บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

มะม่วง

มะม่วงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Mangifera indica* Linn. เป็นไม้ผลเขตร้อนที่เก่าแก่และสำคัญที่สุดชนิดหนึ่ง มีการปลูกทั่วไปแถบประเทศในเขตร้อน เช่น อินเดีย มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย จีน บังคลาเทศ ปากีสถาน เม็กซิโก สหรัฐอเมริกา และบราซิล (Mukherjee, 1997)

พันธุ์มะม่วงที่ปลูกอยู่ในปัจจุบันแบ่งตามลักษณะถิ่นกำเนิด และการกระจายสายพันธุ์ได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. มะม่วงกลุ่มอินเดีย (Indian type)

เป็นมะม่วงที่มีถิ่นกำเนิดทางตอนเหนือของประเทศอินเดีย ปากีสถาน และปลูกมากในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา มะม่วงกลุ่มนี้มีลักษณะเด่น คือเมล็ดที่เพาะจะให้ต้นกล้า 1 ต้นต่อเมล็ด ต้นกล้าที่ได้มีโอกาสกลายพันธุ์ได้มาก เพราะเป็นต้นกล้าที่เกิดจากการผสมพันธุ์โดยตรง เมื่อผลมะม่วงสุกจะมีกลิ่นแรง (กลิ่นคล้ายขี้ไต้) ผลมะม่วงในกลุ่มนี้มีสีสันสะดุดตา เช่น มีผิวสีแดง สีม่วง สีส้ม และสีเหลืองเข้ม ตัวอย่างเช่น มะม่วงพันธุ์คีท (Keitt) ปาลเมอร์ (Palmer) เออร์วิน (Irwin) และเคนท์ (Kent) (สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จังหวัดเชียงใหม่, 2548)

2. มะม่วงกลุ่มอินโดจีน (Indochina type)

เป็นมะม่วงของแถบอินโดจีนและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย เป็นต้น มะม่วงกลุ่มนี้เป็นมะม่วงที่คนไทยรู้จักกันดี เมื่อนำเมล็ดมาเพาะจะให้ต้นกล้ามากกว่า 1 ต้นต่อเมล็ด ต้นกล้าที่ได้ส่วนมากจะตรงตามพันธุ์เดิม เพราะเป็นต้นกล้าที่เกิดจากส่วนของเนื้อเยื่อภายในเมล็ดของต้นแม่ ไม่ได้เกิดจากการผสมพันธุ์ แต่จะมีการกลายพันธุ์บ้างในบางต้น มะม่วงในกลุ่มนี้มีผลสีเขียวหรือเหลือง ผิวผลบาง ช้ำง่าย อายุการเก็บรักษาสั้น การขนส่งต้องระมัดระวังเป็นอย่างมาก มีรสหวานอมเปรี้ยวจนถึงหวานจัด เนื้อละเอียด เนื้อผลสุกมีกลิ่นไม่แรง แต่จะมีกลิ่นหอมอ่อนๆ ตัวอย่างเช่น มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ แรด และเขียวเสวย (สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จังหวัดเชียงใหม่, 2548)

3. มะม่วงกลุ่มลูกผสม

เป็นมะม่วงที่มีการปรับปรุงพันธุ์และคัดพันธุ์เพื่อให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ปรับปรุงคัดพันธุ์มะม่วงมานานกว่า 70 ปีแล้ว โดยพยายามปรับปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์มะม่วงให้ได้ผลมะม่วงที่มีสีสันสะดุดตา เช่น สีแดงเข้ม สีเหลืองอมส้ม สีม่วง หรือหลายๆ สีปนกัน เป็นต้น เพราะมะม่วงที่มีผิวผลสีเข้มๆ จะสะดุดตาผู้บริโภคมากกว่าผลที่มีผิวผลสีอ่อนๆ หรือสีเขียว นอกจากเรื่องสีผิวแล้วยังต้องมีสมบัติอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ลักษณะของเนื้อ กลิ่นและรสชาติ คุณภาพในการเก็บรักษา และความทนทานต่อการขนส่ง เป็นต้น มะม่วงพันธุ์ลูกผสมนี้เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์โดยคัดพันธุ์มาจากมะม่วง 2 กลุ่มแรก ตัวอย่างเช่น มะม่วงพันธุ์มหาชนก (สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จังหวัดเชียงใหม่, 2548)

นอกจากนี้มะม่วงยังสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของผลได้อีก 3 ประเภท คือ

1. มะม่วงบริโภคผลดิบหรือมะม่วงมัน

มะม่วงกลุ่มนี้จะมีรสหวานเมื่อตอนแก่จัด ถึงแม้จะยังไม่สุก เช่น เขียวเสวย พิมเสนมัน และแรด อีกกลุ่มหนึ่งมีรสมันไม่เปรี้ยวถึงแม้ผลยังเล็ก เช่น สายฝน ฟ้าลั่น และหนองแซง เป็นต้น โดยทั่วไปมะม่วงที่บริโภคผลดิบทุกชนิดจะเก็บรักษาไว้ในลักษณะมะม่วงแก่ได้ไม่กี่วัน ก็จะเริ่มสุก ซึ่งโดยมากจะมีรสจืดชืด ไม่อร่อยเหมือนขณะยังดิบอยู่ ดังนั้นจึงไม่นิยมที่จะส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศหรือส่งไปจำหน่ายยังจังหวัดที่อยู่ห่างไกล (ภูวนาท, 2540)

2. มะม่วงบริโภคผลสุก

มะม่วงกลุ่มนี้เมื่อผลดิบจะมีรสเปรี้ยวมาก ดังนั้นจึงนิยมเก็บเกี่ยวออกจากต้นเมื่อผลแก่เต็มที่ แล้วบ่มให้สุกจึงนำมาบริโภค เมื่อผลสุกแล้วจะมีรสหวานและมีกลิ่นหอม พันธุ์มะม่วงที่บริโภคผลสุก ได้แก่ อกร่องทอง พิมเสน หนังกลางวัน ลิ้นงูเห่า และน้ำดอกไม้ เป็นต้น (ภูวนาท, 2540)

3. มะม่วงใช้แปรรูป

เป็นมะม่วงที่มีผลดก ผลขนาดเล็กถึงปานกลาง เมื่อผลแก่จัดจะมีรสมันอมเปรี้ยว เมื่อผลสุกจะมีรสหวานอมเปรี้ยวหรือจืดชืด ผลดิบใช้ทำมะม่วงตากแห้งหรือมะม่วงดอง ผลสุกใช้เนื้อแปรรูปเป็นมะม่วงกวน และมะม่วงแผ่น สำหรับพันธุ์มะม่วงที่ใช้แปรรูปอย่างแพร่หลายปัจจุบันนี้ ได้แก่ มะม่วงแก้ว มะม่วงพิมเสนเปรี้ยว และมะม่วงพันธุ์อื่นๆ ที่ไม่นิยมบริโภคผลสุก ส่วนมะม่วงสามปีนิยมใช้ผลสุกทำแยมและทำน้ำมะม่วงบรรจุกระป๋อง ซึ่งมีคุณภาพดีมาก เป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ (ภูวนาท, 2540)

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

เป็นมะม่วงประเภทบริโภคผลสุกที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมาก มีการเจริญเติบโตดี ใบใหญ่เป็นคลื่นทรงพุ่มโปร่ง ออกดอกดก แต่การติดผลปานกลาง และให้ผลทุกปี ผลมีขนาดใหญ่ น้ำหนักประมาณ 350-400 กรัม ผลกลมยาวปลายแหลม เนื้อมากเมล็ดเล็ก ลีบ และบาง เมื่อผลดิบมีรสเปรี้ยวจัด เปลือกสีเขียวนวล เมื่อผลสุกเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เนื้อสีเหลืองมีกลิ่นหอม ลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื้อละเอียดมีเสี้ยนค่อนข้างน้อย เนื่องจากมีเปลือกบางจึงชอกช้ำได้ง่าย และมักเป็นโรคแอนแทรกโนส (anthracnose) การเก็บเกี่ยวผลมะม่วงต้องเก็บเกี่ยวเมื่อผลแก่จัด โดยสังเกตดูเปลือกบริเวณส่วนหัวเริ่มมีสีแดงเรื่อๆ จึงจะนำไปบ่มได้ ผลสุกจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 18-23 เปอร์เซ็นต์ หากเก็บเกี่ยวผลอ่อนเกินไป เมื่อนำไปบ่มจะได้ผลมะม่วงสุกที่มีรสไม่ค่อยหวาน มะม่วงน้ำดอกไม้ผลสุกเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น (ภูวนาท, 2540)

มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ เป็นมะม่วงรับประทานสุกเกิดจากการกลายพันธุ์ของการเพาะเมล็ดของมะม่วงพันธุ์สามปี ปลูกได้ทั่วภูมิภาคของประเทศ บังคับให้ออกดอกได้ง่าย มะม่วงพันธุ์นี้มีสมบัติพิเศษคือ สามารถออกดอกและติดผลได้ตลอดทั้งปี แม้กระทั่งในฤดูฝน นอกจากนี้มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ยังเจริญเติบโตค่อนข้างดี ให้ผลผลิตหลังจากปลูกเพียง 2 ปีเท่านั้น ระยะเวลาออกดอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 110-120 วัน ลักษณะผลคล้ายมะม่วงพันธุ์พิมเสนมัน ผลมีขนาดกลาง น้ำหนักผลเฉลี่ย 270 กรัม ผลดิบมีสีเขียวอ่อน ผิวเรียบ รสจืดชืด เปลือกผลหนา เนื้อแข็ง ผลดิบนิยมนำไปแปรรูปเป็นมะม่วงดอง มะม่วงแช่อิ่ม แต่เมื่อผลสุก เนื้อจะแน่นละเอียด ไม่มีเสี้ยน และรสหวาน สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 5-7 วันโดยที่เนื้อไม่เละ (กาญจนา, 2543)

