# บทที่ 4

# ผลการทดลองและวิจารณ์

## 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของมะเดื่อฝรั่งก่อนการแปรรูป

### 4.1.1 คุณภาพทางเคมี

ผลวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของมะเดื่อฝรั่ง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

**ตาราง 4.1** ส่วนประกอบทางเคมีของมะเดื่อฝรั่งผลสด

| ส่วนประกอบทางเคมี | ปริมาณ |
|---|---|
| ความชื้น (Moisture content ; %) | 85.96 $\pm$ 0.82 |
| $a_w$ (Water activity) | 0.96 $\pm$ 0.00 |
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) | 5.28 $\pm$ 0.10 |
| ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar ; %) | 7.43 $\pm$ 0.48 |
| ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar ; %) | 9.61 $\pm$ 0.24 |
| กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Units/g) | 5.28 $\pm$ 0.73 |
| กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Units/g) | 7.14 $\pm$ 0.39 |

**หมายเหตุ :** ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตาราง 4.1 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของมะเดื่อฝรั่ง พบว่า ปริมาณความชื้น 85.96 % $a_w$ 0.96 ปริมาณความชื้นสูงและ $a_w$ สูงจะทำให้มะเดื่อฝรั่งเน่าเสียได้ง่ายจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ทำให้อาหารเน่าเสียทุกชนิด ดังนั้นการลดความชื้นโดยการอบแห้งจะช่วยป้องกันการทำลายนี้ได้ ส่วนค่ากรด-ด่าง 5.28 น้ำตาลรีดิวซ์ 7.43% น้ำตาลทั้งหมด 9.61% จะช่วยเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีของมะเดื่อฝรั่ง (Maillard reaction) กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าเท่ากับ 5.28 และ 7.14 Units/g ตามลำดับ ในระหว่างการอบแห้งเอนไซม์สามารถเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้เช่นกัน (Fennema, 1996)

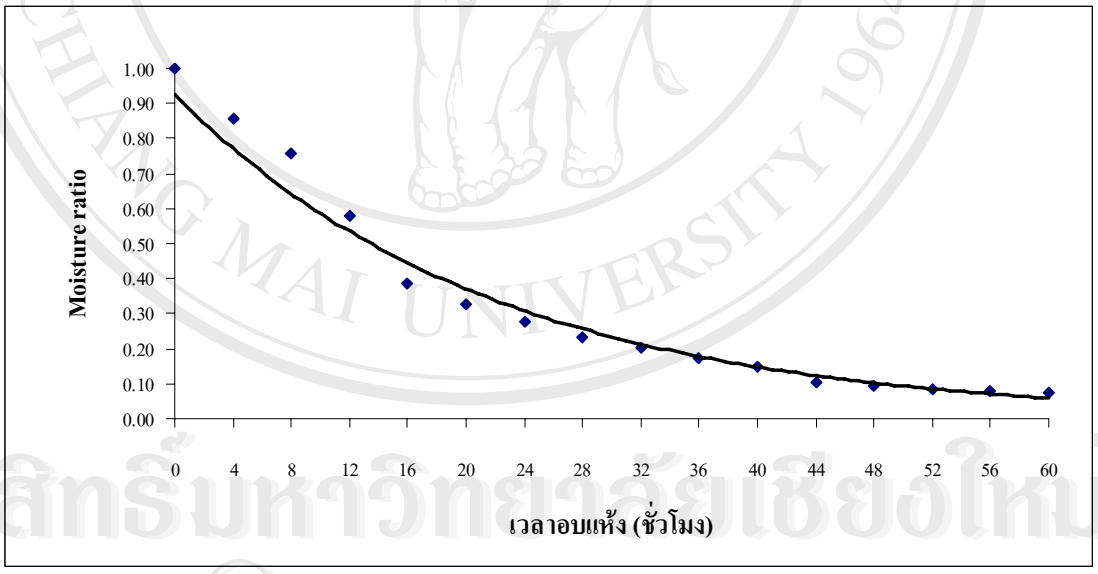
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.1.2 คุณภาพทางกายภาพ**

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของมะเดื่อฝรั่ง พบว่า มะเดื่อฝรั่งค่าสี L (Lightness) 34.31 ค่า a* (Redness/Greenness) 6.41 และค่า b* (Yellowness/Blueness) 5.09 ส่วนค่าความแน่นเนื้อ (Fruit firmness) มีค่า 4.01 นิวตัน ซึ่ง Owino *et al.* (2004) รายงานว่ามะเดื่อฝรั่งมีช่วงการสุกของผลเต็มที่ (Fully ripe) มีค่าความแน่นเนื้อ 4.70 นิวตัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าทดลองที่วัดได้

**4.2 อัตราการอบแห้งของมะเดื่อฝรั่งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด**

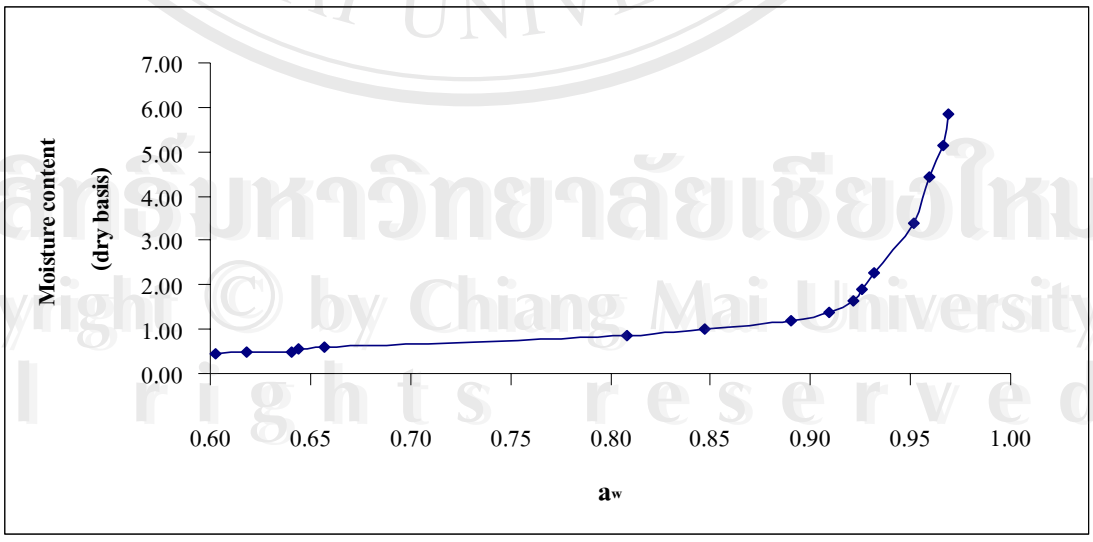
การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งมะเดื่อฝรั่ง โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 55 °ซ ทำการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและ $a_w$ ทุก 4ชั่วโมง นำค่าปริมาณความชื้นของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งในเวลาต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง (ภาคผนวกตาราง ข-1) คำนวณหาอัตราส่วนปริมาณความชื้น (Dry basis) เพื่อแสดงกราฟการอบแห้งของมะเดื่อฝรั่งดังรูป 4.1




**รูป 4.1** อัตราส่วนปริมาณความชื้น (Moisture ratio) ที่เปลี่ยนแปลงในผลมะเดื่อฝรั่งตามเวลาการอบที่อุณหภูมิ 55 °ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราส่วนปริมาณความชื้น (Moisture ratio) ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาของมะเดื่อฝรั่ง โดยอบที่อุณหภูมิ 55 °ซ (รูป 4.1) พบว่าช่วงเวลาการอบแห้ง 0 - 24 ชั่วโมง อัตราส่วนปริมาณความชื้นมีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมะเดื่อฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีปริมาณความชื้นสูง เมื่อเริ่มทำการอบแห้งจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างมะเดื่อฝรั่งกับอากาศร้อน การถ่ายเทความร้อนนี้เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำอิสระด้วยอัตราคงที่ด้วยแรงผ่านช่องแคบ (Capillary force) ไปยังบริเวณผิวหน้าของอาหารและเกิดการระเหยกลายเป็นไอเคลื่อนที่ไปกับอากาศร้อนด้วยอัตราเร็วคงที่ โดยกลไกที่เกิดขึ้นเป็นช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ (Constant rate period) นอกจากนี้ยังพบว่า ในช่วงแรกจะไม่เห็นช่วงอัตราอบแห้งคงที่ เนื่องจากอุณหภูมิของผลมะเดื่อฝรั่งไม่ถึง 55 °ซ ทันทีที่เริ่มทำการอบแห้ง และหลังจากอบมะเดื่อฝรั่งที่ 24 - 60 ชั่วโมง พบว่าอัตราส่วนปริมาณความชื้นลดลงอย่างช้าๆ ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำหรือไอน้ำในอาหารเป็นการเคลื่อนผ่านช่องแคบด้วยการแพร่ (Diffusion) ทำให้ผิวหน้าของอาหารแห้งและการระเหยเกิดขึ้นจะช้าลง จึงเรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่าช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (Falling rate period) (สุคนธ์ชื่น , 2546) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Doymaz, (2005) พบว่า อัตราส่วนปริมาณความชื้นที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาอบแห้งที่เพิ่มขึ้น โดยการอบมะเดื่อฝรั่งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 35 – 47 °ซ เป็นระยะเวลา 80 ชั่วโมง และรูป 4.2 แสดงกราฟ Sorption isotherms ซึ่งเป็นกระบวนการลดความชื้น (Desorption) จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและ $a_w$ พบว่ามะเดื่อฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีความชื้นสูงมีค่า $a_w$ เท่ากับ 0.97 เมื่อความชื้นลดลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด ทำให้ค่า $a_w$ ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเหลือค่า $a_w$ เท่ากับ 0.60




**รูป 4.2** Sorption isotherms จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและ $a_w$ ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลองอบแห้งมะเดื่อฝรั่งที่อุณหภูมิ 55 °ซ ระยะเวลา 60 ชั่วโมง พบว่ามะเดื่อฝรั่งมีความชื้นเริ่มต้น 85.40 % มีค่าลดลงเหลือความชื้น 30.25 % และมีค่า $a_w$ เริ่มต้น 0.97 ลดลงจนเหลือค่า $a_w$ เท่ากับ 0.60 ซึ่ง เป็นขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับการเจริญของยีสต์และรา ประเภท Osmophile หรือ Xerophile มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และสามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น (Fennema, 1996) ดังนั้นจึงใช้เวลา 60 ชั่วโมงที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2 เป็นระยะเวลาการอบแห้งของมะเดื่อฝรั่งในตอนต่อไป

**4.3 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ต่อการยับยั้งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีน้ำตาลของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด**

**4.3.1 แช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์**

**4.3.1.1 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี**

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น $a_w$ ค่ากรด-ด่าง น้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จากนั้นอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.2

**ตาราง 4.2** ผลของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นต่างๆ ต่อคุณภาพทางเคมีของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | ความชื้น (ร้อยละ) | $a_w$ | ค่ากรด-ด่าง | น้ำตาลทั้งหมด (%) | น้ำตาลรีดิวซ์ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| ไม่แช่สารละลาย | $30.28 \pm 0.24$ | $0.60 \pm 0.00$ | $4.85^{bc} \pm 0.01$ | $36.85^{b} \pm 0.50$ | $27.33^{c} \pm 0.88$ |
| น้ำกลั่น | $30.62 \pm 0.59$ | $0.62 \pm 0.01$ | $4.92^{c} \pm 0.05$ | $36.03^{b} \pm 0.84$ | $25.44^{b} \pm 0.34$ |
| KMS 0.1 % | $30.41 \pm 0.10$ | $0.61 \pm 0.00$ | $4.82^{b} \pm 0.01$ | $38.96^{a} \pm 0.79$ | $28.38^{ab} \pm 0.79$ |
| KMS 0.2 % | $30.33 \pm 0.13$ | $0.61 \pm 0.00$ | $4.71^{a} \pm 0.06$ | $39.85^{a} \pm 0.60$ | $28.86^{a} \pm 0.56$ |

หมายเหตุ: - KMS คือ สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (ใช้สัญลักษณ์ KMS แทน Potassium metabisulfite ทั้งนี้ KMS ย่อมาจาก Kalium Metabisulfite ในภาษาลาติน)

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.2 พบว่าความชื้นและค่า $a_w$ ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งทุกสิ่งการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 30 และ 0.62 ตามลำดับ ส่วนค่ากรด-ด่าง พบว่า สิ่งทดลองที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.2 % ทำให้มีค่ากรด-ด่างในเนื้อมะเดื่อฝรั่งอบแห้งลดลงเหลือ 4.71 แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตารางที่ 4.2 ทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสิ่งทดลองที่แช่สารละลายโพแทสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.2 % ก่อนอบ ส่งผลให้มะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีปริมาณน้ำตาลหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากสุดโดยมีค่า 39.85 % และ 28.38 % ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เป็นสารประกอบซัลเฟอร์เข้าทำปฏิกิริยากับ Degradation product ของน้ำตาลอะมิโนจึงป้องกันการรวมตัวของสารโพลีเมอไรเซชันเป็นเมลานอยดิน (Von *et al*., 1990) ดังนั้นจึงลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง

#### 4.3.1.2 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดส

การวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ผลของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นต่างๆ ต่อกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และโพลีฟีนอลออกซิเดสของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | กิจกรรมของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส (Units/g) | กิจกรรมของเอนไซม์ เปอร์ออกซิเดส (Units/g) |
|---|---|---|
| ไม่แช่สารละลาย | $6.25^{b} \pm 0.40$ | $6.55^{b} \pm 0.82$ |
| น้ำกลั่น | $5.48^{b} \pm 0.60$ | $6.49^{b} \pm 0.28$ |
| KMS 0.1 % | $3.83^{a} \pm 0.22$ | $3.70^{a} \pm 0.89$ |
| KMS 0.2 % | $3.45^{a} \pm 0.56$ | $2.79^{a} \pm 0.83$ |

หมายเหตุ: - KMS คือ สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.3 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งหลังอบแห้ง 60 ชั่วโมง ทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 % พบกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้งในปริมาณน้อยที่สุด คือ 3.83 และ 3.45 Units/g ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 % ที่พบปริมาณน้อยที่สุดคือ 3.70 และ 2.79 Units/g ตามลำดับ แตกต่างจากสิ่งทดลองที่แช่น้ำกลั่นและไม่แช่สารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสารรีดิวซิงเอเจนต์ จึงยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์และลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Negi and Roy, 2000) ส่งผลให้สีของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีค่าสีดีกว่าสิ่งทดลองอื่น ดังผลการทดลองตารางที่ 4.4

**4.3.1.3 วิเคราะห์ทางกายภาพ**

ผลการวิเคราะห์ค่าสี และค่าแรงเฉือนของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.4

**ตาราง 4.4** ผลของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสีและแรงเฉือนของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | ค่าสี | | | ค่าแรงเฉือน (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|
| | L | a* | b* | |
| ไม่แช่สารละลาย | $29.32^{c} \pm 1.98$ | $5.69 \pm 1.15$ | $2.09 \pm 1.18$ | $14.21 \pm 0.82$ |
| น้ำกลั่น | $30.71^{bc} \pm 1.23$ | $5.86 \pm 1.30$ | $2.10 \pm 1.47$ | $14.68 \pm 0.87$ |
| KMS 0.1 % | $32.05^{ab} \pm 1.41$ | $6.14 \pm 0.96$ | $2.38 \pm 1.79$ | $14.70 \pm 0.68$ |
| KMS 0.2 % | $33.57^{a} \pm 1.55$ | $6.37 \pm 0.35$ | $2.49 \pm 1.69$ | $15.01 \pm 0.73$ |

หมายเหตุ: - KMS คือ สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.4 มะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 % พบค่า L มีค่าเท่ากับ 32.05 และ 33.57 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าแรงเฉือนของสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 14.21 – 15.01 นิวตัน ทั้งนี้สอดคล้องงานวิจัยของ Singh *et al.* (2001) พบว่า การแช่เห็ดในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ก่อนอบแห้งช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลจากการทำงานของเอนไซม์ ทำให้ได้สีที่สม่ำเสมอและยังช่วยรักษาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้

### 4.3.2 แช่ในสารละลายกรดซิตริก

#### 4.3.2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น $a_w$ ค่ากรด-ด่าง น้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จากนั้นอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.5

**ตาราง 4.5** ผลของสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อคุณภาพทางเคมีของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | ความชื้น (ร้อยละ) | $a_w$ | ค่ากรด-ด่าง | น้ำตาลทั้งหมด (%) | น้ำตาลรีดิวซ์ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| ไม่แช่สารละลาย | 30.28 ± 0.24 | 0.60 ± 0.00 | $4.85^{bC}$ ± 0.01 | $36.85^{c}$ ± 0.50 | $27.33^{c}$ ± 0.88 |
| น้ำกลั่น | 30.62 ± 0.59 | 0.62 ± 0.01 | $4.92^{c}$ ± 0.05 | $36.03^{c}$ ± 0.84 | $25.44^{b}$ ± 0.34 |
| Citric 0.3 % | 30.57 ± 0.11 | 0.62 ± 0.00 | $4.84^{b}$ ± 0.04 | $38.48^{b}$ ± 0.76 | $28.64^{b}$ ± 0.66 |
| Citric 0.6 % | 30.48 ± 0.23 | 0.62 ± 0.00 | $4.70^{a}$ ± 0.05 | $39.98^{a}$ ± 0.72 | $29.43^{a}$ ± 0.37 |

หมายเหตุ: - Citric คือ สารละลายกรดซิตริก

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.5 พบว่าความชื้นและค่า $a_w$ ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งทุกสิ่งการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 30 และ 0.62 ตามลำดับ ส่วนค่ากรด-ด่าง พบว่า สิ่งทดลองที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % ทำให้มีค่ากรด-ด่างในเนื้อมะเดื่อฝรั่งอบแห้งลดลงเหลือ 4.70 แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตารางที่ 4.5 ทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % ก่อนอบ ส่งผลให้มะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากสุด โดยมีค่า 39.98 % และ 29.43 % ตามลำดับ เนื่องจากการแช่มะเดื่อฝรั่งในสารละลายกรดซิตริกก่อนอบแห้ง เช่นเดียวกับการแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ มีค่ากรด-ด่างที่ลดลง ซึ่ง Von *et al*. (1990) กล่าวว่า สภาพการเป็นกรดสูงส่งผลทำให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์เกิดได้ช้าลงจึงส่งผลต่อค่าสีในตารางที่ 4.7

#### 4.3.2.2 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดส

การวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.6** ผลของสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นต่างๆ ต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Units/g) | กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Units/g) |
|---|---|---|
| ไม่แช่สารละลาย | $6.25^{c} \pm 0.40$ | $6.55^{b} \pm 0.82$ |
| น้ำกลั่น | $5.48^{c} \pm 0.60$ | $6.49^{b} \pm 0.28$ |
| Citric 0.3 % | $3.79^{b} \pm 0.33$ | $3.26^{a} \pm 1.43$ |
| Citric 0.6 % | $2.85^{a} \pm 0.30$ | $2.74^{a} \pm 0.76$ |

หมายเหตุ: - Citric คือ สารละลายกรดซิตริก

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.6 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งหลังอบแห้ง 60 ชั่วโมง ทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.3 % พบกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้งในปริมาณน้อยที่สุด คือ 2.85 Units/g ส่วนปริมาณกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.3 และ 0.6 % พบว่า ปริมาณเอนไซม์น้อยที่สุดคือ 3.26 และ 2.74 Units/g ตามลำดับ เนื่องจากกรดซิตริกมีคุณสมบัติเป็นสารจับโลหะที่จำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ทำให้ปฏิกิริยาของเอนไซม์ถูกยับยั้ง (Verma and Joshi, 2000) ส่งผลให้สีของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่แช่สารละลายกรดซิตริกมีค่าสีดีกว่าสิ่งทดลองอื่น ดังผลการทดลองตารางที่ 4.7

**4.3.2.3 วิเคราะห์ทางกายภาพ**

ผลการวิเคราะห์ค่าสี และค่าแรงเฉือนของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.7

**ตาราง 4.7** ผลของสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสีและแรงเฉือนของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | ค่าสี | | | ค่าแรงเฉือน (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|
| | L | a* | b* | |
| ไม่แช่สารละลาย | $29.32^{b} \pm 1.98$ | $5.69^{b} \pm 1.15$ | $2.09 \pm 1.18$ | $14.21 \pm 0.82$ |
| น้ำกลั่น | $30.71^{b} \pm 1.23$ | $5.86^{b} \pm 1.30$ | $2.10 \pm 1.47$ | $14.68 \pm 0.87$ |
| Citric 0.3 % | $33.09^{a} \pm 1.70$ | $6.44^{ab} \pm 0.41$ | $2.35 \pm 1.07$ | $14.13 \pm 0.92$ |
| Citric 0.6 % | $33.81^{a} \pm 1.38$ | $6.79^{a} \pm 0.64$ | $2.74 \pm 1.38$ | $14.15 \pm 0.98$ |

หมายเหตุ: - Citric คือ สารละลายกรดซิตริก

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.7 พบว่ามะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % ให้ค่า L เท่ากับ 33.81 และให้ค่า a* เท่ากับ 6.79 ซึ่งมีค่าสูงกว่าสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่ากรดซิตริกช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลในมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jiang and Fu (1998) พบว่า ปริมาณเม็ดสีแดงที่ลดลงและการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นในเปลือกลิ้นจี่ เกิดขึ้นเนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่ง ปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลในสภาวะที่มีออกซิเจนได้เป็น *o*-diphenol ส่วนค่าแรงเฉือนของสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 14.13 – 14.68 นิวตัน

### 4.3.3 แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคแตต

#### 4.3.3.1 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น $a_w$ ค่ากรด-ด่าง น้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคแตตที่ความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.8

**ตาราง 4.8** ผลของสารละลายแคลเซียมแลคแตตความเข้มข้นต่างๆ ต่อคุณภาพทางเคมีของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | ความชื้น (ร้อยละ) | $a_w$ | ค่ากรด-ด่าง | น้ำตาลทั้งหมด (%) | น้ำตาลรีดิวซ์ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| ไม่แช่สารละลาย | $30.28 \pm 0.24$ | $0.60^{a} \pm 0.00$ | $4.85^{a} \pm 0.01$ | $36.85^{a} \pm 0.50$ | $27.33^{a} \pm 0.88$ |
| น้ำกลั่น | $30.62 \pm 0.59$ | $0.62^{b} \pm 0.01$ | $4.92^{b} \pm 0.05$ | $36.03^{ab} \pm 0.84$ | $25.44^{b} \pm 0.34$ |
| CL 1 % | $30.75 \pm 0.17$ | $0.62^{b} \pm 0.00$ | $5.00^{c} \pm 0.02$ | $35.41^{b} \pm 0.43$ | $25.08^{b} \pm 0.41$ |
| CL 2 % | $30.79 \pm 0.12$ | $0.63^{c} \pm 0.01$ | $5.15^{d} \pm 0.03$ | $35.44^{b} \pm 0.80$ | $25.34^{b} \pm 0.12$ |

หมายเหตุ: - CL คือ สารละลายแคลเซียมแลคแตต

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.8 พบว่าความชื้นและค่า $a_w$ ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งทุกสิ่งการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 30 และ 0.63 ตามลำดับ โดยมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมแลคแตตความเข้มข้น 2 % เมื่อนำมาอบมีค่า $a_w$ มากที่สุดคือ 0.63 เนื่องจากสารละลายแคลเซียมแลคแตตทำให้ผนังเซลล์ของพืชมีความแข็งแรงขึ้น (Torres *et al*., 2006) ระหว่างการอบเกิดการระเหยน้ำช้าลง ส่งผลทำให้อาหารมีผิวหน้าแห้งแต่ภายในชื้น (วิไล, 2546) ส่วนค่ากรด-ด่าง พบว่า สิ่งทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมแลคแตตความเข้มข้น 2 % ทำให้มีค่ากรด-ด่างของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.15 ซึ่งแตกต่างจากสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ ทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ซึ่งมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมแลคแตตความเข้มข้น 1 และ 2 % ก่อนอบมีปริมาณน้ำตาลหมด และน้ำตาลรีดิวซ์เหลือในปริมาณน้อยกว่าการแช่สารละลายสองวิธีแรก เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนสีโดยปฏิกิริยาเมลลาร์ดในผลิตภัณฑ์

#### 4.3.3.2 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดส

การวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคแตตที่ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.9

**ตารางที่ 4.9** ผลของสารละลายแคลเซียมแลคแตตความเข้มข้นต่างๆ ต่อกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Units/g) | กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Units/g) |
|---|---|---|
| ไม่แช่สารละลาย | $6.25^{b} \pm 0.40$ | $6.55^{c} \pm 0.82$ |
| น้ำกลั่น | $5.48^{b} \pm 0.60$ | $6.49^{c} \pm 0.28$ |
| CL 1 % | $4.21^{a} \pm 0.61$ | $4.94^{b} \pm 0.55$ |
| CL 2 % | $3.98^{a} \pm 0.21$ | $3.34^{a} \pm 0.16$ |

หมายเหตุ: - CL คือ สารละลายแคลเซียมแลคแตต

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.9 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งหลังอบแห้ง ทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมแลคแตตความเข้มข้น 1 และ 2 % พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในปริมาณน้อยที่สุดคือ 4.21 และ 3.98 Units/g ตามลำดับ เช่นเดียวกับกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเนื้อมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมแลคแตตความเข้มข้น 1 และ 2 % ก่อนอบแห้ง พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้งในปริมาณน้อยที่สุดคือ 3.34 และ 4.94 Units/g ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองที่แช่น้ำกลั่นและไม่แช่สารละลาย โดยสอดคล้องกับผลของเอนไซม์ของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดซิตริก เนื่องจากแคลเซียมแลคแตตเป็นสารรีดิวซ์ในกิจกรรมของเอนไซม์จึงลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ (Martin-Diana *et al*.,2005)

#### 4.3.3.3 วิเคราะห์ทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ค่าสีและค่าแรงเฉือนของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคแตตความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.10

**ตาราง 4.10** ผลของสารละลายแคลเซียมแลคแตตความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสี และแรงเฉือนของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | ค่าสี | | | ค่าแรงเฉือน (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|
| | L | a* | b* | |
| ไม่แช่สารละลาย | $29.32^{b} \pm 1.98$ | $5.69 \pm 1.15$ | $2.09 \pm 1.18$ | $14.21^{b} \pm 0.82$ |
| น้ำกลั่น | $30.71^{ab} \pm 1.23$ | $5.86 \pm 1.30$ | $2.10 \pm 1.47$ | $14.68^{b} \pm 0.87$ |
| CL 1 % | $30.62^{ab} \pm 1.27$ | $5.93 \pm 0.59$ | $1.12 \pm 1.57$ | $17.20^{a} \pm 0.93$ |
| CL 2 % | $31.94^{a} \pm 0.92$ | $6.21 \pm 0.60$ | $1.58 \pm 1.21$ | $17.68^{a} \pm 0.90$ |

หมายเหตุ: - CL คือ สารละลายแคลเซียมแลคแตต

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.10 มะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมแลคแตตความเข้มข้น 2 % พบค่า L มีค่าเท่ากับ 31.94 ซึ่งมีค่าสูงกว่าสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ค่าสี L มีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดซิตริก จึงทำให้มะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีสีคล้ำกว่าสองผลิตภัณฑ์แรก ทั้งนี้เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatic browning) มากกว่าการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ ซึ่งเห็นได้จากปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากน้ำตาลรีดิวซ์ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเกิดสารสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น (Fennema, 1996) ส่วนค่าแรงเฉือนของสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมแลคแตตความเข้มข้น 1 และ 2 % มีค่าแรงเฉือนมากที่สุดคือ 17.20 และ 17.68 นิวตัน ตามลำดับ เนื่องจากแคลเซียมอาจทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แข็งขึ้น เพราะไปรวมกับสารเพคตินช่วยเสริมโครงสร้าง (Firmness) ของพืช

### 4.3.4 แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

#### 4.3.4.1 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น $a_w$ ค่ากรด-ด่าง น้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.11

**ตาราง 4.11** ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ ต่อคุณภาพทางเคมีของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | ความชื้น (ร้อยละ) | $a_w$ | ค่ากรด-ด่าง | น้ำตาลทั้งหมด (%) | น้ำตาลรีดิวซ์ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| ไม่แช่สารละลาย | $30.28^{a} \pm 0.24$ | $0.60 \pm 0.00$ | $4.85^{a} \pm 0.01$ | $36.85^{a} \pm 0.50$ | $27.33^{a} \pm 0.88$ |
| น้ำกลั่น | $30.62^{a} \pm 0.59$ | $0.62 \pm 0.01$ | $4.92^{b} \pm 0.05$ | $36.03^{ab} \pm 0.84$ | $25.44^{b} \pm 0.34$ |
| $CaCl_2$ 2 % | $30.89^{ab} \pm 0.39$ | $0.63 \pm 0.01$ | $5.01^{c} \pm 0.02$ | $34.84^{b} \pm 0.55$ | $24.08^{c} \pm 0.36$ |
| $CaCl_2$ 4 % | $31.12^{b} \pm 0.14$ | $0.63 \pm 0.01$ | $5.17^{d} \pm 0.02$ | $35.00^{b} \pm 0.92$ | $24.82^{bc} \pm 0.33$ |

หมายเหตุ: - $CaCl_2$ คือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.11 พบว่าความชื้นและค่า $a_w$ ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งทุกสิ่งการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 30 และ 0.63 ตามลำดับ โดยมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 % และ 4 % เมื่อนำมาอบแห้งจะมีค่า $a_w$ มากที่สุดคือ 0.63 เนื่องจากสารละลายแคลเซียมทำให้ผนังเซลล์ของพืชมีความแข็งแรงขึ้น (Torres *et al*., 2006) ระหว่างการอบเกิดการระเหยน้ำช้าลงส่งผลทำให้อาหารมีผิวหน้าแห้งแต่ภายในชื้น (วิไล, 2546) ส่วนค่ากรด-ด่าง พบว่า สิ่งทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 % ทำให้มีค่ากรด-ด่างของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.17 ซึ่งแตกต่างจากสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ ทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ซึ่งมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 และ 4 % ก่อนอบ มีปริมาณน้ำตาลหมดและน้ำตาลรีดิวซ์เหลือในปริมาณน้อยกว่าการแช่สารละลายสามวิธีแรก เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนสีโดยปฏิกิริยาเมลลาร์ดในผลิตภัณฑ์เช่นกัน

#### 4.3.4.2 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดส

การวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.12

**ตารางที่ 4.12** ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ ต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | กิจกรรมของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส (Units/g) | กิจกรรมของเอนไซม์ เปอร์ออกซิเดส (Units/g) |
|---|---|---|
| ไม่แช่สารละลาย | $6.25^{b} \pm 0.40$ | $6.55^{b} \pm 0.82$ |
| น้ำกลั่น | $5.48^{b} \pm 0.60$ | $6.49^{b} \pm 0.28$ |
| $CaCl_2$ 2 % | $4.33^{a} \pm 0.46$ | $4.56^{a} \pm 0.33$ |
| $CaCl_2$ 4 % | $4.03^{a} \pm 0.25$ | $4.02^{a} \pm 1.09$ |

หมายเหตุ: - $CaCl_2$ คือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.12 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งหลังอบแห้งทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 และ 4 % พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในปริมาณน้อยที่สุดคือ 4.33 และ 4.03 Units/g ตามลำดับ เช่นเดียวกับกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเนื้อมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 และ 4 % ก่อนอบแห้ง พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีปริมาณน้อยที่สุดคือ 4.56 และ 4.02 Units/g ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองที่แช่น้ำกลั่นและไม่แช่สารละลาย โดยสอดคล้องกับผลของเอนไซม์ของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก และแคลเซียม-แลคแตต

**4.3.4.3 วิเคราะห์ทางกายภาพ**

ผลการวิเคราะห์ค่าสีและค่าแรงเฉือนของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นระยะเวลาอบแห้ง 60 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.13

**ตาราง 4.13** ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสีและแรงเฉือนของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

| สิ่งทดลอง | ค่าสี | | | ค่าแรงเฉือน (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|
| | L | a* | b* | |
| ไม่แช่สารละลาย | $29.32^{c} \pm 1.98$ | $5.69 \pm 1.15$ | $2.09^{a} \pm 1.18$ | $14.21^{b} \pm 0.82$ |
| น้ำกลั่น | $30.71^{ab} \pm 1.23$ | $5.86 \pm 1.30$ | $2.10^{a} \pm 1.47$ | $14.68^{b} \pm 0.87$ |
| $CaCl_2$ 2 % | $30.59^{ab} \pm 1.07$ | $6.51 \pm 0.47$ | $0.15^{b} \pm 1.06$ | $17.30^{a} \pm 0.84$ |
| $CaCl_2$ 4 % | $31.83^{a} \pm 1.06$ | $6.17 \pm 0.66$ | $0.24^{b} \pm 1.36$ | $17.44^{a} \pm 0.92$ |

หมายเหตุ: - $CaCl_2$ คือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

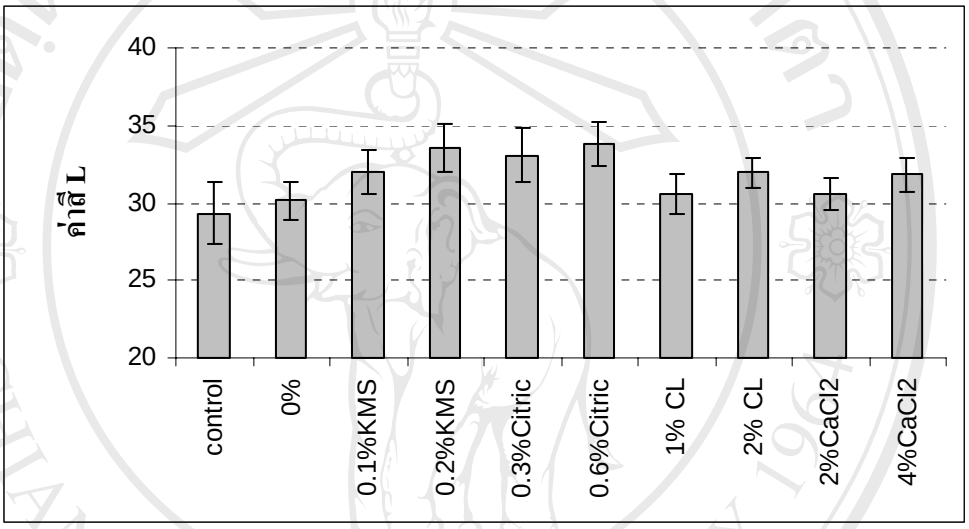
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.13 มะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 % พบค่า L มีค่าเท่ากับ 31.83 ซึ่งมีค่าสูงกว่าสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ค่าสี L มีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก และแคลเซียมแลคแตต จึงทำให้มะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีสีคล้ำกว่าสามผลิตภัณฑ์แรก นอกจากนี้ พบว่า สิ่งทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 และ 4 % มีค่า b* น้อยที่สุดคือ 0.15 และ 0.24 ตามลำดับ ทั้งนี้เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatic browning) มากกว่าการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ ซึ่งเห็นได้จากปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากน้ำตาลรีดิวซ์ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเกิดสารสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น (Fennema, 1996) ส่วนค่าแรงเฉือนของสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 และ 4 % มีค่าแรงเฉือนมากที่สุดคือ 17.30 และ 17.44 นิวตัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.3.5 การเปรียบเทียบผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าสีของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด**

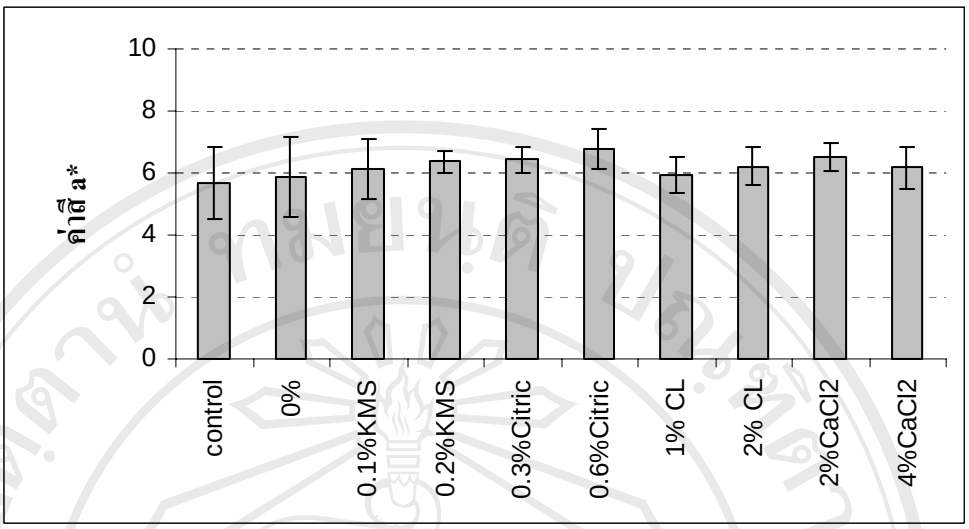
การวิเคราะห์ค่าสีของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 55 °ซ ดังแสดงในรูป 4.3, 4.4 และ 4.5




**รูป 4.3** เปรียบเทียบค่าสี L ของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในน้ำกลั่น (ความเข้มข้น 0 %) โพแทสเซียมเมตาไบ-ซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์กับชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลายก่อนอบแห้ง

จากรูป 4.3 ผลของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสี L ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง พบว่าสิ่งทดลองที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % มีค่ามากที่สุด คือ 33.81 รองลงมาคือ สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.2 % และสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.3 % มีค่า L เท่ากับ 33.57 และ 33.09 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายมีค่า L น้อยสุดคือ 29.32 สรุปว่าผลิตภัณฑ์ที่ให้ค่าสีดีที่สุดควรเป็นสิ่งทดลองที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % หรือ 0.3 % มีค่าสีใกล้เคียงกับสิ่งทดลองที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ซึ่งอาจเป็นสารก่อโทษต่อสุขภาพผู้บริโภคได้ (Fennema, 1996)

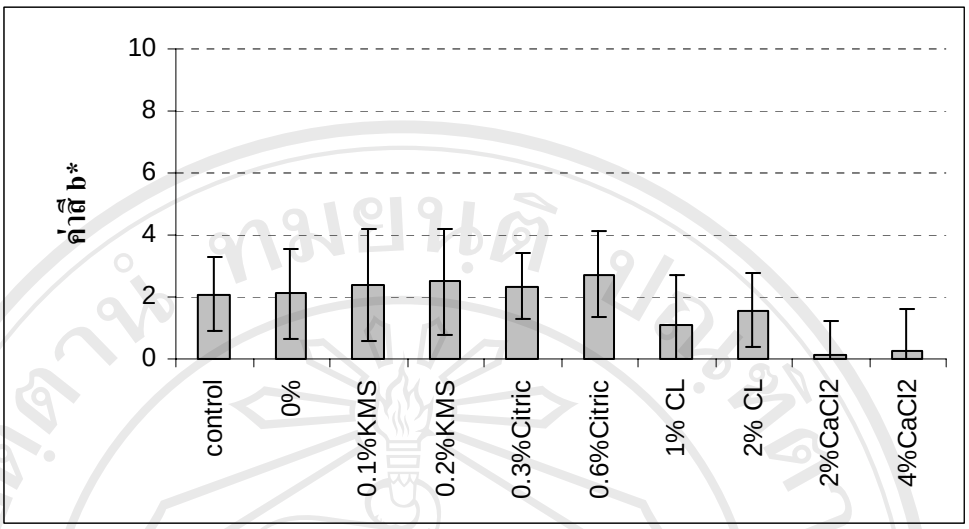
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved




**รูป 4.4** เปรียบเทียบค่าสี a* ของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในน้ำกลั่น (ความเข้มข้น 0 %) โพแทสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์กับชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลายก่อนอบแห้ง

จากรูป4.4 ผลของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสี a* ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง พบว่า สิ่งทดลองที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % มีค่าสี a* มากที่สุด คือ 6.79 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลายมีค่า a* น้อยสุด คือ 5.69 เนื่องจากค่าสี a* ที่แช่ในสารละลายต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกันมากจึงเป็นค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าสีไม่ชัดเจนเท่าค่าสี L

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



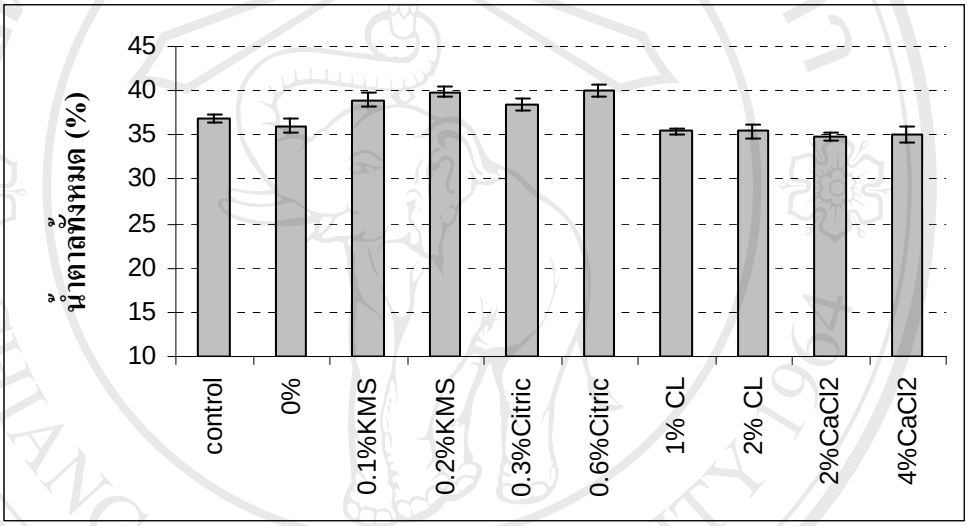

**รูป 4.5** เปรียบเทียบค่าสี b* ของมะเดื่อฝรั่งที่แช่ในน้ำกลั่น (ความเข้มข้น 0 %) โพแทสเซียมเมตา-ไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์กับชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลายก่อนอบแห้ง

จากรูป 4.5 ผลของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสี b* ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง พบว่า สิ่งทดลองที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % ให้ค่าสีเหลืองมากที่สุดคือ 2.74 แตกต่างกับสิ่งทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมแลคแตตและแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.3.6 การเปรียบเทียบผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด**

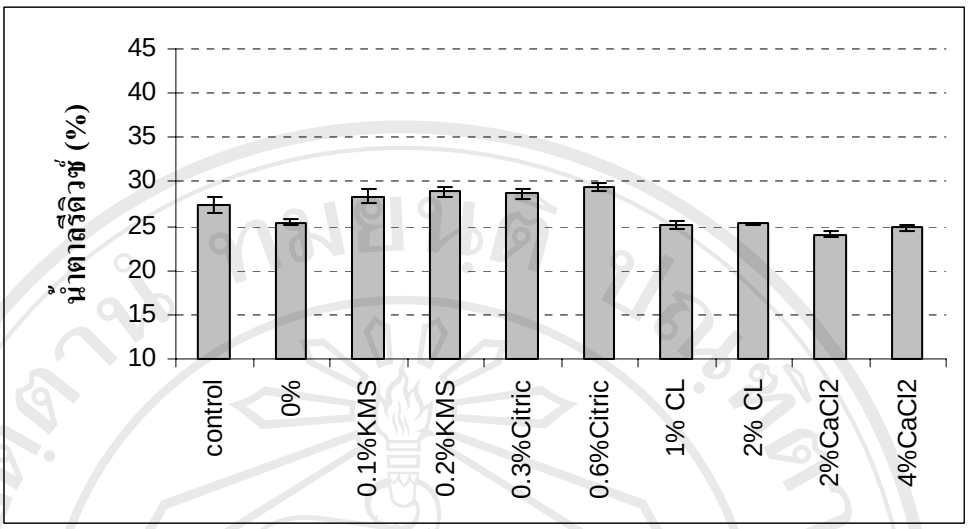
การวิเคราะห์ค่าสีของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 °ซ ดังแสดงในรูป 4.6 และ 4.7




**รูป 4.6** เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของมะเดื่อฝรั่งที่แช่น้ำกลั่น (0 %) โพแทสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กับชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลายก่อนอบแห้ง

จากรูป 4.6 ผลของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อปริมาณของน้ำตาลทั้งหมดของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง สิ่งทดลองที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.2 % มีปริมาณน้ำตาลมากที่สุด คือ 39.98 % และ 39.85 % รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่แช่ในละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.1 % กรดซิตริกความเข้มข้น 0.3 % ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองที่แช่ในสารละลาย แคลเซียมแลคแตต แคลเซียม-คลอไรด์ น้ำกลั่น และชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลายมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในช่วง 36.85 - 34.84

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

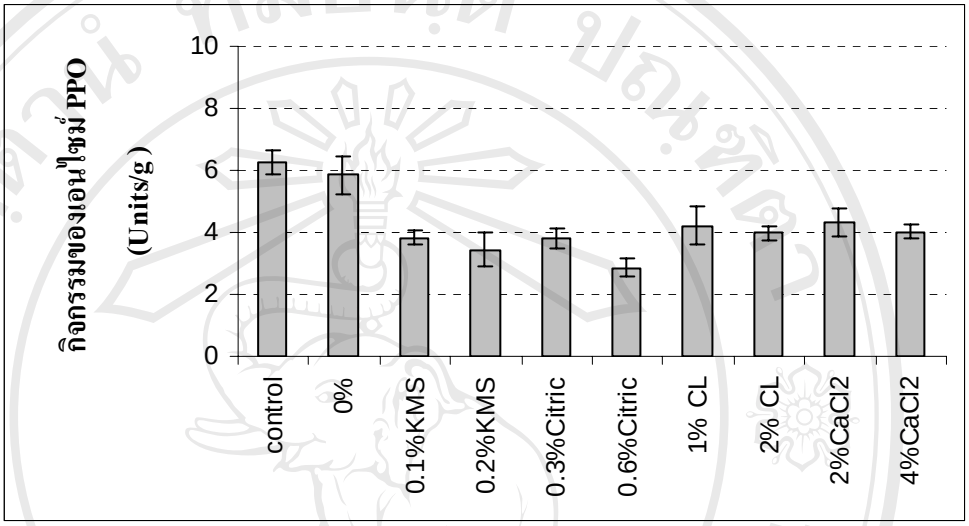



**รูป 4.7** เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมะเดื่อฝรั่งที่แช่น้ำกลั่น (0 %) โพแทสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กับชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลายก่อนอบแห้ง

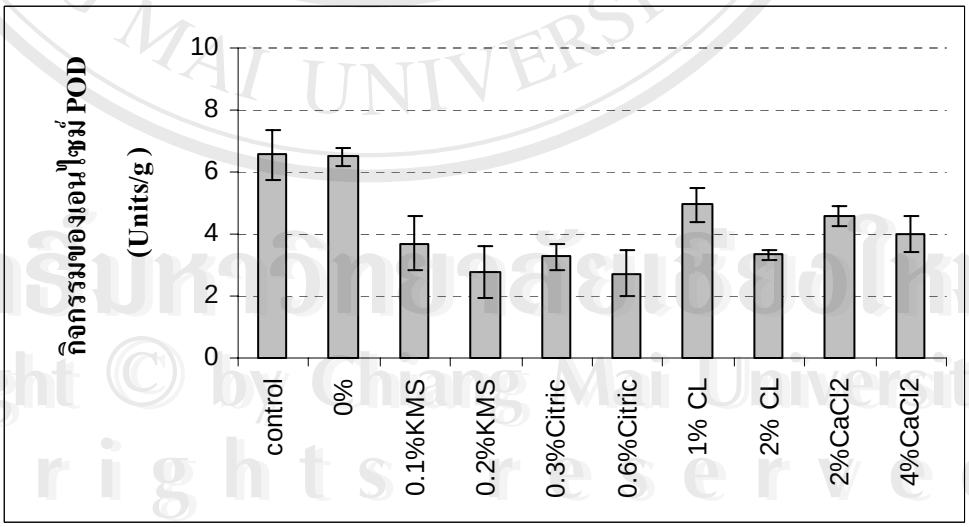
จากรูป 4.7 สิ่งทดลองที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคแตต แคลเซียมคลอไรด์ น้ำกลั่น และชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลาย พบว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในปริมาณที่น้อยสุด แสดงว่าน้ำตาลรีดิวซ์ในชุดทดลองดังกล่าวถูกใช้ไปในปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างการอบแห้ง ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % มีปริมาณน้ำตาลมากที่สุด คือ 29.43 % รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่แช่ในละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.2 % และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.1 % แสดงว่ากรดซิตริกและโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ มีคุณสมบัติในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เนื่องจากสารทั้งสองมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันจึงลดปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นระหว่างการอบแห้ง (รัชนี, 2536) และสารโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เป็นสารประกอบซัลเฟอร์เข้าไปทำปฏิกิริยากับ degradation product ของอะมิโนชูการ์ป้องกันไม่ให้เกิดการรวมตัวของสารโพลีเมอไรเซชันเป็นเมลานอยดิน (Von *et al.* 1996) จึงลดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี L ที่มีค่าสูงกว่าสิ่งทดลองอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.3.7 การเปรียบเทียบผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ที่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด**




**รูป 4.8** เปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งที่แช่น้ำกลั่น (0 %) โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กับชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลายก่อนอบแห้ง




**รูป 4.9** เปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งที่แช่น้ำกลั่น (0 %) โพแทส-เซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กับชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลายก่อนอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 4.8 ผลของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของมะเดื่อฝรั่งหลังอบแห้ง พบว่า สิ่งทดลองที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์น้อยที่สุดคือ 2.79 Units/g รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่แช่โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.2 % และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 % มีค่าเท่ากับ 3.45 Units/g ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองที่แช่น้ำกลั่นและชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลายมีกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมากที่สุดคือ 6.25 และ 5.48 Units/g ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการทดลองค่าสี L มีค่าความสว่างสูงกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ เนื่องจากกรดซิตริกทำหน้าที่เป็นคีลิงเอเจนต์ (Chelating agent) ในการจับทองแดงซึ่งเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส และช่วยลดค่ากรด-ด่าง จึงทำให้ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ (Martinez and Whitaker, 1995) นอกจากนี้ กรดซิตริกยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ดังการทดลองขั้นต้น

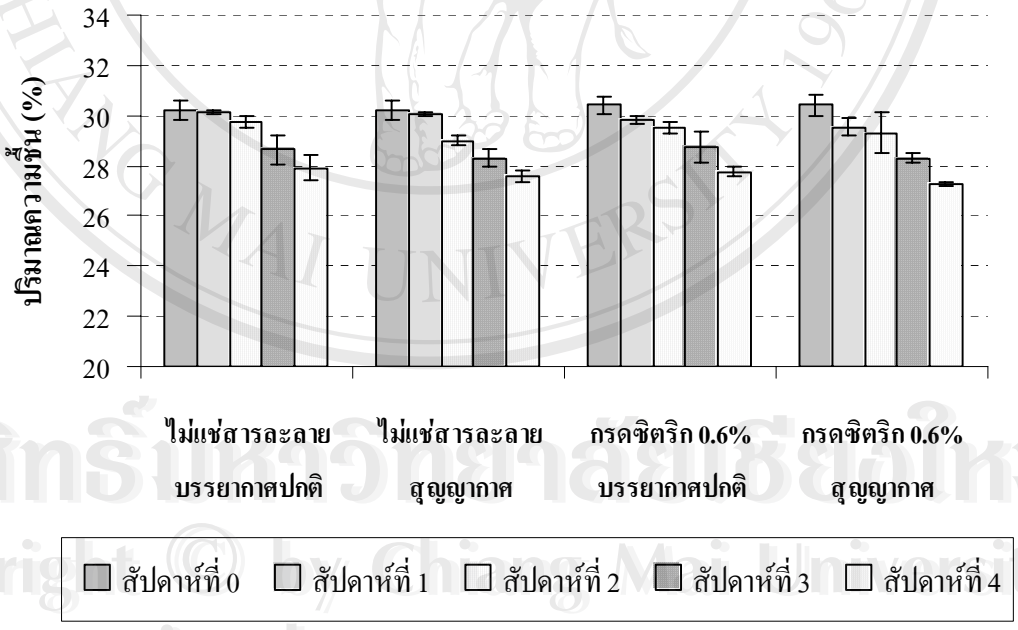
จากรูป 4.9 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง พบว่าสิ่งทดลองที่แช่น้ำกลั่นและชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลายจะมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด คือ 6.55 และ 6.49 Units/g ตามลำดับ รองลงมาคือสิ่งทดลองที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคแตต แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.3% มีค่าระหว่าง 3.34 - 4.94 Units/g แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองที่แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.2 % มีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสน้อยสุด คือ 2.74 และ 2.79 Units/g ตามลำดับ แต่สารประกอบซัลไฟต์อาจทำให้เกิดอาการแพ้ต่อผู้บริโภคและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (ศิวาพร, 2546) สอดคล้องกับการทดลองขั้นต้น ดังนั้นในการทดลองตอนต่อไปจึงเลือกใช้กรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % ในการยับยั้งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีน้ำตาลของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งระหว่างเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

## 4.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ

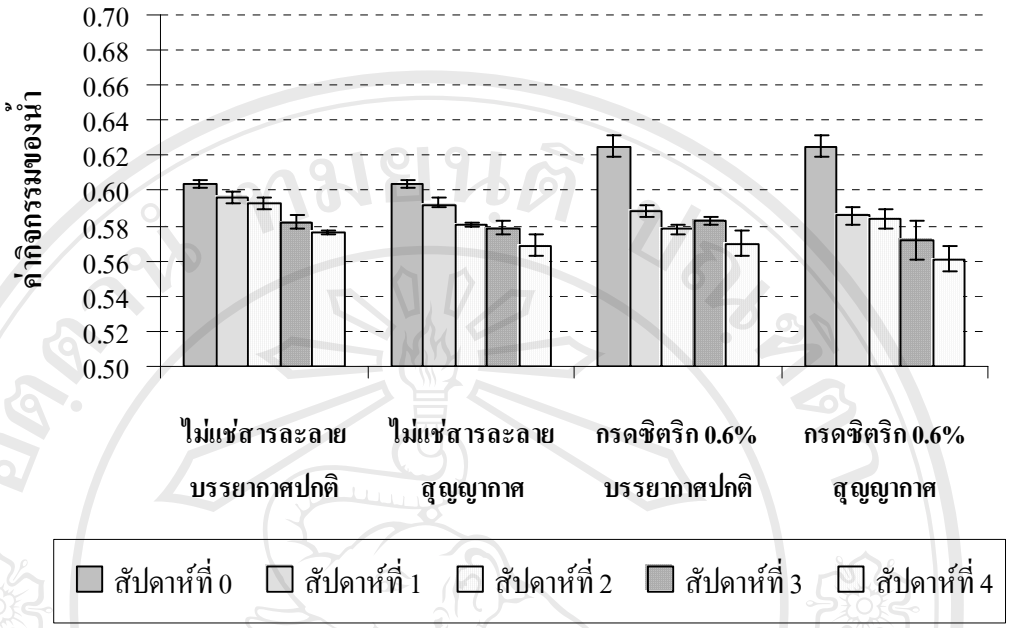
ผลิตมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง โดยใช้สูตรสารละลายยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากการทดลองที่ 4.3 จากนั้นบรรจุผลิตภัณฑ์มะเดื่อฝรั่งลงในถุงพลาสติก (เป็นถุงพลาสติก 3 ชั้น โดยชั้นในเป็นโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น ชั้นกลางเป็นกาว และชั้นนอกเป็นไนลอน) โดยบรรจุ 2 ลักษณะคือ บรรจุในบรรยากาศปกติ และบรรจุในสภาวะสุญญากาศ (Vacuum) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °ซ ทำการวิเคราะห์คุณภาพของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่างๆ ดังนี้ สัปดาห์ที่ 0 1 2 3 และ 4

### 4.4.1 ความชื้นและค่า Water activity ($a_w$)




**รูป 4.10** ปริมาณความชื้นของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผันแปรตามเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่ 30 °ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

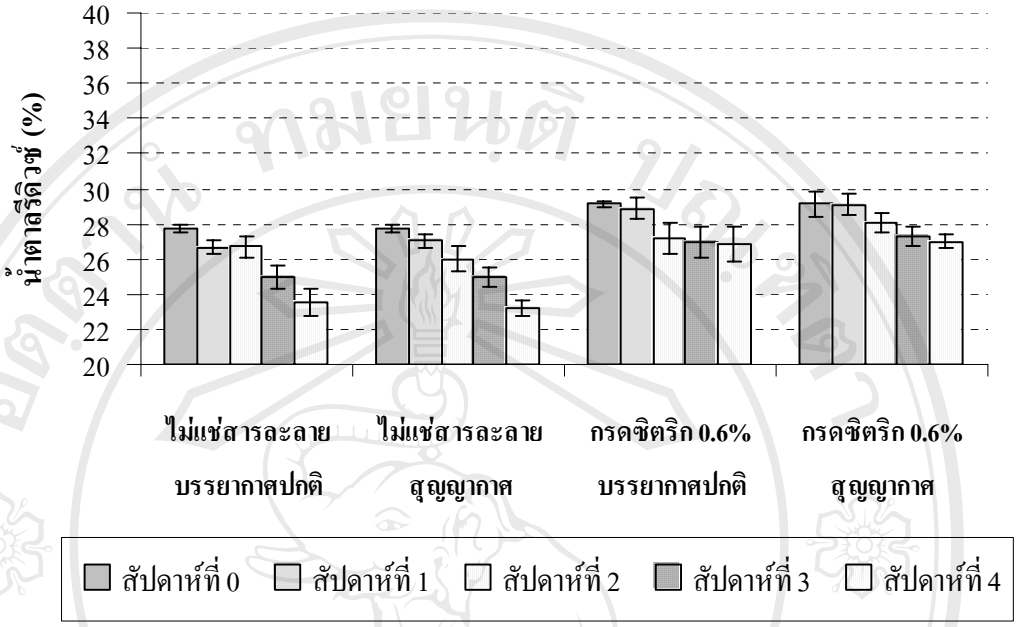



**รูป 4.11** ค่ากิจกรรมของน้ำ ($a_w$) ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผันแปรตามเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่ 30 °ซ

จากรูป 4.10 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ปริมาณความชื้นของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาคผนวกตาราง ข-5) ปริมาณความชื้นสัปดาห์ที่ 0 มีค่าเท่ากับ 30.21 – 30.42 % และสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 27.92 – 27.26 % ทั้งนี้อาจเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาสูงจึงทำให้มะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีความชื้นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า $a_w$ ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งดังรูป 4.11 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ค่า $a_w$ เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า $a_w$ ของสิ่งทดลองลดลง (ภาคผนวกตาราง ข-6) โดยค่า $a_w$ สัปดาห์ที่ 0 มีค่าเท่ากับ 0.60 – 0.62 และในสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.58 - 0.56 เนื่องจากมะเดื่อฝรั่งมีค่า $a_w$ ต่ำจึงทำให้ปฏิกิริยาที่เกิดจากจุลินทรีย์และกิจกรรมของจุลินทรีย์ถูกยับยั้งได้ (Banwart, 1983: วิไล, 2546) แต่ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดใช้เอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์ (Enzymatic and nonenzymatic browning) ของอาหารยังสามารถเกิดได้ซึ่งส่งผลต่อค่าสีและกลิ่นของอาหารระหว่างการเก็บรักษา (Gustavo and Vega-Mercado, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

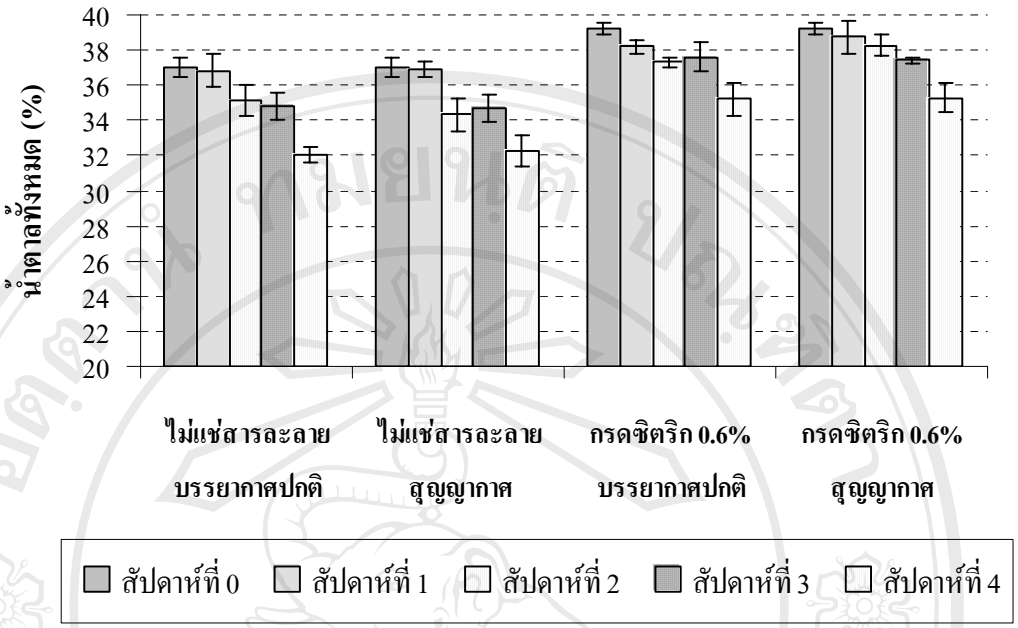
**4.4.2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด**




**รูป 4.12** ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผันแปรตามเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่ 30 °ซ

จากรูป 4.12 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาคผนวกตาราง ข-7) โดยมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้นในสัปดาห์ที่ 0 มีค่า 27.73 - 29.14 % และลดลงเหลือ 23.21 - 27.00 % ในสัปดาห์ที่ 4 นอกจากนี้ พบว่าสารละลายต้านการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยสิ่งทดลองที่แช่สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.6 % มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เหลืออยู่มากสุด คือ 27.80 % และ 28.11 % ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองที่ไม่ได้แช่สารละลายก่อนอบที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อยที่สุด ในสภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศปกติและสุญญากาศ แสดงว่ามะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 % ก่อนอบแห้งเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดน้อยที่สุด อาจเนื่องจากกรดซิตริกช่วยให้มะเดื่อฝรั่งมีค่ากรด-ด่างลดลงจึงช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวได้ (รัชนี, 2536: ธีรพร, 2546) สำหรับปฏิสัมพันธ์ 2 ปัจจัย ระหว่างสารละลายต้านการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลกับระยะเวลาเก็บรักษา ทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ โดยมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.6 % มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เหลืออยู่มากสุด คือ 26.86 และ 27.00 % ในสัปดาห์ที่ 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

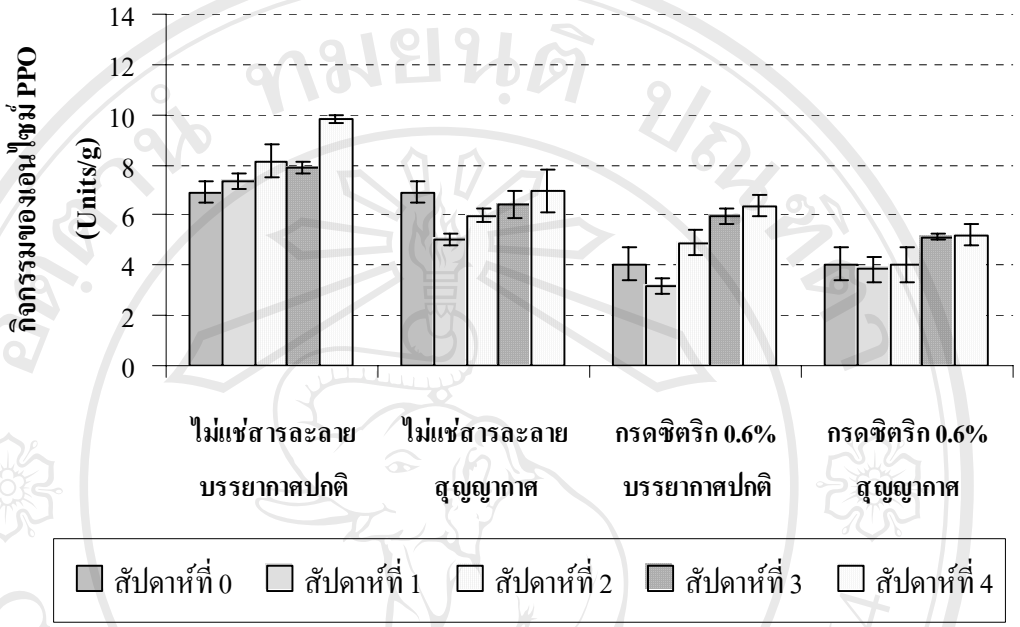



**รูป 4.13** ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผันแปรตามเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่ 30 °ซ

จากรูป 4.13 พบว่า สัปดาห์ที่ 0 2 และ4 ของการเก็บรักษาทุกสิ่งทดลองมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลง (ภาคผนวกตาราง ข-8) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเริ่มต้น 39.21 - 37.00 % ลดลงเหลือ 32.03 - 35.28 % ในสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายก่อนอบแห้งมีแนวโน้มลดลงมากกว่าสิ่งทดลองที่แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 % สอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ลดลง (รูป 4.12) เนื่องจากน้ำตาลแอลโดสหรือคีโตสซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซิง เมื่อได้รับความร้อนในสภาวะที่มีน้ำกับเอมีนจะเกิดปฏิกิริยาเมลลารด์ (Kroh, 1994) ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลในอาหารลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยการเก็บรักษาพลับกึ่งแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงที่ลดลงเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งมีผลต่อค่าสี L ค่าสี a* ค่าสี b* และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ลดลง (กฤติยา, 2546) เมื่อเปรียบเทียบการบรรจุมะเดื่อฝรั่งอบแห้งในบรรยากาศปกติและในสภาวะสุญญากาศ พบว่าวิธีการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษาของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.4.3 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส**

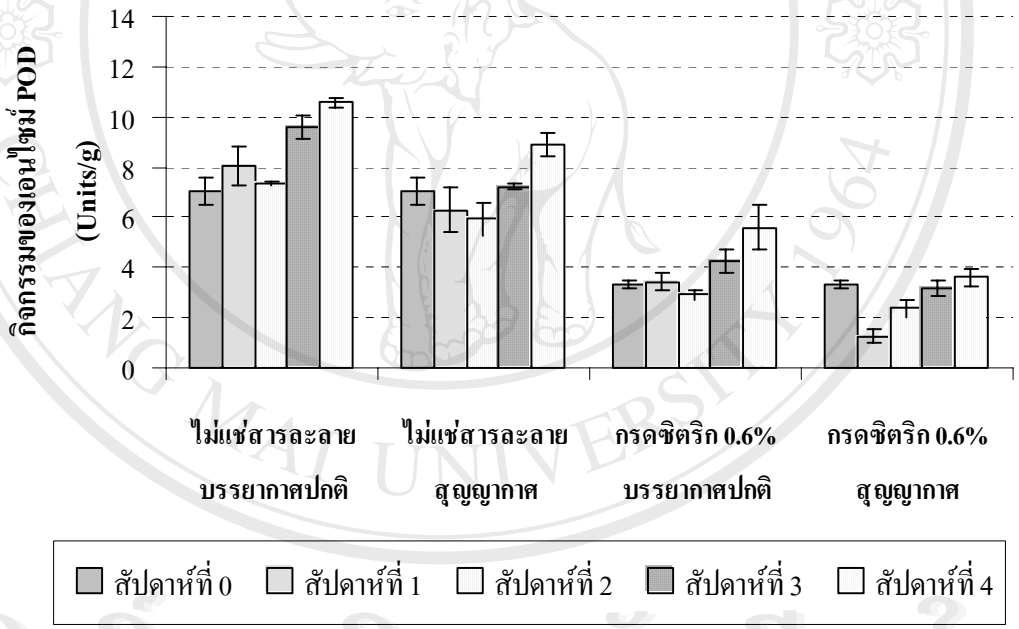



**รูป 4.14** กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผันแปรตามเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่ 30 °ซ

จากรูป 4.14 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งค่ากิจกรรมของเอนไซม์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาคผนวก ตาราง ข-9) โดยค่ากิจกรรมของเอนไซม์ในสัปดาห์ที่ 0 มีค่า 4.05 - 6.90 Units/g และในสัปดาห์ที่ 4 มีค่า 5.20 - 9.83 Units/g การแช่สารละลายก่อนอบแห้งและวิธีการบรรจุเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นกัน นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ 3 ปัจจัย ระหว่างสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาล วิธีการบรรจุ และระยะเวลาเก็บรักษามีผลทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ในสัปดาห์ที่ 4 สิ่งทดลองที่แช่สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.6 % ก่อนอบแห้งและบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่า กิจกรรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีค่าน้อยที่สุดคือ 5.20 Units/g แตกต่างกับสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายก่อนอบแห้ง และบรรจุในบรรยากาศปกติที่มีค่ากิจกรรรมเอนไซม์มากที่สุดคือ 9.83 Units/g โดยสันนิษฐานว่ากรดซิตริกมีคุณสมบัติเป็นสาร Acidulant คือมีผลไปลด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่ากรด-ด่าง ของสารละลายเอนไซม์ทำให้หมู่คาร์บอกซิของเอนไซม์ถูกเติมไฮโดรเจนไอออน เกิดการเปลี่ยนแปลงประจุบนกรดอะมิโนทำให้เอนไซม์เสียสภาพ (Mc Cord and Kilara, 1983) และกรดซิตริกยังทำหน้าที่เป็น chelating agent ไปจับกับทองแดงซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ (Martinez and Whitaker, 1995) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee *et al*. (1990) พบว่า การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและระดับการเกิดสีน้ำตาลที่สูงขึ้น เมื่อสารประกอบฟีนอลมีปริมาณลดลงในการเก็บรักษาเนื้อเยื่อผลท้อหลายพันธุ์ และงานวิจัยการเก็บรักษาลำไยอบแห้งในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง พบว่าลำไยที่ผ่านการแช่กรดซิตริกความเข้มข้น 0.25 % มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงเดือนที่ 1 - 3 หลังจากนั้นจึงมีค่าลดลงในเดือนที่ 4 – 6 (ณัฐกฤตา, 2548)



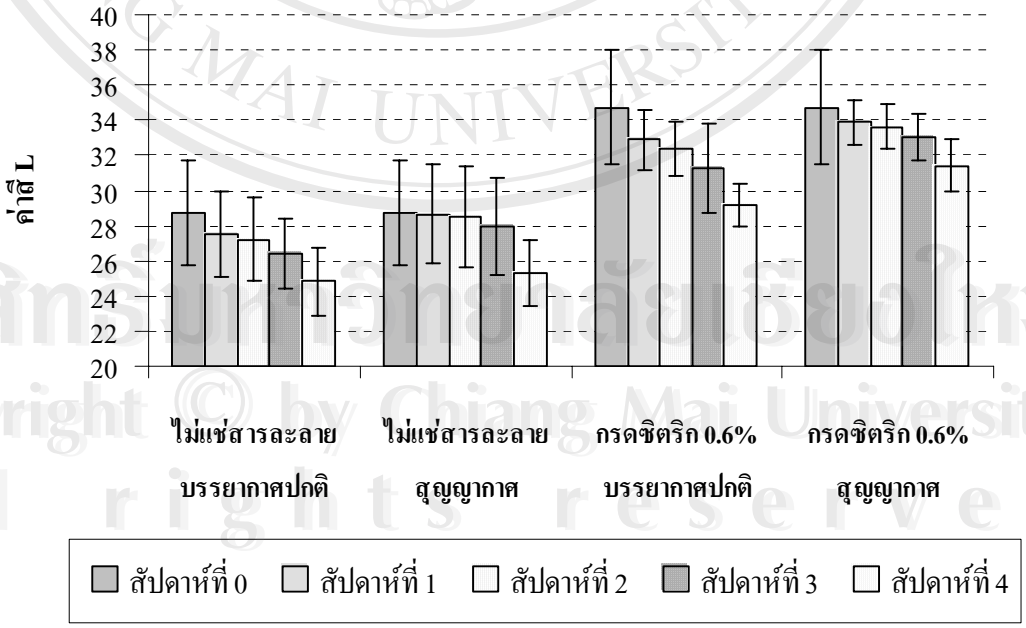

**รูป 4.15** กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผันแปรตามเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่ 30 °ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูป 4.15 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งค่ากิจกรรมของเอนไซม์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาคผนวก ตาราง ข-10) โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ในสัปดาห์ที่ 0 มีค่า 3.34 - 7.04 Units/g และในสัปดาห์ที่ 4 มีค่า 3.61-10.56 การแช่สารละลายก่อนอบแห้งและวิธีการบรรจุเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ค่ากิจกรรม

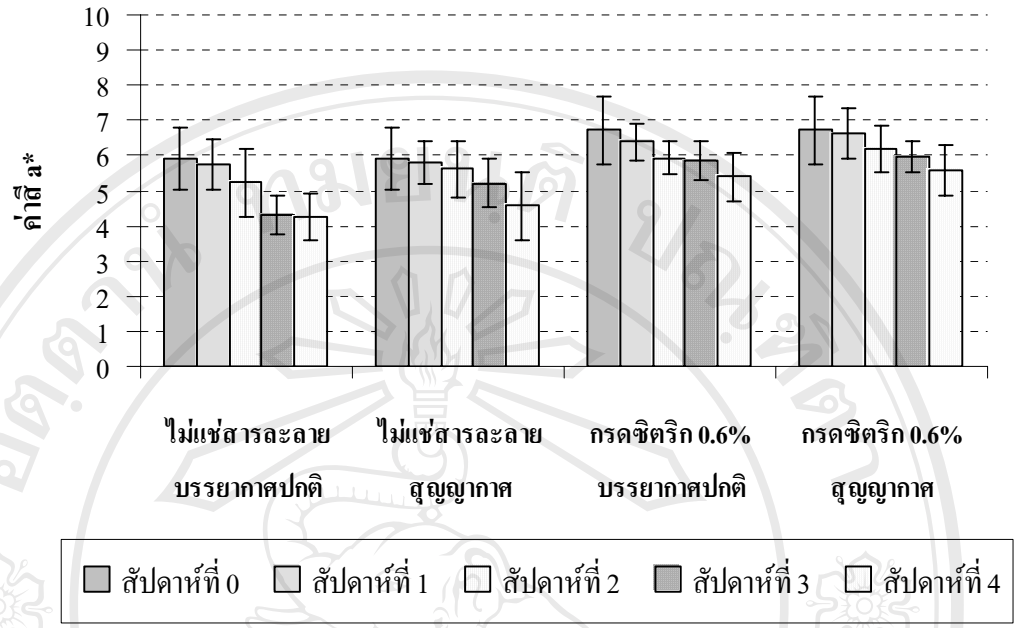
ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นกัน นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ 3 ปัจจัย ระหว่างสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาล วิธีการบรรจุ และระยะเวลาเก็บรักษา มีผลทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ในสัปดาห์ที่ 4 สิ่งทดลองที่แช่สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.6 % ก่อนอบแห้งและบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่ากิจกรรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าน้อยที่สุดคือ 3.61 Units/g แตกต่างกับสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายก่อนอบแห้งและบรรจุในบรรยากาศปกติที่มีค่ากิจกรรรมของเอนไซม์มากที่สุดคือ 10.56 Units/g เนื่องจากกรดมีผลไปลด ค่ากรด-ด่าง ของสารละลายให้ต่ำกว่า Optimum ค่ากรด-ด่างจนเอนไซม์ทำงานได้ช้าลง (Onibinde and Ojeabulu, 1999) สอดคล้องกับผลการทดลองขั้นต้น จากการทดลองดังกล่าวพบว่า การบรรจุในสภาวะสุญญากาศทำให้ออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ลดลง (งามทิพย์, 2538) ส่งผลทำให้การเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดลงเช่นกัน เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจัดเป็นเอนไซม์ในกลุ่มของออกซิโดรีดักเทส (Oxidoreductase) ซึ่งมีความจำเพาะเจาะจงในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในสภาวะที่มีออกซิเจน (สุนีย์, 2543)

**4.4.5 ค่าสี L, a* และ b***

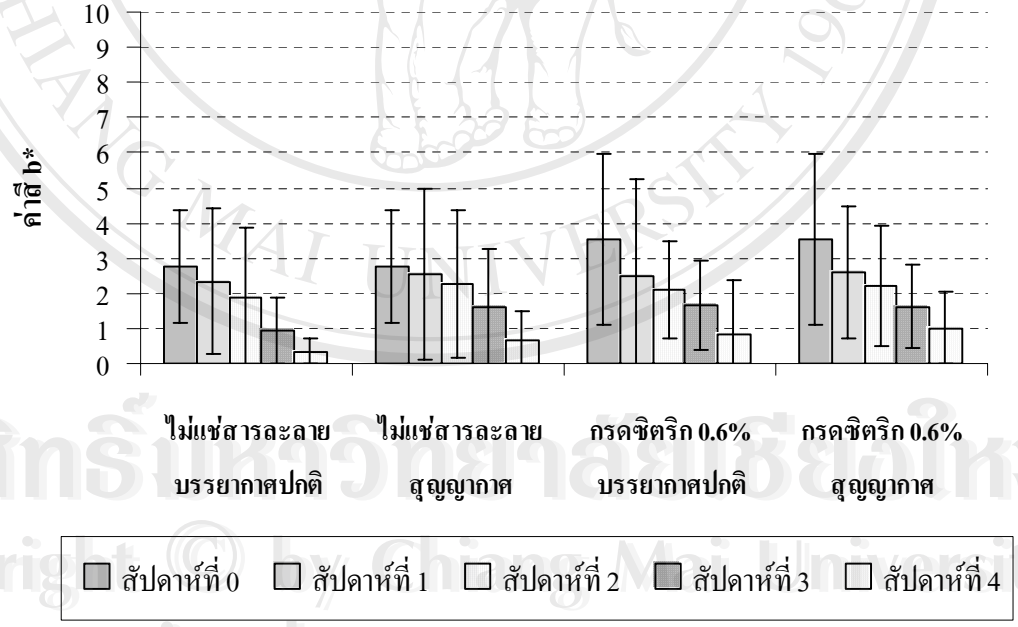



**รูป 4.16** ค่าสี L ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผันแปรตามเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่ 30 °ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved




**รูป 4.17** ค่าสี a* ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผันแปรตามเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่ 30 °ซ



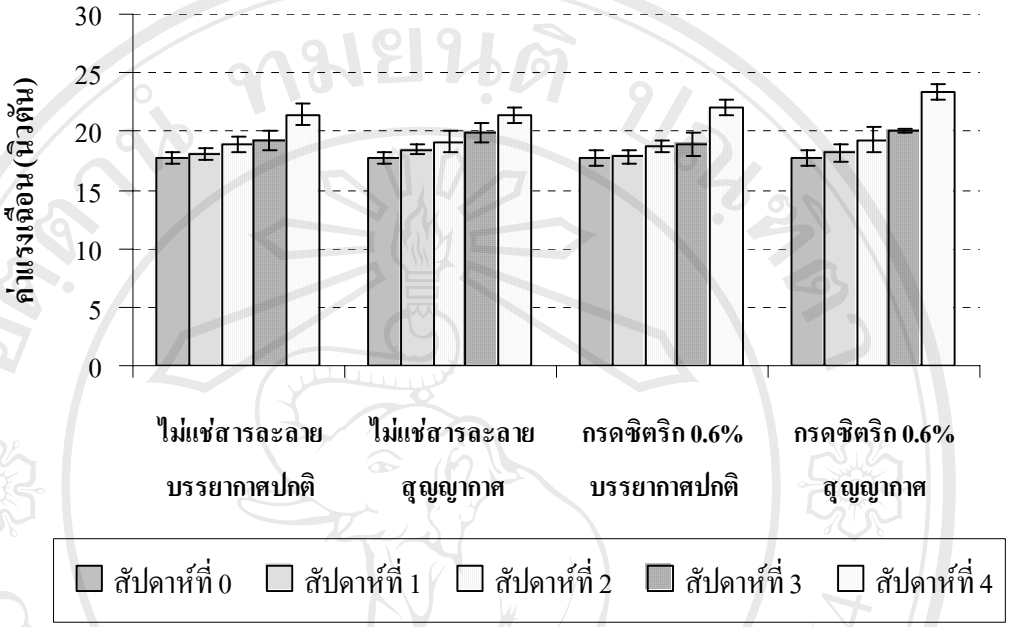

**รูป 4.18** ค่าสี b* ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผันแปรตามเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่ 30 °ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูป 4.16, 4.17 และ 4.18 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ค่าสี L, a* และ b* ในมะเดื่อฝรั่งอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งค่าสี L, a* และ b* มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาคผนวกตาราง ข-11, ข-12 และ ข-13) เนื่องจากค่าสี a* และ b* ในสิ่งทดลองต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกันมากจึงใช้ค่าสี L ในการเปรียบเทียบเท่านั้น ส่วนการแช่สารละลายก่อนอบแห้งและวิธีการบรรจุเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ค่า L มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นกัน กล่าวคือ ในสัปดาห์ที่ 4 มะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 % และบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่าสี L มากที่สุดเท่ากับ 31.40 รองมาคือมะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 % และบรรจุในบรรยากาศปกติมีค่าเท่ากับ 29.18 ส่วนมะเดื่อฝรั่งที่ไม่แช่สารละลายก่อนการอบแห้งและบรรจุในบรรยากาศปกติจะมีค่าสี L น้อยที่สุดคือ 24.82 เนื่องจากสีของมะเดื่อฝรั่งที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (Enzymatic browning) และน้ำตาลรีดิวซ์ทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน และโปรตีน ได้เป็น กลัยโคซิลเอมีน และเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาลที่เรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด หรือ Nonenzymatic browning (Manzocco *et al*., 2001) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองขั้นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.4.5 ค่าแรงเฉือน**




**รูป 4.19** ค่าแรงเฉือนของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผันแปรตามเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่ 30 °ซ

จากรูป 4.19 พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีแนวโน้มค่าแรงเฉือนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากในสัปดาห์ที่ 0 มีค่าเท่ากับ 17.73 นิวตัน เป็น 22.09 นิวตัน ในสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับการเก็บรักษากล้วยอบเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ทุกสิ่งทดลองมีค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยกล้วยอบชุดที่เก็บในตู้เย็นและไม่ Vacuum seal มีแนวโน้มจะให้ค่าแรงเฉือนมากกว่าสิ่งทดลองอื่น (พรประภา, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.4.6 คุณภาพทางจุลินทรีย์**

การเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า การอบแห้งสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในมะเดื่อฝรั่งให้มีค่าน้อยกว่า 250 cfu/g ก่อนการเก็บรักษาและตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากปริมาณน้ำหรือปริมาณความชื้นในมะเดื่อฝรั่งถูกกำจัดออกไปด้วยการอบแห้งจึงมีค่า $a_w$ ต่ำกว่า 0.6 ดังการทดลองขั้นต้น ทำให้มีปริมาณน้ำในอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (วราวุฒิ, 2538) ส่วนปริมาณยีสต์และราของทุกสิ่งทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีค่าน้อยกว่า 10 cfu/g ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้แห้ง (มอก. 919-2532) ที่กำหนดปริมาณยีสต์ราต้องไม่เกิน 100 โคโลนี และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1 \times 10^2$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งโดยทั่วไปแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสียส่วนมากไม่เจริญถ้า $a_w$ ต่ำกว่า 0.91 ขณะที่ราซึ่งทำให้อาหารเน่าเสียสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีค่า $a_w$ เท่ากับ 0.80 ในขณะที่ค่า $a_w$ ต่ำสุดของ *Clostridum botulinum* อยู่ที่ 0.94 ส่วนยีสต์พวกที่ชอบแรงดันออสโมติกสูง (Osmophilic yeasts) สามารถเจริญได้ในอาหารที่มี $a_w$ ต่ำเพียง 0.61 (Jay, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved