

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การพยากรณ์คุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

การทดลองการพยากรณ์คุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งทางรถบรรทุกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 11 ค่าคุณภาพ แต่ละค่าคุณภาพทำการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม 5 โครงข่าย ดังนี้

1. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้ม
2. แบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้ม
3. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม
4. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม
5. แบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้ม
6. แบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้ม
7. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม
8. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของส้ม
9. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*)
10. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C^*)
11. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า hue angle (h°)

1. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1

แบบจำลองที่ 1 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 2

แบบจำลองที่ 2 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

แบบจำลองที่ 3 มี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- เทียบของการขนส่ง
- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

แบบจำลองที่ 4 มี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

แบบจำลองที่ 5 มี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- เทียบของการขนส่ง
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1-5 ซึ่งได้ทำการ training และ testing แล้วนั้น เห็นได้ว่าแบบจำลองเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางในปัจจัยด้านข้อมูลขาเข้า (input layer) แต่มีความเหมือนกันที่ hidden layer ซึ่งประกอบไปด้วย 2 neurons โดยในตารางที่ 4.1 และ 4.2 แสดงค่าเปรียบเทียบ MAPE, Average Error, Maximum APE, Maximum Error และ R^2 ของแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ส่วนตารางที่ 4.3 แสดงค่า R^2 , MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ของข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด และรูปที่ 4.1 แสดงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้มเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของสัมนในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

ค่าความผิดพลาด	แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม				
	1	2	3	4	5
MAPE (%)	1.416	4.373	1.375	1.428	0.660
Average Error	0.158	0.475	0.153	0.159	0.076
Maximum APE (%)	10.389	11.767	9.709	10.195	3.810
Maximum Error	1.062	1.163	0.992	1.042	0.466

โดยที่ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 โครงข่ายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของสัมนในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	R^2
1	0.899
2	0.763
3	0.946
4	0.912
5	0.965

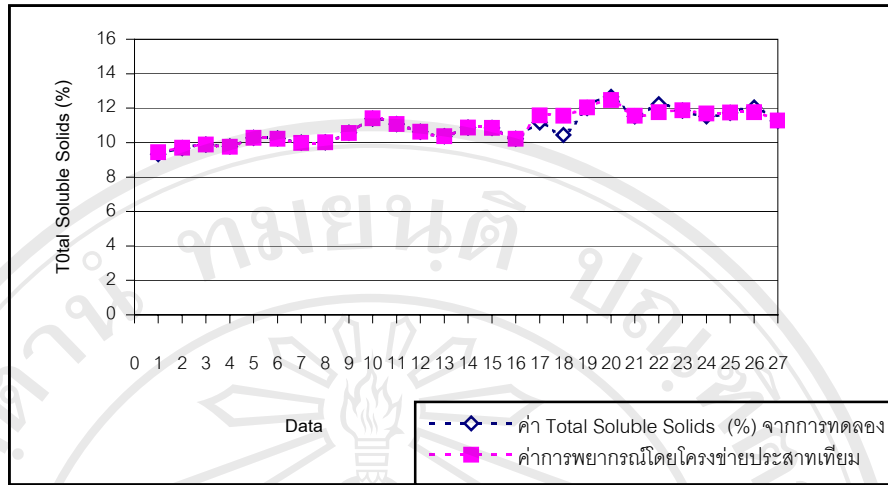
ตารางที่ 4.3 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.932
MAPE (%)	2.528
Average Error	0.296
Maximum APE (%)	3.810
Maximum Error	0.466

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 มีค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ที่ต่ำที่สุด และค่า R^2 ที่สูงที่สุด จึงทำการเลือกแบบจำลองนี้ โดยแบบจำลองที่ 5 inputs ประกอบไปด้วย ชนิดของภาชนะบรรจุ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ เกี่ยวข้องการขนส่ง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทั้ง 5 inputs มีผลและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้ม และจากตารางที่ 4.3 แสดงค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบ (testing set) จำนวน 5 ชุดของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 27 ชุดของแบบจำลองที่ดีที่สุด (แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5) มาเขียนกราฟ พบว่าเส้นกราฟของค่าที่ได้จากการทดลองจริงและเส้นกราฟที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน (รูปที่ 4.1)

เมื่อผลส้มเริ่มแก่มีการสร้างน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ขณะที่ปริมาณกรดลดลง (Kimball, 1984) ถ้าปล่อยให้ผลส้มอยู่บนต้นนานๆ ความหวานหรือปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น และปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการสร้างน้ำตาลในผลส้ม คืออุณหภูมิในช่วงที่ผลเริ่มแก่ ถ้าอุณหภูมิสูงผลส้มจะสร้างน้ำตาลได้มาก ยังมีช่วงอุณหภูมิสูงติดต่อกันนาน ทำให้ผลส้มมีน้ำตาลมากขึ้นหรือรสหวานขึ้น (Baldwin, 1993) ปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นในส้มได้เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (จริงแท้, 2544)



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้มระหว่างค่าจากการทดลองและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5

2. แบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1

แบบจำลองที่ 1 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 2

แบบจำลองที่ 2 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

แบบจำลองที่ 3 มี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- เทียบของการขนส่ง
- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

แบบจำลองที่ 4 มี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

แบบจำลองที่ 5 มี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- เทียบของการขนส่ง
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1-5 ซึ่งได้ทำการ training และ testing แล้วนั้น เห็น

ได้ว่าแบบจำลองเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางในปัจจัยด้านข้อมูลขาเข้า (input layer) แต่มีความเหมือนกันที่ hidden layer ซึ่งประกอบไปด้วย 2 neurons โดยในตารางที่ 4.4 และ 4.5 แสดงค่าเปรียบเทียบ MAPE, Average Error, Maximum APE, Maximum Error และ R^2 ของแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ส่วนตารางที่ 4.6 แสดงค่า R^2 , MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ของข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด และรูปที่ 4.2 แสดงการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของสั้มเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของสั้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

ค่าความผิดพลาด	แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม				
	1	2	3	4	5
MAPE (%)	2.847	37.804	5.552	2.703	2.808
Average Error	0.121	2.147	0.223	0.117	0.122
Maximum APE (%)	29.268	232.607	45.727	28.229	29.174
Maximum Error	1.045	8.726	1.044	1.008	1.042

โดยที่ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 โครงข่ายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของสั้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	R ²
1	0.923
2	0.717
3	0.918
4	0.940
5	0.920

ตารางที่ 4.6 ค่า R² และค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้อมในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

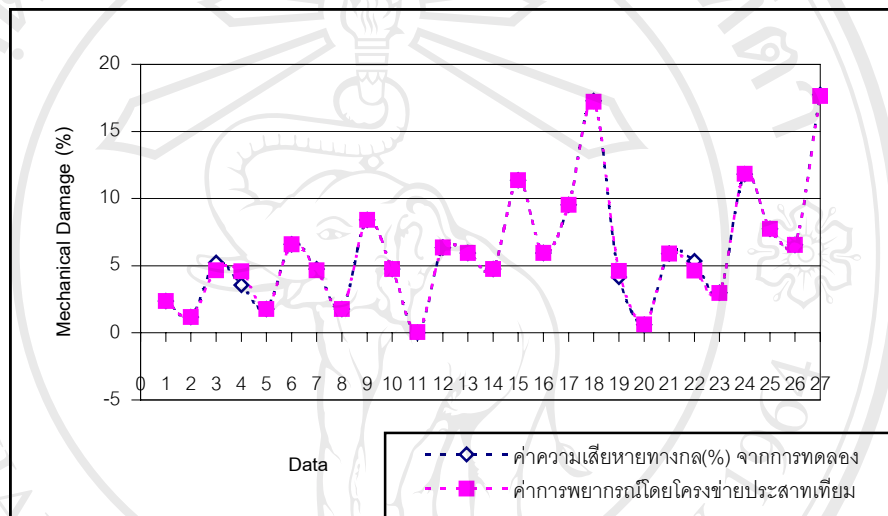
R ² และค่าความผิดพลาด	ค่า
R ²	0.881
MAPE (%)	13.080
Average Error	0.569
Maximum APE (%)	28.229
Maximum Error	1.008

จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4 มีค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ที่ต่ำที่สุด และค่า R² ที่สูงที่สุด จึงทำการเลือกแบบจำลองนี้ โดยแบบจำลองที่ 4 inputs ประกอบไปด้วย ชนิดของภาชนะบรรจุ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทั้ง 4 inputs มีผลและความสำคัญต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้อม

เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ดีที่สุด (แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4) มาเขียนกราฟ พบว่าเส้นกราฟของค่าที่ได้จากการทดลองจริงและเส้นกราฟที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน (รูปที่ 4.2)

ภาชนะบรรจุและการวางตำแหน่งของภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกที่ตำแหน่งต่างกันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของผลส้อมสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปสู่ตลาดกลางค้าส่ง ความเสียหายทางกลที่พบ คือ ส้อมมีรอยชำรุดเสียหายรูปทรง และผลแตก และนอกจากความเสียหาย

ทางกลที่เกิดจากภาชนะบรรจุแล้ว ยังพบอีกว่าการสั่นสะเทือนและเสียดสีมีผลโดยตรงกับความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่ง การสั่นสะเทือนและเสียดสีขึ้นอยู่กับสภาพของถนน สภาพของยานพาหนะและความเร็วของรถในระหว่างการขนส่ง ในการขนส่งระยะทางไกลๆ พบว่าการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นทำให้ผลไม่เกิดการยุบตัวลงจึงเกิดช่องว่างของภาชนะบรรจุ ช่องว่างบริเวณด้านบนของภาชนะบรรจุที่เกิดขึ้นในระหว่างการยุบตัวนี้จะทำให้ผลไม่กระดอน และกระทบกับผนังของภาชนะบรรจุซึ่งจะทำให้ผลไม่เกิดความเสียหาย (Peleg, 1985)



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้มระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1

แบบจำลองที่ 1 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาษาบรรจ
- ตำแหน่งที่วางภาษาบรรจ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 2

แบบจำลองที่ 2 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

แบบจำลองที่ 3 มี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- เที้ยวของการขนส่ง
- ชนิดของภาษาบรรจ
- ตำแหน่งที่วางภาษาบรรจ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

แบบจำลองที่ 4 มี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

แบบจำลองที่ 5 มี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- เทียบของการขนส่ง
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1-5 ซึ่งได้ทำการ training และ testing แล้วนั้น เห็นได้ว่าแบบจำลองเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางในปัจจัยด้านข้อมูลขาเข้า (input layer) แต่มีความเหมือนกันที่ hidden layer ซึ่งประกอบไปด้วย 2 neurons โดยในตารางที่ 4.7 และ 4.8 แสดงค่าเปรียบเทียบ MAPE, Average Error, Maximum APE, Maximum Error และ R^2 ของแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ส่วนตารางที่ 4.9 แสดงค่า R^2 , MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ของข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด และรูปที่ 4.3 แสดงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

ค่าความผิดพลาด	แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม				
	1	2	3	4	5
MAPE (%)	1.388	6.088	1.288	1.444	1.192
Average Error	0.293	1.317	0.269	0.303	0.249
Maximum APE (%)	7.445	19.490	6.654	7.118	5.578
Maximum Error	1.493	4.170	1.334	1.428	1.119

โดยที่ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 โครงข่ายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	R^2
1	0.809
2	0.636
3	0.812
4	0.798
5	0.822

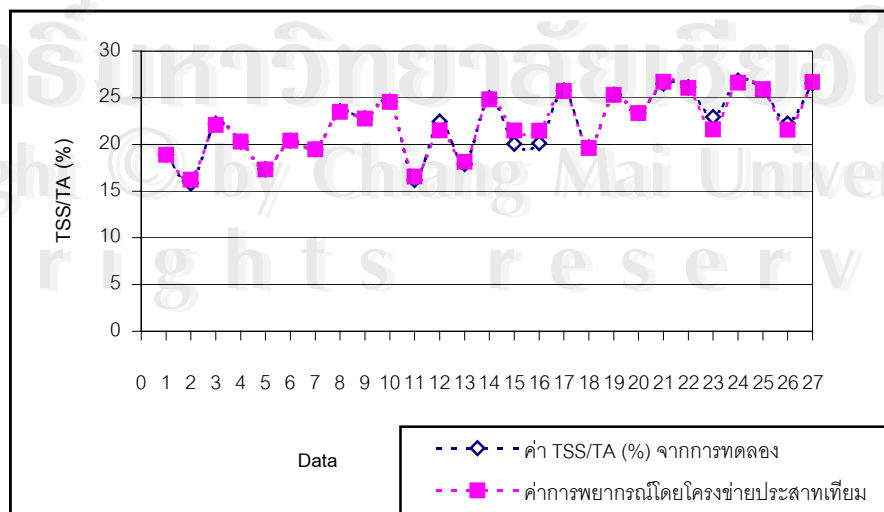
ตารางที่ 4.9 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

R ² และค่าความผิดพลาด	ค่า
R ²	0.644
MAPE (%)	5.383
Average Error	1.148
Maximum APE (%)	7.118
Maximum Error	1.428

จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 มีค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ที่ต่ำที่สุด และค่า R² ที่สูงที่สุด จึงทำการเลือกแบบจำลองนี้ โดยแบบจำลองที่ 5 inputs ประกอบไปด้วย ชนิดของภาชนะบรรจุ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ เทียบของการขนส่ง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทั้ง 5 inputs มีผลและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ดีที่สุด (แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5) มาเขียนกราฟ พบว่าเส้นกราฟของค่าที่ได้จากการทดลองจริงและเส้นกราฟที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน (รูปที่ 4.3)

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการขนส่ง เกิดจากการที่ปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้มีค่าลดลงมากกว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Ketsa, 1988)



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5

4. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1

แบบจำลองที่ 1 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 2

แบบจำลองที่ 2 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

แบบจำลองที่ 3 มี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- เทียบของการขนส่ง
- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

แบบจำลองที่ 4 มี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

แบบจำลองที่ 5 มี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- เทียบของการขนส่ง
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1-5 ซึ่งได้ทำการ training และ testing แล้วนั้น เห็น

ได้ว่าแบบจำลองเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางในปัจจัยด้านข้อมูลขาเข้า (input layer) แต่มีความเหมือนกันที่ hidden layer ซึ่งประกอบไปด้วย 2 neurons โดยในตารางที่ 4.10 และ 4.11 แสดงค่าเปรียบเทียบ MAPE, Average Error, Maximum APE, Maximum Error และ R^2 ของแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ส่วนตารางที่ 4.12 แสดงค่า R^2 , MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ของข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด และรูปที่ 4.4 แสดงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

ค่าความผิดพลาด	แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม				
	1	2	3	4	5
MAPE (%)	1.349	5.732	1.496	1.411	1.339
Average Error	0.007	0.028	0.007	0.007	0.006
Maximum APE (%)	11.407	16.343	11.377	11.375	11.377
Maximum Error	0.050	0.069	0.050	0.050	0.050

โดยที่ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 โครงข่ายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	R^2
1	0.891
2	0.801
3	0.876
4	0.913
5	0.922

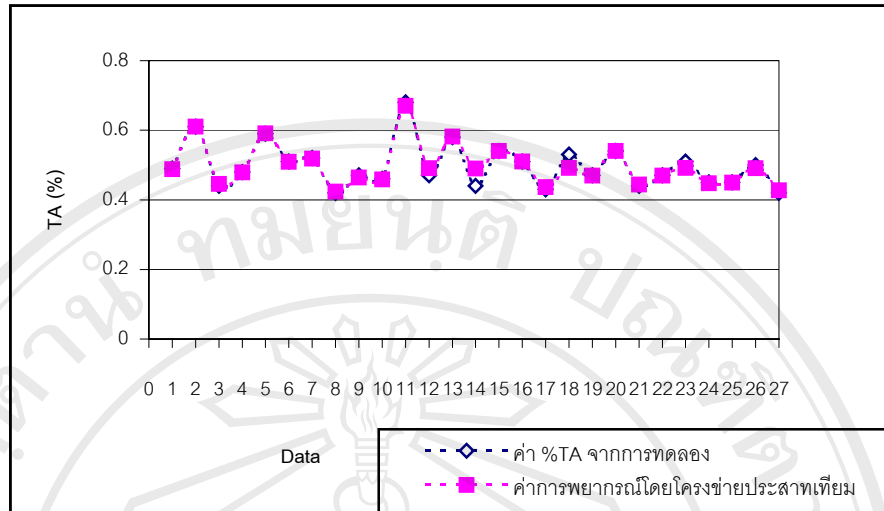
ตารางที่ 4.12 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของสั้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.782
MAPE (%)	5.728
Average Error	0.028
Maximum APE (%)	11.377
Maximum Error	0.050

จากตารางที่ 4.10 และ 4.11 พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 มีค่า MAPE และ Average Error ที่ต่ำที่สุด และค่า R^2 ที่สูงที่สุด จึงเลือกแบบจำลองนี้ ถึงแม้ว่าจะมีค่า Average Error และ Maximum Error ที่เท่ากับแบบจำลองอื่นๆ แต่จะพิจารณาค่า R^2 , MAPE และ Average Error เป็นหลัก โดยแบบจำลองที่ 5 inputs ประกอบไปด้วย เที้ยวของการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทั้ง 5 inputs มีผลและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของสั้ม

เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ดีที่สุด (แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5) มาเขียนกราฟ พบว่า เส้นกราฟของค่าที่ได้จากการทดลองจริงและเส้นกราฟที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน (รูปที่ 4.4)

ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในผลสั้มคือความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันกับเวลากลางคืน หากอุณหภูมิมีความแตกต่างกันมากปริมาณกรดอินทรีย์ในผลสั้มจะมีมากขึ้น (Spiegel and Goldschmidt, 1996)



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุดโดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5

5. แบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1

แบบจำลองที่ 1 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- เปอร์เซนต์การเน่าเสียของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 2

แบบจำลองที่ 2 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเน่าเสียของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

แบบจำลองที่ 3 มี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- เกี่ยวข้องการขนส่ง
- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- เปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

แบบจำลองที่ 4 มี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- เปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

แบบจำลองที่ 5 มี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- เกี่ยวข้องการขนส่ง
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- เปรอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1-5 ซึ่งได้ทำการ training และ testing แล้วนั้น เห็นได้ว่าแบบจำลองเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางในปัจจัยด้านข้อมูลขาเข้า (input layer) แต่มีความเหมือนกันที่ hidden layer ซึ่งประกอบไปด้วย 2 neurons โดยในตารางที่ 4.13 และ 4.14 แสดงค่าเปรียบเทียบ MAPE, Average Error, Maximum APE, Maximum Error และ R^2 ของแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ส่วนตารางที่ 4.15 แสดงค่า R^2 , MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ของข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด และรูปที่ 4.5 แสดงการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

ค่าความผิดพลาด	แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม				
	1	2	3	4	5
MAPE (%)	4.306	17.114	4.505	4.412	4.231
Average Error	0.033	0.109	0.035	0.034	0.033
Maximum APE (%)	29.687	81.165	31.447	31.683	30.172
Maximum Error	0.338	0.457	0.345	0.344	0.333

โดยที่ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 โครงข่ายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

R^2

1	0.711
2	0.692
3	0.793
4	0.802
5	0.817

ตารางที่ 4.15 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.634
MAPE (%)	22.600
Average Error	0.176
Maximum APE (%)	31.683
Maximum Error	0.333

จากตารางที่ 4.13 และ 4.14 พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 มีค่า MAPE, และ Maximum Error ที่ต่ำที่สุด และค่า R^2 ที่สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1 ที่มีค่า Maximum Error สูงกว่าแบบจำลองที่ 5 แม้จะมีค่า Maximum APE (%) ที่ต่ำที่สุด แต่ค่า Average Error เท่ากันกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 และค่า R^2 ต่ำกว่า ซึ่งจะพิจารณาค่า R^2 เป็นหลักก่อน จึงทำการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 โดยแบบจำลองที่ 5 inputs ประกอบไปด้วย เที้ยวของการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทั้ง 5 inputs มีผลและความสำคัญต่อค่าการเน่าเสียของส้ม

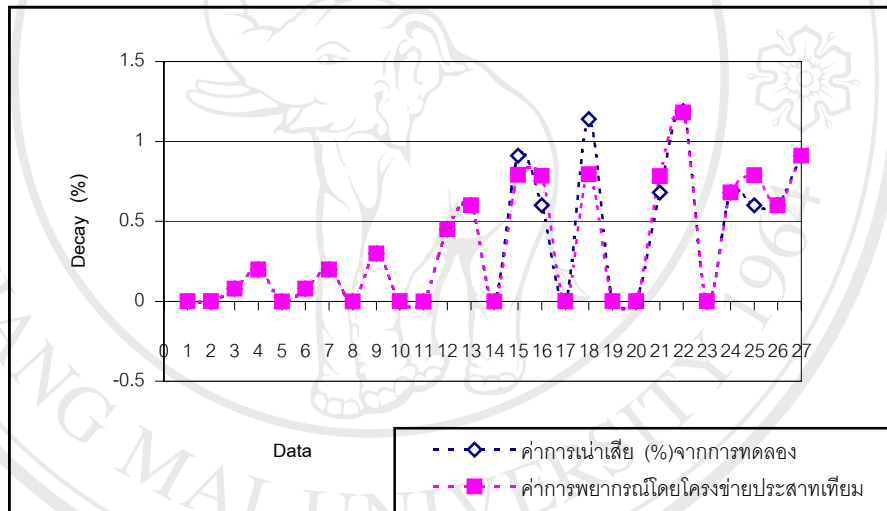
เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ดีที่สุด (แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5) มาเขียนกราฟ พบว่า เส้นกราฟของค่าที่ได้จากการทดลองจริงและเส้นกราฟที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน (รูปที่ 4.5)

ภาชนะบรรจุมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย โดยการเน่าเสียของส้มเกิดขึ้นจากการเกิดบาดแผล ข้ำ และแตกของส้ม ทำให้จุลินทรีย์เข้าทำลายผลส้มได้ง่าย นอกจากนั้นในการขนส่งส้มเป็น

ระยะเวลานาน ทำให้มีการสะสมของเอธิลีนในบรรยากาศซึ่งจะทำให้ผลส้มอ่อนแอต่อการเน่าเสีย ประกอบกับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นของอากาศรอบๆ ผลผลิตมีอิทธิพลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์บนผลผลิต (จริงแท้, 2544)

การวางภาชนะบรรจุมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียอาจมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ค่อนข้างสูง มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนผลผลิต ประกอบกับการสะสมของแก๊สเอธิลีนสูง ทำให้ผลผลิตอ่อนแอต่อการเน่าเสีย

เที่ยวในการขนส่ง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย โดยอุณหภูมิสูงจะไปเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ให้เกิดเร็วขึ้น การหายใจและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ ภายในผลผลิตก็จะเกิดขึ้นเร็ว ทำให้ผลผลิตเสียหายได้ง่าย (Kader, 1992)



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุดโดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

6. แบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1

แบบจำลองที่ 1 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของสั้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 2

แบบจำลองที่ 2 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของสั้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

แบบจำลองที่ 3 มี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- เที้ยวของการขนส่ง
- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของสั้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

แบบจำลองที่ 4 มี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ

- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของสั้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

แบบจำลองที่ 5 มี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- เทียบของการขนส่ง
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของสั้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1-5 ซึ่งได้ทำการ training และ testing แล้วนั้น เห็นได้ว่าแบบจำลองเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางในปัจจัยด้านข้อมูลขาเข้า (input layer) แต่มีความเหมือนกันที่ hidden layer ซึ่งประกอบไปด้วย 2 neurons โดยในตารางที่ 4.16 และ 4.17 แสดงค่าเปรียบเทียบ MAPE, Average Error, Maximum APE, Maximum Error และ R^2 ของแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ส่วนตารางที่ 4.18 แสดงค่า R^2 , MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ของข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด และรูปที่ 4.6 แสดงการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของสั้มเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของสั้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

ค่าความผิดพลาด

	1	2	3	4	5
MAPE (%)	1.867	27.247	1.687	3.273	1.822
Average Error	0.0172	0.168	0.0163	0.026	0.0168
Maximum APE (%)	16.858	98.376	16.558	16.901	16.467
Maximum Error	0.196	0.707	0.192	0.196	0.191

โดยที่ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 โครงข่ายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของสัมมนแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	R^2
1	0.824
2	0.617
3	0.896
4	0.799
5	0.834

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.18 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของสัมมนในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

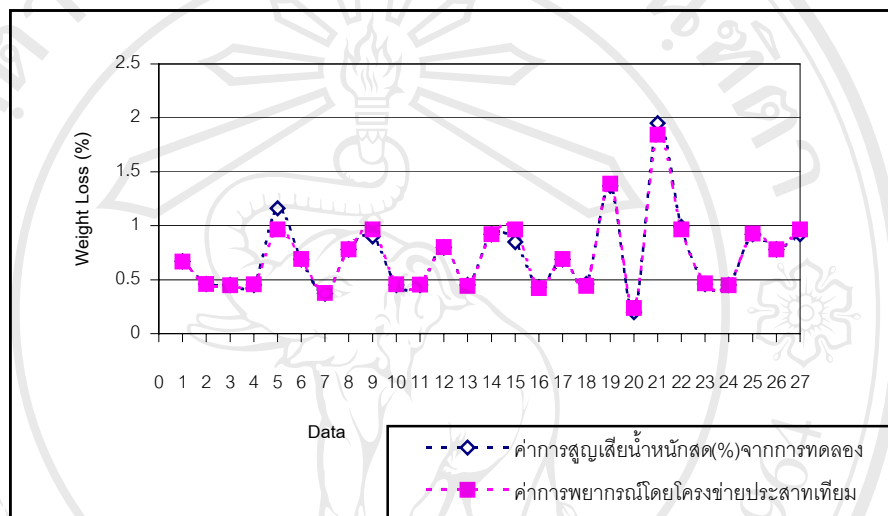
R ² และค่าความผิดพลาด	ค่า
R ²	0.792
MAPE (%)	8.436
Average Error	0.084
Maximum APE (%)	16.558
Maximum Error	0.192

จากตารางที่ 4.16 และ 4.17 พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3 มีค่า MAPE และ Average Error ที่ต่ำที่สุด และค่า R² ที่สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 ที่มีค่า R², Maximum APE (%) และ Maximum Error ที่ต่ำกว่าแต่ไม่มากนัก ซึ่งจะพิจารณาค่า R², MAPE และ Average Error เป็นหลัก จึงเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3 โดยแบบจำลองที่ 3 inputs ประกอบไปด้วย เที้ยวของการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุ และตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทั้ง 3 inputs มีผลและความสำคัญต่อค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้ม

เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ดีที่สุด (แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3) มาเขียนกราฟ พบว่าเส้นกราฟของค่าที่ได้จากการทดลองจริงและเส้นกราฟที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน (รูปที่ 4.6)

ภาชนะบรรจุและตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง เนื่องจากการสั่นสะเทือนของรถบรรทุกและการเสียดสีระหว่างผลผลิตกับภาชนะบรรจุมีผลโดยตรงกับความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลผลิตในระหว่างการขนส่ง การสั่นสะเทือนและเสียดสีจะขึ้นอยู่กับสภาพของถนน สภาพของยานพาหนะ และความเร็วของรถในระหว่างการขนส่ง ในการขนส่งระยะทางไกลๆ พบว่าการสั่นสะเทือนเกิดขึ้น ทำให้ผลไม่เกิดการยุบตัวลงจึงเกิดช่องว่างในภาชนะบรรจุ ช่องว่างบริเวณด้านบนของภาชนะบรรจุที่เกิดขึ้นในระหว่างการยุบตัวนี้จะทำให้ผลไม่กระดอน และกระทบกับผนังของภาชนะบรรจุ ซึ่งจะทำให้ผลไม่เกิดความเสียหาย (Peleg, 1985) และเป็นสาเหตุให้ผลผลิตมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดสูง การปกป้องผลผลิตจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การสูญเสียน้ำระหว่างขนส่งภายในประเทศมีการป้องกันเพียงเล็กน้อย รถบรรทุกส่วนใหญ่ใช้ระบบเปิด ระหว่างการขนส่งใช้ผ้าใบสำหรับบังแดดและฝนเป็นส่วนใหญ่ ผ้าใบป้องกันแดดได้ดีแต่ไม่สามารถป้องกันความร้อนที่แผ่เข้าไปถึงผลผลิต ทำให้อุณหภูมิสูงและ

เสื่อมสภาพเร็ว การปิดผ้าใบมิดชิดนอกจากจะทำให้ความร้อนภายในสูงแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดสภาพขาดออกซิเจนจนกระทั่งทำให้ผลผลิตเสียหายได้ (สายพิน, 2535) การสูญเสียน้ำออกจากผลผลิตเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ การสูญเสียน้ำออกจากผลผลิตนอกจากจะทำให้น้ำหนักที่ขายได้ลดลงแล้วยังทำให้รูปร่างลักษณะของผลผลิตเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลง ทำให้ขายไม่ได้ราคา และอาจจะทำให้รสชาติของผลผลิตนั้นๆ เปลี่ยนแปลงไปด้วย



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้มระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุดโดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

7. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1

แบบจำลองที่ 1 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 2

แบบจำลองที่ 2 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

แบบจำลองที่ 3 มี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- เทียบของการขนส่ง
- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

แบบจำลองที่ 4 มี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

แบบจำลองที่ 5 มี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- เทียบของการขนส่ง
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1-5 ซึ่งได้ทำการ training และ testing แล้วนั้น เห็นได้ว่าแบบจำลองเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางในปัจจัยด้านข้อมูลขาเข้า (input layer) แต่มีความเหมือนกันที่ hidden layer ซึ่งประกอบไปด้วย 2 neurons โดยในตารางที่ 4.19 และ 4.20 แสดงค่าเปรียบเทียบ MAPE, Average Error, Maximum APE, Maximum Error และ R^2 ของแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ส่วนตารางที่ 4.21 แสดงค่า R^2 , MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ของข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด และรูปที่ 4.7 แสดงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.19 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

ค่าความผิดพลาด

	1	2	3	4	5
MAPE (%)	0.999	2.949	0.972	1.013	0.966
Average Error	0.221	0.658	0.216	0.224	0.214
Maximum APE (%)	7.899	8.334	7.976	7.899	7.927
Maximum Error	1.618	1.984	1.633	1.618	1.623

โดยที่ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 โครงข่ายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.20 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	R^2
1	0.833
2	0.788
3	0.852
4	0.816
5	0.892

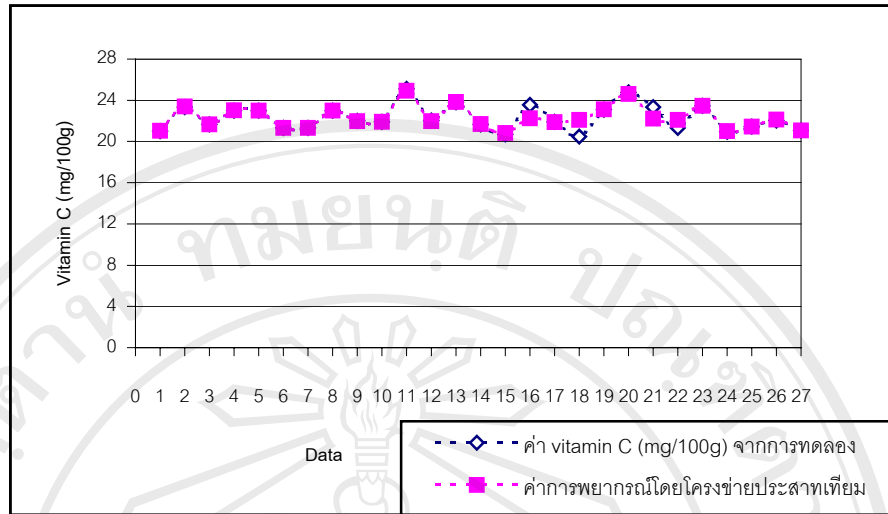
ตารางที่ 4.21 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

R ² และค่าความผิดพลาด	ค่า
R ²	0.704
MAPE (%)	4.483
Average Error	0.987
Maximum APE (%)	7.927
Maximum Error	1.623

จากตารางที่ 4.19 และ 4.20 พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 มีค่า R² ที่สูงที่สุด และค่า MAPE และ Average Error ที่ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1 ที่มีค่า R², Maximum APE (%) และ Maximum Error ที่ต่ำกว่าแต่ไม่มากนัก ซึ่งจะพิจารณาค่า R², MAPE และ Average Error เป็นหลัก จึงเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 โดยแบบจำลองที่ 5 inputs ประกอบไปด้วย ชนิดของภาชนะบรรจุ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ เกี่ยวข้องการขนส่ง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทั้ง 5 inputs มีผลและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม

เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ดีที่สุด (แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5) มาเขียนกราฟ พบว่า เส้นกราฟของค่าที่ได้จากการทดลองจริงและเส้นกราฟที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน (รูปที่ 4.7)

อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม โดยที่อุณหภูมิสูงๆ การสูญเสียวิตามินซีจะมีมากขึ้น และภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นค่อนข้างมากกว่าวิตามินชนิดอื่นๆ



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม ระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5

8. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1

แบบจำลองที่ 1 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 2

แบบจำลองที่ 2 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

แบบจำลองที่ 3 มี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- เที้ยวของการขนส่ง
- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

แบบจำลองที่ 4 มี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

แบบจำลองที่ 5 มี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- เที้ยวของการขนส่ง
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของส้ม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1-5 ซึ่งได้ทำการ training และ testing แล้วนั้น เห็นได้ว่าแบบจำลองเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางในปัจจัยด้านข้อมูลขาเข้า (input layer) แต่มีความเหมือนกันที่ hidden layer ซึ่งประกอบไปด้วย 2 neurons โดยในตารางที่ 4.22 และ 4.23 แสดงค่าเปรียบเทียบ MAPE, Average Error, Maximum APE, Maximum Error และ R^2 ของแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ส่วนตารางที่ 4.24 แสดงค่า R^2 , MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ของข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด และรูปที่ 4.8 แสดงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้มเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.22 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้มในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

ค่าความผิดพลาด	แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม				
	1	2	3	4	5
MAPE (%)	0.353	1.461	0.341	0.340	0.326
Average Error	0.014	0.058	0.013	0.013	0.013
Maximum APE (%)	3.196	5.269	3.259	3.186	3.151
Maximum Error	0.133	0.199	0.136	0.133	0.131

โดยที่ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 โครงข่ายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

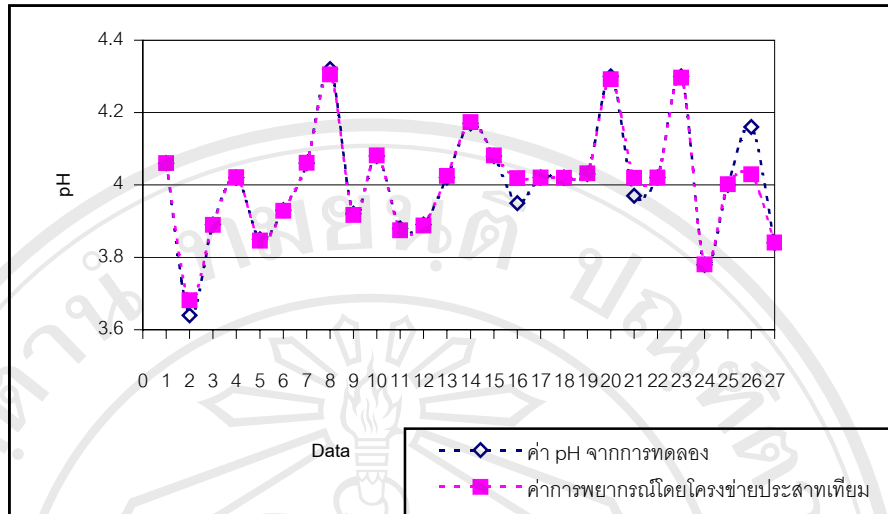
ตารางที่ 4.23 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้มในแต่ ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	R^2
1	0.919
2	0.810
3	0.917
4	0.909
5	0.928

ตารางที่ 4.24 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของ ส้มในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.858
MAPE (%)	1.250
Average Error	0.050
Maximum APE (%)	3.151
Maximum Error	0.131

จากตารางที่ 4.22 และ 4.23 พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 มีค่า R^2 ที่สูงที่สุด และค่า MAPE, Maximum APE และ Maximum Error ที่ต่ำที่สุด จึงทำการเลือกแบบจำลองนี้ โดยแบบจำลองที่ 5 inputs ประกอบไปด้วย ชนิดของภาชนะบรรจุ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ เทียบของการขนส่ง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทั้ง 5 inputs มีผลและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้ม เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ดีที่สุด (แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5) มาเขียนกราฟ พบว่า เส้นกราฟของค่าที่ได้จากการทดลองจริงและเส้นกราฟที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน (รูปที่ 4.8)



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้มระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุดโดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5

9. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1

แบบจำลองที่ 1 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 2

แบบจำลองที่ 2 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

แบบจำลองที่ 3 มี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- เที้ยวของการขนส่ง
- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

แบบจำลองที่ 4 มี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

แบบจำลองที่ 5 มี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- เที้ยวของการขนส่ง
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1-5 ซึ่งได้ทำการ training และ testing แล้วนั้น เห็นได้ว่าแบบจำลองเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางในปัจจัยด้านข้อมูลขาเข้า (input layer) แต่มีความเหมือนกันที่ hidden layer ซึ่งประกอบไปด้วย 2 neurons โดยในตารางที่ 4.25 และ 4.26 แสดงค่าเปรียบเทียบ MAPE, Average Error, Maximum APE, Maximum Error และ R^2 ของแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ส่วนตารางที่ 4.27 แสดงค่า R^2 , MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ของข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด และรูปที่ 4.9 แสดงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า the lightness factor (L^*) เปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.25 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*) ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

ค่าความผิดพลาด	แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม				
	1	2	3	4	5
MAPE (%)	0.627	3.489	0.612	0.606	0.601
Average Error	0.245	1.328	0.239	0.239	0.236
Maximum APE (%)	5.643	16.582	5.483	5.575	5.302
Maximum Error	2.345	5.568	2.281	2.319	2.206

โดยที่ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 โครงข่ายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.26 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*) ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	R^2
1	0.900
2	0.794
3	0.916
4	0.939
5	0.945

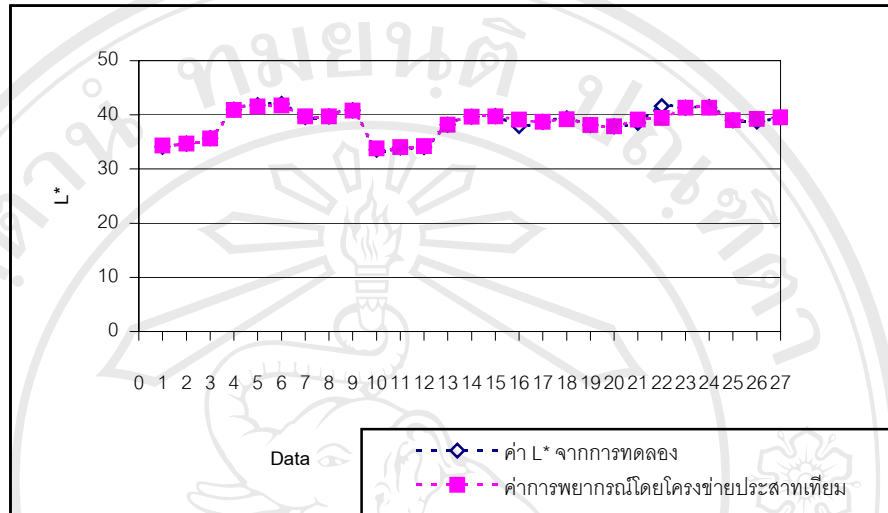
ตารางที่ 4.27 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*) ในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.890
MAPE (%)	2.335
Average Error	0.930
Maximum APE (%)	5.302
Maximum Error	2.206

จากตารางที่ 4.25 และ 4.26 พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 มีค่า R^2 ที่สูงที่สุด และค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ที่ต่ำที่สุด จึงทำการเลือกแบบจำลองนี้ โดยแบบจำลองที่ 5 inputs ประกอบไปด้วย ชนิดของภาชนะบรรจุ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ เกี่ยวข้องการขนส่ง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทั้ง 5 inputs มีผลและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า the lightness factor (L^*)

เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ดีที่สุด (แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5) มาเขียนกราฟ พบว่า เส้นกราฟของค่าที่ได้จากการ

ทดลองจริงและเส้นกราฟที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน (รูปที่ 4.9)



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า lightness factor (L^*) ระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5

10. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C^*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1

แบบจำลองที่ 1 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C^*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 2

แบบจำลองที่ 2 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

แบบจำลองที่ 3 มี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- เที้ยวของการขนส่ง
- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

แบบจำลองที่ 4 มี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

แบบจำลองที่ 5 มี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- เที้ยวของการขนส่ง
- อุณหภูมิ

- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C*)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1-5 ซึ่งได้ทำการ training และ testing แล้วนั้น เห็นได้ว่าแบบจำลองเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางในปัจจัยด้านข้อมูลขาเข้า (input layer) แต่มีความเหมือนกันที่ hidden layer ซึ่งประกอบไปด้วย 2 neurons โดยในตารางที่ 4.28 และ 4.29 แสดงค่าเปรียบเทียบ MAPE, Average Error, Maximum APE, Maximum Error และ R^2 ของแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ส่วนตารางที่ 4.30 แสดงค่า R^2 , MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ของข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด และรูปที่ 4.10 แสดงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C*) เปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.28 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C*) ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม					
ค่าความผิดพลาด	1	2	3	4	5
MAPE (%)	0.869	5.222	0.903	0.876	0.859
Average Error	0.419	2.409	0.433	0.419	0.410
Maximum APE (%)	7.409	27.181	7.730	7.529	7.198
Maximum Error	3.878	10.389	4.046	3.941	3.767

โดยที่ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 โครงข่ายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.29 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า C^* ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

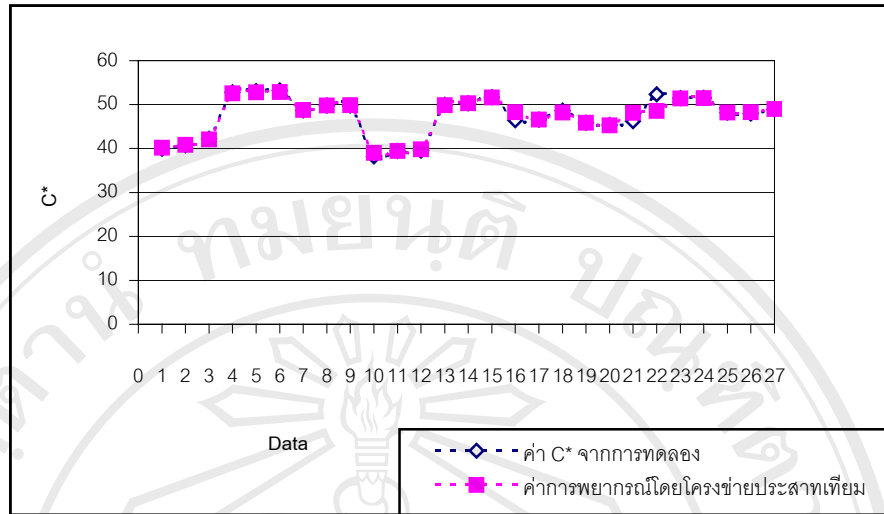
แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	R^2
1	0.901
2	0.754
3	0.876
4	0.916
5	0.944

ตารางที่ 4.30 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า C^* ในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.889
MAPE (%)	3.336
Average Error	1.638
Maximum APE (%)	7.198
Maximum Error	3.767

จากตารางที่ 4.28 และ 4.29 พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 มีค่า R^2 ที่สูงที่สุด และค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ที่ต่ำที่สุด จึงทำการเลือกแบบจำลองนี้ โดยแบบจำลองที่ 5 inputs ประกอบไปด้วย ชนิดของภาชนะบรรจุ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ เทียบของการขนส่ง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทั้ง 5 inputs มีผลและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C^*)

เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ดีที่สุด (แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5) มาเขียนกราฟ พบว่า เส้นกราฟของค่าที่ได้จากการทดลองจริงและเส้นกราฟที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน (รูปที่ 4.10)



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า C^* ระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุดโดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 5

11. แบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า hue angle (h°)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1

แบบจำลองที่ 1 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า hue angle (h°)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 2

แบบจำลองที่ 2 มี input layer 2 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า hue angle (h°)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

แบบจำลองที่ 3 มี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- เที้ยวของการขนส่ง
- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า hue angle (h°)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 4

แบบจำลองที่ 4 มี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า hue angle (h°)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5

แบบจำลองที่ 5 มี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

Input :

- ชนิดของภาชนะบรรจุ
- ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
- เที้ยวของการขนส่ง
- อุณหภูมิ
- ความชื้นสัมพัทธ์

Output :

- การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า hue angle (h°)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 1-5 ซึ่งได้ทำการ training และ testing แล้วนั้น เห็นได้ว่าแบบจำลองเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางในปัจจัยด้านข้อมูลขาเข้า (input layer) แต่มีความเหมือนกันที่ hidden layer ซึ่งประกอบไปด้วย 2 neurons โดยในตารางที่ 4.31 และ 4.32 แสดงค่าเปรียบเทียบ MAPE, Average Error, Maximum APE, Maximum Error และ R^2 ของแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ส่วนตารางที่ 4.33 แสดงค่า R^2 , MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ของข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของการเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด และรูปที่ 4.11 แสดงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า h° เปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.31 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า hue angle (h°) ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

ค่าความผิดพลาด	แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม				
	1	2	3	4	5
MAPE (%)	0.427	3.429	0.415	0.421	0.422
Average Error	0.369	2.824	0.356	0.362	0.364
Maximum APE (%)	3.347	26.671	3.229	3.337	3.163
Maximum Error	3.093	18.581	2.985	3.084	2.923

โดยที่ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 โครงข่ายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.32 การเปรียบเทียบค่า R^2 ของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า h° ในแต่ละแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	R^2
1	0.865
2	0.728
3	0.971
4	0.903
5	0.898

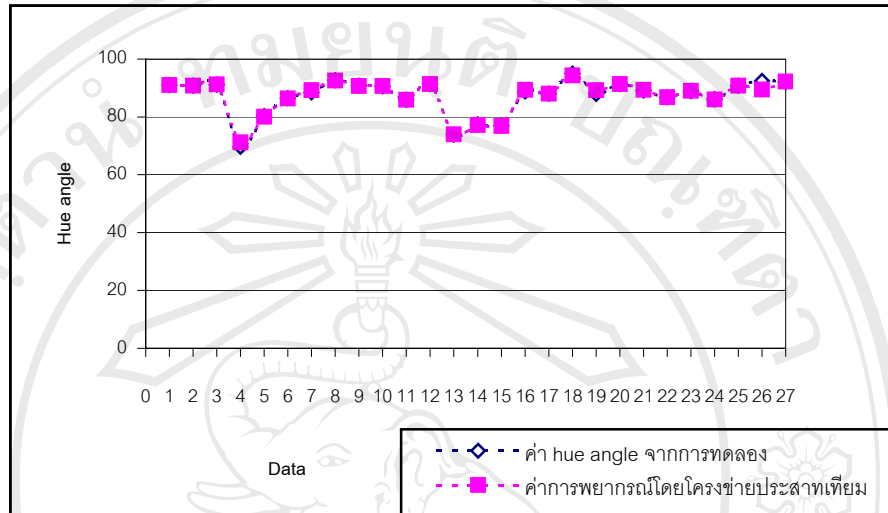
ตารางที่ 4.33 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า h° ในข้อมูลจำนวน 5 ชุดทดสอบ (testing set) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.942
MAPE (%)	1.323
Average Error	1.195
Maximum APE (%)	3.229
Maximum Error	2.985

จากตารางที่ 4.21 และ 4.22 พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3 มีค่า R^2 ที่สูงที่สุด และค่า MAPE และ Average Error ที่ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 5 ที่มีค่า R^2 , Maximum APE (%) และ Maximum Error ที่ต่ำกว่าแต่ไม่มากนัก ซึ่งจะพิจารณาค่า R^2 , MAPE และ Average Error เป็นหลัก จึงเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3 โดยแบบจำลองที่ 3 inputs ประกอบไปด้วย เที้ยวของการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุ และตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทั้ง 3 inputs มีผลและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า hue angle (h°)

เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ดีที่สุด (แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ 3) มาเขียนกราฟ พบว่า เส้นกราฟของค่าที่ได้จากการ

ทดลองจริงและเส้นกราฟที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน (รูปที่ 4.11)



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า h° ระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าการพยากรณ์จำนวน 27 ชุดโดยโครงข่ายประสาทเทียมของแบบจำลองที่ 3

4.2 แบบจำลองทำนายคุณภาพส้มสายน้ำผึ้งภายหลังการขนส่งทางรถบรรทุกโดยวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร (Multiple Linear Regression)

จากการทดลองดังกล่าวข้างต้น ได้นำข้อมูลทั้งตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำการทดลองทั้งวิธี non-linear และวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร (Multiple Linear Regression) เพื่อใช้ในการทำนายการสูญเสียของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่ง พบว่า non-linear ให้ค่า R^2 ที่น้อยกว่าวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร จึงได้เลือกใช้วิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมต่อไป อย่างไรก็ตาม สมการที่ได้นี้สามารถอธิบายได้เฉพาะการทดลองของสวนที่ทำนี้เท่านั้น ทำให้สมการมีข้อจำกัดไม่สามารถใช้ได้อย่างกว้างขวาง

สมการทำนายคุณภาพส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งที่มีค่า $R^2 > 0.5$ ได้แก่

1. สมการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด
2. สมการทำนายความเสียหายทางกล
3. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ส่วนสมการทำนายคุณภาพสัมผัสน้ำฝิ่งหลังการขนส่งที่มีค่า $R^2 < 0.5$ จะนำมาแสดงให้ดู
ด้วยเพราะต้องการเปรียบเทียบกับแบบจำลองการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมซึ่งได้แก่

1. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้
2. สมการทำนายการเน่าเสีย
3. สมการทำนายการสูญเสียน้ำหนักสด
4. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี
5. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง
6. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม lightness factor (L^*)
7. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C^*)
8. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°)

1. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้ม

$$Y = 10.572 + 0.972X_1 + 2.562 \cdot 10^{-2} X_2 - 3.05 \cdot 10^{-2} X_3 - 8.68 \cdot 10^{-2} X_4 + 2.773 \cdot 10^{-2} X_5$$

- เมื่อ
- X_1 = จำนวนเที่ยวการขนส่ง
 - X_2 = ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้
 - X_3 = ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
 - X_4 = อุณหภูมิ ($^\circ C$)
 - X_5 = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

จากสมการที่ 1 พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้ม คือ จำนวนเที่ยวการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ ($^\circ C$) และความชื้นสัมพัทธ์ (%) ผลของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Y) ที่ได้เป็นผลหรืออิทธิพลจากตัวแปร จำนวนเที่ยวการขนส่ง (X_1) ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ (X_2) ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ (X_3) อุณหภูมิ (X_4) และความชื้นสัมพัทธ์ (X_5) 81.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 9.1 เปอร์เซ็นต์เป็นผลจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่าได้ และจากสมการทำนายได้แทนค่าลงไปเพื่อคำนวณค่าที่ได้จากสมการทำนาย ค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error จำนวน 27 ชุด ดังตารางที่ 4.23

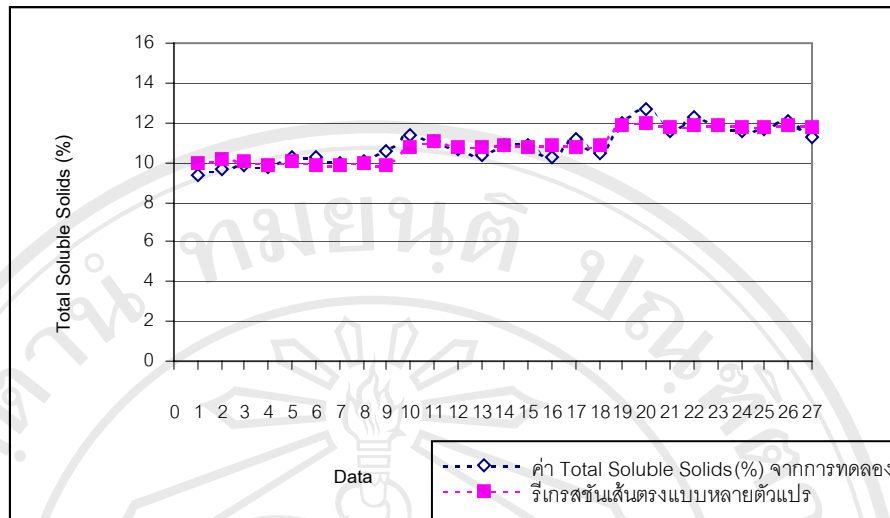
ตารางที่ 4.34 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.819
MAPE (%)	2.708
Average Error	0.292
Maximum APE (%)	6.912
Maximum Error	0.731

ตารางที่ 4.35 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.671
MAPE (%)	3.032
Average Error	0.351
Maximum APE (%)	5.378
Maximum Error	0.613

จากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่างค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (%) จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากสมการทำนายดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของส้มจำนวน 27 ชุด

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าใกล้เคียงกับเส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายจำนวน 27 ชุดของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของส้ม (รูปที่ 4.12) เพราะสมการทำนายมีค่า $R^2 = 0.819$ ซึ่งถือได้ว่ามีค่าที่สูงพอสมควร จึงทำให้เส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (รูปที่ 4.1) นั้นเส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

2. สมการทำนายเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้ม

$$Y = -12.107 + 1.867X_1 + 2.643X_2 + 1.844X_3 - 0.286X_4$$

เมื่อ X_1 = ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้

X_2 = ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

X_3 = อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)

X_4 = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

จากสมการที่ 2 พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้ม คือ ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) และความชื้นสัมพัทธ์ (%) ผลของเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกล (Y) ที่ได้เป็นผลหรืออิทธิพลจากตัวแปร ชนิดของภาชนะบรรจุ

ที่ใช้ (X_1) ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ (X_2) อุณหภูมิ (X_3) และความชื้นสัมพัทธ์ (X_4) 65.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 34.2 เปอร์เซ็นต์เป็นผลจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่าได้ และจากสมการทำนายได้แทนค่าลงไปเพื่อคำนวณค่าที่ได้จากสมการทำนายค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error จำนวน 27 ชุด ดังตารางที่ 4.23

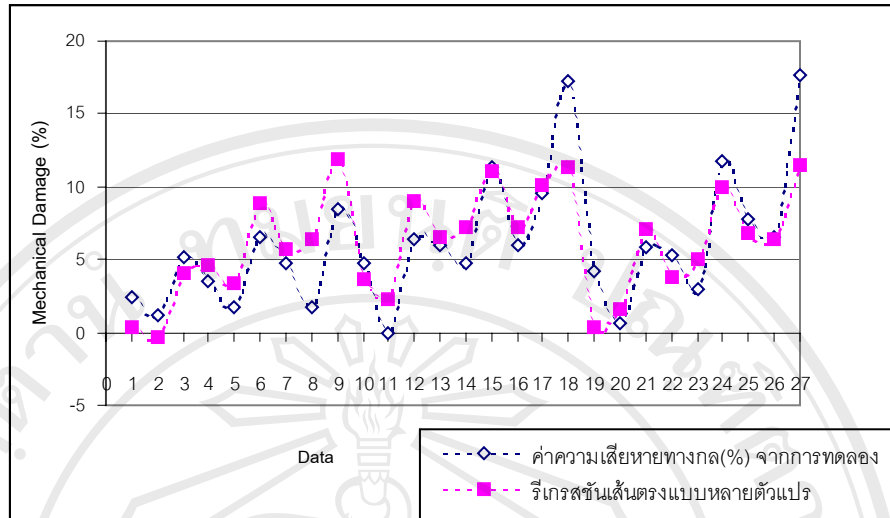
ตารางที่ 4.36 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของสั้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.658
MAPE (%)	49.613
Average Error	2.025
Maximum APE (%)	256.014
Maximum Error	6.207

ตารางที่ 4.37 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของสั้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.547
MAPE (%)	44.282
Average Error	1.992
Maximum APE (%)	89.895
Maximum Error	3.749

จากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่างค่าความเสียหายทางกล (%) จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากสมการทำนายดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของสั้มจำนวน 27 ชุด

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าที่ไม่ใกล้เคียงกันกับเส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของสั้มมากเท่าที่ควร (รูปที่ 4.25) เนื่องจากสมการทำนายมีค่า $R^2 = 0.658$ ซึ่งถือได้ว่ามีค่าที่ไม่สูง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟของกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (รูปที่ 4.2) นั้นเส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

3. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

$$Y = 82.871 + 2.169X_1 + 0.413X_2 + 0.360X_3 + 0.510X_4 - 0.886X_5$$

- เมื่อ
- X_1 = จำนวนเที่ยวการขนส่ง
 - X_2 = ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้
 - X_3 = ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ
 - X_4 = อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
 - X_5 = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

จากสมการที่ 3 พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อ TSS/TA (%) ของสั้ม คือ จำนวนเที่ยวการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) และความชื้นสัมพัทธ์ (%)

ผลของ TSS/TA (%) (Y) ที่ได้เป็นผลหรืออิทธิพลจากตัวแปร จำนวนเที่ยวการขนส่ง (X_1) ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ (X_2) ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ (X_3) อุณหภูมิ (X_4) และความชื้นสัมพัทธ์ (X_5) 59.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 40.6 เปอร์เซ็นต์เป็นผลจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่าได้ และจากสมการทำนายได้แทนค่าลงไปเพื่อคำนวณค่าที่ได้จากสมการทำนายค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error จำนวน 27 ชุด ดังตารางที่ 4.25

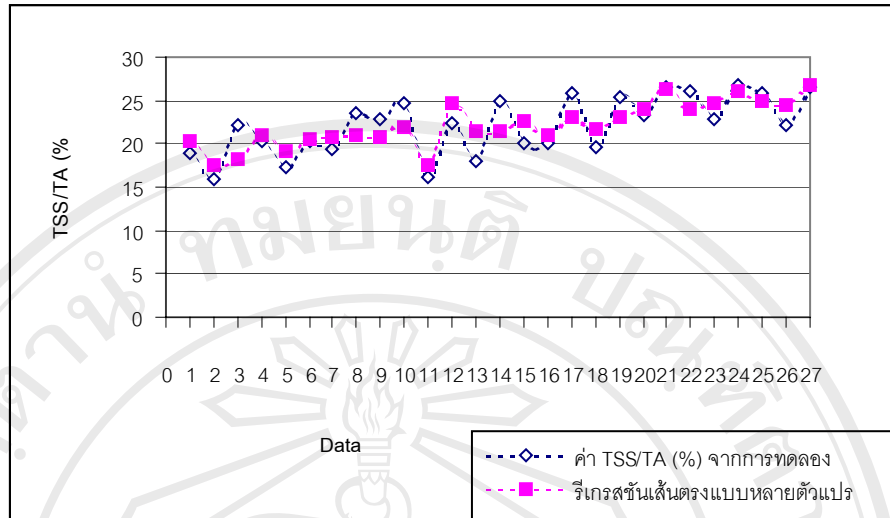
ตารางที่ 4.38 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนาย TSS/TA (%) ของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.594
MAPE (%)	8.353
Average Error	1.802
Maximum APE (%)	20.299
Maximum Error	3.633

ตารางที่ 4.39 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียม จำนวน 5 ชุดจากสมการทำนาย TSS/TA (%) ของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.445
MAPE (%)	9.030
Average Error	1.946
Maximum APE (%)	13.136
Maximum Error	2.635

จากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่าง TSS/TA (%) จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากสมการทำนายดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนาย TSS/TA (%) ของส้มจำนวน 27 ชุด

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าที่ไม่ใกล้เคียงกันกับเส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนาย TSS/TA (%) ของส้มมากเท่าที่ควร (รูปที่ 4.14) เนื่องจากสมการทำนายมีค่า $R^2 = 0.594$ ซึ่งถือได้ว่ามีค่าที่ไม่สูง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (รูปที่ 4.3) นั้นเส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

4. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

$$Y = -1.217 - 6.68 \cdot 10^{-3} X_1 - 6.94 \cdot 10^{-3} X_2 - 1.28 \cdot 10^{-2} X_3 - 1.33 \cdot 10^{-2} X_4 + 2.472 \cdot 10^{-2} X_5$$

เมื่อ X_1 = จำนวนเที่ยวการขนส่ง

X_2 = ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้

X_3 = ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

X_4 = อุณหภูมิ ($^{\circ}$ C)

X_5 = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

จากสมการที่ 4 พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้ม คือจำนวนเที่ยวการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ ($^{\circ}$ C)

และความชื้นสัมพัทธ์ (%) ผลของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้(Y) ที่ได้เป็นผลหรืออิทธิพลจากตัวแปร จำนวนเที่ยวการขนส่ง (X_1) ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ (X_2) ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ (X_3) อุณหภูมิ (X_4) และความชื้นสัมพัทธ์ (X_5) 48 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 52 เปอร์เซ็นต์เป็นผลจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่าได้ และจากสมการทำนายได้แทนค่าลงไป เพื่อคำนวณค่าที่ได้จากสมการทำนายค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error จำนวน 27 ชุด ดังตารางที่ 4.26

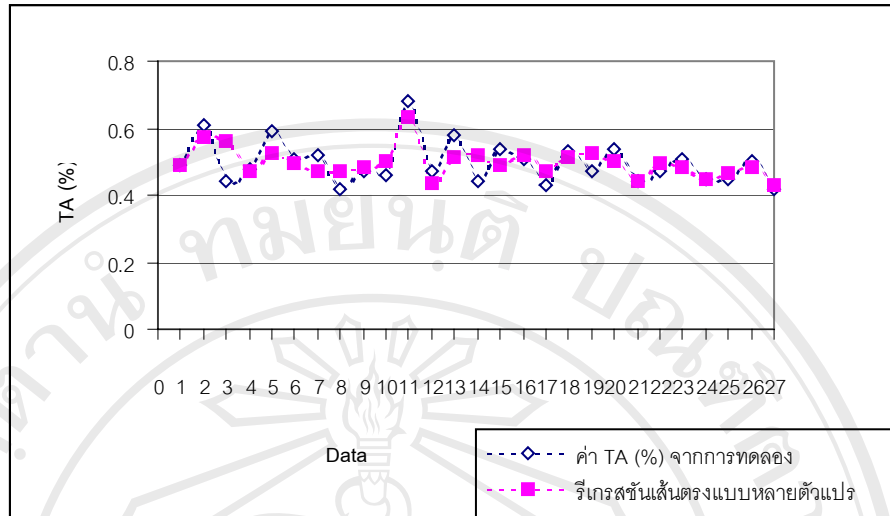
ตารางที่ 4.40 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) ของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.480
MAPE (%)	7.110
Average Error	0.035
Maximum APE (%)	27.662
Maximum Error	0.122

ตารางที่ 4.41 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) ของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.332
MAPE (%)	8.280
Average Error	0.039
Maximum APE (%)	17.825
Maximum Error	0.078

จากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่างการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากสมการทำนายดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มจำนวน 27 ชุด

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าที่ไม่ใกล้เคียงกันกับเส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มมากเท่าที่ควร (รูปที่ 4.15) เนื่องจากสมการทำนายมีค่า $R^2 = 0.480$ ซึ่งถือได้ว่ามีค่าที่ไม่สูงซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (รูปที่ 4.4) นั้น เส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

5. สมการทำนายเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้ม

$$Y = -1.966 + 0.188X_1 + 5.723 \cdot 10^{-2} X_2 + 0.173X_3 + 0.115X_4 - 3.43 \cdot 10^{-3} X_5$$

เมื่อ X_1 = จำนวนเที่ยวการขนส่ง

X_2 = ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้

X_3 = ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

X_4 = อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)

X_5 = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

จากสมการที่ 5 พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการเน่าเสียของส้ม คือ จำนวนเที่ยวการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) และความชื้นสัมพัทธ์ (%) ผลของ

เปอร์เซ็นต์การนำเสีย(Y) ที่ได้เป็นผลหรืออิทธิพลจากตัวแปร จำนวนเที่ยวการขนส่ง (X_1) ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ (X_2) ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ (X_3) อุณหภูมิ (X_4) และความชื้นสัมพัทธ์ (X_5) 46.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 53.4 เปอร์เซ็นต์เป็นผลจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่าได้ และจากสมการ ได้แทนค่าลงไปเพื่อคำนวณค่าที่ได้จากสมการทำนายค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error จำนวน 27 ชุด ดังตารางที่ 4.27

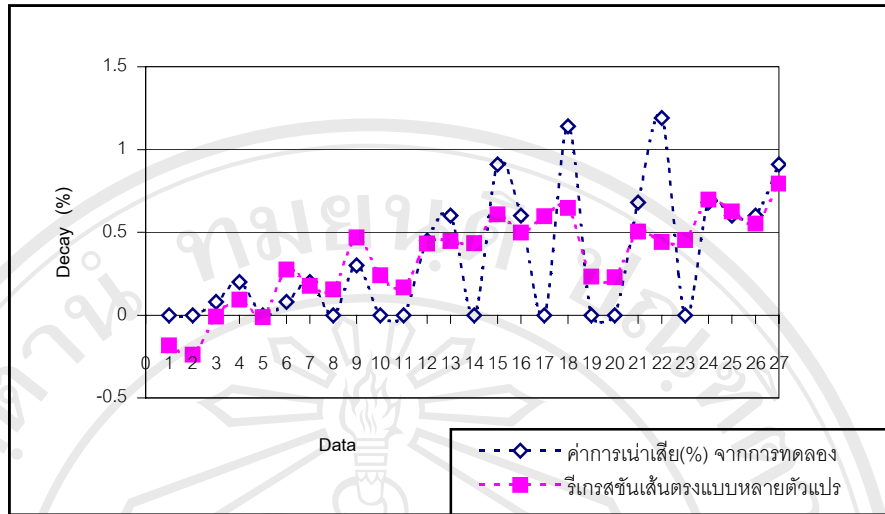
ตารางที่ 4.42 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์การนำเสียของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.466
MAPE (%)	26.479
Average Error	0.212
Maximum APE (%)	243.835
Maximum Error	0.748

ตารางที่ 4.43 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์การนำเสียของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.319
MAPE (%)	25.434
Average Error	0.224
Maximum APE (%)	43.296
Maximum Error	0.494

จากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่างค่าการนำเสีย (%) ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากสมการทำนายดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายเปอร์เซ็นต์การนำเสียของส้มจำนวน 27 ชุด

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าที่ไม่ใกล้เคียงกันกับเส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปอร์เซ็นต์การนำเสียของส้มมากเท่าที่ควร (รูปที่ 4.16) เนื่องจากสมการทำนายมีค่า $R^2 = 0.466$ ซึ่งถือได้ว่ามีค่าที่ต่ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (รูปที่ 4.5) นั้น เส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

6. สมการทำนายเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้ม

$$Y = 0.721 + 0.172X_1 + 0.136X_2 + 0.189X_3$$

- เมื่อ X_1 = จำนวนเที่ยวการขนส่ง
- X_2 = ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้
- X_3 = ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

จากสมการที่ 6 พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้ม คือ จำนวนเที่ยวการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ ผลเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด (Y) ที่ได้เป็นผลหรืออิทธิพลจากตัวแปร จำนวนเที่ยวการขนส่ง (X_1) ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ (X_2) ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ (X_3) 43 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 57 เปอร์เซ็นต์เป็นผลจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่าได้ และจากสมการทำนายได้แทนค่าลงไป

เพื่อคำนวณค่าที่ได้จากสมการทำนายค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error จำนวน 27 ชุด ดังตารางที่ 4.28

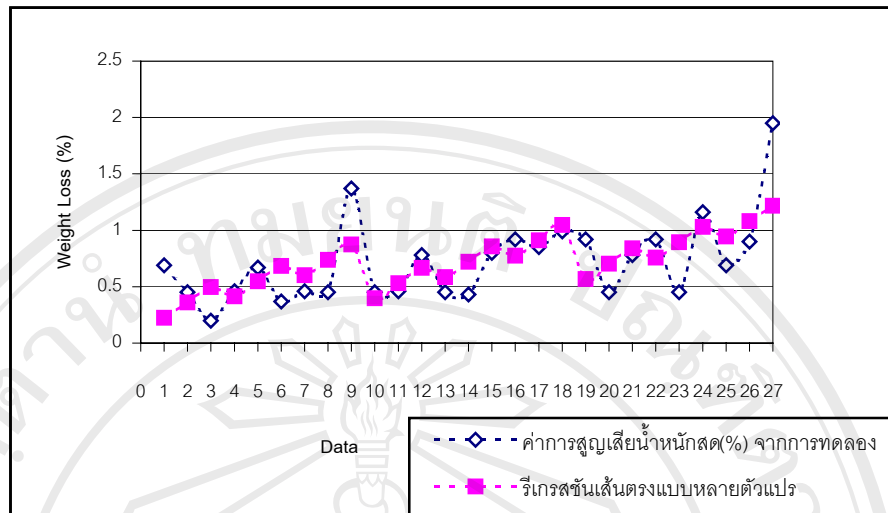
ตารางที่ 4.44 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.430
MAPE (%)	36.301
Average Error	0.215
Maximum APE (%)	148
Maximum Error	0.732

ตารางที่ 4.45 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.346
MAPE (%)	16.498
Average Error	0.156
Maximum APE (%)	38.261
Maximum Error	0.352

จากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่างค่าการสูญเสียน้ำหนักสด (%) จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากสมการทำนายดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้มจำนวน 27 ชุด

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าที่ไม่ใกล้เคียงกันกับเส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการสูญเสียน้ำหนักสดของส้มมากเท่าที่ควร (รูปที่ 4.17) เนื่องจากสมการทำนายมีค่า $R^2 = 0.430$ ซึ่งถือได้ว่ามีค่าที่ไม่สูง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (รูปที่ 4.6) นั้น เส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

7. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม

$$Y = 10.025 + 0.229X_1 - 0.277X_2 - 0.456X_3 - 0.350X_4 + 0.248X_5$$

เมื่อ X_1 = จำนวนเที่ยวการขนส่ง

X_2 = ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้

X_3 = ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

X_4 = อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)

X_5 = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

จากสมการที่ 7 พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม คือ จำนวนเที่ยวการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) และ

ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ผลของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี (Y) ที่ได้เป็นผลหรืออิทธิพล จากตัวแปร จำนวนเที่ยวการขนส่ง (X_1) ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ (X_2) ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ (X_3) อุณหภูมิ (X_4) และความชื้นสัมพัทธ์ (X_5) 33.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 66.1 เปอร์เซ็นต์เป็น ผลจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่าได้ และจากสมการทำนายได้แทนค่าลงไปเพื่อคำนวณค่าที่ ได้จากสมการทำนายค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error จำนวน 27 ชุด ดังตารางที่ 4.29

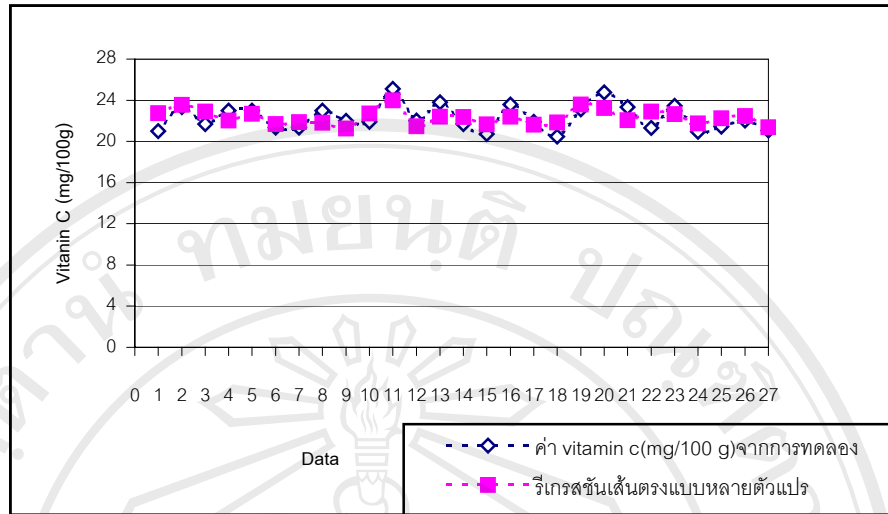
ตารางที่ 4.46 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายการ เปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.339
MAPE (%)	3.951
Average Error	0.882
Maximum APE (%)	8.311
Maximum Error	1.745

ตารางที่ 4.47 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียม จำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.299
MAPE (%)	5.328
Average Error	1.172
Maximum APE (%)	6.624
Maximum Error	1.357

จากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่างการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้ม จากการ ทดลองจริงและค่าที่ได้จากสมการทำนายดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มจำนวน 27 ชุด

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าที่ไม่ใกล้เคียงกันกับเส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มมากเท่าที่ควร (รูปที่ 4.18) เนื่องจากสมการทำนายมีค่า $R^2 = 0.339$ ซึ่งถือได้ว่ามีค่าที่ต่ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (รูปที่ 4.7) นั้น เส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

8. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง

$$Y = 5.739 + 3.715 \cdot 10^{-2} X_1 - 4.40 \cdot 10^{-2} X_2 + 2.581 \cdot 10^{-2} X_3 - 1.17 \cdot 10^{-2} X_4 - 1.80 \cdot 10^{-2} X_5$$

เมื่อ X_1 = จำนวนเที่ยวการขนส่ง

X_2 = ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้

X_3 = ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

X_4 = อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)

X_5 = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

จากสมการที่ 8 พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้ม คือ จำนวนเที่ยวการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) และ

ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ผลการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (Y) ที่ได้เป็นผลหรืออิทธิพลจากตัวแปร จำนวนเที่ยวการขนส่ง (X_1) ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ (X_2) ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ (X_3) อุณหภูมิ (X_4) และความชื้นสัมพัทธ์ (X_5) 18.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 81.7 เปอร์เซ็นต์เป็นผลจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่าได้ และจากสมการทำนายได้แทนค่าลงไปเพื่อคำนวณค่าที่ได้จากสมการทำนายค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error จำนวน 27 ชุด ดังนี้

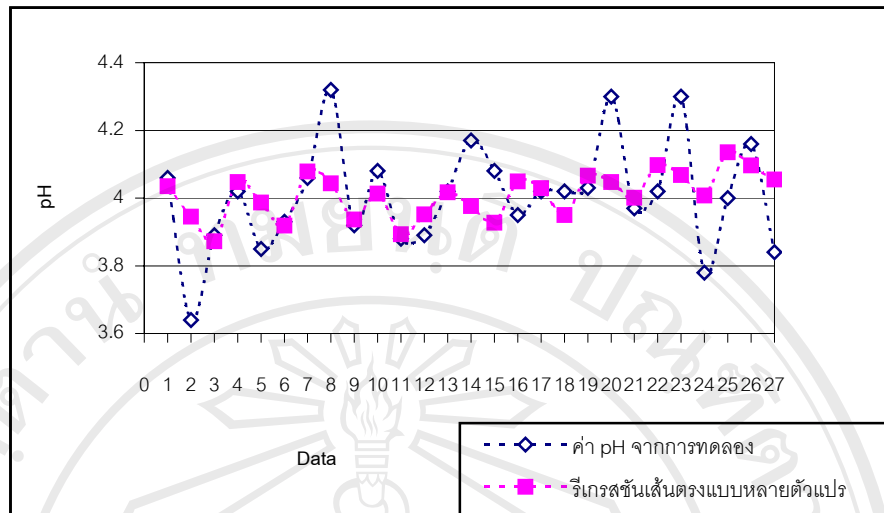
ตารางที่ 4.48 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.183
MAPE (%)	2.561
Average Error	0.103
Maximum APE (%)	8.371
Maximum Error	0.305

ตารางที่ 4.49 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้ม

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.192
MAPE (%)	1.699
Average Error	0.068
Maximum APE (%)	2.508
Maximum Error	0.099

จากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากสมการทำนายดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้มจำนวน 27 ชุด

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าที่ไม่ใกล้เคียงกันกับเส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้มมากเท่าที่ควร (รูปที่ 4.19) เนื่องจากสมการทำนายมีค่า $R^2 = 0.183$ ซึ่งถือได้ว่ามีค่าที่ต่ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (รูปที่ 4.8) นั้น เส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

9. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม lightness factor (L^*)

$$Y = 64.9 + 0.348X_1 + 0.552X_2 + 1.757X_3 - 0.192X_4 - 0.270X_5$$

เมื่อ X_1 = จำนวนเที่ยวการขนส่ง

X_2 = ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้

X_3 = ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

X_4 = อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)

X_5 = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

จากสมการที่ 9 พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม the lightness factor (L^*) คือ จำนวนเที่ยวการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) และความชื้นสัมพัทธ์ (%) ผลของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม the lightness factor (L^*) (Y) ที่ได้เป็นผลหรืออิทธิพลจากตัวแปร จำนวนเที่ยวการขนส่ง (X_1) ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ (X_2) ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ (X_3) อุณหภูมิ (X_4) และความชื้นสัมพัทธ์ (X_5) 41 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 59 เปอร์เซ็นต์เป็นผลจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่าได้ และจากสมการทำนายได้แทนค่าลงไปเพื่อคำนวณค่าที่ได้จากสมการทำนายค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error จำนวน 27 ชุด ดังตารางที่ 4.31

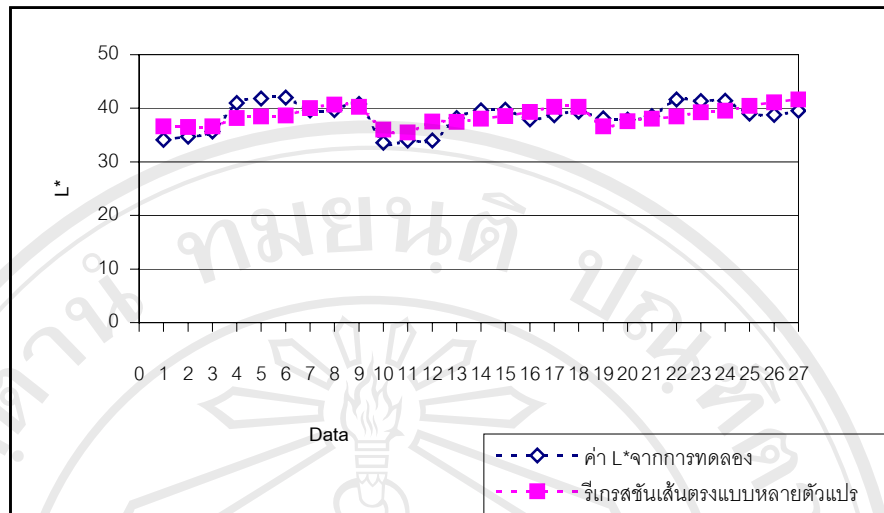
ตารางที่ 4.50 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม lightness factor (L^*)

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.410
MAPE (%)	4.490
Average Error	1.723
Maximum APE (%)	10.333
Maximum Error	3.515

ตารางที่ 4.51 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียม จำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม lightness factor (L^*)

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.398
MAPE (%)	4.105
Average Error	1.630
Maximum APE (%)	7.515
Maximum Error	3.127

จากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่างการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม lightness factor (L^*) จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากสมการทำนายดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม lightness factor (L*) จำนวน 27 ชุด

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าที่ไม่ใกล้เคียงกันกับเส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม lightness factor (L*) มากเท่าที่ควร (รูปที่ 4.20) เนื่องจากสมการทำนายมีค่า $R^2 = 0.410$ ซึ่งถือได้ว่ามีค่าที่ต่ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (รูปที่ 4.9) นั้น เส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

10. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C*)

$$Y = 78.571 + 0.324X_1 + 0.559X_2 + 3.093X_3 + 1.958 \cdot 10^{-2} X_4 - 0.389X_5$$

เมื่อ X_1 = จำนวนเที่ยวการขนส่ง

X_2 = ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้

X_3 = ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

X_4 = อุณหภูมิ (°C)

X_5 = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

จากสมการที่ 10 พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C*) คือ จำนวนเที่ยวการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ (°C)

และความชื้นสัมพัทธ์ (%) ผลของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C*) (Y) ที่ได้เป็นผลหรืออิทธิพลจากตัวแปร จำนวนเที่ยวการขนส่ง (X_1) ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ (X_2) ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ (X_3) อุณหภูมิ (X_4) และความชื้นสัมพัทธ์ (X_5) 36.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 63.5 เปอร์เซ็นต์เป็นผลจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่าได้ และจากสมการทำนายได้แทนค่าลงไปเพื่อคำนวณค่าที่ได้จากสมการทำนายค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error จำนวน 27 ชุด ดังตารางที่ 4.32

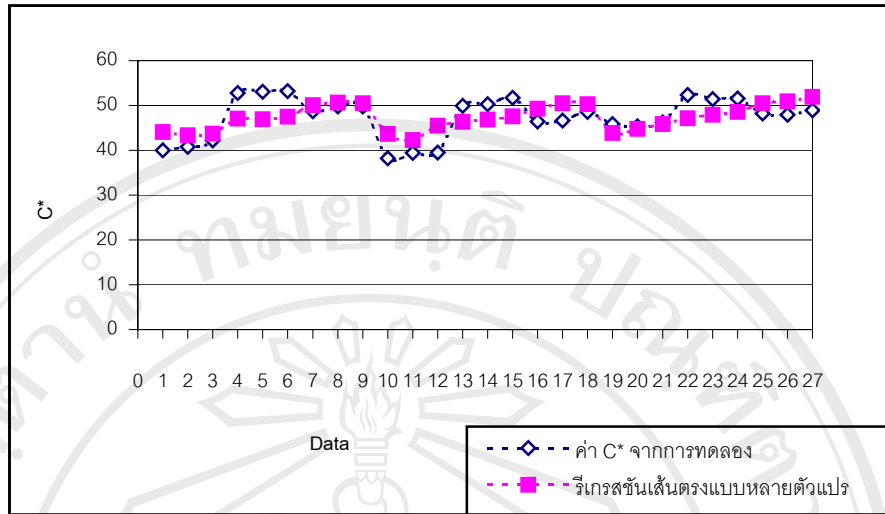
ตารางที่ 4.52 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C*)

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.365
MAPE (%)	6.743
Average Error	3.167
Maximum APE (%)	15.275
Maximum Error	6.032

ตารางที่ 4.53 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C*)

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.389
MAPE (%)	5.309
Average Error	2.615
Maximum APE (%)	9.902
Maximum Error	5.183

จากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่างการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C*) จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากสมการทำนายดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C*) จำนวน 27 ชุด

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าที่ไม่ใกล้เคียงกันกับเส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม chroma (C*) มากเท่าที่ควร (รูปที่ 4.21) เนื่องจากสมการทำนายมีค่า $R^2 = 0.365$ ซึ่งถือได้ว่ามีค่าที่ต่ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (รูปที่ 4.10) นั้น เส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

11. สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°)

$$Y = 87.220 + 1.349X_1 + 1.734X_2 + 0.552X_3$$

เมื่อ X_1 = จำนวนเที่ยวการขนส่ง

X_2 = ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้

X_3 = ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

จากสมการที่ 11 พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°) คือ จำนวนเที่ยวการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ ผลของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°) (Y) ที่ได้เป็นผลหรืออิทธิพลจากตัวแปร จำนวนเที่ยวการขนส่ง (X_1) ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ (X_2) ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ (X_3) 9.2

เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 90.8 เปอร์เซ็นต์เป็นผลจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่าได้ และจากสมการทำนายได้แทนค่าลงไปเพื่อคำนวณค่าที่ได้จากสมการทำนายค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error จำนวน 27 ชุด ดังตารางที่ 4.33

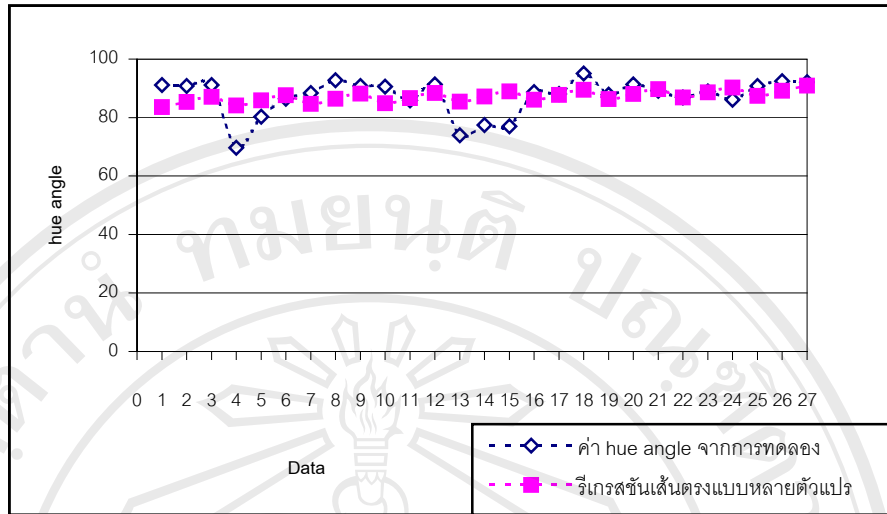
ตารางที่ 4.54 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของข้อมูลจำนวน 27 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°)

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.092
MAPE (%)	5.388
Average Error	4.460
Maximum APE (%)	15.694
Maximum Error	14.467

ตารางที่ 4.55 ค่า R^2 และค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 5 ชุดจากสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°)

R^2 และค่าความผิดพลาด	ค่า
R^2	0.120
MAPE (%)	2.676
Average Error	2.396
Maximum APE (%)	4.241
Maximum Error	3.751

จากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่างการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°) จาก การทดลองจริงและค่าที่ได้จากสมการทำนายดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°) จำนวน 27 ชุด

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าที่ไม่ใกล้เคียงกันกับเส้นกราฟจากค่าที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้ม hue angle (h°) มากเท่าที่ควร (รูปที่ 4.22) เนื่องจากสมการทำนายมีค่า $R^2 = 0.092$ ซึ่งถือได้ว่ามีค่าที่ต่ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (รูปที่ 4.11) นั้น เส้นกราฟทั้งสองเส้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

4.3 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปรและแบบจำลองการใช้โครงข่ายประสาทเทียม

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

- ข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.819	0.965
MAPE (%)	2.708	0.660
Average Error	0.292	0.076
Maximum APE (%)	6.912	3.810
Maximum Error	0.731	0.466

- ข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.671	0.932
MAPE (%)	3.032	2.528
Average Error	0.351	0.296
Maximum APE (%)	5.378	3.810
Maximum Error	0.613	0.466

4.3.2 เปอร์เซนต์ความเสียหายทางกล

- ข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.658	0.940
MAPE (%)	49.613	2.703
Average Error	2.025	0.117
Maximum APE (%)	256.014	28.229
Maximum Error	4.557	1.008

- ข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.547	0.881
MAPE (%)	44.282	13.080
Average Error	1.992	0.569
Maximum APE (%)	89.895	28.229
Maximum Error	3.749	1.008

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

- ข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.594	0.822
MAPE (%)	8.353	1.192
Average Error	1.802	0.249
Maximum APE (%)	20.299	5.578
Maximum Error	3.633	1.119

- ข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.445	0.644
MAPE (%)	9.030	5.383
Average Error	1.946	1.148
Maximum APE (%)	13.136	7.118
Maximum Error	2.635	1.428

4.3.4 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

- ข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.480	0.891
MAPE (%)	7.110	1.339
Average Error	0.035	0.006
Maximum APE (%)	27.662	11.377
Maximum Error	0.122	0.050

- ข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.332	0.782
MAPE (%)	8.280	5.728
Average Error	0.039	0.028
Maximum APE (%)	17.825	11.377
Maximum Error	0.078	0.050

4.3.5 เปอร์เซ็นต์การนำเสีย

- ข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.466	0.817
MAPE (%)	26.479	4.231
Average Error	0.212	0.033
Maximum APE (%)	243.835	30.172
Maximum Error	0.748	0.333

- ข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.319	0.634
MAPE (%)	25.434	22.600
Average Error	0.224	0.176

Maximum APE (%)	43.296	31.683
Maximum Error	0.494	0.333

4.3.6 เปรี่เซินต์การสูญเสียน้ำหนักสด

- ข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร โครงข่ายประสาทเทียม

R²	0.430	0.896
MAPE (%)	36.301	1.687
Average Error	0.215	0.016
Maximum APE (%)	148	16.558
Maximum Error	0.732	0.192

- ข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set)

รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร โครงข่ายประสาทเทียม

R²	0.346	0.792
MAPE (%)	16.498	8.436
Average Error	0.156	0.084
Maximum APE (%)	38.261	16.558
Maximum Error	0.352	0.192

4.3.7 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี

- ข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร โครงข่ายประสาทเทียม

R²	0.339	0.852
MAPE (%)	3.951	0.966
Average Error	0.881	0.214
Maximum APE (%)	8.311	7.927
Maximum Error	1.745	1.623

- ข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.299	0.704
MAPE (%)	5.328	4.483
Average Error	1.172	0.987
Maximum APE (%)	6.624	7.927
Maximum Error	1.597	1.623

4.3.8 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง

- ข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.183	0.928
MAPE (%)	2.561	0.326
Average Error	0.103	0.013
Maximum APE (%)	8.371	3.151
Maximum Error	0.305	0.131

- ข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.192	0.858
MAPE (%)	1.699	1.250
Average Error	0.068	0.050
Maximum APE (%)	2.508	3.151
Maximum Error	0.099	0.131

4.3.9 การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า the lightness factor (L^*)

- ข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.410	0.945
MAPE (%)	4.490	0.601

Average Error	1.723	0.236
Maximum APE (%)	10.333	5.302
Maximum Error	3.515	2.206

- ข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.398	0.890
MAPE (%)	4.105	2.335
Average Error	1.630	0.930
Maximum APE (%)	7.515	5.302
Maximum Error	3.127	2.206

4.3.10 การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า chroma (C*)

- ข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.365	0.944
MAPE (%)	6.743	0.859
Average Error	3.167	0.410
Maximum APE (%)	15.275	7.198
Maximum Error	6.032	3.767

- ข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set)

	รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.389	0.889
MAPE (%)	5.308	3.336
Average Error	2.615	1.638
Maximum APE (%)	9.902	7.198
Maximum Error	5.183	3.767

4.3.11 การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกส้มค่า hue angle (h°)

- ข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set)

	วิธีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.092	0.971
MAPE (%)	5.388	0.415
Average Error	4.460	0.356
Maximum APE (%)	15.694	3.229
Maximum Error	14.467	2.985

- ข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set)

	วิธีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร	โครงข่ายประสาทเทียม
R^2	0.120	0.942
MAPE (%)	2.676	1.323
Average Error	2.396	1.195
Maximum APE (%)	4.241	3.229
Maximum Error	3.751	2.985

จากผลการเปรียบเทียบพบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมทุกแบบจำลองมีค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ที่ต่ำกว่า และค่า R^2 ที่สูงกว่าวิธีวิเคราะห์วิธีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปรทั้งข้อมูลจำนวน 27 ชุด (training set และ testing set) และข้อมูลทดสอบจำนวน 5 ชุด (testing set) จะมีเพียงแต่ข้อมูลทดสอบแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี และการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่มีค่า Maximum APE และ Maximum Error ที่มากกว่าวิธีวิเคราะห์วิธีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปรแต่มีค่าไม่แตกต่างกันมาก แต่ข้อมูลทดสอบแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีค่า MAPE และ Average Error ที่น้อยกว่าวิธีวิเคราะห์วิธีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร

ค่า APE (%) และ ค่า Error ของโครงข่ายประสาทเทียมเปรียบเทียบกับวิธีวิธีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.4 การวิเคราะห์ผลด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งโดยวิธีวิเคราะห์สถิติ

การเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งโดยรถบรรทุก สามารถอธิบายได้ ดังต่อไปนี้

4.4.1 ค่าตัวอย่างส้มที่ทำการวัดค่าทางด้านคุณภาพทันทีหลังการเก็บเกี่ยว (initial quality) เปรียบเทียบกับค่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งเมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง (control)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งโดยรถบรรทุก ซึ่งจะทำให้การขนส่งทั้งสิ้น 3 เทียว ได้ทำการวัดค่าทางด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการเก็บเกี่ยวทันทีในการขนส่งแต่ละเทียว ซึ่งเรียกค่าที่ได้ว่า ชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) และทำการวัดค่าทางด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งภายหลังการเก็บเกี่ยวที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (เทียบเท่าเวลาที่ใช้ในการขนส่งจากเชียงใหม่ไปยังตลาดกลางค้าส่ง กรุงเทพฯ) ในการขนส่งแต่ละเทียว ซึ่งเรียกค่าที่ได้ว่า ค่าควบคุม (control)

จากการทดลองพบว่า ปริมาณวิตามินซีของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากค่าควบคุม (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น ส้มมีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 24.45 mg/100 g ส่วนค่าควบคุม (control) เป็น 23.81 mg/100 g

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทั้งหมดนั้น พบว่าในแต่ละเทียวของการทดลองมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเทียวที่ 1 และ เทียวที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับเทียวที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในแต่ละเทียวของการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเทียวที่ 1 เทียวที่ 2 และ เทียวที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ในแต่ละเทียวของการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเทียวที่ 1 และเทียวที่ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับเทียวที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่า hue angle (h°) ในแต่ละเทียวของการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเทียวที่ 1 และเทียวที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับเทียวที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (%TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS/TA) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด (weight loss percentage) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกล (mechanical damage percentage) เปอร์เซ็นต์การเน่า

เสีย (decay percentage) และค่าสี (L^* , C^* , h°) ของค่าเริ่มต้น (initial quality) ไม่มีความแตกต่างจากค่าควบคุม (control)

4.4.2 ค่าตัวอย่างส้มที่ทำการวัดค่าทางด้านคุณภาพทันทีหลังการเก็บเกี่ยว (initial quality) เปรียบเทียบกับค่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งทางรถบรรทุก (after transportation)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งทางรถบรรทุก ซึ่งจะทำให้การขนส่งทั้งสิ้น 3 เที่ยว ได้ทำการวัดค่าทางด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการเก็บเกี่ยวทันที ซึ่งเรียกค่าที่ได้ว่า ชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) และทำการวัดค่าทางด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งโดยรถบรรทุก (after transportation)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) เทียบกับชนิดของภาชนะบรรจุ พบว่าปริมาณวิตามินซีของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial control) มีความแตกต่างจากส้มภายหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น มีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 24.45 mg/100 g ส่วนปริมาณวิตามินซีในส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวม และตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.27 mg/100 g, 23.14 mg/100 g และ 21.51 mg/100 g ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial control) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 0% ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวม และตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.66%, 0.57% และ 0.93% ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวม และตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.96%, 3.24% และ 10.08% ตามลำดับ โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกล ในแต่ละเที่ยวการขนส่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลในเที่ยวที่ 1 และ เที่ยวที่ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับเที่ยวที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าความสว่างของสี (L^*) ของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น มีค่าความสว่างของสี (L^*) เฉลี่ยเท่ากับ 37.94 ส่วนค่า L^* ของสีเปลือกส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด

กล่องแบบสวม และตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.13, 38.50 และ 39.01 ตามลำดับ ส่วนค่าความเข้มสี (C*) ของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจาก ส้มหลังการขนส่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น มีค่าความเข้มของสี (C*) เฉลี่ยเท่ากับ 45.54 ส่วนค่า C* ของสีเปลือกส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวม และตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.94, 47.18 และ 47.96 ตามลำดับ และค่า hue angle (h°) ของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น มีค่า h° เฉลี่ยเท่ากับ 87.02 ส่วนค่า h° ของสีเปลือกส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวม และตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.33, 87.54 และ 88.80 ตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของค่าเริ่มต้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากส้มหลังการขนส่ง ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) เทียบกับตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุ พบว่าปริมาณวิตามินซีของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial control) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น มีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 24.45 ส่วนปริมาณวิตามินซีในส้มที่วาง ณ ตำแหน่งด้านหน้า ตรงกลางและท้ายรถ มีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 22.91 mg/100 g, 22.14 mg/100 g และ 21.87 mg/100 g ตามลำดับ สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยเท่ากับ 0.60% ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทั้งหมดในส้มที่วาง ณ ตำแหน่ง ด้านหน้า ตรงกลางและท้ายรถ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.51%, 0.51% และ 0.47% ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในแต่ละเที่ยวการขนส่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในเที่ยวที่ 1 และ เที่ยวที่ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับเที่ยวที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในแต่ละเที่ยวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเที่ยวที่ 1 เที่ยวที่ 2 และเที่ยวที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยเท่ากับ 18.33 ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในส้มที่วางใน ตำแหน่ง ด้านหน้า ตรงกลางและท้ายรถ

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.70, 21.86 และ 22.90 ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในแต่ละเที่ยวการขนส่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในเที่ยวที่ 1 และ เที่ยวที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับเที่ยวที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดในส้มที่วาง ณ ตำแหน่ง ด้านหน้า ตรงกลางและท้ายรถ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57%, 0.63% และ 0.95% ตามลำดับ และพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในแต่ละเที่ยวการขนส่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในเที่ยวที่ 1 และ เที่ยวที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับเที่ยวที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์การเสียหายทางกลของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์การเสียหายทางกลในส้มที่วาง ณ ตำแหน่ง ด้านหน้า ตรงกลางและท้ายรถ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40%, 6.02% และ 8.86% ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากส้มภายหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียในส้มที่วาง ณ ตำแหน่ง ด้านหน้า ตรงกลางและท้ายรถ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.13%, 0.41% และ 0.48% ตามลำดับ พบว่าเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียในแต่ละเที่ยวการขนส่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในเที่ยวที่ 1 และ เที่ยวที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเที่ยวที่ 2 ($p > 0.05$)

ค่าความสว่างของสี (L^*) ของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น มีค่าความสว่างของสี (L^*) เฉลี่ยเท่ากับ 37.94 ส่วนค่า L^* ของสีเปลือกส้มที่วาง ณ ตำแหน่ง ด้านหน้า ตรงกลางและท้ายรถมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.62, 40.75 และ 39.27 ตามลำดับ ส่วนค่าความเข้มสี (C^*) ของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น มีค่าความเข้มของสี (C^*) เฉลี่ยเท่ากับ 45.54 ส่วนค่า C^* ของสีเปลือกส้มที่วาง ณ ตำแหน่ง ด้านหน้า ตรงกลางและท้ายรถ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.94, 51.80 และ 48.33 ตามลำดับ และค่า hue angle (h°) ของตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality) มีความแตกต่างจากส้มหลังการขนส่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตอนเริ่มต้น มีค่า h° เฉลี่ยเท่ากับ 87.02 ส่วนค่า h° ของสีเปลือกส้มที่วาง ณ ตำแหน่ง ด้านหน้า ตรงกลางและท้ายรถมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89.91,

80.73 และ 91.02 ตามลำดับ ส่วนปริมาณค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของตัวอย่างส้มที่เริ่มต้น (initial quality) ของส้มที่วาง ณ ตำแหน่งต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากส้มหลังการขนส่ง ($p>0.05$)

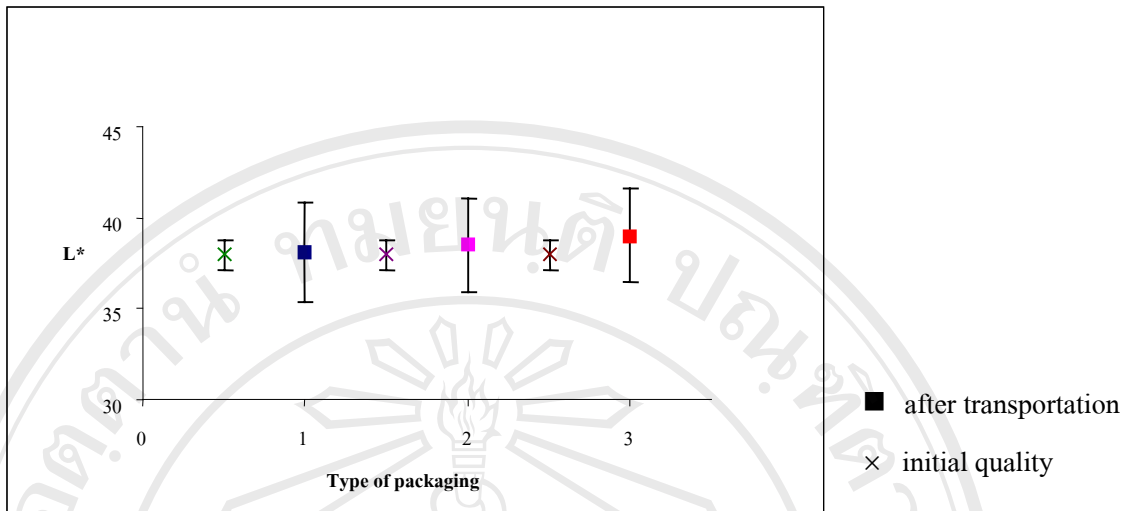
4.4.3 การเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งทางรถบรรทุก (after transportation) เทียบกับตัวอย่างส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง (control)

1. ผลของชนิดของภาชนะบรรจุต่อคุณภาพและการสูญเสียของส้มสายน้ำผึ้ง

1) ผลของชนิดภาชนะบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

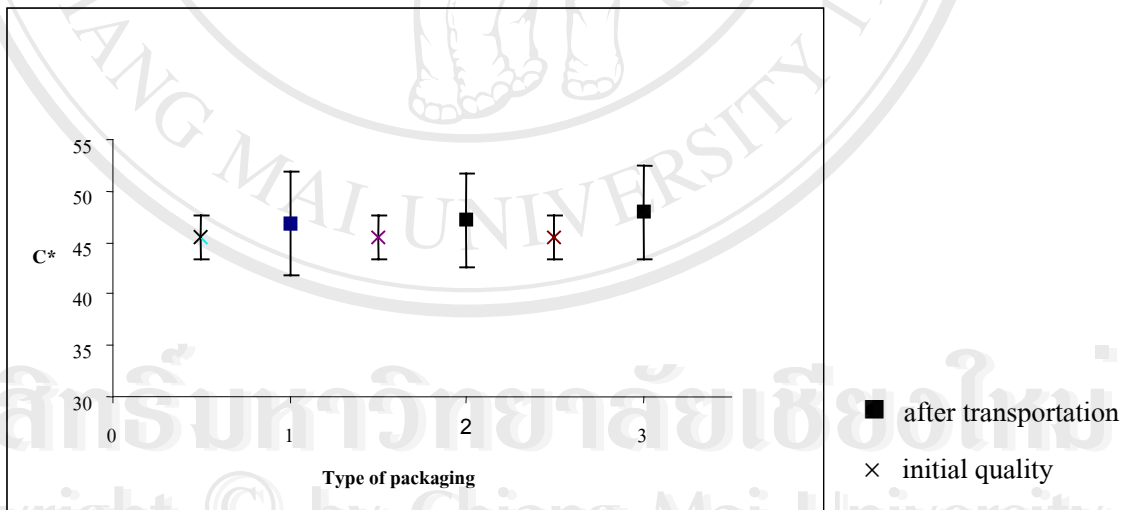
ก) การเปลี่ยนแปลงสีผิว (Fruit Surface Color Change)

ชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง โดยค่า L^* , Chroma (C^*), Hue Angle (h°) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่ง และ ตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) พบว่า ภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* , C^* และ h° ($p>0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยค่า L^* เป็นค่าความสว่างของสี ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ย L^* ของผลส้มที่ผ่านการขนส่งในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.13 ในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.50 และภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.01 ส่วนผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพหลังการขนส่งและ ตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ของภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวม และแบบตะกร้าพลาสติกมีค่าเท่ากับ 0.2, 0.17 และ 0.68 ตามลำดับ ส่วนค่า C^* เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความเข้มของสี ถ้าค่า C^* เข้าใกล้ศูนย์แสดงว่า วัตถุมีสีซีดจาง (เทา) หากค่า C^* เข้าใกล้ 60 แสดงว่าวัตถุมีสีเข้ม จากการทดลองขนส่งส้มนาน 12 ชั่วโมง พบว่าค่า C^* ของผลส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.94 ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.18 และภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.96 ส่วนผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพหลังการขนส่ง และตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ของภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวมและแบบตะกร้าพลาสติกมีค่าเท่ากับ 0.84, 1.08 และ 1.87 ตามลำดับ และค่า h° ของส้มหลังจากผ่านการขนส่ง พบว่าค่า h° ของผลส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.33 ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.54 และภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.80 ส่วนผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพหลังการขนส่ง และตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ของภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวมและแบบตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.87, 0.34 และ 1.60 ตามลำดับ



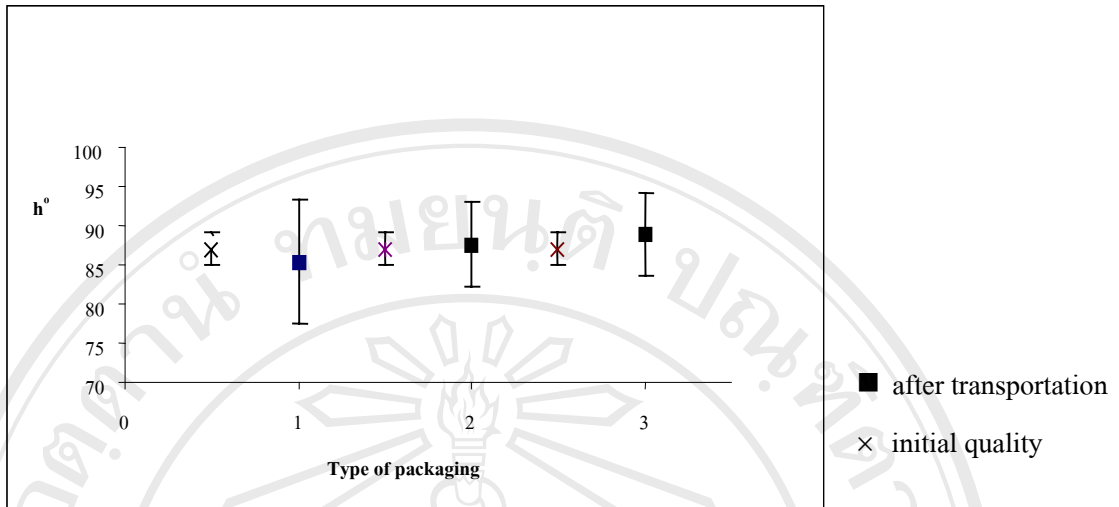
หมายเหตุ 1 = ภาชนะบรรจุแบบเปิดปิด
 2 = ภาชนะบรรจุแบบสวม
 3 = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

รูปที่ 4.23 ค่า L* value ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)



หมายเหตุ 1 = ภาชนะบรรจุแบบเปิดปิด
 2 = ภาชนะบรรจุแบบสวม
 3 = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

รูปที่ 4.24 ค่า Chroma (C*) ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)



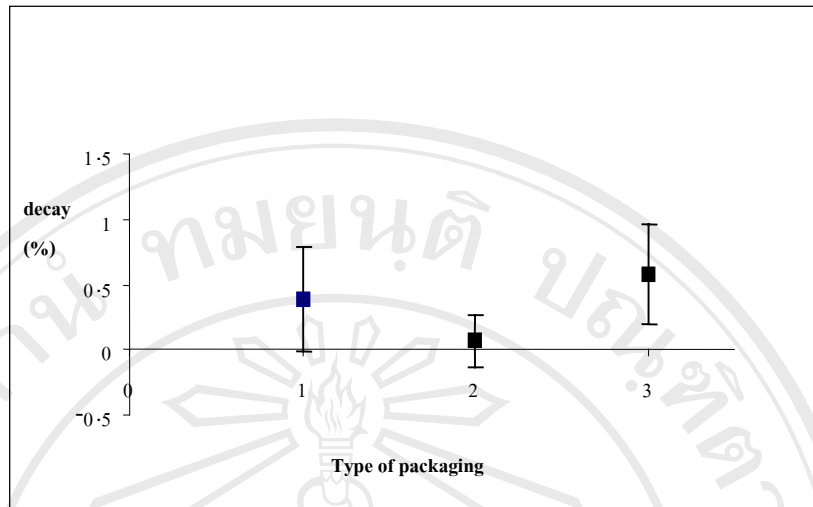
- หมายเหตุ
- 1 = ภาชนะบรรจุแบบเปิดปิด
 - 2 = ภาชนะบรรจุแบบสวม
 - 3 = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

รูปที่ 4.25 ค่า Hue Angle (h°) ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)

ข) เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย (Decay Percentage)

ชนิดของภาชนะบรรจุมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียผลของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิดกับภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

โดยส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด มีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียเฉลี่ยเท่ากับ 0.38% ส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก มีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียเฉลี่ยเท่ากับ 0.07% และส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม มีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียเฉลี่ยเท่ากับ 0.58% ค่าเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิดและ ส้มที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีค่าเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียสูงกว่าส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุแบบสวม



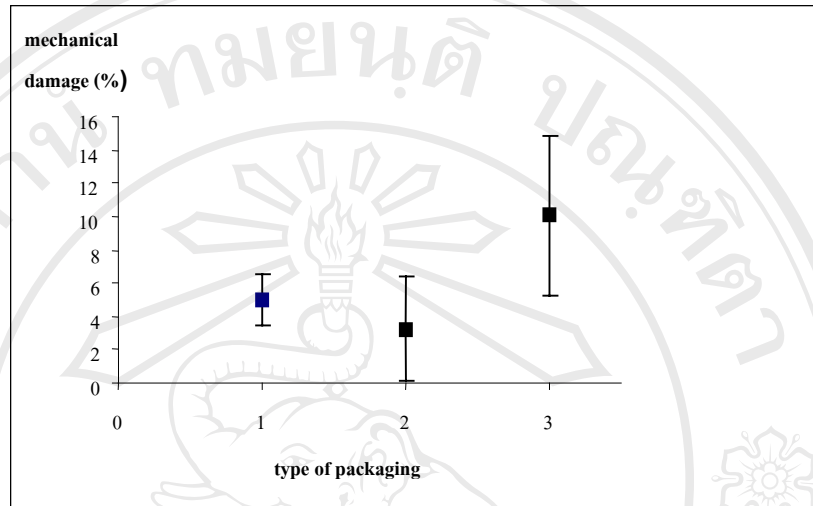
หมายเหตุ 1 = ภาชนะบรรจุแบบเปิดปิด
2 = ภาชนะบรรจุแบบสวม
3 = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

รูปที่ 4.26 ค่าเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)

ค) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกล (Mechanical Damage Percentage)

ชนิดของภาชนะบรรจุมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของผลส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปสู่ตลาดกลางค้าส่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยความเสียหายทางกลของส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุต่างชนิดกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิดและสวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลเฉลี่ยเท่ากับ 4.96% และส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลเฉลี่ยเท่ากับ 3.24% ส่วนส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลเฉลี่ยเท่ากับ 10.08% ค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิดและแบบสวม มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลต่ำกว่าส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุแบบตะกร้าพลาสติก ซึ่งความเสียหายทางกลที่พบคือ ส้มมีรอยช้ำ บวมเสียรูปทรง และผลแตก ส่วนมากจะพบความเสียหายทางกลของตะกร้าพลาสติกมากกว่าภาชนะบรรจุชนิดอื่น และนอกจากความเสียหายทางกลที่เกิดจากภาชนะบรรจุแล้ว ยังเกิด

จากส้มได้รับการกระเทือนและเสียดสีจากสภาพของถนน และความเร็วของรถในระหว่างการขนส่ง



หมายเหตุ 1 = ภาชนะบรรจุแบบเปิดปิด
2 = ภาชนะบรรจุแบบสวม
3 = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

รูปที่ 4.27 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)

ง) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด (Weight Loss Percentage)

ชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.66% เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57% และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดในภาชนะบรรจุตะกร้าพลาสติก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.93% การสูญเสียน้ำหนักนอกจากจะทำให้น้ำหนักที่ขายได้ขาดหายไปแล้วยังทำให้รูปร่างลักษณะของผลิตผลเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลง ทำให้ขายไม่ได้ราคา และอาจจะทำให้รสชาติของผลิตผลนั้นๆ เปลี่ยนแปลงไปด้วย

2) ผลของชนิดภาชนะบรรจุต่อสมบัติทางเคมี

ก) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Change of Total Soluble Solids; TSS)

ชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง ($p>0.05$) นอกจากนี้ ค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าทางคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิดมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 10.78% ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวมมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 11.07% และภาชนะบรรจุตะกร้าพลาสติกมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 10.77% ส่วนค่าผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่ง และตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ของภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวม และแบบตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.27%, 0.02% และ 0.28% ตามลำดับ

ข) ค่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (Change of pH)

ชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง ($p>0.05$) นอกจากนี้ ค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ก็ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ยเท่ากับ 4.02 ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวมมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 4.07 และภาชนะบรรจุแบบตะกร้าพลาสติกมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 ส่วนค่าผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่ง และตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ของภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวม และแบบตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00, 0.05 และ 0.10 ตามลำดับ

ค) ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Change of Titratable Acidity; TA)

ชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง ($p>0.05$) นอกจากนี้ ค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่ง

และตัวอย่างสั้ที่ควบคุม (control) ก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยสั้ที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิดมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยเท่ากับ 0.49% ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวมมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยเท่ากับ 0.52% และภาชนะบรรจุแบบตะกร้าพลาสติกมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยเท่ากับ 0.47% ส่วนค่าผลต่างระหว่าง ค่าทางด้านคุณภาพของสั้หลังการขนส่งและตัวอย่างสั้ที่ควบคุม (control) ของภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวมและแบบตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.88%, 0.04% และ 0.09% ตามลำดับ

ง) ค่าการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรด (Change of TSS/TA)

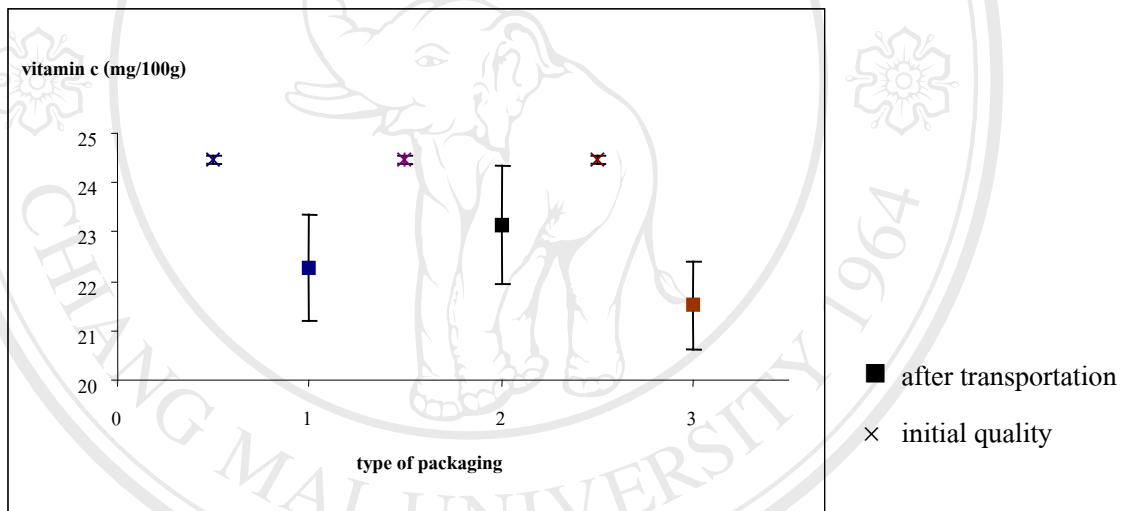
ชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้และปริมาณกรดของสั้สายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง ($p>0.05$) นอกจากนี้ ค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าทางด้านคุณภาพของสั้หลังการขนส่งและตัวอย่างสั้ที่ควบคุม (control) ก็ไม่มีความแตกต่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยสั้ที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิดมีค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้และปริมาณกรดเฉลี่ยเท่ากับ 22.06 ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวมมีค่า อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้และปริมาณกรดเฉลี่ยเท่ากับ 21.34 และภาชนะบรรจุแบบตะกร้าพลาสติกมีค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้และปริมาณกรดเฉลี่ยเท่ากับ 23.05 ส่วนค่าผลต่างระหว่าง ค่าทางด้านคุณภาพของสั้หลังการขนส่งและตัวอย่างสั้ที่ควบคุม (control) ของภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวม และแบบตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42, 1.70 และ 3.41 ตามลำดับ

จ) ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี (Change of Vitamin C)

ชนิดของภาชนะบรรจุมีผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของสั้สายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงวิตามินซีของภาชนะบรรจุแต่ละชนิดต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

สั้ที่บรรจุในภาชนะชนิดกล่องแบบสวมและภาชนะบรรจุตะกร้าพลาสติกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับภาชนะบรรจุแบบเปิด-ปิด ($p>0.05$) โดยสั้ที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด มี

ปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 22.27 mg/ 100 g และส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม มีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 23.14 mg/100 g และส้มที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก มีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 21.51 mg/100 g ส่วนค่าผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้ม หลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ของภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด กล่องแบบสวม และแบบตะกร้าพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.54 mg/100 g, 0.67 mg/100 g และ 2.30 mg/100 g ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวมจะมีค่าความแตกต่างน้อยที่สุด และภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติกจะมีค่าความแตกต่างจากค่าควบคุมมากที่สุด นั้นแสดงว่าภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวมสามารถรักษาปริมาณวิตามินซีได้สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด และตะกร้าพลาสติก ตามลำดับ



หมายเหตุ 1 = ภาชนะบรรจุแบบเปิดปิด

2 = ภาชนะบรรจุแบบสวม

3 = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

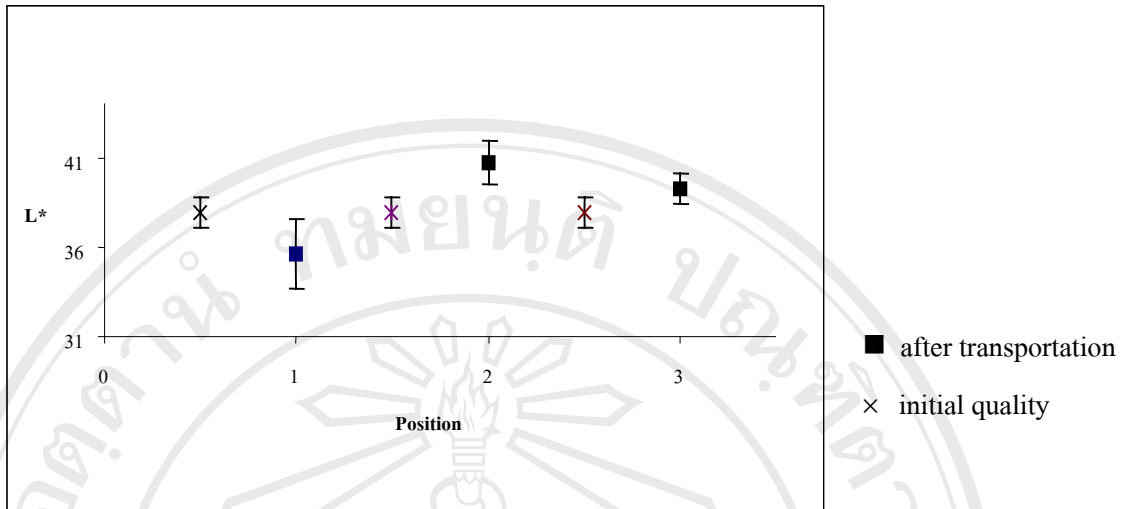
รูปที่ 4.28 ค่าปริมาณวิตามินซี ของส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละชนิดของภาชนะบรรจุที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)

2. ผลของตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุต่อคุณภาพและการสูญเสียของส้มสายน้ำผึ้ง

1) ผลของตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

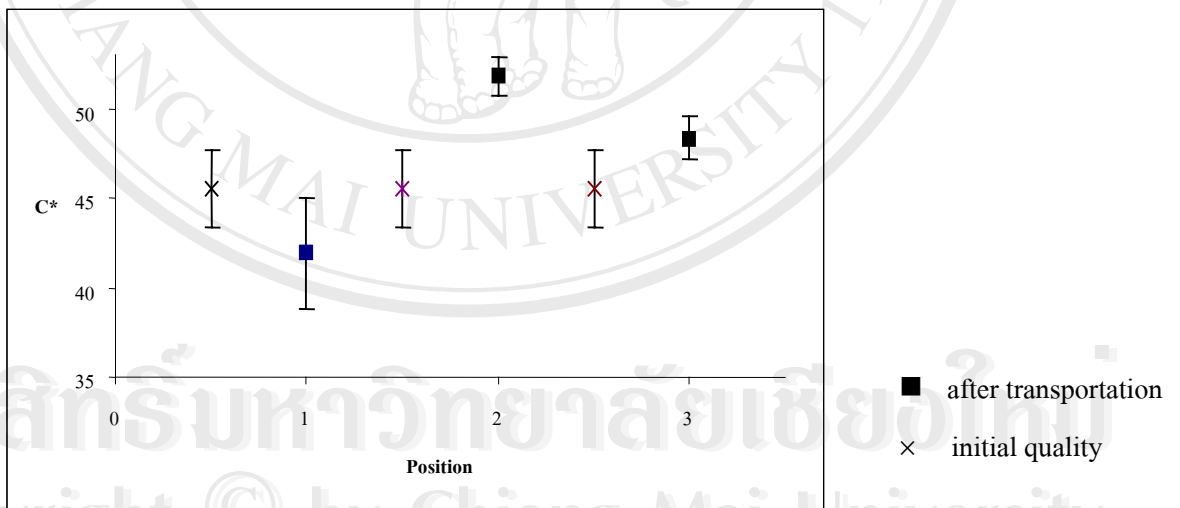
ก) การเปลี่ยนแปลงสีผิว (Fruit Surface Color Change)

จากการทดลองพบว่าตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดค้าส่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า L^* , Chroma (C^*), Hue Angle (h°) ที่ตำแหน่งการวางภาชนะต่างๆ มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่ง และ ตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) พบว่า ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* , C^* และ h° อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยค่า L^* เป็นค่าความสว่างของสี ซึ่งจากการทดลองของผลส้มที่ผ่านการขนส่งในตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.62 ในตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุตรงกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.75 และ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านหลัง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.27 ส่วนค่าผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่ง และ ตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลังของรถบรรทุก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.71, 2.42 และ 0.95 ตามลำดับ ค่า C^* เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความเข้มของสี ซึ่งจากการทดลองของผลส้มที่ผ่านการขนส่งในตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.94 ในตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุตรงกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.81 และตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านหลัง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.33 ส่วนค่าผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่ง และ ตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลังของรถบรรทุก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16, 5.71 และ 2.23 ตามลำดับ และ ค่า h° ของส้มหลังจากผ่านการขนส่งจากการทดลองของผลส้มที่ผ่านการขนส่งในตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89.91 ในตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุตรงกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.73 และ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านหลัง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 91.02 ส่วนค่าผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่ง และ ตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลังของรถบรรทุก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.72, 6.46 และ 3.82 ตามลำดับ



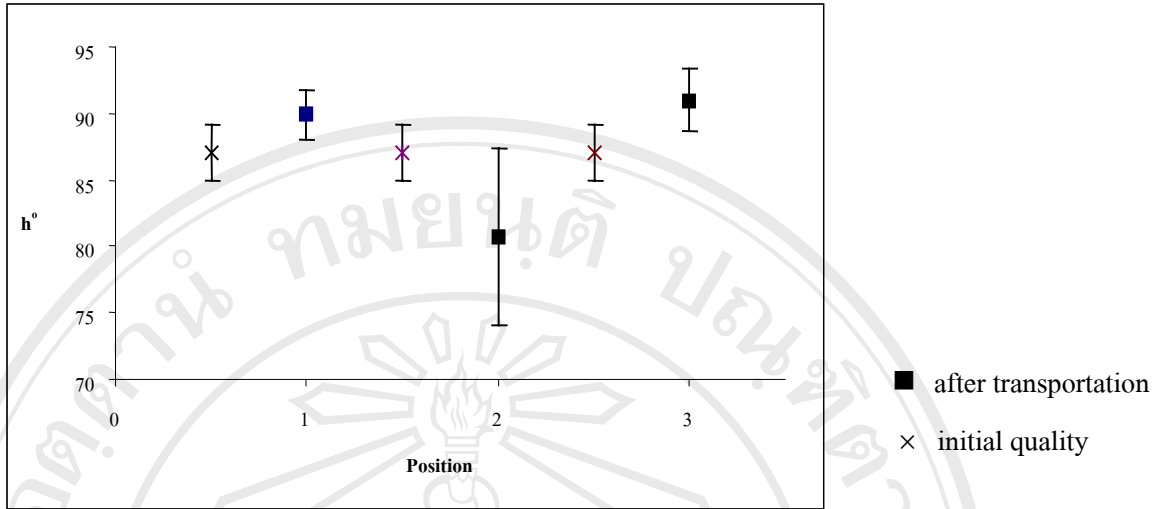
หมายเหตุ 1 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุด้านหน้า
 2 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุตรงกลาง
 3 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุด้านหลัง

รูปที่ 4.29 ค่า L* value ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละตำแหน่งบนรถบรรทุกที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)



หมายเหตุ 1 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุด้านหน้า
 2 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุตรงกลาง
 3 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุด้านหลัง

รูปที่ 4.30 ค่า Chroma (C*) ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละตำแหน่งบนรถบรรทุกที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)



หมายเหตุ 1 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุด้านหน้า
 2 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุตรงกลาง
 3 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุด้านหลัง

รูปที่ 4.31 ค่า Hue Angle (h°) ของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละตำแหน่งบนรถบรรทุกที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)

ข) เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย (Decay Percentage)

ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง ($p > 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่ง และ ตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) พบว่าตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อค่าเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย ($p > 0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลาง และด้านหลังของรถบรรทุกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.13% ,0.41% และ 0.48% ตามลำดับ

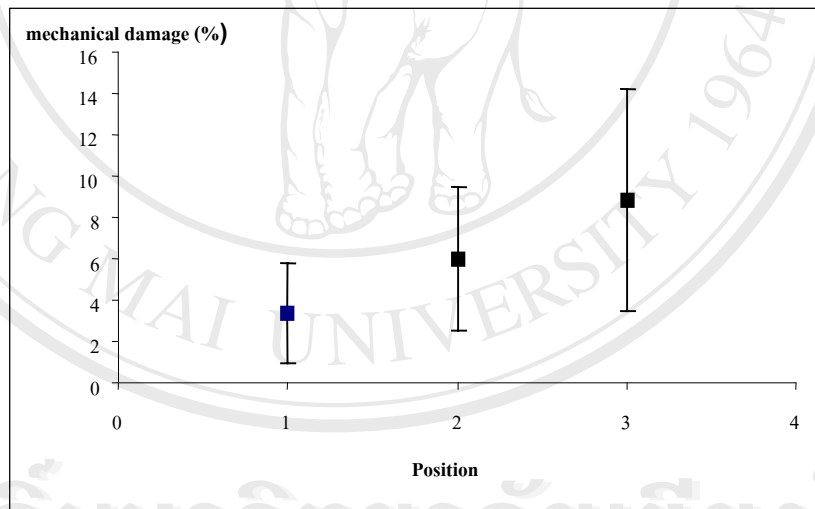
ค) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกล (Mechanical Damage Percentage)

ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง โดยมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่ง และ ตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) พบว่า ตำแหน่งที่วางภาชนะ

บรรจุบนรถบรรทุกมีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ด้วยเช่นกัน

ความเสียหายทางกลของตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลังรถบรรทุกต่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ตำแหน่งภาชนะบรรจุด้านหน้ามีค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลเฉลี่ยเท่ากับ 3.40% ตำแหน่งภาชนะบรรจุตรงกลางมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลเฉลี่ยเท่ากับ 6.02% และตำแหน่งภาชนะบรรจุด้านหลังมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลเฉลี่ยเท่ากับ 8.86 %

เมื่อวางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกที่ตำแหน่งด้านหลังพบว่ามีการเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลสูงที่สุด ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากสภาพของถนนและความเร็วของรถที่ใช้ในการขนส่ง โดยที่ตำแหน่งด้านหลังของรถนั้นอยู่ในช่วงของล้อหลังของรถบรรทุกจึงอาจทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุบริเวณนั้นมากที่สุด

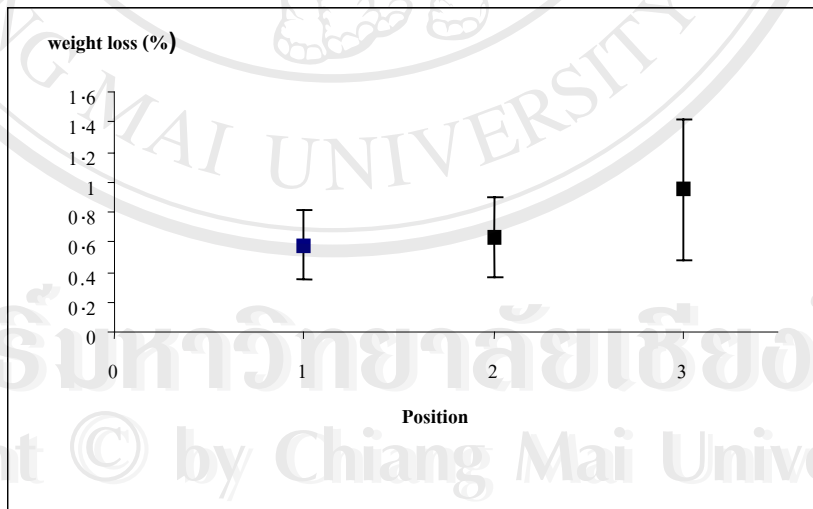


- หมายเหตุ
- 1 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุด้านหน้า
 - 2 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุตรงกลาง
 - 3 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุด้านหลัง

รูปที่ 4.32 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของสัมผัสน้ำผึ้งในแต่ละตำแหน่งบนรถบรรทุกที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างสัมที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)

ง) เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักสด (Weight Loss Percentage)

ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกมีผลต่อเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง โดยมีผลต่อเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) พบว่า ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่าเปอร์เซนต์การเน่าเสีย ($p > 0.05$) โดยเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้ากับตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุตรงกลางไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านท้ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักสดของตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและ ด้านท้าย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.58% ,0.63% และ 0.95% ตามลำดับ จะเห็นว่าตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุด้านท้ายจะมีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักสูงสุด เนื่องจากด้านท้ายของรถบรรทุกจะเกิดการสั่นสะเทือนและการเสียดสีระหว่างผลผลิตกับภาชนะบรรจุมากที่สุด นอกจากนี้ สภาพของถนนและความเร็วในการขนส่งของรถบรรทุกก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดได้



- หมายเหตุ 1 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุด้านหน้า
 2 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุตรงกลาง
 3 = ตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุด้านท้าย

รูปที่ 4.33 ค่าเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้มสายน้ำผึ้งในแต่ละตำแหน่งบนรถบรรทุกที่ผ่านการขนส่ง (after transportation) และชุดตัวอย่างส้มที่ควบคุมเริ่มต้น (initial quality)

2) ผลของตำแหน่งการวางภาชนะบรรจุต่อสมบัติทางเคมี

ก) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Change of Total Soluble Solids; TSS)

ตำแหน่งภาชนะบรรจุไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($p>0.05$) และเมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) พบว่า ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($p>0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยตำแหน่งภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลังมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย เท่ากับ 10.91%, 10.89% และ 10.83% ตามลำดับ ส่วนค่าผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลังของรถบรรทุก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15%, 0.17% และ 0.22% ตามลำดับ

ข) ค่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่าง (Change of pH)

ตำแหน่งภาชนะบรรจุไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่าง ($p>0.05$) และเมื่อพิจารณาค่า ความแตกต่างระหว่าง ค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) พบว่า ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุบนรถบรรทุกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่าง ($p>0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างของตำแหน่งภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลังรถบรรทุกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97, 4.01 และ 4.03 ตามลำดับ ส่วนค่าผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลังของรถบรรทุก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05, 0.00 และ 0.01 ตามลำดับ โดยจะเห็นว่าตำแหน่งภาชนะบรรจุด้านหน้าจะมีค่าความเป็นกรดต่างสูงสุด โดยค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าควบคุมพบว่า ตำแหน่งที่ด้านหน้าจะมีค่าความแตกต่างของความเป็นกรดต่างเท่ากับ 0.04 และตำแหน่งด้านหลังจะมีค่าความแตกต่างของความเป็นกรดต่างกับค่าที่ควบคุมเป็น 0.09

ค) ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Change of Titratable Acidity; TA)

ตำแหน่งภาชนะบรรจุไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง ($p>0.05$) นอกจากนี้ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยตำแหน่งภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลัง มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยเท่ากับ 0.51%, 0.51% และ 0.47% ตามลำดับ ส่วนค่าผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลังของรถบรรทุก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.06%, 0.06% และ 0.10% ตามลำดับ

ง) ค่าการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรด (Change of TSS/TA)

ตำแหน่งภาชนะบรรจุไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง ($p>0.05$) นอกจากนี้ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยตำแหน่งภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลัง มีค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดเฉลี่ยเท่ากับ 21.70, 21.86 และ 22.90 ตามลำดับ ส่วนค่าผลต่างระหว่างค่า treatment และค่าควบคุม (control) ที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลังของรถบรรทุก มีค่าเท่ากับ 2.06, 2.22 และ 3.26 ตามลำดับ

จ) ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี (Change of Vitamin C)

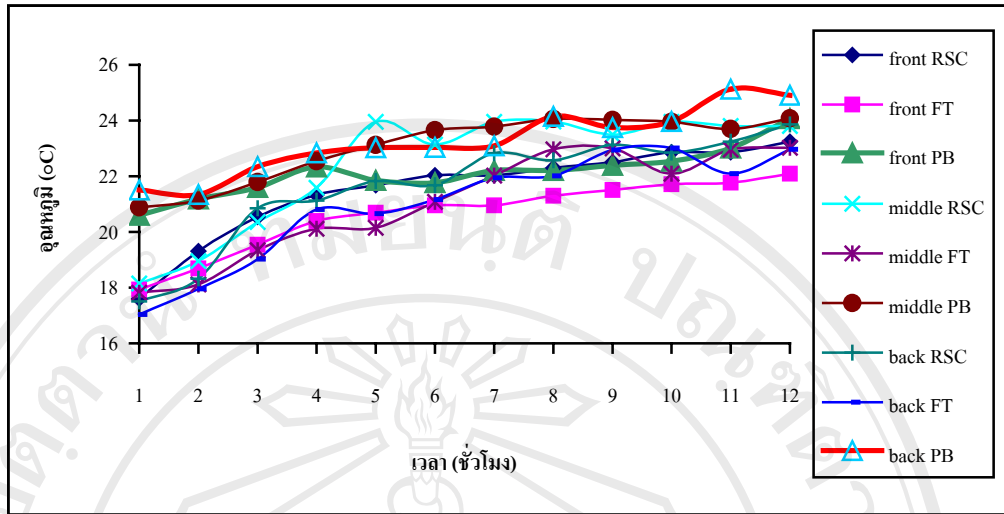
ตำแหน่งภาชนะบรรจุไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตลาดกลางค้าส่ง ($p>0.05$) นอกจากนี้ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ก็ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยตำแหน่งภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลัง มีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ย เท่ากับ 22.91 mg/100 g, 22.14 mg/100g และ 21.87 mg/100 g ตามลำดับ ส่วนค่าผลต่างระหว่างค่าทางด้านคุณภาพของส้มหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ที่วางภาชนะบรรจุด้านหน้า ตรงกลางและด้านหลังของรถบรรทุก มีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 0.90 mg/100 g, 1.67 mg/100 g และ 1.94 mg/100 g ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า ค่าความแตกต่างของปริมาณวิตามินซีหลังการขนส่ง และตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ของตำแหน่งภาชนะบรรจุ ด้านหน้ามีค่าน้อยที่สุด แต่ความแตกต่างของปริมาณวิตามินซีหลังการขนส่งและตัวอย่างส้มที่ควบคุม (control) ของตำแหน่งภาชนะบรรจุด้านท้ายมีค่าแตกต่างจากค่าควบคุมมากที่สุด

4.4.4 ผลของอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์

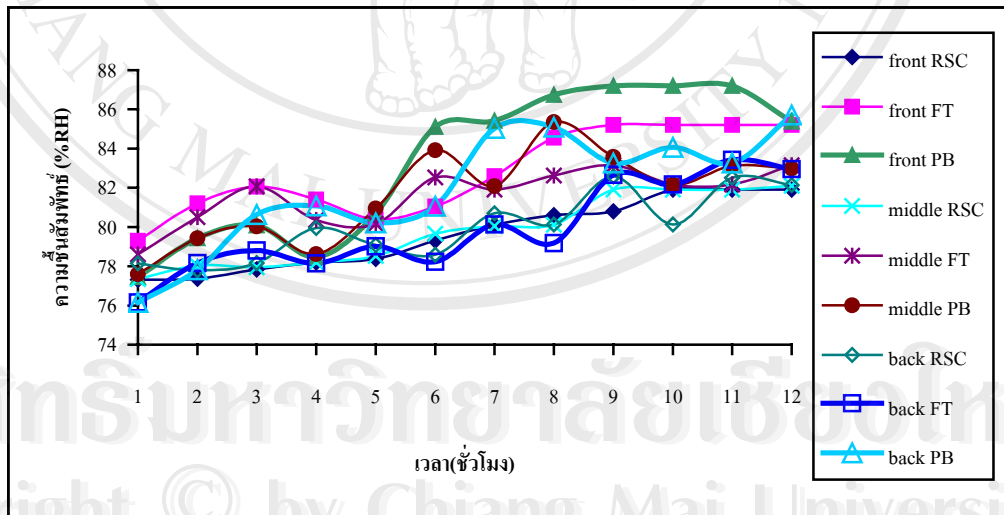
จากผลการทดลองเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในภาชนะบรรจุแต่ละชนิดระหว่างการขนส่ง ซึ่งกำหนดให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ (covariate) ไว้ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ อุณหภูมิในแต่ละเที่ยวการขนส่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเที่ยวการขนส่งเที่ยวที่ 1 เที่ยวที่ 2 และเที่ยวที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 21.86, 23.49 และ 22.25 องศาเซลเซียส โดยพบว่าเที่ยวการขนส่งที่ 1 และเที่ยวการขนส่งที่ 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับเที่ยวการขนส่งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิในแต่ละเที่ยวการขนส่งมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลของส้มสายน้ำผึ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าในเที่ยวการขนส่งที่ 2 ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 23.57 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกลในเที่ยวการขนส่งที่ 2 มีค่าสูงที่สุดเช่นเดียวกัน นอกจากนี้อุณหภูมิในแต่ละเที่ยวการขนส่งมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของส้มสายน้ำผึ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ด้วยเช่นกัน

ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเที่ยวการขนส่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเที่ยวการขนส่งเที่ยวที่ 1 เที่ยวที่ 2 และเที่ยวที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 81.19%, 82.54% และ 80.68% ตามลำดับ โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ของแต่ละเที่ยวการขนส่งมีผลต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และยังมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของส้มสายน้ำผึ้งภายหลังการขนส่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อีกด้วย



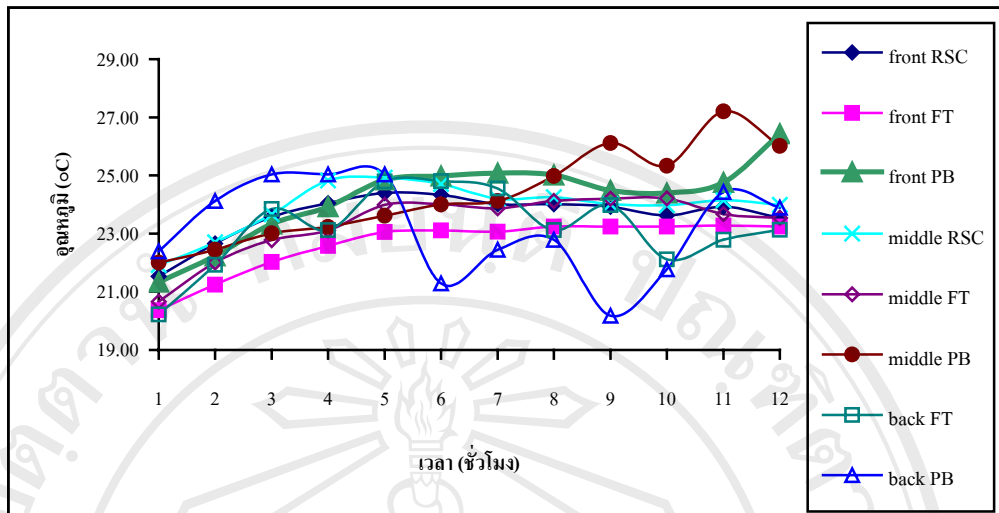
หมายเหตุ RSC = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิดปิด
 FT = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม
 PB = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

รูปที่ 4.34 อุณหภูมิขณะขนส่งสัตว์น้ำไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมงในการเดินทางเที่ยวที่ 1 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก



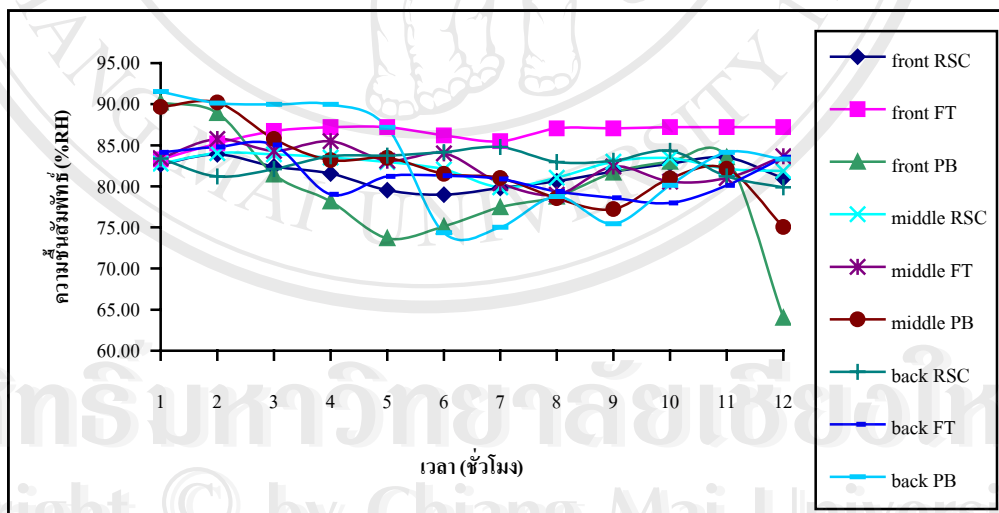
หมายเหตุ RSC = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิดปิด
 FT = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม
 PB = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

รูปที่ 4.35 ความชื้นสัมพัทธ์ขณะขนส่งสัตว์น้ำไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมงในการเดินทางเที่ยวที่ 1 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก



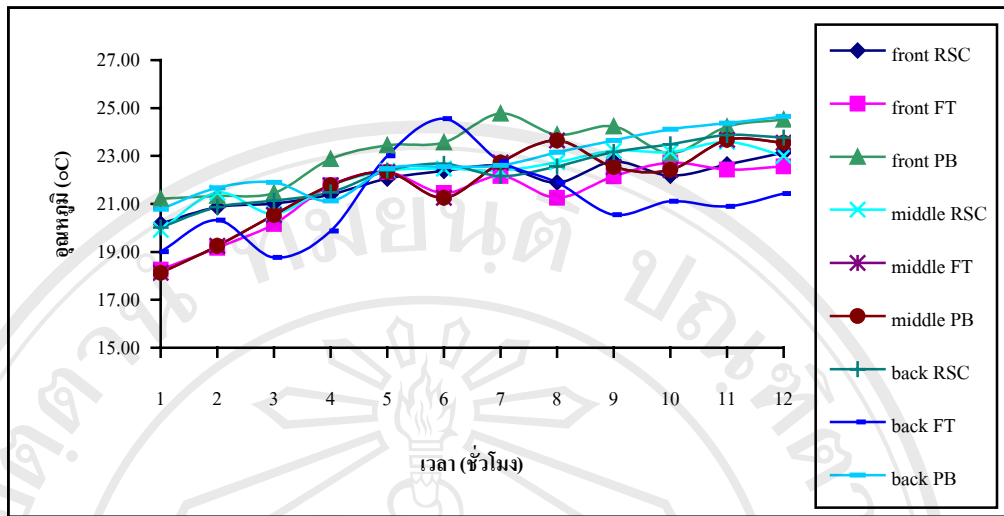
หมายเหตุ RSC = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิดปิด
 FT = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม
 PB = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

รูปที่ 4.36 อุณหภูมิขณะขนส่งส้มสายน้ำผึ้งไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมงในการเดินทางเที่ยวที่ 2 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก



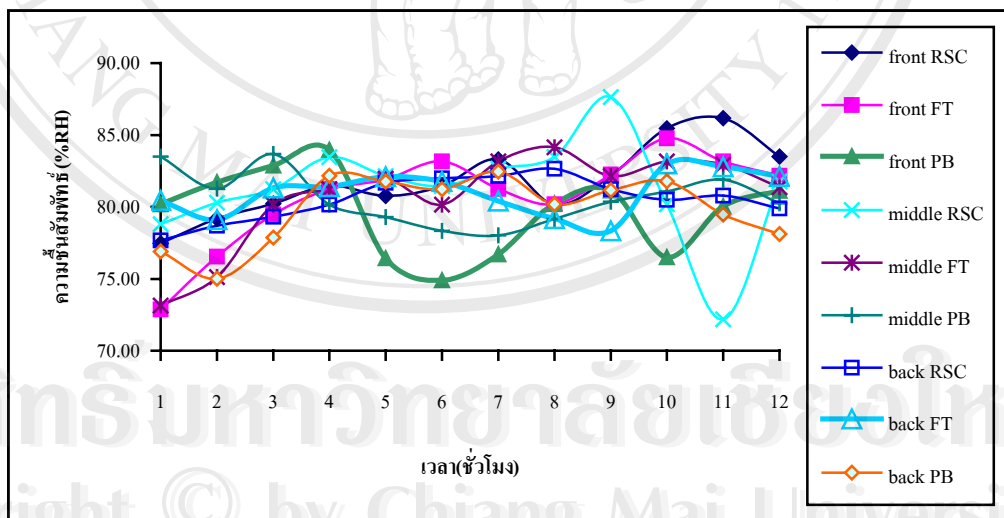
หมายเหตุ RSC = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิดปิด
 FT = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม
 PB = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

รูปที่ 4.37 ความชื้นสัมพัทธ์ขณะขนส่งส้มสายน้ำผึ้งไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมงในการเดินทางเที่ยวที่ 2 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก



หมายเหตุ RSC = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิดปิด
 FT = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม
 PB = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

รูปที่ 4.38 อุณหภูมิขณะขนส่งส้มสายน้ำผึ้งไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมงในการเดินทางเที่ยวที่ 3 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก



หมายเหตุ RSC = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิดปิด
 FT = ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม
 PB = ภาชนะบรรจุชนิดตะกร้าพลาสติก

รูปที่ 4.39 ความชื้นสัมพัทธ์ขณะขนส่งส้มสายน้ำผึ้งไปยังตลาดกลางค้าส่งทุก 1 ชั่วโมงในการเดินทางเที่ยวที่ 3 ในภาชนะบรรจุและตำแหน่งต่างๆ บนรถบรรทุก



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved