บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

สตรอเบอรี่และคุณภาพของผลสตรอเบอรี่

สตรอเบอรี่เป็นไม้ผลล้มลุกอายุหลายปี ลำต้นมีลักษณะเป็นกอที่มีระบบรากค่อนข้างตื้นจัดอยู่ในตระกูล Rosaceae สกุล *Fragaria* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fragaria* x *ananassa* Duch. ซึ่งเกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างสตรอเบอรี่พันธุ์พื้นเมืองของสหรัฐอเมริกา 2 ชนิดคือ *F. chiloensis* กับ *F. virginiana* พันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้าส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่มีจำนวนโครโมโซม 8 ชุด (octopliod; 2n = 8x = 56) มีลักษณะการเจริญโดยการแตกกอ ดอกสีขาว ออกดอกเป็นช่อแบบ compound cymes ผลเป็นแบบผลกลุ่ม ประกอบด้วยผลย่อยแบบ achene ผิวสีแดงเป็นมัน เมื่อผลสุกจะมีกลิ่นหอม (ชัยพิชิต, 2548)

ตาราง 2.1 ข้อมูลการปลูกสตรอเบอรี่ของอำเภอสะเมิง

ปี พ.ศ.	พื้นที่ปลูก (ไร่)	จำนวนเกษตรกร (ราย)	ผลผลิต (ตัน)
2549	1,623	594	5,680
2550	2,765	960	8,005

ที่มา : สำนักงานเกษตรอำเภอสะเมิง, 2550

ตาราง 2.2 ข้อมูลราคาสตรอเบอรี่ของมูลนิธิโครงการหลวง ช่วงเดือน มกราคม–กุมภาพันธ์ 2550

สายพันธุ์สตรอเบอรี่	ราคา (บาท / กิโลกรัม)				
	เกรดพิเศษ	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรดโรงงาน
พระราชทาน 72	350	320	290	220	160
พระราชทาน 60	350	320	290	220	160
329	-	-	-	-	-

ที่มา : ฝ่ายการตลาด ร้านดอยคำ ในบริเวณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.3 ข้อมูลราคาสตรอเบอรี่จากพ่อค้าคนกลาง ช่วงเดือน มกราคม–กุมภาพันธ์ 2550

สายพันธุ์สตรอเบอรี่	ราคา (บาท / กิโลกรัม)
	เกรด 3
พระราชทาน 72	180 (คละเกรด)
พระราชทาน 60	80
329	70

ที่มา : พ่อค้าสตรอเบอรี่ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

สายพันธุ์สตรอเบอรี่ในประเทศไทย

สายพันธุ์สตรอเบอรี่ที่ปลูกเป็นพันธุ์การค้าในไทย (ดัดแปลงจากณรงค์ชัย, 2543)

1. พันธุ์พระราชทาน 16 (Tioga)

ผลขนาดใหญ่ น้ำหนักผลอยู่ในช่วง 8–15 กรัม ผลมีรูปร่างไม่แน่นอน อาจเป็นทรงกลมแผ่ออก ทรงกลมยืดออก ทรงกลมแบนแผ่ออก ทรงกรวย หรือรูปลิ่ม สีแดงสดเนื้อผลแน่นปานกลาง จำนวนผลในช่อมากถึง 10–15 ผล ระยะจากดอกบานจนผลสุก 26–30 วัน ไม่ทนทานต่อสภาวะการขนส่ง ปริมาณน้ำตาล 5–6% ปริมาณกรด 0.98% รสชาติดีพอใช้ ลักษณะที่ดีของพันธุ์นี้คือให้ผลดก และมีผลขนาดใหญ่ ทนทานต่อโรคไวรัส ผลผลิตส่วนมากส่งเข้าโรงงานแปรรูป (ผลไม้กึ่งร้อน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2550 : ออนไลน์)

2. พันธุ์พระราชทาน 20 (Sequoia)

สามารถเจริญได้ดีในสภาพอุณหภูมิต่ำ ให้ผลขนาดใหญ่ถึง 50 กรัม มีจำนวนผลต่อช่อน้อย ผลนิ่ม สีแดงสด กลิ่นหอม รสหวานทนทานต่อโรคใบจุด และสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ใช้รับประทานผลสดเพราะรสชาติดีแต่เนื้อนิ่มมีปัญหาในการขนส่ง
(ระบบข้อมูลพืชผัก มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2550 : ออนไลน์)

3. พันธุ์พระราชทาน 50 (B5)

จัดอยู่ในกลุ่มพันธุ์หนัก ออกผลช้ากว่าพันธุ์อื่นที่เป็นพันธุ์เบา ผลขนาดปานกลางถึงใหญ่ เนื้อแข็ง กลิ่นหอม รสออกหวานอมเปรี้ยว หากปลูกในพื้นที่สูง หรือช่วงที่อุณหภูมิต่ำจะมีรสหวานมากขึ้น ต้องการอุณหภูมิต่ำพอสมควรในการชักนำให้เกิดการสร้างตาดอกในชุดต่าง ๆ สามารถใช้บริโภคสด และส่งโรงงาน เป็นพันธุ์ที่เกิดจากการผสมในสหรัฐอเมริกานำเข้ามาคัดพันธุ์ต่อโดยการผสมตัวเองที่หน่วยวิจัยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมูลนิธิโครงการหลวงตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2536 เป็นพันธุ์ที่ชอบอากาศเย็นไม่มากนัก (15-28 องศาเซลเซียส) สามารถปลูกได้ทั่วไปทั้งที่ราบ และพื้นที่สูง หากช่วงอุณหภูมิระหว่างกลางวัน และกลางคืนแตกต่างกันมากจะทำให้ผลผลิตสูง และผลที่มีคุณภาพดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มีทรงพุ่มปานกลางถึงค่อนข้างแน่น ขนาดทรงพุ่มปานกลางถึงใหญ่ความกว้าง 40-45 เซนติเมตร และมีความสูง 15-20 เซนติเมตร จำนวน 3-4 กอต่อต้น ใบประกอบมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ ก้านใบด้านล่าง และด้านบนมีสีเขียวอ่อน แผ่นใบด้านบนมีสีเขียวอ่อนถึงเขียว และด้านล่าง สีเขียวซีด ผิวใบค่อนข้างเรียบ ใบย่อยที่ปลายยอดขนาดเล็กถึงปานกลาง จำนวนดอก 25-40 ดอกต่อต้น กลีบเลี้ยงสีเขียว กลีบดอกสีขาว ติดผลประมาณ 60% ผลแก่เมื่ออายุ 25-28 วัน น้ำหนักผล 12-18 กรัมต่อผล ขนาดผลปานกลางถึงใหญ่ รูปร่างผลมีลักษณะกรวยถึงกรวยยาว หรือลิ่มถึงลิ่มยาว ความแน่นเนื้อสูง (เนื้อแข็ง) ผิวมีสีแดงถึงแดงเข้ม เนื้อสีแดงถึงแดงเข้ม แกนสีแดงถึงแดงเข้ม แกนแน่นถึงกลวง เมล็ดสีแดง ปริมาณน้ำตาลสูง รสหวานอมเปรี้ยว และมีกลิ่นหอม จัดอยู่ในกลุ่มพันธุ์หนักออกผลช้า ต้านทานโรคแอนแทรกโนสได้บ้าง ต้านทานต่อโรคราแป้งได้ดี (ภักดี, 2545)

4. พันธุ์พระราชทาน 60 (Phrarachatan 60)

สตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 60 หรือรหัส 003-00 ได้ถูกคัดเลือกครั้งแรกในฤดูกาลผลิตปี พ.ศ. 2544/2545 ที่แปลงทดลองของสถานีวิจัยดอยปุย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเป็นการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ Rosa Linda และ Tochiotome

น้ำหนักผลเฉลี่ย 10-15 กรัม ขนาดความกว้าง และความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 3 และ 3.7 เซนติเมตร ตามลำดับ รูปร่างของผลสวยงาม โดยทั่วไปเป็นรูปทรงกรวยถึงทรงกลมปลายแหลม ไม่พบผลที่เป็นลักษณะขรุขระ และรูปทรงแบนเหมือนหงอนไก่ ดังนั้นจึงมีพันธุกรรมที่ต้านทานต่อลักษณะอันไม่พึงประสงค์นี้ได้ เนื้อผลสีแดงสดใส ความแน่นของเนื้อผลมีระดับปานกลางคือ 0.5 N คุณภาพของรสชาติดีมาก และมีกลิ่นหอมแรงจัดเมื่อผลสุกมีลักษณะที่ขั้วผลหลุดจากส่วนของผลเมื่อแก่เต็มที่ได้ง่าย เนื่องจากผลค่อนข้างใหญ่ และมีรูปร่างปกติจึงมีจำนวนเมล็ดต่อผลมากทำให้ช่องว่างของผิวระหว่างเมล็ดค่อนข้างแคบจึงทนทานต่อการขนส่ง

ส่วนลักษณะอื่น ๆ ของสตรอเบอรี่พันธุ์นี้ จัดเป็นสตรอเบอรี่ประเภทวันสั้น และต้องการความหนาวเย็นปานกลาง ประมาณ 15-18 องศาเซลเซียส เป็นช่วงเวลา 30-40 วัน สำหรับกระตุ้นให้เกิดการสร้างตาดอกของเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดของลำต้น ระยะเวลาจากดอกบานถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตเท่ากับ 60-70 วัน ผลผลิตต่อต้นสูงสุด 385 กรัม หรือประมาณ 2-3 ตันต่อไร่ (คำนวณจากการปลูก 10,000 ต้นต่อไร่) เนื้อผลมีค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 10.7 องศาบริกซ์ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ ที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันของประเทศไทย ยกเว้นพันธุ์พระราชทาน 72 และมีกลิ่นหอมชวนรับประทานคล้ายพันธุ์พระราชทาน 70 แต่เนื้อผลมีสีสันสวยงาม และความแน่นเนื้อมากกว่า การให้คะแนนของกรรมการทดสอบคุณภาพผลจากการทดลองชิม ปรากฏว่าได้คะแนนใกล้เคียงกันกับพันธุ์พระราชทาน 70 และ 72 แต่มากกว่าพันธุ์อื่น ๆ ที่ใช้ทดสอบทั้งหมด 12 สายพันธุ์ (กรมวิชาการเกษตร, 2550 : ออนไลน์)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. พันธุ์พระราชทาน 70 (Toyonoka)

เป็นพันธุ์ที่นำเข้าจากญี่ปุ่นมีชื่อว่า Toyonoka มาทดลองปลูกที่สถานีวิจัยโครงการหลวงอินทนนท์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529 สามารถเจริญเติบโตได้ดีบนที่สูง มีระบบรากที่ใหญ่ และแข็งแรงมาก แต่มีรากแขนงน้อย ใบมีลักษณะกลมใหญ่ และสีเขียวเข้ม หลังจากเกิดดอกชุดแรกแล้วมีความต่อเนื่องในการเกิดตาดอกชุดต่อ ๆ มา (ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม) ผลมีขนาดใหญ่ น้ำหนักเฉลี่ย 11.5-13.0 กรัมต่อผล มีรูปร่างทรงกลม หรือทรงกรวย ถึงแม้ปลูกในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ๆ ก็ให้ผลที่ผิดปกติน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่น ผิวสีแดงสดใส ค่อนข้างบาง มีความฉ่ำน้ำ กลิ่นหอมมาก รสชาติหวานอมเปรี้ยวพอเหมาะ ซึ่งเป็นรสชาติที่ดีมากสำหรับสตรอเบอรี่ รสออกหวานหากปลูกในพื้นที่สูง หรือช่วงที่อุณหภูมิต่ำจะมีรสหวานมากขึ้น เหมาะต่อการบริโภคสด ค่อนข้างอ่อนแอต่อไร และเพลี้ยไฟ (ภักดี, 2545)

6. พันธุ์พระราชทาน 72 (Tochiotome)

เป็นสายพันธุ์ใหม่ที่มูลนิธิโครงการหลวงนำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่นมีชื่อว่า Tochiotome โดยทำการปลูกทดสอบครั้งแรกในแปลงทดลองของสถานีวิจัยดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ในปี พ.ศ. 2542 สตรอเบอรี่สายพันธุ์พระราชทาน 72 มีขนาดผลค่อนข้างใหญ่ถึงใหญ่มากโดยพบว่ามีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 14 กรัมต่อผล มีความแข็ง หรือความแน่นเนื้อมากกว่าผลของพันธุ์พระราชทาน 70 แต่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) น้อยกว่าเล็กน้อย คือ พันธุ์พระราชทาน 70 และ 72 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 9.6 และ 9.3% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่ามีความสมดุลพอดีระหว่างรสเปรี้ยว และรสหวานจึงทำให้มีรสชาติดีเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค มีกลิ่นหอมเมื่อเริ่มสุกถึงสุกเต็มที่ เนื้อผลภายในมีสีขาว ส่วนผิวผลเมื่อสุกเต็มที่จะมีสีแดงถึงแดงจัด มีความเป็นเงามันที่ผิวผล ทำให้เป็นที่ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคเมื่อได้พบเห็น และยังมีความทนทานต่อการขนส่งมากกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ ที่ใช้ส่งเสริมปลูกอยู่ในปัจจุบัน (ชัยพิชิต, 2548)

7. พันธุ์ 329 (Yael)

เป็นสายพันธุ์ที่กรมส่งเสริมการเกษตรนำเข้ามาจากต่างประเทศ สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในไทยได้ดี ผลมีขนาดใหญ่ เนื้อแข็ง สะดวกต่อการขนส่งแต่รสชาติเปรี้ยว เหมาะแก่การปลูกเพื่อนำผลผลิตไปใช้แปรรูปทางอุตสาหกรรม (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550: ออนไลน์) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อการค้ามากที่สุดในอำเภอสะเมิงเนื่องมาจากให้ผลผลิตสูง (สำนักงานเกษตรอำเภอสะเมิง, 2550)

8. พันธุ์ 156 (Malah)

เป็นสตรอเบอรี่ที่ใช้บริโภคสด เนื่องจากผลใหญ่ ผิวเนื้อแข็ง หวาน กรอบถูกใจผู้บริโภค (สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่, 2550 : ออนไลน์)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณค่าทางอาหารของผลสตรอเบอรี่

สตรอเบอรี่ที่มีความหวานฉ่ำอร่อยตามธรรมชาติจะอุดมไปด้วยวิตามินซี และกรดฟอลิค (folic acid) ในปริมาณสูงรวมทั้งเป็นแหล่งเส้นใยอาหาร (fiber) อย่างดี ในการรับประทานผลสตรอเบอรี่สดขนาดกลาง 8 ผลนั้นพบว่าได้วิตามินซีสูงถึง 1.4 เท่าของปริมาณที่ร่างกายของคนเราต้องการในวันหนึ่ง ๆ กรดฟอลิค 20% และเส้นใยที่เป็นอาหาร (dietary fiber) 16% ซึ่งจำเป็นต้องบริโภคทุกวันเพื่อสุขภาพที่ดี รวมทั้งยังให้พลังงานเพียง 50 แคลอรี่โดยไม่มีไขมันเลย (ณรงค์ชัย, 2543)

ตาราง 2.4 คุณค่าทางอาหารของผลสตรอเบอรี่สดที่ปั่นแล้วในหนึ่งถ้วยขนาด 250 มิลลิลิตร

Nutrient	Units	Strawberry	Raspberry	Blueberry
Energy	Kcal	48	64	86
Protein	g	1.0	1.2	1.0
Fat	g	0.6	0.8	0.6
Carbohydrates	g	11.0	11.0	21.6
Fiber	g	3.6	9.6	7.0
Iron	mg	0.6	0.8	0.2
Sodium	mg	2	0	10
Calcium	mg	22	28	10
Phosphate	mg	30	16	16
Vitamin A	iu	42	168	154
Thiamine	mg	0.04	0	0.08
Riboflavin	mg	0.10	0.10	0.08
Vitamin C	mg	90	32	20
Potassium	mg	262	198	136
Zinc	mg	0.20	0.58	0.16
Niacin	mg	0.4	1.0	0.4
Vitamin B6	µg	92	74	128
Folacin	µg	28	?	22

Note : Strawberry Nutritional Guide. Adapted from the North American Strawberry Growers Association Booklet Fresh Strawberries. Also includes data on Raspberries and Blueberries.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.5 คุณค่าทางอาหารเมื่อรับประทานผลสตรอเบอรี่สดขนาดกลางจำนวน 8 ผล

Calories	50	Carbos (g)	13.0
Protein (g)	1.0	Fiber (g)	3.0
Fat (g)	0.0	Vit. A% RDA	0%
Sat. Fat (g)	0.0	Vit. C% RDA	140%
% Cal. Fat	10%	Calcium % RDA	2%
Sodium (mg)	0.0	Iron % RDA	2%

ที่มา : ณรงค์ชัย, 2543

ลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของผลสตรอเบอรี่

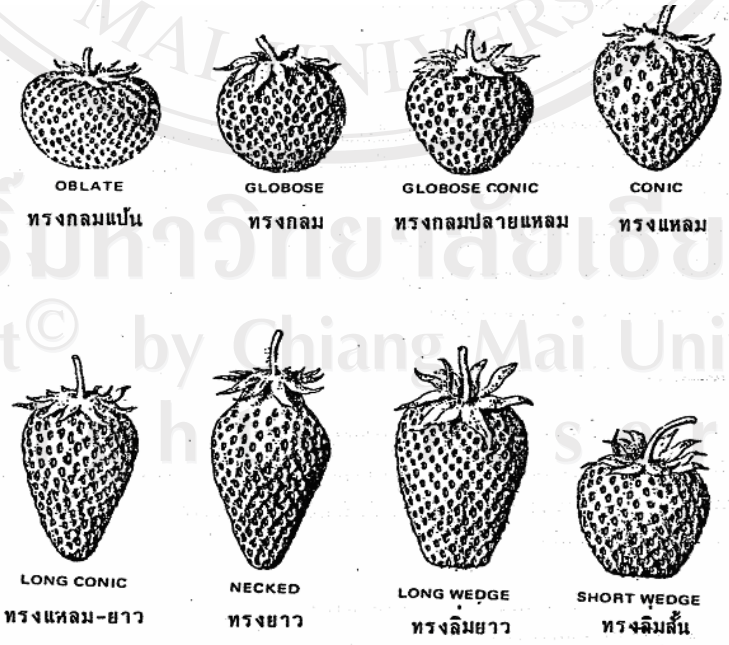
1. ขนาดของผล ผลสตรอเบอรี่มีขนาดโตขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ติดผลจนกระทั่งผลแก่และสุกซึ่งการเพิ่มขนาดผลแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะแรกก่อนการผสมเกสร (fertilization) เนื่องจากสตรอเบอรี่เป็นพืชผสมตัวเอง คือ เกิดการผสมเกสรก่อนดอกบาน พบว่ามีการแบ่งเซลล์เล็กน้อย ระยะที่ 2 ภายหลังจากเกิดการผสมเกสรแล้วจะมีการแบ่งเซลล์ประมาณ 15-20% และระยะที่ 3 ระยะภายหลังจากดอกบานจะเกิดการแบ่งเซลล์ และขยายขนาดของเซลล์ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ประมาณ 7 วันภายหลังจากที่กลีบดอกร่วง จากนั้นจะเพิ่มปริมาตรเซลล์มีการขยายขนาดเซลล์ของเนื้อผลประมาณ 90% ทำให้ผลเพิ่มขนาดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผลแก่เต็มที่ ส่วนของแกนกลาง และเนื้อผลจะหยุดพัฒนาแต่ยังสามารถเพิ่มขนาดของผลได้อีกเล็กน้อยเนื่องจากเซลล์ชั้นเปลือกนอกจะมีผนังเซลล์ที่บางกว่าแกนกลางผล และสามารถเพิ่มขนาดได้รวดเร็วเป็น 2 เท่าของแกนกลางผล (Avigdori-Avidov, 1986) ผลสตรอเบอรี่มีขนาดเพิ่มขึ้นจากระยะสีขาวถึงระยะสุกเต็มที่เป็น 1.43 เท่า และสามารถเพิ่มขนาดได้อีก 14% นับจากผลที่มีสีแดงทั้งผลจนกระทั่งสุกเต็มที่ได้ 14% (Childers, 1981) จากการศึกษาของภักดี (2545) พบว่าขนาดของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 มีขนาดเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 10 จนถึงวันที่ 31 หลังดอกบานเต็มที่ และหลังจากนั้นขนาดของผลจะคงที่ ขนาดของผลสตรอเบอรี่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ความแข็งแรงของต้น การแข่งขันของผลบนช่อ (ผลลำดับที่ 1 จะมีขนาดใหญ่กว่าผลลำดับที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ) จำนวนของผลย่อยแบบ achene ที่พัฒนา และสามารถผลิตสารควบคุมการเจริญเติบโตที่จำเป็น เช่น ออกซิเจนมีความสัมพันธ์กับการขยายขนาดของเซลล์ และจิบเบอเรลลินมีผลต่อการยืดยาวของผล โดยเฉพาะบริเวณคอ หรือไหล่ (neck) ผลสตรอเบอรี่ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความแตกต่างของเนื้อเยื่อที่ได้รับสาร และปฏิกิริยาตอบสนองสารควบคุมนั้น และเมื่อผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขยายตัวเต็มที่จะมีจำนวน achenes ประมาณ 6 achenes / ตารางเซนติเมตร (Green, 1971) นอกจากนั้นยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับขนาดของผล ได้แก่ อุณหภูมิต่ำจะช่วยส่งเสริมการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตมาที่ผลมากขึ้น ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีขนาดใหญ่ขึ้น หากธาตุอาหารพืชและระบบน้ำไม่เพียงพอจะทำให้ผลสตรอเบอรี่มีขนาดเล็กลง และการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตจากภายนอกก็มีอิทธิพลต่อขนาดผลเช่นเดียวกัน (Avigdori-Avidov, 1986)

2. รูปร่างผล ผลสตรอเบอรี่มีรูปร่างหลายแบบแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ และตำแหน่งของผลในช่อโดยผลลำดับที่หนึ่งจะมีขนาดใหญ่ รูปร่างมักไม่แน่นอน ส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นทรงกว้าง และแบนเป็นรูปลิ่ม หรือเป็นแฉกรูปหงอนไก่ ผลลำดับถัดมามักมีรูปร่างคงที่ แต่มีขนาดเล็กกว่าผลลำดับที่หนึ่ง (ชูพงษ์, 2531) สำหรับผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 16 มักมีรูปร่างไม่แน่นอน มีทั้งทรงกลมแบน ทรงกรวย และทรงกลม ส่วนพันธุ์พระราชทาน 20 ผลมีลักษณะเป็นรูปไข่ และมีปลายผลป้าน ในขณะที่ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 มีรูปร่าง 6 แบบ คือ ทรงกลมปลายแหลม ทรงกรวย ทรงกรวยยาว ทรงกรวยยาวมีคอ ทรงลิ่มยาว และทรงลิ่มสั้น โดยพันธุ์พระราชทาน 50 มีรูปร่างแบบทรงกรวยยาวมีคอมากที่สุด ส่วนพันธุ์พระราชทาน 70 พบรูปร่างแบบทรงกรวยมากที่สุด (ภักดี, 2545)

รูปร่างของผลสตรอเบอรี่สามารถแบ่งออกได้ 8 แบบ คือ ทรงกลมแป้น (oblate) ทรงกลม (globose) ทรงกลมปลายแหลม (globose conic) ทรงแหลม (conic) ทรงแหลมยาว (long conic) ทรงยาวมีคอ (necked) ทรงลิ่มยาว (long wedge) และทรงลิ่มสั้น (short wedge) ดังภาพ 2.1



ภาพ 2.1 รูปร่างของผลสตรอเบอรี่ (ที่มา : ชูพงษ์, 2531)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ความแน่นเนื้อ เมื่อผลสตรอเบอรี่มีขนาดโตขึ้นจะมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีผนังเซลล์แข็งแรง (ประสาทพร และดนัย, ม.ป.พ.) สอดคล้องกับการศึกษาของภักดี (2545) ที่รายงานว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 มีความหนาแน่นลดลงหลังจากที่ผลมีอายุ 25 วันหลังดอกบานเต็มที่จนถึงผลสุกงอม เมื่อผลสตรอเบอรี่เริ่มสุก ความแน่นเนื้อจะลดลงเป็นผลเนื่องมาจากเกิดการสลายตัวของผนังเซลล์ โดยทั่วไปองค์ประกอบของผนังเซลล์ประกอบด้วย เพคติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่เซลลูโลสอีกเล็กน้อย โดยที่ผนังเซลล์มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเซลลูโลสจะเกาะกันเป็นคู่ตามยาว และเรียงขนานกันเป็นกลุ่มประมาณ 40 คู่ เรียกว่า ไมโครไฟบริล (microfibril) ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ผนังเซลล์พืช พื้นที่ระหว่างเซลล์สองเซลล์เรียกว่ามิดเดิลลาเมลลา (middle lamella) จะมีโมเลกุลของเพคตินแทรกอยู่มาก นอกจากนั้นเพคตินยังแทรกอยู่ระหว่างเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสด้วย ทำหน้าที่ประสานโมเลกุลต่าง ๆ ในผนังเซลล์เข้าด้วยกัน และยังทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ที่อยู่ข้างเคียงด้วย เมื่อผลไม้ดิบเพคตินจะอยู่ในรูปของโพรโทเพคตินซึ่งไม่ละลายน้ำ (insoluble protopectin) เนื่องจากมีหมู่เมทิลอยู่บนโมเลกุลของกรดพอลิกาแล็กทูโรนิก (polygalacturonic acid) มาก อัตราส่วนของโพรโทเพคติน และเพคตินใช้เป็นตัวชี้บ่งระยะความแก่ของผลสตรอเบอรี่ได้ และยังใช้บอกความนิ่ม และการสลายตัวของผนังเซลล์ได้ด้วย นอกจากนี้ยังมีแคลเซียม (Ca) ที่รวมกับโพรโทเพคตินเป็นเกลือแคลเซียมเพคเตต (Ca-pectate) ซึ่งไม่สามารถละลายน้ำได้ทำให้ผลมีความแน่นเนื้อสูง (สายชล, 2528; อรรณพ, 2532) แต่เมื่อผลไม้สุกปริมาณแคลเซียมจะลดลง และโมเลกุลของโพรโทเพคตินจะถูกสลายกลายเป็นเพคติน และกรดเพคติก (pectic acid) ซึ่งละลายน้ำได้โดยกระบวนการ depolymerization และ deesterification มีเอนไซม์พอลิกาแล็กทูโรเนส (polygalacturonase; PG) ย่อยโมเลกุลของกรดพอลิกาแล็กทูโรนิกให้สั้นลง ขณะที่เอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส (pectin esterase; PE) จะตัดหมู่เมทิลบนโมเลกุลของกรดกาแล็กทูโรนิกออกไป และเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอเรส (pectin methylesterase; PME) จะทำลาย cross-link ของแคลเซียมในส่วนของมิดเดิลลาเมลลา ทำให้เกิดการแยกตัวของเซลล์ ดังนั้นเซลล์ซึ่งเคยยึดเกาะกันแน่นในผลไม้ดิบจะอยู่ในสภาพที่เกาะกันหลวม ๆ ในผลไม้สุก นอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของผนังเซลล์ในแง่ของสารประกอบเพคตินแล้ว การเปลี่ยนแปลงของเซลลูโลสยังมีความสัมพันธ์กับการอ่อนตัวของผลไม้ระหว่างการสุกในระหว่างการสุกของผลไม้บางชนิดปริมาณโมโนเมอร์ของเฮมิเซลลูโลสจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่จะเกิดการละลายของส่วนประกอบในเฮมิเซลลูโลส กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) จะเพิ่มขึ้นในระหว่างการสุกของผลไม้บางชนิดแต่ crystalline cellulose ต้านทานการสลายของเอนไซม์กลูคาเนส (glucanase) แม้ว่าจะสามารถสลายตัวโดยเซลลูเลสร่วมไปกับเอนไซม์ชนิดอื่นก็ตาม เอนไซม์กลูคาเนสอื่น ๆ ที่อาจจะเกี่ยวกับการสลายตัวของผนังเซลล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาจจะปลดปล่อยน้ำตาลโมเลกุลเล็กออกมา เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเข้าสลายของพอลิกาแล็กทูโรเนสต่อไป ด้วยเหตุนี้ผลไม้สุกจึงมีลักษณะอ่อนนุ่ม ส่งผลให้ความแน่นเนื้อของผลไม้ลดลง ผิวมีความต้านทานต่อการเสียหายเชิงกลลดลง ชอกช้ำได้ง่าย ผลสตรอเบอรี่ที่มีคุณภาพดีต้องมีขนาดผลใหญ่ และเนื้อแน่น (สายชล, 2528; ดนัย, 2540; จริงแท้, 2544)

ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ผันแปรตามพันธุ์ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ ระยะความแก่ ขนาดของผล และปริมาณน้ำในผล เช่น ต้นสตรอเบอรี่ที่มีการเจริญเติบโตทางใบมากจะทำให้ผลนิ่มเละ ผลจะนิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Moore and Sistrunk, 1981) จากการศึกษาของ Kosiyachinda *et al.* (1984) พบว่าในการปลูกสตรอเบอรี่พันธุ์ Tioga ที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลมาก ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อมากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย Spayd and Morris (1981) พบว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Cardinal และ A-5344 ที่เก็บเกี่ยวในระยะผลสีเขียวมีปริมาณเซลลูโลส และโพรโทเพคตินสูง และปริมาณเพคตินที่ละลายในน้ำต่ำ และในระหว่างการสุกของผลสตรอเบอรี่ปริมาณเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ หรือโพรโทเพคตินจะลดลง ทำให้ ผลนิ่ม ชอกช้ำ และเชื้อราเข้าทำลายได้ง่าย จึงเน่าเสียได้อย่างรวดเร็ว ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler ระหว่างการพัฒนาของผลมีโพรโทเพคตินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และพบกรดเพคตินิก และกรดเพคติกเพียงเล็กน้อยจนกระทั่งถึงวันที่ 28 ภายหลังการติดผล ต่อจากนั้นผลสตรอเบอรี่จะมีกรดเพคตินิก และเพคติกเพิ่มขึ้น และพบโพรโทเพคตินเพียงเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโพรโทเพคตินในผนังเซลล์ถูกเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบเพคตินที่ละลายน้ำ (soluble pectic substance) มากขึ้นส่งผลให้ผลนิ่มซึ่งการเพิ่มขึ้นของเพคตินที่ละลายน้ำ อาจเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์พอลิยูโรไนด์ (polyuronide) ความแข็งแรงของโครงสร้างของผนังเซลล์ขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ร่วม (interaction) ระหว่างพอลิยูโรไนด์กับพอลิเมอร์ของคาร์โบไฮเดรตในผลสตรอเบอรี่ระหว่างระยะผลมีสีเขียวถึงระยะผลสุกปริมาณพอลิยูโรไนด์ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลสตรอเบอรี่เพิ่มจาก 30% เป็น 65% นอกจากนั้นยังพบว่า ในระหว่างการสุกของผลสตรอเบอรี่มีปริมาณเซลลูโลสซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ลดลงไปถึง 60% แต่ในระหว่างการพัฒนาของผลสตรอเบอรี่มีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณ 2.5 เท่า (Manning, 1993; Montero *et al*., 1996)

4. โปรตีน โปรตีนไม่มีบทบาทในการพัฒนาคุณภาพของผลไม้สุกโดยตรง ทั้งนี้เพราะผลไม้มีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบน้อยกว่า 1% (จริงแท้, 2544) ซึ่งสอดคล้องกับ Green (1971) ที่พบว่าในผลสตรอเบอรี่มีโปรตีนเพียง 0.23% มีกรดอะมิโน 0.82 มิลลิกรัมสมมูล/100 กรัม และ Salunkhe and Desai (1986) รายงานว่าในผลสตรอเบอรี่มีโปรตีน 0.7 กรัม/100 กรัมของส่วนที่บริโภคได้ ปริมาณโปรตีนจะเพิ่มขึ้นขณะที่ผลไม้สุก เนื่องจากในกระบวนการสุกของผลไม้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เอนไซม์ชนิดใหม่ ๆ เช่น เอนไซม์ที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ก๊าซเอทธิลีน การหายใจ การเปลี่ยนสี การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ และการสลายสตาร์ชไปเป็นน้ำตาล เป็นต้น ในระยะ climacteric ผลไม้จะมีปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) น้อยลง แสดงว่ามีการสร้างโปรตีนเพิ่มขึ้นในระยะดังกล่าว แต่เมื่อถึงระยะเสื่อมสลาย (senescence) จะมีปริมาณกรดอะมิโนอิสระมากขึ้น แสดงว่าเกิดการสลายตัวของโปรตีนที่มีอยู่เดิม โปรตีนในผลไม้เป็นโปรตีนสำหรับการทำงานหรือเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ (functional protein) ในกระบวนการสุก ซึ่งโปรตีนส่วนใหญ่เป็นเอนไซม์ ได้แก่ พอลิกาแล็กทูโรเนส เพคตินเอสเทอเรส และเพคตินเมทิลเอสเทอเรส (ดนัย, 2540; สายชล, 2528; Manning, 1993) Tucker (1993) รายงานว่าในผลสตรอเบอรี่ดิบไม่พบเอนไซม์พอลิกาแล็กทูโรเนส และเซลลูเลสแต่จะเริ่มพบเมื่อผลเริ่มสุก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการสุก ชนิด และปริมาณของกรดอะมิโนในผลสตรอเบอรี่แสดงดังตาราง 2.6

ตาราง 2.6 ปริมาณกรดอะมิโนในผลสตรอเบอรี่

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโนของเนื้อสตรอเบอรี่ปั่น (มิลลิกรัม/100กรัม)
กรดแอสพาร์ติก (aspartic acid)	2.8
แอสพาราจีน (asparagine)	59.4
กรดกลูตามิก (glutamic acid)	7.7
กลูตามีน (glutamine)	14.5
ซีริน (serine)	2.0
ไกลซีน (glycine)	-
ทรีโอนีน (threonine)	2.0
แอลฟา-อะลานีน (α-alanine)	12.1
วาลีน (valine)	2.0
ลูซีน/ไอโซลูซีน (leucine/isoleucine)	2.0

ที่มา : ดัดแปลงจาก Green, 1971

5. ลิปิด ผิวนอกของผลสตรอเบอรี่มีลักษณะเป็นมันวาว ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค เนื่องจากมีแวกซ์ (wax) ซึ่งเป็นลิปิดชนิดหนึ่งเคลือบอยู่โดยเฉพาะที่ผิวของผลสตรอเบอรี่สุก (ดนัย, 2538)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. น้ำตาล และคาร์โบไฮเดรต ผลไม้ส่วนใหญ่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดประมาณ 23% ของน้ำหนักสด และจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลไม้สุก คาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบสำคัญในผักที่ให้ทั้งรสชาติ คุณค่าทางโภชนาการ และเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวค่อนข้างมาก ทั้งนี้เพราะคาร์โบไฮเดรตมีอยู่ทั้งในรูปของอาหารสะสม (เช่น สตาร์ช) และน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ที่ให้รสชาติ และในรูปของโครงสร้างที่ให้ความแข็งแรง ได้แก่ เซลลูโลส และสารประกอบเพคตินรูปต่าง ๆ เป็นต้น (จริงแท้, 2544)

น้ำตาลในผลไม้ที่สำคัญมีอยู่ 3 ชนิด คือ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสซึ่งสะสมอยู่ในแวคิวโอล (vacuole) เป็นส่วนใหญ่ ในผลสตรอเบอรี่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคส 2.6% ฟรุกโตส 2.3% และซูโครส 1.3% ต่อส่วนที่บริโภคได้ ซึ่งระดับน้ำตาลในผลสตรอเบอรี่จะเริ่มสูงขึ้นเมื่อผลมีสีขาว และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนผลสุกเต็มที่ (จริงแท้, 2544; ดนัย, 2538) ในผลสตรอเบอรี่ระดับน้ำตาลสามารถชี้บ่งถึงรสหวานดังนั้นผลสตรอเบอรี่ที่มีคุณภาพดีจึงต้องมีปริมาณน้ำตาลสูง (ประสาทพร และดนัย, ม.ป.พ.)

ในสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังวันที่ 21 และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีปริมาณสูงสุดในวันที่ 28 นับจากเริ่มติดผล หลังจากนั้นของแข็งที่ละลายน้ำได้จะลดลง ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง (reducing sugar) จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีปริมาณสูงสุดในวันที่ 35 นับจากเริ่มติดผล หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งจะลดลง การที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งเพิ่มสูงขึ้นนี้ส่งผลให้ผลสตรอเบอรี่มีรสหวานมากขึ้น (Montero *et al*., 1996)

7. กรดอินทรีย์ กรดอินทรีย์ที่อยู่ในผัก และผลไม้มีผลต่อรสชาติของผัก และผลไม้โดยตรง และยังเป็นแหล่งที่สำคัญของสารเริ่มต้นในกระบวนการหายใจด้วย กรดอินทรีย์ที่พบมากในผัก และผลไม้ คือ กรดซิตริก และกรดมาลิกซึ่งจะแปรผันตามชนิดของผลไม้ ในผลสตรอเบอรี่กรดอินทรีย์ที่พบมากที่สุด คือ กรดซิตริก รองลงมา คือ กรดมาลิก (ดนัย, 2540; Avigdori-Avidov, 1986; Kotecha and Madhavi, 1995) Ulrich (1970) ได้รายงานว่าในผลสตรอเบอรี่สุกมีปริมาณกรดซิตริก กรดมาลิก กรดซักซินิก และกรดควินิกประมาณ 10-18, 1-3, 0.1 และ 0.1 มิลลิกรัมสมมูลต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ กรดอินทรีย์ที่เหลือจากการทำงานของวัฏจักรเคร็บส์ และวิถีเมแทบอลิซึมอื่น ๆ จะถูกเก็บสะสมอยู่ในแวคิวโอลของเซลล์ และมีบทบาทสำคัญในการให้รสชาติของผลไม้ และใช้ชี้บ่งดัชนีความแก่ (maturity index) ของผลไม้ชนิดอื่นๆ โดยวัดจากปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ (titratable acidity) หรืออัตราส่วนของน้ำตาลต่อกรด (sugar/acid ratio) หรือ dry matter/acidity ratio (อรรณพ, 2532; Montero *et al*., 1996; Ulrich, 1970) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 มีปริมาณเพิ่มขึ้นจนกระทั่งวันที่ 19 หลัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดอกบานเต็มที่ หลังจากนั้นปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ของพันธุ์พระราชทาน 50 จะลดลงส่วนของพันธุ์พระราชทาน 70 จะคงที่ (ภักดี, 2545) โดยทั่วไปขณะที่ผลไม้ยังอ่อนมีปริมาณกรดสูงไม่เหมาะสมกับการบริโภค ขณะเดียวกันก็ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเมื่อผลไม้สุกรวมถึงภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณกรดภายในผลไม้จะลดลงเพราะถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจ หรือถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล (อรรณพ, 2532; จริงแท้, 2544) Montero *et al.* (1996) ศึกษาปริมาณกรด 3 ชนิด คือ กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดชิคิมิก (shikimic) ในผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler พบว่า ปริมาณกรดซิตริกเพิ่มขึ้นตลอด แต่ปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีเพียงเล็กน้อย ส่วนปริมาณกรดมาลิก และชิคิมิกมีการเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งลักษณะการเพิ่มของปริมาณกรดทั้งสองชนิดมีลักษณะคล้ายกัน โดยมีการเพิ่มอย่างรวดเร็วหลังจากวันที่ 21 นับจากเริ่มติดผล จนกระทั่งมีปริมาณกรดทั้งสองสูงสุดในวันที่ 35 นับจากเริ่มติดผล และหลังจากนั้นปริมาณกรดทั้งสองจะลดลง (ชัยพิชิต, 2548)

