

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบัญ	ณ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฌ
สัญลักษณ์	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
2.1 ความสำคัญของโครงข่ายประสาทเทียม	3
2.2 หลักการทำงานของเซลล์ประสาทเทียม (Artificial Neuron)	4
2.3 การเรียนรู้สำหรับ Neural Network	6
2.4 สถาปัตยกรรมโครงข่าย (Network Architecture)	8
2.5 การประยุกต์ใช้งาน Neural Network	15
2.6 ความสำคัญของส้ม	18
2.7 พันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์ของส้มเขียวหวาน	19
2.8 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลส้ม	21
2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของส้ม	23
2.10 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ตระกูลส้มที่สำคัญ	25
2.11 การขนส่งผักและผลไม้ในประเทศไทย	27
2.12 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสียหายและการสูญเสียในการขนส่งผลิตผล	28
2.13 ความเสียหายในการขนส่ง	29
2.14 ยานพาหนะสำหรับขนส่งผักและผลไม้ระหว่างผู้ขายส่งไปสู่ผู้ขายปลีก	30
ในระยะทางไกล	
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	31
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	31
3.2 วิธีการวิจัย	35
3.3 การวิเคราะห์คุณภาพ	35
3.4 การพยากรณ์คุณภาพส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	37
3.5 การวิเคราะห์ผลด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งโดยวิธีทางสถิติ	38

ลิขสิทธิ์ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

บทที่ 4	ผลการทดลองและวิจารณ์	39
4.1	การพยากรณ์คุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งโดยใช้ โครงข่ายประสาทเทียม	39
4.2	แบบจำลองทำนายคุณภาพส้มสายน้ำผึ้งภายหลังการขนส่ง ทางรถบรรทุกโดยวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลาย ตัวแปร (Multiple Linear Regression)	87
4.3	การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรง แบบหลายตัวแปรและแบบจำลองการใช้โครงข่ายประสาทเทียม	111
4.4	การวิเคราะห์ผลด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งโดยวิธีวิเคราะห์สถิติ	118
บทที่ 5	สรุปผลการศึกษา	141
5.1	สรุปผลการทดลองการพยากรณ์คุณภาพของส้มสายน้ำผึ้ง หลังการขนส่งโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและวิธีการวิเคราะห์ รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	141
5.2	สรุปผลการทดลองการวิเคราะห์ผลด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้ง โดยวิธีวิเคราะห์สถิติ	141
5.3	แนวทางป้องกันการสูญเสียผลผลิตส้มสายน้ำผึ้งระหว่างการขนส่ง ทางรถบรรทุก	142
5.4	แนวทางการทำวิจัยในอนาคต	143
เอกสารอ้างอิง		144
ภาคผนวก		148
	ภาคผนวก ก ภาพการทดลอง	149
	ภาคผนวก ข ตารางผลการทดลอง	152
ประวัติผู้เขียน		224

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ขนาดและน้ำหนักบรรทุกของรถบรรทุกต่างๆในประเทศ	30
4.1 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	42
4.2 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	42
4.3 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5	43
4.4 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	46
4.5 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	47
4.6 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4	47
4.7 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	51
4.8 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	51
4.9 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.10 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	55
4.11 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	56
4.12 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5	56
4.13 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	59
4.14 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	60
4.15 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5	60
4.16 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	64
4.17 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	64
4.18 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3	65
4.19 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	69
4.20 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	69
4.21 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5	70
4.22 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.23 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของสีในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	74
4.24 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของสีในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5	74
4.25 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า the lightness factor (L^*) ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	77
4.26 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*) ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	78
4.27 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*) ในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5	78
4.28 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C^*) ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	81
4.29 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า C^* ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	82
4.30 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า C^* ในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5	82
4.31 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า hue angle (h°) ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	85
4.32 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า h° ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)	86
4.33 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า h° ในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3	86

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.34 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนาย การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของสั้ม	89
4.35 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของสั้ม	89
4.36 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์ ความเสียหายทางกลของสั้ม	91
4.37 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของสั้ม	91
4.38 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนาย TSS/TA (%) ของสั้ม	93
4.39 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนาย TSS/TA (%) ของสั้ม	93
4.40 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนาย การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) ของสั้ม	95
4.41 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) ของสั้ม	95
4.42 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์ การนำเสียของสั้ม	97
4.43 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์การนำเสียของสั้ม	97
4.44 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์ การสูญเสียน้ำหนักสดของสั้ม	99
4.45 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของสั้ม	99
4.46 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนาย การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของสั้ม	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.47 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับ โครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม	101
4.48 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนาย การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้ม	103
4.49 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับ โครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้ม	103
4.50 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนาย การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม lightness factor (L^*)	105
4.51 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับ โครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม lightness factor (L^*)	105
4.52 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนาย การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C^*)	107
4.53 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับ โครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C^*)	107
4.54 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนาย การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°)	109
4.55 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับ โครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°)	109

