



บทที่ ๔

สรุปการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ

(Conclusion and Recommendation)

จากการศึกษา วิธีการเก็บรักษามะนาวสดโดยวิธีทางฟิลิกส์และเคมี ทั้ง ๓ แบบ ที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งแต่ละแบบให้ผลแตกต่างกันไป รวบรวมได้ดังนี้

วิธีที่ ๑ มะนาวที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ ๑๐-๑๒°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ ๘๕-๙๐ และจุ่มยาฆ่าเชื้อราก่อนเก็บ โดยเก็บในภาชนะที่อากาศถ่ายเท ได้ สามารถเก็บไว้ได้นาน ๓ เดือนครึ่ง ถึง ๔ เดือน โดยไม่เสียหาย มีความสมบูรณ์ปรากฏลักษณะและคุณสมบัติใกล้เคียงกับของสดเกือบทุกประการ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองกับมะนาวฝรั่ง (Algerian lemons) ของ Calcat, 1929 ในการทำการทดลองครั้งนี้ได้เลือกใช้มะนาวเพียงพันธุ์เดียว ทั้งนี้เนื่องจากว่า พันธุ์และแหล่งที่มาไม่มีความสำคัญในการเก็บมะนาวคือ จะให้ผลคล้ายคลึงกันทั้ง ลักษณะภายนอกและภายในตามการทดลองของ Rygg, G.L. (1961) และ Bartholomew. (1951) นอกจากนี้ สิ่งที่เราควรจะต้องระวัง มากก่อนเก็บมะนาวก็คือ มะนาวจะต้องไม่แก่ หรืออ่อนจนเกินไป เพราะถ้าหากมะนาว แก่เกินไปจะเน่าเร็ว หากอ่อนเกินไปรสจะขม น้ำน้อย (Agricultural Research Service ของ E.A. Beaven. 1962) ควรจะเลือกมะนาวที่ไม่เป็นโรค เน่า ข้ำ จะทำให้เก็บได้นาน และสะดวกต่อการศึกษากการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาโดยไม่มีอิทธิพลอย่างอื่นมาประกอบ ฉะนั้นจึงเลือกมะนาวที่เก็บมาใหม่ๆ มีระยะเวลาการเก็บจากต้นไม่เกิน ๒๔ ชั่วโมง จึงจะได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด ซึ่งผู้ศึกษาได้ทดลองและเปรียบเทียบ

กับมะนาวที่ปล่อยไว้ตามธรรมชาติ

ในระยะเวลา ๓ เดือนครึ่ง ถึง ๔ เดือนที่เก็บมะนาวไว้ เราจะได้มะนาวที่มีราคาถูกและไม่ขาดรสชาติในคอนตันฤดูที่มะนาวมีราคาแพงได้ โดยที่มะนาวสด ทั้งกลิ่นและสีทุกประการใกล้เคียงของสดมากที่สุดเท่าที่เดียว ก็สรุปได้ว่าวิธีนี้ก็ให้ผลดีพอสมควร โดยเฉพาะสีมะนาวแล้ว ผู้ศึกษายังวิตกอยู่ว่าเราใช้วิธีนี้เก็บมะนาว สีมะนาวจะเป็นสีเหลือง ซึ่งแก้ไม่ได้ แต่หากว่าเราคำนึงถึงคุณภาพของน้ำมะนาว เป็นประการสำคัญแล้ว ปัญหานี้ก็หมดไป แต่ก็ควรอย่างยิ่งที่จะสนใจให้มากผู้ศึกษา จึงได้คิดค้นวิธีที่จะรักษาสีมะนาวไว้ได้ ตามวิธีที่ ๓ ซึ่งจะกล่าวต่อไป

วิธีที่ ๒ การเก็บมะนาวโดยการเคลือบขี้ผึ้ง ๑๐% ในปิโตรเลียมอีเทอร์ แล้วเก็บภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ ๘๕-๙๐ อุณหภูมิ ๑๐-๑๒°ซ

เนื่องจากได้ทำการเก็บมะนาวสด โดยการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น ก็ยังไม่สามารถที่จะช่วยลดอัตราการระเหยน้ำที่ผิวของมะนาวไปได้มาก และอีกทั้งไม่สามารถระงับการเปลี่ยนสีผิวมะนาว แต่การเคลือบขี้ผึ้ง แล้วเก็บภายใต้บรรยากาศเดียวกันนี้ จะช่วยรักษามะนาวสดไว้ได้ถึง ๔-๕ เดือน โดยกลิ่น รส และลักษณะอื่นๆ ยังคงสดใกล้เคียงของใหม่ทุกประการ ตามผลที่เห็นนั้น การทดลองอันนี้สอดคล้องตามการทดลองของ Rygg, G.L. และ Wells, A.W. (1961) ทานทั้งสองนี้ได้ทดลองกับมะนาวฝรั่ง หลายพันธุ์ เปรียบเทียบกัน และได้ผลใกล้เคียงกัน

ถ้าหากจะเปรียบเทียบวิธีการทดลองทั้ง ๒ วิธี ที่กล่าวมาแล้วนี้ ก็พอจะกล่าวได้ว่า ให้ผลดีใกล้เคียงกัน สำหรับวิธีเคลือบขี้ผึ้งนี้ การทดลองต้องระวัง

มาก หากทำไม่ทัน คือไม่ศึกษาปฏิกิริยาอย่างละเอียดแล้ว การทดลองจะไม่ได้ผลเลย มะนาวจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล ภายใน ๒ วัน สิ่งที่ต้องระวังอย่างมาก ก็เกี่ยวกับอุณหภูมิของสารละลายระหว่างขึ้นกับปีโตรเลียมอีเทอร์ ถ้าหากอุณหภูมิสูงมะนาวจะเปื่อย เพราะความร้อนจะไปทำลายเซลล์ที่ผิวมะนาว ทำให้เกิดสีน้ำตาล (bronzing of peel) (Sinclair, W.B . 1961)

และความหนาของชั้นผิวที่เคลือบผิว ซึ่ง Rygg, G.L. (1961) ได้ทำการทดลองแล้วสำหรับมะนาวฝรั่ง (Lemons) ซึ่งขึ้นไม่เกินกว่า ๑๐% จะสามารถเก็บมะนาวไว้ได้นาน โดยที่คุณภาพ และคุณสมบัติไม่แตกต่างไปจากของใหม่แต่อย่างใด ซึ่งเทคนิคที่จะช่วยให้การ เคลือบได้ผลนั้นก็ขึ้นกับผู้ศึกษาโดยตรงด้วย เพราะมะนาวไทย (Limes) นั้นผิวบางมาก และตัวทำละลาย (Solvent) ที่จะละลายชั้นผิวก็ต้องระเหยได้เร็ว เนื่องจากสารพวกนี้จะไปละลายเอาไขมัน (Oil) ที่ผิวมะนาวไว้ มีผลให้คุณสมบัติของมะนาวไม่เหมือนเดิม

ด้วยวิธีการเดียวกันนี้ Rygg, G.L. and Wells, A.W. (1961)

ได้ทดลองกับมะนาวฝรั่ง (Lemons) เขาสามารถเก็บมะนาวสดไว้ได้ถึง ๗ เดือน โดยไม่เปลี่ยนไปจากของสด สำหรับที่ใดที่ทดลองนี้ เมื่อพิจารณาจากข้อมูลต่างๆ ที่ได้สรุปได้ว่า เก็บรักษามะนาวได้ถึง ๔-๕ เดือน และได้ทดลองกับมะนาวไทย

(Limes) พันธุ์ไซ ทั้งนี้ ผลคงเนื่องมาจากมะนาว ทั้ง ๒ ชนิด มีลักษณะและองค์ประกอบทางสรีระ (Physiology) และเคมีไม่เหมือนกันทีเดียว มะนาวฝรั่งนิยมนานกว่า และสีของมะนาวเขาไม่ค่อยสนใจ เพราะเขาต้องการมะนาวฝรั่งที่มีสีเหลืองอยู่แล้ว สำหรับการเปลี่ยนแปลงภายใน ทางเคมี เช่น ปริมาณน้ำตาล กรดซิตริกและวิตามินซี มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน คือ สำหรับมะนาวที่แก่เต็มที่แล้ว ปริมาณน้ำตาล, กรดจะลดลงไปเรื่อยๆ และปริมาณ

วิตามินซี จะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากมาย จะมีขึ้นๆ ลงๆ ไม่ต่างไปจากของสดมากนัก

วิธีที่ ๓ เก็บมะนาวสดโดยเก็บภายใต้บรรยากาศของ O₂ ๑๐% CO₂ ๕% และที่อุณหภูมิ ๑๕°ซ ตลอดเวลา วิธีนี้จะให้ผลดีมากเกี่ยวกับทางต้านสีของมะนาวโดยตรง ตามตารางที่ ๖ ที่ได้กล่าวมาแล้ว และวิธีนี้ก็ให้ผลสอดคล้องตามการทดลองของ Rygg, G.L. และ Wells, A.W. (1962) ซึ่งเขาบอกว่าเขาสามารถเก็บรักษามะนาวสดไว้ได้ถึง ๒๒-๓๓ สัปดาห์ โดยที่สีเขียวเปลี่ยนไปเป็นเหลืองเล็กน้อยเท่านั้น แต่เนื่องจากผู้ศึกษามีเวลาไม่พอจึงได้ทำการทดลองโดยวิธีนี้เพียง ๓ เดือนกว่าๆ เท่านั้น ซึ่งก็ให้ผลดี พอเห็นได้ชัดแล้วว่า น่าจะเก็บไว้ได้ตามที่เขาได้ทดลองไว้ เพราะเพียงแค่ว่า ๓ เดือนที่เก็บโดยวิธีนี้ สีของมะนาวยังเขียวสดอยู่แต่ก็มีส่วนของมะนาวที่เน่าเสียบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากแก๊สที่ผ่านเข้าไปนั้น (O₂ , CO₂) เราไม่ได้ทำให้บริสุทธิ์ (Purified) ซึ่งก็สอดคล้องกับ Rygg, G.L. (1962) และมีหยคน้ำมาเกาะที่ผิวมะนาวเนื่องจากไอน้ำเกิดกลั่นตัว ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ ถึงอย่างไรก็ตามผู้ศึกษาได้คำนึงถึงข้อนี้เป็นอันที่จึงได้นำมะนาวมาฆ่าเชื้อราใหม่ และทำความสะอาดขวดบรรจุอีกครั้ง ก็สามารถลดการเน่าเสียได้บ้าง

วิธีการเก็บมะนาวโดยวิธีนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการหายใจของมะนาวที่ต้องการ O₂ ช่วยในการหายใจ ถ้าเราสามารถลดการหายใจได้ ก็เท่ากับช่วยลดการเน่าเสียของมะนาวได้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องลดปริมาณการใช้ O₂ ให้น้อยลง Biale และ Yeng (1947) พบว่าที่อุณหภูมิ ๑๕°ซ, O₂ ๕% มะนาวจะอยู่ได้นาน และ Rygg, (1962) เขาได้บอกว่า ถ้า CO₂ มีปริมาณสูง และปริมาณ O₂ มีน้อยลงแล้วจะช่วยชะลอการเปลี่ยนสีของมะนาว

ซึ่งก็เห็นแล้วว่า จากการทดลองที่ได้กระทำมาแล้ว คือ สัตว์จะเขียวสท
ไม่เปลี่ยนแปลงในระยะประมาณ ๒-๓ เดือน ที่ได้ทดลองมา

การทดลองด้วยวิธีนี้พบว่าได้ผลดีพอควร ซึ่งวิธีนี้ต้องการความละเอียด
และความพยายามเป็นอย่างยิ่ง ในการควบคุมบรรยากาศของ O_2 , CO_2
เพราะมะนาวมีการหายใจตลอดเวลา และสม่ำเสมอ ปริมาณ O_2 จะถูกใช้ไป
และ CO_2 จะเพิ่มมากขึ้น จึงต้องควบคุมตลอดเวลา ทุกๆ ๒๔ ชั่วโมง ผู้ศึกษาจะ
ทำการเปลี่ยนบรรยากาศใหม่ ซึ่งต้องทำอย่างละเอียดหากจะให้ได้ผลดีโดยมะนาว
มีสีเขียวสท และไม่มีการเน่าเลย แล้วควรจะรักษาปริมาณ O_2 , CO_2
ให้คงที่ โดยผ่านแก๊สผสมที่ได้ควบคุมปริมาณของ O_2 , CO_2 เข้าไปในห้อง
เก็บตลอดเวลา ซึ่งวิธีนี้มีผู้ทดลองใช้เก็บดอกไม้สดและพบว่าได้ผลดีมาก

(Uota, M. and Garazsin, 1967).

ทั้ง ๓ วิธีที่ได้ทำการศึกษามาแล้ว และให้ผลตามที่รวบรวมมานี้ แต่
ละวิธีจะแก้ปัญหาค้างๆ กันเป็นเฉพาะอย่างกัน เช่น วิธีควบคุมความชื้น และ
อุณหภูมิ เพียงอย่างเดียว ก็ไม่สามารถจะแก้ปัญหาเรื่องน้ำหนักของมะนาวที่ลดลงได้
และเรื่องการเปลี่ยนสี จึงได้แก้ไขโดยใช้เคลือบขี้ผึ้ง ซึ่งผลก็ดีขึ้นบ้าง แต่ก็ เป็น
ปัญหาที่ไม่สะดวกเวลาไปประกอบอาหาร ต้องไปแยกขี้ผึ้งออกเสียก่อน จึงได้มีวิธี
ที่ ๓ แก้ปัญหาเรื่องสีได้ดี ซึ่งคิดว่าถ้าหากเอาวิธีที่ ๑ และ ๓ นี้มารวมกันเข้าแล้ว
ก็จะแก้ปัญหการเน่าเสียของมะนาวได้อย่างดี กล่าวคือ

เราทราบแล้วว่า มะนาวเน่าเสียได้ เพราะ

๑. มีการหายใจ มะนาวต้องการ O_2 ไปช่วยการหายใจ ทำให้มะนาว
สุก และเน่าไปในที่สุด และอุณหภูมิสูง จะช่วยการหายใจให้เร็ว
มะนาวสุกเร็วกว่าปกติ ที่สุกก็เน่า (Bartholomew, 1951)

เราลดทอนหายใจได้ ก็โดยการลด อุณหภูมิ ซึ่งตามวิธีที่ ๓ คือการควบคุมบรรยากาศก็ช่วยได้ดี

๒. มีการคายน้ำ เมื่อมีการหายใจต้องมีการคายน้ำออกมา ทำให้ผิวเหี่ยวยุบ น้ำหนักมะนาวลดลง เราจะลดการคายน้ำได้ก็โดยการเพิ่มความชื้นของบรรยากาศที่ห่อหุ้มมะนาวในที่สุดเกิดความสมดุล (Equilibrium) ของน้ำในบรรยากาศ น้ำที่ผิวมะนาวก็ไม่ระเหยออกมา ซึ่งตามวิธีที่ ๑ คือควบคุมความชื้นให้ได้ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ ๘๕-๙๐ นี้ได้
 ๓. การเปลี่ยนสีของผิวมะนาว แกส CO_2 จะช่วยรักษาสีเขียวที่ผิวของมะนาวได้ (Rygg, 1962) ถ้าเลือกใช้ปริมาณพอเหมาะ ซึ่งเป็นวิธีของการควบคุมบรรยากาศตามวิธีที่ ๓ โดยตรง
- เนื่องจากผู้ศึกษาไม่มีเวลาพอที่จะทำต่อไปได้ จึงไม่ได้ทดลองความคิดอันนี้ ซึ่งถึงอย่างไรก็ตามวิธีนี้ก็ไม่ใช่วิธีใหม่มากนัก เพราะได้มีผู้ทดลองมาแล้ว และได้ผลดีมาก คือเขาได้ใช้ O_2 10%, CO_2 5% ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ ๘๕-๙๐% อุณหภูมิ $10-12^{\circ}C$ พบว่าเก็บได้ถึง ๓๓ สัปดาห์ โดยไม่มีมะนาวเสียเลย สีเป็นสีเขียวอ่อนๆ นับว่าเป็นความสำเร็จที่ยิ่งใหญ่ทีเดียว เขาทำการทดลองกับมะนาวฝรั่ง ผู้ทดลองคือ Rygg, G.L. and Wells, A.W. 1962
- และผู้ศึกษาได้ให้ความหวังว่า ความคิดและผลงานอันนี้คงจะเป็นประโยชน์ต่อไปภายหน้า.