

## คุณภาพทางกายภาพและเคมีหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่

### Postharvest Physico - chemical Quality of Strawberry

ทองไหม แพทย์ไชโย<sup>1/</sup> และ ดนัย บุญเกียรติ<sup>1/</sup>

Thongmai Phatchaiyo and Danai Boonyakiat

**Abstract :** Study on physico-chemical quality of strawberry fruits was done on varieties Dover, Nyoho, Sequoia and Tioga at white-pink, pink and red stages. The results showed that Dover had the highest firmness which was 0.80 kg when compared with Tioga, Nyoho and Sequoia which were 0.67, 0.64 and 0.51 kg respectively. Fruit firmness decreased from white-pink to pink and red stages. Nyoho had the highest level of total soluble solids (11.00°brix) and Tioga had the lowest level (5.33°brix). Total soluble solids inversely proportion to fruit firmness. Red fruit contained higher level of total soluble solids than the pink and white-pink ones. Nyoho had the highest level of titratable acids (1.15%). On the other hands, Tioga contained the lowest level of titratable acids (0.68%). Sequoia had the highest vitamin C level (42.47 mg/100 gm fresh weight) and Tioga contained the lowest level (15.49 mg/100 g fresh weight). Consumer preferred red Sequoia to other varieties.

Skin and flesh colour of all varieties were similar. Skin colour of strawberry fruits changed faster at 25°C than at 4°C. Dover fruit at red stage had the highest water soluble pectin. Nyoho, Sequoia and Tioga at white-pink, pink and red stages had similar water soluble pectin content. Ammonium oxalate soluble pectin of Dover fruits was the highest at red stages (4.43 g/100 gAIS), pink and white-pink (4.10 and 3.82 g/100 gAIS) respectively. Hydrochloric acid soluble pectin of strawberry fruits variety Sequoia at white-pink stage was the highest when compared with strawberry fruits at pink and red stages. All varieties of strawberry fruits had higher reducing sugar than non-reducing sugar. Sequoia and Nyoho strawberries contained higher total sugar and reducing sugar than Dover and Tioga. However there were no significant difference in the level of non-reducing sugar among varieties. Level of anthocyanin increased when harvested fruit at more maturity stage.

<sup>1/</sup> ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

**บทคัดย่อ :** การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Dover, Nyoho, Sequoia และ Tioga ที่เก็บเกี่ยวในระยะผลสีชมพูขาว ชมพู และแดง พบว่าพันธุ์ที่มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุดคือพันธุ์ Dover ซึ่งมีค่าสูงถึง 0.80 กก. ขณะที่พันธุ์ Tioga, Nyoho และ Sequoia มีค่า 0.67 0.64 และ 0.51 กก. ตามลำดับ ค่าความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่จะลดลงตามการพัฒนาของสี คือ สีชมพูขาว ชมพู และแดง สตรอเบอรี่พันธุ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด คือพันธุ์ Nyoho (11.00°บริกซ์) และพันธุ์ที่มีค่าต่ำที่สุด คือ พันธุ์ Tioga (5.33°บริกซ์) สำหรับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้นี้พบว่าแปรผกผันกับค่าความแน่นเนื้อของผล โดยพบว่า ผลที่แก่จนมีสีแดงจะมีค่าสูงมากกว่าผลสีชมพู และชมพูขาว ในด้านปริมาณกรดที่ใดเทรทได้พบมากที่สุดในพันธุ์ Nyoho (1.15%) และพันธุ์ที่พบต่ำที่สุดคือพันธุ์ Tioga (0.68%) ค่าปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดพบในพันธุ์ Sequoia (42.47 มก./100 ก.น้ำหนักสด) และพันธุ์ที่พบต่ำที่สุด คือ พันธุ์ Tioga (15.49 มก./100 ก.น้ำหนักสด) นอกจากนี้การยอมรับของผู้บริโภคในระยะที่ผลสตรอเบอรี่สุกแดง พบว่า พันธุ์ Sequoia ได้รับการยอมรับมากที่สุด

สีผิวและสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ทั้ง 4 พันธุ์มีความใกล้เคียงกัน และเมื่อเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ ณ สภาพอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนสีจากสีชมพูขาวหรือสีชมพูเป็นแดงได้เร็วกว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำได้ พบว่า พันธุ์ Dover มีค่าสูงที่สุดเมื่อผลมีสีแดง ส่วนพันธุ์อื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกันที่ระยะเก็บเกี่ยวสีชมพูขาว ชมพู และแดง นอกจากนี้ พันธุ์ Dover ยังมีปริมาณเพคตินที่ละลายใน ammonium oxalate สูงที่สุดเมื่อเทียบกับพันธุ์อื่นๆ โดยมีค่าสูงที่สุดในระยะสีแดง (4.43 ก./100 ก. AIS) สีชมพู และชมพูขาว มีค่าต่ำลงตามลำดับ (4.10 และ 3.82 ก./100 ก. AIS) แต่ปริมาณเพคตินที่ละลายในกรดเกลือ กลับพบว่ามีค่าสูงที่สุดในพันธุ์ Sequoia ซึ่งพบในระยะสีชมพูขาว สตรอเบอรี่ทุกพันธุ์ที่ทดสอบมีค่าของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งมากกว่าน้ำตาลรีดิวซ์ของปริมาณน้ำตาลรวมและน้ำตาลรีดิวซ์ของพันธุ์ Sequoia และ Nyoho สูงกว่าพันธุ์ Dover และ Tioga อย่างไรก็ตามไม่พบว่ามีค่าของน้ำตาลรีดิวซ์ของผลสตรอเบอรี่ทุกพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบความแตกต่างนี้ในค่าปริมาณแอนโทไซยานิน ซึ่งแปรตามระยะการแก่ของผล

**Index words :** สตรอเบอรี่ คุณภาพหลังเก็บเกี่ยว, strawberry, postharvest quality

## บทนำ

สตรอเบอรี่เป็นผลไม้ที่นิยมนำมาบริโภคสด เนื่องจากมีลักษณะสีสวยงาม กลิ่นหอม ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค และยังเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น เช่น แอปเปิล และส้ม (Smith, 1993) นอกจากนี้ยังนำมาแปรรูป เช่น นำมาทำแยมสตรอเบอรี่ น้ำสตรอเบอรี่เข้มข้น ไวน์สตรอเบอรี่ และใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ประกอบเครื่องสำอาง และลูกอม เป็นต้น (สังคม, 2532) สตรอเบอรี่

มีลักษณะผลที่เสียหายง่าย คือหลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้ไม่เกิน 3 วัน (สุรพงษ์, 2526) แต่ถ้าหากนำมาลดอุณหภูมิทันทีหลังการเก็บเกี่ยว แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้นาน 7-10 วัน (คณัยและนิธิยา, 2535) นอกจากนี้ปัญหาที่เกิดจากความสูญเสียเนื่องจากการชำไ้ได้ง่าย ยังมีการสูญเสียเนื่องจากการเน่าเสีย การเหี่ยวของผล การสุกงอมเร็ว ลักษณะทางสรีรวิทยาของผลและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การลดการสูญเสียของผล

สตรอเบอร์รี่ต้องคำนึงตั้งแต่การเก็บเกี่ยวผล คือเลือกระยะความแก่ที่เหมาะสมกับการใช้งาน ในกรณีที่ต้องการบริโภคสดควรรอให้ผลมีสีชมพู เสียก่อน (ประสาทร, 2538) นอกจากนั้นยังต้อง จัดการบรรจุหีบห่อ การขนส่ง และการเก็บรักษา ที่เหมาะสม (คณัย, 2538) ผลสตรอเบอร์รี่จัดว่าเป็น ผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูง เป็นเหตุให้ผล สตรอเบอร์รี่เสื่อมสภาพได้เร็ว (กนกมณฑล, 2526)

การศึกษาลักษณะทางกายภาพและส่วน- ประกอบทางเคมีของผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์ Dover, Nyoho, Sequoia และ Tioga เป็นแนวทางในการ คัดเลือกพันธุ์สตรอเบอร์รี่ที่ให้ผลที่มีคุณภาพตรง กับความต้องการของตลาดในการนำมาบริโภคสด มีรสชาติดี และมีปริมาณวิตามินซีสูง ดังนั้น การศึกษาคุณภาพและส่วนประกอบทางเคมี จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญเพื่อใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ สตรอเบอร์รี่เป็นการค้า

## อุปกรณ์และวิธีการ

สตรอเบอร์รี่ทั้ง 4 พันธุ์คือ Dover, Nyoho, Sequoia และ Tioga ขนส่งโดยรถของมูลนิธิ โครงการหลวง มาที่งานคัดบรรจุ มูลนิธิโครงการหลวง ภายในคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ เวลาประมาณ 13.00-15.00 น. โดยพันธุ์ Dover และ Tioga มาจากแหล่งปลูกศูนย์พัฒนา โครงการหลวงทุ่งเร่ ส่วนพันธุ์ Nyoho และ Sequoia มาจากแหล่งปลูกศูนย์พัฒนาโครงการหลวง อินทนนท์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ นำสตรอเบอร์รี่มาตรฐานชั้น 3 ที่บรรจุในถาดโฟม แล้วหุ้มด้วยแผ่นพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride) ซึ่งมีผลสตรอเบอร์รี่ 25 ผล

ต่อหนึ่งถาดโฟม หรือน้ำหนักเท่ากับ 250 ก. นำมาคัดความแก่ของผลออกเป็นผลสีชมพูขาว ชมพู และแดง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยใช้จำนวน 3 ถาดโฟมต่อระยะความแก่ผล ในแต่ละพันธุ์ กำหนดให้หนึ่งถาดโฟมคือหนึ่งซ้ำ แล้วนำสตรอเบอร์รี่ที่คัดความแก่ผลแล้วมาศึกษา ตามวิธีการดังนี้

1. ความแน่นเนื้อ วัดโดยใช้เครื่องมือวัด ความแน่นเนื้อของผลไม้รูปร่างหวัตรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเท่ากับ 5 มม. และยาว 10 มม.

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ วัดโดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ที่วัดได้ 0-32°บริกซ์

3. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยใช้น้ำเป็น สตรอเบอร์รี่หนัก 25 ก. มาเติมน้ำกลั่น 100 มล. แล้ว นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้เครื่องวัดความเป็น กรดเป็นค่า จนสารละลายมีความเป็นกรดเป็นค่า เท่ากับ 8.2 แล้วจึงคำนวณหาปริมาณกรดที่ไทเทรต ได้ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

4. ปริมาณวิตามินซี โดยวิธี Indophenol

5. การยอมรับในการบริโภค โดยการชิมเป็น แบบ pannel test ซึ่งผู้ชิมไม่ทราบว่าแต่ละตัวอย่าง คือสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ใด เมื่อชิมแล้วจึงให้ คะแนนดังนี้ ระดับที่ 1 ไม่ชอบ ระดับที่ 2 ไม่ค่อยชอบ ระดับที่ 3 เฉยๆ ระดับที่ 4 ชอบ ระดับที่ 5 ชอบมาก

6. สีผิวและสีเนื้อ วัดโดยใช้เครื่อง Chroma- meter ซึ่งวัดสีออกมาเป็นค่า L a b โดยค่า L แสดงความสว่างเมื่อค่าใกล้ 100 และแสดงความมืดเมื่อมีค่าใกล้ 0 ส่วนค่า a ที่เป็นบวก แสดงว่าผลิตผลมีสีแดง ค่า a เป็นลบแสดงว่า

ผลิตผลมีสีออกเขียว และค่า *b* ที่เป็นบวกแสดงว่าผลิตผลมีสีออกเหลืองและค่า *b* ที่เป็นลบแสดงว่าผลิตผลมีสีออกน้ำเงิน

7. ลักษณะการเปลี่ยนสีผิว โดยการเก็บรักษาผลสตรอเบอร์รี่ไว้ที่ 4 และ 25 องศาเซลเซียส บันทึกการเปลี่ยนสีโดยให้คะแนนดังนี้ ระดับที่ 1 ออกสีแดงน้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ระดับที่ 2 ออกสีแดง 41-60 เปอร์เซ็นต์ ระดับที่ 3 ออกสีแดง 61-80 เปอร์เซ็นต์ ระดับที่ 4 ออกสีแดง 81-100 เปอร์เซ็นต์ ระดับที่ 5 ออกสีแดงคล้ำ

8. ปริมาณเพคติน หาปริมาณเพคตินที่ละลายในน้ำเพคตินที่ละลายใน ammonium oxalate และปริมาณเพคตินที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก ตามวิธีของ Naohara and Manabe (1994)

9. ปริมาณน้ำตาล วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลตามวิธีของลักขณาและนิธิยา (2531)

10. ปริมาณแอนโทไซยานิน ตามวิธีของ อัญชลี (2539)

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. ความแน่นเนื้อ

ผลสตรอเบอร์รี่ในระยะชมพูขาว พันธุ์ Dover มีความแน่นเนื้อสูงที่สุดคือ 0.80 กก. ในขณะที่พันธุ์ Tioga, Nyoho และ Sequoia มีความแน่นเนื้อของผลในระยะชมพูขาว เท่ากับ 0.67, 0.64 และ 0.51 กก. ตามลำดับ ในระยะสีชมพูของพันธุ์ Sequoia มีความแน่นเนื้อต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ คือ 0.37 กก. (ตารางที่ 1) ส่วนระยะสีแดงของทุกพันธุ์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอร์รี่ทุกพันธุ์ลดลงเมื่อผลสตรอเบอร์รี่แก่ขึ้น ก็จากระยะสีชมพูขาว มาสู่ระยะสีแดง ซึ่งเกิดจากในระหว่างการแก่และสุกของผลสตรอเบอร์รี่มีปริมาณ polyuronide

รวมเพิ่มขึ้น ซึ่งกลุ่มของคาร์บอกซิลในกรด uronic เป็นองค์ประกอบของเพคติน อาจเกิดการจับกับแคลเซียม ซึ่งทำให้ผนังเซลล์เกิดความแข็งแรงมากขึ้น แต่ polyuronide อาจจะมีข้องเกี่ยวกับเอนไซม์ D-galacturonase หรือ polygalacturonase ในผลสตรอเบอร์รี่ โดยเอนไซม์ D-galacturonase จะเข้าสลายเพคตินซึ่งมีกรดกาแลคทูโรนิกอยู่มาก และการสลายนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการนิ่มของผล (Huber, 1985) ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสเพิ่มขึ้นในระยะสุกของผลสตรอเบอร์รี่ ทำให้การจับของกลุ่มคาร์บอกซิลเซลลูโลสลดลง มีผลทำให้เนื้อผลอ่อนตัวลง (Abeles and Takeda, 1990) นอกจากนี้ความแน่นเนื้อจะผันแปรตามพันธุ์ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ ระยะแก่ ขนาดผล ปริมาณน้ำในผล การเจริญเติบโตทางใบส่งผลให้ผลนิ่มและ และสภาพพื้นที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลสูงทำให้ผลสตรอเบอร์รี่มีความแน่นเนื้อมากกว่าผลที่ปลูกสภาพพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำกว่า (Kosiyachinda et al., 1985) การเก็บเกี่ยวเพื่อการขนส่งในระยะใกล้นั้นควรเก็บเกี่ยวผลสตรอเบอร์รี่ในระยะชมพูขาว เพราะผลสตรอเบอร์รี่มีความแน่นเนื้อสูงกว่าเมื่อผลสุกมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบพันธุ์จะเห็นว่าผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์ Dover น่าจะมีคุณภาพในด้าน การขนส่งดีที่สุด รองลงมาจะเป็นพันธุ์ Tioga, Nyoho และ Sequoia ตามลำดับ

### 2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์ Nyoho มีปริมาณสูงที่สุดในระยะสีชมพูขาว ชมพู และแดง คือ 8.53, 11.00 และ 10.47°บrix (ตารางที่ 1) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ เมื่อพิจารณาถึงระยะ

สุกแก่จากระยะสีชมพูขาวเป็นแดง พบว่าในผลสตรอเบอรี่ทุกพันธุ์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อผลสตรอเบอรี่เปลี่ยนจากระยะสีชมพูขาวเป็นระยะชมพูแต่ระยะสีชมพูเปลี่ยนเป็นแดงนั้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะไม่เพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำตาลในผลสตรอเบอรี่ (Gonzalez *et al.*, 1995) ซึ่งสามารถกำหนดความหวานได้ เพราะน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลักอยู่ในของแข็งที่ละลายน้ำได้ (คณัยและนิธิยา, 2535) Hirvi (1984) รายงานว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ใช้ประเมินความหวานผลไม้ แต่ควรคำนึงถึงปริมาณกรดที่ใดเทรทได้ ซึ่งบอกความเปรี้ยวจากผลการทดลองเมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Nyoho

มีความหวานมากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ Sequoia, Dover และ Tioga ตามลำดับ ความหวานของผลสตรอเบอรี่ในระยะผลเป็นสีชมพูกับผลสีแดงของผลสตรอเบอรี่ทุกพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแสดงว่าผลสตรอเบอรี่อาจจะไม่มีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้นจากระยะสีชมพูสู่ระยะสีแดง ซึ่งจากการศึกษาผลสตรอเบอรี่ พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสเริ่มสร้างขึ้นตั้งแต่ผลอายุ 10 วัน และจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลซูโครสเริ่มลดลง เมื่อผลเข้าสู่ระยะผลสีแดงทุก ส่วนปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตส มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนน้ำตาลซูโครส แต่มีปริมาณสูงกว่า (Forney, 1986) ดังนั้นการเก็บเกี่ยวผลในระยะสีชมพูน่าจะเหมาะสมกว่าในระยะสีแดง เพราะผลมีอายุการเก็บรักษานานกว่า

**Table 1** Physico-chemical quality of Dover, Nyoho, Sequoia and Tioga strawberry fruits at white-pink, pink and red stages.

| Varieties           | Maturity   | Firmness (kg.) | Total soluble solids(° brix) | Titrateable acids(%) | Vitamin C (mg/100 g) | Consumer <sup>1/</sup> acceptability |
|---------------------|------------|----------------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Dover               | white-pink | 0.80 a         | 6.67 de                      | 0.89 cde             | 27.39 d              | 1.86 g                               |
|                     | pink       | 0.56 bcd       | 7.07 cd                      | 0.97 bc              | 25.76 de             | 1.43 h                               |
|                     | red        | 0.47 def       | 7.40 c                       | 0.81 efg             | 22.85 e              | 2.38 f                               |
| Nyoho               | white-pink | 0.84 bc        | 8.53 b                       | 0.92 cd              | 32.50 c              | 2.73 d                               |
|                     | pink       | 0.58 bcd       | 11.0 a                       | 1.15 a               | 36.99 b              | 3.55 c                               |
|                     | red        | 0.40 def       | 10.47 a                      | 1.01 b               | 34.78 bc             | 3.86 b                               |
| Sequoia             | white-pink | 0.51 cde       | 7.47 c                       | 0.85 de              | 36.61 bc             | 2.47 ef                              |
|                     | pink       | 0.37 ef        | 8.07 b                       | 0.84 def             | 42.47 a              | 3.77 bc                              |
|                     | red        | 0.43 def       | 8.20 b                       | 0.85 def             | 37.50 b              | 4.13 a                               |
| Tioga               | white-pink | 0.67 ab        | 5.33 f                       | 0.68 h               | 15.49 f              | 1.42 h                               |
|                     | pink       | 0.48 def       | 6.20 e                       | 0.74 gh              | 17.50 f              | 2.05 g                               |
|                     | red        | 0.34 f         | 6.73 de                      | 0.78 fg              | 17.36 f              | 2.65 de                              |
| LSD <sub>0.05</sub> |            | 0.152          | 0.548                        | 0.840                | 4.153                | 0.283                                |
| C.V.(%)             |            | 17.20          | 4.19                         | 8.52                 | 5.89                 | 5.13                                 |

Means in column with different superscripts differ significantly at P<0.05

<sup>1/</sup> Score : 1 = dislike, 2 = dislike moderately, 3 = neither like nor dislike, 4 = like, 5 = like very much

### 3. ปริมาณกรดที่ไคเตรทได้

ปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Nyoho ในทุกระยะความแก่มีปริมาณกรดที่ไคเตรทได้สูงที่สุดคือ 0.92, 1.15 และ 1.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบกับสตรอเบอรี่พันธุ์อื่นๆ โดยทั่วไปนิยมใช้อัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดเป็นตัวบ่งชี้รสชาติของผลิตภัณฑ์ (คณัยและนิธิยา, 2535) ในระหว่างการสุกของผลสตรอเบอรี่ ปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันปริมาณกรดและแทนนินก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว จึงทำให้รสเปรี้ยวและรสฝาดลดลงด้วย (คณัย, 2540) ซึ่งผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Nyoho มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง และยังมีปริมาณกรดที่ไคเตรทได้สูงที่สุด ซึ่งในแง่ของรสนาจะมีความรสชาติดีที่สุด รองลงมาจะเป็นพันธุ์ Sequoia ส่วนพันธุ์ Tioga จะเป็นพันธุ์ที่มีรสชาติไม่ดีที่สุด

### 4. ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Sequoia สูงที่สุดคือเท่ากับ 36.61, 42.47 และ 37.50 มก./100 ก. ในระยะสุกแก่สีชมพูขาว ชมพู และแดง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Tioga ซึ่งมีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุด คือเท่ากับ 15.49, 17.50 และ 17.30 มก./100 ก. ส่วนพันธุ์ Nyoho จัดอยู่ในระดับสองรองลงมาจากพันธุ์ Sequoia คือในระยะสีชมพูขาว ชมพู และแดง มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 32.50, 36.99 และ 34.78 มก./100 ก. ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ปริมาณวิตามินซีในผลสตรอเบอรี่ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ซึ่งแต่ละพันธุ์มีปริมาณวิตามินซี แตกต่างกันไปมาก ผันแปรไปจาก 39 ถึง 89 มก./100 ก.ของเนื้อผล (ซูพงษ์, 2531) Pilando et al. (1985) รายงานว่าเมื่อเก็บเกี่ยวผลสตรอเบอรี่ในระยะสุก

มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกอม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้

### 5. การยอมรับของผู้บริโภค

ผู้บริโภคมีความชอบผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Sequoia ในระยะสุกเป็นสีแดงมากที่สุด รองลงมาเป็นพันธุ์ Nyoho ในระยะสีแดงเช่นกัน ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Tioga ในระยะสีชมพูขาวมีการยอมรับน้อยที่สุด คือไม่ชอบ (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาถึงระยะสุกแก่ชี้ให้เห็นว่าผู้บริโภคนิยมผลสตรอเบอรี่สุกแดงมากกว่าในระยะอื่นๆ อาจจะเป็นเพราะในระยะสุกแดง ผลสตรอเบอรี่มีรสชาติที่ดี แม้ว่าความหวานอาจจะเท่าๆ กับระยะสีชมพู แต่ในระยะสีแดง สีเป็นปัจจัยหนึ่งที่ดึงดูดผู้บริโภค (คณัยและนิธิยา, 2535) และสตรอเบอรี่ในระยะสีสุกแดงมีสารระเหยเพิ่มขึ้น (จรัสแท้, 2538) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Miszczak et al. (1995) พบว่าในระยะสีแดงผลิตสารให้กลิ่นมากกว่าระยะผลสีชมพูขาวและชมพูตามลำดับ

### 6. สีผิวและสีเนื้อ

สีผิวของผลสตรอเบอรี่ทุกพันธุ์มีค่า L หรือความสว่างใกล้เคียงกัน โดยในระยะสีชมพูขาว มีความสว่างมากที่สุด และลดลงเมื่อผลสตรอเบอรี่แดงขึ้น ส่วนค่า a ในระยะชมพูและแดงนั้นผลสตรอเบอรี่ทุกพันธุ์มีความแดงใกล้เคียงกัน และค่า b แสดงถึงสีเหลืองและน้ำเงินของผลสตรอเบอรี่นั้น พบว่ามีสีเหลืองเจือปนอยู่บ้าง และสีเหลืองจะลดปริมาณลง เมื่อผลสตรอเบอรี่เปลี่ยนจากสีชมพูขาวเป็นชมพูและแดง ซึ่งเมื่ออายุผลมากขึ้นจะมีการสังเคราะห์ แอนโทไซยานินในผลสตรอเบอรี่ไปปกคลุม คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ จึงทำให้เห็นผลสตรอเบอรี่สุกมีสีแดง (คณัย, 2540) ปริมาณแอนโทไซยานินในผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Benton และ

Totem ที่เก็บเกี่ยวระยะสุกงอมสูงกว่าระยะสุก (Pilando et al., 1985) ส่วนสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ มีความสว่างมากกว่าสีผิว แต่ความสว่างจะลดลงเมื่อผลสตรอเบอรี่สุกมากขึ้น สีเนื้อของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Tioga มีความแดงมากที่สุด ความแดงของสีผิวและสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ในระยะสุกแดงไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนค่า b หรือสีเหลืองของเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากระหว่างการสุกแก่

## 7. ลักษณะการเปลี่ยนสีผิว

ลักษณะการเปลี่ยนสีของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวระยะสีชมพูขาว เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สีผิวของผลสตรอเบอรี่ทุกพันธุ์เปลี่ยนสีผิวผลออกสีแดงประมาณ 50-80 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 15-24 วัน ส่วนผลสตรอเบอรี่ในระยะสีชมพูขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสสีผิวจะเปลี่ยนสีเป็นสีแดงประมาณ 80-100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลาประมาณ 2-3 วัน และต่อมาเกิดเชื้อรา ทำให้หมดอายุการเก็บรักษาเร็วกว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่วนในระยะสีชมพูเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสผลสตรอเบอรี่เปลี่ยนเป็นสีแดงทั้งผลได้ยกเว้นพันธุ์ Nyoho จะเปลี่ยนสีออกสีแดงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวระยะสีแดงสามารถเปลี่ยนสีเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น และผลที่เก็บเกี่ยวระยะสีชมพู และแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สีผิวจะเปลี่ยนสีผิวเป็นสีแดงและแดงเข้มอย่างรวดเร็วทุกพันธุ์ ภายในเวลา 2-3 วัน มีรายงานว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Sengana และ Talisman เก็บเกี่ยวระยะผลสีชมพู 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18, 21 และ 25 องศาเซลเซียส

ผลสตรอเบอรี่เปลี่ยนสีทั้งผล ภายในเวลา 12-84 ชั่วโมง (Sobczykiewicz, 1967)

## 8. ปริมาณเพคติน

ปริมาณเพคตินที่ละลายในน้ำของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Dover เพิ่มขึ้นเมื่อผลมีความแก่มากขึ้นจากระยะสีชมพูขาว ชมพู และแดง เท่ากับ 5.10, 6.18 และ 7.63 ก./100 ก. AIS ส่วนพันธุ์ Nyoho, Sequoia และ Tioga นั้น ปริมาณเพคตินที่ละลายในน้ำมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันเมื่อเก็บเกี่ยวผลสีชมพูขาว ชมพู และแดง ปริมาณเพคตินที่ละลายใน ammonium oxalate ของพันธุ์ Dover และ Nyoho มีปริมาณเพคติน ที่ละลายใน ammonium oxalate เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวระยะสีชมพูขาว ชมพู และแดง ส่วนปริมาณเพคตินที่ละลายใน ammonium oxalate ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Sequoia และ Tioga ลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บเกี่ยวระยะสีชมพูขาว ชมพู และแดง ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Sequoia ในระยะสีชมพูขาว มีปริมาณเพคตินที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริกสูงที่สุด คือเท่ากับ 9.66 ก./100 ก. AIS รองลงมาคือพันธุ์ Dover, Tioga และ Nyoho จากการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพคตินที่ละลายในน้ำปริมาณเพคตินที่ละลายใน ammonium oxalate และปริมาณเพคตินที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริกนั้นสามารถบอกถึงความแน่นเนื้อหรือความแก่และสุกของผลไม่ได้ ซึ่งจากการศึกษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Cardinal และ A-5344 ที่เก็บเกี่ยวระยะต่างๆ 5 ระยะคือระยะตั้งแต่ผลอ่อน จนถึงผลสุกและสุกงอม ปรากฏว่าในระยะ ผลอ่อนมีปริมาณเพคตินที่ละลายในน้ำต่ำระหว่างการสุกของผลสตรอเบอรี่มีปริมาณเพคตินที่ไม่ละลายน้ำหรือโปรโตเพคตินลดลง ทำให้ผลนุ่ม (Spayed and Morris, 1981)

และพบว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Reiko นั้นมีปริมาณเพคตินที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริกลดลง (Sato et al., 1988)

## 9. ปริมาณน้ำตาล

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลสตรอเบอรี่ในระยะเก็บเกี่ยวสีชมพูขาวของพันธุ์ Sequoia มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดคือเท่ากับ 4.97 ก./100 ก.น้ำหนักสด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของพันธุ์ Nyoho, Dover และ Tioga ตามลำดับ เมื่อเก็บเกี่ยวผลระยะสีชมพูปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของพันธุ์ Sequoia, Nyoho, Dover และ Tioga เท่ากับ 5.65, 4.64, 3.53 และ 3.09 ก./100 ก. น้ำหนักสดตามลำดับ และพันธุ์ Sequoia, Nyoho, Dover และ Tioga มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระยะสีแดงเท่ากับ 5.08, 4.92, 4.03 และ 3.15 ก./100 ก. น้ำหนักสดตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลนัรีดิวซ์ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Dover, Nyoho, Sequoia และ Tioga ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และปริมาณน้ำตาลรวมของทุกพันธุ์เมื่อเก็บเกี่ยวระยะแก่ขึ้นคือระยะผลสีชมพูขาว ชมพู และแดงเพิ่มขึ้น และพันธุ์ Sequoia มีปริมาณน้ำตาลรวมสูงที่สุด ปริมาณน้ำตาลในผักและผลไม้ที่สำคัญมีอยู่ 3 ชนิดคือ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตส สัดส่วนของน้ำตาลแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป จึงทำให้รสชาติความหวานต่างกันออกไป น้ำตาลฟรุคโตสให้ความหวานมากที่สุดในขณะที่น้ำตาลซูโครสและกลูโคสมีความหวานน้อยลงตามลำดับ (จริงแท้, 2538) Richmond et al. (1981) กล่าวถึงน้ำตาลของผลสตรอเบอรี่ที่พบ คือ น้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และซูโครสใน

ปริมาณ 2.41, 2.59 และ 1.64 เปอร์เซ็นต์น้ำตาลค่อนน้ำหนักสดตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ ซึ่งผลสตรอเบอรี่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งมากกว่านัรีดิวซ์ และจะเห็นว่าปริมาณน้ำตาลรวมของผลสตรอเบอรี่ให้ผลสอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ตารางที่ 1)

## 10. ปริมาณแอนโธไซยานิน

ปริมาณแอนโธไซยานินของผลสตรอเบอรี่ทุกพันธุ์เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวในระยะผลแก่ขึ้นคือระยะสีชมพูขาว ชมพู และแดง ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Tioga และ Sequoia มีปริมาณแอนโธไซยานินเท่ากับ 49.46 และ 48.75 มก./100 ก.น้ำหนักสดตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณแอนโธไซยานินของพันธุ์ Dover และ Nyoho ซึ่งเท่ากับ 40.66 และ 32.75 มก./100 ก.น้ำหนักสด ตามลำดับ สีผิวของผลสตรอเบอรี่สุกมีรงควัตถุแคโรทีนอยด์และแอนโธไซยานิน ซึ่งแอนโธไซยานินเป็นกลุ่มของรงควัตถุที่มีสีแดงไปจนถึงสีม่วงและสีน้ำเงิน เมื่ออายุผลมากขึ้นจะมีการสังเคราะห์แอนโธไซยานินมากขึ้น ทำให้แอนโธไซยานินไปคบบังกลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ ซึ่งทำให้เห็นว่าผลสตรอเบอรี่สุกมีสีแดง (दनัย, 2538)

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบ ทางเคมีนี้ อาจจะสรุปได้ว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Nyoho เป็นพันธุ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่นๆ ในแง่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรวม กรดที่ใดเตรทได้ ปริมาณวิตามินซีในระดับสูง และยังเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมนำมารับประทานสด

## เอกสารอ้างอิง

- กนกมณฑล ศรศรีวิชัย. 2526. การเก็บรักษาผลผลิตการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว : เทคโนโลยีและสรีรวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 116 น.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 396 น.
- ชูพงษ์ สุกมณันท์. 2531. สตรอเบอรี่. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 216 น.
- คณีย บุญเกียรติ. 2538. เอกสารประกอบการอบรมการเพิ่มผลผลิตสตรอเบอรี่สำหรับงานอุตสาหกรรม. รุ่นที่ 1. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 15 น.
- คณีย บุญเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่, เชียงใหม่. 222 น.
- คณีย บุญเกียรติ และนิธิยา รัตนปณนธ์. 2535. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 145 น.
- ประสาทร สมิตะมาน. 2538. เอกสารประกอบการอบรมการเพิ่มผลผลิตสตรอเบอรี่สำหรับงานอุตสาหกรรม. รุ่นที่ 1. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 15 น.
- ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และนิธิยา รัตนปณนธ์. 2531. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 270 น.
- สังคม เดชะวงศ์เสถียร. 2532. สตรอเบอรี่. วิทยาลัยอุบลราชธานี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 33 น.
- สุพงษ์ โกสยะจินดา. 2526. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้สด. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทยและสำนักงานเกษตรและสหกรณ์ภาคเหนือ, กรุงเทพฯ. 331 น.
- อัญชลี อินดี. 2539. การเปลี่ยนแปลงรงควัตถุในผลมะม่วงและลิ้นจี่ในช่วงก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 157 น.
- Abeles, F.B. and F. Takeda. 1990. Cellulase activity and ethylene in ripening strawberry and apple fruits. Hort. Abstr. 60(9) : 816.
- Forney, C.F. and P.J. Breen. 1986. Sugar content and uptake in the strawberry fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111 (2) : 241-247.
- Gonzalez, A.M.L., J.M.C. Sixto, S.G. Barron, G.M. Soto and J. R. Robles. 1995. Strawberry quality in relation to postharvest handling. Hort. Abstr. 65 (12) : 1361.
- Hirvi, T. 1984. Mass fragmentographic and sensory analyses in the aroma of some strawberry varieties. Hort. Abstr. 54 (1) : 10.
- Huber, D.J. 1985. Strawberry fruits softening : The potential roles of polyuronides and hemicelluloses. Hort. Abstr. 55 (5) : 337.
- Kosiyachinda, S., M. Kositrakul, S. Ketsa, V. Vangnai, P. Tong-Umpai and K. Vanichkul. 1984. Harvesting indices of strawberries in Thailand. Kasetsart J.(Nats.Sci.) 18 : 92-98.
- Miszczak, A., C.F. Forney and R.K. Prange. 1995. Development of aroma volatile and color during postharvest ripening of "Kent" strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120 (4) : 650-655.
- Naohara J. and M. Manabe. 1994. Molecular mass and solubility changes in pectins during storage of satsuma mandarin fruits (*Citrus unshiu* Marc.) J. Food Sci. 59(3) 578-580.
- Pilando, L.S., R.E. Wrolstad and D.A. Heatherbell. 1985. Influence of fruit composition, maturity and mold contamination on the colour and appearance of strawberry wine. J. Food Sci. 50 : 1121-1125.

- Richmond, M.L., C.C.S. Brandao, J. I. Gray, P. Markakis and C.M. Stine. 1981. Analysis of simple sugars and Sorbitol in fruit by high-performance liquid chromatography. American chemical Society.
  - Sato, Y., O.Yamakaw and F. Honda. 1988. Varietal differences in fruit quality during ripening of strawberry. Hort. Abstr. 58(11) : 914.
  - Smith, R.B. 1993. Strawberry. Horticulture Research Institute of Ontario, Vineland Station, Canada. p 4423-4426.
  - Sobczykiewicz, D. 1967. The effect of temperature on the ripening of strawberries harvested at different stages of maturity. Hort. Abstr. 37(2) : 303.
  - Spays, S.E. and J.R. Morris. 1981. Physical and chemical characteristics of puree from once over harvested strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(1) : 105-109.
-