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 Model ของ Neuron ในสมองมนุษย์	3
2.2 เซลล์ประสาทเทียม	4
2.3 Activation functions	6
2.4 การเรียนรู้แบบมีการสอน (Supervised Learning)	7
2.5 การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน (Unsupervised Learning)	7
2.6 สถาปัตยกรรมของ Feedforward network	8
2.7 สถาปัตยกรรมของ Feedback network	8
2.8 โครงข่ายประสาทเทียม	10
2.9 Single-layer perceptron	14
2.10 โครงสร้างของ Perceptrons	15
3.1 (ก) ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม	32
3.1 (ข) ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด	32
3.1 (ค) ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก	33
4.1 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของสัมระหว่างค่าจากการทดลองและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุดโดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5	44
4.2 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของสัมระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุดโดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 4	48
4.3 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของสัมระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุดโดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5	53
4.4 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของสัมระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุดโดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5	61
4.6 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้มระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 3	66
4.7 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5	71
4.8 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้มระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5	75
4.9 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม ค่า lightness factor (L*) ระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5	79
4.10 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม ค่า chroma (C*) ระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5	83
4.11 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม ค่า hue angle (h°) ระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 3	87
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของส้มจำนวน 27 ชุด	90
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายความเสียหายทางกลของส้มจำนวน 27 ชุด	92
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนาย TSS/TA (%) ของส้มจำนวน 27 ชุด	94

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มจำนวน 27 ชุด	96
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเน่าเสียของส้มจำนวน 27 ชุด	98
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการสูญเสียน้ำหนักสดของส้มจำนวน 27 ชุด	100
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มจำนวน 27 ชุด	102
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้มจำนวน 27 ชุด	104
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม lightness factor (L*) จำนวน 27 ชุด	106
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C*) จำนวน 27 ชุด	108
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°) จำนวน 27 ชุด	110
4.23 ค่า L* value ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)	123
4.24 ค่า Chroma (C*) ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)	123
4.25 ค่า Hue Angle (h°) ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)	124
4.26 ค่าเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)	125
4.27 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)	126

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.28 ค่าปริมาณวิตามินซี ของส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุ ที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)	129
4.29 ค่า L* value ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละตำแหน่งบนรถบรรทุก ที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)	131
4.30 ค่า Chroma (C*) ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละตำแหน่งบนรถบรรทุก ที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)	131
4.31 ค่า Hue Angle (h°) ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละตำแหน่งบนรถบรรทุก ที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)	132
4.32 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละตำแหน่งบนรถบรรทุกที่ ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)	133
4.33 ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละตำแหน่งบนรถบรรทุก ที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)	134
4.34 อุณหภูมิขณะขนส่งส้มสายน้ำผึ้งไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมงในการเดินทาง เที่ยวที่ 1 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก	138
4.35 ความชื้นสัมพัทธ์ขณะขนส่งส้มสายน้ำผึ้งไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมง ในการเดินทางเที่ยวที่ 1 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก	138
4.36 อุณหภูมิขณะขนส่งส้มสายน้ำผึ้งไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมงในการเดินทาง เที่ยวที่ 2 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก	139
4.37 ความชื้นสัมพัทธ์ขณะขนส่งส้มสายน้ำผึ้งไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมง ในการเดินทางเที่ยวที่ 2 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก	139
4.38 อุณหภูมิขณะขนส่งส้มสายน้ำผึ้งไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมงในการเดินทาง เที่ยวที่ 3 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก	140
4.39 ความชื้นสัมพัทธ์ขณะขนส่งส้มสายน้ำผึ้งไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมง ในการเดินทางเที่ยวที่ 3 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก	140

สัญลักษณ์

RSC	ภาษาบรรจุมแบบเปิด-ปิด
FT	ภาษาบรรจุมแบบสวม
PB	ตะกร้าพลาสติก
ANN	Artificial Neural Network (โครงข่ายประสาทเทียม)
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
APE	Absolute Percentage Error
TSS/TA	อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรต
ได้ L^*	The lightness factor (value)
C^*	Chroma
h°	hue angle