8. วิตามินซี วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิกที่พบในผลไม้มี 2 รูป คือ L-ascorbic acid และ reduced ascorbic acid และ dehydroascorbic acid (DHA) ซึ่งได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ L-ascorbic acid สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นกรดแอสคอร์บิกได้ และมีสมบัติเหมือนวิตามินซี นอกจากนั้น dehydroascorbic acid อาจถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็น 2, 3-diketogluconic acid ซึ่งไม่มีสมบัติของวิตามินซี (Mapson, 1970)

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลจะสูญเสียปริมาณวิตามินซีได้ง่ายเนื่องจากวิตามินซีเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวรีดิวซิ่งชนิดแรง (strong reducing) ที่มีความคงตัวต่ำ สลายตัวได้ง่ายโดยเฉพาะเมื่อถูกแสง ก๊าซออกซิเจน และอุณหภูมิสูง หรืออุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง นอกจากนั้นวิตามินซียังอาจสูญเสียได้จากกิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิด เช่น ascorbic acid oxidase, polyphenol oxidase, cytochrome oxidase และ peroxidase โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ascorbic acid oxidase จะกระตุ้นปฏิกิริยาโดยตรงระหว่างสารตั้งต้น และโมเลกุลของก๊าซออกซิเจนในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งเอนไซม์เหล่านี้พบมากเมื่อเนื้อเยื่อของผลไม้สดเกิดการเสียหายเนื่องจากตัดแต่ง หรือเกิดรอยช้ำ วิตามินซียังอาจสลายตัวจากกระบวนการออกซิเดชั่นซึ่งไม่มีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง แต่จะมีโลหะหนัก เช่น ทองแดงเป็นตัวเร่ง ซึ่งส่งผลให้เกิดการสลายตัวของวิตามินซีได้ ในช่วงแรกผลสตรอเบอรี่ที่ตัดขั้วออกแล้วจะสูญเสียวิตามินซีประมาณ 10-15% และจะสูญเสียเพิ่มขึ้นเป็น 85-95% ในเวลา 2 วัน ผลสตรอเบอรี่ที่สุกแดงเพียง 50% เมื่อเด็ดออกจากต้น และปล่อยให้สุกเองจะมีวิตามินซีเพิ่มขึ้น แต่จะมีปริมาณน้อยกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปล่อยให้สุกแดงกับต้น ปริมาณวิตามินซีจะลดลงเมื่อต้นได้รับน้ำมากขึ้นซึ่งทำให้ความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในผลสตรอเบอรี่ลดลง (ชูพงษ์, 2531) การเก็บรักษา และการขนส่งสตรอเบอรี่ภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำจะยับยั้งการทำงานของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอนไซม์ และชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้ (นิธิยา, 2539; จริงแท้, 2544) นอกจากนี้การสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลทำให้สูญเสียวิตามินซีมากขึ้น ดังนั้นการให้ความชื้นระหว่างการเก็บรักษา นอกจากจะช่วยรักษาความสดของผลิตผลแล้ว ยังสามารถชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้ (ดนัย, 2540)

9. สารให้สีในผลไม้ สำหรับผลสตรอเบอรี่สีผิวที่แดงสดใส และมีความมันวาวเป็นสิ่งที่แสดงถึงระยะการสุก และคุณภาพที่ดีของผลสตรอเบอรี่ และยังเป็นสิ่งที่ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคมาก (Moore and Sistrunk, 1981) แอนโทไซยานินจัดอยู่ในกลุ่มของสารสีฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งเป็นสารประกอบพวกไกลโคไซด์ และละลายได้ดีในน้ำ ให้สีแดง ชมพู น้ำเงิน และม่วง เมื่อผลสตรอเบอรี่เริ่มแก่สีผิวจะเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีขาว ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์โดยกระบวนการออกซิเดชั่น และเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) และเมื่อผลเริ่มสุกจะเปลี่ยนเป็นสีส้ม หรือสีชมพู และสีแดง ตามลำดับ นั่นคือมีการสูญเสียคลอโรฟิลล์ และมีการสังเคราะห์แอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารสีม่วง หรือแดง และมักอยู่ตามเซลล์ชั้นนอกของผล เมื่อผลสตรอเบอรี่มีอายุมากขึ้นจะสังเคราะห์แอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น ทำให้ผลของสตรอเบอรี่สุกมีสีแดง และในระยะนี้จะมีปริมาณน้ำตาลมากที่สุด และแสดงกลิ่นเฉพาะตัวของพันธุ์ด้วย (ดนัย, 2538) แอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 มีปริมาณคงที่จนถึงประมาณวันที่ 28 ภายหลังดอกบานเต็มที่ หลังจากนั้นปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ภักดี, 2545) ปริมาณแอนโทไซยานินในผลสตรอเบอรี่จะผันแปรขึ้นอยู่กับชนิด พันธุ์ และระยะการสุกของผล ตัวอย่าง เช่น ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Dover, Nyoho, Sequoia และ Tioga เพิ่มขึ้นเมื่อระยะที่ผลมีสีชมพูขาว ชมพู และแดง และในแต่ละพันธุ์มีปริมาณแอนโทไซยานินไม่เท่ากัน (ทองใหม่, 2541)

การสลายตัวของแอนโทไซยานินเป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินในแวคิวโอล และเกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับพีเอชในแวคิวโอล ปริมาณน้ำตาลในเซลล์ อายุของพืช แสง อุณหภูมิ ระดับฮอร์โมนภายใน และฮอร์โมน หรือสารเคมีที่ให้จากภายนอก (อัญชุลี, 2539)

10. สารประกอบแอโรมาติก (aromatic compounds) เป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นตามธรรมชาติของผลไม้ และจะผลิตออกมามากเมื่อผลสุก ซึ่งมีกลิ่นแตกต่างกันมากมายเป็นลักษณะเฉพาะของผลไม้ชนิดนั้น ๆ สารให้กลิ่นเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นภายในเซลล์ของผลไม้ สารให้กลิ่นเป็นสารที่ระเหยได้จึงมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำไม่เกิน 250 ดาลตัน และมักมีปริมาณต่ำกว่า 100 ส่วนต่อล้านส่วน โดยอาจอยู่ในรูปของสารประกอบเอสเทอร์ แล็คโตน แอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ อัลดีไฮด์ คีโตน และไฮโดรคาร์บอน ในผลสตรอเบอรี่สุกพบเฉพาะสารในกลุ่มเอสเทอร์ แอลกอฮอล์ และกรดอินทรีย์ (ยงยุทธ, 2539; Manning, 1993) สารเหล่านี้ถูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สังเคราะห์ในระยะเวลาสั้น ๆ ประมาณ 2 ชั่วโมง ที่ความเข้มแสงสูง และอุณหภูมิต่ำ เกิดเป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่ระเหยได้ง่าย ในผลสตรอเบอรี่สุกเมื่อนำมาบดให้เนื้อละเอียดจะเกิดกลิ่นหอมมากขึ้นจากสารประกอบชนิดต่างๆ ประมาณ 150 ชนิด และกลิ่นจะจางไปอย่างรวดเร็ว และพบสารให้กลิ่นคงตัวเพียง 24 ชนิด ที่สำคัญ คือ 2,5 dimethy-4-methoxy-3(2H)-furanone, linealool, geraniol, β-ionine, β-phenylethanol และ granil acetate สารประกอบ furaneol, mesifurane และ furaneol glycoside เป็นสารให้กลิ่นซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการสุกของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Oso Grande, Chandler, Tudla และ I-101 โดยปริมาณสารให้กลิ่นขึ้นอยู่กับพันธุ์ และระยะความแก่ของผล (Perez *et al*., 1997) ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวระยะสีชมพูและแดง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ในสภาพที่มีแสงนาน 4 วันปรากฏว่า ผลที่เก็บเกี่ยวระยะสีแดงผลิตกลิ่นได้มากกว่าระยะสีชมพูขาว และชมพู (Miszczak *et al*., 1995)

การเก็บเกี่ยว

ผลผลิตรวมของสตรอเบอรี่ทั้งประเทศนั้นส่วนใหญ่ประมาณ 40% ถูกขนส่งเข้าสู่ตลาดกรุงเทพมหานครเพื่อจำหน่ายเป็นผลสด อีก 40% ส่งเข้าโรงงานเพื่อทำการแปรรูปสำหรับใช้ภายในและส่งออกต่างประเทศ และส่วนที่เหลืออีกประมาณ 20% จำหน่ายเป็นผลสด และแปรรูปในอุตสาหกรรมแบบครัวเรือนให้กับนักท่องเที่ยวภายในท้องถิ่นนั้น ๆ

ผลที่ใช้รับประทานสดจะถูกเก็บเกี่ยว และแบ่งเกรดโดยเกษตรกรใกล้บริเวณแปลงปลูก โดยการแบ่งเกรดจะแบ่งตามการพัฒนาของสีที่ผิวผลซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ 61–80% สำหรับจำหน่ายในท้องถิ่น 41–60% สำหรับจำหน่ายให้แก่นักท่องเที่ยว และ 21–40% สำหรับขนส่งเข้ากรุงเทพมหานคร เนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับการขนส่งจากพื้นที่ปลูกบนที่สูงสู่ตลาดพื้นราบ ทำให้เกษตรกรบางรายเก็บเกี่ยวขณะที่สีผลพัฒนาเพียง 10–15% ตามร้านขายผลไม้ในตลาดสด และร้านจำหน่ายข้างทางจะจำหน่ายโดยชั่งน้ำหนักเป็นกิโลกรัมแล้วบรรจุลงในถุงพลาสติก สำหรับการจำหน่ายเป็นผลรับประทานสดของมูลนิธิโครงการหลวงนั้น ผลถูกแบ่งเกรดตามน้ำหนัก และคุณภาพ แล้วบรรจุวางเรียงสองชั้นในถาดพลาสติกใส หุ้มด้วยพลาสติกบางเพื่อไม่ให้ผลเคลื่อนที่ขณะเวลาขนส่ง และใส่รวมกันชั้นเดียวในกล่องกระดาษแข็งสำหรับใส่ผลไม้ ปกติจะบรรจุถาดละ 250–260 กรัม เพื่อขายตามซุปเปอร์มาร์เก็ต หรือร้านค้าทั่วไป

ผลสตรอเบอรี่ที่ใช้ในการแปรรูปจะถูกเก็บมาจากแปลงปลูก และขนส่งมาที่โรงงาน (ผลอาจถูกตัดขั้วออกก่อนนำมาส่ง หรือตัดที่โรงงาน) แบ่งคัดตามเกรด ล้างด้วยน้ำสะอาดหลังจากนั้นบางส่วนถูกแช่แข็งเลยทันที และบางส่วนนำมาใส่ในถุงพลาสติกที่บรรจุอยู่ในภาชนะ เช่น ปี๊บแบบที่ใส่น้ำมันก๊าด และใส่น้ำตาลบนผลสตรอเบอรี่ตามสัดส่วนที่ตลาดเป็นผู้กำหนด เช่น น้ำหนักผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

14 กิโลกรัมต่อน้ำตาลทรายขาว 1.2 กิโลกรัม เป็นต้น หลังจากนั้นทำการปิดฝา และรีบนำเข้าห้องเย็นแบบแช่แข็งเตรียมขนส่งไปยังต่างประเทศต่อไป

ปัญหาที่พบอย่างหนึ่ง คือ ผลที่เก็บเกี่ยวมาไม่มีการพัฒนาของสี หรือความสุกที่เป็นเกณฑ์มาตรฐาน (ซึ่งโดยทั่วไปควรจะให้มีการพัฒนาของสีอยู่ระหว่าง 50–75% บนผิวผล) ในประเทศไทยเกษตรกรผู้ปลูกสตรอเบอรี่จะทำการเก็บเกี่ยวผลหลายช่วงของการพัฒนาของสีโดยขึ้นอยู่กับตลาด ปัญหาที่เกิดขึ้นคือความไม่มีรสชาติของผลที่สุกไม่เต็มที่เนื่องจากสตรอเบอรี่จัดเป็นผลไม้พวก Non–climacteric ซึ่งต้องเก็บเกี่ยวตอนผลสุกจึงจะให้รสชาติที่ดี นอกจากนี้ผลมีความชอกช้ำง่ายในขณะขนส่งทำให้กลายเป็นผลเกรดต่ำอย่างรวดเร็วเมื่อไปถึงตลาดในสภาพอากาศร้อน การพิจารณาช่วงเก็บเกี่ยวที่เป็นมาตรฐาน และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพควรนำมาใช้ในการปลูกสตรอเบอรี่ที่เป็นการค้าอย่างจริงจัง (ณรงค์ชัย, 2543)

คุณภาพของผลสตรอเบอรี่

ผลสตรอเบอรี่ที่มีคุณภาพดีควรจะสะอาด มีสีสด เนื้อแน่น และมีกลีบเลี้ยงติดมาด้วย กลีบเลี้ยงมีสีเขียวไม่แห้ง ผลควรมีสีแดงทั้งผล หรืออย่างน้อยผลมีสีแดง 75% สตรอเบอรี่ที่มีสีแดงคล้ำแสดงว่าสุกงอมเกินไป ผลสตรอเบอรี่ที่อยู่ในภาชนะบรรจุเดียวกันควรมีสี และขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีรอยแผล ช้ำ หรือเชื้อรา (ณรงค์ชัย, 2543)

มาตรฐานของผลสตรอเบอรี่ที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกานั้นเกรด U.S.No.1 จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 1.5 นิ้ว และยอมให้มีผลเล็กกว่านี้ปนอยู่ได้ไม่เกิน 5% (ประสาทพรและดนัย, ม.ป.พ.)

มาตรฐานคุณภาพ

ชั้นมาตรฐานพิเศษ (เกรดพิเศษ)	น้ำหนักผลมากกว่า 15.0 กรัมต่อผล
ชั้นมาตรฐานชั้น 1 (เกรด 1)	น้ำหนักผล 13.0–14.9 กรัมต่อผล
ชั้นมาตรฐานชั้น 2 (เกรด 2)	น้ำหนักผล 10.0–12.9 กรัมต่อผล
ชั้นมาตรฐานชั้น 3 (เกรด 3)	น้ำหนักผล 7.0–9.9 กรัมต่อผล
ชั้นมาตรฐานโรงงาน (เกรดโรงงาน)	น้ำหนักผลต่ำกว่า 7.0 กรัมต่อผล

(สุทัศน์ และคณะ, ม.ป.พ.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วงหลังเก็บเกี่ยวของสตรอเบอรี่ (Postharvest)

คุณภาพของผลสตรอเบอรี่ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ความเข้ม และการกระจายของสีแดงที่ผิวผล ขนาดของผล รูปร่างผล ปราศจากผลที่ผิดปกติ และเป็นรอยแผล ความแข็ง (Firmness) รสชาติรวมทั้งกลิ่นหอมที่เป็นลักษณะประจำตัว องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการจัดการให้ได้ผลที่มีคุณภาพดี คือ เก็บในช่วงที่ผลสุกเต็มที่ หลีกเลี่ยงการทำให้ผลเกิดตำหนิ หรือรอยแผลในขณะเก็บเกี่ยว การให้ความเย็น หรือรีบนำไปเข้าห้องเย็นโดยเร็วหลังจากการเก็บเกี่ยว การใช้อุณหภูมิประมาณ 0 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90–95% ในระหว่างช่วงของการขนส่ง เป็นต้น แต่บางครั้งก็ไม่สามารถที่จะปฏิบัติตามได้ และทำให้ % ของการเสียหายหลังจากการเก็บเกี่ยวสูงมาก

ในประเทศสหรัฐอเมริกา การพัฒนาของสีผิวผลสตรอเบอรี่ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการวัดความสุก คือ การปรากฏผิวสีแดง หรือสีชมพูที่มากกว่า 50 หรือ 75% สำหรับในรัฐแคลิฟอร์เนีย ความสุกที่ต้องการอย่างน้อยที่สุด 2 ใน 3 ของผิวที่ปรากฏเป็นสีแดง หรือสีชมพู ในช่วงระหว่างที่ผลสตรอเบอรี่สุกนั้นจะทำให้ปริมาณของ Anthocyanin เพิ่มขึ้นขณะที่ความแข็ง และ Chorophyll ลดลง

ผลที่มีตำหนิอาจเกิดขึ้นขณะที่อยู่ในแปลง (โดยนก แมลง แสงแดด และผลที่นิ่มเกินไป) อาจเกิดขึ้นในขณะเก็บเกี่ยว (ขั้วผลถูกดึงออก และเกิดการชอกช้ำ) และอาจเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บเกี่ยว (ส่วนใหญ่เป็นการเสียหายทางกายภาพ) ผู้บริโภคส่วนมากชอบผลที่มีความแข็งซึ่งจะไม่เละขณะที่ผ่าออกเป็นชิ้นบาง ๆ นอกจากนี้ความแข็งยังช่วยไม่ให้เกิดความเสียหายขณะขนส่ง

รสชาติของสตรอเบอรี่ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่นหอมขึ้นมาด้วย สารประกอบระเหยนี้ไม่เพียงแต่มีความสำคัญในการทำให้เกิดกลิ่นเท่านั้นยังมีผลต่อรสชาติทั้งหมดของสตรอเบอรี่ ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำตาล และปริมาณกรดที่สูงจะทำให้เกิดรสชาติที่ดีมาก ปริมาณกรดที่สูงแต่น้ำตาลต่ำทำให้เกิดรสฝาด ขณะที่ปริมาณน้ำตาลที่สูง และกรดต่ำทำให้มีรสหวานจัด แต่เมื่อทั้งปริมาณของน้ำตาล และกรดต่ำเป็นผลทำให้รสชาติไม่ดี

มีองค์ประกอบหลายอย่างในช่วงก่อน และภายหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อคุณภาพของผลสตรอเบอรี่ ปัจจัยดังกล่าวนี้จะรวมทั้งทางพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม เช่น สภาพภูมิอากาศ (อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง) และเขตกรรม (ชนิดของดิน การให้น้ำ และธาตุอาหาร การใช้ยากำจัดแมลง) ช่วงความสุกในขณะที่เก็บเกี่ยว และหลังการเก็บเกี่ยวก็มีผลต่อคุณภาพของผลสตรอเบอรี่ด้วย เช่น ในช่วงกลางวันที่แสงแดดจัด และอากาศเย็นในเวลากลางคืนนั้นสามารถทำให้ผลสตรอเบอรี่มีรสชาติที่ดีมากกว่าในวันที่ครึ้ม มีเมฆมาก หรือวันที่อากาศแห้ง และร้อนในเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลางคืน การให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ต้นสตรอเบอรี่มากเกินไปทำให้ความแข็ง ปริมาณน้ำตาล และรสชาติลดลงไปได้

สตรอเบอรี่ถูกจัดเป็นผลไม้ประเภท Non–climacteric fruits ซึ่งจะต้องเก็บเกี่ยวในขณะที่สุก หรือช่วงใกล้สุกเพื่อทำให้ได้ผลที่มีคุณภาพดีสำหรับการบริโภค สตรอเบอรี่เป็นผลไม้ที่ผลิต Ethylene ได้ต่ำมาก คือ ประมาณน้อยกว่า 0.1 ไมโครลิตร/กิโลกรัม/ชั่วโมง และไม่มีผลตอบสนองโดยการเพิ่มของ Ethylene ในขณะเกิดการสุกของผล

โรค Gray mold rot (*Botrytis cinerea*) นับว่าเป็นโรคที่สำคัญที่สุดที่เกิดกับผลสตรอเบอรี่ การพัฒนาของโรคนี้เกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งส่วนมากเป็นสาเหตุมาจากการเข้าทำลายของเชื้อราในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว ขณะที่โรคหลังการเก็บเกี่ยวที่พบโดยทั่วไป ได้แก่ Rhizopus rot (*Rhizopus spp.)* และ Leather rot (*Phytophthra cactorum*)

ผลที่ชอกช้ำ บิดเบี้ยว สุกเกินไป และมีตำหนิ เป็นปัญหาหลักในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวของสตรอเบอรี่ ปัจจัยที่สำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จของการจัดการช่วงก่อน และหลังการเก็บเกี่ยวสตรอเบอรี่ ได้แก่ ความสุกที่เหมาะสม การคัดเลือก และแยกผลที่ตลาดไม่ต้องการออกขณะเก็บเกี่ยว การให้เกิดรอยแผลน้อยที่สุดในขณะเก็บเกี่ยว และหลังการเก็บเกี่ยวควรรีบนำผลที่เก็บเกี่ยวแล้วเข้าห้องเย็นที่อุณหภูมิใกล้ 0 องศาเซลเซียส โดยเร็วที่สุด (ณรงค์ชัย, 2543)

การเก็บรักษา

การเก็บรักษาผัก และผลไม้มีวัตถุประสงค์เพื่อจะเก็บรักษาผลิตผลให้อยู่ในสภาพปกติได้นานที่สุด สตรอเบอรี่เป็นผลไม้ที่เน่าเสียได้ง่าย จึงสามารถเก็บรักษาได้ในระยะเวลาสั้น ๆ ประมาณ 5-7 วัน ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% ช่วงของอุณหภูมิที่ดีที่สุดในการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ควรอยู่ระหว่าง 0.5-1.1 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 85-90% ผลสตรอเบอรี่เก็บรักษาไว้นาน 4 วัน ที่อุณหภูมิ 4.4 องศาเซลเซียสมีสภาพดีกว่าผลที่เก็บไว้นาน 2 วันที่อุณหภูมิ 21.1 องศาเซลเซียส คือ มีการสูญเสียน้ำหนักผล และการเน่าเสียของผลน้อยกว่า และมีลักษณะปรากฏดีกว่า การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ควรผ่านขั้นตอนการลดอุณหภูมิเสียก่อน โดยอุณหภูมิจุดเยือกแข็งของผลสตรอเบอรี่อยู่ที่ -0.8 องศาเซลเซียส การสูญเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ คือ การสูญเสียความสดของสีแดง ผลเหี่ยว เน่า และรสชาติเปลี่ยนไป อัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สูงกว่าที่ 0 องศาเซลเซียส ประมาณ 9 เท่า แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีความสำคัญต่ออายุการวางขายของผลสตรอเบอรี่มาก การเก็บรักษาในครัวเรือนควรเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น โดยการห่อด้วยพลาสติก และควรบริโภคโดยเร็วไม่ควรเก็บรักษาไว้นานเกินไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการเก็บรักษา ผลสตรอเบอรี่สามารถเก็บได้นาน 8 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แต่เก็บรักษาได้เพียง 1 วันเท่านั้นที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำช่วยลดการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ ชะลออัตราการหายใจ และการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ให้ช้าลง เนื่องจากอุณหภูมิต่ำมีส่วนช่วยในการควบคุมการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมีให้ทำงานได้ช้าลง (ชัยพิชิต, 2548)

สตรอเบอรี่โดยปกติแล้วจะถูกขนส่งร่วมกับผลไม้ หรือผักอื่น ๆ ที่อุณหภูมิระหว่างการขนส่งประมาณ 0-5 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90–95% น้ำแข็งแห้งได้เคยถูกใช้ในการเพิ่มปริมาณ CO_2 ขณะที่มีการขนส่งสตรอเบอรี่ ผลที่ถูกเก็บในช่วงใกล้สุกสามารถขนส่งได้ดีกว่า และมีช่วงอายุที่ยาวนานกว่าผลที่สุกเต็มที่ แต่โดยปกติจะมีรสชาติทั้งหมดด้อยกว่าผลที่สุกเต็มที่ (ณรงค์ชัย, 2543)

ประเภทเอนไซม์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม

เอนไซม์ คือ โปรตีนกลุ่มหนึ่งที่มีหน้าที่พิเศษแตกต่างจากโปรตีน และมหชีวโมเลกุลทั่วไป กล่าวคือ มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ สูงกว่าตัวเร่งสังเคราะห์เป็นหลายล้านเท่าด้วยปริมาณเอนไซม์เพียงระดับไมโครโมลาร์ (μM) นอกจากนี้เอนไซม์สามารถเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะไม่รุนแรงซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับสภาวะในเซลล์ และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทั่วไป เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารที่ทำปฏิกิริยาซึ่งเรียกว่า ซับสเตรต (substrate) และสามารถเร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ไม่เปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ตลอดทั้งเอนไซม์จะเพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยาโดยลดพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาได้ (ปราณี, 2547)

เอนไซม์เพคติเนส

แหล่งที่พบเพคติเนส

พบทั่วไปในพืชชั้นสูง เช่นเดียวกับที่พบสารประเภทเพคติน แต่อยู่คนละส่วนของเซลล์ เมื่อเซลล์พืชฉีกขาด หรือได้รับการกระทบกระเทือน เอนไซม์ และเพคตินจะเคลื่อนที่เข้าใกล้กัน ทำให้เกิดการย่อยสลาย ลักษณะความคงตัวของเนื้อสัมผัสของผลไม้จะเสียไป ผักผลไม้จะนิ่มลง นอกจากพบเอนไซม์เพคติเนสตามธรรมชาติแล้ว ยังมีการผลิตเพคติเนสเพื่อการค้าโดยการสกัดจากจุลินทรีย์ซึ่งมีจำหน่ายใน 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่เป็นผง และลักษณะที่เป็นของเหลว (ปาริชาติ, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชนิดของเพคติเนสแบ่งตามลักษณะการทำงานออกเป็น 3 ชนิดคือ

1. เพคตินเอสเทอเรส (pectinesterases, pectin pectylhydrolase, EC 3.1.1.11), PE
2. พอลิกาแล็กทูโรเนส (polygalacturonase, poly-α-1,4 galacturonide glycanohydrolase, EC 3.2.1.15), PG
3. เพคเตตไลเอส (pectate lyases, poly-α-1,4-D-galacturonide lyases, EC 4.2.2.2), PL (ปราณี, 2547)

เพคตินเอสเทอเรส (pectinesterases)

เป็นเอนไซม์ที่สามารถไฮโดรไลซ์พันธะเมทิลเอสเทอร์ของเพคติน ได้เป็นกรดเพคติกและเมทานอล เอนไซม์นี้บางครั้งเรียกว่า เพคเตส เพคตินเมทิลเอสเทอเรส เพคตินเมทอกซีเลส เพคตินดีเมทอกซีเลส และเพคโตไลเพส การไฮโดรไลซ์เพคตินเป็นกรดเพคติกในสภาวะที่แคลเซียมไอออนจะเพิ่มความแข็งแรงของเนื้อสัมผัส เนื่องจากเกิดพันธะเชื่อมระหว่างแคลเซียมไอออนกับหมู่คาร์บอกซิลของกรดเพคติก (นิธิยา, 2539)

พอลิกาแล็กทูโรเนส (polygalacturonases)

เป็นเอนไซม์ที่สามารถไฮโดรไลซ์พันธะแอลฟา-1,4-ไกลโคไซด์ระหว่างหน่วยย่อยของกรดแอนไฮโดรกาแล็กทูโรนิก ซึ่งเอนไซม์นี้พบทั้ง เอนโด- และเอกโซ-พอลิกาแล็กทูโรเนสโดยชนิดเอกโซ-จะไฮโดรไลซ์พันธะที่อยู่ปลายสุดของสายพอลิเมอร์ ส่วนชนิดเอนโด-จะไฮโดรไลซ์พันธะที่อยู่ด้านในของสายพอลิเมอร์ สำหรับในพืชอาจมีเอนไซม์พอลิกาแล็กทูโรเนสซึ่งจะไฮโดรไลซ์โมเลกุลของเพคติน และเอนไซม์พอลิกาแล็กทูโรเนสซึ่งจะไฮโดรไลซ์โมเลกุลของกรดเพคติก แต่เอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอเรสจะมีความไวในการเปลี่ยนเพคตินเป็นกรดเพคติก ดังนั้นบทบาทของเอนไซม์พอลิกาแล็กทูโรเนสในการไฮโดรไลซ์กรดเพคติก จะทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้เปลี่ยนไป เช่น ทำให้มะเขือเทศสุกนิ่มลง (นิธิยา, 2539)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพคเตตไลเอส (pectate lyases)

จะไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคไซด์ของทั้งเพคติน และกรดเพคติกโดยไม่มีน้ำแต่โดยอาศัย β-elimination ทำให้เกิดเป็นพันธะคู่ เอนไซม์นี้พบได้เฉพาะในจุลินทรีย์แต่ไม่พบในพืชชั้นสูง และมีทั้งเอนโด- และเอกโซ- เช่นเดียวกัน (นิธิยา, 2539)

ตาราง 2.7 ชนิดของเอนไซม์ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม

เอนไซม์	ประเภทเครื่องดื่ม	วัตถุประสงค์หรือลักษณะปฏิกิริยาการใช้เอนไซม์
อะไมเลส	เครื่องดื่มมีแอลกอฮอล์	1. เพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลสำหรับหมัก เรียกว่า liquor adjunct 2. เพื่อแยกแป้งออกจากสารละลายจะช่วยลดความขุ่นและความหนืดจากแป้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์ใสโปร่งไม่มีตะกอน
เซลลูเลส	เครื่องดื่มมีแอลกอฮอล์	เพื่อย่อยสลายเซลลูโลสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็กสำหรับหมักแอลกอฮอล์
แทนเนส หรือ พอลิฟีนอลออกซิเดส	เครื่องดื่มมีแอลกอฮอล์	เพื่อแยกสารประกอบพอลิฟีนอลหรือแทนนินจากผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ใส เนื่องจากแทนนินจะไปรวมตัวกับโปรตีนเกิดเป็นตะกอน
นารินจิเนส	เครื่องดื่มน้ำผลไม้ตระกูลส้ม	เพื่อลดสารขมหรือนารินจินในน้ำส้ม น้ำเกรฟฟรุต น้ำมะนาว โดยการใช้นารินจิเนสย่อยสลายนารินจิน
ลิโมนินดีไฮโดรจิเนส	เครื่องดื่มน้ำผลไม้ตระกูลส้ม	เพื่อลดสารขมคือ ลิโมนิน ในน้ำผลไม้ตระกูลส้ม โดยการใช้ลิโมนินดีไฮโดรจิเนสย่อยสลายสารลิโมนิน
เพคติเนส	น้ำผลไม้	ช่วยสกัดน้ำผลไม้จากเนื้อเยื่อให้ผลผลิตสูง โดยเฉพาะน้ำผลไม้กลุ่มที่มีปริมาณเพคตินมาก เช่น ขนุน ทุเรียน กล้วย ช่วยย่อยสลายเพคติน ทำให้กรองกากได้ง่าย เกิดเป็นน้ำผลไม้ใส
	ไวน์ผลไม้	ช่วยย่อยสลายเพคตินในวัตถุดิบทำให้ไวน์ใสกรองง่าย
โปรติเอส	ไวน์ เบียร์	กระบวนการแยกตะกอนโปรตีน ทำให้ผลิตภัณฑ์ใสอาจเพิ่มฟองในเบียร์ ทำให้คุณลักษณะการไหลรินดี เพิ่มเนื้อให้กับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีส่วนของโปรตีนละลายได้มากขึ้น และป้องกันการขุ่นของเครื่องดื่มในระหว่างการแช่เย็น เรียกว่า Chill-proofing process หรือป้องกันหมอกเย็น (chill haze)

ที่มา : ปราณี, 2547

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.8 ตัวอย่างเอนไซม์เพคติเนสทางการค้า

ชื่อเอนไซม์	ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของเพคติเนส	ชนิดของเอนไซม์ที่ทำกิจกรรมหลัก	ค่าพีเอชที่เหมาะสมในการทำงาน	อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงาน	แหล่งที่มาของเอนไซม์
Pectinex BE 3L	1600 MOE/ml	Pectinesterase, pectin lyase, polygalacturonase	3.5	45-55°C	*A. niger*
Pectinex BE	3600 MOE/ml	Pectinesterase, pectin lyase, polygalacturonase	3.5-4.0	45-55°C	*A. niger*
Vinozyme G	4000 FDU 20°C/g	Pectin lyase, polygalacturonase, hemicellulase, cellulose	Not given	Not given	*A. niger*
Pextinex Smash XXL	22,000 PG/ml.	Pectinase, hemicellulase	3.5	45-55°C	*A. aculeatus /oryzae*
Rapidase EX Color	Not given	Pectinase	Not given	45-55°C	*A. niger*

*** หมายเหตุ** - MOE (most einheit) เป็นหน่วยที่ใช้วัดขนาดของความหนืดที่ลดลง

- FDU (ferment depectinization unit) เป็นหน่วยที่ใช้วัดการย่อยสลายเพคติน
- PG เป็นการวัดขนาดของความหนืดที่ลดลงของสารละลายที่มีกรดเพคติก

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Landbo *et al.*, 2007

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

1. ความเข้มข้นของเอนไซม์ และสารเริ่มต้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับจำนวนการเข้าจับกันของโมเลกุลของเอนไซม์ และสารเริ่มต้น เมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นไปเป็นสองเท่าด้วย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์ต่อไปเรื่อย ๆ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเริ่มช้าลง และคงที่ในที่สุด เพราะสารเริ่มต้นเริ่มหมดไป ทำให้เป็นตัวจำกัดในการเกิดปฏิกิริยาได้ อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับการเข้าจับกันของโมเลกุล ซึ่งจะจับกันมากขึ้นเมื่อมีปริมาณเอนไซม์ หรือสารเริ่มต้นมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. พีเอช (pH) พีเอชของสารละลายจะมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ในหลาย ๆ ด้าน โดยทั่วไปแล้วเอนไซม์แต่ละชนิดจะมีระดับพีเอชที่เหมาะสมในการทำงานซึ่งระดับพีเอชที่เหมาะสมของเอนไซม์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 6-8 การทำงานของเอนไซม์ลดลงเมื่อพีเอชสูง หรือต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม เนื่องจากเอนไซม์เสื่อมสภาพได้ และมีผลต่ออัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาด้วย

3. อุณหภูมิ โดยทั่วไปปฏิกิริยาที่ถูกเร่งโดยเอนไซม์จะเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 0 เป็น 35 หรือ 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้มีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นด้วย เอนไซม์ต่างชนิดกันจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำงานแตกต่างกัน ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าระดับที่เหมาะสมแล้ว อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้าลงเพราะเอนไซม์เสื่อมสภาพ เอนไซม์ของพืชส่วนใหญ่เสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 35 หรือ 40 องศาเซลเซียส

4. ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้น สามารถวัดได้จากอัตราการหายไปของสารเริ่มต้น หรือการปรากฏขึ้นของผลิตภัณฑ์ หรือทำทั้ง 2 วิธีพร้อมกัน อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะช้าลงเมื่อเวลาผ่านไป เพราะอาจเกิดการเสื่อมสภาพของเอนไซม์ นอกจากนั้นยังเกิดเพราะมีการลดลงของสารเริ่มต้น และได้ผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น โดยเมื่อความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์มากขึ้นจนถึงระดับหนึ่งอาจจะทำให้เกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ (reversibility) โมเลกุลของผลิตภัณฑ์จะรวมกับเอนไซม์แทนสารเริ่มต้นทำให้ปฏิกิริยาถูกจำกัด (ชัยพิชิต, 2548)

คุณสมบัติของสารประกอบแอนโทไซยานิน

ในสภาพที่เป็นกรด แอนโทไซยานินดูดกลืนแสงในช่วงแสงสีเขียว ความยาวคลื่น 465-550 nm. โดยวงแหวน B และในช่วงแสงอัลตราไวโอเลต ความยาวคลื่น 270-280 nm. โดยวงแหวน A การดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินนี้ เปลี่ยนแปลงได้เมื่อกลุ่มต่าง ๆ ที่มาเกาะกับโครงสร้างหลักเปลี่ยนแปลงไป เช่น เมื่อเกิด hydroxylation หรือเพิ่มหมู่ hydroxyl เข้าไปจะทำให้ช่วงการดูดกลืนแสงขยับไปในช่วงคลื่นที่ยาวขึ้น แต่เมื่อเกิด glycosylation หรือมีน้ำตาลเข้ามาเกาะกับคาร์บอนตำแหน่งต่าง ๆ การดูดกลืนแสงจะขยับไปอยู่ในช่วงคลื่นที่สั้นลง และเมื่อเกิด acylation หรือมีหมู่ acyl ของกรดในกลุ่ม cinnamic ต่าง ๆ มาเกาะกับน้ำตาลจะทำให้มีการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอีกในช่วงความยาวคลื่น 310-335 nm. แต่การ methylation หรือการมีหมู่ methyl เข้ามาเกาะไม่ทำให้การดูดกลืนแสงเปลี่ยนไปมากนัก จากการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้แอนโทไซยานินทำตัวเหมือน indicator ในสารละลายกล่าว คือ มีโครงสร้าง และสีเปลี่ยนแปลงไปตามพีเอชของสารละลายในสารละลายที่เป็นกรดมาก ๆ แอนโทไซยานินจะให้สีค่อนข้างแดงของ flavylium anion แต่เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นในช่วงกรดอ่อน หรือเป็นกลางสีจะค่อย ๆ จางลงจนไม่มีสีของ pseudobase เมื่อสารละลายมีสภาพเป็นเบสอ่อน จะให้สีน้ำเงินของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

anhydrobase แอนโทไซยานินในทั้ง 3 รูปนี้ยังเปลี่ยนกลับไปกลับมา (reversible) ได้ แต่ในสภาพที่เป็นด่างจัดแอนโทไซยานินจะถูกทำลาย และไม่อาจเปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูปอื่นได้อีก (จริงแท้, 2549)

แอนโทไซยานินในผลไม้

ชนิด และปริมาณของแอนโทไซยานินในผลไม้แตกต่างกันไปตามชนิดพืช บางพืชมีแอนโทไซยานินเพียงอย่างเดียว เช่น ผลเสาวรส บางพืชมี 2 ชนิด เช่น ผลท้อ บางพืชมีมากกว่า 20 ชนิด เช่น ผลองุ่น ความแตกต่างของแอนโทไซยานินในผลไม้ขึ้นอยู่กับน้ำตาลที่มาเกาะกับ aglycone (anthocyanidin) หลัก 6 ชนิดด้วยกัน ส่วนใหญ่ได้แก่ cyanidin (55%) รองลงมาคือ peonidin และ delphinidin อย่างละประมาณ 12% ตามด้วย pelargonidin และ malvidin ประมาณอย่างละ 8% และ petunidin 6% ในผลแอปเปิ้ลพบเพียง 1 aglycone ในขณะที่ผลองุ่นพบ 5-6 aglycone น้ำตาลส่วนใหญ่ที่มาเกาะกับ aglycone เหล่านี้เป็นน้ำตาลกลูโคสเกาะ ณ คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 พบมากในผลไม้เขตหนาว และมีส่วนน้อยที่มีน้ำตาลกลูโคส 2 โมเลกุลมาเกาะ ณ คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และ 5 (3, 5-diglucoside) พบในลิ้นจี่ และทับทิม นอกจากนั้นยังพบว่ามีกรดต่าง ๆ มาเกาะอยู่ด้วย ได้แก่ cinnamic *p*-coumaric และ caffeic รวมทั้งกรดอะซิติก สำหรับปริมาณของแอนโทไซยานินในผล โดยเฉลี่ยมีประมาณ 50 มก./100 กรัม โดยผันแปรอยู่ตั้งแต่ 16-400 มก./100 กรัม ส่วนใหญ่พบในแวคิวโอลของเปลือก หรือผิวของผลไม้ ยกเว้นในพืชบางชนิด เช่น ในผลทับทิม ฝรั่งขี้นก ผลเชอรี่ที่มีเนื้อสีแดง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแอนโทไซยานินในผลไม้ ส่วนใหญ่พบว่ามีการสังเคราะห์แอนโทไซยานินเพิ่มสูงขึ้นมากเมื่อผลเข้าใกล้วัยบริบูรณ์ หรือแก่ และเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อผลสุกเต็มที่ แต่ในบางพืช เช่น ในผลลิ้นจี่ ระยะผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนเป็นสีเหลืองเขียวเมื่ออายุประมาณ 16 สัปดาห์หลังดอกบานจนเป็นสีแดงเมื่ออายุ 20 สัปดาห์ พบว่าสัดส่วนระหว่างแอนโทไซยานินที่เกาะกันเป็นกลุ่มลดลง มีแอนโทไซยานินเดี่ยว ๆ มากขึ้น ในขณะที่มีการสะสม cyanidin-3-glucoside และ cyanidin-3-rutinoside มากขึ้นตามลำดับ ส่วน malvidin-3-acetylglucoside มีปริมาณค่อนข้างคงที่

ปัจจัยภายในที่มีผลต่อสีของผลไม้ คือ พันธุกรรม ขึ้นอยู่กับเอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน รวมทั้งสารฟลาโวนอยด์อื่น ๆ และพีเอช ส่วนปัจจัยภายนอกก็มีผลอย่างมากต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในผล แสงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยกระตุ้นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน เห็นได้ชัดในผลไม้หลายชนิด ผลที่อยู่ด้านในทรงพุ่มมักมีสีแดงน้อยกว่าผลที่อยู่นอกทรงพุ่ม นอกจากนี้ยังพบว่า แสงภายหลังการเก็บเกี่ยวก็มีบทบาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำคัญในการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ในผลแอปเปิ้ล การใช้แสงอัลตราไวโอเลตช่วยเพิ่มการสร้างแอนโทไซยานินโดยการกระตุ้นเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักของการสังเคราะห์สารในกลุ่ม phenylpropaniod จากการศึกษาถึงเอนไซม์ที่มีบทบาทควบคุมการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในผลไม้ พบว่า ผลไม้แต่ละชนิดมีเอนไซม์หลักที่ควบคุมปริมาณแอนโทไซยานินในผลต่างกัน ในองุ่น และแอปเปิ้ล พบว่า glucosyl transferase เป็นเอนไซม์หลักในการสังเคราะห์ สตรอเบอรี่มี dihydroflavonol-4-reductase เป็นเอนไซม์หลัก ส่วนท้อมี chalcone synthase และ dihydroflavonol-4-reductase เป็นเอนไซม์หลัก

อุณหภูมิเป็นปัจจัยภายนอกที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่ง ส่วนใหญ่พบว่าอุณหภูมิต่ำส่งเสริมการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน เช่น ในองุ่นจะมีปริมาณแอนโทไซยานินมาก และมีสีสวยงามเมื่ออุณหภูมิในแปลงช่วงกลางวันอยู่ระหว่าง 15-25 องศาเซลเซียส และช่วงกลางคืนอยู่ระหว่าง 10-20 องศาเซลเซียสแต่ถ้าอุณหภูมิช่วงกลางวันสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส และกลางคืนสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส การสังเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินจะลดลงมาก หรือหยุดไปเลย ในหน่อไม้ฝรั่งการใช้น้ำร้อนก่อนการเก็บรักษาช่วยลดการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน

ภายหลังการเก็บเกี่ยว สีแดงจากแอนโทไซยานินในผลไม้อาจเปลี่ยนแปลงได้ ผลทับทิมและสตรอเบอรี่มีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น และสีแดงขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากการสร้างแอนโทไซยานินขึ้นมาใหม่ การเก็บรักษาผลไม้ทั้ง 2 ชนิด ภายใต้บรรยากาศที่มี CO_2 สูงจะยับยั้งการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งนี้เพราะบรรยากาศที่มี CO_2 ไปทำให้พีเอชของผลไม้สูงขึ้น กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ได้แก่ PAL และ glycosyl transferase ลดลง (จริงแท้, 2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.9 องค์ประกอบของรงควัตถุและสารให้กลิ่นหลักในผลไม้บางชนิด

ผลไม้	แทนนิน (%)	แอนโทไซยานิดิน	กลิ่นหลัก
แอปเปิ้ล	0.1	cyanidin	alcohols
แบล็กเบอรี่	0.2	cyanidin, delphinidin	-
แบล็กเคอร์แรนต์	0.3	cyanidin, delphinidin	-
เชอรี่	0.1	cyanidin, peonidin	benzaldehyde
องุ่น	0.02	cyanidin, delphinidin malvidin, peonidin petunidin	terpenols
พีช	0.1	cyanidin	decalactone
พลัม	0.1	cyanidin, peonidin	-
สตรอเบอรี่	0.4	pelargonidin	-

ที่มา : ปราณี, 2547

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิธิยา และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานและสารละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อคุณภาพของผลสตรอเบอรี่หั่นชิ้นพันธุ์ 329 โดยใช้ผลสตรอเบอรี่ (*Fragaria ananassa* Duchesne) พันธุ์ 329 เก็บเกี่ยวระยะผิวเป็นสีแดง 90-100% นำมาตัดขั้วผลออก หั่นชิ้นครึ่งผลตามยาว แล้วแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm พีเอช 7.0 อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาทีผึ่งให้ผิวแห้ง แล้วจุ่มลงในสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0% หรือสารละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose; CMC) ความเข้มข้น 1.0% เป็นเวลา 30 วินาที ผึ่งให้ผิวแห้งอีกครั้งหนึ่ง บรรจุในถาดพลาสติกใสชนิดที่มีฝาปิด (clamshell) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±5% นาน 10 วัน สุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์คุณภาพทุก ๆ 2 วัน ผลการทดลองพบว่า ผลสตรอเบอรี่สดหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0% หรือสารละลาย CMC ความเข้มข้น 1.0% สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวให้ช้าลง แต่ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อ การเคลือบผิวทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นช้ากว่าชุดควบคุม ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ ในรูปของกรดซิตริกที่ลดลงมากกว่าชุดควบคุม ปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน และการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานทำให้สูญเสียน้ำหนักเพียง 1.19% ซึ่งน้อยกว่าการเคลือบผิวด้วยสารละลาย CMC และชุดควบคุม (2.21% และ 2.04% ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานสามารถชะลอการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน และลดการสูญเสียน้ำของผลสตรอเบอรี่สดหั่นชิ้นได้

Bridle *et al.* (1997) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการแยกแอนโทไซยานินในสตรอเบอรี่ และ elderberry โดยใช้วิธี reverse phase HPLC ที่สภาวะความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1.8 เปรียบเทียบกับการแยกโดยวิธี capillary zone electrophoresis โดยใช้ silica capillary มาตรฐานที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.0 พบว่าการแยกโดยวิธี HPLC สามารถแยกสารแอนโทไซยานินทั้งหมดในสตรอเบอรี่และ elderberry ออกมาได้ถึงแม้ว่าสารที่มีคุณสมบัติคล้ายกับแอนโทไซยานินจะถูกแยกออกมายากก็ตาม การแยกแอนโทไซนินในสตรอเบอรี่ และรงควัตถุใน elderberry โดยวิธี capillary zone electrophoresis จะแสดงผล electropherogram ที่ไม่ดี อาจเป็นเพราะผลของการแทรกแซงของสารประกอบตัวอื่น ๆ ที่อยู่ในตัวอย่างเอง และสารสกัดตัวอย่างจะต้องมีความเข้มข้นมากกว่า (87 เท่า) จึงจะทำให้ผลการตอบสนองโดยวิธี capillary zone electrophoresis เท่ากับวิธี HPLC โดยที่วิธี HPLC จะใช้ตัวอย่างในปริมาณน้อยกว่า และสามารถตรวจวัดปริมาณแอนโทไซยานินได้แม้ว่าในตัวอย่างจะมีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยก็ตาม ที่สภาวะความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.0 จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการแยกแอนโทไซยานิน โดยใช้วิธี HPLC จะได้เปรียบกว่า แต่วิธี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

capillary zone electrophoresis นั้นสามารถพัฒนาศักยภาพในการแยกได้โดยการใช้สภาวะที่บัพเฟอร์มีความเป็นกรดสูง ๆ

Goiffon *et al*. (1998) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณ free anthocyanins ด้วยวิธี liquid chromatography จากห้องปฏิบัติการ 9 แห่งเพื่อจะใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาวิธีการในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้นที่มีสีแดงจำนวน 8 ชนิด (black currant, elderberry, sour cherry, strawberry, grape, blueberry, raspberry and red currant) ซึ่งผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการจำนวน 9 แห่งพบว่าสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของแอนโทไซยานินในน้ำสตรอเบอรี่ ได้แก่ cyanidin-3-glucoside 3.9-10.6% pelargonidin-3-glucoside 89-95% และ pelargonidin-3-arabinoside 3.1-3.9%, ในน้ำราสเบอรี่ ได้แก่ cyanidin-3-glucoside 16-17% และ cyanidin-3-sophoroside 78-81%, ในน้ำ elderberry ได้แก่ cyanidin-3-sambubioside-5-glucoside 13.4% cyanidin-3-sambubioside 47.8% และ cyanidin-3-glucoside 38.6% และสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของแอนโทไซยานินใน black currant ได้แก่ cyanidin-3-glucoside 3.9-6.9%, cyanidin-3-rutinoside 29-39%, delphinidin-3-glucoside 14-16% และ delphinidin-3-rutinoside 41-52%

Butz *et al.* (2001) แสดงข้อมูลให้เห็นถึงผลของการใช้ Ultra high pressure (UHP) ต่อน้ำส้ม น้ำแอปเปิ้ล น้ำพีช น้ำผลไม้ตระกูลส้ม น้ำแครอท น้ำมะเขือเทศ น้ำสตรอเบอรี่ และน้ำราสเบอรี่ พบว่าการใช้ความดันสูงไม่มีผลต่อการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของผัก และผลไม้ และยังสามารถยับยั้งการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลอินเวอร์สในน้ำราสเบอรี่ระหว่างการเก็บรักษา