มะม่วงพันธุ์มหาชนก

มะม่วงมหาชนก เป็นมะม่วงพันธุ์ใหม่ที่ได้จากการผสมระหว่างมะม่วงพันธุ์ Sunset กับมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน (รวีและเปรมปรี, 2542) เป็นมะม่วงที่ผลมีรูปร่างกลม-ยาว ปลายผลงอนเล็กน้อย ขนาดผลค่อนข้างสม่ำเสมอ มีกลิ่นหอมเมื่อผลสุก และเมื่อผลสุกงอมจะมีกลิ่นหอมฉุน ผิวของผลเนียนละเอียด เมื่อผลสุกมีสีเหลืองทองทั่วทั้งผล มะม่วงพันธุ์นี้หากถูกแสงแดดจัด เมื่อผลแก่จัดจะมีเปลือกสีแดงสวย และหากมีการห่อผลไม่ให้ถูกแสงแดดจะมีสีผลสีเหลืองสดใส เมื่อผลเริ่มสุกจะมีผลสีเหลืองอ่อน และจะมีสีเหลืองเข้มขึ้นตามระยะการสุก เมื่อผลดิบเนื้อมีสีขาว-เขียว เมื่อผลสุกจะมีสีเหลืองทองเหมือนสีเปลือก มีเนื้อละเอียดแน่น เมล็ดเล็ก ลีบ และบางมาก รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย เมื่อผลสุกจะมีรสหวานอมเปรี้ยวถึงหวานมาก เมื่อผลสุกงอมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ (มนตรี, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณค่าทางโภชนาการของผลมะม่วง

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม และโพแทสเซียม คุณค่าทางโภชนาการของผลมะม่วงแสดงดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อมะม่วงส่วนที่บริโภคได้ (ต่อปริมาณ 100 กรัม)

Nutrient	Value per 100 grams	Units
Proximate		
Water	81.71	g
Energy	65	kcal
Energy	272	kJ
Protein	0.51	g
Total lipid (fat)	0.27	g
Ash	0.50	g
Carbohydrate, by difference	17.0	g
Fiber, total	1.8	g
Sugars, total	14.8	g
Minerals		
Calcium, Ca	10	mg
Iron, Fe	0.13	mg
Magnesium, Mg	9	mg
Phosphorus, P	11	mg
Potassium, K	156	mg
Sodium, Na	2	mg
Zinc, Zn	0.04	mg
Copper, Cu	0.11	mg
Manganese, Mn	0.027	mg
Selenium, Se	0.6	mcg
Vitamin		
Vitamin C, total ascorbic acid	27.7	mg

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Nutrient	Value per 100 grams	Units
Thiamin	0.058	mg
Riboflavin	0.057	mg
Niacin	0.584	mg
Pantothenic acid	0.160	mg
Vitamin B-6	0.134	mg
Folate, total	14	mcg
Folic acid	0	mcg
Folate, food	14	mcg
Folate, DFE	14	mcg_DFE
Chlorine, total	7.6	mg
Vitamin B-12	0	mcg
Vitamin B-12, added	0	mcg
Vitamin A, RAE	38	mcg_RAE
Retinol	0	mcg
Carotene, beta	445	mcg
Carotene, alpha	17	mcg
Cryptoxanthin, beta	11	mcg
Vitamin A, IU	765	IU
Lycopene	0	mcg
Lutein + zeaxanthin	0	mcg
Vitamin E (alpha-tocopherol)	1.12	mg
Vitamin E, added	0	mg
Vitamin K (phylloquinone)	4.2	mcg
Lipid		
Fatty acid, total saturated	0.066	g
4:0	0	g
6:0	0	g
8:0	0	g
10:0	0	g

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Nutrient	Value per 100 grams	Units
12:0	0.001	g
14:0	0.009	g
16:0	0.052	g
18:0	0.003	g
Fattu acid, total monosaturated	0.101	g
16:1 undifferentiated	0.048	g
18:1 undifferentiated	0.054	g
20:1	0	g
22:1 undifferentiated	0	g
Fatty acid, total polyunsaturated	0.051	g
18:2 undifferentiated	0.014	g
18:3 undifferentiated	0.037	g
18:4	0	g
20:4 undifferentiated	0	g
20:5 n-3	0	g
22:5 n-3	0	g
22:6 n-3	0	g
Cholesterol	0	mg
Amino acids		
Tryptophan	0.008	g
Threonine	0.019	g
Isoleucine	0.018	g
Leucine	0.031	g
Lysine	0.041	g
Methionine	0.005	g
Phenylalanine	0.017	g
Tyrosine	0.010	g
Valine	0.026	g
Arginine	0.019	g
Histidine	0.012	g

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Nutrient	Value per 100 grams	Units
Alanine	0.051	g
Aspartic acid	0.042	g
Glutamic acid	0.060	g
Glycine	0.021	g
Proline	0.018	g
Serine	0.022	g
Other		
Alcohol, ethyl	0	g
Caffeine	0	mg
Theobromine	0	mg

ที่มา: USDA Agricultural Research Service, 2008

ผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค

ผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่มีขั้นตอนการปฏิบัติการอย่างหนึ่งอย่างใดหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การล้างทำความสะอาด การปอกเปลือก การเอาไส้หรือเมล็ดออก การหั่นชิ้นหรือการซอยเป็นชิ้นเล็กๆ การบรรจุ และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยที่ผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคยังคงมีชีวิตอยู่ (จริงแท้, 2544) ปัจจุบันผลไม้สดพร้อมบริโภคมีปริมาณการบริโภคเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะผลไม้ที่มีผลขนาดใหญ่และปอกเปลือกยาก เช่น ทุเรียน ขนุน สับปะรด แตงโม และแคนตาลูป เนื่องจากผู้บริโภคต้องการความสะดวกสบาย รวดเร็ว ง่ายต่อการบริโภค และประหยัดเวลา (Rattanapanone *et al*., 2000)

จริงแท้ (2544) ได้สรุปข้อควรพิจารณาในการเลือกวัตถุดิบสำหรับแปรรูปผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคควรมีลักษณะดังนี้

1. ผลขนาดใหญ่ ทำให้ไม่สะดวกในการซื้อบริโภค
2. ราคา ถ้าราคาผลไม้สูงและมีผลขนาดใหญ่ การแปรรูปเป็นผลไม้สดพร้อมบริโภคจะดึงดูดความสนใจให้ผู้บริโภคซื้อได้ง่าย
3. ผลไม้หลายชนิดมีปัญหาในเรื่องคุณภาพภายในซึ่งตรวจสอบไม่ได้จากภายนอก การแปรรูปพร้อมบริโภคจะช่วยให้ตรวจสอบคุณภาพได้ดีขึ้น
4. ความยากในการปอกผลไม้บางชนิด เช่น ขนุน และทุเรียน ซึ่งปอกได้ยากและอาจมีอันตราย ทำให้ผู้บริโภคไม่อยากเสียเวลาหรือเสี่ยงในการปอกเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ส่วนเปลือกหรือส่วนที่บริโภคไม่ได้มีปริมาณมาก ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งและมีราคาแพงขึ้นโดยไม่จำเป็น
6. ผลไม้หลายชนิดมีปัญหาเรื่องการเข้าทำลายโดยแมลงวันผลไม้ ทำให้ส่งไปขายในต่างประเทศบางประเทศไม่ได้ ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพ เสียเวลา และค่าใช้จ่าย การแปรรูปเป็นผลไม้สดพร้อมบริโภคอาจช่วยแก้ปัญหานี้ได้

ขั้นตอนการผลิตผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค

กระบวนการแปรรูปผักผลไม้สดพร้อมบริโภคแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือการแปรรูปผักที่เป็นผักใบ และผลไม้ที่เป็นผลหรือพืชหัว (รูปที่ 2.1)

การเปลี่ยนแปลงของผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค

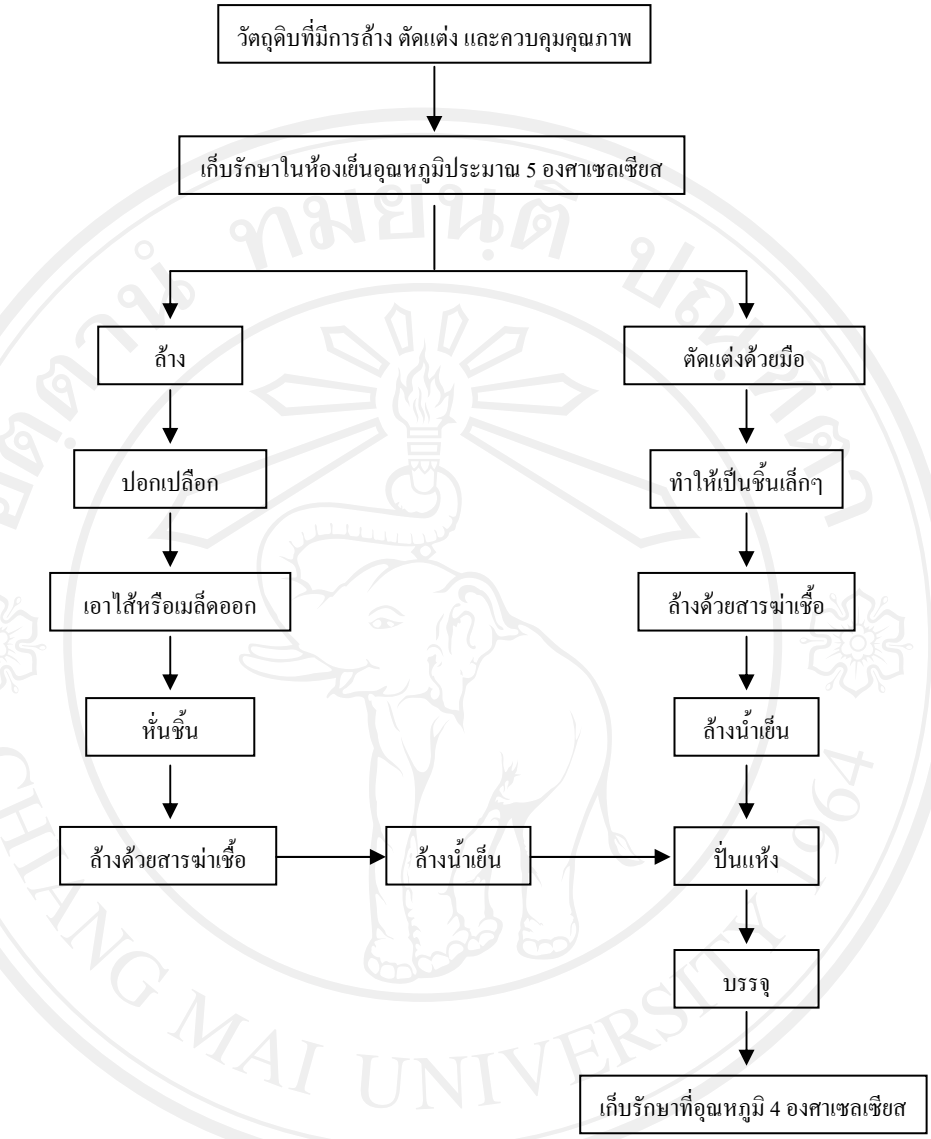
ผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนการแปรรูปต่างๆ เช่น การปอกเปลือก การตัด หรือหั่นเป็นชิ้น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ทำให้เซลล์ของผลิตผลถูกทำลาย ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา ดังนี้

1. อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน

การผลิตผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคเป็นกระบวนการที่ทำให้ผักและผลไม้เกิดบาดแผล ซึ่งเป็นสาเหตุให้ผักและผลไม้มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้น (Beaulieu and Lea, 2003) อัตราการหายใจของผักและผลไม้สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าผักและผลไม้นั้นจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานเพียงใด ผักและผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูงจะเน่าเสียเร็วและมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าผักและผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ (Rico *et al*., 2007)

การศึกษาอัตราการหายใจของแคนตาลูปที่หั่นด้วยมีดที่คมและทื่อ พบว่าความคมของมีดที่ใช้หั่นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการหายใจ เพราะส่งผลกระทบต่อการทำลายเซลล์บริเวณรอยตัด ตัวอย่างเช่น แคนตาลูปที่หั่นด้วยมีดทื่อมีอัตราการหายใจสูงกว่าแคนตาลูปที่หั่นด้วยมีดคมประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (Portela and Cantwell, 2001) ผลกีวีที่ปอกเปลือกและหั่นชิ้นมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนสูงกว่าผลกีวีที่ไม่ปอกเปลือก 2-4 เท่า (Agar *et al*., 1999) นอกจากนี้ Kim *et al*. (2004) ได้ศึกษาอัตราการหายใจของกะหล่ำปลีสีขาวและสีม่วงทั้งหัวและหั่นชิ้น พบว่ากะหล่ำปลีหั่นชิ้นมีอัตราการหายใจสูงกว่าโดยเมื่อเก็บรักษากะหล่ำปลีสีขาวทั้งหัวและหั่นชิ้นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีอัตราการหายใจซึ่งวัดปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คายออกมาเท่ากับ 0.8-1.1 mmol kg^{-1} per hour และ 0.9-1.5 mmol kg^{-1} per hour ตามลำดับ ส่วนกะหล่ำปลีสีม่วงทั้งหัวและหั่นชิ้นมีอัตราการหายใจ 0.6-0.8 mmol kg^{-1} per hour และ 1.1-1.4 mmol kg^{-1} per hour ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค
(ที่มา: ดัดแปลงจาก Varoquaux and Wiley, 1994)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

สาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค คือการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) เมื่อเซลล์ถูกทำลายในระหว่างกระบวนการผลิตผลไม้สดพร้อมบริโภค จะทำให้เอนไซม์ภายในเซลล์ออกมาเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างออกซิเจนในอากาศกับสารตั้งต้นได้อย่างอิสระ เอนไซม์สำคัญที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค คือเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ซึ่งจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารฟีนอล (phenolic compound) กับก๊าซออกซิเจน ทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำตาลขึ้นบริเวณรอยแผลของผักและผลไม้สด ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Toivonen and Brummell, 2008)

ผลิตผลบางชนิดเมื่อมีการหั่นชิ้นและเกิดบาดแผล บริเวณรอบๆ บาดแผลจะเกิดสีน้ำตาล (จริงแท้, 2544) เช่น ผลมังคุดที่ปอกเปลือกเมื่อจุ่มด้วยสารต้านการเกิดสีน้ำตาล แล้วเก็บรักษาไว้ในถุงเป็นเวลา 10 วัน พบว่าเนื้อมังคุดมีสีคล้ำ มีค่า L* ลดลงจาก 73 เป็น 60 (Manurakchinakorn *et al*., 2005) สับปะรดหั่นชิ้นที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์มีค่า L* ลดลงจาก 69 เหลือประมาณ 61 (Antoniolli *et al*., 2005) ส่วนลูกพลับหั่นชิ้นมีค่า L* ลดลงจาก 69 เหลือเพียงประมาณ 55 ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน (Perez-Gago *et al*., 2005) นอกจากนี้ผักบางชนิด เช่น fennel เมื่อหั่นแล้วบรรจุในถุง เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 10 วัน พบว่าค่า L* ลดลงจาก 65 เหลือเพียง 54 (Spagna *et al*., 2005)

3. การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคเกิดจากรอยแผลเมื่อทำการปอกเปลือกหรือหั่นชิ้นจะกระตุ้นให้มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น จะเร่งอัตราการหายใจและการเสื่อมสลายให้เร็วขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสของผักและผลไม้อ่อนนุ่ม (Toivonen and Brummell, 2008)

การเก็บรักษาเนื้อมังคุดที่ปอกเปลือกแล้ว ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าความแน่นเนื้อลดลงจาก 13 นิวตัน เหลือประมาณ 7-9 นิวตัน (Manurakchinakorn *et al*., 2005) ลูกพลับหั่นชิ้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน มีค่าความแน่นเนื้อลดลงจาก 3.04 นิวตัน เป็น 1.66 นิวตัน (Perez-Gago *et al*., 2005) ความแน่นเนื้อของแคนตาลูปหั่นชิ้นที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน ลดลงจาก 15 นิวตัน เหลือประมาณ 8-12 นิวตัน หากจุ่มในสารละลายแคลเซียมแล็กเทต ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการเก็บรักษา เป็นเวลา 1 นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงได้ประมาณ 25-33 เปอร์เซ็นต์ (Lana-Guzman and Barrett, 2000; Portela and Cantwell, 2001) ในสับปะรดหั่นชิ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความแน่นเนื้อลดลงจาก 55 นิวตัน เหลือเพียงประมาณ 40 นิวตัน เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน (Gonzalez-Aguilar *et al*., 2004)

4. การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี

การเก็บรักษาแรดิชหั่นชิ้นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid; TSS) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (titratable; TA) และปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid; AA) ลดลงมากกว่าแรดิชที่ไม่ได้หั่นชิ้น (Del Aguila *et al*., 2006) ผลกีวีหั่นที่ชิ้น เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน มีวิตามินซีลดลงประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ (Agar *et al*., 1999) สำหรับแคนตาลูปหั่นชิ้น ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณน้ำตาลมีความเข้มข้นลดลง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน เช่นเดียวกับผลมะเฟือง และแอปเปิล (Nicolais *et al*., 2005; Senesi *et al*., 2005; Teixeira *et al*., 2005)

5. การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา

การปอกเปลือกและหั่นชิ้นผักและผลไม้สด นอกจากจะเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี ทางสรีรวิทยาแล้ว ยังทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ง่ายด้วย เนื่องจากสารภายในเซลล์ที่รั่วไหลออกมาจากรอยบาดแผลของผักและผลไม้ เป็นแหล่งอาหารที่มีประโยชน์ ทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ดี และก่อให้เกิดการเน่าเสียของผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค (Brackett, 1994) ตัวอย่างเช่น ผลการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ของผักกาดหอมห่อที่หั่นและไม่หั่นชิ้น พบว่าผักกาดหอมห่อหั่นชิ้นมีจำนวนแบคทีเรีย และยีสต์-รา มากกว่าผักกาดหอมห่อที่ไม่ได้หั่นประมาณ 1.5 เท่า (Abadias *et al*., 2008) ผลการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ของแคนตาลูปหั่นชิ้น ที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 30 วินาที พบว่าสามารถควบคุมการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์-รา ได้ตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (Portela and Cantwell, 2001) นอกจากนี้ Klaiber *et al*. (2005) ได้ศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ของแครอทหั่นชิ้น ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน พบว่าแครอทหั่นชิ้นชุดควบคุมมีจำนวนจุลินทรีย์มากที่สุด และมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่จำนวนจุลินทรีย์ของแครอทหั่นชิ้นที่จุ่มในสารละลายคลอรีน มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การควบคุมคุณภาพของผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค

1. วัตถุดิบ

การผลิตผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค ควรใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีระยะการแก่และสุกที่เหมาะสม ควรคัดเลือกวัตถุดิบโดยอาจใช้เกณฑ์ต่างๆ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง สี รอยช้ำ และโรค

การคัดเลือกวัตถุดิบเป็นขั้นตอนที่สำคัญก่อนกระบวนการผลิต ซึ่งหากไม่คัดแยกวัตถุดิบที่ไม่มีคุณภาพออกไป อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหายได้ (Yildiz, 1994) เนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคจะมีผลต่ออายุการเก็บรักษามากกว่าการใช้สารที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพ (Plotto *et al*., 2004)

2. กระบวนการผลิต

สิ่งสำคัญในกระบวนการผลิตผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค คือการรักษาความสะอาด เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ขั้นตอนการผลิต บรรจุภัณฑ์ รวมทั้งสภาพแวดล้อมระหว่างกระบวนการผลิตด้วย

การลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นของผักและผลไม้นั้น ทำได้โดยการล้างทำความสะอาด เพราะไม่เพียงเป็นการกำจัดเศษหิน ดิน ทรายที่ติดมากับผลิตผลเท่านั้น แต่อาจทำให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาหลุดออกไปได้ การทำความสะอาดอาจทำได้โดยการแช่ผักและผลไม้ในน้ำแล้วใช้มือถูทำความสะอาด หรือใช้เครื่องฉีดน้ำไปยังผักและผลไม้ หรือใช้เครื่องกวนให้น้ำเคลื่อนที่เพื่อพัดเอาฝุ่นผงดินให้หลุดออกไป หรือใช้เครื่องพ่นฝอยน้ำไปยังผักและผลไม้ที่เคลื่อนที่มาตามสายพานก็ได้ การใช้หลายๆ วิธีร่วมกันจะทำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น แต่หากน้ำที่ใช้ล้างไม่สะอาดจะเป็นการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ให้กับผักและผลไม้ได้ การใช้สารฆ่าเชื้อ เช่น สารละลายคลอรีน สารละลายไฮโดรเจน-เพอร์ออกไซด์ หรือสารละลายกรดชนิดต่างๆ สามารถช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ดี (สุมาลี, 2541)

การปอกเปลือกและการหั่นชิ้น ควรใช้มีดที่สะอาด และคม การปอกเปลือก หรือหั่นชิ้นผลไม้โดยใช้มีดที่คมมากๆ จะทำให้เซลล์ของผลไม้ถูกทำลายน้อยลง เช่น การหั่นแคนตาลูปโดยใช้มีดที่คม ทำให้มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 6 วัน ในขณะที่การหั่นโดยใช้มีดที่ไม่คมจะมีอายุการเก็บรักษาน้อยกว่า 6 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (Portela and Cantwell, 2001) และหลังการใช้งานควรล้างและทำความสะอาดใบมีดทุกครั้ง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในการผลิตครั้งต่อไป (Yildiz, 1994)

3. การขนส่งและการจำหน่าย

ผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคจะเสื่อมเสียอย่างรวดเร็วระหว่างการขนส่ง จึงต้องรักษาความสะอาดระหว่างการขนส่ง ควบคุมสภาวะในการขนส่งให้มีอุณหภูมิต่ำ และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ในระหว่างการวางจำหน่าย ต้องมีการรักษาความสะอาดและควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมด้วยเช่นกัน (Yildiz, 1994)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค และยังใช้เป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษาได้ด้วย จำนวนจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์กับอายุการเก็บรักษา โดยผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคที่มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคที่มีจำนวนจุลินทรีย์มาก (Narciso and Plotto, 2005) อายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคนอกจากจะขึ้นกับจำนวนจุลินทรีย์แล้ว ยังขึ้นกับระยะความแก่และสุกของผลไม้ กระบวนการผลิต อุณหภูมิในการเก็บรักษา ความแน่นเนื้อ และพันธุ์ของผลไม้อีกด้วย (DeRoever, 1998) การเข้าทำลายของเชื้อโรคต่างๆ เป็นปัจจัยหนึ่งที่ชี้บ่งถึงคุณภาพ และการจัดการในกระบวนการผลิตผลไม้สดพร้อมบริโภคที่เหมาะสม

การควบคุมจุลินทรีย์

ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมจุลินทรีย์ มีดังนี้

1. อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

เมื่อใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อ ประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น เช่น การใช้สารฟีนอล เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 30 องศาเซลเซียส เป็น 42 องศาเซลเซียส จะทำให้ *E. coli* ถูกทำลายได้เร็วขึ้น ดังนั้นการใช้อุณหภูมิสูงขึ้นจะช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีให้น้อยลง ซึ่งจะให้ผลดีเท่ากับการใช้สารเคมีจำนวนมากที่อุณหภูมิต่ำ (Cowan and Talaro, 2006; นงลักษณ์และปรีชา, 2544) แต่สารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อบางชนิดเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะลดลง เนื่องจากเกิดการสลายตัวของสารฆ่าเชื้อ เช่น สารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ สามารถสลายตัวได้เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส (Luttrell, 2001)

2. ชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความทนทานต่อสภาพทางกายภาพ และสารเคมีแตกต่างกัน เช่น สปอร์ของจุลินทรีย์จะทนทานได้ดีกว่าเซลล์ปกติ โดยเฉพาะสปอร์ของแบคทีเรียทนทานมากที่สุดต่อสภาวะทางกายภาพและเคมี (Cowan and Talaro, 2006)

3. อายุของเซลล์

เซลล์ที่อายุน้อยจะถูกทำลายได้ง่ายกว่าเซลล์ที่อายุมากหรืออยู่ในระยะพักตัว (นงลักษณ์และปรีชา, 2544)

4. สภาวะแวดล้อมอื่นๆ

การใช้ความร้อนจะให้ผลในการทำลายจุลินทรีย์ในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดได้ดีกว่าในสภาพที่เป็นด่าง ความเหนียวหนืดของสารตัวกลางจะมีผลต่อการแทรกซึมของสารเคมี การมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารอินทรีย์ในตัวกลางหรือในอาหารจะช่วยลดประสิทธิภาพของสารเคมี ทำให้ปกป้องจุลินทรีย์ได้ โดยที่สารฆ่าเชื้ออาจจะรวมกับสารอินทรีย์กลายเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ซึ่งไม่มีผลในการทำลายจุลินทรีย์ หรือกลายเป็นสารที่ตกตะกอน และไม่มีผลในการรวมกับจุลินทรีย์ หรือสารอินทรีย์นั้นอาจไปเคลือบที่ผิวเซลล์เป็นการปกป้องเซลล์จากสารฆ่าเชื้อทำให้จุลินทรีย์มีชีวิตเหลือรอดได้ (นงลักษณ์และปรีชา, 2544)

กลไกการออกฤทธิ์ของสารต้านจุลินทรีย์

กระบวนการที่จุลินทรีย์จะถูกยับยั้งหรือทำลายได้ เนื่องจากปัจจัยต่างๆ นั้นมีสาเหตุมาจากการทำลายที่ส่วนต่างๆ ของเซลล์ของจุลินทรีย์ ดังนี้

1. การทำลายที่ผนังเซลล์ หรือการยับยั้งการสร้างผนังเซลล์

ผนังเซลล์แบคทีเรียถูกทำลายได้ง่ายด้วยเอนไซม์ไลโซไซม์ (lysozyme) ซึ่งพบอยู่ในน้ำตา เม็ดเลือดขาว และเมือก เป็นต้น เอนไซม์นี้จะไปย่อยสลายโครงสร้างของผนังเซลล์ทำให้เซลล์แตก นอกจากนี้ยังมียาปฏิชีวนะและสารเคมีบางชนิดที่ยับยั้งการสร้างผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ (Bauman, 2006; Cowan and Talaro, 2006)

2. เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ยอมให้สารผ่าน

เยื่อหุ้มเซลล์มีสมบัติที่ยอมให้สารอาหารผ่านเข้าสู่เซลล์ ถ้าเยื่อหุ้มเซลล์นี้ถูกทำลายจะมีผลทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์ชะงักการเจริญเติบโตและทำให้เซลล์ตายได้ สารเคมีบางชนิดมีความสามารถที่ไปเปลี่ยนแปลงสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ส่วนประกอบต่างๆ ภายในเซลล์รั่วไหลออกมา (Bauman, 2006)

3. เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก

ภายในเซลล์สิ่งมีชีวิตจะมีโปรตีนและกรดนิวคลีอิกเป็นองค์ประกอบ ถ้ามีสารเคมีหรือสภาพใดๆ มาทำให้โปรตีนและกรดนิวคลีอิกเสียสภาพธรรมชาติ (denature) จะมีผลทำลายเซลล์ได้ (Cowan and Talaro, 2006; นงลักษณ์และปรีชา, 2544)

4. การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

เอนไซม์ต่างๆ มีหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการเมทาบอลิซึมของเซลล์ ดังนั้นถ้ามีสารยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์จะมีผลต่อปฏิกิริยาของกระบวนการเมทาบอลิซึมต่างๆ สารเคมีบางชนิดเป็น oxidizing agent เช่น ฮาโลเจน และไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ อาจไปทำลายโครงสร้างของเอนไซม์จนไม่สามารถทำหน้าที่ตามปกติต่อไปได้ เช่น ไปรวมตัวกับหมู่ซัลฟ์ไฮดริลในโมเลกุลของเอนไซม์ ทำให้โครงสร้างของเอนไซม์เปลี่ยนไป เอนไซม์จึงทำงานไม่ได้ ส่งผลให้เซลล์ถูกทำลาย (นงลักษณ์และปรีชา, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การยับยั้งการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก

สารบางชนิดมีผลในการยับยั้งการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA) และอาร์เอ็นเอ (RNA) โดยสารนั้นจะไปขัดขวางการสร้างหน่วยพื้นฐานของกรดนิวคลีอิก คือ พิวรีนและไพริมิดีน และไปขัดขวางการรวมตัวของนิวคลีโอไทด์เป็นกรดนิวคลีอิก ซึ่งจะมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนของเซลล์ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมผิดปกติ และทำให้เซลล์ถูกทำลายได้ (Cowan and Talaro, 2006)

วิธีการควบคุมจุลินทรีย์

การเสื่อมเสียของผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคอันเนื่องมาจากการเจริญของจุลินทรีย์ สามารถควบคุมได้หลายวิธี ดังนี้

1. การควบคุมทางกายภาพ

1.1. อุณหภูมิ

1.1.1. ความร้อน

การใช้ความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เป็นอันตราย 2-3 องศาเซลเซียส กับผักและผลไม้ สามารถกำจัดหรือยับยั้งการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ได้ การใช้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์มีประโยชน์ คือ ต้นทุนต่ำ ใช้เครื่องมือง่ายๆ และไม่มีสารเคมีตกค้างบนผิวของผักและผลไม้ ความร้อนที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์มีหลายแบบ เช่น ลมร้อน (hot air) ไอร้อนชื้น (humidified hot air) และน้ำร้อน (hot water) น้ำร้อนจะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด หรือบางครั้งการใช้ไอร้อนชื้นจะมีประโยชน์ในแง่ที่ไม่ต้องการเคลื่อนย้ายผลิตผลออกจากบรรจุภัณฑ์ การใช้ความร้อนควบคุมจุลินทรีย์จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ใกล้อุณหภูมิสูงสุดที่ผลิตผลจะสามารถทนได้ โดยไม่ส่งผลให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อ อย่างไรก็ตาม การใช้ความร้อนควบคุมจุลินทรีย์ ควรจะทดสอบอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด การศึกษาประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อที่เปลือกของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์โดยการจุ่มผลมะม่วงลงในน้ำ หรือสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 12 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าการใช้น้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ ที่อุณหภูมิ 12 และ 50 องศาเซลเซียส สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วงได้ (Ngarmsak *et al*., 2005)

1.1.2. ความเย็น

การเก็บรักษาผักและผลไม้สดไว้ที่อุณหภูมิต่ำๆ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และมีประโยชน์ในการชะลอการเน่าเสียของผักและผลไม้ที่มีการติดเชื้อจากจุลินทรีย์อยู่ใต้ผิวที่ลึก และไม่สามารถกำจัดออกได้โดยวิธีอื่นๆ ภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้แต่ละชนิดจะเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกัน เพื่อยับยั้งการเสื่อมสลาย (senescence) โดยไม่ทำให้เกิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อันตรายจากการเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ดังนั้นอุณหภูมิต่ำที่ใช้ในการเก็บรักษาอาจจะยับยั้งการเน่าเสียของผักและผลไม้ โดยการทำให้ผักและผลไม้มีความต้านทานและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

1.2. ความแห้ง

ในการทำแห้งนั้น ความร้อนที่ได้จากกระบวนการสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ แต่จะได้ผลมากน้อยเพียงใดนั้นจะแตกต่างกันตามชนิดของผลไม้ จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ และวิธีการให้ความร้อน ส่วนใหญ่แล้วแบคทีเรียและยีสต์จะถูกทำลายหมด แต่สปอร์ของแบคทีเรียและราต่างๆ อาจยังคงมีชีวิตรอดอยู่ได้ อย่างไรก็ตาม สภาพแวดล้อมในขณะทำแห้งไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์อยู่แล้ว (สุมาลี, 2541)

1.3. แรงดันออสโมติก

ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์จะมีสารต่างๆ เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นถ้าหากความเข้มข้นของสารภายในเซลล์มีค่าน้อยกว่าภายนอกเซลล์ จะทำให้มีแรงดันออสโมติกมากกว่า น้ำจึงออสโมซิสออกจากเซลล์มีผลทำให้เซลล์เหี่ยว ในทางตรงข้ามถ้าความเข้มข้นของสารภายในเซลล์มีค่ามากกว่าความเข้มข้นภายนอกเซลล์ แรงดันออสโมติกจะต่ำกว่า ทำให้น้ำออสโมซิสเข้าสู่เซลล์ มีผลทำให้เซลล์เต่งหรืออาจแตกได้

หลักการของแรงดันออสโมติกที่แตกต่างกัน สามารถนำมาใช้ในการควบคุมจุลินทรีย์ได้ โดยนำจุลินทรีย์มาไว้ในสารละลาย เช่น น้ำเกลือความเข้มข้น 10-15 เปอร์เซ็นต์ หรือ น้ำตาลความเข้มข้น 50-70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลทำให้เซลล์จุลินทรีย์เหี่ยว ไม่สามารถเจริญต่อไปได้ วิธีนี้ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ แต่เป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เท่านั้น (สุมาลี, 2541)

1.4. รังสี

1.4.1. รังสีอัลตราไวโอเลต (ultraviolet)

รังสีอัลตราไวโอเลตที่อยู่ในช่วงคลื่นประมาณ 2600 อังสตรอม จะช่วยป้องกันและควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียเฉพาะที่อยู่ตามพื้นผิวได้ดี รังสีอัลตราไวโอเลตจะไม่แตกตัว แต่จะถูกโปรตีนและกรดนิวคลีอิกต่างๆ ดูดเอาไว้ซึ่งจะทำให้โปรตีนและกรดนิวคลีอิกเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เซลล์ตาย (สุมาลี, 2541) การใช้รังสี UV-C ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อ ‘Red Oak Leaf’ พบว่าการใช้รังสี UV-C ความเข้มข้นอย่างน้อย 30 จูลต่อตารางเมตร (Jm^{-2}) สามารถลดและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ หากใช้ที่ความเข้มข้น 85 Jm^{-2} จะสามารถยับยั้งการเจริญได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตาม การใช้รังสี UV-C ที่ความเข้มข้นสูงๆ (7.11 kJm^{-2}) จะทำให้เนื้อเยื่อของผักกาดหอมห่ออ่อนนุ่มและเกิดสีน้ำตาล ภายหลังการเก็บรักษา เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (Allende *et al*., 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4.2. รังสีแกมมา (gamma rays)

รังสีชนิดนี้ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกปล่อยออกมาจากนิวเคลียสของสารกัมมันตภาพ เช่น โคบอลท์-60 (cobalt 60) และซีเซียม-137 (caesium 137) รังสีชนิดนี้มีความสำคัญมากในการถนอมอาหาร มีกำลังทะลุทะลวงสูง เป็นรังสีที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีเสียง ไม่ร้อน และไม่รู้สึก ดังนั้น ถ้าถูกรังสีแกมมาจึงไม่รู้สึกตัวว่าถูกรังสี จึงควรระวังอย่างยิ่งในการใช้รังสีชนิดนี้ รังสีแกมมาสามารถใช้ในการรักษาคุณภาพของผักและผลไม้สดได้ แต่เมื่อใช้ปริมาณต่อครั้งสูงมากจะทำให้เกิดอาการผิดปกติกับผักและผลไม้สดได้ เช่น การเปลี่ยนสี เนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม สุกผิดปกติ และเน่าเสียได้ง่าย (สุมาลี, 2541) การศึกษาการใช้รังสีแกรมมา 0.5, 1.0 และ 1.5 kGy ในการรักษาคุณภาพของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าการใช้รังสีแกมมา 1.0 kGy เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดในการรักษาคุณภาพของผักกาดหอมห่อ (Kim *et al*., 2006; Zhang *et al*., 2006) คือสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ ยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส และลดอัตราการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ในขณะที่การใช้รังสีแกมมา 1.5 kGy จะทำให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อของผักกาดหอมห่อเกิดความเสียหาย (Zhang *et al*., 2006)

1.4.3. ไมโครเวฟ (microwaves)

พลังงานไมโครเวฟเกิดจากการนำอาหารที่เป็นกลางไปวางไว้ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากนั้นจะมีอิเล็กตรอนไม่สมดุลวิ่งเข้าชนโมเลกุลของอาหาร ดึงเอาอิเล็กตรอนไปจับคู่เพื่อให้เกิดความสมดุล โมเลกุลที่ถูกชนจะเกิดความไม่สมดุล ซึ่งจะต้องพยายามดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นมาทดแทนเรื่อยๆ การเคลื่อนตัวของอิเล็กตรอนจะทำให้เกิดพลังงานความร้อนออกมา คือพลังงานไมโครเวฟ ความยาวคลื่นของไมโครเวฟจะอยู่ระหว่างแสงอินฟราเรด (infra red) กับคลื่นวิทยุในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จึงใช้ในการทำลายราในขนมปัง การพาสเจอไรซ์เบียร์ และการสเตอริไลซ์ไวน์ และในปัจจุบันยังนำไปใช้ประโยชน์ในการป้องกันการงอกของมันฝรั่งด้วย แต่การใช้ไมโครเวฟในการถนอมอาหารจะมีข้อจำกัด เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นอาจส่งผลกระทบทำให้คุณภาพของอาหารเปลี่ยนแปลงได้ (สุมาลี, 2541)

2. การควบคุมด้วยสารเคมี

2.1. ฟีนอลและสารประกอบฟีนอล

ผลของสารประกอบฟีนอลในการทำลายจุลินทรีย์ คือจะทำให้เซลล์แตก ทำให้โปรตีนในเซลล์ตกตะกอน ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และทำให้กรดแอมิโนรั่วไหลออกจากเซลล์ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้จุลินทรีย์ตาย ส่งผลทำให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย และการผ่านเข้าออกของสารภายในเซลล์ผิดปกติ มีผลทำให้เซลล์ตายได้ การศึกษาสมบัติในการทำลายจุลินทรีย์ของสารประกอบฟีนอลในไวน์แดงที่ผลิตจากองุ่นพันธุ์ต่างๆ พบว่าไวน์แดงที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และแอนโทไซยานินสูง มีสมบัติในการต้านทาน *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ได้ (Radovanovic *et al*., 2009)

2.2. แอลกอฮอล์

เอทานอล หรือเอทิลแอลกอฮอล์ เป็นสารที่ทำให้โปรตีนตกตะกอน ซึ่งก่อให้เกิดการเสียสภาพของโปรตีน ตัวอย่างเช่น การใช้เอทานอลที่ความเข้มข้นระหว่าง 70-95 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์สูงที่สุด อย่างไรก็ตาม เอทานอลยังก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการตายของจุลินทรีย์ด้วย (สุมาลี, 2541) การใช้ไอของเอทานอลร่วมกับการใช้น้ำร้อน (46 องศาเซลเซียส) ในการควบคุมจุลินทรีย์ของผลมะม่วงก่อนนำไปผลิตเป็นมะม่วงหั่นชิ้นพร้อมบริโภค พบว่าการรมผลมะม่วงด้วยเอทานอลเป็นเวลาอย่างน้อย 10 ชั่วโมง ภายหลังการจุ่มในน้ำร้อน สามารถควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นได้ หากรมผลมะม่วงด้วยเอทานอลเป็นเวลา 20 ชั่วโมง จะทำให้เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นมีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ (Plotto *et al*., 2006)

2.3. ฮาโลเจน

2.3.1. ไฮโพคลอไรต์ (hypochlorite)

สารไฮโพคลอไรต์ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมี 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮโพคลอไรต์และแคลเซียมไฮโพคลอไรต์ โดยโซเดียมไฮโพคลอไรต์จะอยู่ในรูปสารละลายสีเหลืองอมเขียว มีกลิ่นฉุนของคลอรีน เป็นสารที่ไม่ติดไฟ แต่เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียสจะสลายตัวได้ มีสมบัติเป็นด่างแก่ที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน ส่วนแคลเซียมไฮโพคลอไรต์จะอยู่ในรูปผงหรือเกล็ดสีขาวอมเหลือง เมื่อเตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายจะมีสมบัติเป็นด่างที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนเช่นกัน

ก๊าซคลอรีนเมื่อละลายน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและแตกตัว (ภาวะสมดุล) ได้เป็นสารประกอบในรูปต่างๆ ได้แก่ คลอรีน กรดไฮโพคลอรัส (hypochlorous acid, HOCl) และไฮโพคลอไรต์ไอออน (hypochlorite ion, OCl^-) โดยสัดส่วนของสารประกอบแต่ละชนิดดังกล่าวขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของสารละลาย กล่าวคือ ถ้าสารละลายมีค่าพีเอชต่ำกว่า 2 สารประกอบส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของคลอรีน ถ้าสารละลายมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 2-6 สารประกอบส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปกรดไฮโพคลอรัส ถ้าสารละลายมีค่าพีเอชสูงกว่า 7.8 สารประกอบส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปไฮโพคลอไรต์ไอออน แต่ถ้าสารละลายมีค่าพีเอชสูงกว่า 8.5 จะแตกตัวให้ไฮโพคลอไรต์ไอออนเกือบทั้งหมด

สารประกอบคลอรีนที่อยู่ในรูปโซเดียมไฮโพคลอไรต์และแคลเซียมไฮโพคลอไรต์ เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นกรดไฮโพคลอรัส และสารประกอบไฮดรอกไซด์ ส่วนกรดไฮโพคลอรัสที่เกิดขึ้นจะแตกตัวเป็นไฮโพคลอไรต์ไอออน โดยปกติคลอรีนในรูปของกรดไฮโพคลอรัส และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไฮโพคลอไรต์ไอออน เรียกว่า คลอรีนอิสระ (free available chlorine) ซึ่งมีความสามารถในการฆ่าเชื้อสูง โดยกรดไฮโพคลอรัสมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้ดีกว่าไฮโพคลอไรต์ไอออน 40-80 เท่า และประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของสารละลายจะลดลงเมื่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้น (Gordon and Tachiyashiki, 1991; Lenntech, 2009)

$$Cl_2 + H_2O \longleftrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$
$$HOCl \longleftrightarrow H^+ + OCl^-$$
$$NaOCl + H_2O \longrightarrow HOCl + Na^+(OH^-)$$
$$Ca(OCl_2) + H_2O \longrightarrow 2HOCl + Ca^{+2}(OH^-)_2$$

กรดไฮโพคลอรัสที่อยู่ในสารละลายที่เป็นกลางหรือเป็นกรด จะเป็น oxidizing agent อย่างรุนแรง และมีประสิทธิภาพสูงในการทำลายจุลินทรีย์ แต่ประสิทธิภาพจะลดลงถ้ามีสารประกอบอินทรีย์อยู่ด้วยไม่ว่าจะมีปริมาณมากน้อยเพียงใด ประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์นั้นนอกจากผลของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นภายในเซลล์จุลินทรีย์แล้ว ยังขึ้นกับผลของคลอรีนที่มีต่อโปรตีนของเซลล์โดยตรงอีกด้วย (Monarca *et al*., 2004) เช่น งานวิจัยของ Ngarmsak *et al*. (2005) ที่รายงานว่าสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ได้ ในขณะที่สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้นมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากการล้างผลมะม่วงด้วยน้ำ ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วง

2.3.2. ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide: H_2O_2)

เป็นสารเคมีที่ทำลายจุลินทรีย์ได้ดี มีสมบัติเป็น oxidizing agent อย่างรุนแรง ความเข้มข้นที่ใช้กันทั่วไปคือ 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำลายเซลล์ปกติของแบคทีเรียได้ดีกว่าสปอร์ การที่ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ทำลายจุลินทรีย์ได้นั้น เกิดจากการที่ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ถูกเปลี่ยนเป็นน้ำ และน้ำถูกเปลี่ยนเป็นไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) จึงทำปฏิกิริยาได้กับไฮโดรเจนไอออน (H^+) ของโปรตีน เป็นผลให้โปรตีนเสียสภาพ เซลล์จึงตาย นอกจากนี้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ยังมีการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิด hydroxyl radical ภายในเซลล์ ซึ่งสารนี้มีความเป็นพิษสูง เซลล์จึงถูกทำลายได้ง่าย

ผลการศึกษาการใช้สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ในการลดจำนวน *Salmonella* ที่เปลือกของผลแตงแคนตาลูปและฮันนี่ดิว พบว่าสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้ลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ดี นอกจากนี้ แตงแคนตาลูป และฮันนี่ดิวที่ใช้สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ยังมีลักษณะปรากฏ และได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดีกว่าการไม่ใช้สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน (Ukuku, 2004) การใช้สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ร่วมกับนิซิน (nisin) โซเดียมแล็กเทต และกรดซิตริก เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี โดยพบว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับนิซิน ความเข้มข้น 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โซเดียมแล็กเทต ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และกรดซิตริก ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจน-เพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ เพียงอย่างเดียว (Ukuku *et al*., 2005)

2.4. สบู่และสารซักฟอก (detergent)

สบู่มีสมบัติในการยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ได้ดี โดยสบู่จะทำลายเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ จึงเป็นการเพิ่มสมบัติการยอมให้สารผ่านเข้า-ออกจากเซลล์ ทำให้สารต่างๆ ภายในเซลล์ไหลออกสู่ภายนอกได้อย่างรวดเร็ว เซลล์จึงถูกทำลาย สำหรับทางการค้านั้นได้มีการนำสารที่ทำลายแบคทีเรียมาใช้เป็นส่วนผสมอยู่ด้วย ทำให้สบู่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย และจุลินทรีย์อื่นๆ ได้ดียิ่งขึ้น (สุมาลี, 2541)

การที่สารซักฟอกทำลายแบคทีเรียได้ดีนั้น เนื่องจากสารซักฟอกทำให้โปรตีนภายในเซลล์เสียสภาพ และสารซักฟอกไปรวมตัวกับโปรตีนและลิพิดที่เยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่ผิดปกติ นอกจากนี้ การที่ผิวเซลล์ของแบคทีเรียมีประจุลบ จึงยึดจับกับสารซักฟอกที่มีประจุบวกได้ดี ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดการฉีกขาด จึงเป็นการเพิ่มสมบัติการยอมให้สารผ่านเข้า-ออกจากเซลล์ และยังทำให้สารบางอย่างที่จำเป็นต่อการเจริญของแบคทีเรียรั่วออกจากเซลล์ แบคทีเรียจึงตายในที่สุด

2.5. กรดและด่าง

กรดและด่างใช้ยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ได้ โดยจะแตกตัวเป็นไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกซิลไอออน กรดอนินทรีย์มีสมบัติในการทำลายจุลินทรีย์ได้ดีกว่ากรดอินทรีย์ เพราะแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนได้มากกว่า จุลินทรีย์แต่ละชนิดทนต่อสภาพความเป็นกรดได้แตกต่างกัน ยีสต์และราทนกรดได้ดีกว่าแบคทีเรีย กรดแก่และด่างแก่จะทำลายจุลินทรีย์โดยทำลายผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้สมบัติการยอมให้สารผ่านเข้า-ออกจากเซลล์เพิ่มขึ้น เซลล์จึงถูกทำลาย

ในปัจจุบันได้มีการนำกรดและด่างไปใช้ในการควบคุมจุลินทรีย์มากมาย เช่น กรดเบนโซอิก (benzoic acid), กรดซาลิไซลิก (salicylic acid), กรดฟอร์มิก (formic acid), กรดเพอร์ออกซี-แอซีติก (peroxyacetic acid), กรดซิตริก, โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรดเพอร์ออกซีแอซีติก

เป็นสารเคมีที่มีสูตรคล้ายกรดแอซีติกโดยมีออกซิเจนเพิ่มขึ้นในโมเลกุลอีกหนึ่งอะตอม ทำให้มีสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ที่แรงมาก (strong oxidizing agent) กรดเพอร์ออกซีแอซีติกประกอบด้วยส่วนผสมของสาร 2 ชนิด คือ กรดแอซีติก และไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ดังสมการ (Kitis, 2004)

$$\underset{\text{acetic acid}}{CH_3CO_2H} + \underset{\text{hydrogen peroxide}}{H_2O_2} \longrightarrow \underset{\text{peroxyacetic acid}}{CH_3CO_3H} + \underset{\text{water}}{H_2O}$$

กรดเพอร์ออกซีแอซีติกเป็นของเหลวใสไม่มีสี มีกลิ่นฉุน มีค่าพีเอชต่ำกว่า 2 และมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.1 (Solvay Interox, 2002) สามารถละลายน้ำได้ดี เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ สามารถออกซิไดซ์เยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นลิพิดและโปรตีนได้ดี ทำให้เซลล์สูญเสียการควบคุมสารผ่านเข้า-ออก และสร้างความเสียหายให้กับผนังเซลล์ (Shacoori *et al*., 2006)

ข้อดีของกรดเพอร์ออกซีแอซีติก คือ ผลิตภัณฑ์ (byproducts) ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดเพอร์ออกซีแอซีติกกับสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ เป็นสารประเภทกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) ออกซิเจน และน้ำ ซึ่งเป็นสารที่ไม่เป็นอันตราย ไม่เป็นพิษ และไม่เป็นสารก่อกลายพันธุ์ (mutagenic substances) แต่ข้อเสียของกรดเพอร์ออกซีแอซีติก คือเป็นสารที่สลายตัวได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายในการผลิต ขนส่ง และเก็บรักษาสูง

การใช้สารเคมีในการทำลายหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์นั้น มีข้อควรคำนึงถึง คือไม่มีสารเคมีชนิดใดที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ทุกชนิด ดังนั้นในการทำลายจุลินทรีย์อาจจำเป็นต้องใช้สารเคมีหลายชนิด และสารเคมีที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ควรมีสมบัติดังนี้

1. เป็นสารที่มีสมบัติทำลายจุลินทรีย์มากกว่ายับยั้ง และสามารถเข้าทำลายได้ดีโดยใช้ความเข้มข้นต่ำๆ ในสภาพอุณหภูมิปกติ
2. สามารถละลายในน้ำหรือของเหลวอื่นๆ ได้ดี ทำให้สามารถซึมผ่านเข้าสู่ภายในเซลล์ได้ง่าย
3. เป็นพิษต่อจุลินทรีย์เท่านั้น และไม่มีผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งแวดล้อม
4. เป็นสารที่มีอำนาจการแทรกซึมสูง เพื่อเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ได้มากกว่าการรวมตัวกับสารที่อยู่ภายนอกเซลล์
5. เป็นสารที่หาได้ง่ายและมีราคาถูก
6. เป็นสารที่มีความคงตัวต่อการถูกทำลาย หรือไม่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. ไม่ทำให้จุลินทรีย์เกิดการผ่าเหล่าหรือเกิดความต้านทาน
8. เป็นสารที่ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สัมผัส เช่น สี หรือทำให้เกิดการสึกกร่อนของโลหะต่างๆ
9. เป็นสารที่ไม่มีกลิ่นเหม็น (Cowan and Talaro, 2006)

การใช้สารเคมีเพื่อควบคุมจุลินทรีย์ของผักและผลไม้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. จำนวนจุลินทรีย์ที่ติดมากับผักและผลไม้
2. อัตราการเจริญของจุลินทรีย์ที่ติดมากับผักและผลไม้
3. อุณหภูมิและความชื้น
4. ความสามารถหรือประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้

อย่างไรก็ตาม ในการพิจารณาเลือกใช้สารเคมีกับผลิตผล ควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของสารเคมี
2. ราคาไม่แพง
3. ไม่เป็นอันตรายต่อผักและผลไม้
4. ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

3. การควบคุมทางชีวภาพ ด้วยสารปฏิชีวนะและยารักษาโรค

การนำเอาสารปฏิชีวนะที่ไม่เป็นพิษมาใช้ในการควบคุมจุลินทรีย์ มีข้อควรคำนึงถึง คือ สารปฏิชีวนะนั้น มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์แตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ ดังนั้น สารปฏิชีวนะอาจมีผลทำลายจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งได้ แต่ไม่สามารถทำลายชนิดอื่นๆ ทำให้ได้ผลไม่ดี หรืออาจต้องใช้สารปฏิชีวนะหลายชนิดซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองมาก และจุลินทรีย์จะมีความสามารถในการพัฒนาตนเองให้สามารถทนทานต่อความเข้มข้นของสารปฏิชีวนะ หรือที่เรียกว่าดื้อต่อสารปฏิชีวนะ ผู้ที่บริโภคอาหารที่มีสารปฏิชีวนะอยู่เสมอ อาจมีผลต่อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในลำไส้ตามปกติ และมีการพัฒนาของจุลินทรีย์ให้ต้านทานต่อสารปฏิชีวนะชนิดนั้นได้ ถึงแม้ว่าสารปฏิชีวนะที่ใช้ในการควบคุมจุลินทรีย์จะน้อยกว่าที่ใช้ในการรักษาก็ตาม ดังนั้นจึงได้กำหนดให้เลือกใช้สารปฏิชีวนะที่ไม่ได้ใช้ในการรักษามาใช้ในการควบคุมจุลินทรีย์ (นงลักษณ์และปรีชา, 2544)

การทำ pre-treatment สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค

การทำ pre-treatment สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภคมีหลายวิธี ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. วิธีทางกายภาพ

1.1. อุณหภูมิ

การศึกษาการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ โดยการล้างผลมะม่วงในน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร สารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายแคลเซียมไฮโพคลอไรต์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที พบว่าการล้างผลมะม่วงด้วยน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์-รา ที่เปลือกผลมะม่วง และการล้างผลมะม่วงด้วยน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ก่อนการหั่นชิ้นสามารถควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน (Ngarmsak *et al*., 2005)

1.2. การดัดแปลงหรือควบคุมสภาพบรรยากาศ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (4 kPa O_2 + 10 kPa CO_2 หรือ 2 kPa O_2 + 10 kPa CO_2) และบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน พบว่าการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงสามารถยืดอายุการวางจำหน่ายได้ แต่อุณหภูมิจะเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการยืดอายุการวางจำหน่าย (Rattanapanone *et al*., 2001) การเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ จะลดอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วง ซึ่งมีประโยชน์ในการยืดอายุการเก็บรักษา แต่อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นได้ (Nakamura *et al*., 2004)

1.3. การใช้สารเคลือบผิว

การใช้สารเคลือบผิว เช่น สารละลาย carboxymethylcellulose ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ หรือสารละลาย carboxymethylcellulose ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ maltodextrin ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่น calcium ascorbate ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และ N-acetyl-L-cysteine ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น พบว่าการใช้สารต้านอนุมูลอิสระสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกระหว่างการเก็บรักษาได้ และการใช้ carboxymethylcellulose เพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับ maltodextrin สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพต่างๆ เช่น สี และความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นได้ (Plotto *et al*., 2004) นอกจากนี้ Purwadaria and Wuryani (2000) ได้ศึกษาสารเคลือบผิวชนิดหนึ่งที่มีส่วนผสมของ soy protein isolate, low methoxy pectin, alginate acid, sodium

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

alginate, glycerol 87 เปอร์เซ็นต์, beewax, lauric acid และ stearic acid เคลือบผิวเนื้อมะม่วงพันธุ์ Arumanis หั่นชิ้น พบว่าสามารถชะลอการหายใจ และลดอัตราการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ ของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นได้

2. การใช้สารเคมี

2.1. สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนร่วมกับเอทานอล

การยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นพันธุ์ Kent และ Tommy Atkins โดยการรมผลมะม่วงก่อนการหั่นชิ้นและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ด้วย 1-methylcyclopropene (1-MCP) ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 24 หรือ 12 ชั่วโมง หรือเอทานอล (5.0 กรัมต่อผลไม้ 1 กิโลกรัม) เป็นเวลา 24 หรือ 8 ชั่วโมง และการใช้ความร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 98 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 หรือ 12 ชั่วโมง พบว่า การใช้ 1-MCP และการใช้ความร้อน ทำให้เนื้อมะม่วงมีค่าความแน่นเนื้อลดลง ในขณะที่การใช้เอทานอลจะยังคงรักษาค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงได้ แต่เอทานอลจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ เมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงพันธุ์ Kent เป็นเวลา 8 วัน ส่วนเนื้อมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins พบว่าการใช้ 1-MCP จะทำให้ค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นลดลง (Plotto *et al*., 2003)

2.2. Anti-browning agents

การปรับปรุงคุณภาพของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้น โดยใช้สารยังยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ 4-hexylresorcinol (HR) (0.001 mol/L) ร่วมกับ potassium sorbate (KS) (0.05 mol/L) และ HR + KS + D-isoascorbic acid (ER) (0.5 mol/L) ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) พบว่า การใช้ HR + KS + ER ร่วมกับ MAP สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสี (L*, a* และ b*) และการเจริญของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน โดยการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและ MAP นี้ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดและน้ำตาลของเนื้อมะม่วงระหว่างการเก็บรักษา (Gonzalez-Aguilar *et al*., 2000)

2.3. Firming agents

การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0-8% w/w) อุณหภูมิ (20-55 องศาเซลเซียส) และระยะเวลา (5-60 นาที) ในการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้น โดยพิจารณาจากสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าพีเอช ของเนื้อมะม่วง พบว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.5% w/w อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการรักษาคุณภาพของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นโดยบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่าการจุ่มเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่สภาวะดังกล่าวข้างต้นร่วมกับการเก็บรักษาโดยใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ (5% O_2 และ 5% CO_2) สามารถรักษาคุณภาพของเนื้อมะม่วงได้เป็นเวลา 5 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (Trindade *et al*., 2003)

ปัญหาการใช้สารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ในการผลิตผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค

ในอุตสาหกรรมการผลิตผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคนิยมใช้น้ำคลอรีน หรือสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ เป็นสารฆ่าเชื้อในการล้างทำความสะอาดผลิตผล เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์และป้องกันการเกิดโรคต่างๆ แต่ผลการศึกษาพบว่าการใช้คลอรีนทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่อาจเป็นพิษขึ้น เช่น ไตรฮาโลมีเทน คลอโรฟอร์ม และคลอรามีน (Martinez-Sanchez *et al*., 2006) ผลิตภัณฑ์เหล่านี้เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนกับสารประกอบต่างๆ ซึ่งจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ โครงสร้างของสารประกอบดังกล่าว ปริมาณหรือความเข้มข้นของคลอรีน ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ค่าพีเอช และอุณหภูมิ

อย่างไรก็ตาม การเพิ่มปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งข้างต้นจะทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เพิ่มมากขึ้นด้วย (Chaidou *et al*., 1999) ตัวอย่างเช่น Monarca *et al*. (2004) ได้ศึกษาการเกิดผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ จากการฆ่าเชื้อในน้ำดื่มด้วยสารฆ่าเชื้อ 3 ชนิด คือโซเดียมไฮโพคลอไรต์ (NaClO) คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) และกรดเพอร์ออกซีแอซีติก (PAA) พบว่าการใช้โซเดียมไฮโพคลอไรต์ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ มากที่สุด รองลงมาคือ คลอรีนไดออกไซด์ และกรดเพอร์ออกซีแอซีติก ตามลำดับ

Komulainen (2004) รายงานว่าสารในกลุ่มไตรฮาโลมีเทน หรือคลอโรฟอร์ม เป็นสารก่อกลายพันธุ์ และสารก่อมะเร็ง (carcinogenic substances) ซึ่งพบว่าก่อให้เกิดเนื้องอกที่ตับและไตของหนู ทั้งเพศผู้และเพศเมีย นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาผลของน้ำคลอรีนและไตรฮาโลมีเทนต่อการเกิดโรคมะเร็งต่อมน้ำเหลือง มะเร็งเม็ดเลือดขาว มะเร็งตับ และมะเร็งลำไส้ในหนูทดลอง พบว่า หนูทดลองที่ได้รับน้ำคลอรีนความเข้มข้น 750, 500 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 104 สัปดาห์ เกิดเนื้องอก เป็นมะเร็งต่อมน้ำเหลือง และมะเร็งเม็ดเลือดขาว ในกลุ่มหนูทดลองที่ได้รับน้ำคลอรีนทุกๆ ความเข้มข้น (Soffritti *et al*., 1997) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงสารฆ่าเชื้อชนิดอื่นที่มีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ เพื่อทดแทนการใช้น้ำคลอรีน หรือสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างผลงานวิจัยที่ศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อชนิดอื่นเพื่อทดแทนการใช้น้ำคลอรีน

ประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อที่ใช้ล้างทำความสะอาดแครอทหั่นชิ้น 3 ชนิด คือ สารละลายคลอรีน ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายแอซิดิไฟด์โซเดียมคลอไรต์ (acidified sodium chlorite: $aNaClO_2$) ความเข้มข้น 100, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ค่าพีเอช 2.71, 2.55 และ 2.47 ตามลำดับ หลังจากเก็บรักษาแครอทหั่นชิ้นไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าสารละลายแอซิดิไฟด์โซเดียมคลอไรต์สามารถควบคุมจุลินทรีย์ให้มีปริมาณน้อยที่สุดตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่สารละลายคลอรีน และสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกให้ผลรองลงมา ตามลำดับ (Ruiz-Cruz *et al*., 2007) แต่เมื่อเปรียบเทียบการใช้สารฆ่าเชื้อกับผลมะม่วงทั้งผลก่อนนำไปหั่นชิ้น พบว่าภายหลังการหั่นชิ้น และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทุกๆ 7 วัน จนครบ 21 วัน พบว่าเนื้อมะม่วงจากผลที่ล้างด้วยสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์น้อยกว่าผลมะม่วงที่ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ (Narciso and Plotto, 2005)

Martinez-Sanchez *et al*. (2006) ได้ศึกษาการควบคุมจุลินทรีย์ใน rocket leaves โดยใช้สารฆ่าเชื้อชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำประปา สารละลายคลอรีน ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำโอโซน ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สารละลายกรดแล็กทิก ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร สารละลายแอซิดิไฟด์โซเดียมคลอไรต์ ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก ความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสารฆ่าเชื้อทุกชนิดสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ในวันแรกของการทดลอง แต่เมื่อเก็บรักษา rocket leaves ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน มีเพียงสารละลายกรดแล็กทิก สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก และสารละลายแอซิดิไฟด์โซเดียมคลอไรต์เท่านั้น ที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ตลอดช่วงเวลาการเก็บรักษา นอกจากยังมีการเติมสารบางชนิด เช่น สารลดความตึงผิว (surfactant) ลงในสารฆ่าเชื้อเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ โดยได้ศึกษาการเติมสารลดความตึงผิวลงในสารละลายคลอรีน และสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก ที่ใช้ในการล้างผลแคนตาลูป พบว่าสารฆ่าเชื้อที่เติมสารลดความตึงผิวมีประสิทธิภาพในการลดจำนวน *S. enteritidis* ที่เปลือกของผลแคนตาลูปได้ดีกว่าสารฆ่าเชื้อที่ไม่ได้เติมสารลดความตึงผิว (Rocha Bastos *et al*., 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved