

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

##### 4.1.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักของผลลึ้นจีพันธุ์จักรพรรดิชุดควบคุม แช่น้ำ และแช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน แสดงดังในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 ผลการทดลองพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลลึ้นจีสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ต่ำกว่า 1% ภายหลังจากเก็บรักษา 20 วัน พบว่า ผลลึ้นจีในชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลลึ้นจีที่แช่น้ำและสารละลายกรด 3 ชนิด โดยผลลึ้นจีชุดควบคุมสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.67% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลลึ้นจีที่แช่น้ำ สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% ซึ่งสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.57, 0.49, 0.44 และ 0.53% ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การที่ผลลึ้นจีสูญเสียน้ำหนักน้อยอาจเนื่องจากการเก็บรักษาไว้ในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดสนิทร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิค่า ( $1\pm 1$  องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์สูง (90-95%) จึงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี โดยในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาชุดควบคุมสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.67%

การสูญเสียน้ำหนักของผลลึ้นจีเกิดจากการสูญเสียน้ำ เนื่องจากสภาวะในการเก็บรักษามีความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 100% อากาศจึงมีโอกาสรับน้ำได้อีกมาก ซึ่งผลลึ้นจีมีน้ำเป็นองค์ประกอบ ความดันไอน้ำในผลค่อนข้างสูง ไอน้ำรอบๆ เซลล์จะอยู่ในภาวะสมดุลกับน้ำภายในเซลล์ ดังนั้นความดันไอน้ำภายในผลมีค่าเท่ากับความดันไอน้ำอ้อมตัว ทำให้มีการสูญเสียน้ำออกจากผลลึ้นจี นอกจากนี้การสูญเสียน้ำยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิขณะการเก็บรักษาและการเคลื่อนไหวของอากาศด้วย (จริงแท้, 2544)

Kaewchana และคณะ (2005) รายงานว่าผลลึ้นจีพันธุ์องฮวยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 4 ระดับคือ 50%, 70%, 80% และ 90% เป็นเวลา 10 วัน พบว่าการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50% ผลลึ้นจีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 15% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ส่วนการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ผลลึ้นจีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 10% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน แสดงว่าการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลลึ้นจี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

#### 4.1.2 ความชื้นของเปลือกผลลิ้นจี่

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 ซึ่งพบว่า ผลลิ้นจี่ชุดควบคุม ที่แช่ในน้ำ และที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกที่ โดยในวันเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 71.77% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วันมีค่าเท่ากับ 71.59, 74.33 และ 71.53% ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

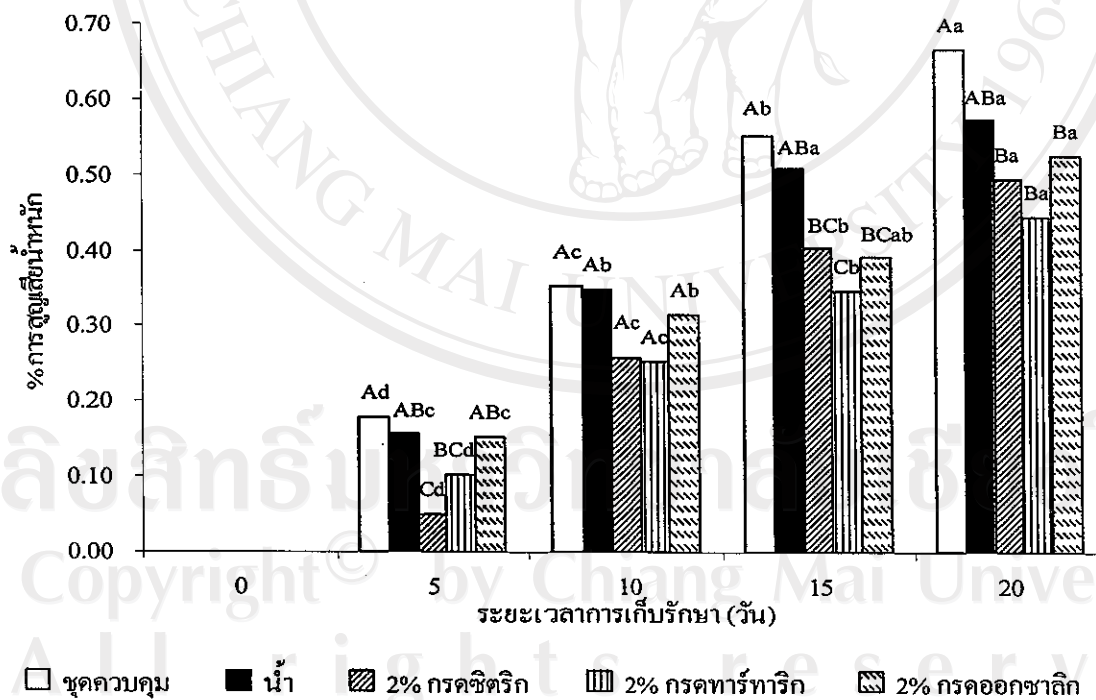
ผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกเพิ่มขึ้นจาก 71.77% ในวันเริ่มต้นเป็น 73.31 และ 72.86% ตามลำดับ ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้น การที่ความชื้นเปลือกผลลิ้นจี่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าวันเริ่มต้น อาจเนื่องจากผลลิ้นจี่บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทและมีการกลั่นตัวของไอน้ำเกิดระหว่างเก็บรักษา เพราะขณะปิดฝาอุณหภูมิภายในบรรจุภัณฑ์อาจยังสูงอยู่ เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำไอน้ำจึงเกิดการกลั่นตัว

Huang และคณะ (2005) รายงานว่าการแห้งและการสลายของเนื้อเยื่อของเปลือกผลลิ้นจี่ จะถูกเร่งให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่ การสลายของเนื้อเยื่อเริ่มสลายจากด้านในผนังชั้นกลาง ภายใน 2 วันภายหลังการเก็บเกี่ยว และมีการสลายของเซลล์ sclerenchyma exocarp แต่ไม่พบการสลายของเนื้อเยื่อในผนังชั้นนอก ภายใน 5 วันหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อมีการสลายของเนื้อเยื่อ จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำและเกิดสีน้ำตาลภายหลังการเก็บเกี่ยว 4 วัน และมีแนวโน้มการเน่าเสียจากภายในและเสื่อมสลายทั้งหมดภายหลังการเก็บเกี่ยว 6 วัน

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	$0.18 \pm 0.01$ Ad	$0.16 \pm 0.02$ ABc	$0.05 \pm 0.03$ Cd	$0.10 \pm 0.05$ BCd	$0.15 \pm 0.02$ ABc
10	$0.35 \pm 0.00$ Ac	$0.35 \pm 0.07$ Ab	$0.26 \pm 0.02$ Ac	$0.25 \pm 0.04$ Ac	$0.31 \pm 0.06$ Ab
15	$0.55 \pm 0.01$ Ab	$0.51 \pm 0.04$ ABa	$0.40 \pm 0.07$ BCb	$0.35 \pm 0.02$ Cb	$0.39 \pm 0.12$ BCab
20	$0.67 \pm 0.02$ Aa	$0.57 \pm 0.09$ ABa	$0.49 \pm 0.05$ Ba	$0.44 \pm 0.04$ Ba	$0.53 \pm 0.11$ Ba

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

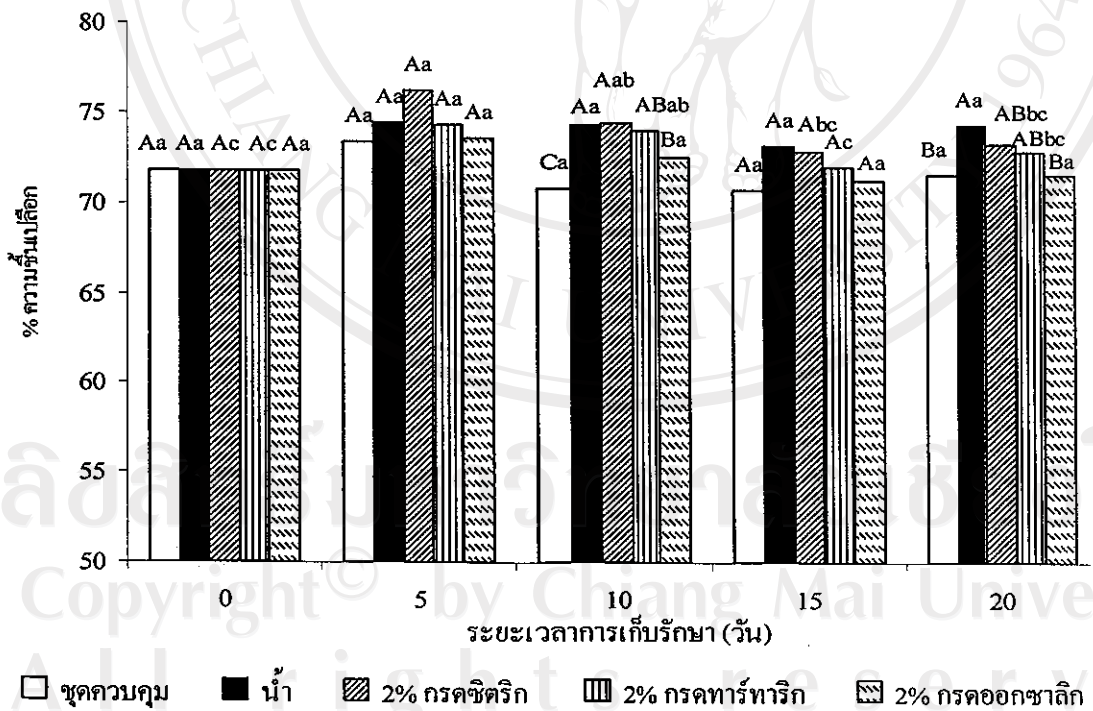
ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกผลลิ้นจี่				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	71.77 ± 0.25 Aa	71.77 ± 0.25 Aa	71.77 ± 0.25 Ac	71.77 ± 0.25 Ac	71.77 ± 0.25 Aa
5	73.33 ± 1.24 Aa	74.49 ± 1.13 Aa	76.21 ± 1.92 Aa	74.34 ± 1.20 Aa	73.62 ± 0.66 Aa
10	70.81 ± 1.06 Ca	74.36 ± 1.65 Aa	74.42 ± 0.36 Aab	74.01 ± 0.54 ABab	72.51 ± 0.27 Ba
15	70.72 ± 1.12 Aa	73.19 ± 0.63 Aa	72.89 ± 0.68 Abc	72.01 ± 0.20 Ac	71.26 ± 3.27 Aa
20	71.59 ± 1.55 Ba	74.33 ± 1.58 Aa	73.31 ± 0.74 ABbc	72.86 ± 0.44 ABbc	71.53 ± 0.19 Ba

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

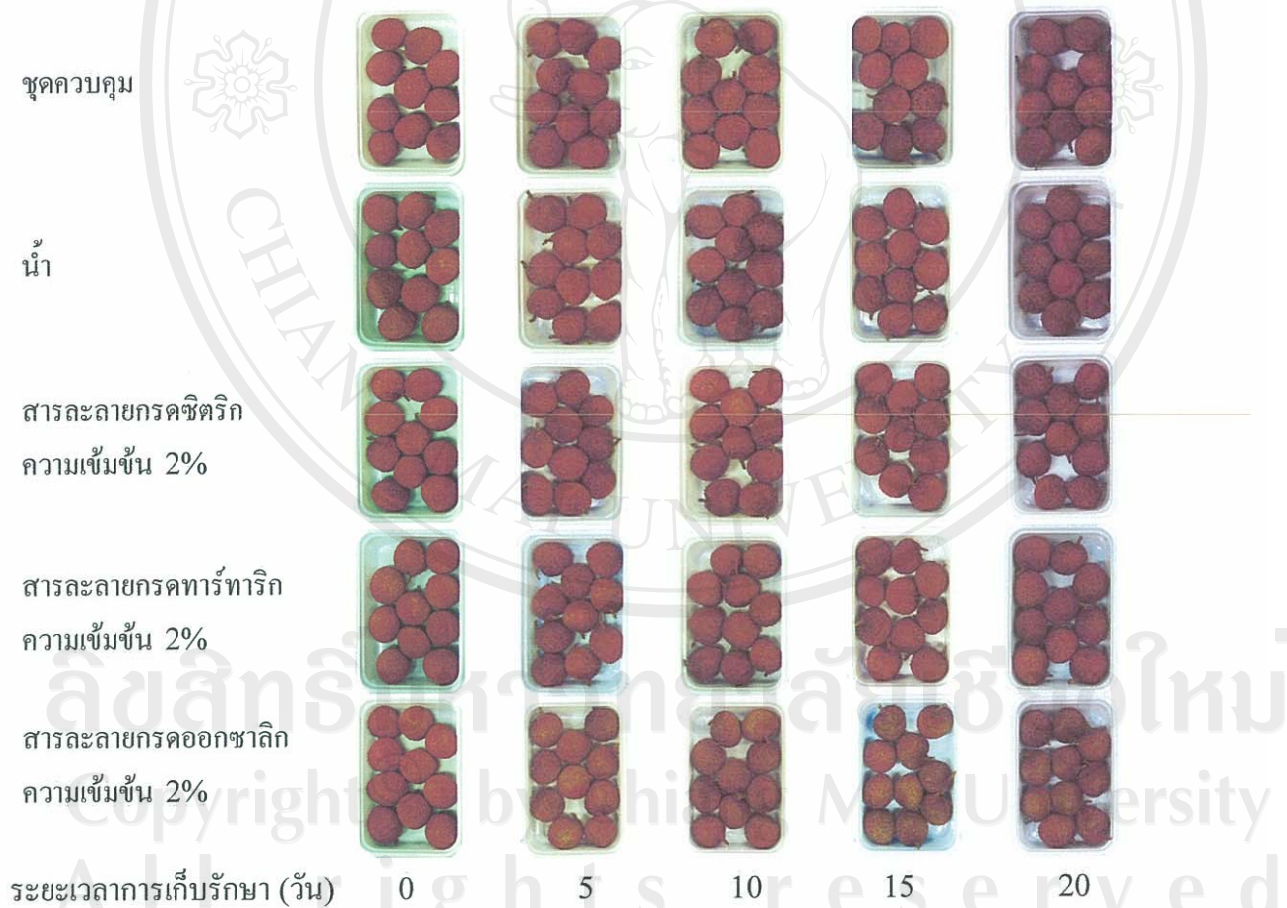
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

### 4.1.3 ลักษณะปรากฏของผลลิ้นจี่

ผลลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดชนิดต่างๆ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน มีสีที่ปรากฏดังรูปที่ 4.3 จะเห็นว่า ผลลิ้นจี่ทุกชุดการทดลองมีสีแดงคล้ำมากขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เปลือกผลลิ้นจี่ชุดควบคุม ที่แช่น้ำ และที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% เริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน นั่นคือ สารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% ไม่สามารถรักษาสีเปลือกผลลิ้นจี่ได้ดีกว่าชุดควบคุม ส่วนผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% เริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน แสดงว่าสารละลายกรดทั้ง 2 ชนิดสามารถรักษาสีเปลือกผลลิ้นจี่ได้ในระหว่างการเก็บรักษา เป็นเวลา 15 วัน



รูปที่ 4.3 ผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

#### 4.1.4 ค่าสีเปลือกผลลิ้นจี่

##### 4.1.4.1 ค่า $L^*$

ผลการวิเคราะห์ค่า  $L^*$  ของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ แสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 โดยค่า  $L^*$  เข้าใกล้ 0 หมายถึงสีเปลือกผลลิ้นจี่มีสีคล้ำ ถ้าค่า  $L^*$  เข้าใกล้ 100 หมายถึงสีเปลือกผลลิ้นจี่สว่างมากจนเป็นสีขาว (McGuire, 1992) ผลการทดลอง พบว่า ภายหลังการแช่น้ำและสารละลายกรดทั้ง 3 ชนิด ค่า  $L^*$  ของเปลือกผลลิ้นจี่ในวันเริ่มต้นชุดควบคุมและที่แช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2% มีค่าเท่ากับ 41.88 และ 41.85 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลลิ้นจี่ที่แช่น้ำ สารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่าเท่ากับ 43.36, 44.63 และ 43.51 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า  $L^*$  สูงกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาเปลือกผลลิ้นจี่ชุดควบคุม เปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่น้ำ สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่า  $L^*$  เท่ากับ 39.04, 37.72, 37.46, 39.15 และ 36.87 ตามลำดับ ซึ่งลดลงจากวันเริ่มต้นเท่ากับ 2.84, 5.64, 4.39, 5.48 และ 7.16 ตามลำดับ นั่นคือ ชุดควบคุมมีค่า  $L^*$  ลดลงน้อยที่สุด รองลงมาคือที่แช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% และที่แช่น้ำ ตามลำดับ นั่นคือระหว่างการเก็บรักษาผลลิ้นจี่มีสีเปลือกคล้ำมากขึ้น โดยเปลือกผลลิ้นจี่ชุดควบคุมกับชุดที่แช่ในสารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 2% มีสีคล้ำช้ากว่า ผลลิ้นจี่ที่แช่น้ำ สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2%

พรอนันต์ (2545) พบว่า ผลลิ้นจี่พันธุ์ธงฮวยที่แช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 10%, สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 10% + กรดแอสคอร์บิก 1%, สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 10% + น้ำตาล 10%, สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 10% + น้ำตาล 10% + กรดแอสคอร์บิก 1% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีค่า  $L^*$  ลดลงภายใน 8 วันของการเก็บรักษาและมีค่าลดลงมากกว่าชุดควบคุม เช่นเดียวกับกับบุญรัตน์ (2548) ที่รายงานค่า  $L^*$  ของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์ธงฮวยที่ผ่านการแช่น้ำร้อนและไม่แช่น้ำร้อน ร่วมกับการแช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5, 10 และ 15% เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 74% เป็นเวลา 7 วัน มีค่า  $L^*$  ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่า  $L^*$  เฉลี่ยในวันเริ่มต้นเท่ากับ 42.03 และลดลงเป็น 35.17 ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีค่า  $L^*$  น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้ที่มีค่า  $L^*$  อยู่ในช่วง 36.87-39.15 ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้

อาจมีสาเหตุมาจากงานวิจัยนี้เก็บรักษาผลลึ้นจี้ที่อุณหภูมิที่ใช้ต่ำและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูง ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำน้อย

#### 4.1.4.2 ค่า $a^*$

ผลการวิเคราะห์ค่า  $a^*$  ของเปลือกด้านนอกของผลลึ้นจี้ แสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 โดยค่า  $a^*$  ที่เป็นบวก หมายถึง ตัวอย่างที่มีสีแดง และถ้าค่า  $a^*$  เป็นลบ หมายถึงตัวอย่างที่มีสีเขียว (McGuire, 1992) ผลการทดลองในวันเริ่มต้นภายหลังการแช่น้ำและสารละลายกรดทั้ง 3 ชนิด พบว่า เปลือกผลลึ้นจี้ที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่า  $a^*$  สูงที่สุด เท่ากับ 25.83 และแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยผลลึ้นจี้ชุดที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% มีค่า  $a^*$  รองลงมาเท่ากับ 23.23 และชุดที่แช่ในน้ำ สารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% และชุดควบคุมมีค่า  $a^*$  เท่ากับ 22.12, 21.32 และ 20.79 ตามลำดับ

ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน พบว่า ค่า  $a^*$  ของเปลือกผลลึ้นจี้ที่แช่ในสารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 19.42 ซึ่งลดลงจากวันเริ่มต้น 1.90 และเปลือกผลลึ้นจี้ที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่า  $a^*$  น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 9.60 ลดลงจากวันเริ่มต้น 16.23 ส่วนเปลือกผลลึ้นจี้ชุดควบคุม เปลือกผลลึ้นจี้ที่แช่น้ำและสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% มีค่า  $a^*$  เท่ากับ 17.96, 18.18 และ 18.79 ตามลำดับ ซึ่งลดลงจากวันเริ่มต้น 2.83, 3.94 และ 4.44 ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นั่นคือ สารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลลึ้นจี้ได้ดีที่สุด ส่วนสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% ไม่สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลลึ้นจี้ได้

การที่ค่า  $a^*$  ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าเปลือกผลลึ้นจี้มีสีแดงลดลง ซึ่งค่าพีเอชของสารละลายกรด มีผลต่ออัตราการสลายตัวของแอนโทไซยานิน ทำให้สีเปลี่ยนไปได้ ในสภาพที่เป็นกรด (พีเอช $\leq$ 3) แอนโทไซยานินจะมีสีแดง แต่เมื่อพีเอชเพิ่มสูงขึ้นแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดง เนื่องจากโครงสร้างของโมเลกุลมีการเปลี่ยนแปลง (นิธิยา, 2545) ซึ่งจากตารางที่ 4.8 ค่าพีเอชของเปลือกผลลึ้นจี้เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.72-4.88 ซึ่งมากกว่าช่วงพีเอชที่ทำให้แอนโทไซยานินมีสีแดง จึงอาจทำให้เปลือกผลลึ้นจี้มีสีแดงลดลง เช่นเดียวกับ Underhill and Critchley (1994) รายงานว่า ค่าสีแดงมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชของเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ โดยสีของเปลือกจะเปลี่ยนแปลงเมื่อพีเอชของเปลือกด้านนอกเปลี่ยน ความเป็นกรดทำให้ผลลึ้นจี้มีสีแดงเพิ่มขึ้น ส่วนความเป็นด่างทำให้เกิดการ

เปลี่ยนสี (discolorisation) แต่ผลของค่าสีแดงและการมองเห็นด้วยตาเปล่าจะไม่สัมพันธ์กับปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด สอดคล้องกับตารางที่ 4.14 คือทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงจากวันเริ่มต้น และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

#### 4.1.4.4 ค่า Chroma

ผลการวิเคราะห์ค่า chroma ของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ แสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 โดยค่า chroma เป็นค่าแสดงถึงความเข้มของสี ถ้าค่า chroma มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงวัตถุไม่มีสีเทา หากค่า chroma มากขึ้น แสดงว่าความเข้มของสีที่ปรากฏมากขึ้นด้วย (McGuire, 1992) ผลการทดลองพบว่า วันเริ่มต้นผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่า chroma มากที่สุด เท่ากับ 29.27 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับผลลิ้นจี่ชุดควบคุม ผลลิ้นจี่ที่แช่ในน้ำ สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 2% มีค่า chroma เท่ากับ 24.54, 25.78, 26.89 และ 24.57 ตามลำดับ

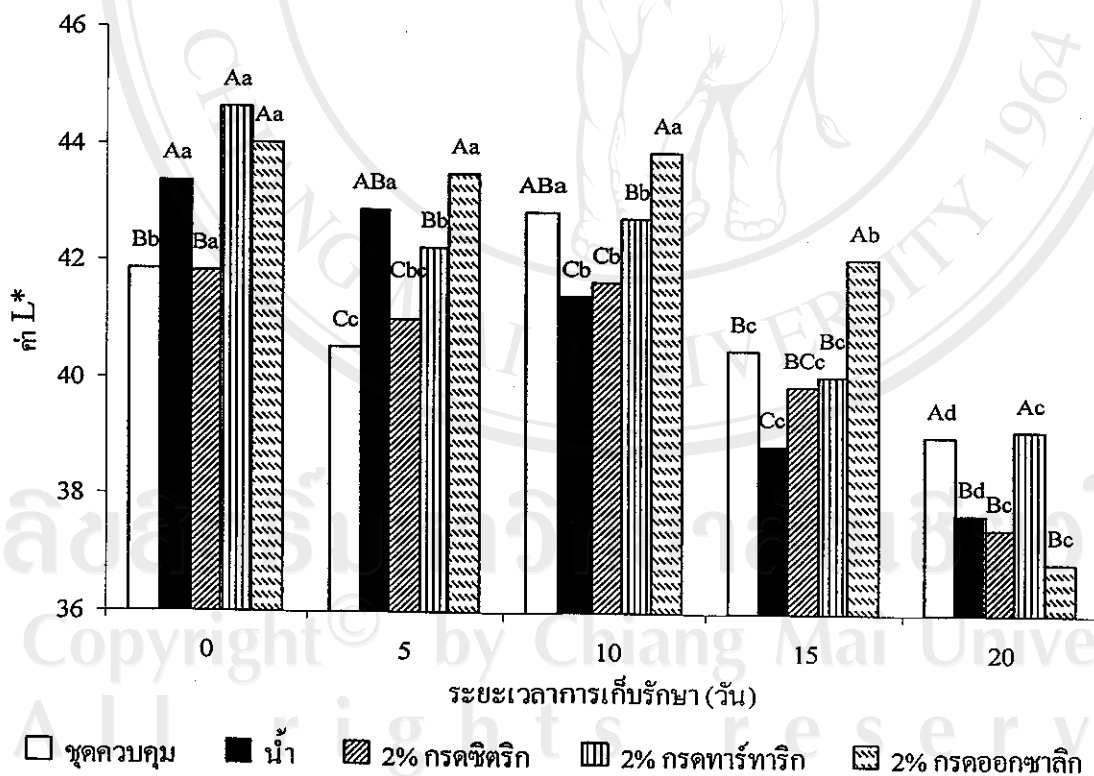
เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่า ผลลิ้นจี่ที่แช่ในน้ำ สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 2% มีค่า chroma เท่ากับ 22.69, 23.44 และ 23.76 ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและชุดที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% ที่มีค่า chroma เท่ากับ 21.96 และ 14.21 ตามลำดับ พบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นั่นคือ เปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่า chroma เข้าใกล้ 0 มากที่สุด แสดงว่า เปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีสีแดงลดลงมากที่สุด โดยค่า chroma ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 5 วันแรกของการเก็บรักษา คือจาก 29.27 ไปเป็น 20.40 และลดลงอีกครั้งภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน มีค่า chroma ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยลดลงจาก 33.00 เป็น 29.00 (Wu *et al.*, 2005)



ตารางที่ 4.3 ค่า L\* ของผลิตภัณฑ์พืชรูจีกรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี L*				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทริก	2% กรดออกซาลิก
0	41.88 ± 3.21 Bb	43.36 ± 3.79 Aa	41.85 ± 3.35 Ba	44.63 ± 3.23 Aa	44.03 ± 3.72 Aa
5	40.54 ± 2.76 Cc	42.91 ± 3.11 ABa	41.00 ± 2.90 Cbc	42.23 ± 2.88 Bb	43.51 ± 2.77 Aa
10	42.87 ± 2.55 ABa	41.44 ± 2.72 Cb	41.67 ± 3.16 Cb	42.76 ± 2.52 Bb	43.87 ± 3.51 Aa
15	40.52 ± 2.83 Bc	38.86 ± 3.22 Cc	39.90 ± 2.90 BCc	40.08 ± 3.08 Bc	42.06 ± 2.61 Ab
20	39.04 ± 2.15 Ad	37.72 ± 2.79 Bd	37.46 ± 3.42 Bc	39.15 ± 2.95 Ac	36.87 ± 3.26 Bc

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

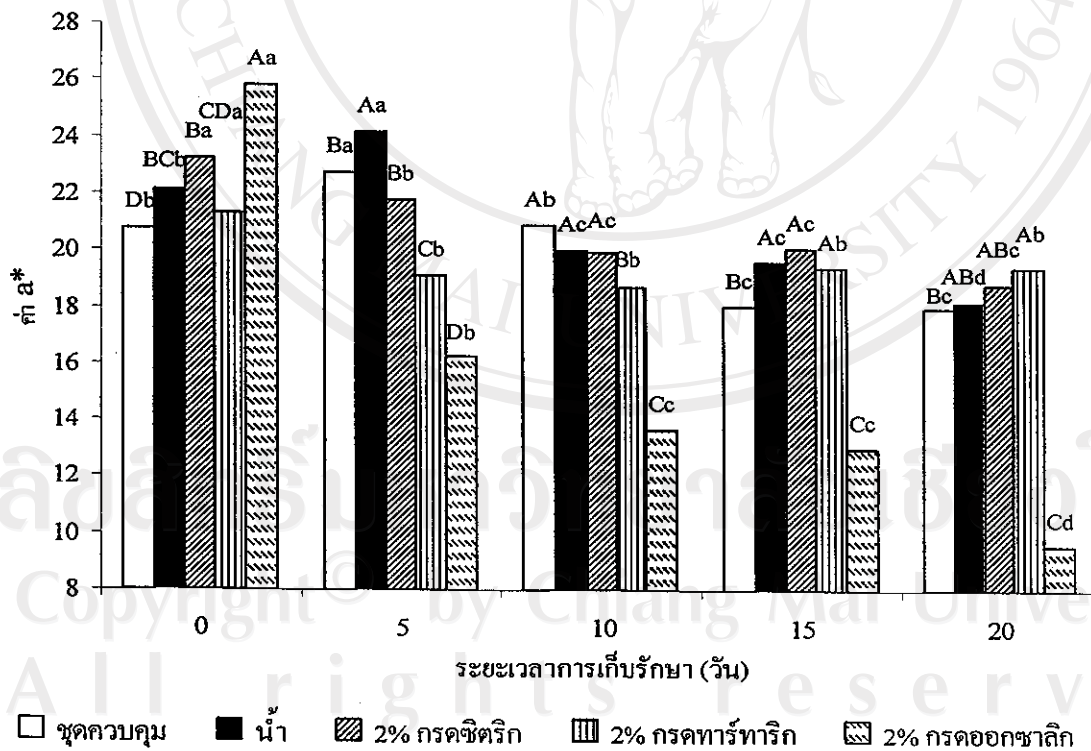


รูปที่ 4.4 ค่า L\* ของผลิตภัณฑ์พืชรูจีกรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ตารางที่ 4.4 ค่า  $a^*$  ของผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่า $a^*$				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	20.79 ± 3.31 Db	22.12 ± 3.17 BCb	23.23 ± 3.94 Ba	21.32 ± 2.61 CDa	25.83 ± 3.03 Aa
5	22.75 ± 3.08 Ba	24.18 ± 3.65 Aa	21.78 ± 3.94 Bb	19.13 ± 3.17 Cb	16.29 ± 3.53 Db
10	20.89 ± 2.88 Ab	19.99 ± 3.38 Ac	19.98 ± 3.48 Ac	18.69 ± 3.58 Bb	13.64 ± 3.54 Cc
15	18.01 ± 3.51 Bc	19.64 ± 3.24 Ac	20.06 ± 3.30 Ac	19.38 ± 3.57 Ab	13.02 ± 3.71 Cc
20	17.96 ± 3.69 Bc	18.18 ± 3.82 ABd	18.79 ± 3.34 ABc	19.42 ± 3.98 Ab	9.60 ± 3.76 Cd

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

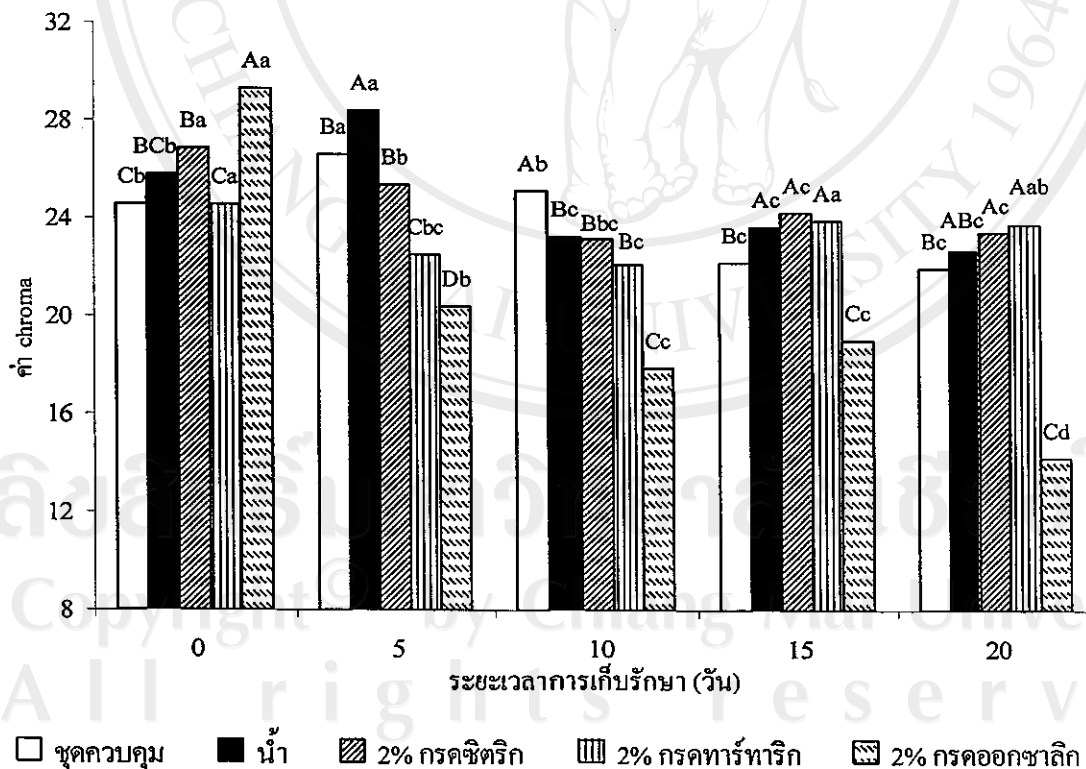


รูปที่ 4.5 ค่า  $a^*$  ของผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ตารางที่ 4.5 ค่า chroma ของผลลึ้นจ้พันธุ์จักรพรรดิที่แชในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่า chroma				
	ซูดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	24.54 ± 3.72 Cb	25.78 ± 3.37 BCb	26.89 ± 3.56 Ba	24.57 ± 2.90 Ca	29.27 ± 3.32 Aa
5	26.60 ± 3.66 Ba	28.41 ± 3.53 Aa	25.42 ± 3.67 Bb	22.55 ± 3.86 Cbc	20.40 ± 3.42 Db
10	25.13 ± 3.48 Ab	23.28 ± 3.64 Bc	23.18 ± 3.34 Bbc	22.15 ± 3.58 Bc	17.85 ± 3.77 Cc
15	22.19 ± 3.81 Bc	23.66 ± 3.71 Ac	24.22 ± 3.66 Ac	23.96 ± 3.68 Aa	19.02 ± 3.50 Cc
20	21.96 ± 3.53 Bc	22.69 ± 3.95 ABc	23.44 ± 3.73 Ac	23.76 ± 3.62 Aab	14.21 ± 3.29 Cd

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.6 ค่า chroma ของผลลึ้นจ้พันธุ์จักรพรรดิที่แชในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

#### 4.1.4.5 ค่า Hue angle

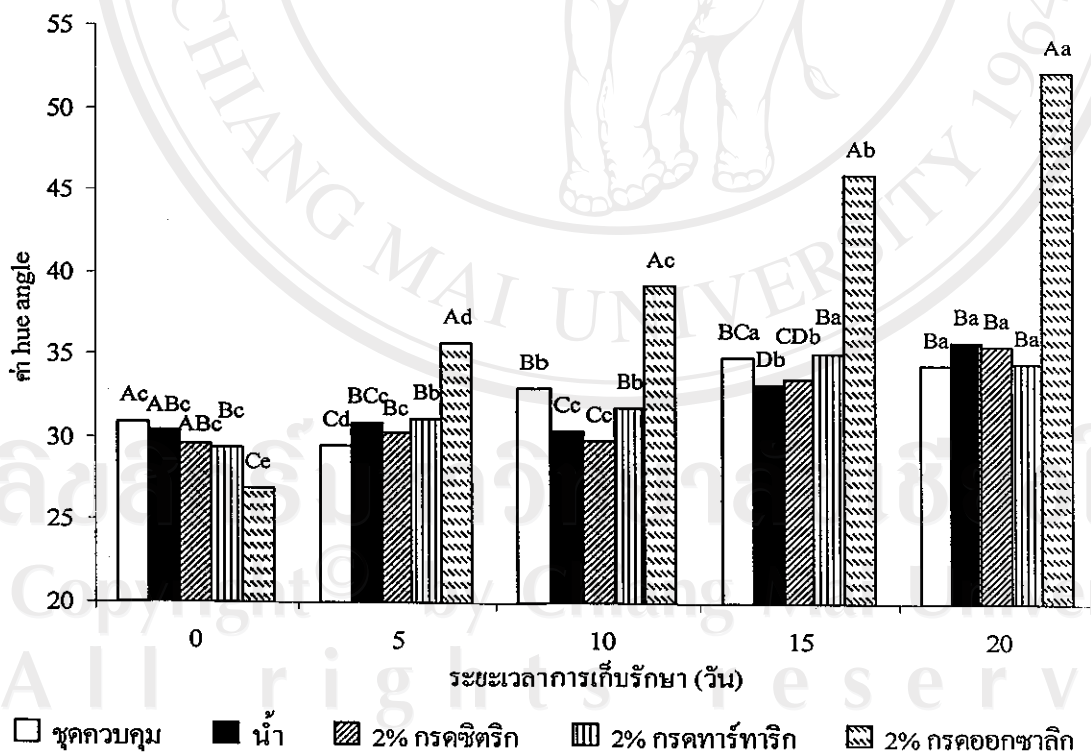
ผลการวิเคราะห์ค่า hue angle ของเปลือกผลลิ้นจี่ แสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 โดยค่า hue angle แสดงถึงสีที่แท้จริงที่ปรากฏให้เห็น คือ ถ้า hue angle อยู่ในช่วง 0-45 องศา แสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง 45-90 องศา แสดงสีส้มแดงถึงสีเหลือง 90-180 องศา แสดงสีเหลืองถึงสีเขียว 180-270 องศาแสดงสีเขียวถึงสีน้ำเงิน 180-360 องศา แสดงสีน้ำเงินถึงสีม่วงแดง (McGuire, 1992) ผลการทดลอง พบว่า ค่า hue angle ของทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่า hue angle มากที่สุดในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 52.35 ดังรูปที่ 4.8 และแตกต่างจากชุดทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ชุดควบคุม ผลลิ้นจี่ที่แช่ในน้ำ สารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% มีค่า hue angle เท่ากับ 34.50, 35.86, 35.67 และ 34.59 ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนผลลิ้นจี่ชุดที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่า hue angle เท่ากับ 52.35 และแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 แสดงว่าเปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีสีแดงคล้ำ ส่วนชุดทดลองที่เหลือมีค่า hue angle อยู่ในช่วง 34.50-35.86 แสดงว่าเปลือกผลลิ้นจี่มีสีม่วงแดง แต่การแช่ผลลิ้นจี่พันธุ์ Kwai May Pink ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีค่าพีเอช 0 และ 1 พบว่า เปลือกผลลิ้นจี่มีค่า hue angle เพิ่มขึ้นจาก 39.9 และ 45.6 ไปเป็น 55.3 และ 49.9 ตามลำดับ และเปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดพีเอช 0 และ 1 แล้วนำไปล้างน้ำ มีค่า hue angle เพิ่มขึ้นจาก 37.9 และ 39.8 ไปเป็น 55.5 และ 47.6 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 40 วัน (Olesen *et al.*, 2003)

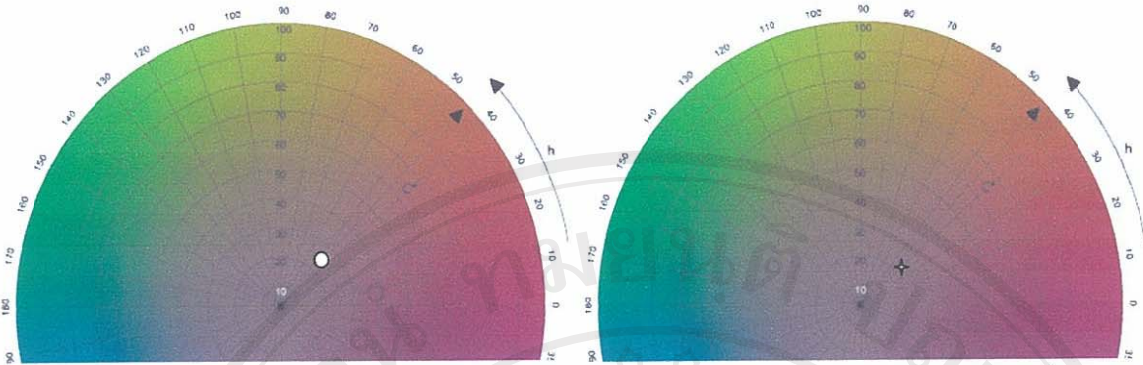
ตารางที่ 4.6 ค่า hue angle ของผลลึ้นจีพันธุ์จักรพรรดิที่แชในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 1 ±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่า hue angle				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	30.90 ± 3.58 Ac	30.40 ± 3.74 ABc	29.61 ± 3.49 ABc	29.36 ± 3.60 Bc	26.98 ± 3.70 Ce
5	29.46 ± 3.93 Cd	30.97 ± 3.76 BCc	30.38 ± 3.82 Bc	31.21 ± 3.69 Bb	35.79 ± 3.55 Ad
10	33.04 ± 3.77 Bb	30.43 ± 3.96 Cc	29.82 ± 3.96 Cc	31.87 ± 3.83 Bb	39.21 ± 3.80 Ac
15	34.96 ± 3.68 BCa	33.26 ± 3.98 Db	33.60 ± 3.66 CDb	35.19 ± 3.91 Ba	46.11 ± 3.92 Ab
20	34.50 ± 3.75 Ba	35.86 ± 4.00 Ba	35.67 ± 3.99 Ba	34.59 ± 3.79 Ba	52.35 ± 3.99 Aa

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

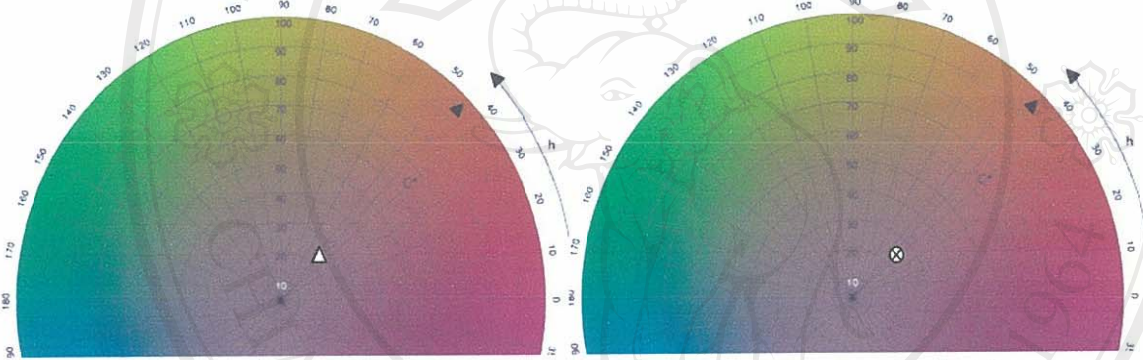


รูปที่ 4.7 ค่า hue angle ของผลลึ้นจีพันธุ์จักรพรรดิที่แชในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 1 ±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน



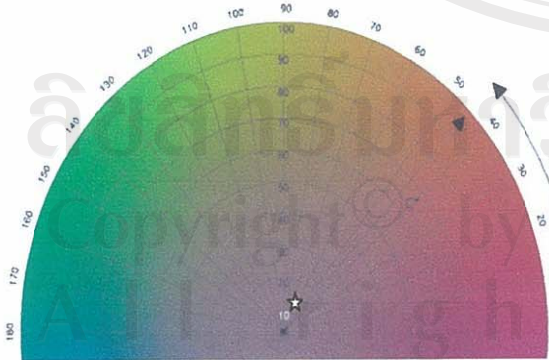
○ คือ ตำแหน่งสีของเปลือกถั่วลิสงที่ชุบคั่วควม  
 มีค่า chroma เท่ากับ 21.96 และ  
 hue angle เท่ากับ 34.50

✦ คือ ตำแหน่งสีของเปลือกถั่วลิสงที่แช่น้ำ  
 มีค่า chroma เท่ากับ 22.69 และ  
 hue angle เท่ากับ 35.86



△ คือ ตำแหน่งสีของเปลือกถั่วลิสงที่แช่ใน  
 สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2%  
 มีค่า chroma เท่ากับ 23.44 และ  
 hue angle เท่ากับ 35.67

⊗ คือ ตำแหน่งสีของเปลือกถั่วลิสงที่แช่ใน  
 สารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2%  
 มีค่า chroma เท่ากับ 23.76 และ  
 hue angle เท่ากับ 34.59



☆ คือ ตำแหน่งสีของเปลือกถั่วลิสงที่แช่ใน  
 สารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2%  
 มีค่า chroma เท่ากับ 14.21 และ  
 hue angle เท่ากับ 52.35

รูปที่ 4.8 แสดงตำแหน่งสีของเปลือกถั่วลิสงพันธุ์จักรพรรดิแช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่าง  
 การเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 1 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% ในวันที่ 20  
 ของการเก็บรักษา (Digital color palette, 1997)

## 4.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

### 4.2.1 ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่

ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่ แสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.9 ค่าพีเอชของน้ำกลั่น สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% ที่ใช้แช่ผลลิ้นจี่มีค่าเท่ากับ 6.56, 2.19, 2.07 และ 1.70 ตามลำดับโดยในวันเริ่มต้นทำการทดลองภายหลังการแช่น้ำและสารละลายกรดทั้ง 3 ชนิดพบว่า ผลลิ้นจี่ที่แช่น้ำ สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.63, 4.60, 4.63 และ 4.57 ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับผลลิ้นจี่ชุดควบคุมมีค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่เท่ากับ 4.75

ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่ของทุกชุดการทดลอง มีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วง 4.82-4.97 โดยผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิดมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาต่อไป ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา ผลลิ้นจี่ชุดควบคุมผลลิ้นจี่ที่แช่น้ำ สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.88, 4.78, 4.74, 4.75 และ 4.72 ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าสารละลายกรดที่ใช้แช่ไม่มีผลทำให้ค่าพีเอชของเปลือกแตกต่างกัน ซึ่งอาจเนื่องจากกรดทั้ง 3 ชนิดเป็นกรดอ่อนสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วันสูงกว่าวันเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และมีค่าพีเอชสูงกว่า 4.6 ซึ่งเป็นค่าพีเอชที่อาจก่อให้เกิดการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อแบคทีเรียได้

Joas และคณะ (2005) รายงานว่า ผลลิ้นจี่พันธุ์ Kwai Mi ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกและกรดทาร์ทาริกที่มีค่าพีเอช 0.8, 1.0, 1.3 และ 1% ไคโตซานในสารละลายกรดซิตริกหรือกรดทาร์ทาริก พีเอช 0.8, 1.0 และ 1.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $10 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์พบว่า ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่เพิ่มขึ้นจาก 4.4 เป็น 4.8 ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน และผลลิ้นจี่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งผลภายใน 15 วันของการเก็บรักษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน ในสภาพที่เป็นกรด (พีเอช  $\leq 3$ ) แอนโทไซยานินจะมีสีค่อนข้างแดง แต่เมื่อค่าพีเอชมากกว่า 3 แอนโทไซยานินจะมีสีแดงถึงม่วง เนื่องจากโครงสร้างของโมเลกุลมีการเปลี่ยนแปลง (นิธิยา, 2545) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชของเปลือกผล

ลื่นจี๊สอดคล้องกับตารางที่ 4.14 คือทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเล็กน้อยจากวันเริ่มต้น แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พรอนันต์ (2545) รายงานว่า การแช่ผลลื่นจี๊พันธุ์ฮวงฮวยในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยกรดซิตริก 10%, น้ำตาล 10% และกรดแอสคอร์บิก 1% ค่าพีเอชของเปลือกผลลื่นจี๊ในทุกชุดทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานิน และการเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือก โดยเฉพาะผลลื่นจี๊ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 10% มีการเพิ่มของค่าพีเอชเร็วที่สุด เนื่องจากเปลือกผลลื่นจี๊ได้รับความเสียหายจากสภาพความเป็นกรดที่สูงเกินไป ทำให้เกิดการสูญเสียของแอนโทไซยานินด้วย

Jiang and Fu (1999) รายงานว่า การเก็บรักษาผลลื่นจี๊พันธุ์ Huaizhi ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70, 80 และ 90% พบว่า ทุกระดับความชื้นสัมพัทธ์ เปลือกผลลื่นจี๊มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 และ 90% มีค่าพีเอชของเปลือกไม่แตกต่างกัน แสดงว่าการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนที่อยู่ในเปลือกผลลื่นจี๊

#### 4.2.2 ค่าพีเอชของเนื้อลื่นจี๊

ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชของเนื้อลื่นจี๊ แสดงในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.10 ในวันเริ่มต้นค่าพีเอชของเนื้อลื่นจี๊ทุกชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 3.96 เมื่อการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน เนื้อลื่นจี๊ชุดควบคุมและชุดที่แช่ในน้ำมีค่าพีเอชเพิ่มมากขึ้น มีค่าเท่ากับ 4.51 และ 4.47 ซึ่งแตกต่างจากวันเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนเนื้อลื่นจี๊ชุดที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.32, 4.29 และ 4.25 ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อพิจารณาแต่ละชุดการทดลองพบว่า เนื้อลื่นจี๊ชุดที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดมาลิก ในตารางที่ 4.11 ที่มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มากที่สุด

Zheng and Tian (2005) รายงานว่า การแช่ผลลื่นจี๊พันธุ์ Huaizhi ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิโมลาร์ ค่าพีเอชของเนื้อลื่นจี๊เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา แสดงว่าไม่มีการรั่วซึมของสารละลายกรดผ่านเข้าไปในผนังชั้นกลางของผลลื่นจี๊ เช่นเดียวกับ Rattanapanone and Boonyakiat (2005) รายงานว่า ระหว่างการเก็บรักษาผลลื่นจี๊พันธุ์



จักรพรรดิในถุง PD961 และ PD900 เนื้อลื่นจี้มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นจาก 4.25 เป็น 4.73 และเป็น 4.98 ตามลำดับ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 สัปดาห์

#### 4.2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.11 โดยในวันเริ่มต้นเนื้อผลลื่นจี้ทุกชุดการทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 16.87% และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 วัน พบว่า เนื้อผลลื่นจี้ในชุดการทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเนื้อผลลื่นจี้ชุดที่แช่ในน้ำมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด เท่ากับ 14.67% และแตกต่างจากเนื้อผลลื่นจี้ชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเนื้อลื่นจี้ชุดควบคุมเนื้อลื่นจี้ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 15.87, 15.87, 16.13 และ 16.00% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการแช่ผลลื่นจี้ในสารละลายกรดทั้ง 3 ชนิด ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

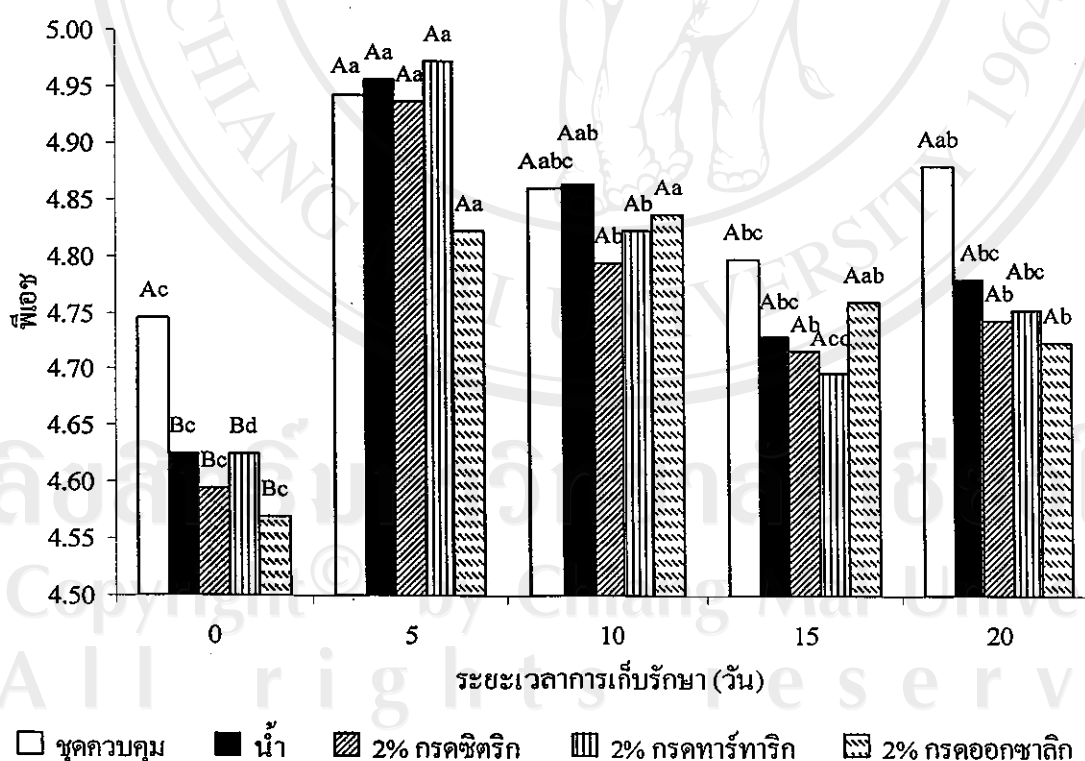
ผลลื่นจี้พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์  $90 \pm 5\%$  มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นจาก 16.1 เป็น 17.1% ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา ขณะที่ผลลื่นจี้ชุดควบคุมมีการเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จาก 16.1 เป็น 17.4% ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา (ณัฐิกาและคณะ, 2548)

ผลลื่นจี้พันธุ์สองฮวยที่แช่ในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยกรดซิตริก 10%, น้ำตาล 10% และกรดแอสคอร์บิก 1% มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงเล็กน้อย โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงจาก 17.3 เป็น 16.8% ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา (พรอนันต์, 2545)

ตารางที่ 4.7 ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1 \pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	4.75 ± 0.06 Ac	4.63 ± 0.08 Bc	4.60 ± 0.01 Bc	4.63 ± 0.01 Bd	4.57 ± 0.04 Bc
5	4.94 ± 0.09 Aa	4.96 ± 0.08 Aa	4.94 ± 0.10 Aa	4.97 ± 0.08 Aa	4.82 ± 0.09 Aa
10	4.86 ± 0.05 Aabc	4.86 ± 0.11 Aab	4.79 ± 0.06 Ab	4.82 ± 0.08 Ab	4.84 ± 0.06 Ab
15	4.80 ± 0.06 Abc	4.73 ± 0.03 Abc	4.72 ± 0.01 Ab	4.70 ± 0.04 Acd	4.76 ± 0.04 Aab
20	4.88 ± 0.07 Aab	4.78 ± 0.11 Abc	4.74 ± 0.05 Ab	4.75 ± 0.06 Abc	4.72 ± 0.02 Ab

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.9 ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1 \pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

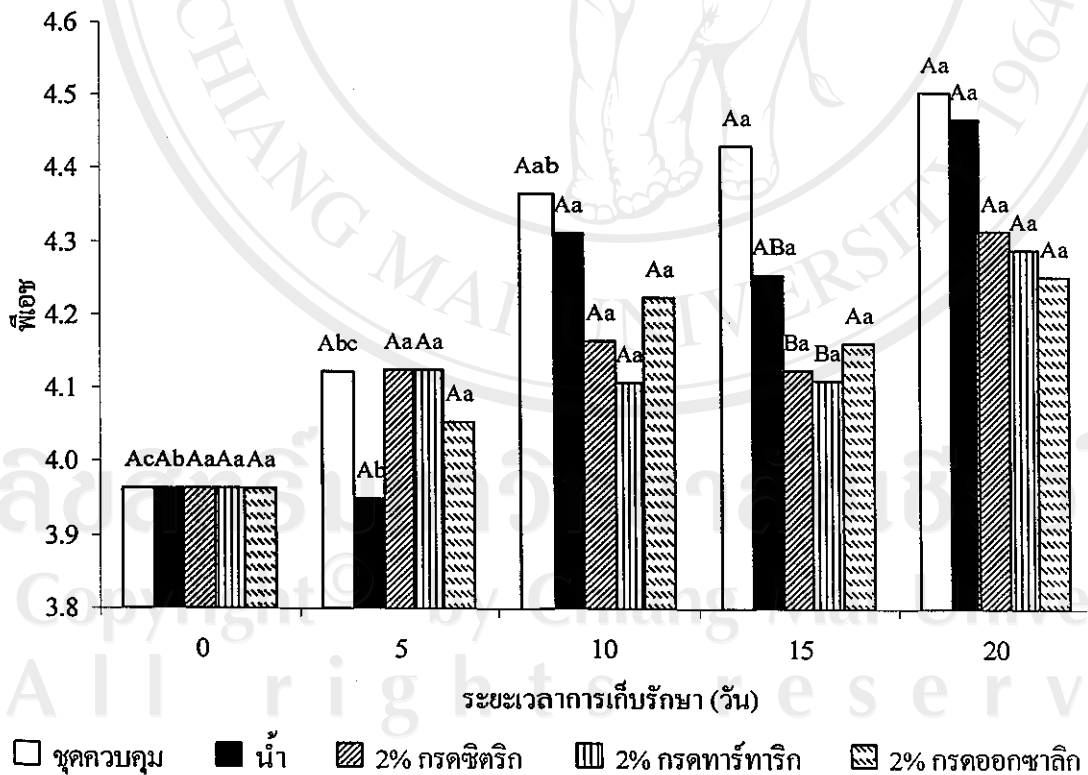
ตารางที่ 4.8 ค่าพีเอชของเนื้อผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1 \pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าพีเอชของเนื้อผลลิ้นจี่				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	$3.96 \pm 0.12$ Ac	$3.96 \pm 0.12$ Ab	$3.96 \pm 0.12$ Aa	$3.96 \pm 0.12$ Aa	$3.96 \pm 0.12$ Aa
5	$4.12 \pm 0.14$ Abc	$3.95 \pm 0.08$ Ab	$4.13 \pm 0.24$ Aa	$4.13 \pm 0.13$ Aa	$4.06 \pm 0.08$ Aa
10	$4.37 \pm 0.15$ Aab	$4.31 \pm 0.10$ Aa	$4.17 \pm 0.19$ Aa	$4.11 \pm 0.08$ Aa	$4.23 \pm 0.14$ Aa
15	$4.43 \pm 0.08$ Aa	$4.26 \pm 0.14$ ABa	$4.13 \pm 0.06$ Ba	$4.11 \pm 0.07$ Ba	$4.16 \pm 0.22$ Ba
20	$4.51 \pm 0.19$ Aa	$4.47 \pm 0.19$ Aa	$4.32 \pm 0.10$ Aa	$4.29 \pm 0.18$ Aa	$4.25 \pm 0.08$ Aa

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.10 ค่าพีเอชของเนื้อผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1 \pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ตารางที่ 4.9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมจักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

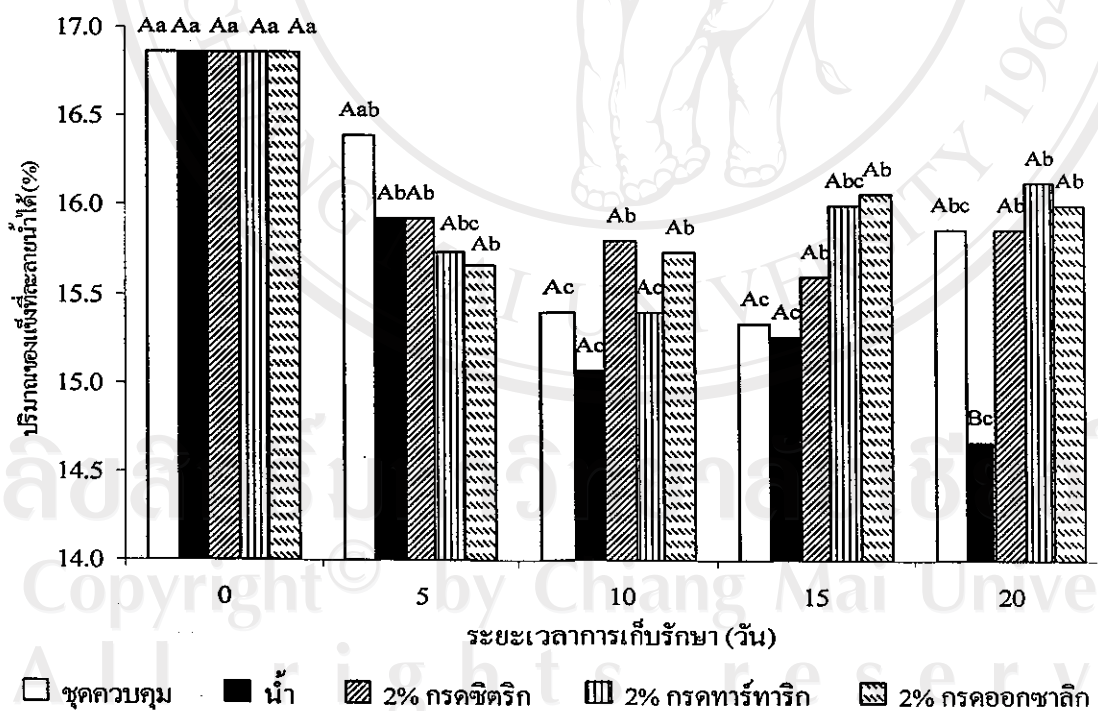
ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%)				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทริก	2% กรดออกซาลิก
0	16.87 ± 0.12 Aa	16.87 ± 0.12 Aa	16.87 ± 0.12 Aa	16.87 ± 0.12 Aa	16.87 ± 0.12 Aa
5	16.40 ± 0.53 Aab	15.93 ± 0.31 Ab	15.93 ± 0.50 Ab	15.73 ± 0.61 Abc	15.67 ± 0.42 Ab
10	15.40 ± 0.53 Ac	15.07 ± 0.31 Ac	15.80 ± 0.20 Ab	15.40 ± 0.20 Ac	15.73 ± 0.31 Ab
15	15.33 ± 0.61 Ac	15.27 ± 0.31 Ac	15.60 ± 0.40 Ab	16.00 ± 0.20 Abc	16.07 ± 0.23 Ab
20	15.87 ± 0.42 Abc	14.67 ± 0.57 Bc	15.87 ± 0.23 Ab	16.13 ± 0.31 Ab	16.00 ± 0.20 Ab

หมายเหตุ

: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.11 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมจักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

#### 4.2.4 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

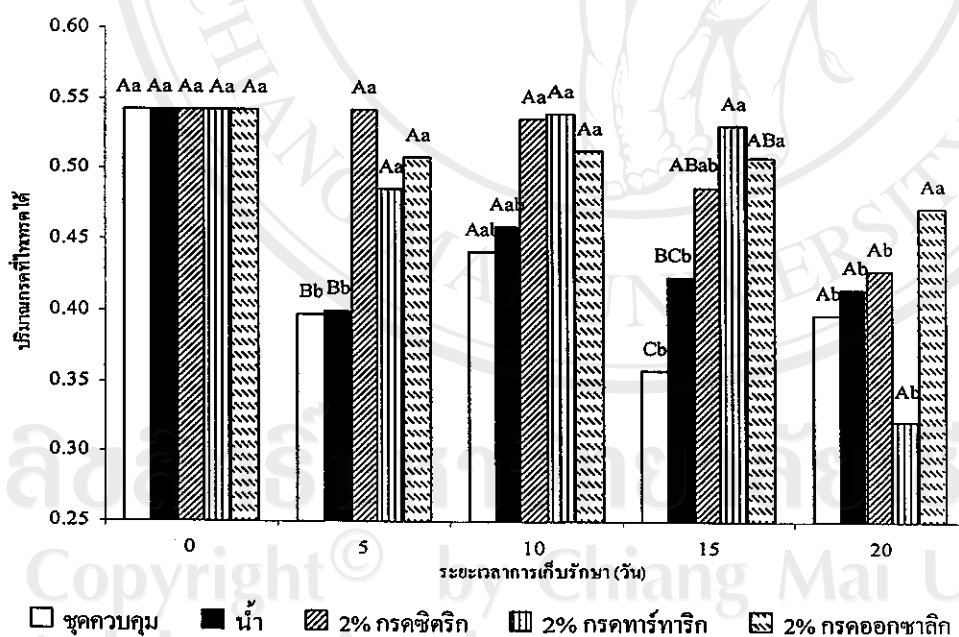
ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดมาลิก แสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.12 โดยในวันเริ่มต้นผลลึ้นจี้ทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.54% เมื่อการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลง โดยผลลึ้นจี้ชุดควบคุม ผลลึ้นจี้ที่แช่ในน้ำ สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.40, 0.42, 0.43 และ 0.32% ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้น แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับผลลึ้นจี้ชุดที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% ซึ่งมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.47% แสดงว่าการแช่ผลลึ้นจี้ในสารละลายกรดทั้ง 3 ชนิดไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน

การเก็บรักษาผลลึ้นจี้พันธุ์จักรพรรดิในถุง PD961 และ PD900 เป็นเวลา 7 สัปดาห์ มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลงจาก 0.43% เป็น 0.25% และ 0.29% ตามลำดับ (Rattanapanone and Boonyakiat, 2005) และผลลึ้นจี้พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์  $90 \pm 5\%$  เป็นเวลา 2 สัปดาห์ มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลงจาก 0.27% เป็น 0.24% (ณัฐิกาและคณะ, 2548)

ตารางที่ 4.10 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลลีนจีพันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดมาลิก (%)				
	ซูดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	0.54 $\pm$ 0.05 Aa	0.54 $\pm$ 0.05 Aa	0.54 $\pm$ 0.05 Aa	0.54 $\pm$ 0.05 Aa	0.54 $\pm$ 0.05 Aa
5	0.40 $\pm$ 0.03 Bb	0.40 $\pm$ 0.03 Bb	0.54 $\pm$ 0.02 Aa	0.49 $\pm$ 0.02 Aa	0.51 $\pm$ 0.05 Aa
10	0.44 $\pm$ 0.07 Aab	0.46 $\pm$ 0.04 Aab	0.54 $\pm$ 0.07 Aa	0.54 $\pm$ 0.04 Aa	0.51 $\pm$ 0.07 Aa
15	0.36 $\pm$ 0.04 Cb	0.42 $\pm$ 0.07 BCb	0.49 $\pm$ 0.04 ABab	0.53 $\pm$ 0.02 Aa	0.51 $\pm$ 0.05 ABa
20	0.40 $\pm$ 0.07 Ab	0.42 $\pm$ 0.08 Ab	0.43 $\pm$ 0.02 Ab	0.32 $\pm$ 0.05 Ab	0.47 $\pm$ 0.05 Aa

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.12 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลลีนจีพันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

#### 4.2.5 อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ TSS/TA แสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.13 โดยวันเริ่มต้น ผลลึ้นจี้ทุกชุดการทดลองมีอัตราส่วนของ TSS/TA เท่ากับ 29.93 โดยในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาผลลึ้นจี้ชุดที่แช่ในสารละลายกรดซิดริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 2% มีอัตราส่วนของ TSS/TA เท่ากับ 35.50 และ 48.89 ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การที่อัตราส่วนของ TSS/TA เพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงอย่างช้าๆ ในช่วง 15 วันแรกของการเก็บรักษา และลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลังของการเก็บรักษา ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 5 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษา จึงส่งผลให้อัตราส่วนของ TSS/TA เพิ่มขึ้น

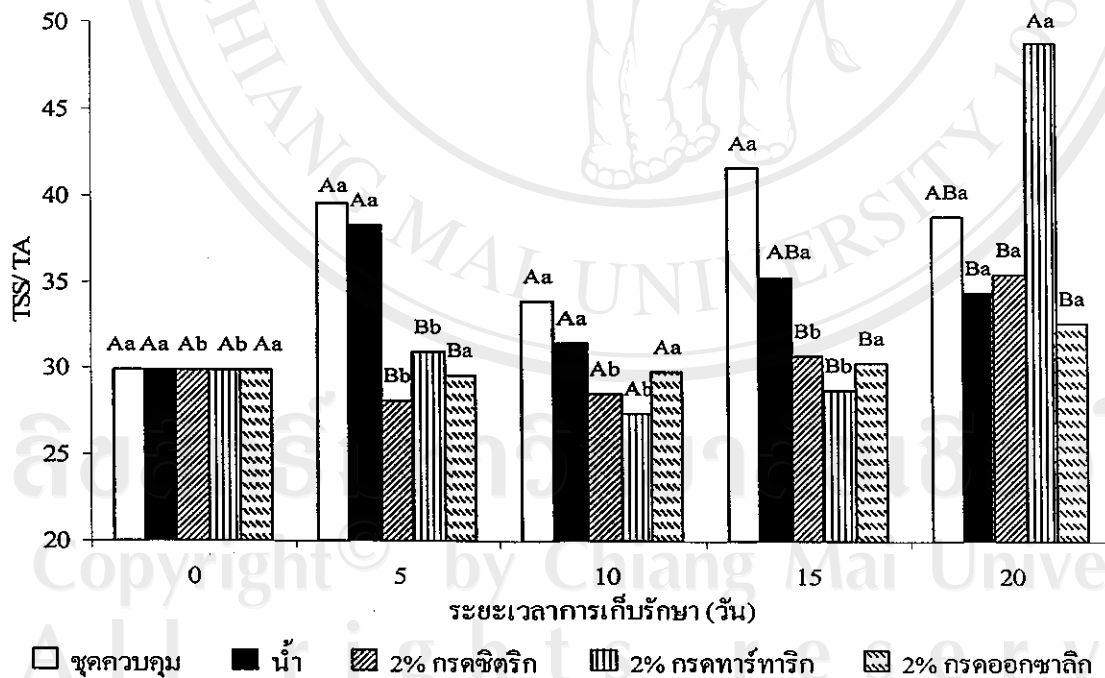
ผลลึ้นจี้ที่แช่ในสารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 2% มีอัตราส่วนของ TSS/TA มากที่สุด เท่ากับ 48.89 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับผลลึ้นจี้ในชุดการทดลองอื่นๆ เนื่องจากผลลึ้นจี้ที่แช่ในสารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 2% มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้น้อยที่สุดและมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด ดังนั้นจึงมีค่า TSS/TA สูงที่สุด

อัตราส่วนของ TSS/TA เป็นตัวชี้บ่งรสชาติของผลลึ้นจี้ โดยค่าที่เหมาะสมของผลลึ้นจี้ควรมีค่าอยู่ในช่วง 30-40 (Underhill and Wong, 1990; Holcroft and Mitcham, 1996) ซึ่งผลลึ้นจี้ที่แช่ในสารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 2% มีอัตราส่วนของ TSS/TA เกินกว่าค่าที่เหมาะสม แสดงว่าอาจมีรสชาติดหวานขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน

ตารางที่ 4.11 อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์พันธุ์กรรมที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้/ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดมาลิก				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	29.93 ± 2.86 Aa	29.93 ± 2.86 Aa	29.93 ± 2.86 Ab	29.93 ± 2.86 Ab	29.93 ± 2.86 Aa
5	39.55 ± 1.47 Aa	38.25 ± 2.21 Aa	28.10 ± 0.20 Bb	31.01 ± 1.41 Bb	29.63 ± 2.56 Ba
10	33.94 ± 5.74 Aa	31.48 ± 2.21 Aa	28.55 ± 3.80 Ab	27.37 ± 2.06 Ab	29.78 ± 4.83 Aa
15	41.64 ± 7.07 Aa	35.25 ± 7.04 ABa	30.80 ± 2.67 Bb	28.82 ± 0.55 Bb	30.40 ± 3.17 Ba
20	38.85 ± 5.75 ABa	34.44 ± 4.93 Ba	35.50 ± 2.29 Ba	48.89 ± 8.68 Aa	32.63 ± 4.07 Ba

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.13 อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์พันธุ์กรรมที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน



#### 4.2.6 ปริมาณวิตามินซี

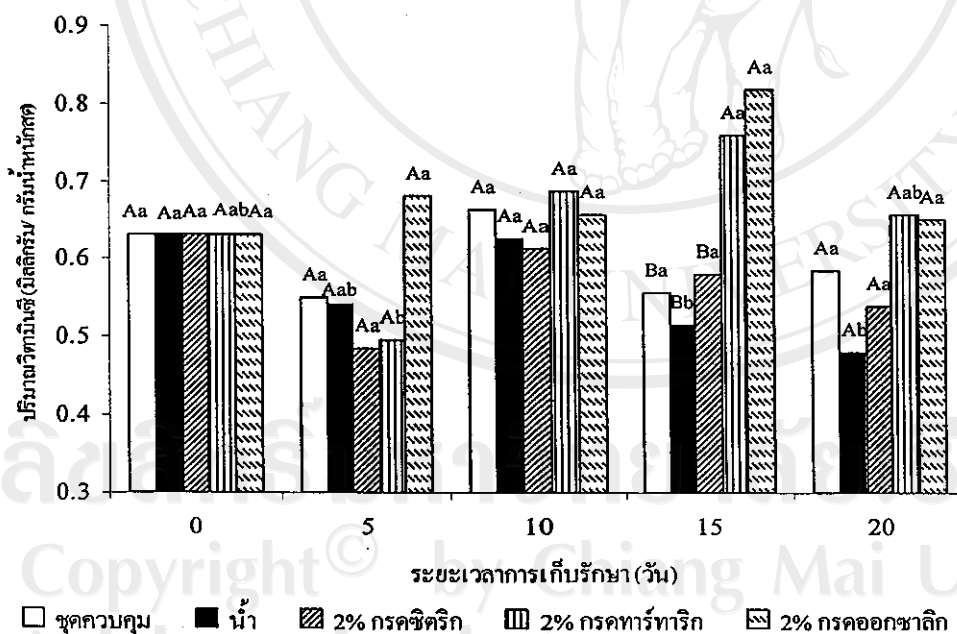
ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่ แสดงในตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.14 ในวันที่เริ่มต้นเนื้อลิ้นจี่ที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 0.63 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาพบว่าเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมและที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 0.59 และ 0.54 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณลดลงคิดเป็นการสูญเสียวิตามินซี 7.43 และ 14.72% ตามลำดับ ส่วนเนื้อลิ้นจี่ชุดที่แช่ในน้ำ มีปริมาณวิตามินซีลดลงในเหลือ 0.48 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด คิดเป็นการสูญเสียวิตามินซี 23.73% ซึ่งแตกต่างจากผลลิ้นจี่ชุดที่แช่ในสารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% ที่มีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นเมื่อการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน แล้วลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลัง แต่ยังคงมีวิตามินซีใกล้เคียงกับเมื่อเริ่มต้น (0.66 และ 0.65 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ) โดยผลลิ้นจี่ชุดที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดในวันที่ 15 เท่ากับ 0.82 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด แสดงให้เห็นว่าการแช่ผลลิ้นจี่ในสารละลายกรดทั้ง 3 ชนิด สามารถรักษาปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่ได้

อย่างไรก็ตาม เนื้อผลลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน มีปริมาณวิตามินซีลดลงจาก 29 เป็น 10 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งสูญเสียวิตามินซี 65.52% ของปริมาณวิตามินซีเริ่มต้น (Wu *et al.*, 2005)

ตารางที่ 4.12 ปริมาณวิตามินซีของเนื้อผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1 \pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/ กรัมน้ำหนักสด)				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	$0.63 \pm 0.06$ Aa	$0.63 \pm 0.06$ Aa	$0.63 \pm 0.06$ Aa	$0.63 \pm 0.06$ Aab	$0.63 \pm 0.06$ Aa
5	$0.55 \pm 0.08$ Aa	$0.54 \pm 0.07$ Aab	$0.49 \pm 0.13$ Aa	$0.50 \pm 0.04$ Ab	$0.68 \pm 0.13$ Aa
10	$0.66 \pm 0.03$ Aa	$0.63 \pm 0.05$ Aa	$0.62 \pm 0.03$ Aa	$0.69 \pm 0.10$ Aa	$0.66 \pm 0.06$ Aa
15	$0.56 \pm 0.08$ Ba	$0.52 \pm 0.06$ Bb	$0.58 \pm 0.07$ Ba	$0.76 \pm 0.16$ Aa	$0.82 \pm 0.06$ Aa
20	$0.56 \pm 0.08$ Aa	$0.48 \pm 0.04$ Ab	$0.54 \pm 0.03$ Aa	$0.66 \pm 0.08$ Aab	$0.65 \pm 0.16$ Aa

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.14 ปริมาณวิตามินซีของเนื้อผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1 \pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

#### 4.2.7 ปริมาณแอนโทไซยานิน

ปริมาณแอนโทไซยานินในเปลือกผลลิ้นจี่ แสดงในตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.15 เปลือกผลลิ้นจี่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอนโทไซยานินวันเริ่มต้นเท่ากับ 40.87 มิลลิกรัม/ 100 กรัม น้ำหนักสด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีค่าลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ชุดควบคุม ผลลิ้นจี่ที่แช่ในน้ำ สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% และสารละลายออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 35.00, 38.90, 41.07, 36.25 และ 34.79 มิลลิกรัม/ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งผลลิ้นจี่ชุดที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 34.79 มิลลิกรัม/ 100 กรัม น้ำหนักสด ส่วนชุดที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% มีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดเท่ากับ 41.07 มิลลิกรัม/ 100 กรัม น้ำหนักสด นั่นคือสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% สามารถยับยั้งการสลายตัวของแอนโทไซยานินได้

แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟีนอลอย่างหนึ่ง สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เร่งด้วยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสได้ นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินยังขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง ความร้อน ออกซิเจน แสง วิตามินซี เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ไอออนโลหะ โมเลกุลน้ำตาล และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (จริงแท้, 2544) แอนโทไซยานินที่พบในเปลือกผลลิ้นจี่เป็นสับสเตรตหลักของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เร่งด้วยเอนไซม์ ดังนั้น จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานินที่เปลือกผลลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่ (ตารางที่ 4.8) พบว่า ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่ทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 4.57-4.75 ในวันเริ่มต้นแล้วเพิ่มขึ้นเป็น 4.72-4.88 ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษามีผลต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานินเพียงเล็กน้อย

Zhang และคณะ (2001) รายงานว่าระหว่างการเก็บรักษาผลลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi ในเปลือกผลลิ้นจี่มีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง และพบผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสลายของแอนโทไซยานิน โดยที่พีเอช 5.0 จะเกิดสลายพันธะของแอนโทไซยานิน คือ cyanidin-3-rutinside ที่เป็นแอนโทไซยานินหลักเปลี่ยนเป็นไซยานิดิน ที่มีโครงสร้างเหมือนกับแคทีคอล และเป็นสับสเตรตของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ที่ไปเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ นอกจากนั้นพบเอนไซม์แอนโทไซยานเนส (anthocyanase) เพิ่มขึ้นในเปลือกผลลิ้นจี่ ซึ่งอาจเป็น

สาเหตุการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่จากปฏิกิริยาร่วมของแอนโทไซยานิน-แอนโทไซยานิน-แอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (anthocyanase-anthocyanin-PPO)

#### 4.2.8 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

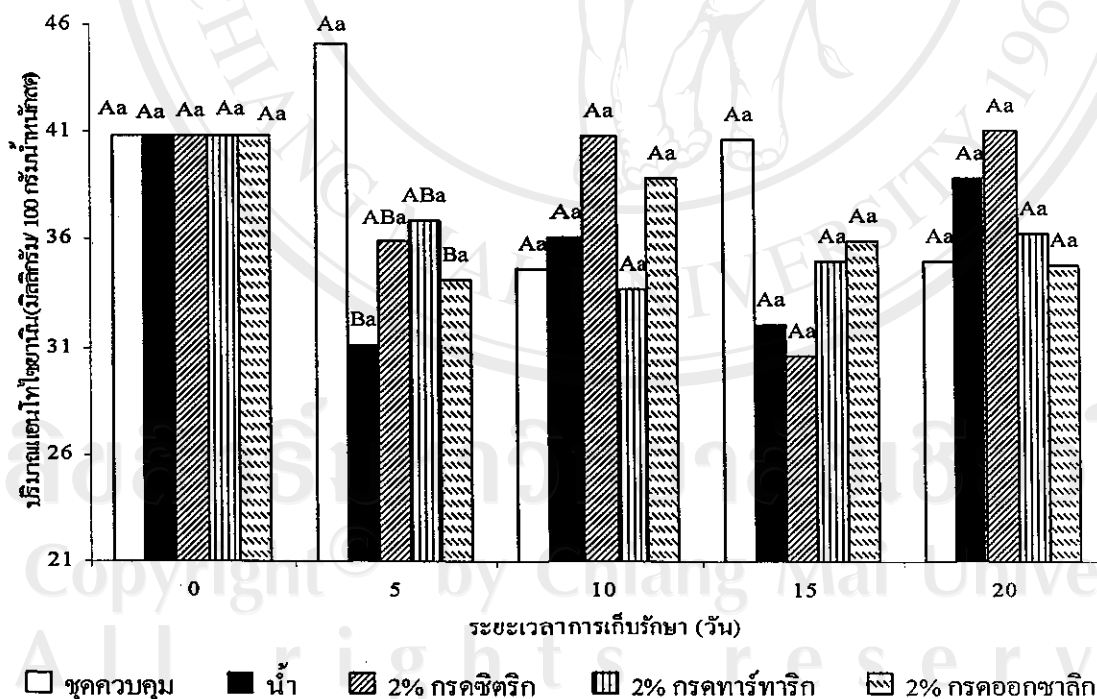
ผลการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ แสดงในตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.16 ผลการทดลองพบว่า ในวันเริ่มต้นเปลือกลิ้นจี่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด เท่ากับ 0.33 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน เปลือกลิ้นจี่ชุดควบคุม เปลือกลิ้นจี่ที่แช่ในน้ำ สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 0.19, 0.19, 0.20, 0.20 และ 0.20 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งลดลงจากวันเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดระหว่างแต่ละชุดการทดลองพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Terdbaramee และคณะ (2002) รายงานว่า ผลลิ้นจี่พันธุ์ Khom ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 โมลาร์ เป็นเวลา 10 และ 30 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 42 วัน พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลในเปลือกผลลิ้นจี่ลดลงในทุกชุดทดลอง สารประกอบฟีนอลหลักในเปลือกผลลิ้นจี่คือ flavan-3-ol monomers และ dimmers ซึ่งพบถึง 87% ของสารประกอบฟีนอลทั้งหมด แสดงว่า flavan-3-ol monomers และ dimmers เป็นสับสเตรตหลักของการปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เร่งด้วยแอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Zhang *et al.*, 2000)

ตารางที่ 4.13 ปริมาณแอนโทไซยานินของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1 \pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณแอนโทไซยานินของเปลือกผลลิ้นจี่ (มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด)				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทริก	2% กรดออกซาลิก
0	40.87 ± 7.22 Aa	40.87 ± 7.22 Aa	40.87 ± 7.22 Aa	40.87 ± 7.22 Aa	40.87 ± 7.22 Aa
5	45.15 ± 9.06 Aa	31.16 ± 3.14 Ba	35.95 ± 3.30 ABa	36.86 ± 4.80 ABa	34.15 ± 1.60 Ba
10	34.69 ± 7.19 Aa	36.12 ± 5.01 Aa	40.84 ± 6.05 Aa	33.76 ± 1.66 Aa	38.85 ± 4.54 Aa
15	40.67 ± 6.27 Aa	32.11 ± 6.98 Aa	30.62 ± 6.48 Aa	34.96 ± 9.13 Aa	35.91 ± 4.46 Aa
20	35.00 ± 5.06 Aa	38.90 ± 4.97 Aa	41.07 ± 4.65 Aa	36.25 ± 3.70 Aa	34.79 ± 2.18 Aa

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

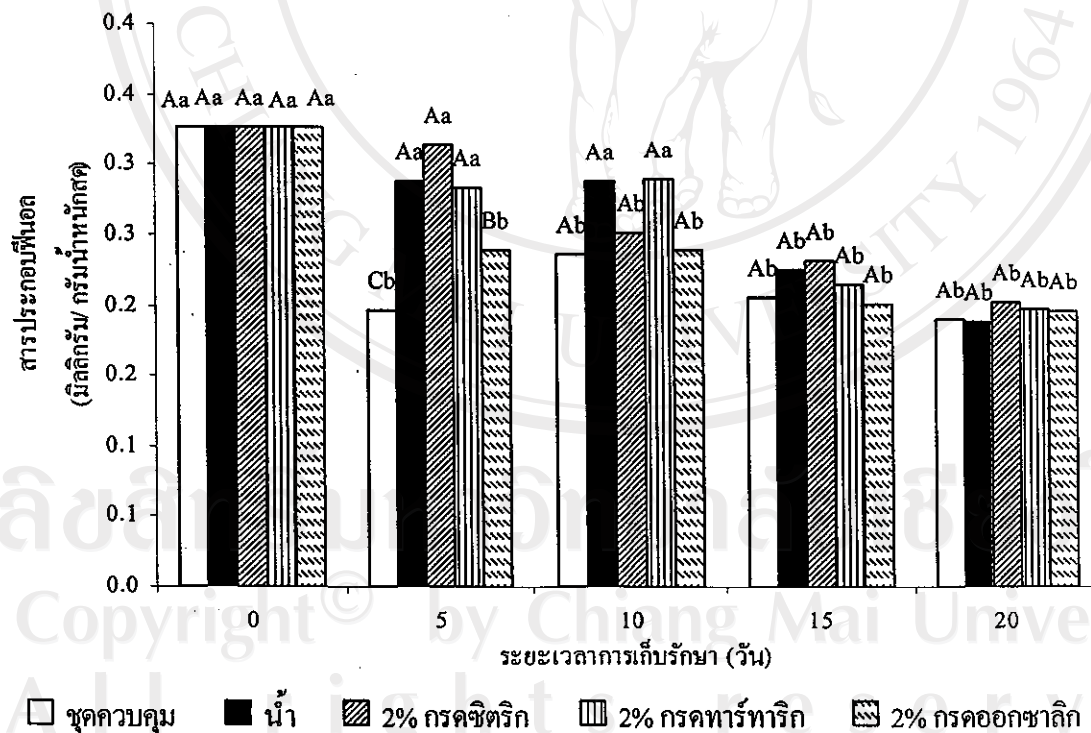


รูปที่ 4.15 ปริมาณแอนโทไซยานินของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1 \pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ตารางที่ 4.14 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ใน สารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1 \pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม/ กรัม น้ำหนักสด)				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	$0.33 \pm 0.06$ Aa	$0.33 \pm 0.06$ Aa	$0.33 \pm 0.06$ Aa	$0.33 \pm 0.06$ Aa	$0.33 \pm 0.06$ Aa
5	$0.20 \pm 0.02$ Cb	$0.29 \pm 0.02$ Aa	$0.31 \pm 0.01$ Aa	$0.28 \pm 0.03$ Aa	$0.24 \pm 0.02$ Bb
10	$0.23 \pm 0.02$ Ab	$0.29 \pm 0.03$ Aa	$0.25 \pm 0.05$ Ab	$0.29 \pm 0.02$ Aa	$0.24 \pm 0.01$ Ab
15	$0.21 \pm 0.03$ Ab	$0.23 \pm 0.04$ Ab	$0.23 \pm 0.02$ Ab	$0.21 \pm 0.05$ Ab	$0.20 \pm 0.01$ Ab
20	$0.19 \pm 0.01$ Ab	$0.19 \pm 0.01$ Ab	$0.20 \pm 0.02$ Ab	$0.20 \pm 0.02$ Ab	$0.20 \pm 0.02$ Ab

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.16 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ใน สารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ  $1 \pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

## 4.3 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี

### 4.3.1 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ แสดงในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.17 ในวันเริ่มต้นผลลิ้นจี่ทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เท่ากับ 51.38 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที่ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในทุกชุดการทดลองมีค่าลดลง โดยกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเปลือกผลลิ้นจี่ชุดที่แช่ในสารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 23.62 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที่ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกผลลิ้นจี่ชุดควบคุม เปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในน้ำ และที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% ซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 6.57, 10.03 และ 7.03 หน่วย/ มิลลิกรัมของโปรตีน/ นาที่ ตามลำดับ ส่วนเปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 13.72 หน่วย/ มิลลิกรัมของโปรตีน/ นาที่ ซึ่งไม่แตกต่างจากทุกชุดทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะชุดที่แช่ในสารละลายกรดทั้ง 3 ชนิดในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา พบว่า เปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 2% มีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด คือ 23.62 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที่ รองลงมาคือ เปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% มีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 13.72 และ 7.03 หน่วย/ มิลลิกรัมของโปรตีน/ นาที่ ตามลำดับ นั่นคือสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2% สามารถชะลอกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ดีที่สุด

Zhang และคณะ (2005) รายงานว่าระหว่างการรักษาผลลิ้นจี่ กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและดัชนีการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลิ้นจี่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง อย่างไรก็ตาม เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสไม่สามารถออกซิไดซ์แอนโทไซยานินในเปลือกผลลิ้นจี่ได้โดยตรง แต่ต้องแยกเอาน้ำตาลใน โมเลกุลของแอนโทไซยานินออกไปก่อน เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจึงสามารถทำปฏิกิริยาได้ (Zapata *et al.*, 1995) ดังนั้นการสลายตัวของแอนโทไซยานิน โดยเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจะเกิดควบคู่กับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงควรกำจัดออกซิเจนและป้องกันเกิดรอยแตกของเปลือกผลลิ้นจี่ (Jiang *et al.*, 2004)

#### 4.3.2 กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสที่เปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ แสดงในตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.18 ในวันเริ่มต้นเปลือกผลลิ้นจี่ของทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 0.88 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที่ เมื่อการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในเปลือกผลลิ้นจี่ทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเปลือกผลลิ้นจี่ชุดควบคุมเปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในน้ำ สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2% สารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 2% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% มีกิจกรรมของเอนไซม์เท่ากับ 0.67, 0.81, 0.45, 0.45 และ 0.54 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที่ ตามลำดับ นั่นคือสารละลายกรดซัลฟิวริก กรดทาร์ทริก และกรดออกซาลิกความเข้มข้น 2% สามารถชะลอกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจากวันเริ่มต้นได้ถึง 49.2, 49.3 และ 38.6% ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการซัลฟิวริก กรดทาร์ทริก และกรดออกซาลิก เป็นสารจับโลหะที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถจับกับโลหะทองแดง ที่ active site ของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส จึงชะลอกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสได้ ส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ช้าลง (Marshall *et al.*, 2000, ศิวพร, 2546)

Jiang and Fu (1997) ได้แช่ผลลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi ในสารละลายกรดกลูตาไทโอน (glutathione) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ และสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส พบว่า สารละลายกรดทั้ง 2 ชนิดสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่ได้ดี และสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ สามารถยับยั้งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสได้ถึง 80% ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาได้

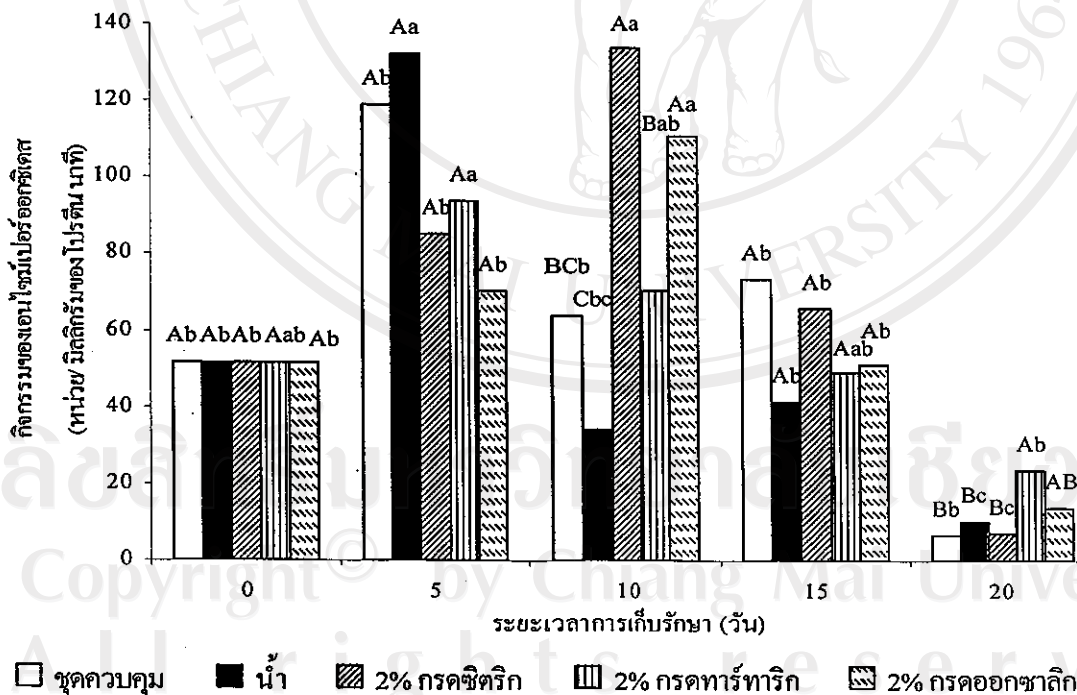
ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส อยู่ในช่วงพีเอช 5-7 (นิริยา, 2545) แต่ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่ (ตารางที่ 4.8) ระหว่างการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วง 4.57-4.97 เป็นค่าพีเอชที่ไม่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์ นอกจากนั้นปริมาณแอนโทไซยานิน (ตารางที่ 4.14) มีค่าลดลงในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส และเมื่อพิจารณาค่าสี L\* (ตารางที่ 4.2) พบว่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่า กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอล ออกซิเดส เป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่ โดยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลให้เป็นควิโนน แล้วรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้นและได้สารประกอบที่มีสีน้ำตาล ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาร่วมของแอนโทไซยานิน-แอนโทไซยานิน-สารประกอบฟีนอล-PPO (Jiang *et al.*, 2004) นอกจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ลดลง (Jiang and Fu, 1999)



ตารางที่ 4.15 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร็อกซิเดสในเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 1 ±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	กิจกรรมของเอนไซม์เปอร็อกซิเดส (หน่วย/ มิลลิกรัมของโปรตีน/ นาที)				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทริก	2% กรดออกซาลิก
0	51.38 ± 23.06 Ab	51.38 ± 23.06 Ab	51.38 ± 23.06 Ab	51.38 ± 23.06 Aab	51.38 ± 23.06 Ab
5	119.12 ± 16.06 Aa	132.23 ± 21.85 Aa	85.58 ± 28.15 Ab	94.16 ± 15.30 Aa	70.71 ± 31.99 Ab
10	63.93 ± 6.70 BCb	34.04 ± 9.09 Cbc	133.91 ± 23.99Aa	70.74 ± 23.11 Bab	110.76 ± 11.20 Aa
15	73.66 ± 18.02 Ab	41.61 ± 12.09 Ab	65.90 ± 13.99 Ab	48.86 ± 14.16 Aab	50.87 ± 13.41 Ab
20	6.57 ± 2.86 Bc	10.03 ± 5.39 Bc	7.03 ± 5.81 Bc	23.62 ± 12.71 Ab	13.72 ± 3.24 ABc

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

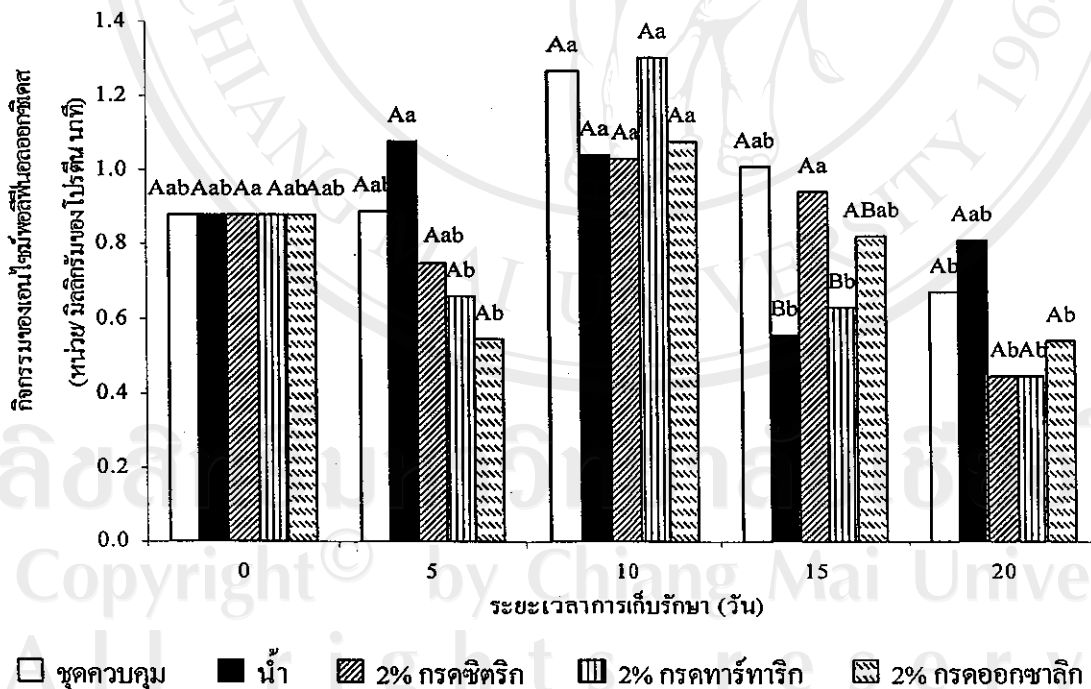


รูปที่ 4.17 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร็อกซิเดสในเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 1 ±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ตารางที่ 4.16 กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/ มิลลิกรัมของโปรตีน/ นาที)				
	ชุดควบคุม	น้ำ	2% กรดซิตริก	2% กรดทาร์ทาริก	2% กรดออกซาลิก
0	0.88 ± 0.34 Aa	0.88 ± 0.34 Aa	0.88 ± 0.34 Aa	0.88 ± 0.34 Aab	0.88 ± 0.34 Ab
5	0.89 ± 0.25 Aa	1.08 ± 0.19 Aa	0.75 ± 0.33 Aab	0.66 ± 0.31 Ab	0.55 ± 0.12 Ab
10	1.28 ± 0.13 Aa	1.04 ± 0.22 Aa	1.03 ± 0.07 Aa	1.31 ± 0.33 Aa	1.08 ± 0.14 Aa
15	1.01 ± 0.12 Aa	0.56 ± 0.13 Ba	0.94 ± 0.22 Aa	0.63 ± 0.19 Bb	0.82 ± 0.13 ABab
20	0.67 ± 0.24 Aa	0.81 ± 0.27 Aa	0.45 ± 0.11 Ab	0.45 ± 0.35 Ab	0.54 ± 0.25 Ab

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.18 กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่แช่ในสารละลายกรด 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 20 วัน