Rein and Heinonen (2004) ทำการศึกษาเพื่อตรวจสอบหาความคงตัวของสี และสารสีในน้ำเบอรี่ที่แตกต่างกัน 4 ตัวอย่าง ที่มีการเติมกรดฟีนอลิค และสีผสมอาหารลงไป กรดฟีนอลิคที่มีปริมาณเข้มข้นพอจะช่วยปรับปรุงทำให้สีของน้ำเบอรี่มีความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา การเติมสีผสมอาหารลงไป จะทำให้สีของน้ำผลไม้มีความเข้มขึ้นแต่สีของน้ำผลไม้ก็ยังไม่ค่อยคงตัวมากนัก สีผสมอาหารช่วยให้น้ำสตรอเบอรี่ และน้ำราสเบอรี่มีสีเข้มขึ้น และให้ผลดีในน้ำ lingonberry และน้ำแคนเบอรี่ กรด sinapic จะเหนี่ยวนำให้สีในน้ำสตรอเบอรี่มีความคงตัวมากขึ้น กรด ferulic และ sinapic จะช่วยปรับปรุงสีของน้ำราสเบอรี่ได้พอ ๆ กับกรด rosmarinic ที่เติมลงไปเพื่อช่วยปรับปรุงสีในน้ำ lingonberry และส่วนใหญ่ในน้ำแคนเบอรี่ การเติมกรด cinnamic ลงไปจะทำให้เกิด peak ใหม่เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC ซึ่งเป็นตัวชี้วัดได้ว่าเกิดสารประกอบตัวใหม่ขึ้น สามารถสันนิษฐานได้ว่ากรด sinapic และ ferulic ได้รวมตัวกันใหม่ภายในโมเลกุลของสารประกอบที่เป็นสารสีกับแอนโทไซยานินในเบอรี่ ขณะที่กรด rosmarinic จะคงตัวเมื่อจับกับแอนโทไซยานิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Silva *et al.* (2004) ได้ทำการวิเคราะห์สารสีกลุ่มแอนโทไซยานินในสตรอเบอรี่ 5 สายพันธุ์ (cv. Eris, Oso Grande, Carisma, Tudnew and Camarosa) พบว่าสารสีในกลุ่มแอนโทไซยานินมีถึง 25 ชนิด และอยู่ในรูปของ pelargonidin (Pg) และ aglycone ของ cyaniding (Cy) เป็นส่วนใหญ่ในปริมาณที่เท่ากัน น้ำตาลที่พบในโครงสร้างจะอยู่ในรูป glucose และ rutinose แต่อาจจะพบ arabinose และ rhamnose อยู่ด้วยก็ได้ 5-carboxypyranopelar gonidin-3-glucoside ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของแอนโทไซยานิน และสารสี 4 ตัวที่โครงสร้างประกอบ ด้วยคาร์บอนเชื่อมต่อกับคาร์บอนแล้วต่อกับแอนโทไซยานิน (pelargonidin) และฟลาโวนอล (catechin and afzelechin) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในสตรอเบอรี่จะอยู่ในช่วง 200–600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งประกอบด้วย Pg 3-gluc 77–90% ของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดรองลงมาคือ Pg 3-rut 6–11% และ Cy 3-gluc 3–10% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างต่าง ๆ ที่เป็นสายพันธุ์เดียวกันมีความแปรผันมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับระยะความสุกของสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยว สภาพภูมิอากาศ และภูมิประเทศที่ใช้ปลูกสตรอเบอรี่รวมทั้งวิธีการเก็บสตรอเบอรี่ภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วย

Fang *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพสีของน้ำ bayberryโดยศึกษาคุณภาพของกระบวนการผลิตน้ำ bayberry ที่มีผลกระทบต่อปริมาณแอนโทไซยานิน และโพลีฟีนอลิคต่าง ๆ การศึกษาใช้ bayberry สด มาแปรรูปเป็นน้ำผลไม้ด้วยกรรมวิธีในระดับอุตสาหกรรมโดยมีทั้งหมด 4 ทรีทเมนต์ คือ เติม SO_2, นำเนื้อ bayberry ปั่นละเอียดไปพาสเจอร์ไรซ์, นำ bayberry สดไปลวกก่อนทำการปั่นละเอียด และตัวควบคุม ทำการตรวจวัดปริมาณแอนโทไซยานิน และโพลีฟีนอลิคในระหว่างการผลิต พบว่า ผลไม้ที่ผ่านการปั่นเหวี่ยงแล้วจะมีปริมาณผลผลิตอยู่ในช่วง 73-78% (w/w) ปริมาณแอนโทไซยานิน 12-27% และมีโพลีฟีนอลิค 20-32% ในน้ำผลไม้ UHT ส่วนกากมีปริมาณแอนโทไซยานิน 52-58% และโพลีฟีนอลิค 35% และพบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ และที่ผ่านการลวกจะมีมากกว่าตัวอย่างที่มีการเติม SO_2 แต่ตัวอย่างที่มีการเติม SO_2 จะมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณโพลีฟีนอลิคในตัวอย่างที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ และตัวอย่างที่ผ่านการลวกจะมีค่ามากกว่าตัวอย่างที่มีการเติม SO_2 และตัวอย่างควบคุม

อรุณี และปราณี (2536) ศึกษาการใช้เอนไซม์เพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส (Pectinex Ultra SP-L, Celluclast 1.5L และ Ban 240L ตามลำดับจาก Novo Industry A/S) เพื่อช่วยในการสกัดน้ำกล้วยโดยใช้กล้วยที่มีความสุกระดับ 7-8 พบว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลส 0.06% ร่วมกับเพคติเนส 0.05% ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายเนื้อกล้วยหอม โดยพิจารณาจาก % ของความหนืดของเนื้อกล้วยหอมที่ลดลง ซึ่งสภาวะที่เหมาะสม คือ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะดังกล่าวสามารถสกัดน้ำกล้วยหอมได้ผลผลิตประมาณ 73% โดยน้ำหนัก (น้ำหนักกล้วยหอมทั้งหมด) สำหรับเอนไซม์อะมัยเลส พบว่าไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของน้ำกล้วยหอม

Chang *et al.* (1994) ศึกษาผลของการใช้เอนไซม์เพคติเนส และการตกตะกอน (fining) ต่อคุณภาพของน้ำพลัม โดยใช้พลัม (*Prunus domestica* L.) 6 สายพันธุ์ คือ Au Red, Abundance, Pobeda, Shiro, Peach Plum และ Early Golden สกัดโดยใช้ Clarex L pectinase 0.2% โดยแบ่งกระบวนการผลิตออกเป็น 2 วิธี คือ ใช้อุณหภูมิสูง ระยะเวลาสั้น (High temperature short time: HTST) แบบผ่าน และไม่ผ่านการตกตะกอน (HTST–unfined juice และ HTST–fined juice) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต ความใส ปริมาณเพคติน ของแข็งที่ละลายได้ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรด สี น้ำตาล แอนโทไซยานินทั้งหมด และฟีนอลิคทั้งหมด ผลการศึกษาพบว่า การใช้เพคติเนสจะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตถึง 41–214% โดยพลัมพันธุ์ Au Red จะมีปริมาณสูงสุด การใช้เอนไซม์ในการสกัดจะทำให้มีปริมาณเพคตินน้อยกว่า control โดยเฉลี่ย 54% นอกจากนี้ยังเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และช่วยให้สีดีขึ้น สำหรับการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิม พบว่า พลัมพันธุ์ Abundance, Pobeda และ Peach Plum ให้กลิ่นรส และการยอมรับดีที่สุด

Hassan *et al.* (1994) ได้ทำการศึกษาเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตของน้ำสับปะรดโดยการเติมเซลลูเลส และเพคติเนสลงไปในเนื้อ หรือกากสับปะรดโดยกล่าวว่าในขั้นตอนระหว่างกระบวนการสกัดน้ำสับปะรดจากเนื้อ หรือกากของสับปะรดนั้น การเติมเซลลูเลสที่ความเข้มข้น 0.025% ที่อุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จะทำให้การสกัดน้ำผลไม้ง่ายขึ้น ปริมาณผลผลิตน้ำสับปะรดที่สกัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 81–86% เทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติมเอนไซม์ที่มีค่าเท่ากับ 72% ยิ่งไปกว่านั้นการเติมเอนไซม์ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำผลไม้ โดยน้ำผลไม้ที่สกัดได้จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงขึ้น และอนุภาคของน้ำผลไม้มีขนาดเล็กลง น้ำสับปะรดพร้อมดื่มที่สกัดโดยเอนไซม์ได้คะแนนการยอมรับอยู่ที่ 5 คะแนน

Yusof and Ibrahim (1994) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของน้ำ soursop ภายหลังจากการสกัดด้วยเอนไซม์เพคติเนส ในการศึกษาจะใช้เอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 0–0.1% ใช้เวลาบ่ม 1–3 ชั่วโมง น้ำผลไม้ที่ได้จะถูกนำมาประเมินปริมาณผลผลิตที่ได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ ค่าความเป็นกรด–ด่าง ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ความหนืด ความขุ่น และปริมาณน้ำตาล ซึ่งผลการทดลองที่ได้สามารถบ่งบอกได้ว่าการใช้เอนไซม์ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ประมาณ 48% ช่วยเพิ่มความเป็นกรด เพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ช่วยลดความหนืด และความขุ่นของน้ำ soursop อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้เอนไซม์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรดแอสคอร์บิก และปริมาณน้ำตาลของน้ำ soursop อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสเป็นตัวชี้วัดได้ว่าน้ำ soursop ที่สกัดได้มีคุณภาพสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด

Chang *et al.* (1995) รายงานถึงผลการศึกษาประสิทธิภาพของเอนไซม์เพคติเนสต่อการเพิ่มปริมาณผลผลิต (yield) ของน้ำพลัมพันธุ์ Stanley โดยใช้เอนไซม์เพคติเนสที่ผลิตเป็นการค้า 5 ชนิด พบว่าการใช้เอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้นต่างกัน สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิต ช่วยให้สีจากแอนโทไซยานินดีขึ้น และทำให้น้ำผลไม้มีความใสมากขึ้นเมื่อใช้เอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้นในช่วง 0.01–0.60% (v/w) ประสิทธิภาพในการปรับปรุงลักษณะต่าง ๆ ที่กล่าวมาก็เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามการใช้เอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้นมากกว่า 0.20% จะทำให้น้ำพลัมที่สกัดได้มีรสขม และในเอนไซม์เพคติเนสทั้ง 5 ชนิด พบว่าการใช้ Clarex L ที่ความเข้มข้น 0.20% ให้ผลผลิตสูง และไม่ทำให้น้ำผลไม้เกิดตะกอน

Versari *et al.* (1998) ได้ทำการประเมินผลการทำงานของเอนไซม์ pectolytic ที่ใช้ในการค้า โดยเลือกเอนไซม์ pectinase ที่ถูกดัดแปลงตำแหน่งของ phenolic compound ให้สัมพันธ์กับชนิดของผลไม้ และเวลาที่ใช้ในการทดลอง พบว่าเมื่อเติมด้วยเอนไซม์ Pextinex® BE-3L, Rohapect® B1L, Rohament® MAX และ Pextinex™ 3XL เป็นเวลา 6 ชั่วโมง น้ำราสเบอรี่จะมีการสูญเสียแอนโทไซยานินไป 20% ซึ่งเป็นผลจากการทำงานของ β-glycosidase ที่มีอยู่ในเอนไซม์ pectolytic ที่ใช้ในการค้า และมีเพียงเอนไซม์ Rohapect® MB เท่านั้นที่สามารถทำให้ปริมาณของ quercetin ในน้ำราสเบอรี่เพิ่มขึ้นอย่างมากถึง 36 mg/L นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำสตรอเบอรี่ที่ถูกเติมด้วย Pectinase™ LM เป็นเวลา 6 ชั่วโมงมีปริมาณ flavonols ลดลง 35% โดยมีความเข้มข้นของ ellagic acid เพิ่มขึ้น 19 mg/L

Versari *et al.* (1999) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณ Oligogalacturonic acid (OGAs) ในน้ำสตรอเบอรี่โดยวิธี High performance anion-exchange chromatography (HPAEC) ร่วมกับ pulsed amperometric detection (PAD) ในการทดลองน้ำสตรอเบอรี่ถูกเติมด้วยเอนไซม์เพคติเนสที่ใช้ในทางการค้าที่ต่างกันจำนวน 7 ชนิด พบว่าการใช้เอนไซม์ Rohament® Max สกัดน้ำสตรอเบอรี่โดยบ่มที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะได้น้ำสตรอเบอรี่ที่มี Oligogalacturonic acid (OGAs) เข้มข้นสูงที่สุด ยิ่งไปกว่านั้นการใช้ Grindamyl Pectinase LM บ่มที่ 45 องศาเซลเซียสแต่ยืดระยะเวลาในการบ่มออกไปเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง เพื่อตรวจวัดช่วงเวลาที่เอนไซม์ทำงานกับความคงตัวของ Oligogalacturonic acid (OGAs) พบว่าเอนไซม์นี้ทำให้เกิดการสลายตัวของเพคตินในระดับที่สูงซึ่งสัมพันธ์กับสัดส่วนของเวลาที่เพิ่มขึ้น และทำให้ระดับของ Oligogalacturonic acid (OGAs) ทั้งหมดที่ประกอบด้วย Degree of polymerization ≥ 4 หน่วยเพิ่มขึ้นจาก 78 เป็น 771 mg/L

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Lee *et al*. (2006) ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำกล้วยด้วยน้ำร้อน โดยใช้หลักการ response surface เพื่อคำนวณหาอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการสกัด น้ำกล้วยจะถูกสกัดด้วยนำร้อนที่อุณหภูมิ 35–95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30–120 นาที ผลของการสกัดแสดงข้อมูลเป็นปริมาณผลผลิต ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) กลิ่นกล้วย และคะแนนการยอมรับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ second–order central composite design ค่า R^2 ของปริมาณผลผลิต ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ กลิ่นกล้วย และคะแนนการยอมรับมีค่าสูงกว่า 0.900 จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการ regression พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อคุณลักษณะของน้ำกล้วยที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.001$) การเพิ่มเวลา และอุณหภูมิในการสกัดพบว่ามีผลช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิต ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ กลิ่นกล้วย และคะแนนการยอมรับ สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำกล้วยคือใช้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 120 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved