอดชาที่มี 2 ใบ กับ 1 ยอด เป็นยอดชาสดที่มีคุณภาพสูงที่สุด	5
2.1 กระจกสำหรับผึ้งชา	19
2.2 เครื่องตัดวัชพืชนำมาประยุกต์ใช้ในการตัดชาให้มีขนาดตามต้องการโดยการ ปรับเปลี่ยนขนาดของกระจก	19
2.3 เครื่องนวดชา	20
2.4 เครื่องอบแห้งชา	20
2.5 เครื่อง Spectro รุ่น UNICAM UV500	22
2.6 หุ่นจำลองทั่วไปของกระบวนการ	26
2.7 การทดลองร่วมปัจจัยสำหรับการออกแบบ 3^2	31
2.8 การทดลองร่วมปัจจัยสำหรับการออกแบบ 3^3	32
2.9 แสดงภาพพื้นผิวผลตอบสนองในรูปแบบของกราฟ 3 มิติ	36
2.10 แสดงกราฟเส้นโครงร่างของพื้นผิวผลตอบสนอง	36
2.11 แสดงวิธีการอย่างมีลำดับขั้นคอนของการวิเคราะห์พื้นผิวผลตอบสนอง	38
2.12 แสดงจุดหยุดนิ่งที่ถูกสร้างขึ้นจากพื้นผิวผลตอบสนองกำลังสอง (จุดที่มีผลตอบตอบสนองสูงสุด)	39
2.13 แสดงจุดหยุดนิ่งที่ถูกสร้างขึ้นจากพื้นผิวผลตอบสนองกำลังสอง (จุดที่มีค่าผลตอบสนองต่ำสุด)	40
2.14 แสดงจุดหยุดนิ่งที่ถูกสร้างขึ้นจากพื้นผิวผลตอบสนองกำลังสองที่เรียกว่า จุดอานม้า (Saddle Point)	41
2.15 รูปแบบบัญญัติของแบบจำลองกำลังสอง	43
2.16 แสดงการออกแบบส่วนประสมกลางสำหรับสำหรับ $k=2$ และ $k=3$	45
2.17 แสดงการออกแบบ แบบ Box-Behnken with a Center Point	48
2.18 การออกแบบ แบบเฟซเซนเตอร์ (Face-Centered) ส่วนประสมกลางสำหรับ $k=3$	49
2.19 การออกแบบรศมีเท่ากันสำหรับ 2 ตัวแปร (a) หกเหลี่ยม, (b) ห้าเหลี่ยม	50
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเทียบกับช่วงเวลาในการผึ่ง ชาโม้และใบที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส	67
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเทียบกับช่วงเวลาในการผึ่ง ชาโม้และใบที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	68
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเทียบกับช่วงเวลาในการผึ่ง ชาโม้และใบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	69
4.4 Normal Probability Plot ของส่วนตกค้างของผลตอบปริมาณ TF (ชาโม้)	77
4.5 กราฟส่วนตกค้างกับลำดับข้อมูลของผลตอบปริมาณ TF (ชาโม้)	78
4.6 (a) กราฟโครงร่างระหว่างอุณหภูมิในกระบวนการผึ่งและระยะเวลาใน การผึ่ง (b) กราฟโครงร่างระหว่างอุณหภูมิในกระบวนการผึ่งและ ระยะเวลาในการนวด (c) กราฟโครงร่างระหว่างระยะเวลาในกระบวนการ การผึ่งและระยะเวลาในการนวด	83