รายงานการวิจัย

เรื่อง

การยืดอายุการเก็บผักสด

The Prolonging Storage Life of Fresh Vegetables

ผู้ดำเนินการวิจัย

รองศาสตราจารย์กุลยา จันทร์อรุณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย

จากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ 2541

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศอุตสาหกรรมเกษตร การส่งเสริมทางด้านผลิตผลทางการเกษตร เช่น พวกผัก ผลไม้ ทำให้มีการผลิตได้ในปริมาณมากตามฤดูกาลจำหน่ายทำให้ราคาผลผลิตตกต่ำ เสียหายง่าย อายุการเก็บสั้น การศึกษาหาวิธีการยืดอายุการเก็บผักสดให้คงสภาพสดอยู่ได้นานกว่าปกติจะช่วยให้รักษาคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรให้สดคงอยู่ได้นานกว่าปกติ

ผู้วิจัยมีความสนใจเรื่องผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ และหวังว่างานวิจัยจะมีส่วนช่วยเป็นแนวทางในการรักษาผักให้สด คงอยู่นานได้

กุลยา จันทร์อรุณ

(รองศาสตราจารย์กุลยา จันทร์อรุณ)

เมษายน 2542

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การยืดอายุการเก็บผักสด ได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์เกิดจากความ ร่วมมือของบุคลากรหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาโปรแกรมเคมี/39 ที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยนี้ และขอบคุณอาจารย์ถนอมนวล พรหมบุญ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือและให้ข้อแนะนำเกี่ยวกับงานวิจัยจนสำเร็จ

กุลยา จันทร์อรุณ

(รองศาสตราจารย์กุลยา จันทร์อรุณ)

เมษายน 2542

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องการยืดอายุการเก็บผักสดในสภาวะต่างกัน คือ เก็บที่อุณหภูมิห้อง ห้องปรับอากาศ และเก็บในห้องเย็นโดยการเก็บโดยใส่ถุงพลาสติก โดยวิธีการต่าง ๆ พบว่า ผักสดที่เก็บโดยการชุบสารละลาย $CaCl_2$ เข้มข้น 2000 ppm จะมีอายุการเก็บนาน ผักที่เก็บได้นานที่สุด คือ มะนาว โดยชุบสารละลาย $CaCl_2$ เก็บในห้องเย็นมีอายุการเก็บ 35 วัน หรือเก็บโดยชุบแอลกอฮอล์ 5% เก็บได้ 35 – 36 วัน โดยยังสดเหมือนเดิม โดยดูจากลักษณะที่ปรากฏแก่สายตา การเปลี่ยนแปลงของเปลือก ความเหี่ยว สี ผักต่าง ๆ ที่ทดลองพบว่าลดอุณหภูมิการเก็บลงเหลือระหว่าง 6 – 8 °C จะสามารถยืดอายุการเก็บได้ถึงประมาณ 2 เท่าตัว ผักที่ทดลองพบว่าเก็บในถุงที่บรรจุ $CaCl_2$ เก็บในห้องเย็นจะเก็บได้นานที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ABSTRACT

The prolonging storage life of fresh vegetables in different condition : room temperature (normal air) , air condition room and low temperature (6 – 8 °C) The vegetables that storage in plastic bags ; storage in plastic bags with punched holes. Using 2000 ppm of $CaCl_2$ or ethanol 15% treatment the lemon can storage about 35 days remained fresh in low temperature. The results showed that vegetables storage under low temperature remained fresh for the long time that shown by appearance of the skin of vegetables and firmness. Low temperature 6 – 8 °C the storage life was doubled. Addition of solid $CaCl_2$ in the bag had a prolonged storage effect.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญเรื่อง

บทที่		หน้า
1	บทนำ	
	1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
	1.3 ระเบียบวิธีและขอบเขตการวิจัย	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
3	ทฤษฎี	5
	3.1 ธรรมชาติของผัก	5
	3.2 การสุกของผลไม้	7
	3.3 องค์ประกอบที่มีผลต่อการสุกของผลไม้	13
	3.4 ปัจจัยที่จำเป็นในการเก็บเพื่อยืดอายุผัก	16
4	วิธีดำเนินการวิจัย	23
	4.1 การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้	23
	4.2 วิธีดำเนินการทดลอง	23
	4.3 การติดตามการเปลี่ยนแปลงของผัก	24
	4.4 การติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของผักที่เก็บ	27
5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม		34

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ส่วนประกอบของผลไม้	6
4.1	การเปลี่ยนแปลงสีของผักที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง	27
4.2	การเปลี่ยนแปลงสีของผักที่เก็บที่ห้องเย็น	28
4.3	การเปลี่ยนแปลงสีของผักที่เก็บที่ห้องปรับอากาศ	29
5.1	แสดงอายุการเก็บผักสด	30

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง soluble pectin กับ time storage days เทียบกับ fruit firmness กับ time storage day	10
3.2	development maturation และ respiration ของพืชทั้งชนิด Climacteric และ non – Climacteric fruit	12

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

ในขณะนี้ประเทศไทยกำลังประสบปัญหาเรื่องขาดเงินตราต่างประเทศมีปัญหาเรื่องเศรษฐกิจมาก ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงควรส่งเสริมทางด้านอุตสาหกรรมการเกษตรให้เป็นรายได้หลักของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสินค้าประเภทผักและผลไม้ จังหวัดพิษณุโลก เป็นศูนย์กลางทางธุรกิจและอุตสาหกรรมทางการเกษตรของจังหวัดต่าง ๆ ในเขตภาคเหนือตอนล่าง และเป็นตลาดกลางการส่ง เป็นศูนย์กลางการส่งผักและผลไม้สดในเขตภาคเหนือ ทำให้มีผักและผลไม้จำนวนมาก จากการสำรวจของผู้วิจัยพบว่า ในแต่ละวันจะมีปริมาณผักเข้ามาพักที่ตลาดกลางประมาณ 800 ตันต่อวัน ส่วนมากเป็นผักประเภท กระหล่ำปลี ถั่วฝักยาว ผักกาด มะเขือ พริก ผักคะน้า หอม ผักชี เป็นต้น ทำให้มีปัญหาเรื่องการถูกกดราคา สินค้าเสียหาย เน่าเสีย ขายไม่หมด ผู้ซื้อมีปัญหาเรื่องปริมาณผักผลไม้สดที่เหลือจากการจำหน่ายส่ง ในแต่ละวัน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่า ควรทำการวิจัยทางด้านการเก็บและยืดอายุผักสดที่มีปริมาณมากในท้องถิ่นนี้ เพื่อเป็นสินค้าส่งออกได้ต่อไปโดยไม่เสียหายโดยเร็ว จะเป็นประโยชน์ในการค้ามาก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ทดลองศึกษาหาระยะเวลาการเก็บผักสดคือ พริกชี้ฟ้า ต้นหอม หอมหัวใหญ่ ผักคะน้า มะเขือเทศ แตงกวา มะนาว ขิง ถั่วฝักยาว
2. เพื่อศึกษากระบวนการยืดอายุการเก็บผักสด โดยเก็บในที่อากาศเย็นอุณหภูมิต่ำกว่า 10°C โดยเก็บในถุงใส่แคลเซียมคลอไรด์
3. ศึกษาการเก็บผักสดใส่ในกล่องคล้ายชั้นใส่ไข่ และใส่สารละลายที่ช่วยยืดอายุผักสดได้ดีคือ C_2H_5-OH แล้วเก็บในอุณหภูมิประมาณ 10°C เปรียบเทียบที่อุณหภูมิห้อง
4. เพื่อหาวิธีการยืดอายุผักสดให้อยู่ได้นานที่สุดและหาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

1.3 ระเบียบวิธีวิจัยและขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการทดลองผักสด ใช้ผักสดทดลอง 9 ชนิด ดังกล่าวแล้ว

วิธีดำเนินการวิจัย ดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาขั้นตอนและหลักการเก็บ การยืดอายุของผักสด อายุการเก็บของผักสดแต่ละชนิดที่สามารถเก็บได้ในสภาวะปกติ

2. ทดลองหาระยะเวลาการเก็บผักแต่ละชนิดในตู้เก็บอุณหภูมิต่ำกว่า 10°C เปรียบเทียบกับเก็บที่อุณหภูมิห้อง

3. ทดลองเก็บผักในถุงพลาสติก และใช้วิธี C.A. ในการเก็บดังกล่าวแล้ว

4. ใช้แคลเซียมคลอไรด์ช่วยในการเก็บ

5. ใช้ C_2H_5-OH ช่วยยืดอายุ

6. ศึกษาติดตามคุณภาพ รูปลักษณะสี ความสด โดยใช้ R.H.S. colour chart ดูสีของผักที่เก็บตลอดทุก ๆ วัน

7. ศึกษาควบคุมอุณหภูมิและวัสดุที่ห่อในการเก็บ

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี

แผนการดำเนินการตลอดการวิจัย

ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าทางด้านเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สำรวจแหล่งตลาดผัก
3. จัดหาวัสดุ สารเคมี อุปกรณ์ในการทดลอง
4. ทดลองวิธีการเก็บยืดอายุผักแต่ละชนิด
5. ติดตามคุณภาพผักสดที่เก็บทางด้านความสด สี ลักษณะผัก รสชาติ Texture โดยการสัมผัสด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5
6. ติดตามผลการยืดอายุผักจากการทดลอง
7. สรุปรายงานผลการวิจัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้สามารถยืดอายุผักสดออกไป
2. เป็นการพัฒนาคุณภาพผักสดให้มีคุณภาพเหมือนเดิม อยู่ได้นาน
3. มีผลต่อธุรกิจอื่น ๆ ตามมา เช่น การซื้อขายวัตถุดิบ การสร้างงานในชนบท

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 2

เอกสารและงานที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัจจัยที่จำเป็นในการเก็บเพื่อยืดอายุผักสด

1. Pre-harvest condition เป็นสิ่งสำคัญในการยืดอายุการเก็บผัก เช่น ต้องเก็บผักที่สมบูรณ์ ไม่มีโรค จะเก็บรักษาได้นาน การ pre-harvest เช่น การตรวจสอบคุณภาพหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว

2. Harvest condition ขณะเก็บผักต้องระวัง วิธีการเก็บเกี่ยวให้ถูกวิธี โดยใช้คนหรือภาชนะบรรจุให้เหมาะสม ความสะอาด การขนส่ง โดยคำนึงถึงความสะอาด ปลอดภัยและประหยัด

3. Post-harvest condition เป็นการรวมวิธีในการเก็บผักหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อยืดอายุการเก็บผักและผลไม้ให้ได้ยาวนานกว่าธรรมชาติกำหนด โดยยึดหลักควบคุมการหายใจให้ช้าลง ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ลดการสูญเสียน้ำหนักของผัก ลดการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้น โดย enzyme ในผัก ซึ่งทำได้โดยวิธี

ก. เก็บในที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะช่วยให้ผักสดอยู่ได้นาน เพราะการหายใจช้าลง จุลินทรีย์เติบโตช้า และ enzyme ทำงานได้ช้า แต่อุณหภูมิต่ำมากจะทำให้ลด chilling injury ได้

ข. ความชื้นในบรรยากาศ ผักที่ความชื้นสูงจะเสียน้ำเร็วจะเหี่ยว จึงควรเก็บในที่ชื้นไม่ให้สูญเสียน้ำ เช่น เก็บในถุงพลาสติกชนิดถุงร้อน การเคลือบ wax

A. ใช้สารเคมีควบคุมการสุก

ง. ควบคุมบรรยากาศระหว่างเก็บ โดยใช้แก๊ส (control atmosphere, C.A.) ผสม N_2, O_2, CO_2 อัตราส่วนต่างจากอากาศปกติ เพื่อยืดอายุ โดยควบคุมให้ความเข้มของ O_2 ต่ำ CO_2 สูง

2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

- Fulton (1907) พบว่า การเก็บแบบ C.A. ที่ความเข้มข้นของ CO_2 สูงมากเกินไปและ O_2 ต่ำจะเกิดความผิดปกติของ metabolism ทำให้เกิด injury mesocarp ของผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล tissue แตก เนื้อเยื่อกลายเป็นสีน้ำตาลและตาย ได้สารพวก alcohol จะมีกลิ่นเหม็น

- Pridham (1956) พบว่า phenolic acids ส่วนใหญ่เป็น phytotoxic แต่ไม่มีอันตรายในพืช เพราะในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของ glycosides หรือ ester แต่ถ้าเก็บแบบ C.A. ที่ความเข้มข้น CO_2 สูงเกินไปจะเกิดการ hydrolyzes สะสมในเนื้อเยื่อ เซลล์ถูกทำลาย เกิดสีน้ำตาล

- Robert et.al (1965) ศึกษาการเก็บผักที่ 32°F CO_2 2.4 - 6% O_2 1.2. 2.2. 13.2% โดยศึกษาน้ำหนักที่หายไป สีของผล ผลที่ทำให้สรีรวิทยาไม่ทำงาน ความแน่นของผักผลไม้ acidity พบว่า

- น้ำหนักลดลงเมื่อ O_2 ลด CO_2 เพิ่ม

- สีเขียวของผักยังคงอยู่ เมื่อ O_2 ระดับต่ำ และจะไม่มีผลเมื่อความเข้มข้นของ CO_2 เพิ่มขึ้น

- ความหนาแน่นและความเข้มข้นของ O_2 จะมีความสัมพันธ์กันไปทางลบ แต่กับความเข้มข้นของ CO_2 จะสัมพันธ์กันทางบวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 3
ทฤษฎี

3.1 ธรรมชาติของผัก (Nature Vegetables)

ในทางพฤกษศาสตร์ fin (Vegetables) หมายถึง ส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ลำต้น หัว ราก ใบ non หรือเมล็ด ส่วนผลไม้ (Fruits) หมายถึง ส่วนของดอกที่ได้รับการผสมแล้ว และจะมีเนื้อเยื่อ (pulp) อยู่รอบเมล็ด เมื่อสุกมีลักษณะฉ่ำ กลิ่นหอม

สารอาหารในผักส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำ (80 – 95%) คาร์โบไฮเดรต (5%) เช่น น้ำตาลซึ่งพบมากในพืชหัว ข้าวโพด ถั่ว เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วจะสลายเป็นแป้ง ส่วนเซลลูโลส พบที่ผนังเซลล์ตามใบและก้าน จัดเป็นโครงสร้างของพืช ลิกนินพบตามลำต้นของผักที่แก่แข็ง สามารถต้านทานปฏิกิริยาเคมี เอ็นไซด์ และบักเตรีได้จึงไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง เมื่อถูกความร้อน ส่วนสารจำพวก pectin ได้แก่ pectic acid pectinic acid protopectin ซึ่ง pectic acid คือ polysaccharide ที่ละลายน้ำได้ อยู่ในเนื้อเยื่อของพืชในรูปของเกลือแคลเซียมและมักนีเซียม มักนีเซียมเพคติเนทรวมตัวกับกรดและน้ำตาลจะมีลักษณะคล้ายวุ้น เรียก pectin ส่วน protopectin มีมากในเนื้อเยื่อพืชที่ยังอ่อนอยู่ละลายน้ำไม่ได้ และในผักยังประกอบด้วยโปรตีน (2%) ไขมัน (1%) ซึ่งน้อยมาก

ในแครอทพบแคโรทินซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นของวิตามินเอ ผักแก่จัดจนสุกมีแคโรทินสูงกว่าผักดิบ วิตามินบีหนึ่งพบมากในชะอม วิตามินบีสองพบในผักใบเขียว ใบชะพลู มีไนอาซีนมาก วิตามินซีพบมากในผักที่กำลังงอก เช่น ถั่วงอก และส่วนยอดของผักใบจะมีวิตามินสูงกว่าที่ก้าน

แร่ธาตุที่สำคัญของผักมี เหล็ก แคลเซียมและฟอสฟอรัส พบมากในผักขม สะเดา ใบชะพลู คื่นไช่ แต่พบว่าส่วนมากของผักใบเขียวที่มีแคลเซียมสูง มักมีกรดออกซาลิก ซึ่งเมื่อรวมกับแคลเซียมจะทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมแคลเซียมได้ ส่วนกำมะถันพบมากในผักตระกูลกะหล่ำ หัวหอม และกระเทียม ซึ่งจะทำให้มีกลิ่นฉุน

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของผลไม้ชนิดต่าง ๆ

สารอาหาร	ส่วนประกอบ	พบมากใน
น้ำ (70 – 85%)		ผลไม้ทุกชนิด
คาร์โบไฮเดรท	น้ำตาลชั้นเดียว (Monosaccharide)	
	กลูโคส	
	ฟรุกโตส	
	น้ำตาลสองชั้น (Disaccharide)	อ้อย เมเบิล บีท
	ซูโครส	
	น้ำตาลหลายชั้น (Polysaccharide)	ผลไม้ที่มีเส้นใยมาก ส้ม ฝรั่ง
	Pectic substances	กระเจี๊ยบ ฝรั่ง มะดัน
ไขมัน		อะโวกาโด มะกอก
วิตามิน	วิตามินเอ	มะม่วง มะละกอ
	วิตามินซี	Xu มะนาว มะขาม เชอรี่
	วิตามินบีหก	ฝรั่ง กล้วย ส้มเขียวหวาน
แร่ธาตุ	แคลเซียม เหล็ก	แตงไทย มะละกอ
เอ็นไซม์	papain	มะละกอ
	bromelain	สับปะรด
	ficin	มะเดื่อ
เซลลูโลส		ผลไม้แห้ง ผลไม้สด
กรด	Tartaric	องุ่น มะขาม
	Citric	ส้ม มะนาว เงาะ
	Methyl butyrate	สับปะรด
pH	3.7 – 4.5 (acid food)	สับปะรด มะปราง มะเขือเทศ
	2.3 – 3.7 (high acid food)	มะนาว กระเจี๊ยบ ตะลิงปลิง

ผักแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันมากตั้งแต่ชนิด พันธุ์ ความต้านทานโรคและแมลง ขนาด รูปร่าง ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว ตลอดจนลักษณะทั่วไปของพืชผักเหล่านั้น ว่าจะเหี่ยวช้ำ ได้ง่ายหรือไม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3.2 การสุกของผลไม้

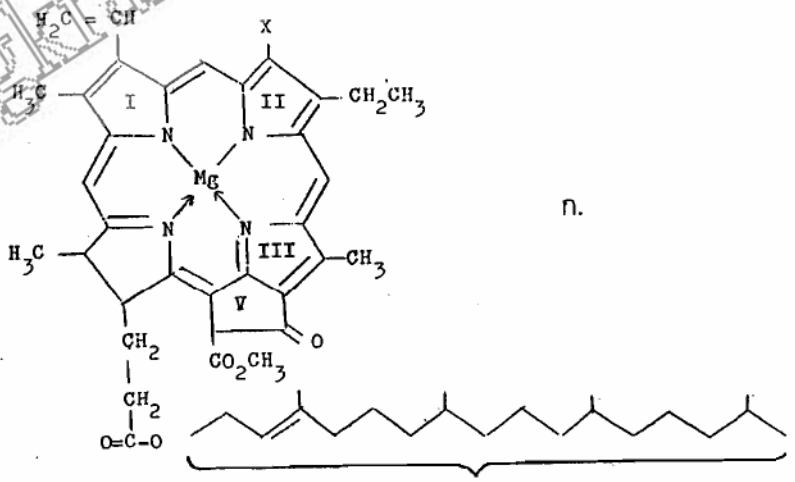
การสุกของผลไม้เป็นการเจริญขั้นสุดท้ายของผลซึ่งเริ่มจากการเจริญของผนัง ovary ของดอกเจริญขึ้นเรื่อย ๆ เกิด cell division cell enlargement จนถึง maturation (ขบวนการที่ผลไม้ถึงจุด full size) ในที่สุดจะแก่จัด และสุก (ripening) หลังจากนั้นจะ senescence deterioration (เน่า) และตาย (death) ในที่สุด ซึ่งแต่ละขั้นจะถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงของสารที่เกิดขึ้นระหว่างสุก

3.2.1 Chemical and Physical Change during fruit ripening

การสุกของผลไม้ที่สังเกตเห็นได้ เช่น การเปลี่ยนสี (pigment) ของผิวหรือเปลือกของผลไม้ การเปลี่ยนแปลงเนื้อของผลไม้จะนิ่มอ่อน และเกิดการเปลี่ยนแปลงรสชาติของผลไม้ มีความหวาน หรือ acidity เพิ่มขึ้น

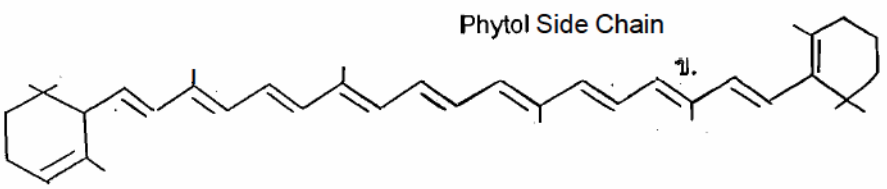
1) การเปลี่ยนแปลง pigment ในผลไม้ จะเกิดพร้อม ๆ กับ Climacteric rise และแบ่ง pigment ในผลไม้ได้ 2 ชนิด คือ

n. Fat Soluble pigment ได้แก่ chlorophyll a, b และ carotenoid ซึ่งจะอยู่ที่เปลือกของผลมากกว่าที่เนื้อธรรมชาติและปริมาณของ pigment จะเปลี่ยนไปกับขั้นของการสุก โดยในขณะที่ผลไม้ดิบและผลไม้สุกจะมีสีสรรแตกต่างกันเพราะในเซลล์ผลไม้ดิบมี Chloroplast ซึ่งมี Chlorophyll และ Chloroplast ก็มีพวก Cerotenoid ซึ่ง Chlorophyll และ carotenoids มักจะเกิดร่วมกัน แต่ chlorophyll จะบดบังสีของ carotenoid ไว้ เมื่อผลไม้สุก chlorophyll จะถูกทำลายโดยเอ็นไซม์ chlorophyllase และเปลี่ยนเป็น pheophytin ดังนั้น carotenoid จึงปรากฏเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดสีที่ผิวของผลไม้เปลี่ยนไป ผลที่เกิดขึ้นก็คือ ผลไม้จะเปลี่ยนสีไปเมื่อมีการสุกนั่นเอง



ก.

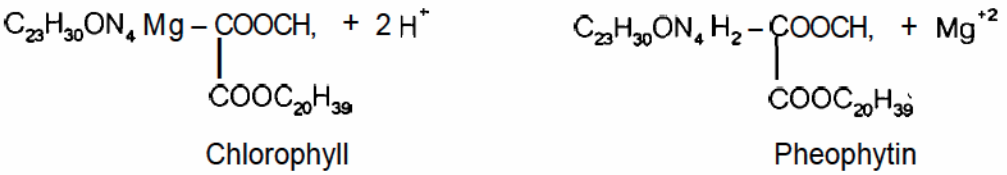
Phytol Side Chain



ข.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

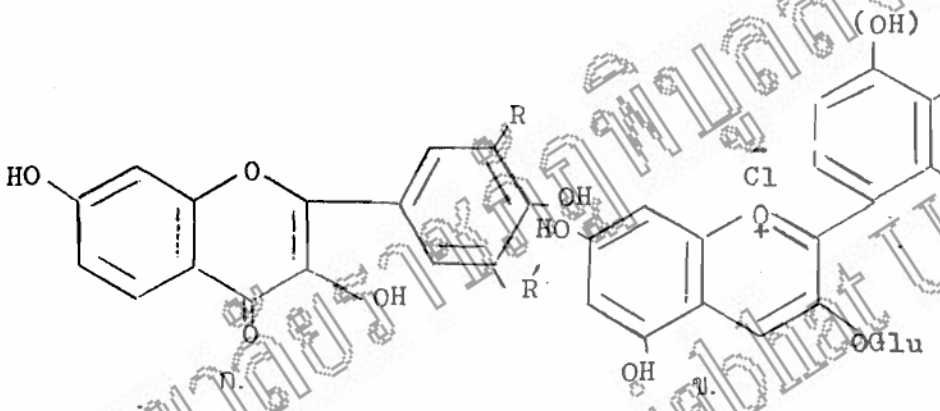
ก. Chlorophyll (x = CH, เรียก Chlorophyll a. x = CHO เรียก Chlorophyll b)



Chlorophyll Pheophytin

แสดงการเปลี่ยนของ Chlorophyll เป็น Pheophytin

ข. Water soluble pigments ได้แก่ flavanoid compound และ Anthocyanin ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงเมื่อโดนแสง โดยทั่วไปพบว่า ปริมาณของ flavanoid ในผลไม้จะเพิ่มขึ้นในระหว่างที่ผลไม้เจริญเติบโตขึ้นจนถึงขนาดที่แน่นอน จึงคงที่



แสดง water soluble pigments ก. flavanoid (R = H , OH R = H , OH) ข. Anthocyanin

2) การเปลี่ยนแปลง hardness ของผลไม้ระหว่างสุก สาเหตุที่ผลไม้สุกเนื้อนิ่มกว่าผลไม้ดิบเพราะ

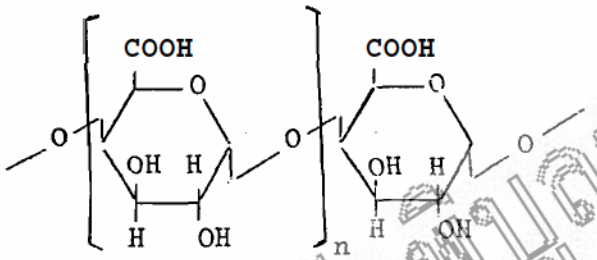
ก. แรงเต่งจากเซลล์ที่มีชีวิต (Turgor of living cell) ซึ่งเป็นแรงบนผนังเซลล์เกิดขึ้นเพื่อรักษาปริมาตรเซลล์ และยังรวมไปถึงแรงอันเนื่องมาจากเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันออสโมซีสระหว่างภายในและภายนอกของเซล ซึ่งแรงดันออสโมซีสจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดการออสโมซีสภายในแวคคิวโอ นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของโปรโตปลาสซึม และความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ถ้าเซลล์ของผลไม้มีแรงเต่งมากก็จะแข็ง ซึ่งจะพบได้ในผลไม้ดิบ ส่วนผลไม้ที่สุกจะมีแรงเต่งน้อย จึงนิ่มกว่าผลไม้ดิบ

ข. การจัดเรียงตัวของเซลล์มีช่องว่างระหว่างเซลล์มากน้อยเพียงใด ถ้ามีช่องว่างระหว่างเซลล์มาก จะทำให้โครงสร้างนิ่ม เพราะผลไม้มีการสูญเสียน้ำไปเนื่องจากการระเหยและการหายใจของผลไม้ จึงทำให้มีช่องว่างระหว่างเซลล์มากขึ้น

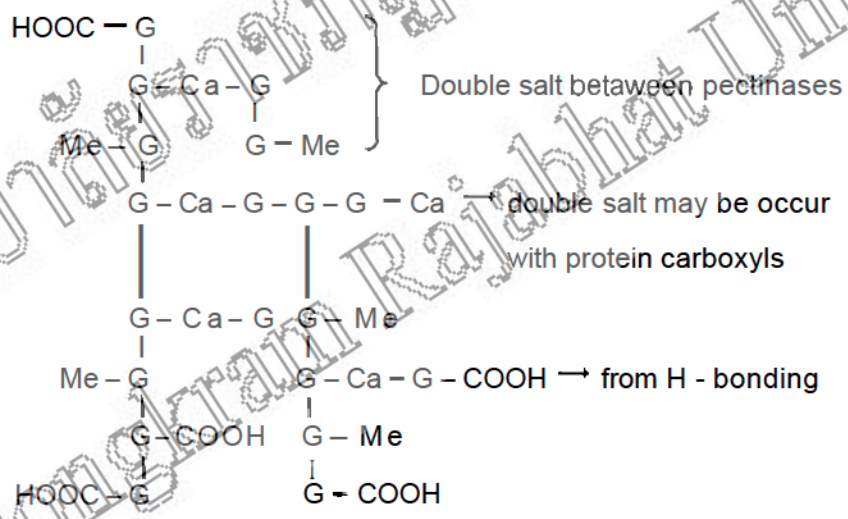
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ Phetchabun Rajabhat University

ก. Pectic substance ระหว่างช่องว่างของ cell (middle lamella) เป็นสารพวก pectic substance (ก) หรือ protopectin ทำหน้าที่เชื่อมระหว่างเซลล์เป็น pectinate linkage (ข) โดย pectic substance จะ form bond กับแคลเซียมอิออน (inorganic linkage) form bond กับ protein carboxyl จาก cell wall (เกิด inorganic – organic polymerization) นอกจากนั้นจะมีการ form H – bonding ของ free – COOH ของ pectic substance เอง หรือกับ carbohydrate, sugar หรือ hemicellulose ทำให้เกิดความแข็งของผลไม้ดิบ

ก.



ข.

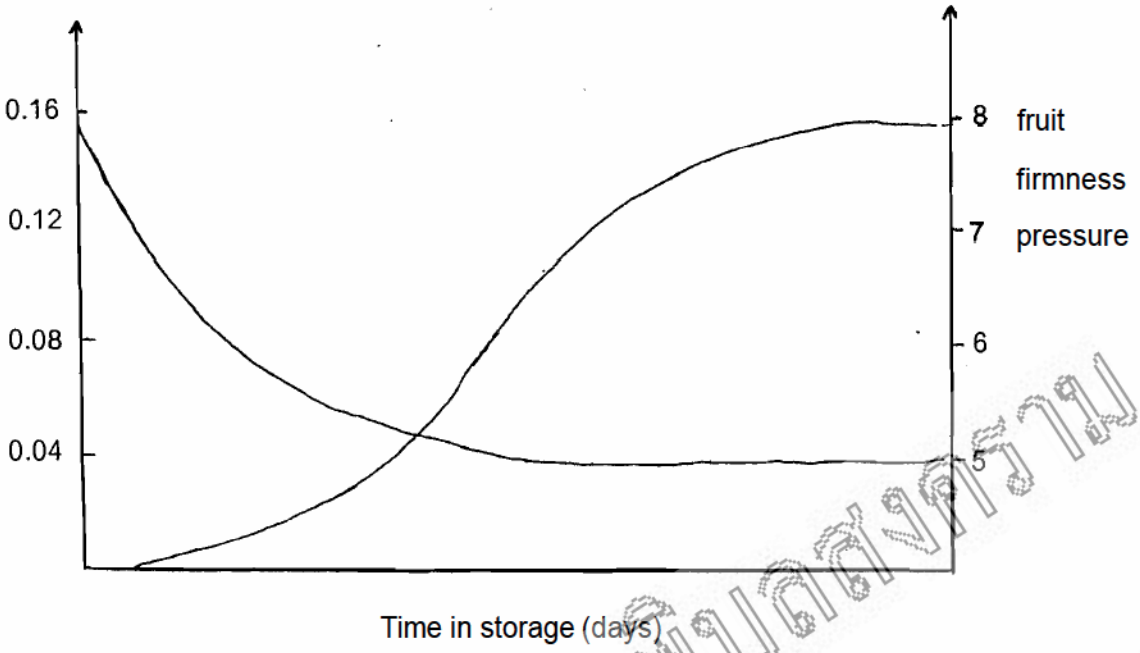


ก. Pectic acid (แต่ละ unit เรียก galacturonic acid)

ข. Pectinate linkage ซึ่งทำให้เกิดความแข็งของผลไม้ดิบ

เมื่อผลไม้สุกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารแคลเซียมอันเกิดจากการ hydrolyze อันเกิดจากเอ็นไซม์ pectin methyl esterase เพิ่มขึ้น ซึ่งจะไป methylate pectic substance มากขึ้นซึ่งจะไป block H – bonding และ Polymerization และยังเกิดการ hydrolyze โดยเอ็นไซม์ galactumnidase ทำให้ pectic soluble ใน Cell wall หลวม เกิด cell เคลื่อนที่ทำให้ผลไม้สุก อ่อนตัวนิ่มลง เรียกว่า fruit softening.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง soluble pectin กับ time storage days เทียบกับ fruit firmness กับ time storage day

3) การเปลี่ยนแปลง flavor ของผลไม้ระหว่างสุก

ความหวาน acidity astringency และ odorous volatile รวมขึ้นมาเป็น flavor ของผักผลไม้ flavor compound ตัวที่สำคัญคือ polyphenol ซึ่งทำให้เกิดรสขม เมื่อผลไม้สุกปริมาณของ polyphenol ลดลงทำให้ผลไม้มีรสหวาน การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของ flavoring constituents เช่น sugar formation ซึ่งทำให้เกิดรสหวาน ขบวนการเปลี่ยนน้ำตาล เป็น alcohol และ aldehyde การเปลี่ยนแปลงของ organic acid เป็นต้น

4) การเปลี่ยนแปลงของสารอาหารในผักผลไม้

ก. Carbohydrates เป็นแหล่งของพลังงานที่ใช้ในการหายใจของพืช จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุกของผลไม้ใน climacteric rise จากการหายใจด้วย พบว่า fresh weight ของผลไม้จะเพิ่มขึ้นสูงสุดระหว่างการเจริญบนต้น และลดลงตอนเก็บเกี่ยว แสดงว่า ระหว่างการสุกนั้นปริมาณของแป้งลดลง fructose glucose sucrose ใน fruit pulp เพิ่มขึ้นเมื่อ hemicellulose ของ pulp ลดลง จาก 9% เป็น 1 - 2% ในผลไม้ระยะ post – climacteric (ผลไม้สุกเกินไป) ปริมาณของน้ำตาลจะลดลง โดยเฉพาะ sucrose ซึ่งคาดว่าถูกนำไปใช้ในการหายใจ

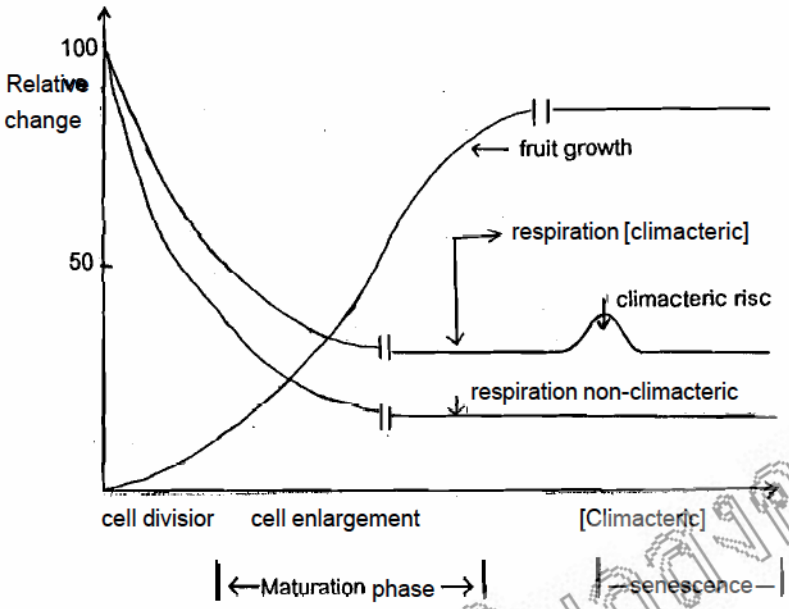
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ข. Lipids ผลไม้ส่วนใหญ่มี Lipids dl Biale (1960) พบว่า จำนวน lipid จะคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการสุก Lee (1959) เสนอความเห็นว่าส่วนของ lipid จะเกี่ยวข้องทาง biochemistry ของการสุก ทดลองโดย treat peas ด้วย 0.02% ethylene พบว่ามันจะเพิ่มสาร lipid ในรูปของ peroxidese

n. Preteins ในขณะที่เกิด climactoric rise นั้น ปริมาณของ Protein จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แม้จำนวน nitrogen ที่มีอยู่ในผลไม้ที่แก่เป็นส่วนใหญ่จะต่ำ ทั้งที่ผลไม้บางชนิดจะมี Protein สูง จำนวน free amino acid ที่มีอยู่จะขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ ในระหว่างการสุกจะมี free amino acid บางตัวเพิ่มขึ้น และบางตัวลดลงเช่นใน apricot จำนวน aspartic acid glutamic acid ลดลง แต่ serine และ valine เพิ่มขึ้น

3.2.2 Metabolic change between fruit ripening ดังนี้คือ

I. การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ ผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวแล้ว เนื้อเยื่อและเซลล์ยังมีชีวิตอยู่ ดังนั้นขบวนการต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตยังคงดำเนินไปตลอดเวลา เช่น rit หายใจของผักผลไม้บางชนิด จะมีอัตราการหายใจลดลงทีละน้อยด้วย constant rate ตลอด maturation จนกระทั่งเหี่ยวแห้ง มีการเปลี่ยนแปลงค่อยเป็นค่อยไปจนถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว เรียกพวกนี้ว่า non – climacteric fruit ได้แก่พวกส้มต่าง ๆ ส่วนผลไม้อีกประเภท เช่น กล้วย การสุกของมันจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการหายใจที่เพิ่มอย่างรวดเร็ว ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า climacteric rise of respiration หรือกล่าวได้อีกอย่างคือ เป็นปรากฏการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเซลล์ของผลไม้ เนื่องจากมี autocatlytic production ของ ethylene climacteric เป็นการบ่งให้ทราบว่ามีการเปลี่ยนแปลงจาก growth ผ่านช่วงที่ผลไม้เจริญเติบโตเต็มที่ (M Climacteric rise) เข้าสู่ senescence มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นและมีการสุกเกิดขึ้น สำหรับผลไม้ชนิดที่มี Climacteric rise เราเรียกว่า Climacteric fruit ซึ่งจะอธิบายได้ว่า Climacteric fruit CO_2 rise และ detect ได้ว่าบางชนิดมี ethylene เกิดขึ้นก่อน CO_2 rise และ ethylene ที่เกิดขึ้นก่อน จะเป็นตัวพา electron ใน respiratory electron tranfer Chain จาก Cytochrome system ไปยัง Alternate Cyanide resistance oxidase จึงทำให้เกิดการสร้างพลังงาน (ATP) มากขึ้น และ CO_2 rise



รูปที่ 3.2 development maturation และ respiration ของพืชทั้งชนิด Climacteric และ non – Climacteric fruit

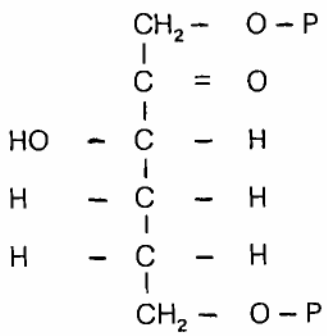
มีหลายทฤษฎีที่พยายามจะอธิบายถึงสาเหตุของการเกิด Climacteric rise ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

2. เกิด active substance เพิ่มขึ้น

ในขณะที่ผลไม้เริ่มสุก จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเนื้อเยื่อ ทำให้มี active substance สำหรับการหายใจเพิ่มขึ้น

Barher และ Solomos ได้อธิบายถึงการสุกของผลไม้มีการหายใจเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณ fructose – 1.6 – diphosphate

ซึ่งเป็นผลของ Activation ของ phosphofactor activity ของเอ็นไซม์ Fructosekinase ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจสูงขึ้น ทำให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น

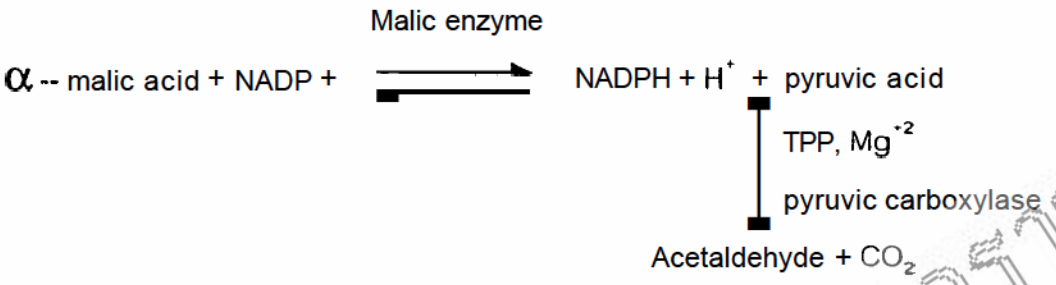


Frustose – 1 , 6 – diphosphate

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3. **เกิดการเพิ่มของ** phosphate acceptor

4. **การเกิดการเปลี่ยนแปลง** Metabolic pathway **ตัวอย่างเช่น**



แสดง activity ของ malic enzyme และ pyruvic carboxylase

3.3 องค์ประกอบที่มีผลต่อการสุกของผลไม้

1. อุณหภูมิ ผลไม้แต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่พอเหมาะสำหรับใช้ในการสุกที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปก็จะเกิดผลเสียหายแก่ผลไม้ ตัวอย่างเช่น กล้วยสุกได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 20 °C ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 12 - 13 °C กล้วยจะไม่สุก และจะมีอัตราการหายใจลดลงด้วย และที่อุณหภูมิเย็น จะทำให้การสุกยิ่งช้าลง การหายใจถูกกดลง เปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม

ปกติแล้วผลไม้เมืองร้อนจะ ไวต่ออุณหภูมิมากกว่าผลไม้เมืองหนาว และไวต่ออุณหภูมิสูงมากกว่าอุณหภูมิต่ำ

การสุกของผลไม้ขึ้นอยู่กับเอ็นไซม์ในผลไม้ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิย่อมมีผลต่อเอ็นไซม์ที่ optimum temperature ในช่วงของอุณหภูมิที่เกิดการสุก ถ้าเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้เกิดการสุกเร็วขึ้น และจากการวัดอัตราการหายใจของผลไม้สุกพบว่าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น Hulme พบว่าเอ็นไซม์ malic และ pyruvic decarboxylase จะ active มากระหว่างผลไม้สุก

2. **ปริมาณ CO_2 และ O_2** ระหว่างเซลล์ของผลไม้ จะมีช่องว่างระหว่างเซลล์ซึ่งก๊าซต่าง ๆ สามารถจะซึมผ่านเข้าไปได้ ทำให้เกิดการไหลหมุนเวียนของก๊าซเข้าออกได้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซในช่องว่างนั้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ CO_2 และ O_2 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อต่าง ๆ ดังนี้ ถ้าความเข้มข้นของ CO_2 ในช่องว่างระหว่างเซลล์สูงจะทำให้ผลไม้สุกช้า ถ้าความเข้มข้นของ O_2 ในในช่องว่างระหว่างเซลล์ต่ำจะทำให้ผลไม้สุกช้า

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Kasetsart University

3. ปริมาณของ ethylene

Ethylene

ประมาณปี ค.ศ.1900 พบว่า มะนาวที่เก็บในห้องที่มีเตาน้ำมันก๊าดอยู่ด้วย สีของมะนาวจะเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อเปลี่ยนเป็นเตาแบบอื่น จะไม่เกิดผลดังกล่าว และจากการศึกษาพบว่าการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันก๊าดมีผลต่อสีผิวของมะนาว ต่อมาวิเคราะห์พบว่าเป็น ethylene (Gas Chromatography)

ปัจจุบันใช้ ethylene ช่วยเร่งการสุกของผลไม้ (ripening herrnonise) สำหรับพืชและผลไม้สามารถผลิต ethylene ได้จากสารอินทรีย์บางตัว เช่น methionine, β – alanine, linolenic acid, pyruvate เป็นต้น นอกจากนี้ Biale (ค.ศ.1940) พบว่า microorganism บางชนิด เช่น *Penicillium digitatum* สามารถผลิต ethylene ได้สูงมาก ส่วนคนและสัตว์ ก็สามารถผลิต ethylene ได้เช่นกัน พบว่าลมหายใจของคนจะมี ethylene ประมาณ 11–18 ppm. ใน valencia organe 0.05 ul/ug/hr, มะม่วงหั่นบาง ๆ 0.02 – 0.18 ppm (Burg and Burg 1965), passion flower (ดอกเสาวรส, ลิ้นมังกร) 350 ul/ug/hr, Vanda orchid 3400 ul/kg/hr ในส่วนต่าง 7 ของพืช เช่น Cotyledon, root, Tip, germination seed, จะให้ ethylene แตกต่างกัน และปริมาณ ethylene ที่ผลิตออกมาในเวลาต่าง ๆ กันก็จะไม่เท่ากันด้วย เช่น apple และ pear จะให้ C_2H_4 ได้สูงสุดที่ respiratory climacteric ส่วนมะเขือเทศ Pratt (1975) รายงานว่า ethylene ที่ปล่อยออกมาจากผลมะเขือเทศจะมีปริมาณสูงมาก เมื่อผลมะเขือเทศมีขนาดเล็ก ๆ และจะค่อย ๆ ลดลงต่ำขณะที่มะเขือเทศมีการขยายตัวของเซลล์และแก่ขึ้นและจะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่งเมื่อมะเขือเทศกำลังสุก Heinze และ Craft (1953) ได้ทำการวัดปริมาณ ethylene ที่ปล่อยออกมาพบว่าในมะเขือเทศที่แก่และมีสีเขียว (mature green มี ethylene ปล่อยออกมาน้อยกว่า 0.1 ม.ก./ก.ก./วัน และเพิ่มมากขึ้นถึง 0.4 ม.ก./ก.ก./วัน เมื่ออยู่ในระยะ firmripe นั้นยังมีรายงานว่าการให้ ethylene จากภายนอกช่วยเร่งการสุกให้เร็วขึ้น และการสุกเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ (Pratt และ workman 1962)

การสังเคราะห์ ethylene ในผลมะเขือเทศ จำเป็นต้องใช้ออกซิเจน (Burg 1962) และการสังเคราะห์เม็ดสีสีแดง (lycopene) ของมะเขือเทศก็จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนด้วย (Kidel และ West 1932)

3.3.1 Essential of ripening

ethylene เป็นสิ่งจำเป็นในการสุกของผักและผลไม้ แสดงได้โดย

1. ถ้าขาด ethylene จะไม่มี trigger ripening หมายความว่า การสุกของผลไม้จะไม่เกิดโดยพร้อมเพรียงกัน

2. ripening action จะเกิดขึ้นไม่ได้ ถ้าไม่มี ethylene แม้ว่าจะมีสารอื่นที่มีลักษณะคล้าย ethylene แทนก็ตาม

3. ถ้ามี exogenous ethylene จะกระตุ้นให้การหายใจเพิ่มมากขึ้น

4. ethylene จำเป็นในการ complete ripening reaction

5. ปริมาณของ ethylene ที่มีอยู่ใน cell จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยา

นอกจากนั้น ethylene ยังเป็น ripening hormone ซึ่ง

I. เราไม่สามารถจะแยก ethylene ออกจากเนื้อเยื่อได้ ในขณะที่มีการสุกเกิดขึ้น เนื่องจากมันละลายใน cytoplasm และ absorbed ใน organells

2. ethylene เป็น autocatalytic action ของ ethylene

3. ratio การหายใจของ ethylene จะไม่คงที่

4. ยังไม่รู้แน่ชัดว่า ethylene จำเป็นตลอดขบวนการสุกหรือไม่

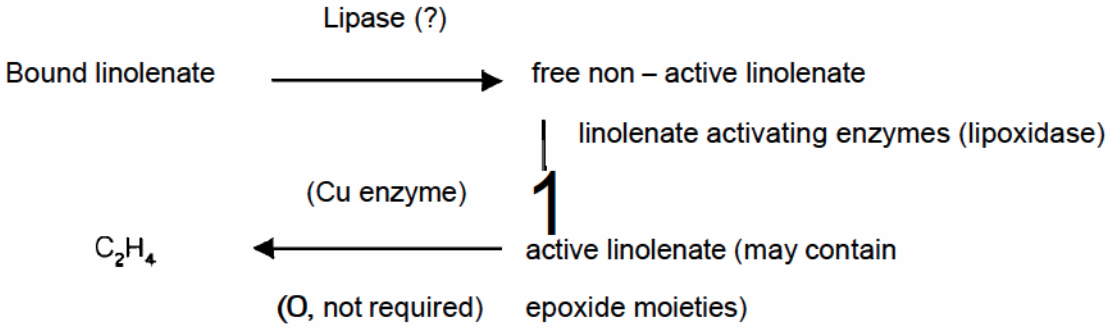
3.3.2 Synthesis และ Biogenesis

Pathway ที่เป็นไปได้ของ ethylene biogenesis ซึ่งเกิดได้ในพืชชั้นต่ำและชั้นสูง พืชชั้นต่ำ เช่น Penicillium digitatum ซึ่งเป็น source ของ ethylene ที่ดี นอกจากนั้น ethylene ยังสามารถถูก produce ได้ง่าย โดย ethanal, alanine, glycerol, glucose, fumarate, pyruvate, isocitrate รวมทั้ง intermediate ใน Krebs cycle precursor ซึ่งให้ ethylene มี L – methionine, (Pratt และ Goeschl 1969), Linolenic acid, β – alanine (Lieberman และ Mapson 1964)

1. Linolenate Scheme

Lieberman และ Mapson (1964) เสนอว่า Linolenic acid (Ch_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH-$CH(CH_2)_7$-COOH เป็น precu sor โดยมี cuprous เป็น catalyst และ diethyldithiocarbamate เป็น inhibitor แต่พบว่าพืชบางชนิดที่ไม่มีกรดตัวนี้ทำไมจึงสร้าง ethylene ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพิษณุโลก Pibulsongkram Rajabhat University



Possible pathway for the convession of Linolenate to ethylene

3.4 ปัจจัยที่จำเป็นในการเก็บเพื่อยืดอายุผัก

เพื่อให้ยืดอายุการเก็บผักได้มากกว่าปกติที่ผักจะเหี่ยวเน่าเสีย มีดังนี้

I. **ก่อนเก็บเกี่ยว** (pre – harvest condition) เป็นสิ่งสำคัญสำหรับพืชผักและผลไม้ที่จะนำมาเก็บเพื่อยืดอายุ เพราะถ้าผักผลไม้ไม่สมบูรณ์ มีโรค หรือไม่ดีเท่าที่ควร จะเก็บรักษาไม่ได้นาน จึงต้องคำนึงถึงการ preharvest ด้วย เช่น climate culture การตรวจสอบคุณภาพหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว และบางครั้งอาจต้องมีการ spray กับพวก growth regulator ก่อนการเก็บเกี่ยว จะทำให้เก็บได้นานยิ่งขึ้น

2. **ระหว่างเก็บเกี่ยว** (harvest condition) ในขณะทำการเก็บเกี่ยวพืชผักผลไม้เพื่อจำหน่าย หรือเก็บเพื่อยืดอายุ จะต้องระมัดระวังในด้านวิธีการเก็บเกี่ยวให้ถูกวิธี ใช้คนหรือภาชนะบรรจุให้เหมาะสม ความสะอาดและการขนส่ง เป็น ต้องเป็นไปอย่างระมัดระวัง โดยคำนึงถึงความสะอาด ปลอดภัย และประหยัดเป็นหลัก

3. หลังเก็บเกี่ยว (post – harvest condition) เป็นกรรมวิธีในการเก็บผักผลไม้หลังจากการเก็บเกี่ยว เพื่อยืดอายุของผักและผลไม้ให้ยาวนานกว่าธรรมชาติกำหนด โดยยึดหลักควบคุมการหายใจให้ช้าลง ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ลดการสูญเสียน้ำหนักของผักและผลไม้ และลดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นโดยการกระทำของ enzyme ในผักและผลไม้นั้น ซึ่งจะทำได้โดย

n. ***การควบคุมอุณหภูมิ*** (Refrigeration) เป็นการเก็บผักและผลไม้ที่อุณหภูมิต่ำ จึงช่วยให้ผักสดได้นานกว่าธรรมดา เพราะการหายใจช้า จุลินทรีย์เติบโตช้า และ enzyme ทำงานได้ช้า แต่ถ้าลดอุณหภูมิให้ต่ำมากเกินไปก็ไม่ดี เพราะอาจเกิด chilling injury ได้

ข. ความชื้นในบรรยากาศ ผักผลไม้บางอย่างมีความชื้นสูง เพราะฉะนั้น ถ้าเสียน้ำจะเหี่ยวเร็ว จึงควรเก็บในที่ชื้น ไม่ให้สูญเสียน้ำ เช่นเก็บในถุง plastic ชนิดถุงร้อน หรือโดย waxing ซึ่งการ waxing ทำได้โดยใช้ขี้ผึ้งคาร์นูบา 65 ส่วน ผสม oleic acid 20 ส่วน ตั้งไฟอุณหภูมิ 95 – 100°C และใส่พวก fungicide ลงไป จากนั้นคนให้เป็น emulsion แล้วจึงทำการเคลือบผักและผลไม้นั้น ๆ

ค. การใช้สารเคมีควบคุม (Chemical Modification) เป็นการใช้สารเคมีเพื่อควบคุมการสุกของผักผลไม้ เช่น growth regulator did ๆ ดังตัวอย่างสารที่ใช้ชลอการสุกมี

1. Benzyl amino purine (B.A.) เช่น ใช้ B.A. 20-40 ppm เก็บกะหล่ำปลีที่ 5°C ได้ 21 วัน หรือใช้ B.A. 50 ppm ผสม detergent pre-harvest ผักสลัดก่อน แล้วเก็บที่ 20°C จะเก็บได้นานกว่า untergent 3 - 5 วัน

2. 8 – nine (SADH) ใช้ *B* – nine 10-400 ppm เก็บเห็ดโดยจุ่มใน B – nine 10 นาที เก็บที่ 5 - 22°C ได้ 8 วัน โดยไม่เปลี่ยนสีเห็ด

3. 2, 4 – dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D) ใช้ 2, 4-D 1000 ppm spray ก่อนเก็บ broccoli จะเก็บได้นาน 3 – 4 วัน โดยช่อดอกไม่เหลือง

ง. การควบคุมบรรยากาศระหว่างเก็บ (Controlled – Atmosphere storage)

Control atmosphere (C.A.) คือ การผสม gas N_2, O_2, CO_2 อัตราส่วนแตกต่างกันไปจากบรรยากาศปกติ วัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บพืชผักผลไม้โดยควบคุมให้ความเข้มข้นของ O_2 ต่ำ และ CO_2 สูง

Modofied atmosphere (M.A.) เหมือน C.A. เพียงเมื่อจะทำการเก็บผักผลไม้แล้ว ก็นำบรรจุในถุงหรือภาชนะ และผ่าน gas ที่ผสมทราบอัตราส่วนเข้าไปในถุงเหล่านั้น

Hypobaric storage เป็นการเก็บผักผลไม้โดยการลดความดัน ซึ่งจะทำให้ลดความเข้มข้นของ O_2 และเพิ่มการ diffuse ethylene โดย evacuation จากเนื้อเยื่อของผักผลไม้เหล่านั้น

การเก็บผักผลไม้แบบ C.A. แบ่งการพิจารณาเป็น 2 หัวข้อ คือ

1. Biochemical Considerations โดยศึกษา 2 หัวข้อ คือ

n. *Metabolic Effect of C.A.* ซึ่งจะมีผลต่อพืชผัก ดังต่อไปนี้

I. ***ชลอการหายใจ*** เนื่องจากการเก็บผักผลไม้แบบ C.A. เป็นการควบคุมให้ความเข้มข้นของ O_2 ต่ำ และ CO_2 สูง ดังนั้น ผักผลไม้เหล่านั้นจะหายใจช้าลง แต่ O_2 ต้องไม่ต่ำจนเกินไป (ต่ำกว่า 5%) เพราะจะทำให้เกิด Anaerobic respiration อาจทำให้เกิด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ขบวนการหมักได้ และถ้า CO_2 มากเกินไป (มากกว่า 30%) จะทำให้เกิด Browning reaction ที่ผิวผักผลไม้ ซึ่งคงทำให้รสชาติเปลี่ยนแปลงได้

2. *Acid Accumulation* (1933) พบว่าปริมาณกรดในใบ kalanchoe (12 ชม.) ราก carrot (3 วัน) และ Cat coleoptile (1 วัน) เก็บใน C.A. (10% CO_2) ที่ 68°F พบว่ามีการสะสมของ succinate, aminobutyrate ขณะที่ malate aspatate และ Alanine หมดไป Wankier et al. (1970) พบว่าจะมี succinic acid สะสมอยู่ใน apricots และ peaches เมื่อความเข้มข้นของ CO_2 สูงกว่าบรรยากาศปกติที่ 34°F ขณะที่ rnaleic acid citric acid ลดลง Singh and associated (1970) พบว่า 'Lambert' sweet cherry เก็บที่ 10.5% CO_2 34°F จะมี tyrosine ลดลงและ α - amino butyric และ rnaleic acid เพิ่มมากขึ้น Ranson et. al. (1975) พบว่าการสะสมของ succinate เนื่องจาก succinic oxidase จะไวต่อความเข้มข้นของ CO_2 สูง ๆ Leberman et.al. (1968) พบว่า pH ของ broccoli จะเพิ่มขึ้น ขณะที่เพิ่มความเข้มข้นของ CO_2

3. *Acetaldehyde Formation* Trout (1932) พบว่า 2% O_2 ที่ 37°F จะทำให้เกิด anaerobic process ซึ่งจะมี alcohol และ acetaldehyde เกิดในเนื้อเยื่อผลไม้

4. *Increase in Sugar* Li (1963) พบว่าใน 2% O_2 3% CO_2 ในการเก็บ 'Bartlet' และ 'Anjon' pears ในเดือนแรกน้ำตาลจะลดลง แต่หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้น

5. *การลดลงของ Alcohol – Soluble และ Protein N* ในการเก็บแบบ C.A จะมีอัตราเร็วกว่าการเก็บแบบปกติ

6. *การเปลี่ยนแปลงของ pectin* พบว่าในการเก็บ 'yellow Newton* apple CO_2 จะยับยั้งการเพิ่มขึ้นของ soluble pectin

7. *Chlorophyll Degradation* Groeschel at.al. (1966) พบว่าการเก็บถั่วเขียวแบบ C.A. ที่ 45°F จะป้องกันไม่ให้มีการลดลงของคลอโรฟิลล์ นอกจากนั้นยังมีคนศึกษาใน Broccoli apricots asparagus ซึ่งได้ผลเหมือนกัน ส่วน Wang (1971) พบว่า การเก็บ lettuce cultivar 'Great Lakes' แบบ C.A. (2.5% CO_2 2.5% O_2) 75 วัน ที่ 35°F ใช้ Phalton (1000 ppm) ก่อนเก็บจะทำให้ยับยั้งการลดลงของคลอโรฟิลล์เกิดขึ้น

มหาวิทยาลัยนเรศวร Naresuan University Pibulsongkram Rajabhat University

ข. *ผลเสียและพิษของผลจากการเก็บแบบ C.A.*

Fulton (1907) พบว่าการเก็บแบบ C.A. ที่ความเข้มข้นของ สูงมากเกินไป และ CO_2 ต่ำ O_2 จะเกิดความผิดปกติของ metabolism ทำให้เกิด injury mesocarp ของผล เป็นสีน้ำตาล เนื้อเยื่อจะแตกและมีการสะสมของกรดอินทรีย์บางชนิด เช่น succinic acid ทำให้เนื้อเยื่อกลายเป็นสีน้ำตาลและตายไปได้ สารพวกอัลกอฮอล์ซึ่งจะมีกลิ่นเหม็น

การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของผลไม้ เนื่องจากการเปลี่ยนทางชีวเคมีของ tannins ซึ่งมี polyhydroxy phenols อยู่ด้วย และมันจะตกตะกอนเมื่อรวมตัวกับโปรตีน

Pridham (1965) พบว่า phenolic acids ส่วนใหญ่เป็น phytotoxic แต่ไม่มีอันตรายในพืช เพราะในธรรมชาติมันจะอยู่ในรูปของ glycosides หรือ esters แต่ถ้ามีการเก็บแบบ C.A. ซึ่งมีความเข้มข้นของ CO_2 สูงเกินไป จะเกิดการ hydrolyzed สะสมในเนื้อเยื่อเซลล์ก็ถูกทำลาย ซึ่งเรียกขบวนการนี้ว่า browning reaction

Bate - Smitch (1954) พบว่า active polyphenol oxidase และ phenolic substate จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเนื้อเยื่อ คือ เกิดสีน้ำตาล El - Tabey และ Cruess (1949) พบว่า peroxidase และ phenolase จะว่องไวใน apricot browning และเขาได้อธิบายถึงผลของ pH ต่อ activity ของ phenolase โดย phenolase activity จะเพิ่มขึ้นจาก O_2 ที่ pH 2.2 และ เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อ pH 7

Joslyn (1951) ศึกษาความแตกต่างของ phenolases peroxidase และ enzymes อื่น ซึ่งมันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสี อย่างไรก็ตาม browning จะไม่เกิดขึ้นจนกว่าเซลล์พืชจะแตกและมันจะไม่เกิดขึ้นใน intact respiring cell เมื่อ protoplasm ของ cell ถูกทำลายโดยการตัดหรือเกิดบาดแผล เมื่อมีการแช่เย็นปฏิกิริยา browning จะเกิดอย่างรวดเร็ว ซึ่งการเกิดการเปลี่ยนสีจะเกิดที่ผิวที่เปิดออกถูกอากาศหรือภายในของผลซึ่งมี O_2 เพียงพอที่จะเกิด oxidation

2. Physiological and Practical Consideration

ก. *The Devaux effect* เมื่อเก็บพืชในแก๊สผสมต่าง ๆ จะเกิดการเคลื่อนที่ของ CO_2 ภายในเนื้อเยื่อ ทำให้แรงดันของแก๊สภายนอกและภายในเกิดการเปลี่ยนแปลงไป ที่เรียกว่า Devaux effect ซึ่งมันจะมีอิทธิพลต่อเนื้อเยื่อ และการซึมผ่านของ cuticle lenticles stomates ปริมาตรของเนื้อเยื่อ และลักษณะอื่น ๆ อีกที่เปลี่ยนแปลงระหว่างสุก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ข. ผลของความเข้มข้นของ O_2 ต่อสรีรวิทยาของพืช ที่ความเข้มข้นของ O_2 ต่ำจะเกิดผลดังนี้

1. อัตราการหายใจและสารทำให้เกิดออกซิเดชันลดลง
2. ขลอการสุกจึงยืดอายุการเก็บโภคภัณฑ์ต่าง ๆ ได้
3. ขลอการแตกสลายของคลอโรฟิลล์
4. การผลิต ethylene ลดลง
5. ปริมาณของ ascorbic acid ลดลง
6. สัดส่วนของ unsaturated fatty acid เปลี่ยนไป
7. อัตราการแตกสลายของ insoluble pectic compound จะลดลง

นอกจากนั้น เมื่อความเข้มข้นของ O_2 ลดลงต่ำประมาณ 2.5 – 5% CO_2 จะลดลง แต่ถ้าความเข้มข้นของ O_2 < 2.5% CO_2 จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากขบวนการ Fermentation ความเข้มข้นของ O_2 ประมาณ 5 – 8% จะทำให้การหายใจช้าลง และป้องกันการเจริญเติบโตของราได้

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ O_2 และ ethylene เมื่อการสุกเริ่มขึ้น ความเข้มข้นของ ethylene ในเนื้อเยื่อจะเพิ่มขึ้น และจะต้องมี O_2 ด้วย เพราะมันจำเป็นในการสังเคราะห์ ethylene และต้องพิจารณาอุณหภูมิด้วย เพราะถ้าอุณหภูมิมากกว่า 70°F ethylene จะไม่ว่องไวถ้าระดับความเข้มข้นของ O_2 ต่ำกว่า 1%

ค. ผลของความเข้มข้นของ CO_2 ต่อสรีระวิทยาของพืช เมื่อความเข้มข้นของ CO_2 มากขึ้น มันจะละลายใน cell หรือรวมกับส่วนประกอบต่าง 7 ของ cell ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาดังนี้

1. ทำให้การหายใจสุกช้าลง (proteins, pigment)
2. inhibit activity ของ enzymes บางตัว (succino dehydrogenase cytochrome oxidase)
3. การสร้างสารพวกน้ำมันหอมระเหยลดลง
4. สารพวกกรดอินทรีย์เปลี่ยนไป (succinic acid)
5. การแตกสลายของ pectic acid ลดลง
6. ยับยั้งการสังเคราะห์ chlorophyll

มหาวิทยาลัยนเรศวร Pibulsongkram Rajabhat University

7. ทำให้สัดส่วนของน้ำตาลเปลี่ยนไป โดยเฉพาะ chestnuts จะหวานขึ้น เมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำ CO_2 สูง

8. ความเข้มข้นของ CO_2 สูง จะทำให้การเปลี่ยนแปลงของ climacteric Pattern เลื่อนออกไป

9. ที่ CO_2 สูง (>15%) จะทำให้รสชาติดีขึ้นเนื่องจากมีการสะสมของ ethanol และ ethanal ทำให้เกิดกลิ่น รส เปลี่ยนไป

10. ทำให้ pH เพิ่มและลดระดับ ascorbic acid โดย Thornton (1931) ได้เก็บกล้วยใน 72% CO_2 ที่ 77°F พบว่า pH เพิ่ม 0.61 หลังจาก 20 ชม. และพบว่าปริมาณของ ascorbic acid ลดลงและจะไม่พบ dehydroascorbic acid

11. ถ้า CO_2 และอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดขบวนการ browning reaction

12. ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ความสัมพันธ์ระหว่าง ethylene และ CO_2

Blanpied และ Hansen (1969) พบว่า 10% CO_2 จะขัดขวางการทำงานของ 100 ppm ethylene ในกล้วยเก็บที่อุณหภูมิห้อง โดยดูเหมือนว่า CO_2 จะแข่งขันกับ ethylene ที่ specific location ใน receptor site (Burg และ Burg 1965) จึงเป็นไปได้ที่ CO_2 จะยับยั้งการสร้าง ethylene

Combined effect ของ CO_2 , O_2 และอุณหภูมิ

ส่วนมากสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บเพื่อยืดอายุผลไม้ คือ อุณหภูมิ 32 – 40°F ความเข้มข้นของ O_2 3% CO_2 0 – 5% แต่ผลไม้บางอย่าง เช่น apple อาจเกิด browning reaction ได้ ถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำ CO_2 สูง (Roberts et. al. 1965) ศึกษาที่ 32°F CO_2 2.4 – 6% O_2 1.2, 2.2, 13.2% โดยศึกษาน้ำหนักที่หายไป, สีของผล, ผลที่ทำให้สรีระวิทยาไม่ทำงาน, ความแน่นของพืชผักผลไม้, ความเป็นกรด, ค่าของสารอินทรีย์ พบว่า

1. น้ำหนักลดลงเมื่อ O_2 ลด CO_2 เพิ่ม

2. สีเขียวของพืชจะยังคงอยู่ เมื่อ ระดับต่ำและจะไม่มีผลเมื่อความเข้มข้นของ เพิ่มขึ้น

3. ความแน่นและความเข้มข้นของ O_2 จะมีความสัมพันธ์กันไปในทางลบ แต่กับความเข้มข้นของ CO_2 จะสัมพันธ์กันทางบวก

วิ
๖๖๘.๘
กษ๗ก
๙.๑
128728

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ความชื้นและ ethylene **ระหว่างการเก็บ** เพื่อยืดอายุการเก็บควรจะ remove ethylene โดยใช้ $KmnO_4$ Burg และ Burg (1966) พบว่าการ inhibit rirening ทำโดย hypobaric โดยสภาวะนี้จะทำให้ partial pressure ของ ethylene และ O_2 ลดลง แต่ถ้าต้องการให้ผลไม้สุกเร็ว ต้องเพิ่มความเข้มข้นของ ethylene และ O_2 และใน C.A. Storage หรือ packages อาจเกิดน้ำซึ่งทำให้เกิดราได้ แม้จะใช้ความเข้มข้นของ CO_2 สูงก็ตาม จึงควรใช้ fungicides ช่วยด้วย

พฤติกรรมภายหลัง C.A. Storage หลังจากการเก็บใน C.A. เมื่อนำ product ออกสู่บรรยากาศปกติ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น เนื่องจากการหายใจเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเลือกเก็บแบบ C.A. โดยเลือกใช้ condition ที่เหมาะสมแล้วจะทำให้ Organoleptic propesties ดีขึ้น

ผักและผลไม้ที่ใช้ศึกษาเพื่อยืดอายุการเก็บส่วนมากจะเป็นผักและผลไม้ซึ่งปลูกได้ดีทางภาคเหนือ มีอากาศหนาวเย็น เช่น broccoli มะเขือเทศ ผักสลัด radish brussels sprouts ฯลฯ โดยการเก็บแบบต่าง ๆ ในสภาพที่เหมาะสม ทำให้สามารถยืดอายุความสดของผักผลไม้เหล่านั้นได้ นอกจากนั้นยังได้ศึกษา ethylene gas ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการสุกของผักผลไม้เหล่านั้น ดังการทดลองต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ผักที่ใช้ในการทดลอง คือ พริกชี้ฟ้า ขิง หอมหัวใหญ่ ถั่วฝักยาว ต้นหอม ผักคะน้า มะเขือเทศ มะนาว แตงกวา ซื้อจากตลาดกลางผักสดในอำเภอเมืองพิษณุโลกซึ่งเป็นที่รวมของตลาดผักในเขตภาคเหนือตอนล่าง พืชผักสดที่ใช้ในการทดลองศึกษาจะต้องสด ไม่เน่าช้ำ หรือเป็นแผลอันเกิดจากการกระทบกระแทก ก่อนเก็บต้องเลือกส่วนที่ช้ำทิ้ง ผักบางชนิดต้องล้างน้ำหรือ fungicide (sodium carbonate) เช่น ผักการหอมสลัด ผักคะน้า มะนาว ส่วนผักบางชนิดไม่ต้องล้างก่อนเก็บ ใช้กระดาษหรือผ้าเช็ดให้สะอาดก่อนเก็บ เช่น มะเขือเทศ แตงกวา เห็ด

4.2 วิธีดำเนินการทดลอง

4.2.1 สภาวะการเก็บผัก

1. เก็บที่อุณหภูมิห้อง
2. เก็บในห้องเย็นหรือเย็นอุณหภูมิต่ำกว่า 10° C (6 – 8°C)
3. เก็บในห้องปรับอากาศ

4.2.2 วิธีการเก็บ ลักษณะการเก็บดังนี้

1. วางไว้ธรรมดา
2. เก็บใส่ถุงพลาสติกชนิดร้อน (polypropylene) ปิดปากถุง เจาะรู
3. เก็บใส่ถุงสุญญากาศ
4. ใส่ถุง มี $CaCl_2$ บรรจุอยู่
5. ชุบ $CaCl_2$ 1000 ppm, 2000 ppm
6. ชุบ Ascorbic acid 0.05% + $CaCl_2$ 2000 ppm
5. ใส่ $C_2H_5 - OH$

นำผักแต่ละชนิดประมาณชนิดละ 5 ต้น บรรจุใส่ถุงตามหัวข้อ 4.2.2 ให้เพียงพอต่อการทำการทดลองทุกการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4.2.3 นำผักที่บรรจุใส่ถุงตามข้อ 4.2.2 เก็บในสภาวะต่าง ๆ ตามหัวข้อ 4.2.1 สังเกตลักษณะผักทางด้านต่าง ๆ คือ ความสด ความเหี่ยว สีที่เปลี่ยน ลักษณะความแข็ง สังเกตการเปลี่ยนแปลงทุกวัน ตั้งแต่วันที่ 18 มกราคม 2542

4.3 ติดตามการเปลี่ยนแปลง

ทางด้านความเหี่ยว ความแข็ง am เต่ง และสีของผักที่เก็บสภาวะต่าง ๆ โดยการสังเกต ติดตามผลทุกวัน

เริ่มเก็บวันที่ 18 มกราคม 2542

ผักที่ใช้ในการทดลอง พริกซี้ฟ้า ขิง หอมหัวใหญ่ ถั่วฝักยาว ต้นหอม ผักคะน้า มะเขือเทศ แตงกวา มะนาวสดทุกชนิด

วันที่ 18 มกราคม 2542 ศึกษาสีเริ่มต้นของผักโดยใช้ R.H.S. colour Chart

ผัก	สี	
พริก	yellow - green	140 C
ขิง	greyed – orange	163 C
หอมหัวใหญ่	greyed – yellow	160 C
ถั่วฝักยาว	green	139 C
ต้นหอมใบ	green	137 C
ผักคะน้า	green	139 C
แตงกวา	yellow – green	144 C
มะเขือเทศ	greyed - orange	171 C
มะนาว	green	137 C

4.3.1 ติดตามผลการเก็บผักที่อุณหภูมิห้อง

ผลการติดตามตั้งแต่วันที่ 18 มกราคม 2542 เก็บในอุณหภูมิห้อง

1. ผักที่เก็บวางไว้ธรรมดาที่อุณหภูมิห้อง วันที่ 2 – 3 ผักเริ่มเหี่ยว ต้นหอม ผักคะน้า ใบเริ่มเหี่ยว ปลายใบสีเริ่มเหลือง ถั่วฝักยาว เส้นเริ่มพองนิ่ม วันที่ 4 เหี่ยวหมดทั้ง 3 ชนิด ถั่วฝักยาวนิ่ม แตงกวาสีเหลือง นิ่ม เหี่ยว

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2. วางผักไว้ที่อุณหภูมิห้อง สังเกตความเหี่ยวตั้งแต่วันที่ 18 – 22 มกราคม 2542 ผักและผลไม้ทุกชนิด เหี่ยวหมด และสีเปลี่ยนจากเดิม มีถั่วฝักยาว, ต้นหอม, คะน้า, แตงกวา, พริก แช่แอลกอฮอล์ ใส่ถุงเจาะรู ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ

คะน้า	เน่า สีเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ ๆ
ต้นหอม	เน่า สีเปลี่ยน
ขิง	เน่า
ถั่วฝักยาว	สีเปลี่ยน
แตงกวา	สีเปลี่ยน นิ่ม เริ่มเน่า
มะเขือเทศ	เน่า

3. สังเกตดูความเหี่ยว โดยใช้ $CaCl_2$ เก็บระหว่างวันที่ 18 – 22 มกราคม 2542 ชุบสารละลาย $CaCl_2$ + citric acid วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ต้นหอม	ปลายใบเหลือง
ถั่วฝักยาว	เหี่ยว เริ่มเปลี่ยนสี
คะน้า	ปลายใบเหี่ยว เริ่มเปลี่ยนสี
พริก	เหี่ยว
หอมหัวใหญ่	เหี่ยว
ขิง	เริ่มเหี่ยว
มะนาว	เริ่มเหี่ยว
มะเขือเทศ	ยังสดอยู่
แตงกวา	เหี่ยว

4. แช่ $CaCl_2$ แพคสุญญากาศ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

มะนาว	ยังสดอยู่
มะเขือเทศ	ยังสด
แตงกวา	ช้ำ, เหี่ยว
หัวหอมใหญ่	สด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Pibulsongkram Rajabhat University

5. ใส่ $CaCl_2$ มัดปากถุง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

คะน้า	ใบเหลือง, เหี่ยว
พริก	เหี่ยวเป็นบางเม็ด
มะเขือเทศ	เน่า
หอมหัวใหญ่	ผลอ่อน
ขิง	เหี่ยว
แตงกวา	เหี่ยว
มะนาว	เหี่ยว

6. แพคสุญญากาศธรรมดา ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

คะน้า	เน่า
ขิง	ยังสด
หอมหัวใหญ่	ยังสด
พริก	บางเม็ดเริ่มเน่า
มะเขือเทศ	เน่า

4.3.2 ติดตามผลการเก็บผักที่เก็บในห้องเย็น (อุณหภูมิ 6 – 8°C)

ตั้งแต่วันที่ 18 มกราคม 2542

1. ผักใส่ถุงเจาะรู เก็บในห้องเย็น ระหว่างวันที่ 18 – 22 มกราคม 2542

   วันแรก หัวหอม ต้นหอม พริก มะเขือเทศ สด

   ถั่วฝักยาว คะน้า แตงกวา ขิง เริ่มเหี่ยว

2. ผักใส่ $CaCl_2$ ในถุงผัก

   คะน้า ต้นหอม ถั่วฝักยาว มะนาว มะเขือเทศ พริก สดเหมือนวันแรก

   แตงกวา ขิง เหี่ยว

3. ผักบรรจุสุญญากาศ

   คะน้า หัวหอม มะเขือเทศ ถั่วฝักยาว ต้นหอม มะนาว แตงกวา เริ่มเหี่ยว

4. ผักแช่ใน $CaCl_2$ + citric acid

   มะนาว แตงกวา ถั่วฝักยาว เหี่ยว

   มะเขือเทศ ต้นหอม เน่า

มหาวิทยาลัยศิลปากร Pibulsongkram Rajabhat University

5. ผักชุบ C_2H_5 - OH (15%) แช่ในตู้เย็น
คะน้า ใบเหี่ยว 2 ใบ ผักนอกนั้นสดหมด

4.4 การติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของผักที่เก็บที่สภาวะต่าง ๆ
โดยใช้ **R.H.S.** Colour Chart ระหว่างวันที่ 18 - 22 มกราคม 2542 สรุปดังตาราง

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงสีของผักที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ระหว่างวันที่ 18-22 มกราคม 2542

ชนิดของผัก	ใส่ $CaCl_2$ มัดปากถุง	วางไว้ ธรรมดา	มัดปากถุง เจาะรู	แช่ $CaCl_2$ แพคสุญญากาศ	แพคสุญญากาศ ธรรมดา	แช่ของผสม แพคสุญญากาศ
ต้นหอม	Y-Gn 144 A	Y-Gn 145 A	-	-	-	-
พริก	Y-Gn 151 B	R – 43 B	Y-Gn 151 A	-	-	-
ถั่วฝักยาว	Y-Gn 149 C	เน่า	Y-Gn 144 D	-	-	Y-Gn 145 A
ขิง	Gy-O 172 B	Gy-Y 161 A	Gy-O 164 D	-	Gy-O 164 B	-
คะน้า	เน่า	เน่า	-	-	-	-
หอมหัวใหญ่	-	Y-Gn 145 C	Y-Gn 150 C	Gy-Y 160 C	เน่า	-
แตงกวา	Y-Gn 149 B	Y-Gn 153 C	Gn 143 B	Y-Gn 143 B	-	Y-Gn 145 A
มะเขือเทศ	R – 45 A	Gy-R 179 A	R – 45 B	O – R 34 A	-	-
มะนาว	-	Y-Gn 144 B	Y-Gn 150 A	Y-Gn 144 A	-	Gn 143 A

หมายเหตุ Y = Yellow
Gn = Green
Gy = Grey
O = Orange
W = White

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงสีของผักที่เก็บในห้องเย็น วันที่ 22 มกราคม 2542

ชนิดของผัก	ใส่ $CaCl_2$	ใส่ถุงเจาะรู	แช่ alcohol	แช่ ของผสม แพคสุญญากาศ	ใส่ $CaCl_2$ มัดปากถุงธรรมดา
ต้นหอม	Y-Gn 144 A	Y-Gn 145 B		Gn 141 A	-
พริก	Y-Gn 145 A	Y-Gn 154 C	Y-Gn 152 D	Y-O 151 A	Y-Gn 150 C
ถั่วฝักยาว	Y-Gn 144 B	Y-Gn 145 C	Y-Gn 152 A	Gn 140 B	Y-Gn 144 A
ขิง	Gy-Y 161 A	Gy-Y 161 A	Gy-Y 161 B	-	Gy-Y 161 A
คะน้า	Y-Gn 145 A	Y-Gn 151 A	Y-Gn 152 A	Gn 141 B	-
หอมหัวใหญ่	Y 3 D	Y-Gn 145 C	Y-Gn 152 A	Y-Gn 150 D	-
แตงกวา	Y-Gn 153 B	Y-Gn 144 B	Y-Gn 153 B	Y-Gn 144 B	Y-Gn 145 A
มะเขือเทศ	R 42 A	R 44 A	Gy-O 172 A	-	R 44 A
มะนาว	Gn 143 B	Y-Gn 153 C	Y-Gn 152 A	Gn 143 C	-

ชนิดของผัก	มัดปากถุง ธรรมดา	ตั้งไว้เฉย ๆ	แช่ $CaCl_2$ แพคสุญญากาศ	แพคสุญญากาศ ธรรมดา	ใส่ $CaCl_2$ แพคสุญญากาศ
ต้นหอม	-	Gn 143 A		Gn 141 D	-
พริก	-	Y-Gn 145 A		-	Y-Gn 151 A
ถั่วฝักยาว	-	Y-Gn 145 A		Gn 143 B	-
ขิง	-	Gy 161 B		Gy-Y 161 A	-
คะน้า	-	Gn 143 B		Gn 143 A	-
หอมหัวใหญ่	-	Y-Gn 150 D	Y-Gn 145 C	Y-Gn 150 D	Y-Gn 150 D
แตงกวา	-	Gn 143 A	Y-Gn 144 A	Y-Gn 144 C	-
มะเขือเทศ	-	R 44 B	R 45A	R 46 A	-
มะนาว		Gn 144 A	Gn 143 B	Gn 141 C	-

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี Rambhaiphanni Rajabhat University

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงสีของผักที่เก็บในห้องปรับอากาศ วันที่ 18 – 22 มกราคม 2542

ชนิดของผัก	แพคสุญญากาศ ธรรมดา	แช่ของผสม แพคสุญญากาศ	แช่ alcohol 47.5% มัดปากถุง	แช่ $CaCl_2$ แพคสุญญากาศ	แช่ alcohol 15% มัดปากถุงเจาะรู
ต้นหอม			Y-Gn 147 A	-	เน่า
พริก	Y-Gn 153 B		Y-Gn 153 D		Y-Gn 153 B
ถั่วฝักยาว	Y-Gn 146 C	Y-Gn 143 C	Y-Gn 148 B		Y-Gn 153 C
ขิง	Gy-O 165 C		Gy-O 164 B		Gy-O 164 B
คะน้า			Y-Gn 147 A		เน่า
หอมหัวใหญ่	Y-Gn 154 D	Y-O 22 A	เน่า	-	Y 2 C
แตงกวา		เน่า	Y-Gn 154 D	เน่า	Y-Gn 145 A
มะเขือเทศ		R 45A	O - R 31A		เน่า
มะนาว		Gn 141 A		Gn 143 B	Y-Gn 153 B

ชนิดของผัก	มัดปากถุงเจาะรู	ใส่ $CaCl_2$ มัดปากถุงธรรมดา	มัดปากถุง ธรรมดา
ต้นหอม	Gn 142 C	Gn 142 B	-
พริก	Y-Gn 146 C	Y-Gn 151 A	Y-Gn 150 C
ถั่วฝักยาว	Y-Gn 145 C	Y-Gn 151 B	Y-Gn 145 C
ขิง	Gy-Y 161 A	Gy-O 164 B	-
คะน้า	-	Y-Gn 152 A	-
หอมหัวใหญ่	Y 8 C	Y-Gn 150 D	O – R 34 B
แตงกวา	Y-Gn 145 B	Gn 143 A	Y-Gn 142 B
มะเขือเทศ	O – R 34 A	–	O – R 33 A
มะนาว	Y-Gn 144 C	Y-Gn 152 B	Y-Gn 144 A

4.5 ทำการทดลองซ้ำข้อ 4.1 – 4.3 ทุกตารางทดลอง ๆ ละ 3 ครั้ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี Rambhaibarni Rajabhat University

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาอายุการเก็บผักในสภาวะเก็บที่อุณหภูมิห้อง ห้องปรับอากาศ และห้องเย็น โดยการเก็บผักโดยวิธีการต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว

สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. อายุการเก็บตั้งแต่วันเริ่มเก็บจนถึงวันที่ผักเริ่มเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิม ด้านความสด สี รูปร่าง ความเหี่ยว สรุปดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงอายุการเก็บผักสดที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ชนิดผัก	ลักษณะการเก็บ	อุณหภูมิห้อง (วัน)	ห้องปรับอากาศ (วัน)	ห้องเย็น (วัน)
1. พริก	1. วางไว้ธรรมดา	4	5	10
	2. ใส่ถุงพลาสติกเจาะรู	4	5	14
	3. ใส่ถุงสุญญากาศ	4	4	10
	4. ชุบ $CaCl_2$	4	4	10
	5. ชุบ $CaCl_2$ + Ascorbic acid	5	5	12
	6. ชุบ $C_2H_5 - OH$	6	6	11
2. ขิง	1. วางไว้ธรรมดา	5	5	16
	2. ใส่ถุงพลาสติกเจาะรู	4	5	18
	3. ใส่ถุงสุญญากาศ	4	4	16
	4. ชุบ $CaCl_2$	5	5	18
	5. ชุบ $CaCl_2$ + Ascorbic acid	5	5	18
	6. ชุบ $C_2H_5 - OH$	6	6	16

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ชนิดผัก	ลักษณะการเก็บ	อุณหภูมิห้อง (วัน)	ห้องปรับอากาศ (วัน)	ห้องเย็น (วัน)
3. หอมหัวใหญ่	1. วางไว้ธรรมดา	5	5	15
	2. ใส่ถุงพลาสติกเจาะรู	5		
	3. ใส่ถุงสุญญากาศ	4	4	14
	4. ชุบ $CaCl_2$	4	4	14
	5. ชุบ $CaCl_2$ + Ascorbic acid	5	5	15
	6. ชุบ $C_2H_5 - OH$	5	5	15
4. ถั่วฝักยาว	1. วางไว้ธรรมดา	4	4	6
	2. ใส่ถุงพลาสติกเจาะรู	4	4	6
	3. ใส่ถุงสุญญากาศ	4	4	6
	4. ชุบ $CaCl_2$	5	5	8
	5. ชุบ $CaCl_2$ + Ascorbic acid	5	5	8
	6. ชุบ $C_2H_5 - OH$	4	4	7
5. ต้นหอม	1. วางไว้ธรรมดา	3	3	5
	2. ใส่ถุงพลาสติกเจาะรู	3	3	5
	3. ใส่ถุงสุญญากาศ	3	3	5
	4. ชุบ $CaCl_2$	3	3	6
	5. ชุบ $CaCl_2$ + Ascorbic acid	3	3	7
	6. ชุบ $C_2H_5 - OH$	3	3	6
6. ผักคะน้า	1. วางไว้ธรรมดา	3	3	5
	2. ใส่ถุงพลาสติกเจาะรู	3	3	6
	3. ใส่ถุงสุญญากาศ	3	3	7
	4. ชุบ $CaCl_2$	4	4	8
	5. ชุบ $CaCl_2$ + Ascorbic acid	4	4	8
	6. ชุบ $C_2H_5 - OH$	4	4	7

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ชนิดผัก	ลักษณะการเก็บ	อุณหภูมิห้อง (วัน)	ห้องปรับอากาศ (วัน)	ห้องเย็น (วัน)
7. มะเขือเทศ	1. วางไว้ธรรมดา	4	7	15
	2. ใส่ถุงพลาสติกเจาะรู	4	7	17
	3. ใส่ถุงสุญญากาศ	4	8	20
	4. ชุบ $CaCl_2$	4	8	18
	5. ชุบ $CaCl_2$ + Ascorbic acid	4	10	18
	6. ชุบ $C_2H_5 - OH$	4	12	19
8. แตงกวา	1. วางไว้ธรรมดา	4	7	7
	2. ใส่ถุงพลาสติกเจาะรู	4	7	7
	3. ใส่ถุงสุญญากาศ	4	7	10
	4. ชุบ $CaCl_2$	5	6	12
	5. ชุบ $CaCl_2$ + Ascorbic acid	5	6	12
	6. ชุบ $C_2H_5 - OH$	5	6	12
9. มะนาว	1. วางไว้ธรรมดา	5	5	20
	2. ใส่ถุงพลาสติกเจาะรู	5	6	25
	3. ใส่ถุงสุญญากาศ	6	7	30
	4. ชุบ $CaCl_2$	6	10	35
	5. ชุบ $CaCl_2$ + Ascorbic acid	6	10	35
	6. ชุบ $C_2H_5 - OH$	7	10	35 – 36

2. จากการทดลองการยืดอายุการเก็บผักที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน คือ อุณหภูมิห้อง ห้องปรับอากาศ และห้องเย็น (6–8°C) พบว่าห้องเย็นจะเก็บได้นานที่สุด (ดังตาราง) โดยเฉพาะมะนาวแช่แอลกอฮอล์ 15% เก็บได้นานประมาณ 35 วัน ยังสดอยู่ สีผิวเหมือนวันเริ่มเก็บวันแรก เพราะแอลกอฮอล์จะฆ่าเชื้อพวก Fungi เชื้อราต่าง ๆ ที่ผิวทำให้เก็บได้นานไม่เน่าเสีย และการเก็บมะนาวโดยวิธีนำมะนาวแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ใส่ถุงเก็บที่อุณหภูมิต่ำ เก็บได้ประมาณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

35 วัน ผิวยังสดเหมือนเดิม เพราะ Ca^{+2} จะเข้าไปรวมกับ pectic acid ทำให้เกิด in soluble จึงแข็งและสดกว่าวิธีอื่น

3. ดังนั้น จากการทดลองนี้ถ้าต้องการเก็บผักสดให้สดกว่าธรรมชาติกำหนดไว้ ต้องคำนึงถึงหลัก คือ

อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิต่ำผักหายใจช้า การผลิตเอทธิลีนเกิดได้น้อย การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เกิดยาก ทำให้เก็บผักสดได้นาน

ความชื้น จากการทดลองพบว่า การเก็บผักความชื้นควรจะพอเหมาะ ความชื้นน้อยไป ห้องปรับอากาศ ทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นหรือน้ำในผัก ทำให้ผักเหี่ยวเฉาง่าย แต่ถ้าชื้นมากไปก็อาจจะทำให้เชื้อราและแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดี ใช้เทคนิคกำจัดความชื้น, ไอน้ำ โดยบรรจุแคลเซียมคลอไรด์ใส่ถุงพลาสติกเจาะรู

แก๊ส ethylene ควบคุมให้เกิดปริมาณแก๊ส ethylene น้อยที่สุดโดยเก็บในสุญญากาศ และไม่ให้เกิดการสร้างแก๊ส ethylene ในระหว่างเก็บบาดแผลหรือรอยช้ำจะทำให้เกิด ethylene มากกว่าผักที่ไม่มีบาดแผลหรือรอยช้ำในระหว่างเก็บและต้องเก็บในห้องเย็นด้วย

ข้อเสนอแนะในการเก็บผักสด นอกจากจะต้องคำนึง อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊ส ethylene ดังกล่าวแล้ว สำหรับการเก็บผักสดโดยทั่วไปทำได้โดยพยายามลดปริมาณการสร้างแก๊ส ethylene ให้มีการถ่ายเทอากาศบรรจุในภาชนะโปร่ง ๆ หรือถุงพลาสติกเจาะรูเพื่อให้แก๊ส ethylene ถ่ายเทออกสู่ภายนอก หรือมะนาวเก็บแบบชาวบ้านโดยการหมกทรายที่ชื้น

มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก Pibulsongkram Rajabhat University

บรรณานุกรม

ถนอมนวล **พรหมบุญ. การศึกษาการเก็บผักและผลไม้.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2524.

วิชัย หฤทัยธนาสันต์, **หลักการถนอมและแปรรูปผักผลไม้เบื้องต้น,** ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2521, หน้า 16 – 19

เรืองศรี วาทกิจ, **การชลอการสุก และวิธีเก็บรักษามะม่วง,** วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 7 – 16

The editorial Staff of Sunset Books & Sunset Magazine, Vegetable gardening, Lane books Mento Park, California, 1973 p. 29 –63

Wareing, P.E., and Phillips, I.D.J., The control of growth and differentiation in plants, Perganon press Oxford, New York, 1970, p. 19 – 85

Lillian Hoagland Meyer, Food Chemistry, 7 th. ed., Modern Asia Edition, 1970, p. 87 –96, 218 – 288

Pantastico, ER.B., Postharvest Physiology, Westport, Connecticut, The AVI publishing company, inc. 1975, p. 75 – 215

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ผู้ช่วยงานวิจัย

นักศึกษาโปรแกรมเคมีปีที่ 4

1. นางสาวจุฬารัตน์ แสนเมืองอินทร์
2. นางสาวปริสนา โตพันธ์
3. นายประภาส พัฒนศิริ
4. นายภัทรวรรธน์ เศษสูงเนิน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University