

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 การศึกษาวิธีการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดสในเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

การนำเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์มายับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดส โดยการแช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.5, 2.0 หรือ 2.5% เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำมาวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดสที่เหลือ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

การแช่ขึ้นเนื้อมะม่วงสุกในสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.5% กิจกรรมของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดสหาคอมและหาค่าทดลองมีค่าเท่ากับ 7939.40 และ 7810.22 หน่วย/นาทีกิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ คือมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดสเหลืออยู่ในเนื้อมะม่วงเท่ากับ 98.42% ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมของเอนไซม์ที่วัดได้จากชิ้นเนื้อมะม่วงสุกที่แช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0 หรือ 2.5% ซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดสหาคอมเท่ากับ 8996.60 และ 12695.66 และหาค่าทดลองเท่ากับ 5805.24 และ 10298.11 หน่วย/นาทีกิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ คือ มีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดสเหลืออยู่เท่ากับ 64.39 และ 80.74% ตามลำดับ แสดงว่าการแช่เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ในสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0% สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดสได้ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดสลงได้ 35.61% ดังนั้นในการทดลองขั้นตอนต่อไป จึงเลือกใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0% แช่ขึ้นเนื้อมะม่วงสุกเป็นเวลา 2 นาที ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

เนื่องจากกรดซัลฟิวริกเป็นกรดที่พบได้ในผลไม้ทั่วไปอยู่แล้ว ซึ่งกรดซัลฟิวริกจะช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ โดยทำให้ค่าพีเอชลดลงต่ำกว่าค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดส (Martinez and Whitaker, 1995) ทำให้เอนไซม์ทำงานได้ช้าลงและช่วย

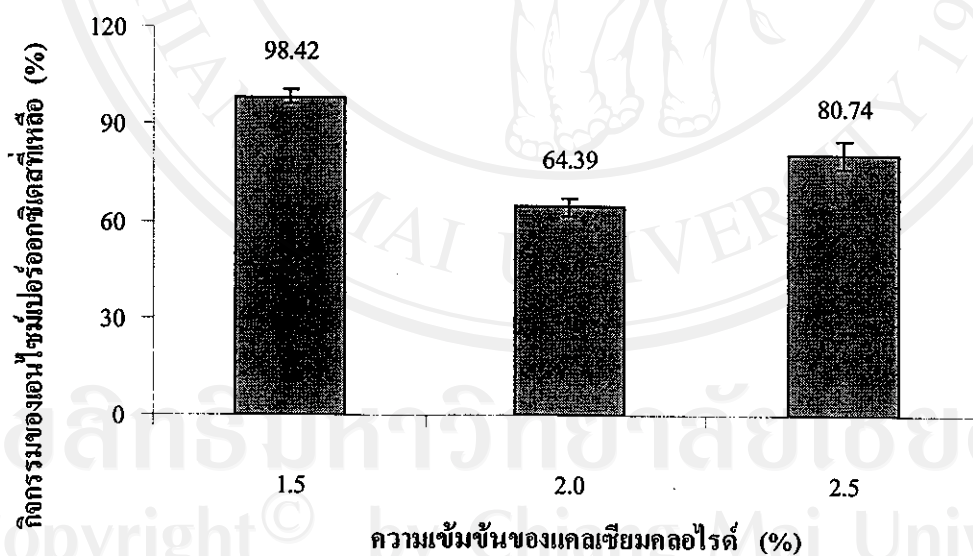
ชะลอปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ได้ ตัวอย่างการใช้กรดซิตริกยับยั้งเอนไซม์ ได้แก่ การแช่ชิ้นเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% เป็นเวลา 30, 60 และ 90 วินาที สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสลงได้ 31.60, 48.64 และ 42.43% ตามลำดับ (รุจิภรณ์, 2546) การใช้สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 10% สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมหั่นชิ้น (Castaner *et al.*, 1996)

การแช่ผลไม้ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ช่วยทำให้เนื้อสัมผัสของผลไม้ดีขึ้น ความเข้มข้นที่นิยมใช้อยู่ระหว่าง 0.5-2.0% (General Chemical Industrial Products, 2004) ซึ่งควรเลือกใช้ช่วงความเข้มข้นและเวลาที่สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ได้อย่างเหมาะสม และไม่สิ้นเปลืองต้นทุนในการผลิต อย่างไรก็ตาม การใช้แคลเซียมคลอไรด์ในปริมาณมากอาจจะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ จนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ (Luna-Guzman and Burrett, 2000) นอกจากนี้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ยังนำมาใช้กับผักและผลไม้ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยทำหน้าที่เป็นคีเลตติ้งเอเจนต์จับกับโลหะเหล็กและทองแดง ซึ่งเป็นคะตะลิสต์เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนสี นอกจากนี้แคลเซียมไอออนยังสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ (Severini *et al.*, 2003) ตัวอย่างได้แก่ การแช่สาลี่หั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ได้ (Ronsen and Kader, 1989) การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.3% ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลในเห็ด *Agaricua bisporus* (Kukura *et al.*, 1998) และที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.18-1.40 โมลาร์ สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในกล้วยได้ (Burnette, 1977) และการใช้สารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ให้ผลอย่างมีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (Ihl *et al.*, 2003)

ตารางที่ 4.1 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลื่อในเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ ภายหลังจากแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5, 2.0 หรือ 2.5% เป็นเวลา 2 นาที

ความเข้มข้นของสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ (%)	กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วย/นาที่/มิลลิกรัมโปรตีน)		กิจกรรมของเอนไซม์ เปอร์ออกซิเดสที่เหลื่อ (%)
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
1.5	7939.40ns	7810.22ns	98.42A ±2.08
2.0	8996.60ns	5805.24ns	64.39C ±2.71
2.5	12695.66ns	10298.11ns	80.74B ±4.56

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)  
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )  
 เมื่อทดสอบด้วย T-Test  
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )  
 เมื่อทดสอบด้วย Duncan test  
 - ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



รูปที่ 4.1 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลื่อในเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ ภายหลังจากแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5, 2.0 หรือ 2.5% เป็นเวลา 2 นาที โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

## 4.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและโพลีฟีนอลออกซิเดส สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์ โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ชุดควบคุม (ไม่แช่ในสารละลาย) และชุดทดลองที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0% เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งเป็นกรรมวิธีลดเอนไซม์ได้ดีที่สุด ที่ได้จากผลการทดลองขั้นตอนที่ 4.1 ไปแช่เยือกแข็งโดยวิธี IQF

นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ปิดสนิท แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน สุ่มตัวอย่างออกมาทุกเดือนเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งที่หาลอมละลายแล้ว และตรวจวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์เฉพาะตัวอย่างเมื่อเริ่มต้นและภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ได้ผลการทดลองดังนี้

### 4.2.1 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและโพลีฟีนอลออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.2-4.3 และรูปที่ 4.2-4.3 ตามลำดับ

#### ก. กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์เท่ากับ 8894.64 และ 3969.95 หน่วย/นาทิลิลลิกรัม โปรตีน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสระหว่างเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าอยู่ในช่วง 2856.12-13635.61 และ 4187.81-13224.31 หน่วย/นาทิลิลลิกรัม โปรตีน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 1 เดือน กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสซูดควมและซูดทอลองมีค่าเพิ่มสูงขึ้น หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ลดลงในช่วงเดือนที่ 2-3 และเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 4 และมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ในช่วงเดือนที่ 5-6 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมของเอนไซม์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษาอาจมีความสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณแคโรทีนอยด์ (ตารางที่ 4.14) โดยเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสไปเร่งปฏิกิริยาการออกซิเดชันสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ทำให้เกิดการสลายตัวของเบต้า-แคโรทีน (นิธิยา, 2545) ส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็งลดลงและสีเนื้อมะม่วงเปลี่ยนไปจากเดิม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในรูปที่ ข.1-ข.3 (ภาคผนวก ข) แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นสาเหตุที่ทำให้เนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็งเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการ และอาจเป็นสาเหตุทำให้เนื้อมะม่วงมีค่า  $b^*$  ลดลง แสดงว่าเนื้อมะม่วงมีสีเหลืองลดลง เนื่องจากเกิดการสูญเสียปริมาณแคโรทีนอยด์ ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน (ตารางที่ 4.6) ดังนั้นจึงควรเลือกพันธุ์มะม่วงที่มีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสต่ำ เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ Alice and Whitaker (1974) ได้รายงานว่า เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสสามารถถูกกระตุ้นให้กลับทำงานได้อีก (reactivate) ในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง ถึงแม้จะลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ แต่ไม่สามารถทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ได้ทั้งหมด เช่นเดียวกับการเก็บรักษามะม่วงแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส โดยไม่ผ่านขั้นตอนการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือนกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส มีค่าเพิ่มสูงขึ้น 40% (Skered, 1995) และจากผลการทดลองนี้พบว่า การแช่เยือกแข็งขึ้นเนื้อมะม่วงสามารถชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีให้ช้าลง และลดกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ แต่ไม่สามารถยับยั้งหรือทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ให้หมดได้ ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์มีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ให้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำได้โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 นาที ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส โดยกิจกรรมของเอนไซม์ลดลงในช่วงเวลาเก็บรักษา 3 เดือนแรก หลังจากนั้นมีความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน และค่อยๆ ลดลงจนหมด เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน (Lisiewska and Kmiecik, 2000)

ตารางที่ 4.2 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุก พันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วย/นาที่/มิลลิกรัมโปรตีน)		ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
0	8894.64A <sup>a</sup> ±2103.39	3969.95C <sup>b</sup> ±1127.35	6428.30CD
1	13635.61A <sup>ns</sup> ±1640.04	13224.31A <sup>ns</sup> ±1446.09	13429.96A
2	2856.12D <sup>ns</sup> ±266.96	4187.81C <sup>ns</sup> ±1287.32	3521.96E
3	4556.70CD <sup>ns</sup> ±473.70	5450.73C <sup>ns</sup> ±1105.04	5003.72DE
4	11549.92A <sup>ns</sup> ±2101.92	9786.99B <sup>ns</sup> ±753.51	10668.42B
5	7232.33BC <sup>ns</sup> ±1787.80	10365.64B <sup>ns</sup> ±280.56	8798.99B
6	7887.54B <sup>ns</sup> ±935.20	9357.68B <sup>ns</sup> ±1255.75	8622.61BC
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	8087.55NS	8047.87NS	

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)  
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test  
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT  
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT  
 - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

#### ข. กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3

กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสระหว่างเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่า ภายหลังจากแช่เยือกแข็งเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษากิจกรรมของเอนไซม์ของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าเท่ากับ 444.74 และ 357.84 หน่วย/นาที่/มิลลิกรัม โปรตีนตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน กิจกรรมของเอนไซม์ในเนื้อมะม่วงชุดควบคุมเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าชุดทดลองมีค่าเท่ากับ 2048.04 และ 973.95 หน่วย/นาที่/มิลลิกรัม โปรตีน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงเป็นเวลา 2-6 เดือน กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในเนื้อมะม่วงชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 393.21-990.21 และ 246.46-906.35 หน่วย/นาทีก/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในเนื้อมะม่วงชุดควบคุมและชุดทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นมีค่าสูงสุดภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน หลังจากนั้น มีการเปลี่ยนแปลงผันแปรขึ้นๆ ลงๆ ระหว่างการเก็บรักษาในช่วงเดือนที่ 2-5 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีกิจกรรมลดลงเท่ากับ 405.03 และ 246.46 หน่วย/นาทีก/มิลลิกรัม โปรตีน ตามลำดับ การที่กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส มีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน แต่เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีสีคล้ำลง ซึ่งพิจารณาจากค่า  $L^*$  ที่ลดลง (ตารางที่ 4.4) ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน แสดงว่า กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งในช่วงระยะเดือนที่ 4-5 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส โดยเอนไซม์ชนิดนี้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นในช่วงหลังของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.2) หรืออาจเป็นไปได้ที่ภายหลังจากแช่เยือกแข็งเนื้อมะม่วงสุกยังคงมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมากพอที่จะกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ จึงทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็ง ถึงแม้ว่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจะลดลงก็ตาม ซึ่งเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อของผลไม้ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลให้เป็นควิโนน แล้วรวมตัวกันเป็น โมเลกุลใหญ่ขึ้นและได้สารประกอบที่มีสีน้ำตาล (Cestari *et al.*, 2002) ผลการทดลองที่ได้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับการเก็บรักษามะม่วงแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส โดยไม่ผ่านขั้นตอนการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีค่าเพิ่มขึ้น 20% (Skered, 1995) และการเก็บรักษาลิ้นจี่พันธุ์กวางเจาแช่เยือกแข็ง ที่อุณหภูมิ -22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 เดือน กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในเปลือกลิ้นจี่มีค่าเพิ่มขึ้น 50% หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์มีค่าลดลง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น แสดงว่า กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสสามารถ reactivate ได้ ในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง (บุญส่ง, 2543)

ตารางที่ 4.3 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

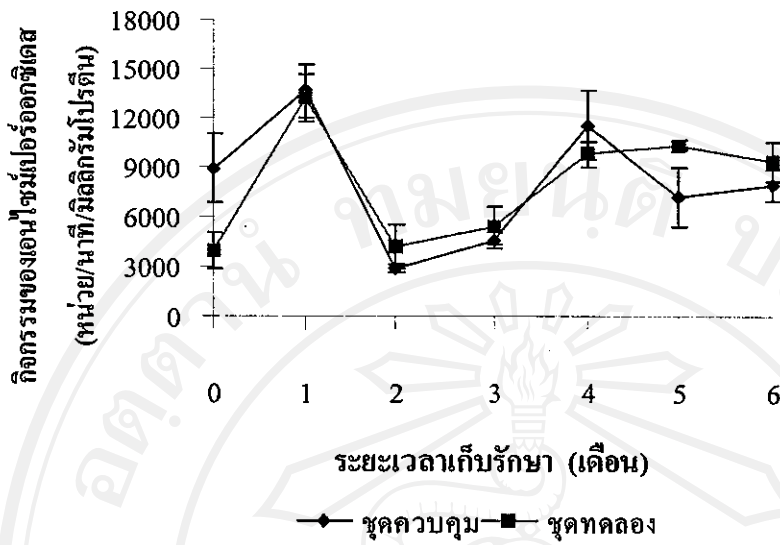
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/นาทีก/มิลลิกรัมโปรตีน)		ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
0	444.74C <sup>ns</sup> ±106.33	357.84B <sup>ns</sup> ±29.51	401.92CD
1	2048.04A <sup>a</sup> ±450.92	973.95A <sup>b</sup> ±199.53	1511.00A
2	393.21C <sup>ns</sup> ±128.00	625.06AB <sup>ns</sup> ±290.83	509.14CD
3	990.21B <sup>ns</sup> ±416.28	906.35A <sup>ns</sup> ±448.27	948.28B
4	611.79BC <sup>ns</sup> ±394.19	278.17B <sup>ns</sup> ±132.61	444.98CD
5	729.79BC <sup>ns</sup> ±96.36	828.17A <sup>ns</sup> ±65.73	778.98BC
6	405.03C <sup>ns</sup> ±97.71	246.46B <sup>ns</sup> ±29.72	325.74D
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	803.26NS	602.29NS	

- หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

#### 4.2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพด้านสี

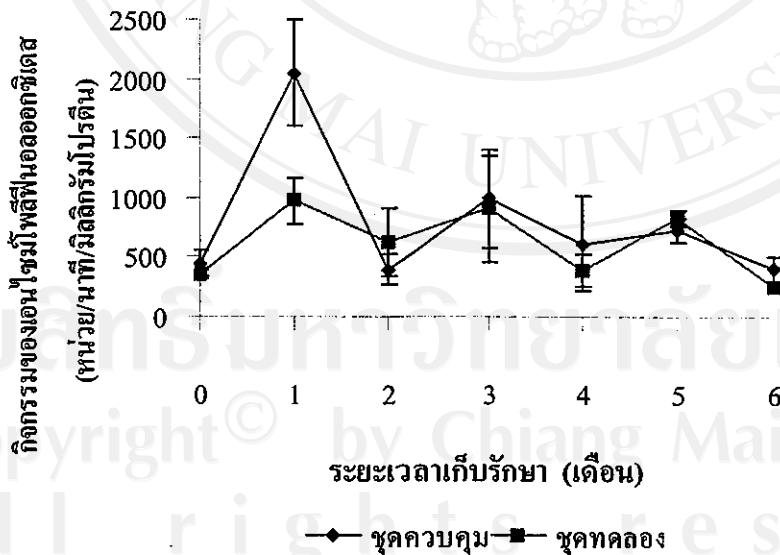
ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพด้านสีของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.4-4.8 และรูปที่ 4.4-4.8 ตามลำดับ





รูปที่ 4.2

กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์ไชค่อนันต์แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ



รูปที่ 4.3

กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์ไชค่อนันต์แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

### ก. ค่า $L^*$

ค่า  $L^*$  ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 โดยค่า  $L^*$  เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง ถ้าค่า  $L^*$  เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างสว่างน้อยลงจนเป็นสีดำ (สุคนธ์ชื่นและวรรณวิบูลย์, 2543) หากค่า  $L^*$  ที่วัดได้ลดลงแสดงว่าเนื้อมะม่วงมีสีคล้ำ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งในแต่ละเดือน พบว่า ค่า  $L^*$  ของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งในชุดควบคุมและชุดทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่า  $L^*$  อยู่ในช่วง 43.00-49.11 และ 44.06-49.51 ตามลำดับ โดยในช่วงการเก็บรักษา 5 เดือนแรก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่า  $L^*$  ลดลงจาก 49.11 และ 49.51 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาเป็น 43.00 และ 44.06 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้จากขึ้นเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีสีคล้ำลง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในรูปที่ ข.1-ข.3 (ภาคผนวก ข) แสดงว่า เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีสีค่อนข้างคงที่ในช่วงการเก็บรักษานานไม่เกิน 5 เดือน หลังจากนั้นเนื้อมะม่วงจะเริ่มมีสีคล้ำลง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อกรนำเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ผลการวิเคราะห์ค่า  $L^*$  ของเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 90 วินาที พบว่า ในช่วงแรกของการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกมีการเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  เล็กน้อย และมีค่า  $L^*$  ลดลงมากขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน โดยค่า  $L^*$  อยู่ในช่วง 55.54-63.48 (รุจิภรณ์, 2546)

ตารางที่ 4.4 ค่า L\* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่า L*		ค่าเฉลี่ย
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
0	49.11A <sup>ns</sup> ±0.22	49.51A <sup>ns</sup> ±0.31	49.31A
1	47.81AB <sup>ns</sup> ±1.03	48.40A <sup>ns</sup> ±1.76	48.11AB
2	50.28A <sup>ns</sup> ±2.50	49.16A <sup>ns</sup> ±1.00	49.72A
3	47.68AB <sup>ns</sup> ±1.15	48.34A <sup>ns</sup> ±1.74	48.00AB
4	48.27AB <sup>ns</sup> ±2.04	49.79A <sup>ns</sup> ±3.41	49.03A
5	45.88B <sup>ns</sup> ±1.10	46.98AB <sup>ns</sup> ±1.48	46.43B
6	43.00C <sup>ns</sup> ±1.50	44.06B <sup>ns</sup> ±2.23	43.52C
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	47.43NS	48.04NS	

- หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

#### ข. ค่า a\*

ค่า a\* ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5 โดยค่า a\* ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง ค่า a\* ที่เป็นลบแสดงว่า ตัวอย่างเป็นสีเขียว

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า a\* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

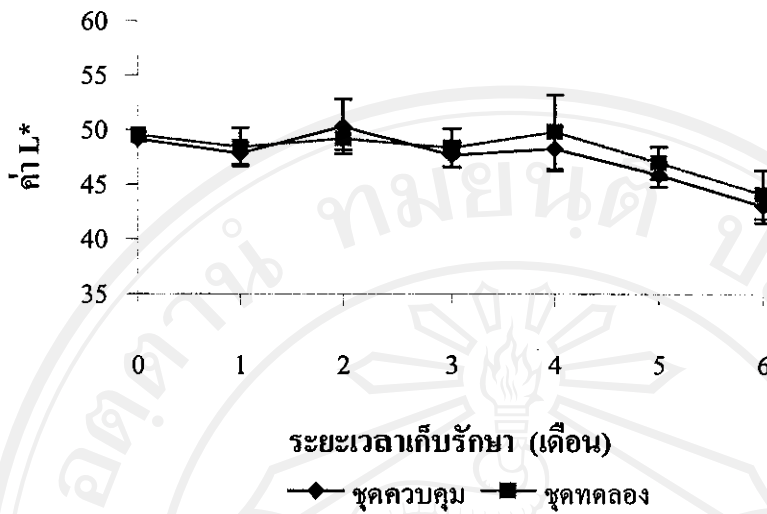
เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ชุดควบคุมและชุดทดลองระหว่างเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 6 เดือน มีค่า a\* อยู่ในช่วง 10.44-13.83 และ 9.25-12.26 ตามลำดับ ซึ่งภายหลังการแช่เยือกแข็งเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมมีค่า a\* สูงสุด และลดลงต่ำสุดเมื่อ

เก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน และค่า  $a^*$  ของเนื้อมะม่วงสุกทดลองภายหลังการแช่เยือกแข็งจนถึงระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่ามีค่า  $a^*$  ต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งอาจเป็นความแปรผันของผลมะม่วงแต่ละผลร่วมด้วย และค่า  $a^*$  ที่วิเคราะห์ได้สอดคล้องกับค่า  $a^*$  ของเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งสุกควบคุมและสุกทดลองที่ผ่านขั้นตอนการแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 90 วินาที ที่มีค่า  $a^*$  ลดลงแปรผันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยมีค่า  $a^*$  อยู่ในช่วง 9.71-11.52 (รุจิภรณ์, 2546)

**ตารางที่ 4.5** ค่า  $a^*$  ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

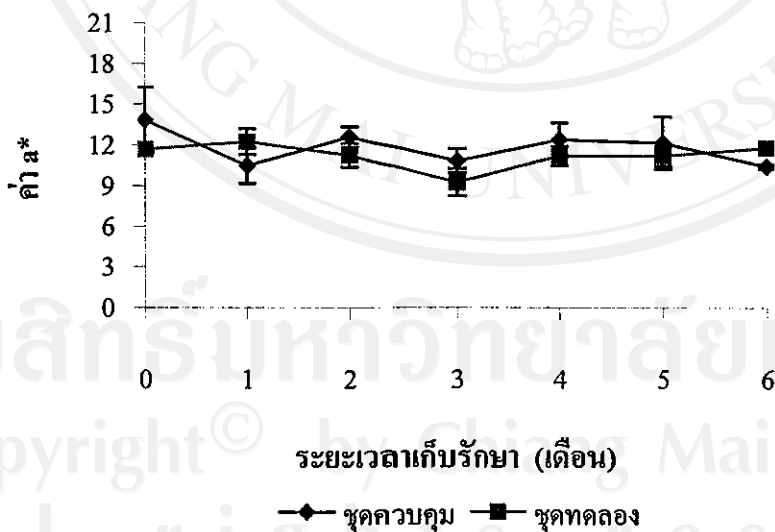
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่า $a^*$		ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
0	13.83A <sup>ns</sup> ±2.42	11.68A <sup>ns</sup> ±0.12	12.76A
1	10.47B <sup>ns</sup> ±1.32	12.26A <sup>ns</sup> ±0.95	11.36AB
2	12.60AB <sup>ns</sup> ±0.77	11.26A <sup>ns</sup> ±0.88	11.92A
3	10.82B <sup>ns</sup> ±0.89	9.25B <sup>ns</sup> ±1.00	10.04B
4	12.40AB <sup>ns</sup> ±1.25	11.22A <sup>ns</sup> ±0.71	11.81A
5	12.18AB <sup>ns</sup> ±1.94	11.21A <sup>ns</sup> ±0.73	11.70AB
6	10.44B <sup>ns</sup> ±0.17	11.82A <sup>ns</sup> ±0.16	11.13AB
<b>ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา</b>	<b>11.82NS</b>	<b>11.24NS</b>	

- หมายเหตุ**
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



รูปที่ 4.4

ค่า L\* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ



รูปที่ 4.5

ค่า a\* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

### ค. ค่า $b^*$

ค่า  $b^*$  ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.6 โดยค่า  $b^*$  ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง ค่า  $b^*$  ที่เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน

เมื่อเปรียบเทียบค่า  $b^*$  ของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่าเมื่อภายหลังการแช่เยือกแข็งเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา เนื้อมะม่วงชุดควบคุมมีค่า  $b^*$  มากกว่าชุดทดลองคือ เท่ากับ 56.28 และ 55.33 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1-6 เดือน พบว่า ค่า  $b^*$  ของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 49.24-54.29 และ 49.03-54.73 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองภายหลังการแช่เยือกแข็งมีค่า  $b^*$  สูงสุด และมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน หลังจากนั้น มีค่า  $b^*$  เพิ่มขึ้นและลดลงอีกครั้ง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีค่า  $b^*$  เท่ากับ 49.24 และ 51.81 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา ซึ่งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นสาเหตุสำคัญที่เร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (สารสีเหลือง) (นิริยา, 2545) โดยเนื้อมะม่วงสุกมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นในช่วงหลังของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.2) สอดคล้องกับค่า  $b^*$  ที่ลดลงในเดือนที่ 4 แสดงว่า เนื้อมะม่วงสุกมีสีเหลืองลดลง ผลการวิเคราะห์ค่า  $b^*$  ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและที่ผ่านขั้นตอนการแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 และ 90 วินาที พบว่า มีค่า  $b^*$  ลดลงแปรผันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยมีค่า  $b^*$  อยู่ในช่วง 47.51-54.76 (รุจิภรณ์, 2546)

ตารางที่ 4.6 ค่า b\* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่า b*		ค่าเฉลี่ย
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
0	56.28A <sup>a</sup> ±0.23	55.33A <sup>b</sup> ±0.16	55.81A
1	54.29AB <sup>ns</sup> ±0.65	54.56AB <sup>ns</sup> ±0.52	54.43A
2	52.21ABC <sup>ns</sup> ±4.29	50.12C <sup>ns</sup> ±2.06	51.16B
3	54.02AB <sup>ns</sup> ±0.75	54.73AB <sup>ns</sup> ±0.71	54.38A
4	51.51BC <sup>ns</sup> ±2.25	50.79BC <sup>ns</sup> ±0.76	51.15B
5	48.27C <sup>ns</sup> ±3.29	49.03C <sup>ns</sup> ±4.25	48.65B
6	49.24C <sup>ns</sup> ±0.89	51.81ABC <sup>ns</sup> ±3.37	50.53B
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	52.26NS	52.34NS	

- หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### ง. ค่า C\*

ผลการวิเคราะห์ค่า C\* ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.7 โดยค่า C\* ได้มาจากการนำค่า a\* และ b\* มาคำนวณตามสูตร (สุคนธ์ชื่นและวรรณวิบูลย์, 2543) ดังนี้

$$\text{Chroma; } C^* = \text{SQRT}(a^2 + b^2)$$

ค่า C\* หรือค่า Chroma เป็นค่าที่ชี้บ่งความเข้มของสีที่ปรากฏ ค่า C\* จะมีค่ามากกว่า 0 ค่า C\* ยิ่งมากแสดงว่าความเข้มของสีที่ปรากฏมากขึ้นด้วย ที่ค่า a\* และ b\* เท่ากับ 0 ค่า C\* ที่ได้เป็นสีเทา

ตารางที่ 4.7 ค่า C\* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่า C*		ค่าเฉลี่ย
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ชุดการทดลอง
0	57.99A <sup>ns</sup> ±0.83	56.55A <sup>ns</sup> ±0.13	57.10A
1	55.30AB <sup>ns</sup> ±0.75	55.92AB <sup>ns</sup> ±0.30	55.61A
2	53.72BC <sup>ns</sup> ±4.04	51.37C <sup>ns</sup> ±2.13	52.55B
3	55.10AB <sup>ns</sup> ±0.86	55.52AB <sup>ns</sup> ±0.57	55.31A
4	52.99BC <sup>ns</sup> ±2.09	52.02BC <sup>ns</sup> ±0.84	52.51B
5	49.81C <sup>ns</sup> ±3.23	50.31C <sup>ns</sup> ±3.99	50.06B
6	50.35C <sup>ns</sup> ±1.09	53.15ABC <sup>ns</sup> ±3.26	51.75B
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	53.61NS	53.55NS	

- หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ผลการคำนวณค่า C\* ของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบค่า C\* ของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า มีค่า C\* อยู่ในช่วง 49.81-57.99 และ 50.31-56.55 ตามลำดับ และเนื้อมะม่วงชุดควบคุมและชุดทดลองเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษามีค่า C\* สูงสุด และค่า C\* ลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน แสดงว่า เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีความเข้มข้นของสีเหลืองลดลง การที่ค่า C\* ลดลง อาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกเป็นระยะเวลาสั้นๆ จะมีการสลายตัวของสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์มากขึ้น (ตารางที่ 4.14) ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา จึงไปเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันสารในกลุ่มแคโร-



ทินอยด์ ทำให้เนื้อมะม่วงมีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลง และมีสีเปลี่ยนไปจากเดิม (นิธิยา, 2545) ผลการวิเคราะห์ค่า C\* ของเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองที่ผ่านขั้นตอนการแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 90 วินาที มีค่า C\* ลดลงแปรผันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยมีค่า C\* อยู่ในช่วง 48.51-55.96 (รุจิภรณ์, 2546)

#### จ. ค่า H°

ผลการวิเคราะห์ค่า H° หรือ Hue angle ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.8 โดยค่า H° ได้มาจากการนำค่า a\* และ b\* มาคำนวณตามสูตร (สุคนธ์ชื่นและวรรณวิบูลย์, 2543) ดังนี้

$$\text{Hue angle ; } H^\circ = \text{ATAN}(b^*/a^*)/6.2832 \times 360$$

ค่า H° ที่คำนวณได้อยู่ในรูปขององศาในวงกลม ซึ่งจะมีค่าเริ่มต้นตั้งแต่ 0° จนถึง 360° ซึ่งค่า H° นี้บอกถึงสีที่แท้จริงที่ปรากฏให้เห็น โดยสีในแถบแกนหลัก ได้แก่ 0° และ 360° สีแดง 90° สีเหลือง 180° สีเหลือง และ 270° สีน้ำเงิน (ภาคผนวก ง)

เมื่อเปรียบเทียบค่า H° ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่า มีค่า H° อยู่ในช่วง 76.34-79.09 และ 77.02-80.40 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ค่า H° ของชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนชุดทดลองมีค่า H° สูงสุดเท่ากับ 80.40 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งอาจจะเกิดจากความผันแปรของผลมะม่วงสุกที่ใช้ในการทดลอง หลังจากนั้นเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีค่า H° ลดลงเล็กน้อยในช่วงเวลาเก็บรักษา 4-6 เดือน

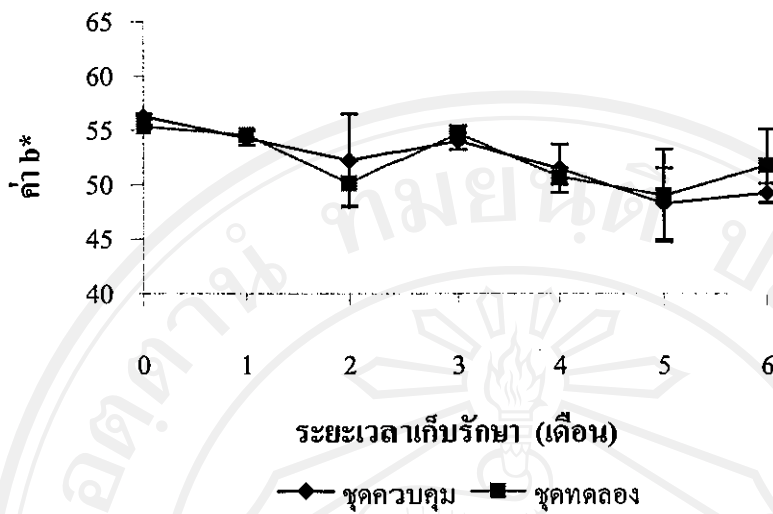
ค่า H° ที่คำนวณได้มีค่าอยู่ใกล้ 90° แสดงว่า สีของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งที่ปรากฏเป็นสีเหลือง-ส้ม และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ค่า H° ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับกับเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา แสดงว่า การเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีน้อยมาก สามารถชะลอปฏิกิริยาเคมีที่อาจจะเกิดขึ้นได้ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า H° ของเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองที่ผ่านขั้นตอนการแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 90 วินาที ไม่มีผลต่อ

การเปลี่ยนแปลงค่า  $H^{\circ}$  เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส โดยมีค่า  $H^{\circ}$  อยู่ในช่วง 77.93-78.46 (รุจิภรณ์, 2546)

ตารางที่ 4.8 ค่า  $H^{\circ}$  ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์ โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

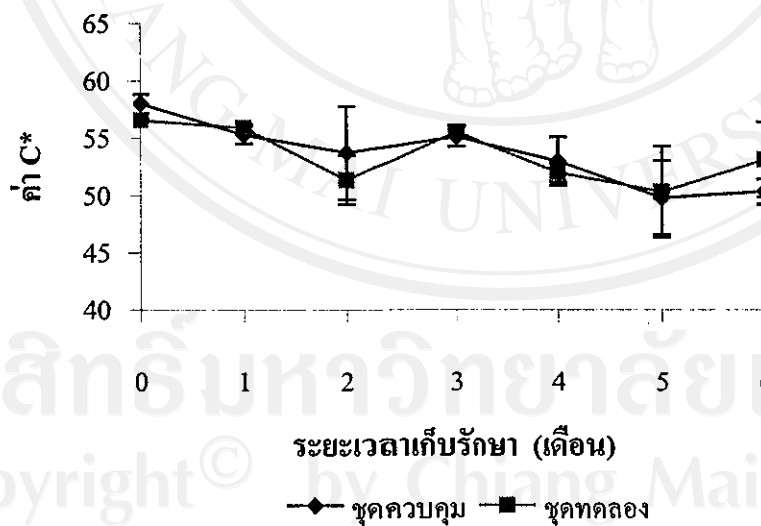
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่า $H^{\circ}$		ค่าเฉลี่ย
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ชุดการทดลอง
0	76.21NS <sup>ns</sup> ±2.25	78.08B <sup>ns</sup> ±0.16	77.14B
1	79.09NS <sup>ns</sup> ±1.33	77.33B <sup>ns</sup> ±1.06	78.21AB
2	76.34NS <sup>ns</sup> ±1.71	77.34B <sup>ns</sup> ±0.76	76.84B
3	78.68NS <sup>ns</sup> ±0.81	80.40A <sup>ns</sup> ±1.12	79.53A
4	76.44NS <sup>ns</sup> ±1.63	77.55B <sup>ns</sup> ±0.66	76.99B
5	75.80NS <sup>ns</sup> ±2.38	77.02B <sup>ns</sup> ±1.84	76.41B
6	78.04NS <sup>ns</sup> ±1.00	77.10B <sup>ns</sup> ±0.91	77.57B
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	77.23NS	77.83NS	

- หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



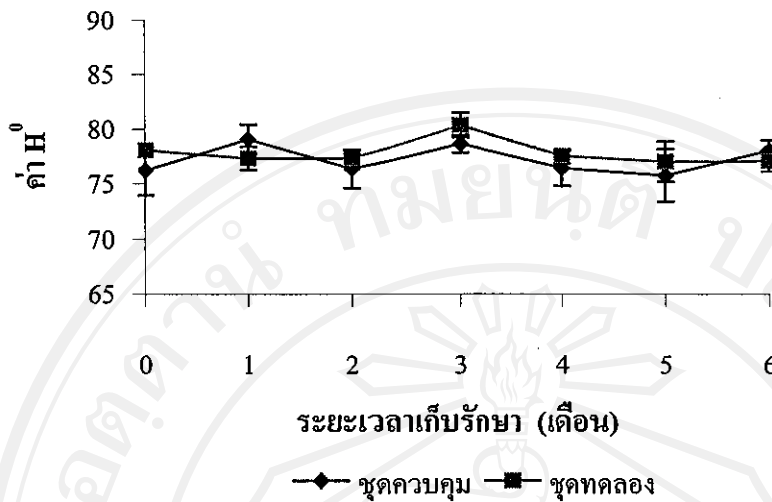
รูปที่ 4.6

ค่า  $b^*$  ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์ โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ



รูปที่ 4.7

ค่า  $C^*$  ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์ โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ



รูปที่ 4.8

ค่า  $H^0$  ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

#### 4.2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.9-4.15 และรูปที่ 4.9-4.15 ตามลำดับ

##### ก. ค่าพีเอช

ค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.9

เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลอง เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษามีค่าพีเอชเท่ากับ 4.61 และ 4.53 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน พบว่า มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.65 และ 4.32 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่าพีเอช		ค่าเฉลี่ย
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ชุดการทดลอง
0	4.61A <sup>ns</sup> ±0.06	4.53A <sup>ns</sup> ±0.01	4.57A
1	4.45AB <sup>ns</sup> ±0.14	4.59A <sup>ns</sup> ±0.15	4.53A
2	4.65A <sup>a</sup> ±0.06	4.32B <sup>b</sup> ±0.12	4.49A
3	4.47AB <sup>ns</sup> ±0.12	4.47AB <sup>ns</sup> ±0.12	4.47AB
4	4.47AB <sup>ns</sup> ±0.16	4.61A <sup>ns</sup> ±0.04	4.54A
5	4.53A <sup>ns</sup> ±0.08	4.33B <sup>ns</sup> ±0.13	4.43AB
6	4.28B <sup>ns</sup> ±0.13	4.34B <sup>ns</sup> ±0.05	4.31B
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	4.50NS	4.46NS	

- หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.28-4.61 และ 4.32-4.61 ตามลำดับ โดยเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีค่าพีเอชลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้นและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชเมื่อเริ่มต้น สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (ตารางที่ 4.10) และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.28 และ 4.34 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าพีเอชใกล้เคียงกับเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งที่ผ่านขั้นตอนการลวกที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 90 วินาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.28 และ 4.24 ตามลำดับ (รุจิภรณ์, 2546) นอกจากนี้ ค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงยังผันแปรตามสายพันธุ์และระยะการสุก เช่น เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์อัลฟองโซ ฮาร์เดน เออร์วิน เกียทท์ เซนเซชัน (Salunkhe and

Desai, 1984) มหาชนก และ โชคอนันต์ (จักรกฤษณ์, 2546) มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.7, 4.9, 4.5, 4.8, 4.4, 5.12 และ 4.95 ตามลำดับ และการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่และผลราสเบอร์รี่แช่เยือกแข็ง ที่อุณหภูมิต่ำ -23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า มีค่าพีเอชลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น (Han *et al.*, 2004)

#### ข. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.10

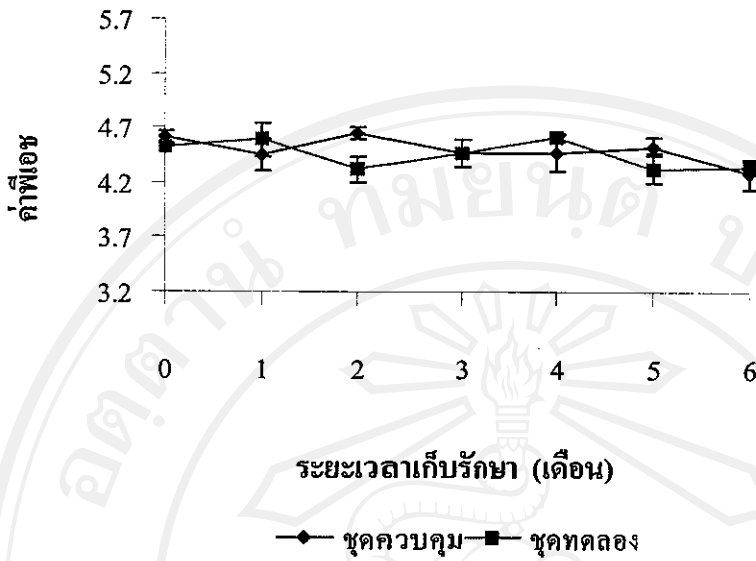
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกของเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลอง ภายหลังจากแช่เยือกแข็งเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษามีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.25 และ 0.29% ตามลำดับ และระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า อยู่ในช่วง 0.25-0.36 และ 0.25-0.32% ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.36% ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา การที่ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนชุดทดลองมีค่าผันแปร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้อาจเป็นผลจากสารละลายกรดซิตริกที่ใช้แช่และความผันแปรของผลมะม่วงที่ใช้ในการทดลองที่อาจมีระยะการสุกแตกต่างกัน ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิต่ำ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 90 วินาที มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลง ภายหลังจากเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 6 เดือน มีค่าเท่ากับ 0.25 และ 0.24% ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าผลการทดลองที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองนี้เล็กน้อย อาจเนื่องจากความร้อนไปทำลายเซลล์ของเนื้อมะม่วง ทำให้กรดอินทรีย์ละลายออกมาได้ง่าย (รุจิภรณ์, 2546) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกยังผันแปรตามสายพันธุ์ เช่น เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์อัลฟองโซ ฮาร์เดน เออร์วิน เคียทท์ เซนเซชัน (Salunkhe and Desai, 1984) มหาชนก และ โชคอนันต์ (จักรกฤษณ์, 2546) มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.15, 0.22, 0.12, 0.11, 0.15, 0.23 และ 0.18% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน

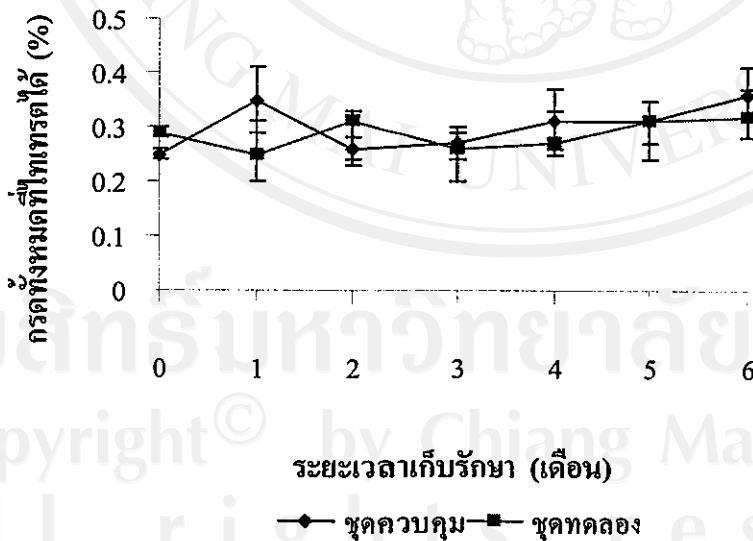
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	กรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%)		ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
0	0.25B <sup>ns</sup> ±0.01	0.29NS <sup>ns</sup> ±0.01	0.27B
1	0.35A <sup>ns</sup> ±0.06	0.25NS <sup>ns</sup> ±0.05	0.30AB
2	0.26B <sup>ns</sup> ±0.02	0.31NS <sup>ns</sup> ±0.08	0.28AB
3	0.27AB <sup>ns</sup> ±0.03	0.26NS <sup>ns</sup> ±0.06	0.26B
4	0.31AB <sup>ns</sup> ±0.06	0.27NS <sup>ns</sup> ±0.01	0.29AB
5	0.31AB <sup>ns</sup> ±0.04	0.31NS <sup>ns</sup> ±0.07	0.31AB
6	0.36A <sup>ns</sup> ±0.05	0.32NS <sup>ns</sup> ±0.04	0.33A
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	0.30NS	0.29NS	

- หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



รูปที่ 4.9

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ



รูปที่ 4.10

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ



### ค. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.11

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของชุดควบคุมมีค่ามากกว่าชุดทดลองเท่ากับ 20.43 และ 19.03% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%)		ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
0	18.04B <sup>ns</sup> ±1.93	19.40ABCD <sup>ns</sup> ±0.32	18.72C
1	20.51A <sup>ns</sup> ±0.60	20.66AB <sup>ns</sup> ±0.59	20.58A
2	20.43A <sup>a</sup> ±0.56	19.03BCD <sup>b</sup> ±0.58	19.73ABC
3	19.68AB <sup>ns</sup> ±1.49	18.28D <sup>ns</sup> ±1.38	18.98BC
4	19.42AB <sup>ns</sup> ±0.89	20.02ABC <sup>ns</sup> ±1.00	19.72ABC
5	20.87A <sup>ns</sup> ±0.49	18.95CD <sup>ns</sup> ±1.09	19.91ABC
6	19.87AB <sup>ns</sup> ±0.81	20.98A <sup>ns</sup> ±0.56	20.42AB
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	19.83NS	19.62NS	

- หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

การเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็ง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 18.04-20.87 และ 18.28-20.98% ตามลำดับ และเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 18.04% หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1-6 เดือน พบว่า มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 19.42-20.87% โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ คือ ปริมาณกรดอินทรีย์และปริมาณน้ำตาลในเนื้อมะม่วง การที่เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากในช่วงหลังของการเก็บรักษา เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกเพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 4.10) ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างจากเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.13) ทำให้เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีค่าใกล้เคียงอยู่ในช่วงเดียวกันกับเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์อัลฟองโซ ฮาร์เคน เออร์วิน เคียทท์ เซนเซชัน (Salunkhe and Desai, 1984) มหาชนก และ โชคอนันต์ (จักรกฤษณ์, 2546) ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 17.6, 18.9, 16.7, 18.4, 15.7, 17.10 และ 17.02% ตามลำดับ เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ ที่ผ่านขั้นตอนการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 90 วินาที ก่อนการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง อยู่ในช่วง 16.00-19.22% ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการแช่เนื้อมะม่วงสุกในน้ำร้อนทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้บางส่วนละลายออกไป จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงค่อนข้างมาก (รุจิภรณ์, 2546)

#### ง. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.12

เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงอยู่ในช่วง 3.66-4.45 และ 3.65-4.36% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นเมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงเป็นเวลา 4 เดือน ชุดควบคุมมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมากกว่าชุดทดลองเท่ากับ 4.17 และ 4.03% ตามลำดับ

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.16% หลังจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงลดลง ส่วนเนื้อมะม่วงสุกชุดทดลองเมื่อเริ่มต้นเก็บ

รักษามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง 4.36% หลังจากนั้นมีการลดลงในช่วงเดือนที่ 1-6 โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลง การที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมีค่าผันแปร อาจเนื่องมาจากความผันแปรของผลมะม่วงที่ใช้ในการทดลองด้วย

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองที่ผ่านขั้นตอนการลวกที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 90 วินาที ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลงเช่นเดียวกัน (รุจิภรณ์, 2546) และเนื้อมะม่วงสุกแต่ละพันธุ์มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงผันแปรแตกต่างกัน เช่น พันธุ์อัลฟองโซ ฮาร์เคน เออร์วิน เคียทท์ เซนเซชัน (Salunkhe and Desai, 1984) มหาชนก และ โชคอนันต์ (จักรกฤษณ์, 2546) มีปริมาณปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง เท่ากับ 3.23, 3.50, 6.00, 4.46, 4.30, 2.79 และ 5.00% ตามลำดับ

**ตารางที่ 4.12** การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

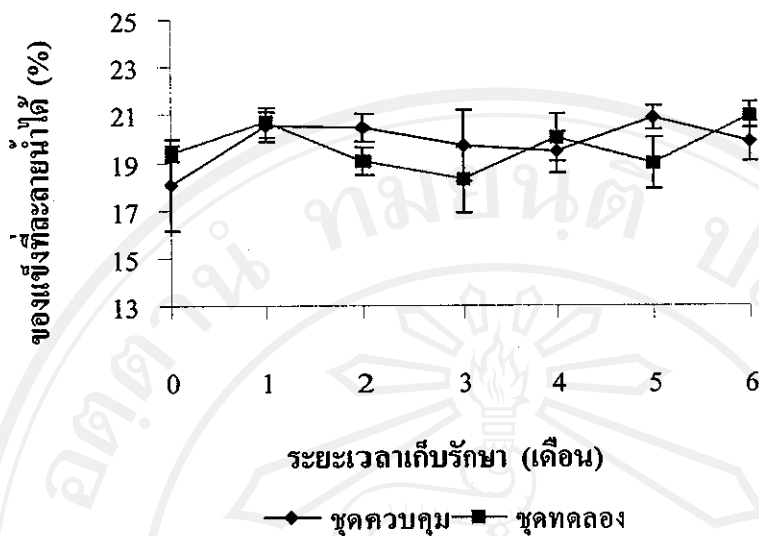
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	น้ำตาลรีดิวซิง (%)		ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
0	4.16ABC <sup>ns</sup> ±0.09	4.36A <sup>ns</sup> ±0.57	4.26A
1	4.45A <sup>ns</sup> ±0.28	4.09AB <sup>ns</sup> ±0.12	4.27A
2	4.09ABC <sup>ns</sup> ±0.43	3.78AB <sup>ns</sup> ±0.47	3.94AB
3	3.97ABC <sup>ns</sup> ±0.35	4.17AB <sup>ns</sup> ±0.08	4.07AB
4	4.17AB <sup>a</sup> ±0.05	4.03AB <sup>b</sup> ±0.07	4.10AB
5	3.80BC <sup>ns</sup> ±0.28	3.65B <sup>ns</sup> ±0.07	3.73B
6	3.66C <sup>ns</sup> ±0.07	3.81AB <sup>ns</sup> ±0.39	3.73B

ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา

4.04NS

3.98NS

- หมายเหตุ** - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



**รูปที่ 4.11** การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

#### จ. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งดังแสดงในตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.13

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าเท่ากับ 15.62 และ 16.99% ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีค่าเท่ากับ 15.94 และ 15.05% ตามลำดับ

เนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมภายหลังการแช่เยือกแข็งและเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษาในช่วงเดือนที่ 2-6 พบว่า มีค่าลดลงโดย ไม่มีความแตกต่างกัน และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดทดลองมีค่าสูงสุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนมีค่าลดลง โดยไม่มีความแตกต่างจากเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองที่ผ่านการลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 90 วินาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลง

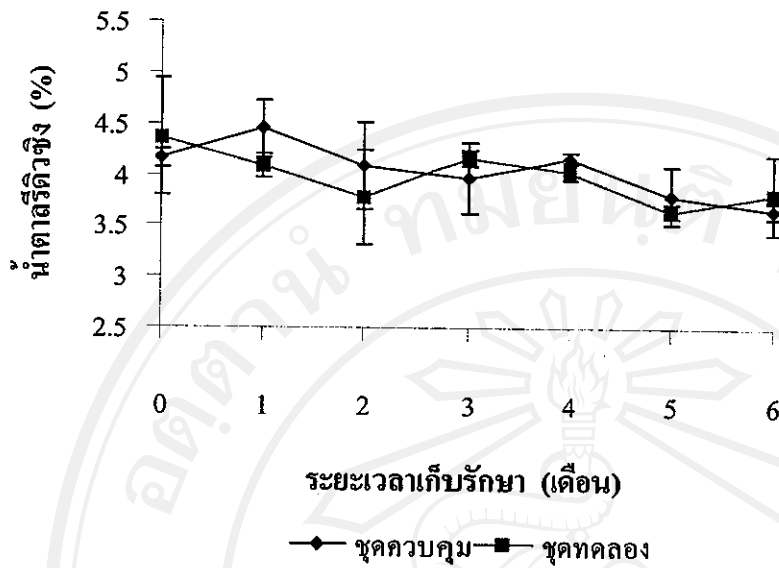
โดยมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 12.30, 13.16 และ 11.29% ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการลวกเนื้อมะม่วงสุก ทำให้ปริมาณน้ำตาลบางส่วนละลายออกไป จึงทำให้น้ำตาลทั้งหมดลดลง (รุจิภรณ์, 2546) ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของสับปะรดแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Bartolome *et al.*, 1996) ซึ่งปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเนื้อมะม่วงยังผันแปรตามสายพันธุ์ เช่น เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์ อัลฟองโซ ฮาร์เดน เออร์วิน เคียทท์ เซนเซชัน (Salunkhe and Desai, 1984) มหาชนก และ โชคอนันต์ (จักรกฤษณ์, 2546) มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 16.22, 16.22, 13.71, 13.60, 13.30, 11.06 และ 11.36% ตามลำดับ

**ตารางที่ 4.13** การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์ โชคอนันต์ แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	น้ำตาลทั้งหมด (%)		ค่าเฉลี่ย
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
0	16.50A <sup>ns</sup> ±0.46	15.74AB <sup>ns</sup> ±0.17	16.12NS
1	16.45A <sup>ns</sup> ±1.33	15.49B <sup>ns</sup> ±1.00	15.97NS
2	15.62AB <sup>b</sup> ±0.60	16.99A <sup>a</sup> ±0.17	16.30NS
3	15.97AB <sup>ns</sup> ±0.29	15.00B <sup>ns</sup> ±1.39	15.48NS
4	15.08B <sup>ns</sup> ±0.40	16.02AB <sup>ns</sup> ±0.43	15.55NS
5	16.24AB <sup>ns</sup> ±0.56	15.93AB <sup>ns</sup> ±0.07	16.06NS
6	15.94AB <sup>a</sup> ±0.23	15.05B <sup>b</sup> ±0.23	15.50NS

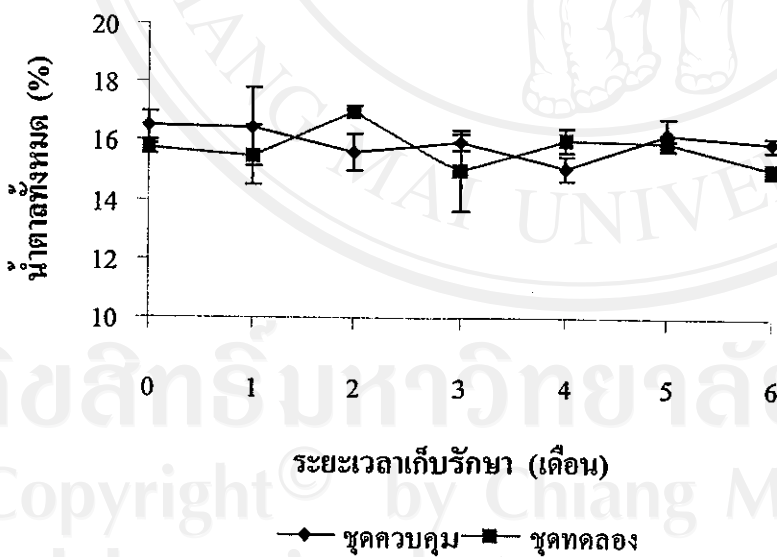
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา      15.97NS      15.75NS

- หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



รูปที่ 4.12

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์  
แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน  
โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ



รูปที่ 4.13

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์  
แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน  
โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

#### ฉ. ปริมาณแคโรทีนอยด์

ปริมาณแคโรทีนอยด์ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.14

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคโรทีนอยด์ของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลอง ในแต่ละเดือน พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน ปริมาณแคโรทีนอยด์ของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดทดลองมีค่ามากกว่าชุดควบคุมเท่ากับ 44.51 และ 36.09 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักสดตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน มีค่าเท่ากับ 45.93 และ 39.97 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อหาค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดทดลอง มีปริมาณแคโรทีนอยด์มากกว่าชุดควบคุม คือมีค่าเท่ากับ 42.07 และ 38.95 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า การแช่เย็นเนื้อมะม่วงสุกในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0% ก่อนการแช่เยือกแข็ง สามารถช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส จึงชะลอการสูญเสียปริมาณแคโรทีนอยด์ได้ และอาจเป็นผลจากความผันแปรของผลมะม่วงสุก แต่ละผลที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์ไม่เท่ากัน

เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า เนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงเท่ากับ 32.95 และ 36.41 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักสด ซึ่งลดลงเท่ากับ 26.56 และ 24.22% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา สอดคล้องกับการสังเกตได้จากการทดลองซึ่งเห็นได้ว่า เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีสีคล้ำลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน แสดงดังรูปที่ ข.1-ข.3 (ภาคผนวก ข) เนื่องจากเกิดการสลายตัวแคโรทีนอยด์ (สารสีเหลือง) ซึ่งพิจารณาจากค่า  $b^*$  ที่ลดลง (ตารางที่ 4.6) ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน ซึ่งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นสาเหตุสำคัญในการสลายตัวของสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ โดยกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงหลังของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.2)

ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการแช่เยือกแข็งแบบรวดเร็ว และการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกในสถานะแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 4 เดือนแรกมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์เพียงเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า ในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือนสามารถรักษาคุณภาพของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็ง โดยเฉพาะคุณภาพด้านสี และคุณค่าทางโภชนาการในรูปแคโรทีนอยด์ได้ดี และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน ปริมาณแคโรทีนอยด์จึงเริ่ม

ลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา และปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ลดลงอาจสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.2) ซึ่งกระบวนการแปรรูปและวิธีการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ และเนื่องจากได้บรรจุเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งเป็นบรรยากาศปกติ ไม่ได้ใช้สุญญากาศ แคโรทีนอยด์อาจสลายตัวได้ง่ายจากปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยออกซิเจนในอากาศ และมีเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสช่วยเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ในเนื้อมะม่วงยังเป็นผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เร่งด้วยเอนไซม์และไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Rodriguez-Amaya, 1997)

แคโรทีนอยด์ที่อยู่ในอาหารส่วนใหญ่อยู่ในรูป *ทรานส์-เบต้า-แคโรทีน* เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดการสลายตัวของเบต้า-แคโรทีน ได้เป็นแอลดีไฮด์ คาร์บอนิล โมโนและไดอิลพอกไซค์ (นิธิยา, 2545) ทำให้เกิดการสูญเสียแคโรทีนอยด์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ในร่างกาย และเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน ช่วยลดอัตราการเกิดโรคมะเร็งและโรคหัวใจ มะม่วงสุกเป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ที่พบมากในรูปของเบต้า-แคโรทีน (Schieber *et al.*, 2000) ไวโอลาแซนทิน นิโอโครม และลูทีโอแซนทิน และสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่พบมากในมะม่วงพันธุ์เคียวท์ ได้แก่ เบต้า-แคโรทีน, *ทรานส์* และ 9-ซิส-ไวโอลาแซนทิน โดยทั่วไปแล้วในเนื้อมะม่วงสุกมีปริมาณแคโรทีนอยด์ในช่วง 9-92 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และมะม่วงพันธุ์อัลฟองโซมีแคโรทีนอยด์ประมาณ 110 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด (Pott *et al.*, 2003)

รุจิภรณ์ (2546) รายงานว่า ปริมาณแคโรทีนอยด์ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ ชุดควบคุมและชุดทดลองที่ผ่านขั้นตอนการลวกที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 90 วินาที ก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงเท่ากับ 36.84, 60.77 และ 32.17% ตามลำดับ แสดงว่า การแช่ขึ้นเนื้อมะม่วงแช่ในสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0% สามารถชะลอการสูญเสียปริมาณแคโรทีนอยด์ได้ดีกว่าการลวกขึ้นเนื้อมะม่วงก่อนการแช่เยือกแข็ง เนื่องจากความร้อนไปทำลายสารพวกแคโรทีนอยด์ที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อมะม่วง (นิธิยา, 2545)

การเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งของ Hamburg parsley และ leafy parsley ที่ผ่านการลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 96-98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 9 เดือน พบว่ามีปริมาณเบต้า-แคโรทีนลดลง 4.29 และ 22.09% ตามลำดับ (Lisiewska and Kmiecik, 1997) เช่นเดียวกับการเก็บรักษามะเขือเทศหั่นชิ้นที่อุณหภูมิ -20 และ -30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า มีการสูญเสียแคโรทีนอยด์ 20.98 และ 16.43% ตามลำดับ (Lisiewska and Kmiecik,



2000) และการเก็บรักษาผักชีฝรั่ง (*Anethum graveolens* L.) ที่อุณหภูมิ -20 และ -30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า สูญเสียเบต้า-แคโรทีน 24.23 และ 18.13% ตามลำดับ (Lisiewska *et al.*, 2004) และการเก็บรักษาต้นหอมแช่เยือกแข็งที่ผ่านการลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 94-96 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า มีปริมาณ เบต้า-แคโรทีนลดลง 20% (Lisiewska and Kmiecik, 1999)

**ตารางที่ 4.14** การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	แคโรทีนอยด์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)		ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง
	ค่าเฉลี่ย		
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
0	44.87A <sup>ns</sup> ±3.20	48.05A <sup>ns</sup> ±4.64	46.46A
1	36.09BC <sup>b</sup> ±3.96	44.51AB <sup>a</sup> ±1.96	40.30BC
2	44.89A <sup>a</sup> ±0.44	40.83BC <sup>b</sup> ±0.36	42.86AB
3	37.25BC <sup>ns</sup> ±3.39	40.69BC <sup>ns</sup> ±3.37	38.97BCD
4	39.97AB <sup>b</sup> ±2.58	45.83A <sup>a</sup> ±1.22	42.90AB
5	36.66BC <sup>ns</sup> ±0.74	38.19C <sup>ns</sup> ±2.24	37.42CD
6	32.95C <sup>ns</sup> ±4.58	36.41C <sup>ns</sup> ±2.40	34.68D
<b>ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา</b>	<b>38.95B</b>	<b>42.07A</b>	

- หมายเหตุ** - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

## ข. สารประกอบฟีนอลทั้งหมด

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ แซ่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.15

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกในแต่ละเดือน พบว่าเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกควบคุมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมากกว่าชุดทดลองคือเท่ากับ 77.93 และ 61.54 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน มีค่าเท่ากับ 68.06 และ 64.05 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากนั้นพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกแซ่เยือกแข็งทั้งชุดควบคุมและชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกแซ่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลอง พบว่า ก่อนข้างคองที่ ในช่วงเก็บรักษา 3 เดือนแรก โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนในช่วงเดือนที่ 4-6 พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงการเก็บรักษาเดือนที่ 4-6 อาจมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ลดลงในช่วงหลังของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.3) ทำให้สารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่เป็นสับสเตรตของปฏิกิริยามีปริมาณเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับค่า  $L^*$  ที่ลดลง แสดงว่า เนื้อมะม่วงสุกแซ่เยือกแข็งมีสีคล้ำลง ซึ่งเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อผลไม้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล โดยสารประกอบโมโนฟีนอลจะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันในภาวะที่มีออกซิเจนได้เป็นออร์โท-ไดฟีนอล และถูกออกซิไดซ์ต่อได้เป็นออร์โท-ควิโนนแล้วรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้นและได้สารประกอบสุดท้ายที่มีสีน้ำตาล (Cestari *et al.*, 2002) ซึ่งการเกิดออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลเป็นสาเหตุที่สำคัญของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Zhang *et al.*, 2000) โดยที่เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบฟีนอลที่เป็นสับสเตรตของเอนไซม์ และถูกใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานะของปฏิกิริยา และสัดส่วนของแคทีคอลและควิโนนที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสม (Burton *et al.*, 1998)

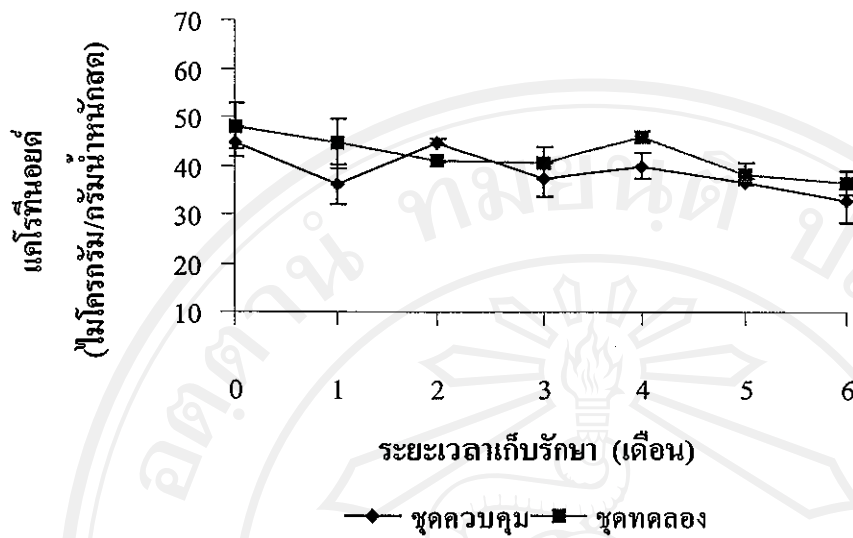
ในช่วงหลังของการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแซ่เยือกแข็ง พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดลง ขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้น แสดงว่า ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในเนื้อมะม่วงสุกจากการทดลองนี้ อาจเกิดจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเร่งปฏิกิริยาได้ ในช่วง 4 เดือนแรก และมีการเปลี่ยนสีของเนื้อมะม่วงอย่างช้าๆ เนื่องจาก

ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของแคโรทีนอยด์โดยเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่มีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้นในช่วงการเก็บรักษาเดือนที่ 4-6 (ตารางที่ 4.2) ร่วมด้วย จึงส่งผลให้เนื้อมะม่วงสุกแข็งมีสีเปลี่ยนไปจากเดิม ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีค่ามากกว่าผลมะม่วงพันธุ์เซนเซชัน แอลดอน ทอมมีแอทกินส์ แดสฮีฮารี คิวซา แอมราพาลี มัลลิกา และบูคาราน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15.20, 13.21, 8.25, 18.33, 9.31, 12.13, 14.81 และ 22.65 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (Sharma *et al.*, 2001)

**ตารางที่ 4.15** การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แข็งมีสีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน

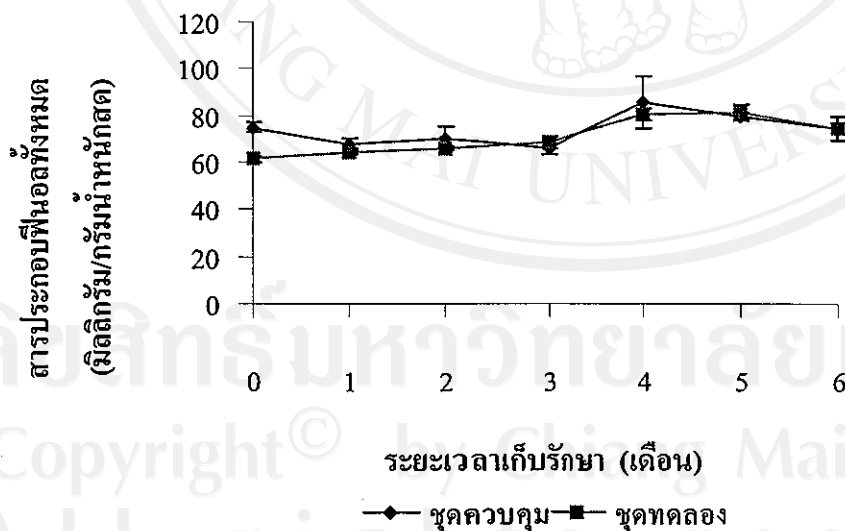
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)		ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
0	77.93BC <sup>a</sup> ±1.81	61.54D <sup>b</sup> ±1.15	68.24C
1	68.06C <sup>a</sup> ±1.85	64.05CD <sup>b</sup> ±1.03	66.05C
2	70.20BC <sup>ns</sup> ±4.81	65.83CD <sup>ns</sup> ±0.60	68.02C
3	68.86C <sup>ns</sup> ±2.21	68.33C <sup>ns</sup> ±2.44	68.60C
4	85.60A <sup>ns</sup> ±11.38	80.84A <sup>ns</sup> ±2.42	83.22A
5	79.81AB <sup>ns</sup> ±1.39	81.72A <sup>ns</sup> ±2.74	80.76A
6	74.59BC <sup>ns</sup> ±2.29	74.34B <sup>ns</sup> ±5.18	77.46B
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	74.58NS	70.58NS	

- หมายเหตุ** - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย T-Test
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทดสอบด้วย DMRT
  - ns และ NS แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



รูปที่ 4.14

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งหมดของเนื้อเยื่อไขมันช่องท้องของหนูทดลองเพศผู้เพศเมีย 18 ตัว ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ



รูปที่ 4.15

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบไขมันทั้งหมดของเนื้อเยื่อไขมันช่องท้องของหนูทดลองเพศผู้เพศเมีย 18 ตัว ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

#### 4.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งภายหลังการแช่เยือกแข็งเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.16-4.17 ตามลำดับ

##### ก. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

ปริมาณจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งภายหลังการแช่เยือกแข็ง และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.16

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์จากตัวอย่างเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็ง ทำโดยใช้สารละลายเนื้อมะม่วงที่เจือจาง  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  และ  $10^{-3}$  ภายหลังการแช่เยือกแข็งก่อนการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของชุดควบคุมและชุดทดลองมีโคโลนีของจุลินทรีย์เกิดขึ้นที่ระดับความเจือจาง  $10^{-1}$  และ  $10^{-2}$  จำนวนน้อยกว่า 30 โคโลนี และไม่พบว่ามีโคโลนีของจุลินทรีย์เกิดขึ้นที่ระดับความเจือจาง  $10^{-3}$  และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ไม่มีโคโลนีของจุลินทรีย์เกิดขึ้นที่ระดับความเจือจาง  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  และ  $10^{-3}$  จึงตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเพาะเชื้อ และรายงานผลการตรวจนับในรูปจำนวนโคโลนีต่อกรัม (ตารางที่ 4.16) โดยมาตรฐานผลไม้แช่เยือกแข็งกำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 100,000 โคโลนีต่อกรัม (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2547) ดังนั้น ปริมาณจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งจึงอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานผลไม้แช่เยือกแข็งกำหนดไว้

##### ข. ปริมาณยีสต์และรา

ปริมาณยีสต์และราของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งภายหลังการแช่เยือกแข็ง และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.17

การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราจากตัวอย่างเนื้อมะม่วงสุกภายหลังการแช่เยือกแข็งก่อนเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน โดยการใส่สารละลายเนื้อมะม่วงชุดควบคุมและชุดทดลองที่เจือจาง  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  และ  $10^{-3}$  เมื่อตรวจนับปริมาณยีสต์และรา พบว่า ไม่มีโคโลนีของยีสต์และราเกิดขึ้นในทุกๆระดับความเจือจาง จึงรายงานผลการตรวจนับว่าไม่พบ (ตารางที่ 4.17)

การที่ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและตรวจไม่พบปริมาณยีสต์และรา อาจเนื่องจากขั้นตอนการเตรียมเนื้อมะม่วงสุกก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง มีขั้นตอนการลดจำนวนจุลินทรีย์ลงด้วยการล้างทำความสะอาดทั้งผลมะม่วงและชิ้นเนื้อมะม่วงด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์

ความเข้มข้นคลอรีน 300 และ 20 ส่วนต่อล้านส่วน (ppm) ตามลำดับ รวมทั้งขั้นตอนการแช่เยือกแข็งกระทำโดยวิธี IQF ที่อุณหภูมิ -72 องศาเซลเซียส และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ ดังนั้นเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งจึงมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานผลไม้แช่เยือกแข็งกำหนดไว้

ตารางที่ 4.16 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ภายหลังจากการแช่เยือกแข็ง และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
เริ่มต้นเก็บรักษา	105	10
ภายหลังเก็บรักษา 6 เดือน	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 4.17 ปริมาณยีสต์และราของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ภายหลังจากการแช่เยือกแข็ง และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
เริ่มต้นเก็บรักษา	ไม่พบ	ไม่พบ
ภายหลังเก็บรักษา 6 เดือน	ไม่พบ	ไม่พบ