บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลิ้นจี่ (Lychee)

ลิ้นจี่ (lychee) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Litchi chinensis* sonn. สกุล Nephelium วงศ์ Sapindaceae ไม้สกุลเดียวกัน ได้แก่ เงาะ ลำไย และคอแลน ลิ้นจี่มีชื่อสามัญเรียกหลายอย่าง ได้แก่ Litchi, Lichee, Laichi, Leechee และ lychee ชาวอินเดียเรียกลิ้นจี่ว่า “ลิทจี” ชาวเขมรเรียกลิ้นจี่ว่า “ตะเสรเมือน” ซึ่งแปลว่าลูกหงอนไก่ ส่วนคนไทยในแถบภาคตะวันออก เช่น ตราด จันทบุรี และระยอง เรียกลิ้นจี่ว่า “สีรามัญ” (ศรีมูล, 2531) ลิ้นจี่ส่วนใหญ่ปลูกในประเทศจีน ไต้หวัน เวียดนาม ไทย อินเดีย อเมริกาใต้ ลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่บ่มไม่สุก (non climacteric fruit) และจะให้ผลผลิตระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม (Somogyi, 1996) โดยลิ้นจี่มีลักษณะเป็นเนื้อสีขาวขุ่น มีเปลือกสีแดง และมีเมล็ดตรงกลาง มีกลิ่นเฉพาะตัว มีรสหวานอมเปรี้ยว และมีรูปทรงคล้ายหัวใจ โดยพันธุ์บริวสเตอร์เป็นพันธุ์ที่มีการแพร่หลายมากในรัฐฟลอริดาจึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดอุตสาหกรรมเกี่ยวกับลิ้นจี่ขึ้น (Mustrad, 1964)

ลิ้นจี่ที่นิยมปลูกมากในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามพื้นที่การปลูกดังนี้

1. กลุ่มพันธุ์ที่ปลูกในภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ส่วนใหญ่ต้องการความหนาวเย็นไม่มาก และหนาวเย็นไม่นานก็สามารถออกดอกได้ ปลูกในที่ราบต่ำแถวอำเภออัมพวา และอำเภอบางคนทีที่จังหวัดสมุทรสงคราม ได้แก่ พันธุ์ค่อม (ค่อมลำเจียก) กะโหลกใบยาว สำเภาแก้ว กระโถนท้องพระโรง เขียวหวาน สาแหรกทอง จีน ไทยธรรมดา ไทยใหญ่ กระโหลกใบไม้ กระโหลกในเตา ช่อระกำ และพันธุ์ทิพย์

2. กลุ่มพันธุ์ที่ปลูกทางภาคเหนือเป็นพันธุ์ที่ต้องการความหนาวเย็นมาก และยาวนานก่อนการออกดอกมากกว่าพันธุ์ที่ปลูกทางภาคกลาง ได้แก่ พันธุ์ฮงฮวย จักรพรรดิ กิมเจง โอวเฮียะ กวางเจา บริวสเตอร์ และกิมจี๊ (อุดม, ม.ป.ป.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.1 ลักษณะประจำพันธุ์ลิ้นจี่

พันธุ์ฮงฮวย เป็นพันธุ์ที่ปลูกกันมากที่สุดทางภาคเหนือ โตเร็ว ทรงพุ่มใหญ่ ยอดสีเหลืองอ่อนปนเขียว จัดเป็นพันธุ์กลาง ออกดอกประมาณเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม ผลแก่ประมาณเดือนพฤษภาคม ติดผลดีสม่ำเสมอ ผลดก ผลผลิตสูง ผลโต ขนาดผลกว้าง 3.44 เซนติเมตร ยาว 3.83 เซนติเมตร ผลหนักประมาณ 25-35 กรัม ผลทรงหัวใจ ออกยาว หนามเกิดห่าง เปลือกบาง ผิวสีแดงอมชมพู เนื้อผลสีขาวขุ่น รสหวานอมเปรี้ยว คุณภาพดี เมล็ดโต ความหวานประมาณ 17 องศาบริกซ์

พันธุ์โอวเฮียะ ทรงพุ่มใหญ่แต่เล็กกว่าพันธุ์ฮงฮวย มีกิ่งก้านมากเกิดเป็นมุมแคบ ใบเล็กยาว สีเขียวเข้ม ยอดอ่อนสีแดง จัดเป็นพันธุ์หนัก ออกดอกติดผลไม่สม่ำเสมอ ช่อผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ฮงฮวย ผลทรงหัวใจป้อม ขนาดผลกว้าง 3.25 เซนติเมตร ยาว 3.78 เซนติเมตร ผลหนักประมาณ 20-28 กรัม ผิวผลสีแดงเลือดนกเกือบคล้ำ เปลือกหนา เนื้อหนา สีขาวขุ่น เนื้อนุ่ม ฉ่ำน้ำ คุณภาพดีกว่าพันธุ์ฮงฮวย ผลแก่เร็ว กลิ่นหอม กิ่งฉีกง่าย ออกดอกประมาณเดือนมกราคม ผลแก่ประมาณปลายเดือนพฤษภาคมหลังพันธุ์ฮงฮวยประมาณ 2 สัปดาห์ ความหวาน 18.5 องศาบริกซ์

พันธุ์กิมเจง จัดเป็นพันธุ์หนัก ทรงพุ่มเล็ก ใบเล็กสั้นยอดสีแดง โตช้า ทรงผลกลม ขนาดผลกว้าง 3.18 เซนติเมตร ยาว 3.12 เซนติเมตร ผลหนักประมาณ 20-25 กรัม หนามใหญ่เกิดห่าง ผิวผลสีแดงอมชมพูหรือสีออกแดง เนื้อผลสีขาวขุ่น เมล็ดลีบ ออกดอกประมาณปลายเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ เก็บเกี่ยวผลกลางเดือนมิถุนายน พันธุ์กิมเจงอาจแบ่งออกได้เป็นกิมแจงหนามแหลมกับกิมเจงหนามราบ ความหวานประมาณ 18 องศาบริกซ์

พันธุ์บริวสเตอร์ เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในฮาวาย เมื่อนำมาปลูกภาคเหนือของประเทศจะออกดอกประมาณเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ผลแก่ประมาณเดือนพฤษภาคม ผิวผลเมื่อแก่มีสีแดงเข้ม รสหวานอมเปรี้ยว น้ำหนักผลประมาณ 20-25 กรัม ความหวาน 19 องศาบริกซ์

พันธุ์กิมจี้ ทรงพุ่มขนาดใหญ่ ใบเล็กสั้น สีเขียวเข้ม ยอดอ่อนสีเหลืองอมเขียวอ่อน ผลทรงรูปหัวใจ ขั้วผลโต หนามแหลม ขนาดผลกว้าง 3.46 เซนติเมตร ยาว 3.61 เซนติเมตร ผลหนักประมาณ 20-25 กรัม ผิวสีแดงเข้ม เปลือกหนา เนื้อผลสีขาวขุ่นออกดอกกลางเดือนธันวาคม เก็บเกี่ยวประมาณเดือนเมษายน รสหวานฝาดเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์จู้บี้ ทรงพุ่มแน่น รอยผสานของง่ามแข็งแรง กิ่งก้านเบียดกัน ต้องการการตัดแต่งกิ่งเพื่อให้กิ่งเกิดความห่างพอดี ผลขนาดไม่ใหญ่ ผิวเรียบ ผิวแดงจัด ร่องกลางผลตื้นเมื่อแก่ เนื้อนุ่ม รสหวานจัด กลิ่นหอม เมล็ดตาย มีดอกอาจไม่ติดผล ต้นต้องสมบูรณ์จึงจะติดผลดี

พันธุ์กุ้ยบี้ เป็นพันธุ์หนัก โตเร็ว ตกผลใช้เวลาประมาณ 7 ปี ลูกไม่สวย หนามแหลม ฐานหนามใหญ่ คุณภาพเยี่ยม เนื้อกรอบ หวานหอม

พันธุ์กวางเจา ต้นเป็นพุ่มกว้าง ใบเล็กยาว เจริญเติบโตช้ากว่าพันธุ์ฮงฮวย จะออกดอกเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ผลแก่ต้นเดือนมิถุนายน ผลทรงกลม หนามไม่แหลม สีของเปลือกเมื่อแก่จัดมีสีแดง ผลหนักประมาณ 35-40 กรัมต่อผล ความหวาน 18.5 องศาบริกซ์

พันธุ์จักรพรรดิ ผลโตมาก ออกดอกประมาณเดือนมกราคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ผลแก่ปลายเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม ขนาดผลกว้าง 4.48 เซนติเมตร ยาว 4.24 เซนติเมตร ผลหนัก 40-50 กรัม ผิวหยาบ ขรุขระ เปลือกหนา รสดีพอใช้ ความหวานประมาณ 18 องศาบริกซ์

พันธุ์กระโถนท้องพระโรง ผลโต ขนาดผลกว้าง 3.5 เซนติเมตร ยาว 3.8 เซนติเมตร ทรงผลรูปหัวใจ ฐานผลราบ ปลายผลมน หนามเล็กเกิดห่าง ผิวผลแดงคล้ำ ฐานหนามมีรอยสีน้ำตาลเป็นแฉกๆ เนื้อผลสีขาวขุ่น น้ำมาก รสหวานอมเปรี้ยว ฝาดเล็กน้อย เมล็ดโต ความหวาน 19 องศาบริกซ์

พันธุ์ค่อม ผลโตแต่เล็กกว่าพันธุ์กระโถนท้องพระโรง ผลรูปหัวใจ หนามแหลมสั้น มีแฉกเห็นชัด ระหว่างหนามมีสีเขียวอมเหลือง ผิวสีแดงอมชมพูแก่ เนื้อผลฉ่ำน้ำ รสหวานอมฝาด เมล็ดทรงยาว ขนาดผลกว้าง 3.3 เซนติเมตร ยาว 3.5 เซนติเมตร ความหวานประมาณ 19.5 องศาบริกซ์

พันธุ์จีน ผลค่อนข้างกลม ขนาดผลกว้าง 3.10 เซนติเมตร ยาว 3.26 เซนติเมตร หนามโตปานกลาง แหลม ผิวสีแดงเลือดนก ระหว่างหนามมีสีน้ำตาลแห้งๆ เนื้อหนาสีขาวขุ่น รสเปรี้ยว เมล็ดโตปานกลาง ความหวานประมาณ 18 องศาบริกซ์

พันธุ์ไทยธรรมดา ผลโต ทรงกลมแบน ขนาดผลกว้าง 3.10 เซนติเมตร ยาว 3.01 เซนติเมตร หนามใหญ่ยาว ผิวเปลือกสีแดงคล้ำ เนื้อผลสีขาวขุ่นรสหวานมาก ฝาดเล็กน้อย เมล็ดโตปานกลาง ความหวานประมาณ 20 องศาบริกซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์ไทยใหญ่ ผลทรงหัวใจ ขนาดผลกว้าง 3.4 เซนติเมตร ยาว 3.5 เซนติเมตร หนามใหญ่ ผิวผลสีแดงเลือดนก เนื้อผลหนาปานกลาง สีขาวขุ่น รสหวานอมเปรี้ยว ฝาดเล็กน้อย รสชาติพอใช้ เมล็ดค่อนข้างโต ความหวานประมาณ 19.8 องศาบริกซ์

พันธุ์กะโหลกใบไม้ ทรงกลมผลป้อม ขนาดผลกว้าง 3.2 เซนติเมตร ยาว 3.1 เซนติเมตร ฐานผลมน ปลายผลมน หนามยาวปานกลาง ผิวผลสีแดงคล้ำ มีรอยไหม้สีน้ำตาลเป็นบางแห่ง ระหว่างหนามมีสีออกเหลือง แต่ไม่มาก มีแซมทั่วไป รสหวานอมฝาดเล็กน้อย

พันธุ์กะโหลกในเตา ผลกลมเบี้ยว ขนาดผลกว้าง 3.3 เซนติเมตร ยาว 3.5 เซนติเมตร ฐานผลมน ปลายผลมน หนามยาวปานกลาง ผิวผลสีแดงคล้ำ มีรอยไหม้สีน้ำตาลเป็นบางแห่ง ระหว่างหนามเป็นรัศมีจากศูนย์กลางหนาม รสหวานอมฝาดเล็กน้อย

พันธุ์กะโหลกใบยาว ผลทรงกลม ฐานผลมน ปลายผลมนขนาดผลกว้าง 3.6 เซนติเมตร ยาว 3.5 เซนติเมตร ผิวผลสีคล้ำๆ ระหว่างหนามมีรอยสีน้ำตาลเต็มไปหมดเป็นทางลายๆ จากศูนย์กลางหนาม หนามเกิดห่างปานกลาง รสชาติดี อมฝาดเล็กน้อย ความหวาน 18 องศาบริกซ์

พันธุ์ช่อระกำ ผลทรงกลม ด้านฐานผลมนป้าน ปลายผลมน หนามสั้น ผิวผลสีแดงอมชมพู บนพื้นสีเหลือง ขนาดผลกว้าง 2.8 เซนติเมตร ยาว 3.0 เซนติเมตร เกิดเป็นกระจุกในช่อ รสชาติดี

พันธุ์สำเภาแก้ว ผลกลม ขนาดผลยาว 3.3 เซนติเมตร กว้าง 3.2 เซนติเมตร ก้นผลสอบ ผิวสีแดงคล้ำ มีรอยสีน้ำตาลบ้างระหว่างหนาม หนามโตปานกลาง รสเปรี้ยวอมฝาด (นพดล, 2543)

ปี 2548 ในประเทศไทยมีเนื้อที่การเพาะปลูกลิ้นจี่รวมทั้งประเทศ คือ 155,543 ไร่ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วประมาณ 3,488 ไร่ (ร้อยละ 2.29) ผลผลิตรวมทั้งประเทศ 84,637 ตัน ลดลงจากปี 2547 ประมาณ 2,306 ตัน (ร้อยละ 2.65) และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยไร่ละ 1,840 กิโลกรัมต่อไร่ ลดลงจากปี 2547 ประมาณ 90 กิโลกรัม (ร้อยละ 4.89) โดยผลผลิตปีนี้จะออกมากในเดือนพฤษภาคมถึงร้อยละ 64 หรือประมาณ 53.80 ตันได้แก่ พันธุ์ฮงฮวย และจักรพรรดิ สำหรับเดือนมิถุนายนจะออกร้อยละ 24 หรือประมาณ 20.69 ตัน ซึ่งจะเป็นพันธุ์จักรพรรดิและพันธุ์กิมเจ็ง (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2548) ตาราง 2.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.1 เนื้อที่ให้ผลผลิตต่อไร่ และผลผลิตของลิ้นจี่ในประเทศไทย ปี 2546-2548

ประเทศ/ภาค/ จังหวัด	เนื้อที่ให้ผลผลิต (ไร่)				ผลผลิต (ตัน)			
	2546	**2547**	**2548**	**%+/-**	**2546**	**2547**	**2548**	**%+/-**
รวมทั้งประเทศ	141,738	152,055	155,543	2.29	69,049	86,943	84,637	-2.65
ภาคเหนือ	125,833	133,604	135,868	1.69	64,270	76,069	73,231	-3.73
ภาคตะวันออก/ เหนือ	4,660	5,285	5,446	3.05	2,442	2,934	2,771	-5.56
ภาคกลาง	11,245	13,166	14,229	8.07	2,337	7,940	8,635	8.75
เชียงราย *	38,677	41,437	42,792	3.27	19,648	22,169	22,000	-0.76
พะเยา *	23,403	24,338	24,703	1.50	11,795	14,286	15,252	6.76
ลำปาง	1,390	1,710	1,951	14.09	527	713	804	12.76
เชียงใหม่ *	46,515	49,091	49,309	0.44	24,420	28,964	25,246	-12.84
แม่ฮ่องสอน	1,253	922	903	-2.06	502	417	437	4.80
ตาก	108	120	200	66.67	86	105	164	56.19
แพร่	683	799	823	3.00	267	344	372	8.14
น่าน *	12,652	14,058	14,058	0.00	6,427	8,435	8,350	-1.01
เพชรบูรณ์	1,152	1,129	1,129	0.00	598	636	606	-4.72
เลย	3,498	3,886	3,886	0.00	1,924	2,262	2,071	-8.44
อุดรธานี	185	245	245	0.00	109	149	141	-5.37
หนองคาย	169	178	201	12.92	60	70	70	0.00
ชัยภูมิ	243	343	343	0.00	90	139	125	-10.07
นครราชสีมา	565	633	771	21.80	259	314	364	15.92
ปราจีนบุรี	179	210	232	10.48	51	63	69	9.52
จันทบุรี	3,257	3,802	3,912	2.89	1,850	2,258	2,285	1.20
กาญจนบุรี	552	584	644	10.27	278	312	321	2.88
ราชบุรี	469	500	560	12.00	111	126	143	13.49
สมุทรสงคราม	6,788	8,070	8,881	10.05	47	5,181	5,817	12.28
รวมภาคเหนือ 4 จังหวัด	121,247	128,924	130,862	1.50	62,290	73,854	70,848	-4.07

หมายเหตุ : ภาคเหนือ 4 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ และน่าน

ที่มา : แปลงจากศูนย์สารสนเทศการเกษตร (2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 การส่งออกสินค้าสำคัญของไทยปี 2545-2549 (มกราคม-กุมภาพันธ์)

ปี	ลิ้นจี่สดแช่เย็น		ลิ้นจี่กระป๋อง		อัตราการขยายตัว	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ลิ้นจี่สดแช่เย็น (ร้อยละ)	ลิ้นจี่กระป๋อง (ร้อยละ)
2545	16,112	383.7	13,910	493.5	–	–
2546	5,218	146.4	13,118	459.5	-61.8	-6.9
2547	9,271	177.6	11,540	412.0	21.3	-10.3
2548	13,463	253.7	11,197	394.6	42.8	-4.2
2549	70	0.9	1,251	50.1	33.3	-2.0

ที่มา : แปลงจากสำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ (2548)

ส่วนประกอบทางเคมีของลิ้นจี่ประกอบด้วย น้ำร้อยละ 77-83 โปรตีนร้อยละ 0.8-0.9 ไขมันน้อยกว่าร้อยละ 1 ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 15.2 ส่วนปริมาณกรดจะอยู่ในรูปของกรดมาลิกมากกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณกรดทั้งหมด โดยมีกรดซิตริกร้อยละ 10 กรดแอสคอร์บิกร้อยละ 5 กรดซัคซินิค มาโลนิค แลคติก ฟอสฟอริก และลีวูลินิค นอกจากนี้ยังพบว่าลิ้นจี่เป็นแหล่งของกรดแอสคอร์บิกที่ดี โดยมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงถึง 40-90 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัมของเนื้อลิ้นจี่ และลิ้นจี่ยังมีวิตามินและแร่ธาตุอื่นๆ เช่น ไทอะมีน (thiamine) ไรโบฟลาวิน (riboflavin) แคลเซียม (calcium) ฟอสฟอรัส (phosphorus) และเหล็ก (iron) และยังพบสารให้กลิ่นในลิ้นจี่ถึง 42 ชนิด ซึ่งพบปริมาณของ β-phenethyl alcohol อนุพันธ์ของ β-phenethyl alcohol และ terpenoids มาก (Somogyi, 1996)

ลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ช่วยย่อยอาหาร บำรุงอวัยวะภายในต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นม้ามหรือระบบประสาท นอกจากนี้ลิ้นจี่ยังสามารถช่วยบรรเทาอาการกระหายน้ำและการรับประทานลิ้นจี่ตากแห้ง โดยนำมาต้มรับประทานเป็นประจำก็จะช่วยบรรเทาอาการปวดอันเนื่องมาจากโรคไส้เลื่อนหรือลูกอัณฑะบวม และรักษาโรคโลหิตจางได้ (อุดม, ม.ป.ป.) นอกจากนั้นยังสามารถรักษาอาการปวดกระเพาะอาหาร เนื้องอก และการขยายตัวของต่อมต่างๆ แต่ถ้าหากรับประทานลิ้นจี่มากเกินไปอาจทำให้เลือดกำเดาไหลและเป็นไข้ได้ (Morton, 1987) ส่วนเมล็ดของลิ้นจี่ยังสามารถใช้เป็นยาได้โดยใช้ 3-5 เมล็ดนำมาบดให้เป็นผงใช้เป็นยาฝาดสมานระงับความเจ็บปวดในกระเพาะอาหาร (กระทรวงสาธารณสุข, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.3 สารอาหารของเนื้อลิ้นจี่สดและเนื้อลิ้นจี่แห้งต่อ 100 กรัม

Component	Food value per 100 g of edible portion	
	Fresh fruit	**Dried fruit**
Calories	63-64 Kcal	277 Kcal
Moisture	81.9-84.8 %	17.9-22.3 %
Protein	0.7-1.0 g	2.9-3.8 g
Fats	0.3-0.6 g	0.2-1.2 g
Carbohydrates	13.3-16.4 g	70.7-77.5 g
Fiber	0.2-0.4 g	1.4 g
Ash	0.4-0.5 g	1.5-2.0 g
Calcium	8-10 mg	33 mg
Phosphorus	30-42 mg	-
Iron	0.4 mg	1.7 mg
Sodium	3 mg	3 mg
Potassium	170 mg	1,100 mg
Thiamin	28 μg	-
Nicotinic acid	0.4 mg	-
Riboflavin	0.1 mg	0.1 mg
Ascorbic acid	24-60 mg	42 mg

ที่มา : Steven (1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 น้ำผลไม้

ตามประกาศกระทรวงสาธารณะสุข ฉบับที่ 62 (2524) ได้ให้คำจำกัดความของน้ำผลไม้หมายถึง เครื่องดื่มที่ทำจากน้ำผลไม้ไม่ว่าจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือออกซิเจนอยู่หรือไม่ก็ตาม อาจมีเอทิลแอลกอฮอล์อันเกิดจากธรรมชาติของส่วนประกอบที่เติมลงไปเพื่อช่วยในกรรมวิธีการผลิตรวมกันไม่เกินร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งน้ำผลไม้เหล่านี้อาจอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มเข้มข้นหรือแห้งก็ได้ (ไพโรจน์, 2535) สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท ดังนี้

น้ำผลไม้แท้ คือ ของเหลวที่คั้นได้จากผลไม้ตามธรรมชาติโดยวิธี mechanical process ผลไม้ที่ใช้คั้นสุก บางครั้งการทำโดยผ่านกรรมวิธีทางด้านให้ความร้อนก่อนการคั้น ไม่มีการเจือปนน้ำ น้ำตาล หรือสิ่งอื่นใดลงไป อาจจะใช้ความเย็น ความร้อน หรือสารเคมี เพื่อจุดมุ่งหมายในการเก็บรักษา (ไพโรจน์, 2535) น้ำผลไม้แท้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ น้ำผลไม้ชนิดใส (natural clear juice) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบีบอัดเนื้อผลไม้ ทำให้ได้ของเหลวที่ค่อนข้างใส ไม่มีการปรุงแต่งด้วยสารประกอบใดๆ ทั้งสิ้น และน้ำผลไม้แบบพิวเร (puree) ซึ่งหมายถึง น้ำผลไม้ที่ได้จากการตีป่นเนื้อผลไม้ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลว มีปริมาณของแข็งสูงกว่าน้ำผลไม้สด และไม่มีการปรุงแต่งด้วยสารประกอบใดๆ เช่นกัน (สินธนา, 2542)

น้ำผลไม้แท้ชนิดเข้มข้น คือ น้ำผลไม้แท้ที่ผ่านกระบวนการระเหยเพื่อเอาน้ำออก เวลาจะใช้ดื่มก็นำน้ำผลไม้เข้มข้นไปผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่พอเหมาะก็จะได้เครื่องดื่มน้ำผลไม้พร้อมดื่ม

น้ำผลไม้กึ่งแท้หรือน้ำผลไม้ดัดแปลง คือ น้ำผลไม้ที่ได้จากการเติมน้ำลงไปหรือเติมเอนไซม์ลงไปในผลไม้บางชนิดที่มีน้ำอยู่น้อยในธรรมชาติแล้วจึงผ่านการบด ต้ม คั้น อาจมีการเติมน้ำตาล กรดซิตริก สีผสมอาหาร หรือไม่เติมลงไปเลยก็ได้

น้ำผลไม้เทียม คือ ของเหลวที่ไม่มีองค์ประกอบใดเลยมาจากผลไม้โดยตรงได้จากการผสมน้ำตาลหรือสารให้ความหวานอื่นๆ กลิ่น สี กรดอินทรีย์ตามแต่ว่าจะผลิตน้ำผลไม้กลิ่นรสใดก็เลียนแบบ รส กลิ่น สี ให้เหมือนธรรมชาติมากที่สุด น้ำผลไม้เทียมนี้อาจมีการอัดก๊าซหรือไม่ก็ได้

น้ำผลไม้เทียมเข้มข้นหรือน้ำหวานเข้มข้น ได้จากการนำส่วนผสมน้ำผลไม้ผสมกับกลิ่นรส สี กรดอินทรีย์ และน้ำตาลในปริมาณมาก เพื่อให้ความเข้มข้นมากขึ้น เวลาดื่มจะต้องนำไปผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่พอเหมาะก็จะได้เครื่องดื่มที่พร้อมดื่มได้ทันที (ไพโรจน์, 2535)

น้ำผลไม้ชนิดพร้อมดื่ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผลไม้แท้ที่อาจมีการปรุงแต่งด้วยน้ำตาล น้ำ เกลือ กรด สารเพิ่มความหนืด สี และกลิ่นสังเคราะห์ ในกรณีที่เจือจางด้วยน้ำจะต้องมีน้ำผลไม้แท้เป็นส่วนประกอบไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20

น้ำผลไม้แห้ง (Dehydrated fruit juice) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการระเหยน้ำออกจากน้ำผลไม้ชนิดใดชนิดหนึ่งจนกระทั่งแห้งและมีความชื้นเหลือไม่เกินร้อยละ 20 อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการระเหยน้ำ ได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray driers) และเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze driers) เป็นส่วนใหญ่ (สินธนา, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.1 กรรมวิธีการผลิตน้ำผลไม้

คุณภาพของน้ำผลไม้ที่ดี คือ การยังคงรักษาลักษณะกลิ่นและรสชาติของผลไม้นั้นไว้ได้หลังจากผ่านการแปรรูปและการเก็บรักษา ซึ่งคุณภาพของน้ำผลไม้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลไม้ ชนิดของผลไม้ พันธุ์ ระยะการสุก และสภาวะที่ใช้ในการผลิตและการเก็บรักษา

ตาราง 2.4 กำหนดของส่วนประกอบในเครื่องดื่มบางชนิด

ผลิตภัณฑ์	ร้อยละต่ำสุด	
	สารละลายของผลิตภัณฑ์	น้ำผลไม้ในผลิตภัณฑ์
ไซรัปผลไม้ *	65	25
ครัช (crush) *	55	25
สควอช (squash) *	40	25
คอร์เดียล (cordial) *	30	25
น้ำผลไม้ธรรมดา **	ตามธรรมชาติ	100
เครื่องดื่มน้ำผลไม้ **	10	85
เครื่องดื่มน้ำผลไม้อัดก๊าซ **	10	5
เนกต้าน้ำมะม่วง **	15	20
น้ำผลไม้เข้มข้น ***	32	100

หมายเหตุ : * การใช้สารเคมีหรือวัตถุกันเสียเพื่อการเก็บรักษา

** การใช้ด้วยความร้อนเพื่อการเก็บรักษา

*** การใช้วัตถุกันเสียหรือความร้อนเพื่อการเก็บรักษา

2.2.1.1 กรรมวิธีการผลิตน้ำผลไม้แบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้คือ

การคัดเลือกและการทำความสะอาด คัดเลือกเพื่อให้ได้ผลไม้ที่มีระยะเวลาการสุกเท่ากัน สีของน้ำผลไม้จะได้คงที่ ส่วนการทำความสะอาดโดยการล้างนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์และสิ่งเจือปนที่ติดมากับผลไม้อาจทำได้โดยการล้างน้ำด้วยมือ การแช่น้ำ หรือการฉีดด้วยน้ำที่มีแรงดันสูง และอาจใช้สารเคมีบางชนิดช่วยในการล้างด้วย เช่น กรดเกลือจะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ได้แล้วจึงล้างน้ำสะอาดอีกครั้งหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสกัดน้ำผลไม้ การสกัดน้ำผลไม้ส่วนใหญ่จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การตีป่นและการคั้นน้ำผลไม้ แต่ผลไม้บางชนิดอาจนำไปคั้นน้ำได้เลยโดยไม่ต้องผ่านการตีป่น เช่น องุ่น และส้ม

การตีป่น (pulping) เป็นขั้นตอนการเพิ่มพื้นที่ผิวของผลไม้ให้มากขึ้นเพื่อง่ายต่อการคั้นน้ำผลไม้ โดยจะทำให้เนื้อผลไม้มีขนาดเล็กลงมีสภาพเป็นของเหลวกึ่งแข็ง เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า pulper ซึ่งจะต้องทำจากเหล็กปลอดสนิมหรือโลหะเคลือบอลูมิเนียมเพื่อจะได้ไม่ทำให้น้ำผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนสีเกิดสีคล้ำหรือมีรสชาติเปลี่ยนแปลงไป

การคั้นน้ำผลไม้ (pressing) เป็นขั้นตอนการสกัดของเหลวออกจากชิ้นส่วนของผลไม้โดยการคั้นซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี โดยอาจมีการให้ความร้อนกับผลไม้ เช่น การให้ความร้อนกับองุ่นก่อนการสกัดซึ่งจะช่วยสกัดสีจากน้ำองุ่นได้ดีขึ้น นอกจากนี้อาจเติมเอนไซม์ลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณของเหลวที่สกัดได้ ช่วยทำให้ใสและช่วยสกัดสีด้วย

การไล่อากาศ เพื่อลดปริมาณออกซิเจนในน้ำผลไม้ที่เกิดจากขั้นตอนการสกัดน้ำผลไม้ เพราะออกซิเจนจะทำให้น้ำผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เรียกว่า ออกซิเดชัน (oxidation) การไล่อากาศสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ความร้อนโดยการบรรจุน้ำผลไม้ขณะร้อนลงในขวดหรือกระป๋องแล้วปิดผนึกฝาทันทีและใช้เครื่องดูดอากาศ (จิตธนา และคณะ, 2543)

การเก็บรักษาน้ำผลไม้ วิธีการเก็บรักษาเพื่อให้น้ำผลไม้มีสภาพคงตัวมากที่สุดเป็นระยะเวลานานโดยไม่เสื่อมเสียจากปฏิกิริยาเคมี จุลินทรีย์ เอนไซม์ และโลหะ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น

การพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) การพาสเจอร์ไรซ์เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่ไม่รุนแรงนักมักทำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารให้นานหลายเดือน เช่น น้ำผลไม้บรรจุขวด วิธีนี้สามารถใช้ถนอมอาหารได้โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความทนทานต่อความร้อนต่ำ เช่น เชื้อแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ ยีสต์และรา และจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าของอาหารน้อยที่สุด โดยการใช้ความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที สามารถทำลายเซลล์เชื้อแบคทีเรีย ยีสต์และราได้ ถ้าต้องการทำลายแต่เพียงเซลล์ยีสต์อาจใช้ความร้อนเพียง 60-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 นาที ในน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูงอาจใช้อุณหภูมิในประมาณ 70-73 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ปัจจุบันในโรงงานมีการใช้ความร้อนแก่น้ำผลไม้ค่อนข้างสูงกว่าปกติในระยะเวลาสั้นแล้วทำให้เย็นทันที เช่น ใช้ความร้อนประมาณ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 นาที ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของน้ำผลไม้น้อยมาก (ไพโรจน์, 2535)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของการพาสเจอร์ไรซ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหาร เช่น ผลต่อสี กลิ่น และรสชาติ การพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้บางชนิดจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยเอนไซม์ โดยเฉพาะเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ซึ่งจะเกิดได้เร็วขึ้นในสภาวะที่มีออกซิเจน แต่โดยปกติมักจะไล่อากาศออกก่อนการพาสเจอร์ไรซ์ซึ่งจะสามารถช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ ส่วนสารสีในผัก ผลไม้ มักไม่ค่อยได้รับผลกระทบจากการพาสเจอร์ไรซ์ สำหรับสารให้กลิ่นอาจมีการสูญเสียเล็กน้อยและอาจเกิด cooked flavour ได้ การพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้มีผลทำให้สูญเสียวิตามินได้ แต่มีการลดการสูญเสียวิตามินได้โดยการไล่อากาศออกเสียก่อน เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นิธิยา, 2543)

การพาสเจอร์ไรซ์เป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ แต่ไม่ใช่ทั้งหมดในอาหาร ดังนั้นอาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แล้วต้องผ่านกระบวนการต่อไป หรือต้องเก็บรักษาในสภาวะที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เช่น การเก็บรักษานมพาสเจอร์ไรซ์หรือน้ำผลไม้พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส ความรุนแรงของการให้ความร้อนกับผลการยืดอายุผลิตภัณฑ์กำหนดได้โดยความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของอาหาร วัตถุประสงค์หลักของการพาสเจอร์ไรซ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 4.5) คือ ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ส่วนวัตถุประสงค์หลักในการพาสเจอร์ไรซ์อาหารที่มีความเป็นกรดสูง (pH > 4.5) คือ การทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ส่วนการถนอมอาหารแบบอื่นที่ใช้ควบคู่กับการพาสเจอร์ไรซ์ได้แก่ การใช้ความเย็น การใช้สารเคมีเพื่อให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น การใช้น้ำตาลในนมข้นหวาน การใช้กรด หรือการหมักเพื่อให้จุลินทรีย์เปลี่ยนองค์ประกอบในอาหาร เช่น เปลี่ยนแลกโตสไปเป็นกรดแลกติก หรือการบรรจุหีบห่อ เช่น รักษาสภาพไร้อากาศในขวดเบียร์จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น (วิไล, 2543)

2.2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ในรูปแบบอื่น

ไพโรจน์ และคณะ (2546) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนคต้ามะม่วงสมุนไพรซึ่งผสมสมุนไพร 3 ชนิด คือ ชะเอม มินต์ และคาโมมายล์ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ น้ำชะเอม: น้ำมินต์: น้ำคาโมมายล์เท่ากับ 20: 39: 40 และใช้กระบวนการ homogenization มาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ คือ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 เพคติน (Pectin)

เพคตินเป็นคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์พืช ซึ่งอยู่ในส่วนของ middle lamella ทำหน้าที่เชื่อมให้เซลล์ติดกัน และช่วยเพิ่มลักษณะคงตัวของเนื้อสัมผัส (texture) ของผักและผลไม้ (ดนัย, 2539; ปราณี, 2535)

ผลไม้ดิบจะมีลักษณะเนื้อที่แข็ง แต่เมื่อสุกจะมีลักษณะเนื้ออ่อนนิ่มลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเพคติน โดยในผลไม้ดิบเพคตินจะจับกับเส้นใยของเซลลูโลสและอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ในระหว่างการสุกเพคตินจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ที่อยู่ในตัวผลไม้ เป็นผลให้เพคตินมีความสามารถในการละลายน้ำมากขึ้น และมีความสามารถในการยึดจับผนังเซลล์น้อยลง เนื้อเยื่อของผลไม้จึงอ่อนลง สารประกอบเพคตินมีหลายประเภท ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สารประเภทเพคติน (Pectic substances) เป็น colloidal carbohydrates ของพืชประกอบด้วย anhydrogalacturonic acid units และอนุพันธ์

โปรโตเพคติน (Protopectin) เป็นสารจำพวกเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ (water-insuluble pectic substance) พบในเนื้อเยื่อที่ยังอ่อนอยู่โดยเฉพาะในผลไม้ดิบ

เพคติน (Pectin) เป็นเทอมทั่วไปสำหรับเรียกสารประกอบเพคตินที่มีหมู่คาร์บอกซิลประมาณร้อยละ 75 ถูกทำเป็นเอสเทอร์ด้วยเมธานอล เพคตินเป็นสารพวกคอลลอยด์ที่ทำให้เกิดเจลระหว่างน้ำตาลและกรดได้ดี นำไปใช้ในการทำแยมและเยลลี่

กรดเพคติก (Pectic acid) เป็นโพลีเมอร์ของ anhydrogalacturonic acid units ที่มีหมู่คาร์บอกซิลอิสระ

กรดเพคตินิค (Pectinic acid) เป็นสารที่เรียกโดยรวม หมายถึง เพคตินซึ่งมีหมู่ของเมธิลเอสเทอร์เล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.1 เอนไซม์เพคติเนส (Pectinase)

เป็นกลุ่มของเอนไซม์ที่ย่อยสลายสารพวกเพคติน โดยสับสเตรทของเพคติเนส คือ สารประกอบเพคตินและอนุพันธ์ของโพลิเมอร์ของ α-1,4-D-galacturonopyranose units เพคติเนส สามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ depolymerases และ esterases โดย depolymerases จะแยกพันธะระหว่าง galacturonic acid ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเพคติน ในขณะที่ esterases จะแยกหมู่เมธอกซิลออกจากโมโนเมอร์ที่ถูกเอสเทอร์ เอนไซม์หลักที่ใช้ในการย่อยสลายเพคติน ได้แก่ pectin methyesterases, pectic lyase และ polygalacturonase (National Academy of Science Food and Nutrition Board, 1981; ปราณี, 2535)

2.3.1.1 แหล่งที่พบเพคติเนส

พบทั่วไปในพืชชั้นสูงเหมือนสารประกอบเพคติน แต่อยู่คนละชั้นของเซลล์ เมื่อเซลล์พืชเกิดการฉีกขาดหรือได้รับการกระทบกระเทือน เอนไซม์และเพคตินจะเคลื่อนเข้าหากันทำให้เกิดการย่อยสลาย ลักษณะความคงตัวของเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้จะเสียไป เป็นผลให้ผักและผลไม้นิ่มลง ปัจจุบันได้มีการผลิตเพคติเนสเพื่อการค้าจากการสกัดจากจุลินทรีย์ ซึ่งขายในรูป 2 รูป คือ ในรูปที่เป็นผงและในรูปที่เป็นของเหลว (White และ White, 1997; ปราณี, 2535)

2.3.1.2 เอนไซม์เพคติเนส ประกอบด้วย

1. Pectinesterase (PE ; EC 3.1.1.11)

ทำหน้าที่ย่อยเมธานอลออกจากกลุ่มคาร์บอกซิลที่ถูก esterifled และเปลี่ยนจากเพคตินเป็น low methoxyl pectin และเพคเตท ผลิตได้จากจุลินทรีย์ประเภทราและแบคทีเรีย แต่เอนไซม์ที่ผลิตได้จากราจะมีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม คือ 4.5 ส่วนเอนไซม์ที่ผลิตจากพืชและแบคทีเรียจะมีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วงที่เป็นด่าง เอนไซม์จะทำปฏิกิริยาจากทางปลายรีดิวซิ่ง (reducing end) หรือถัดจากส่วนที่มีกลุ่มคาร์บอกซิลอิสระจากนั้นจึงทำปฏิกิริยาตลอดทั้งโมเลกุล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. Polygacturonase (PG ; EC 3.2.1.15 และ 3.2.1.67)

ทำหน้าที่ย่อยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic linkages) ที่อยู่ใกล้กับกลุ่มคาร์บอกซิลอิสระ โดยมี low methoxyl pectin และเพคเตทเป็นสับสเตรท เอนไซม์ส่วนใหญ่จะผลิตจากรา ยีสต์ และแบคทีเรียบางชนิด และพบมากในพืชชั้นสูง ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม คือ 4.0-5.5 เอนไซม์มีทั้งแบบ endo และ exo type ชนิด endo type (EC 3.2.1.15) จะย่อยสายของเพคตินแบบสุ่มทำให้ความหนืดลดลงอย่างชัดเจน ส่วน exo type (EC 3.2.1.67) จะย่อยโมโนเมอร์หรือไดเมอร์จากปลาย non- reducing end ซึ่งจะทำให้ความหนืดลดลงอย่างช้าๆ

3. Pectate Lyases (PAL ; EC 4.2.2.2 และ 4.2.2.9)

ทำหน้าที่ย่อยพันธะไกลโคซิดิกที่อยู่ติดกับเมธิลเอสเทอร์ (methyl ester group) โดยกระบวนการ β-elimination มีทั้ง endo และ exo type สำหรับ exo type (EC 4.2.2.9) มีเพคเตทเป็นสับเสตรทที่ดีที่สุด unsaturated dimer ของเพคเตทจะถูกย่อยออกทางปลายรีดิวซิ่ง ส่วน endo type (EC 4.2.2.2) มี low methoxyl pectin เป็นสับเสตรทที่ดีที่สุด ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วงระหว่าง 8.0-9.5 ซึ่งไม่ควรนำมาใช้ในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้

4. Pectin Lyases (PL ; EC 4.2.2.10)

ทำหน้าที่ย่อยพันธะไกลโคซิดิกที่อยู่ติดกับเมธิลเอสเทอร์ (methyl ester group) โดยกระบวนการ β-elimination สับเสรตทที่เหมาะสมกับ endo type คือ highly esterified pectin เอนไซม์ที่ผลิตได้จากรามีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วงระหว่าง 5.0-6.0

2.3.1.3 การประยุกต์ใช้เอนไซม์ที่ย่อยสลายเพคตินในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้

ในปัจจุบันการใช้ประโยชน์ของเอนไซม์เพคติเนสและเอนไซม์อื่นๆ มีความสำคัญอย่างมากในเทคโนโลยีการผลิตน้ำผลไม้ โดยเฉพาะการผลิตน้ำผลไม้แบบใสซึ่งมีการใช้เพคติเนสอย่างแพร่หลาย การใช้เอนไซม์ที่ย่อยสลายเพคติน (pectinolytic enzymes) ในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้ แสดงดังตาราง 2.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.5 การประยุกต์ใช้เอนไซม์ที่ย่อยสลายเพคตินในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้

การใช้ประโยชน์	ตัวอย่างการใช้งาน
การทำให้น้ำผลไม้ใส	เช่น น้ำแอปเปิ้ล ที่ผ่านการย่อยเพคตินแล้วยังสามารถใช้ทำน้ำเข้มข้นได้โดยไม่เกิดเจลและไม่ทำให้เกิดความขุ่น
ใช้ในการย่อยสลาย pulp	ช่วยในการสกัดน้ำผลไม้ออกจากเนื้อผลไม้ในผลไม้เนื้ออ่อน เช่น องุ่นแดง ส้ม และแอปเปิ้ล และช่วยในการเพิ่ม oil yield ในเนื้อมะกอก ผลปาล์ม และเนื้อมะพร้าว
การทำให้เนื้อผักและผลไม้ยุ่ย	ใช้ในการทำเนคต้าและอาหารสำหรับทารก
ย่อยผักและผลไม้	เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (ใช้เอนไซม์เพคติเนสและเอนไซม์เซลลูเลสร่วมกัน
ใช้ในผลไม้ตระกูลส้ม	เตรียมสารให้ความขุ่น (clouding agents) จากเปลือกส้ม ทำความสะอาดเปลือก เพื่อใช้ในการผลิตลูกกวาดและมาร์มาเลด สกัดน้ำมันจากเปลือกส้ม

ที่มา : ปาริชาติ (2544)

การใช้เอนไซม์เพคติเนสยังช่วยเพิ่มการเกิดปฏิกิริยา saccharification ทำให้น้ำผลไม้ที่ได้มีความหวานเพิ่มขึ้น ลดปริมาณของเสีย ประหยัดพลังงานในการผลิต ปรับปรุงกลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์ เพิ่มความใส กำจัดความขุ่น ป้องกันการเกิดเจล และเพิ่มปริมาณผลผลิต (Organic Materials Review Institute, 2006)

Chang และคณะ (1994) ศึกษาผลของการใช้เอนไซม์ และการตกตะกอน (fining) ต่อคุณภาพของน้ำพลัม โดยใช้พลัม (*Prunus domestica* L.) 6 ชนิด คือ Au Red, Abundance, Plbeda, Shiro, Peach Plum และ Early Golden จะสกัดโดยใช้ Clarex L pectinase ร้อยละ 0.2 โดยแบ่งกระบวนการผลิตเป็น 2 วิธี คือ การใช้อุณหภูมิสูง ระยะเวลาสั้น (High temperature short time: HTST) แบบผ่านหรือไม่ผ่านการตกตะกอน (HTST-unfined juice และ HTST-fined juice) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต ความใส ปริมาณเพคติน ของแข็งที่ละลายได้ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรทได้ สีน้ำตาล ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และฟีนอลทั้งหมด ผลการศึกษา พบว่าการใช้เอนไซม์เพคติเนสจะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตถึงร้อยละ 41-214 โดยน้ำพลัมพันธุ์ Au Red จะมีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด นอกจากนี้การใช้เอนไซม์ในการสกัดจะทำให้มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณเพคตินลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 54 เมื่อเทียบกับ control ดังนั้นการใช้เอนไซม์จึงมีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้และช่วยให้สีของน้ำผลไม้ดีขึ้น และจากการประเมินค่าทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิม พบว่าน้ำพลัมจากสายพันธุ์ Abundence, Plbeda และ Peach plum ให้กลิ่นรสดีที่สุดและเป็นที่ยอมรับจากผู้ชิมเป็นส่วนใหญ่

Chang และคณะ (1995) รายงานถึงผลการศึกษาประสิทธิภาพของเอนไซม์เพคติเนสต่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตของน้ำพลัมพันธุ์ Stanley โดยใช้เอนไซม์ดังกล่าวที่ผลิตทางการค้า 5 ชนิด พบว่าเพคติเนสที่มีดีกรีของเอสเทอริไฟต์ต่างกันสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิต ช่วยให้สีของแอนโทไซยานินดีขึ้นและทำให้น้ำผลไม้มีความใสมากขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสในช่วงร้อยละ 0.01-0.60 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) ประสิทธิภาพในการปรับปรุงลักษณะต่างๆ ที่กล่าวมาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้นของเอนไซม์มากกว่าร้อยละ 0.20 น้ำพลัมที่ได้จะมีรสขม และในบรรดาเอนไซม์ทั้ง 5 ชนิด Clarex L ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.20 ให้ผลผลิตสูงและไม่ทำให้น้ำผลไม้เกิดตะกอน

รุจิรา (2542) ได้ศึกษาเรื่องการทำน้ำสาลี่ใสอัดก๊าซ (พันธุ์ *Pathanak*) พบว่าเมื่อเติมเอนไซม์เพคติเนสปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 90 นาที คั้นด้วยเครื่องไฮดรอลิกที่ระดับความดัน 5 เมตริกต่อตารางเมตร และให้ความร้อนแก่น้ำสาลี่ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที พบว่าปริมาณผลผลิตของน้ำสาลี่ภายหลังการคั้นเมื่อไม่เติมและเติมเอนไซม์เพคติเนสเท่ากับร้อยละ 50.08 และ 60.72 ตามลำดับ และเอนไซม์เพคติเนสมีผลต่อความหนืดและความขุ่นของน้ำสาลี่

อรัญญา และคณะ (2545) ศึกษาการใช้เอนไซม์และเครื่องมือที่เหมาะสมในการแยกน้ำมะม่วง โดยใช้เอนไซม์ Pectinex™ Ultra SP-L ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 และ 0.12 เป็นเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 นาที ที่อุณหภูมิช่วง 45-50 องศาเซลเซียส พบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์ไม่มีผลต่อการลดลงของความหนืด แต่เวลาในการสกัดมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น โดยมะม่วงแก้ว ศก. 007 ใช้เวลา 90 นาที และมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ใช้เวลา 60 นาที ส่วนผลการเปรียบเทียบเครื่องมือใช้แยกน้ำมะม่วงหลังการใช้เอนไซม์สกัด พบว่าเครื่องกรองภายใต้ความดันสามารถแยกน้ำมะม่วงที่มีลักษณะใสกว่า และมีเนื้อปนออกมาน้อยกว่าเครื่องแยกชนิดอื่น และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ให้ปริมาณผลผลิตของน้ำมะม่วงที่แยกได้สูงกว่าปริมาณผลผลิตของมะม่วงพันธุ์อื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิชมณี ไพศาล และ วิชัย (2542) ศึกษาการพัฒนาวิธีการสกัดน้ำแครอท 3 วิธี คือ แบบใช้ความร้อนและใช้กรดซิตริก แบบใช้เอนไซม์เพคติเนส และแบบใช้ความร้อนและกรดซิตริกร่วมกับเอนไซม์เพคติเนส พบว่ากรรมวิธีการสกัดที่ให้น้ำแครอทมีคุณภาพดีที่สุด คือ กรรมวิธีการสกัดแบบใช้ความร้อนและกรดซิตริก แต่มีปริมาณผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าอีก 2 วิธี จึงทำการพัฒนากรรมวิธีการสกัดน้ำแครอท โดยสกัดแบบ 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 สกัดน้ำแครอทแบบใช้ความร้อนและกรดซิตริก แล้วนำส่วนที่เหลือมาสกัดต่อในขั้นตอนที่ 2 โดยใช้เอนไซม์เพคติเนส ปริมาณร้อยละ 0.1 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) ทำการสกัดที่สภาวะความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าน้ำแครอทที่สกัดได้ทั้ง 2 ขั้นตอน มีปริมาณผลผลิตร้อยละ 72.30 มีสีส้มแดง ค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 42.65, 11.84 และ 32.60 ตามลำดับ มีความขุ่นที่คงตัว ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.67 (ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 8 องศาบริกซ์ ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.85 ปริมาณเบต้าแคโรทีน 2.25 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และปริมาณวิตามินซี 6.50 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

ชิดชัย และคณะ (2547) ศึกษาการพัฒนาไซรัปเข้มข้นจากกล้วยหอมทองโดยการใช้เอนไซม์ โดยการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดน้ำกล้วยหอม คือ การใช้เอนไซม์เพคติเนสร้อยละ 0.06 เอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 0.13 ของเนื้อกล้วยหอมบด (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที แล้วทำให้น้ำกล้วยหอมเข้มข้นโดยวิธีระเหยแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ไซรัปกล้วยหอมที่พัฒนาได้มีลักษณะเป็นสีเหลืองใส โดยมีค่าสี L*, a* b* เท่ากับ 78.10 6.44 และ 84.29 ตามลำดับ มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.67 ความเป็นกรด-ด่าง 5.05 ของแข็งที่ละลายน้ำได้ 72 องศาบริกซ์ และพลังงาน 270 กิโลแคลเลอรี่ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราน้อยกว่า 25 และ 10 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่ากลุ่มตัวอย่างให้คะแนนความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย

อาภรณ์ (2540) ได้ศึกษาโดยมีวิธีการคั้นที่ให้ปริมาณผลผลิตและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดใน 8 วิธี ซึ่งเมื่อบดสาลี่เรียบร้อยจะเติมเอนไซม์เพคติเนสในปริมาณร้อยละ 0.01 ของน้ำหนักสาลี่ ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาคั้นด้วยเครื่องอัดไฮดรอริค (hydraulic press) ที่ระดับแรงดันเท่ากับ 5 เมตริกตัน สูตรน้ำสาลี่ที่ผู้บริโภคพอใจโดยเฉพาะรสหวานมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) คือ มีประมาณน้ำสาลี่เท่ากับร้อยละ 75 และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเมื่อปรับโดยการเติมน้ำตาลทรายเท่ากับ 14 องศาบริกซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 เซลลูโลส (Celulose)

เซลลูโลสเป็นโฮโมโพลีแซคคาไรด์ของน้ำตาลกลูโคสอีกชนิดหนึ่ง ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในผนังเซลล์พืช โดยรวมตัวอยู่กับพวกไซแลน (xylan) และลิกนิน (lignin) เซลลูโลสที่ได้จากแต่ละส่วนของพืชจะมีความแข็งแรงและความเหนียวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอายุและชนิดของพืช เซลลูโลสไม่ละลายน้ำ ทนต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์ กรด และด่างเจือจาง ถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์เซลลูเลส โมเลกุลของเซลลูโลสประกอบด้วย โมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสมาต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง β-(1-4) โมเลกุลของเซลลูโลสเป็นสายยาวไม่มีแขนง สายยาวจะมาเกาะกันตามแนวราบด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส ทำให้โมเลกุลของโครงสร้างแข็งแรง (นิธิยา, 2539)

2.4.1 เอนไซม์เซลลูเลส

2.4.1.1 ชนิดและคุณสมบัติของเอนไซม์เซลลูเลส

เอนไซม์เซลลูเลสเป็นเอนไซม์เชิงซ้อน (Complex enzyme) ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์อย่างน้อย 3 ชนิดทำงานร่วมกัน คือ Cx (Endoglucanase; 1,4-β-D-glucan 4-glucanohydrolase (EC.3.2.1.4)) Cl (Exoglucanase; 1,4-β-D-glucan cellobiohydrolases (EC.3.2.1.91)) β-glucosidases (cellobiases (EC.3.2.1.21)) (กิติมา, 2537)

ก. Endoglucanase (Cx) จะย่อยสลายเซลลูโลสไปเป็นกลูโคส เซลโลไบโอส และโอลิโกแซคคาไรด์ โดยจะย่อยสลายด้านในของสายเซลลูโลสแบบสุ่ม (random)

ข. Exoglucanase (Cl) จะย่อยสลายเซลลูโลส และโอลิโกแซคคาไรด์ไปเป็นเซลโลไบโอส โดยจะย่อยสลายด้านปลายของสายเซลลูโลส

ค. β-glucosidases จะย่อยสลายเซลโลไบโอสไปเป็นกลูโคส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.1.2 การย่อยสลายและการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส

ในขั้นตอนการย่อยสลายเซลลูโลส และการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น พบว่า β-glucosidases จะช่วยเสริมการทำงานของเอนไซม์ Cl และ Cx

2.4.1.3 แหล่งของเอนไซม์เซลลูเลส

สิ่งมีชีวิตหลายชนิดสามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลสได้ จุลินทรีย์นับว่ามีความสำคัญในการย่อยสลายเซลลูเลส จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อย่อยสลายเซลลูโลสได้ ซึ่งส่วนมากจะอยู่ในกลุ่มของเชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโนมัยสีท ดังตาราง 2.6 วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสในระดับห้องปฏิบัติการ ส่วนมากจะเป็นเซลลูโลสบริสุทธิ์ เช่น α-celluose, insoluble cellulose และอื่นๆ

ตาราง 2.6 แสดง genus ของจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลส

เชื้อรา	แบคทีเรีย	แอคติโนมัยสีท
Alternaria	*Bacillus*	*Micromonospor*
Aspergillus	*Cellulomonas*	*Nocardia*
Chaetomium	*Clostridium*	*Streptomyces*
Coprinus	*Corynebacterium*	*Streotasporangium*
Foames	*Cytophaga*	
Fusarium	*Polyangium*	
Myrithecium	*Pseudomonas*	
Penicillin	*Sporocytophaga*	
Polyporus	*Vibrio*	
Rhizoctonia		
Rhizopus		
Sporotrichum		
Thielavia		
Trametes		
Trichoderma		
Trichothecium		
Verticillium		
Zygorhynchus		

ที่มา : กิติมา, 2537

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเซลลูเลส

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยทั่วไปความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสอยู่ในช่วง 4.5-6.5 ในเอนไซม์ทางการค้าที่เตรียมได้จาก *Aspergillus niger* หรือ *Trichoderma viride* จะเกิดกิจกรรมได้ดีในความเป็นกรด-ด่างช่วง 4.5-6.5 หรือมากกว่านี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสับเสตรท และชนิดของบัฟเฟอร์ ในการใช้เอนไซม์จาก *Stachybotrysatra* ย่อยสลาย CMC พบว่าที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8 ทำให้ความหนืดของ CMC ลดลง แต่ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.5 ทำให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์มากขึ้น

อุณหภูมิ โดยปกติเอนไซม์เซลลูเลสมักจะมีความคงตัวได้ดีที่อุณหภูมิสูง เอนไซม์เซลลูเลสที่ผลิตจาก *Aspergillus niger* จะมีความคงตัวที่แตกต่างกัน ดังนี้คือ exoenzyme จะสูญเสียสภาพอย่างสมบูรณ์เมื่อถูกต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 นาที ในขณะที่ endoenzyme จะสูญเสียสภาพเพียงร้อยละ 25-37 เท่านั้น เมื่อใช้ CMC เป็นสับเสตรท เอนไซม์เซลลูเลสจะมีความคงตัวสูงกว่าเอนไซม์เพคติเนสซึ่งสูญเสียสภาพง่ายเมื่อถูกต้มในน้ำเวลาอันสั้นมาก แต่อย่างไรก็ตามเอนไซม์เซลลูเลสบางตัวก็สูญเสียสภาพง่ายเมื่อถูกความร้อน ได้แก่ exoenzyme

การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (inhibition) เอนไซม์เซลลูเลสจะถูกยับยั้งการทำงานโดย gluconotones มากที่สุดมากกว่า cellobiose และ oligosaccharide ซึ่งการย่อยสลายเซลลูโลสที่เวลาเริ่มต้นจะไม่ถูกย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้โลหะหนักยังมีผลต่อการย่อยสลายของเอนไซม์เซลลูเลส เช่น copper และ mercury salts (เมื่อใช้เอนไซม์จาก *Chaetosylum lunata* และใช้ CMC เป็นสับเสตรท)

อรุณี และ ปราณี (2536) ศึกษาการใช้เอนไซม์เพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส (pectinex Ultra SP-L, celluclast 1.5L และ Ban 240L ตามลำดับ จาก Novo Industri A/S) เพื่อช่วยในการสกัดน้ำกล้วยโดยใช้กล้วยที่มีความสุกระดับ 7-8 พบว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 0.06 ร่วมกับเอนไซม์เพคติเนสร้อยละ 0.05 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายเนื้อกล้วยหอม โดยพิจารณาจากร้อยละของความหนืดของกล้วยหอมที่ลดลง ซึ่งสภาวะที่เหมาะสม คือ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะดังกล่าวสามารถสกัดน้ำกล้วยได้ผลผลิตประมาณร้อยละ 73 โดยน้ำหนัก (น้ำหนักกล้วยหอมทั้งหมด) สำหรับเอนไซม์อะมัยเลส พบว่าไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของน้ำกล้วยหอม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิภาดา และ ปราณี (2537) ได้ศึกษาการสกัดน้ำหัวเชื้อทุเรียนเข้มข้น โดยการใช้เอนไซม์ทางการค้า 3 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์เพคติเนส เอนไซม์เซลลูเลส และเอนไซม์อะมัยเลส ภายใต้สภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องและแบบตามลำดับ พบว่าเมื่อใช้เอนไซม์ร่วมกัน 3 ชนิดในเนื้อทุเรียนบดโดยไม่ผสมน้ำภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง โดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์แต่ละชนิดเป็นร้อยละ 0.5 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะให้ปริมาณผลผลิตของหัวน้ำเชื้อทุเรียนร้อยละ 32.19 ส่วนเมื่อสกัดภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบตามลำดับ พบว่าเมื่อบ่มเนื้อทุเรียนด้วยเอนไซม์เพคติเนสร้อยละ 0.5 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นตามด้วยปฏิกิริยาของการย่อยสลายเซลลูเลสร้อยละ 0.5 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปฏิกิริยาของการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อะมัยเลสร้อยละ 0.5 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตามลำดับ จะได้ปริมาณผลผลิตของหัวน้ำเชื้อทุเรียนถึงร้อยละ 44.49

Sreenath และคณะ (1995) ได้ศึกษาการใช้เอนไซม์กับมะม่วงสายพันธุ์ต่างๆ เนื้อมะม่วงของสายพันธุ์ Badami, Tatapuri, Neelum, Raspuri และ Malgoa ที่ใช้เอนไซม์ที่มีความเข้มข้น 0.14 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ liquefaction ด้วยการผสมของเอนไซม์เพคติเนสและเอนไซม์เซลลูเลส ทำให้น้ำผลไม้ปริมาณร้อยละ 60-80 ซึ่งสายพันธุ์ Raspuri ให้ปริมาณน้ำผลไม้สูงสุด โดยถ้าใช้เอนไซม์เพคติเนสเป็นเวลา 30 นาที จะได้ร้อยละ 70-80 ซึ่งผลจะเหมือนกับการใช้เอนไซม์ผสม 2 เอนไซม์ แต่การใช้เอนไซม์ผสมเพคติเนสกับเซลลูเลสจะทำให้ปริมาณของน้ำผลไม้มีความหนืดต่ำมากกว่าการใช้เพคติเนสเพียงอย่างเดียว ประมาณร้อยละ 8-10 การใช้เอนไซม์เซลลูเลสจะลดความหนืดของเนื้อมะม่วงเพียงร้อยละ 20-30 และให้ปริมาณของน้ำผลไม้ต่ำมาก

Al-Hooti และคณะ (2002) ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและคุณภาพของน้ำเชื่อมอินทผลัมที่สกัดด้วยเอนไซม์เพคติเนสและเซลลูเลส โดยทำการทดลอง 2 สายพันธุ์ คือ Birhi กับ Safri ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลสูงประมาณร้อยละ 88 การทดลองวิธีการผลิตน้ำเชื่อมอินทผลัมโดยใช้เอนไซม์เพคติเนส เอนไซม์เซลลูเลส และไม่ใช้เอนไซม์ พบว่าการใช้เอนไซม์ทำให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดสูงที่สุด (ร้อยละ 68) ขณะที่การสกัดโดยที่ไม่ใช้เอนไซม์ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดน้อยกว่า (ร้อยละ 35) ในการวัดค่าสี CIE L* a* b* ของน้ำเชื่อมอินทผลัมสายพันธุ์ Birhi จะต่ำกว่าสายพันธุ์ Safri

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 อัญชัน (Butterfly pea)

อัญชัน (Butterfly pea) เป็นพืชในตระกูล Leguminosae และตระกูลย่อย Papilionoideae มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Clitoria ternatea* Linn. มีชื่อสามัญเรียกกันหลายชื่อ คือ Butterfly Pea และ Blue Pea มีชื่อไทยพื้นเมือง เรียกว่า อัญชัน (กลาง) แดงชัน และเอื้องชัน (เหนือ) ดอกอัญชันมีลักษณะทั่วไป คือ เป็นไม้เถาเลื้อย (grasper) ใช้ยอดพันแบบ twiner มีถิ่นเดิมอยู่ในปานามา อินเดีย และหมู่เกาะโมกุลละ เป็นพืชที่โตเร็ว ขึ้นง่าย ขึ้นได้ดีในดินร่วน (เกียรติศักดิ์, 2535) มีใบประกอบแบบขนนก ออกสลับใบย่อย 4-9 ใบเป็นรูปไข่กว้าง 2-3 เซนติเมตร ปลายและโคนมน ดอกเป็นสีน้ำเงิน ฟ้า ม่วง หรือขาว มีทั้งชนิดที่เป็นชั้นเดียวและดอกซ้อน ออกดอกเดี่ยวตามซอกใบคล้ายถั่ว มีกลีบดอก 5 กลีบ กลีบบนที่ดูคล้ายกลีบล่างจะใหญ่ สองกลีบข้างและสองกลีบล่างรวมตัวกันเป็นรูปท้องเรือ ผลเป็นฝักแบนมีเมล็ดจำนวนมาก ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด

อัญชันมีประโยชน์หลายอย่าง โดยให้ประโยชน์ทางยาซึ่งในเมล็ดมีผลเป็นยาระบาย แต่ก็มีผลทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน จึงไม่นิยมใช้ รากของอัญชันมีรสขม นำมาปรุงเป็นยาบำรุงดวงตา ยาขับปัสสาวะ เป็นยาระบาย แก้ตาฟาง ตามืด ตามัว ตาแฉะ และทำให้ฟันทน (ศิริ, 2535) ส่วนดอกอัญชันให้สีน้ำเงินธรรมชาติ ซึ่งเป็นสีน้ำเงินของแอนโทไซยานิน (anthocyanins) เป็นสารที่สลายตัวง่าย และปลอดภัย สารแอนโทไซยานินที่มีอยู่มากในดอกอัญชันนี้มีประโยชน์มากมายต่อสุขภาพ เช่น ช่วยเพิ่มความสามารถในการมองเห็นเนื่องจากสารตัวนี้จะไปเพิ่มการไหลเวียนในหลอดเลือดเล็กๆ เช่น หลอดเลือดส่วนปลาย ทำให้กลไกที่ทำงานเกี่ยวกับการมองเห็นแข็งแรงขึ้น เพราะมีเลือดไหลเวียนมาเลี้ยงมากขึ้น ในขณะนี้ก็มีการศึกษาวิจัยทางคลินิกเกี่ยวกับความสามารถของสารแอนโทไซยานินในการเพิ่มประสิทธิภาพของตา เช่น ตาเสื่อมจากโรค เบาหวาน โรคต้อหิน และโรคต้อกระจก (ผู้จัดการออนไลน์, 2549) นอกจากนั้นนิยมนำมาแต่งสีขนมไทย เพื่อให้มีสีสันน่ารับประทานขึ้น ได้แก่ ขนมชั้น ขนมเรไร ขนมน้ำดอกไม้ ซ่าหริ่ม ถั่วแปบ และขนมทราย โดยสีน้ำเงินจากกลีบดอกอัญชันเป็นสีที่ละลายน้ำแต่ไม่คงตัวในสารละลายที่เป็นกรด ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนจะให้สีม่วงแดง การทำให้สารละลายเป็นกรดอ่อนทำได้โดยการเติมน้ำมะนาวที่มีกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid)

สีน้ำเงินจากดอกอัญชันจัดเป็นสารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ประกอบด้วยส่วนของอะกลัยโคน เรียกว่า เดลฟินิดิน และส่วนของน้ำตาลที่เป็น D-glucose ผลของการต่อของน้ำตาลที่ตำแหน่ง –OH ต่างๆ กันของเดลฟินิดินและผลจากการเติม side chain เช่น malonyl group และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

p-coumaryl group ส่งผลให้สารแอนโทไซยานินในสีจากดอกอัญชันมีความหลากหลาย นักวิจัยชาวญี่ปุ่นได้แยกสารเคมีออกจากดอกอัญชัน พบว่าสารเคมีที่พบในดอกอ่อนจะมีความหลากหลายมากกว่าดอกแก่ สารเคมีที่รายงานว่าพบในดอกอัญชัน ได้แก่ ternatins (A3, B2, B4, C1, C5, D2, D3) และ preternatins (A4, C4) ด้วยเหตุที่สารเคมีจากดอกอัญชันมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่หลายโมเลกุลทำให้มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี และสีจากดอกอัญชันเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะขึ้นอยู่กับความสมดุลระหว่างอิออนของสารที่ปรากฏอยู่ในสารละลาย (จุไรทิพย์, 2545)

Kazuma และคณะ (2002) รายงานว่าในการแยกสารประกอบจากกลีบดอกของดอกอัญชันซ้อนพบ 3 flavonol glycoside คือ kaempferol 3-o-(2”-o-α-rhamnosyl-6”-o-malonyl)-β-glucoside, quercetin 3-o-(2”-o-α-rhamnosyl-6”-o-malonyl)-β-glucoside และ myricetin 3-o-(2”,6”-di-o-α-rhamnosyl)-β-glucoside

Kazuma และคณะ (2003) ศึกษาฟลาโวนอยด์ในกลีบดอกของดอกอัญชันที่มีสีแตกต่างกันด้วย LC/MS/MS โดยพบฟลาโวนอยด์ชนิดใหม่ คือ Delphinidin 3-o-(2”-o-α-rhamnosyl-6”-o-malonyl)-β-glucoside ซึ่งวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้ UV, MS และ NMR spectroscopy นอกจากนั้นยังมี ternatins ซึ่งเป็นกลุ่มของ 15 (poly) acylated delphinidin glucosides ซึ่งวิเคราะห์ในกลีบดอกสีน้ำเงินทั้งหมด พบการสะสมของ delphinidin 3-o-(6”-o-malonyl)-β-glucoside แทนที่ ternatins ส่วนดอกอัญชันชนิดที่มีกลีบดอกสีขาวจะไม่มีแอนโทไซยานิน

Terahara และคณะ (1996) ศึกษาแอนโทไซยานินในดอกอัญชัน ซึ่งพบ ternatins ใหม่อีก 5 ชนิดที่แยกได้จากดอกอัญชันโดยดูโครงสร้างซึ่งตรวจวิเคราะห์ทางเคมีใช้วิธี spectroscopic พบว่า delphinidin 3-malonyl G ที่เป็น 3’-GCG-5’-GCG, 3’-GCG-5’-GC, 3’-GCGCG-5’-GC, 3’-GCGC-5’-GCG และ 3’-GCGC-5’-GC ซึ่ง G เป็น D-glucose และ C เป็น p-coumaric acid

Terahara และคณะ (1998) ศึกษาแอนโทไซยานินในดอกอัญชัน ซึ่งพบ ternatins ใหม่อีก 8 ชนิดที่แยกได้จากดอกอัญชันโดยใช้วิธี UV-vis และ FABMS พบว่า delphinidin 3-malonyl G ที่มีโครงสร้างเป็น 3’-GCGC-5’-G, 3’-GCGCG-5’-G, 3’-GC-5’-G, 3’-GCG-5’-G, 3’-G-5’-G และ 3’-GC-5’-GC และ delphinidin-3-glucoside ซึ่งมี 3’-GCG-5’-GCG, 3’-GCG-5’-G โดยที่ G เป็น D-glucose และ C เป็น p-coumaric acid

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

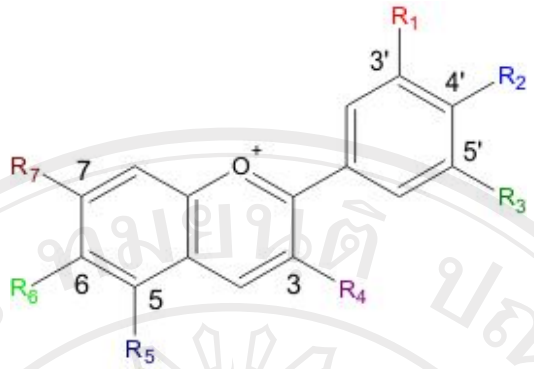
2.6 ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ซึ่งจะพบมากในผัก ผลไม้ และเครื่องดื่ม ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระขึ้นกับโครงสร้างของฟลาโวนอยด์นั้นๆ ฟลาโวนอยด์เป็น phenolic compound ที่พบในธรรมชาติ เช่น flavonol, flavones, flavonones, isoflavones, catechin, anthocyanins และ chalcones ซึ่งมีมากกว่า 4,000 ชนิดที่พบในผัก ผลไม้ และเครื่องดื่ม มีรายงานเกี่ยวกับฟลาโวนอยด์ว่ามีผลในการต้านเชื้อไวรัส ต้านอาการภูมิแพ้ ยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด ยับยั้งการอักเสบ ยับยั้งการเจริญของเนื้องอกและต้านอนุมูลอิสระได้ นอกจากนั้นฟลาโวนอยด์ยังสามารถชะลอหรือยับยั้งกระบวนการออกซิเดชั่นของคลอเรสเตอรอล LDL (เป็นคลอเรสเตอรอลที่ไม่ดี) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือดหัวใจ ดังนั้นฟลาโวนอยด์จึงช่วยป้องกันไขมันจับกับหลอดเลือด ช่วยลดความดันโลหิตสูง และป้องกันกระบวนการออกซิเดชันของคลอเรสเตอรอล LDL (นันทยา, 2548)

แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก คือ anthos หมายถึง ดอกไม้ และ kyanos หมายถึง สีน้ำเงิน แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ซึ่งมีโครงสร้างหลักเป็น $C_6C_3C_6$ เป็นรงควัตถุที่ละลายอยู่ใน vacuole sap ในเซลล์ของพืช (vacuole sap เป็นส่วนหนึ่งที่เห็นได้ชัดที่สุดในเซลล์พืชที่มีอายุมาก โครงสร้างจะมีเนื้อเยื่อหุ้มและภายในมีของเหลวบรรจุอยู่) ซึ่งมีบทบาทต่อสีในดอกไม้ ผลไม้ และใบไม้หลายชนิด โดยจะให้สีม่วงแดงไปจนถึงสีน้ำเงิน แอนโทไซยานินสามารถละลายได้ในน้ำแต่ไม่ละลายในตัวทำละลายประเภท non-hydroxyl เช่น acetone, chloroform และ ether

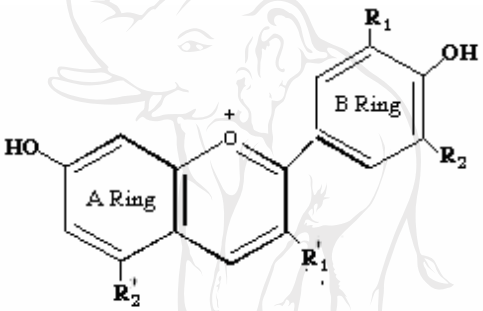
แอนโทไซยานินเป็นอนุพันธ์ polyhydroxy และ polymethoxy ของสาร flavylium หรือ 2-phenylbenzopyrylium โมเลกุลประกอบด้วยแอนโทไซยานิดิน ที่เรียกว่าอะกลัยโคนจับตัวกับน้ำตาลด้วยพันธะ β-glycosidic (ภาพ 2.1) และมักจับที่คาร์บอนตำแหน่งที่สาม น้ำตาลที่จับกับแอนโทไซยานินดินอาจเป็น monosaccharide ได้แก่ glucose, rhamnose, galactose, xylose หรือ arabinose หรือพวก disaccharide หรือ trisaccharide โมเลกุลน้ำตาลมักถูก esterified ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สามด้วยกรดอินทรีย์บางชนิด เช่น p-coumaric, caffeic และ ferulic ซึ่งจะช่วยให้แอนโทไซยานินในพืชมีเสถียรภาพดีขึ้น (เกียรติศักดิ์, 2535)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.1 โครงสร้างของเกลือเฟลวิเลียม

ที่มา : Wikipedia (2007)



Anthocyanidins

	R1	R2	Visible colour
Pelargonidin (Pg)	H	H	Red
Cyanidin (Cy)	OH	H	Megenta
Peonidin (Pn)	OCH_3	H	Megenta
Delphinidin (Dp)	OH	OH	Purple
Petunidin (Pt)	OCH_3	OH	Purple
Malvidin (Mv)	OCH_3	OCH_3	Purple

Anthocyanins : Pg, Cy, Pn, Dp, Pt, Mv, with R_1' , R_2'

R_1' = O-sugar or O-acylated sugar

R_2' = OH or O-glucose

ภาพ 2.2 โครงสร้างแอนโทไซยานิดินและแอนโทไซยานิน

ที่มา : Medplant (2007)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.1 การสกัดแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นรงวัตถุจากธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้เป็นสีผสมอาหารได้ การเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัดมักพิจารณาเหตุผลทางด้านเศรษฐศาสตร์และเทคนิคการผลิต ดังนั้นวัตถุดิบที่เลือกใช้ควรสามารถหาได้ง่ายในปริมาณมากและราคาไม่แพงนัก โดยสีที่สกัดได้ควรมีลักษณะและองค์ประกอบตรงตามข้อบังคับ ดังนั้นพวก by product จากอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกากองุ่นจากอุตสาหกรรมไวน์จึงถูกพิจารณา แอนโทไซยานินที่ผลิตจากกากองุ่นเรียกว่า enocyanin หรือ enocianina ซึ่งได้ผลิตในเชิงการค้าในประเทศอิตาลีในราวปี ค.ศ. 1879 เพื่อจุดประสงค์ในการแต่งสีไวน์แดง (เกียรติศักดิ์, 2535) นอกจากนี้ยังมีวัตถุดิบอื่นๆ ที่มีศักยภาพสามารถนำมาสกัดแอนโทไซยานินได้ เช่น miracle elderberry แครนเบอรี่ กลีบดอกกระเจี๊ยบ และกลีบดอกอัญชัน วิธีการสกัดแอนโทไซยานินมีหลายวิธีซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของตัวอย่างที่ใช้ โดยมากจะใช้ตัวทำละลายในการสกัดและทำการสกัดในสภาวะที่เป็นกรด โดยประสิทธิภาพในการสกัดของแอนโทไซยานินจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย ชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัด หรือค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังต่อไปนี้

2.6.1.1 ชนิดของตัวทำละลาย

Bronnum-Hansen และคณะ (1985) ศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากผล elderberry พบว่าตัวทำละลายประเภทแอลกอฮอล์ จะให้ประสิทธิภาพการสกัดสูงกว่าการใช้สารละลายกรด (acidified water, ไฮโดรคลอริก 0.1 โมล่าร์) แต่การสกัดด้วยแอลกอฮอล์จะมี solvent recovery ต่ำกว่าเนื่องจากตัวทำละลายประเภทแอลกอฮอล์จะเหลือใน filter cake สูง

วรรณา และ สุวรรณา (2529) ได้ศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุดโดยใช้ตัวทำละลายต่างกัน ได้แก่ สารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 1 ในเมธานอล สารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 1 ในเอธานอล และสารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 1 ในบิวทานอล พบว่าการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 1 ในสารละลายแอลกอฮอล์ทั้ง 3 ชนิด จะมีประสิทธิภาพการสกัดดีกว่าการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 1 ในน้ำ และเมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างแอลกอฮอล์ทั้ง 3 ชนิด พบว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 1 ในเมธานอลจะมีประสิทธิภาพในการสกัดดีที่สุด รองลงมา ได้แก่ สารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 1 ในเอธานอลและสารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 1 ในบิวทานอล ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จารุวรรณ และ น้ำอ้อย (2547) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณแอนโทไซยานินจากถั่วดำที่สกัดในตัวทำละลายต่างกัน ได้แก่ น้ำกลั่น สารละลายกรดไฮโดรคลอริก พบว่าค่าการดูดกลืนแสง (absorption spectrum) ของสารละลายทั้ง 2 ชนิดที่สกัดได้ที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุดและที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ให้ค่าการดูดกลืนแสงต่ำสุด

2.6.1.2 อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย

อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายที่ใช้ เป็นตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญในการสกัด เนื่องจากมีผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนมวลสารระหว่างวัตถุดิบกับตัวทำละลาย ตลอดจนความเข้มข้นและปริมาณสุดท้ายของสารละลายที่สกัดได้

Bronnum-Hansen และคณะ (1986) ได้ศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากผล elderberry ซึ่งแปรผันอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย (สารละลายกรดสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมล่าร์) ในช่วง 2.5-4.0 พบว่าที่อัตราส่วนต่ำๆ คือ 2.5 จะทำให้สารละลายแอนโทไซยานินที่ได้จากการสกัดครั้งแรกมีความเข้มข้นสูง แต่ร้อยละแอนโทไซยานินในการสกัดครั้งแรกต่ำ คือ ประมาณร้อยละ 50-60 และต้องสกัด 3-4 ครั้ง เพื่อให้ได้แอนโทไซยานินรวมใกล้เคียงร้อยละ 100 แต่เมื่ออัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายสูงขึ้น การสกัดครั้งแรกจะได้แอนโทไซยานินสูงถึงร้อยละ 90 ซึ่งปริมาตรรวมของสารละลายที่ใช้ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องพิจารณารวมถึงปริมาตรรวมของตัวทำละลายที่ใช้ และจำนวนครั้งในการสกัด

เกียรติศักดิ์ (2535) ศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 สกัดด้วยอัตราส่วนตัวทำละลายต่อวัตถุดิบ คือ 120: 1 120: 2, 120: 3, 120: 4 และ 120: 5 พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ 120: 3

2.6.1.3 ชนิดของกรดที่ใช้สกัดหรือค่าความเป็นกรด-ด่าง

ชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดได้ เนื่องจากกรดส่งผลต่อความเป็นกรด-ด่างของตัวทำละลายในการสกัด โดยที่กรดแก่จะมีคุณสมบัติในการย่อยผนังเซลล์สูงทำให้ความเป็นกรด-ด่างของตัวทำละลายต่ำและมีประสิทธิภาพการสกัดสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Fuleki และ Francis (1968) ได้สกัดแอนโทไซยานินจากผล cranberry ด้วยอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย คือ 1: 5 โดยใช้เอธานอลเป็นตัวทำละลายแทนเมธานอลเพราะเอธานอลเป็นสารที่ไม่มีพิษและพบว่าการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1.5 โมล่าร์ ในเอธานอล (85: 15) เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการสกัดสูง และช่วยให้แอนโทไซยานินที่สกัดได้มีเสถียรภาพดีขึ้นเนื่องจากแอนโทไซยานินมีความคงตัวดีในสารละลายที่เป็นกรด

Metivier และคณะ (1980) ศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่มีผลต่อการสกัดแอนโทไซยานินจากกากองุ่นที่เหลือจากการผลิตไวน์แดง ชนิดของกรดที่ใช้ ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก กรดซิตริก กรดทาทาร์ริก กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรไพโอนิก พบว่าถ้าสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ในเมธานอลให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด ส่วนการใช้กรดอินทรีย์ในเมธานอล พบว่าสารละลายกรดซิตริกมีประสิทธิภาพการสกัดสูงสุด รองลงมา คือ กรดทาทาร์ริก กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรไพโอนิก ตามลำดับ ส่วนการใช้กรดอินทรีย์ในน้ำเป็นตัวทำละลาย พบว่าสารละลายกรดกรดอะซิติกมีประสิทธิภาพในการสกัดสูงสุด รองลงมา คือ กรดซิตริก กรดทาทาร์ริก และกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งการสกัดด้วยสารละลายกรดในน้ำจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าการสกัดด้วยสารละลายกรดในเมธานอลและในเอธานอล

Bronnum-Hansen และคณะ (1985) ศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากผล elderberry โดยใช้กรดซิตริกและกรดไฮโดรคลอริก พบว่ากรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมล่าร์ มีประสิทธิภาพในการสกัดสูงกว่ากรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.01-10 แต่กรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 จะให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงเทียบเท่าการใช้กรดไฮโดรคลอริก นอกจากนี้ราคาของกรดซิตริกแพงกว่ากรดไฮโดรคลอริกมากจึงควรเลือกใช้กรดไฮโดรคลอริกสำหรับสกัดแอนโทไซยานิน

สุภาพรรณ และ อรไท (2529) ได้ศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุดโดยใช้กรดต่างกัน ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟูลิก และกรดฟอสฟอริก ละลายในน้ำให้มีความเข้มข้น 1 นอร์มอล พบว่ากรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการสกัดแอนโทไซยานินดีที่สุดและมีความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด รองลงมา คือ กรดซัลฟูลิกและกรดฟอสฟอริก

รักษิณา และ สาริวรรณ (2547) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโทไซยานินจากกะหล่ำปลีม่วง พบว่าเมื่อใช้สารละลายบัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.5 เป็นตัวทำละลายในการสกัดจะมีประสิทธิภาพการสกัดสูงสุด ส่วนที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 ประสิทธิภาพในการสกัดต่ำสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.1.4 เวลาที่ใช้ในการสกัด

เวลาที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินที่ได้ เนื่องจากเวลามีผลต่อการแพร่ (diffuse) ของแอนโทไซยานินออกจากเซลล์เมมเบรนเข้าสู่สารละลาย

สุภาพรรณ และ อรไท (2529) ได้ศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุด โดยทำการศึกษาที่เวลาในการสกัด 3 ระดับ คือ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจะสามารถสกัดแอนโทไซยานินได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน

จารุวรรณ และ น้ำอ้อย (2547) ศึกษาการเปรียบเทียบแอนโทไซยานินจากถั่วดำที่สกัดในตัวทำละลายและระยะเวลาที่แตกต่างกัน คือ น้ำกลั่น สารละลายกรดไฮโดรคลอริก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กรดซิตริก และกรดมาลิก โดยใช้เวลาในการสกัดที่ 0, 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที พบว่าที่ใช้เวลาในการสกัด 150 นาที ได้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด คือ 22.08 มิลลิกรัม

2.6.1.5 อุณหภูมิในการสกัด

Chiriboga และ Francis (1970) ทำการศึกษาอุณหภูมิในการสกัด พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 50 องศาเซลเซียส ปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เนื่องจากแอนโทไซยานินเกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยความร้อนทำให้เกิดการเสื่อมเสียไปเช่นเดียวกัน ดังนั้นในการสกัดควรใช้อุณหภูมิต่ำ

Laleh และคณะ (2006) พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานินก็เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความร้อนจะไปทำให้แอนโทไซยานินเกิดการเปลี่ยนแปลงและเกิดการเสื่อมเสีย

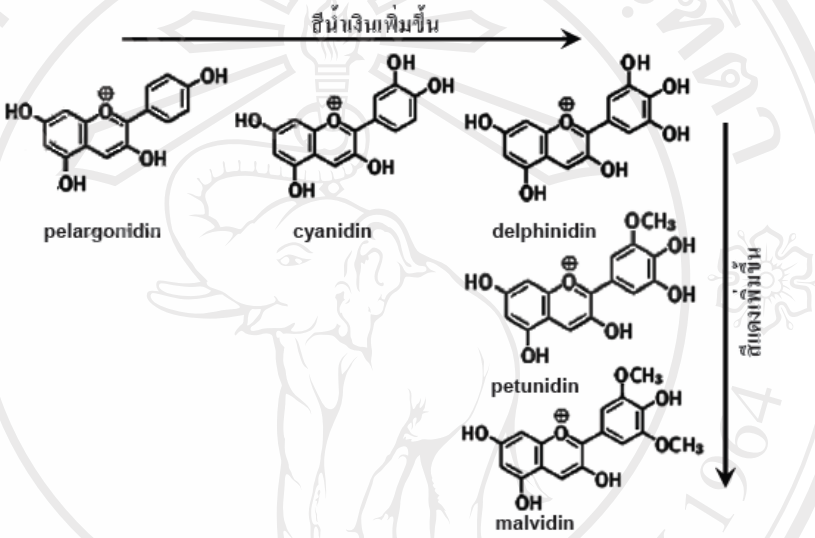
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.2 เสถียรภาพของแอนโทไซยานิน

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน เช่น โครงสร้างของแอนโทไซยานิน ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ออกซิเจน แสง กรดแอสคอร์บิค น้ำตาล และสารประกอบอื่นๆ ที่ก่อให้เกิด co-pigment เช่น flavone, flavononones, flavonols, coumarin, cinnamic acid, dihydrochalcone และ flavan-3-ols

2.6.2.1 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน

โครงสร้างในส่วนของวงแหวนฟีนิลมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลหรือหมู่เมธอกซิลเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อสีของแอนโทไซยานิน เช่น การเพิ่มหมู่ไฮดรอกซิลให้มากขึ้นจะทำให้มีสีเข้มขึ้นโดยสีจะเปลี่ยนเป็นน้ำเงินมากขึ้นด้วยและการเพิ่มหมู่เมธอกซิลแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง 3' และ 5' จะทำให้สีแดงเพิ่มมากขึ้น ดังภาพ 2.3

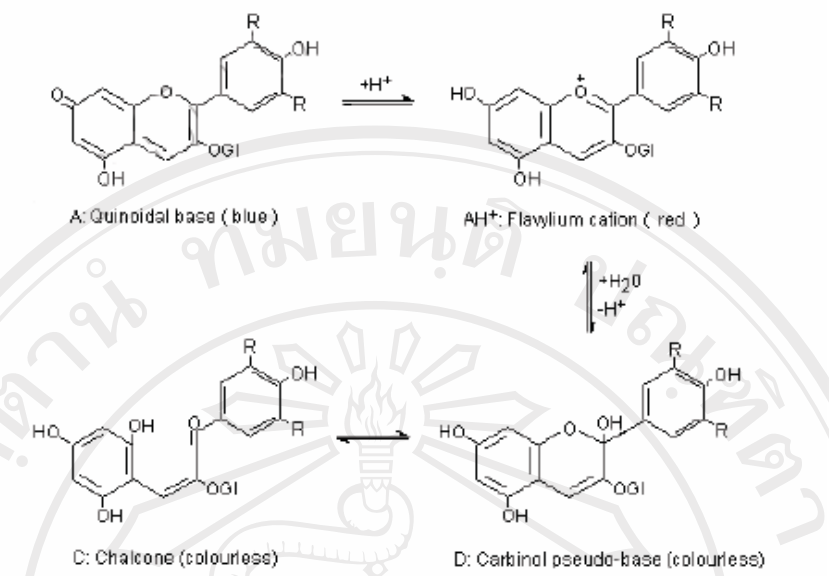


ภาพ 2.3 ผลของโครงสร้างของแอนโทไซยานิดินที่มีต่อสีแอนโทไซยานิน
ที่มา : นิธิยา (2539)

2.6.2.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

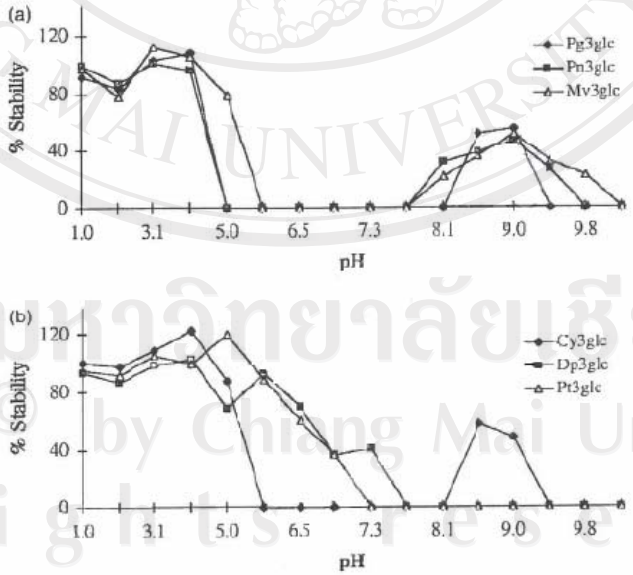
สีของแอนโทไซยานินเกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของความเป็นกรด-ด่างในตัวกลางนั้นๆ เมื่อแอนโทไซยานินอยู่ในสภาพสมดุลในสารละลายที่เป็นกรดมาก (pH < 0.5) อยู่ในรูปของ flavylium cation (red) เพียงชนิดเดียวซึ่งทำให้สารละลายมีสีแดง เมื่อความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นจนอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนหรือเป็นกลางปริมาณ flavylium cation จะเริ่มลดลงเนื่องจากการเกิด hydration ไปเป็น carbinol base ซึ่งไม่มีสี ส่วนสมดุลระหว่างแอนโทไซยานินที่อยู่ในรูปของ flavylium cation และ quinoidal base (anhydro base) จะเกิดสมดุลที่ pK เท่ากับ 4.25 ดังนั้นเมื่อแอนโทไซยานินอยู่ในสารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 4.5 ขึ้นไปหรือในสภาวะที่เป็นเบสจึงมีเฉพาะโครงสร้างของ carbinol base และ chalcone ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ไม่มีสีและโครงสร้างของ quinoidal base ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีสีน้ำเงินทำให้สารละลายมีสีน้ำเงิน ดังภาพ 2.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินเมื่อความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยน
ที่มา : ยุพาพร (2547)

Cabrita และคณะ (2000) ศึกษาความคงตัวของสีแอนโทไซยานิดินทั้ง 6 ชนิด ในสารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกันตั้งแต่ 1-12 เป็นเวลา 60 วัน ดังแสดงในภาพ 2.5



ภาพ 2.5 สีแอนโทไซยานิดินทั้ง 6 ชนิดในสารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกันตั้งแต่ 1-12 เป็นเวลา 60 วัน
ที่มา : Cabrita และคณะ (2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่าแอนโทไซยานิดินที่ศึกษาทั้ง 6 ชนิด เป็นแอนโทไซยานิดินหลักที่พบมาก ได้แก่ Pelargonidin (Pg), Cyanidin (Cy), Peonidin (Pn), Delphinidin (Dp), Petunidin (Pt) และ Malvidin (Mv) จะมีความคงตัวในช่วงความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1-5 สภาวะที่เป็นกรดสูง แต่เมื่อเข้าใกล้สภาวะที่เป็นกลาง ความคงตัวจะลดลงจนกระทั่งเกิดการสลายตัวหมด แต่มีแอนโทไซยานิดินบางชนิด เช่น Pelargonidin (Pg), Cyanidin (Cy), Peonidin (Pn) และ Malvidin (Mv) ความคงตัวจะเพิ่มขึ้นในในช่วงความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7-10 สภาวะที่เป็นเบส แต่ก็ไม่สูงเท่ากับในสภาวะที่เป็นกรด แสดงว่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน ส่งผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิดินแต่ละชนิดต่างกัน โดยปกติความเป็นกรด-ด่างต่ำซึ่งเป็นสภาวะที่เป็นกรดจะมีความคงตัวมากกว่าในสภาวะที่มีความเป็นกรด-ด่างสูงซึ่งเป็นสภาวะที่เป็นเบส

2.6.2.3 อุณหภูมิ

มีการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์อาหารโดยได้ผลสรุปทั่วๆ ไป คือ แอนโทไซยานินจะถูกทำลายด้วยความร้อนระหว่างผ่านกระบวนการต่างๆ และการเก็บรักษา

Maccarone และคณะ (1985) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินในน้ำส้มที่เก็บรักษาในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ คือ 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราการเสื่อมเสียเกิดเป็น 2 เท่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส

Fossen และคณะ (1998) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานิน (petunin และ cyanidin-3-glucoside) ที่ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 1-9 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 1, 2, 5, 8, 15 และ 60 วัน พบว่าที่ความเป็นกรด-ด่างทุกระดับในสภาวะที่มีอุณหภูมิเดียวกัน เมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ปริมาณของแอนโทไซยานินลดลงยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงอย่างรวดเร็ว

Cabrita และคณะ (2000) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินในสารละลายบัฟเฟอร์โดยมีความเป็นกรด-ด่างในช่วง 1.0-11.5 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน พบว่าในทุกระดับความเป็นกรด-ด่างเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของแอนโทไซยานินลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เกียรติศักดิ์ (2535) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 โดยเก็บรักษาในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 4±1 และ 30±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 63 วัน พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของแอนโทไซยานินลดลง

Kirca และคณะ (2005) ได้ศึกษาเรื่องความคงตัวของแอนโทไซยานินของ black carrot ในน้ำผลไม้และเนคต้า พบว่าการสลายตัวของแอนโทไซยานินที่เป็นสีของน้ำผลไม้และเนคต้าทุกชนิดเมื่อให้ความร้อนที่ 70-80 องศาเซลเซียส แอนโทไซยานินของ black carrot ในเนคต้าลูกพีชและแอปพริคอทจะมีความคงตัวสูง ส่วนในน้ำส้มแอนโทไซยานินของ black carrot มีความคงตัวน้อยทั้งในระหว่างการให้ความร้อนและการเก็บรักษา โดยในระหว่างการเก็บรักษานั้นการสลายตัวของแอนโทไซยานินเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะในเนคต้าสับปะรด การเก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าทุกๆ ตัวอย่างมีความคงตัวเพิ่มขึ้น

2.6.2.4 ออกซิเจน (O_2)

ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในสารละลายแอนโทไซยานิน มีแนวโน้มเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น โดยที่โมเลกุลของออกซิเจนทำปฏิกิริยากับแอนโทไซยานินในตำแหน่งที่ C-2 หรือหมู่ hydroxyl group ของ B-ring ได้เป็น carbinol base หรือ chalcone หรือ quinoidal base ซึ่งมีผลทำให้ flavylium cation ลดลง สีแดงของสารละลายจึงลดลง ทั้งนี้อัตราของการเกิดออกซิเดชันยังขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย อุณหภูมิ และความเข้มข้นของแอนโทไซยานิน

2.5.2.5 แสง

แสงจะให้ผลตรงกันข้ามระหว่าง biosynthesis และการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานิน โดยเฉพาะแอนโทไซยานินที่มีหมู่ hydroxyl group ที่ตำแหน่ง C-5 จะสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเนื่องจากแสงได้มากกว่าแอนโทไซยานินที่ไม่มีหมู่ hydroxyl group ที่ตำแหน่ง C-5 นอกจากนี้แสงยังเป็นตัวเร่งให้เกิดการเสื่อมสลายด้วยความร้อนได้เป็น chalcone (เป็นโครงสร้างที่ไม่มีสี)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.2.6 กรดแอสคอร์บิค

โดยปกติกรดแอสคอร์บิคสามารถเกิดการออกซิเดชันได้ในสภาวะที่มีออกซิเจน คอปเปอร์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการจางลงของสีแอนโทไซยานิน ดังนั้นจึงถือได้ว่ากรดแอสคอร์บิคเป็นเหมือนตัวเหนี่ยวนำทำให้เกิดการสูญเสียแอนโทไซยานินได้ นอกจากนี้ยังสามารถเกิดการ condensation กับแอนโทไซยานินได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่คงตัวและเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่มีสีต่อไป

Garcia และ Bridle (1999) ศึกษาอิทธิพลของโครงสร้างต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินและเกลือเฟลวิลเลียมด้วยกรดแอสคอร์บิค ซึ่งได้ทำการศึกษาโดยเพิ่มกรดแอสคอร์บิคลงไปในแอนโทไซยานินให้มีความเข้มข้นสุดท้าย 330 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับแอนโทไซยานินที่ไม่มีการเพิ่มกรดแอสคอร์บิคโดยเก็บผลเป็นเวลา 0-18 วัน ปรากฏว่าอัตราการสลายตัวของแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และอัตราการสูญเสียของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นถ้ามีกรดแอสคอร์บิคเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ส่วนเกลือเฟลวิลเลียมก็ให้ผลเช่นเดียวกันกับแอนโทไซยานิน คือ เมื่อมีกรดแอสคอร์บิคในองค์ประกอบจะทำให้เกิดการสลายตัวได้มากขึ้นมีผลทำให้ความคงตัวลดลง

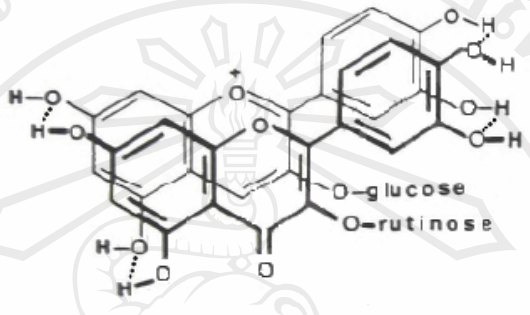
Choi และคณะ (2002) ศึกษาผลกระทบของกรดแอสคอร์บิคในน้ำผลไม้และความคงตัวของรงควัตถุในน้ำส้มระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 สัปดาห์ โดยทำการเปรียบเทียบน้ำส้มที่มีและไม่มีการเติมกรดแอสคอร์บิค 23.10 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร พบว่าเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ความเข้มข้นของแอนโทไซยานินลดลง และในสภาวะที่มีกรดแอสคอร์บิคจะทำให้แอนโทไซยานินเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าในสภาวะที่ไม่มีกรดแอสคอร์บิค

2.6.2.7 Co-pigment

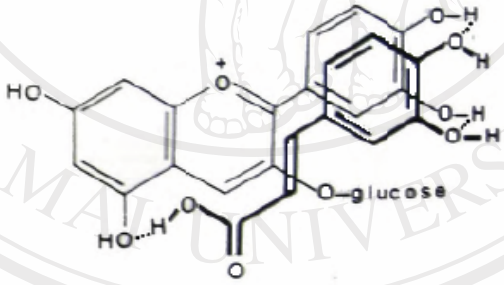
เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน คือ การเกิด co-pigment กับสารประกอบต่างๆ เช่น flavone, flavonol, aurone, flavonone, flavan-3-ols, alkaloids และ amino acid ทั้งนี้อัตราการเกิด co-pigment ขึ้นอยู่กับชนิดของ co-pigment ชนิดของแอนโทไซยานิน ความเข้มข้นของ co-pigment และแอนโทไซยานินด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Maccarone และคณะ (1985) ศึกษาผลของ rutin และ caffeic acid ต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินในน้ำส้ม พบว่าเมื่อเติม rutin 50 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และ caffeic acid 50 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ทำให้ค่าครึ่งชีวิต ($t_{1/2}$) มีค่า 75 และ 90 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเกิดจากการก่อตัวของสารประกอบที่มีความคงตัวสูง



ภาพ 2.6 สารประกอบระหว่างแอนโทไซยานินกับ rutin
ที่มา : Maccarone และคณะ (1985)



ภาพ 2.7 สารประกอบระหว่างแอนโทไซยานินกับ caffeic acid
ที่มา : Maccarone และคณะ (1985)

เกียรติศักดิ์ (2535) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานิน โดยทำการเติมวัตถุเจือปนอาหารเพื่อช่วยในการรักษาเสถียรภาพของแอนโทไซยานิน คือ (+)-catechin, rutin และ caffeic acid ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร โดยเก็บที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 98 วัน พบว่าความคงตัวของแอนโทไซยานินสูงในสภาวะที่มี rutin , (+)-catechin และ caffeic acid ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.3 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

Francis (1982) ได้วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total anthocyanins, Tacy) แบ่งตามลักษณะตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม

2.6.3.1 ตัวอย่างที่มีสารประกอบซึ่งดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกันกับแอนโทไซยานินที่ปนอยู่เล็กน้อยหรือไม่มีเลย

ตามปกติสารละลายแอนโทไซยานินที่เพิ่งสกัดจากผัก ผลไม้ หรือดอกไม้จะมีสารประกอบซึ่งดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกับแอนโทไซยานิน (460-550 นาโนเมตร) อยู่น้อยประกอบกับสารประกอบ phenolic อื่นๆ ในสารละลายที่สกัดได้มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วงความยาวคลื่นที่ห่างออกไป ดังนั้นปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสามารถหาได้จากหลักการการดูดกลืนแสงได้

ในการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด การทำให้เจือจางเป็นสิ่งที่ควรพิจารณา เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรดเป็นด่าง ชนิดของตัวทำละลาย การมีอิออนของโลหะ อุณหภูมิ และระยะเวลาก่อนการดูดกลืนแสง ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงจะเป็นเส้นตรงได้ในความเข้มข้นต่ำๆ เท่านั้น

Fuleki และ Francis (1986) ได้ศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดจากผลแครนเบอรี่ โดยใช้สารละลายผสมระหว่างเอธานอลกับกรดไฮโดรคลอริกในอัตราส่วน 85: 15 โดยปริมาตร และคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ทำการเจือจางสารละลายที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดเพื่อให้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วงที่เหมาะสม จากนั้นเก็บไว้ในที่มืดนาน 2 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดสมดุลของรูปแบบต่างๆ ของแอนโทไซยานิน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด หาได้จากสูตร

$$Tacy = O.D. \times \frac{100}{SV} \times \frac{TEV}{SW} \times \frac{1}{E^{1\%}_{1cm/10}} \times DV \qquad (2.1)$$

โดยที่ Tacy คือ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่อยู่ในตัวอย่าง (มิลลิกรัมแอนโทไซยานินต่อวัตถุดิบ 100 กรัม)

O.D. คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากตัวอย่างที่เจือจางแล้ว

DV (Dilution volume) คือ ปริมาตรสารละลายที่สกัดได้ที่เจือจางเตรียมไว้สำหรับวัดค่าการดูดกลืนแสง (มิลลิลิตร)

SV (Sample volume) คือ ปริมาตรของสารละลายที่สกัดได้ที่เตรียมสำหรับเจือจาง (มิลลิลิตร)

SW (Sample weight) คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้สกัด (กรัม)

TEV (Total extract volume) คือ ปริมาตรทั้งหมดของสารละลายที่สกัดได้

$E^{1\%}_{1cm/10}$ (Extinction coefficient, E) ได้จากค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนักของ E ของแอนโทไซยานินทุกตัวที่มีอยู่ในตัวอย่างพืชนั้นๆ

ในกรณีที่ไม่ทราบค่า E ของแอนโทไซยานินในตัวอย่าง Fuleki และ Francis (1968) ให้ใช้ค่า E ของแอนโทไซยานินของผลแครนเบอรี่แทนในการคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ซึ่งสามารถตัดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการคำนวณออกได้ เมื่อใช้การคำนวณเปรียบเทียบปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดได้ นอกจากนี้อาจใช้ค่า E ของแอนโทไซยานินตัวใดตัวหนึ่งที่มีในตัวอย่างในการคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดได้

Bronnum-Hansen และคณะ (1985) คำนวณปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของผล elderberry (*Sambucus nigra* L.) โดยใช้ค่า E ของ cyadinin-3-glucoside ซึ่งมีค่าเท่ากับ 851 และเป็นแอนโทไซยานินหลักที่มีในของผล elderberry

เนื่องจากแอนโทไซยานินในดอกอัญชันมีแอนโทไซยานิดินเป็น delphinidin (Saito และคณะ, 1985) และไม่ทราบค่า E ของแอนโทไซยานินในดอกอัญชัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ใช้ค่า E ของ delphinidin-3-glucoside ซึ่งมีค่าเท่ากับ 559 (Asen, Stuart และ Seigelman, 1959; Du และ Francis, 1973) สำหรับคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินในดอกอัญชัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.3.2 ตัวอย่างที่มีสารประกอบซึ่งดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกับแอนโทไซยานินปนอยู่ที่ช่วงความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด

ดังวิธีในข้อ 1 พบว่าบ่อยครั้งที่เกิดความผิดพลาด เนื่องจากการรบกวน (interfere) ของ degradation products ซึ่งสารเหล่านี้อาจจะเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับกรดอะมิโน หรืออาจเกิดจากปฏิกิริยาการสลายตัวของแอนโทไซยานิน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นการสะสมของ degradation products จะมากขึ้นด้วย

ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสำหรับตัวอย่างประเภทนี้สามารถหาได้ 2 วิธี

1. โดยการแยกสารประกอบซึ่งดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกันกับแอนโทไซยานินออกก่อนด้วยวิธีการแยกวิธีใดวิธีหนึ่ง เช่น ion-exchange, paper thin-layer, column chromatography, gas chromatography และ high performance liquid chromatography

2. ไม่จำเป็นต้องแยกสารประกอบซึ่งดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกันกับแอนโทไซยานินออกก่อนแต่อาศัยหลักการใดหลักการหนึ่ง ดังนี้

วิธี subtractive อาศัยหลักการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่สกัดได้ในช่วงก่อนและหลังปฏิกิริยาการฟอกสี (bleach) แอนโทไซยานินโดยใช้ sodium sulfite หรือ hydrogen peroxide ด้วยวิธีนี้สามารถหาค่าการดูดกลืนแสง เนื่องจากปริมาณแอนโทไซยานินที่มีอยู่ได้และคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดโดยทำ calibration curve (ใช้ purified pigment extract เป็นสารละลายมาตรฐาน) แต่วิธีการนี้จะทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินที่คำนวณได้สูงกว่าค่าจริง ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยม

วิธี differential เนื่องจากโครงสร้างของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงซึ่งส่งผลให้สีของสารละลายเปลี่ยนเมื่อความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเปลี่ยนไป ดังนั้นสามารถคำนวณปริมาณแอนโทไซยานิน จากค่าความแตกต่างของการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเดียวกันของสารละลายที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกันได้ เช่น ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1.0 กับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 ทั้งนี้เพราะค่าการดูดกลืนแสงเนื่องจากมีสารประกอบอื่นนอกจากแอนโทไซยานินซึ่งดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกับแอนโทไซยานินถูกหักล้างไป วิธีการนี้ได้รับความนิยมมากกว่าวิธีแรกและมีข้อดี คือ สามารถคำนวณค่าดรรชนีที่เรียกว่า degree of degradation ซึ่งเป็นค่าที่บอกสัดส่วนของรงควัตถุแอนโทไซยานินที่เสื่อมสลายได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Fuleki และ Francis (1968) ได้ศึกษาโดยใช้หลักการของวิธี differential ในการหาปริมาณแอนโทไซยานินในน้ำแครนเบอรี่ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างในบัฟเฟอร์ของ KCI-HCL ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1.0 และของ CH_3COONa-HCL ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร โดยที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1.0 แอนโทไซยานินจะอยู่ในรูปของ flavylium cation ซึ่งให้ค่าดูดกลืนแสงสูงสุดและแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ carbinol base ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 ซึ่งให้ค่าการดูดกลืนแสงต่ำสุด ดังนั้นค่าความแตกต่างของการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1.0 และความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 เป็นผลอันเนื่องมาจากปริมาณแอนโทไซยานิน

Wrolstad และ Robert (2005) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยหลักการของวิธี differential ในการหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างในบัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1.0 และที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5

ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Tacy in mg/100ml} = \frac{\text{O.D. x 0.1}}{\text{Avg } \triangle E^{1\%}_{1cm,520\ nm}} = \frac{\text{O.D.}}{77.5} \qquad (2.2)$$

โดยที่ O.D. = T O.D. (pH 1.0) – T O.D. (pH 4.5)

T O.D. = O.D. x DV x VF

O.D. คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากตัวอย่างที่เจือจางแล้ว

DV (Dilution volume) คือ ปริมาตรสารละลายที่สกัดได้ที่เจือจางเตรียมไว้สำหรับวัดค่าการดูดกลืนแสง (มิลลิลิตร)

VF คือ volume factor

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved