

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มะม่วง

มะม่วงมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Mangifera indica* Linn. อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มะม่วงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยที่มีการผลิตเป็นสินค้าทั้งรูปแบบสดและแปรรูปเพื่อจำหน่ายทั้งภายในประเทศและเพื่อการส่งออกคิดเป็นปริมาณและมูลค่าสูงดังนี้

ตาราง 2.1 : ปริมาณและมูลค่าสินค้าส่งออกภาคเกษตรกรรม พ.ศ.2540-2542

รายการสินค้า ประเภทผลไม้และ ผลิตภัณฑ์	2540		2541		2542	
	ปริมาณ*	มูลค่า**	ปริมาณ*	มูลค่า**	ปริมาณ*	มูลค่า**
มะม่วงสด	8,522	148,939	10,209	201,489	10,473	159,634
มะม่วงบรรจุภาชนะ กั้นอากาศ	5,993	182,271	5,526	206,064	6,315	211,334
น้ำผลไม้อื่นๆ ที่ไม่รวม สับปะรด	10,340	197,378	6,745	120,260	10,487	158,474

หมายเหตุ * ปริมาณ มีหน่วยเป็น เมตริกตัน
** มูลค่า มีหน่วยเป็น 1,000 บาท
ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2543

มีข้อสังเกตว่าปริมาณและมูลค่าการส่งออกมะม่วงแปรรูปเพิ่มสูงขึ้นทุกปี เมื่อพิจารณาปริมาณการส่งออกน้ำผลไม้ซึ่งไม่รวมน้ำสับปะรดพบว่าปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นการขยายปริมาณการผลิตน้ำผลไม้ต่างๆรวมทั้งน้ำมะม่วงเพื่อเพิ่มมูลค่าการส่งออกจึงมีความเป็นไปได้สูง

มะม่วงแก้ว

เป็นมะม่วงพื้นบ้านทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง เป็นสายพันธุ์ที่มีการนำมาแปรรูปอย่างกว้างขวาง ลักษณะโดยทั่วไปคือลำต้นโตเร็ว พุ่มต้นกลมสวยงาม ใบค่อนข้างใหญ่ ยาวรีสีเขียวเข้ม ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี ให้ผลดก ผลมีขนาดเล็กจนถึงปานกลางหนักประมาณ 200-300 กรัมต่อผล เปลือกค่อนข้างบาง เมื่อผลดิบมีสีเขียวเข้ม เนื้อสีนวล มีรสเปรี้ยว เมื่อแก่จัดมีรสมันอมเปรี้ยว ผลมีรูปร่างค่อนข้างกลมป้อม เมื่อสุกผิวเปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีเหลืองหรือเหลืองส้ม เนื้อละเอียด เหนียว มีปริมาณเส้นใยมาก มีรสหวานอมเปรี้ยว

มะม่วงแก้วสามารถจำแนกตามคุณลักษณะของผลและแหล่งปลูกได้แก่ แก้วขาว แก้วดำ และแก้วจุก โดยมีความแตกต่างที่สรุปโดยสังเขปได้ดังนี้

แก้วขาวหรือแก้วทอง ผลดิบที่แก่จัดผิวของผลมีสีเขียวนวลแตกต่างจากมะม่วงแก้วชนิดอื่น เนื้อผลสุกมีสีอ่อนกว่ามะม่วงแก้วดำ พบมากในภาคกลาง

แก้วดำหรือแก้วแดง สีผิวเมื่อดิบมีสีเขียวคล้ำ ส่วนชื่อแก้วแดงเรียกตามลักษณะสีเนื้อเมื่อสุกแล้วคือมีสีแดง เป็นพันธุ์มะม่วงดั้งเดิมที่ปลูกกันมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ

แก้วจุก มีลักษณะเหมือนสายพันธุ์แก้วดำและแก้วขาวคือมีสีผลทั้งเขียวคล้ำเหมือนมะม่วงแก้วดำและสีขาวนวลเหมือนมะม่วงแก้วขาว แต่มีขนาดผลค่อนข้างโต ขั้วผลมีลักษณะนูนยื่นออกเล็กน้อย

จุดเด่นของมะม่วงแก้ว เป็นมะม่วงสายพันธุ์ที่นิยมนำมาเมล็ดมาเพาะเป็นต้นต่อเพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ เพราะเจริญเติบโตเร็ว แข็งแรง ทั้งยังสามารถต่อติดได้กับมะม่วงหลายสายพันธุ์

จุดด้อยของมะม่วงแก้ว ให้ผลผลิตได้ในเฉพาะช่วงเดือนมกราคมถึงตุลาคม ขึ้นกับพื้นที่เพาะปลูก สำหรับพื้นที่เขตภาคเหนือตอนบนพบว่ามะม่วงแก้วมีมากในช่วงเดือนพฤษภาคม (ธวัชชัยและคณะ, 2541)

มะม่วงโชคอนันต์

เป็นมะม่วงที่นิยมบริโภคทั้งผลดิบและสุก รวมทั้งที่ผ่านการแปรรูปแล้ว เป็นมะม่วงทะวาย ที่ออกดอกและติดผลตลอดทั้งปี ลักษณะทั่วไปคือ ต้นเป็นพุ่มขนาดปานกลางเจริญเติบโตได้ดี มีใบรูปหอกแกมรูปไข่สีเขียวเข้ม ผลมีขนาดใหญ่หนักประมาณ 300-400 กรัมต่อผล รูปทรงคล้ายรูปไข่ส่วนหัวใหญ่แต่ปลายเรียวเล็ก เปลือกผลหนา มีเมล็ดบาง เนื้อมาก ลักษณะเนื้อละเอียดมีสีเหลืองทอง ไม่มีเสี้ยน มีกลิ่นที่ได้เล็กน้อย อายุการเก็บเกี่ยวหลังดอกบานประมาณ 110-120 วัน มะม่วงสายพันธุ์นี้มีปลูกมากในจังหวัดเชียงใหม่และศรีสะเกษ

จุดเด่นของมะม่วงโชคอนันต์ ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่กันดารได้ดี และให้ผลผลิตตลอดปี

จุดด้อยของมะม่วงโชคอนันต์ รูปทรงของผลอาจไม่แน่นอน (ธวัชชัยและศิวาพร, 2542)

องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วง

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรตและเส้นใยอาหาร และยังอุดมด้วยแร่ธาตุเช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส แคโรทีนอยด์ และวิตามินซี ทั้งนี้ปริมาณขององค์ประกอบจะแปรผันตามสายพันธุ์ แหล่งที่ปลูก และระดับความแก่-อ่อนของมะม่วง (Kalra et al., 1995) องค์ประกอบที่สำคัญได้แก่

ปริมาณน้ำ (Water content)

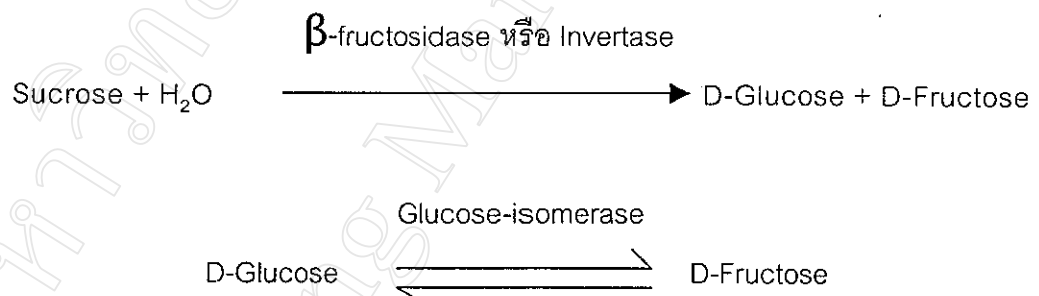
น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผักและผลไม้ โดยพบว่าปริมาณร้อยละ 75-95 โดยน้ำหนัก (Fennema, 1996) ผักและผลไม้จึงเป็นอาหารที่เน่าเสียได้ง่าย นอกจากจะมีวิธีกำจัดหรือลดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity หรือ a_w) ให้น้อยลงหรือใช้วิธีการแปรรูปที่เหมาะสมอื่นๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความคงทนต่อเชื้อจุลินทรีย์

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

สารประกอบคาร์โบไฮเดรตในผักผลไม้ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

แป้ง มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีแป้งสะสมอยู่มากโดยเฉพาะในช่วงที่แก่จัดและยังดิบอยู่ เมื่อผลไม้สุกจะเกิดการไฮโดรไลซ์แป้งให้เป็นน้ำตาลโดยมีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ปริมาณแป้งลดลง ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น

น้ำตาล น้ำตาลในผลไม้ที่สำคัญมี 3 ชนิดคือ ซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส ซึ่งสะสมอยู่ในส่วน Vacuole ของพืช อัตราส่วนของน้ำตาลทั้งสามชนิดในผลไม้แต่ละชนิดจะแปรผันแตกต่างกันไป ทำให้ผลไม้แต่ละชนิดมีรสหวานต่างกัน น้ำตาลฟรุคโตสจะให้รสหวานมากที่สุดรองลงมาคือ ซูโครสและกลูโคสตามลำดับ ในระหว่างการสุกจะเกิดการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลชนิดหนึ่งเป็นน้ำตาลอีกชนิดหนึ่งได้โดยปฏิกิริยาของเอนไซม์ (Boehringer, 1998)

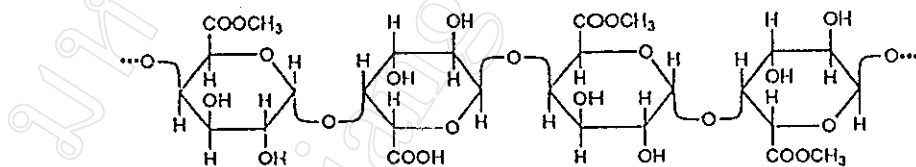


คาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และเพคติน (Pectin) คาร์โบไฮเดรตดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ในด้านคุณค่าทางโภชนาการจัดว่าเป็นเส้นใยอาหาร (Dietary fibre) ซึ่งหมายถึงคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของคนจึงสามารถขับถ่ายออกมาเป็นกากอาหาร ทำให้ระบบขับถ่ายดี ลดความเสี่ยงจากโรคท้องผูกและมะเร็งลำไส้ (นิธิยา, 2539)

เซลลูโลส (Cellulose) เป็น Polysaccharide ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสที่เกาะตัวกันด้วยพันธะ Glycosidic ที่ตำแหน่ง β -1,4 เป็นสายโซ่ยาวตั้งแต่ 200-14,000 โมเลกุลแล้ว ยังมีการจับตัวขนานตามยาว ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์

เฮมิเซลลูโลส (Hemi-cellulose) เป็น Polysaccharide ที่ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด ทั้ง น้ำตาลเฮกโซส (Hexose) และเพนโทส (Pentose) ได้แก่ไซโลส อาราบิโนส กลูโคส แมนโนส และ กาแลคโตส โดยเฮมิเซลลูโลสจะแทรกตัวและยึดเกาะระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสในผนังเซลล์จึง ให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์ด้วยเช่นกัน

สารประกอบเพคติน (Pectic substances) โมเลกุลของเพคตินส่วนใหญ่จะแทรกอยู่ระหว่างชั้น ของผนังเซลล์เรียกว่า Middle lamella เพคตินจึงทำหน้าที่เชื่อมยึดแต่ละโมเลกุลในผนังเซลล์เข้า ด้วยกัน เพคตินเป็น Polymer ของกรดกาแลคทิควโรนิกประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกาแลคโตส เชื่อมต่อกันที่ตำแหน่ง β -1,4 ซึ่งคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 6 อยู่ในหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) โดยอาจถูก Esterified โดยหมู่เมทิล (-CH₃) และมีบางส่วนที่ยังคงเหลืออยู่เป็นหมู่คาร์บอกซิล อิสระ นอกจากนี้คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 2 และ 3 ยังอาจถูก Acetylated ได้ในโมเลกุลของ เพคตินยังประกอบด้วยน้ำตาลอีกหลายชนิด เช่น น้ำตาลไซโลส อาราบิโนส และแมนโนส โดย โมเลกุลของน้ำตาลจะเกาะอยู่เป็นสายแขนงน้ำหนักโมเลกุลของเพคตินมันแปรอยู่ในช่วงประมาณ 10,000-400,000 และมีกรดกาแลคทิควโรนิกประมาณ 300-800 หน่วยต่อโมเลกุล



ภาพ 2.1 : โครงสร้างของสารประกอบเพคติน

ที่มา : Coultate, 1996

คุณสมบัติในการละลายน้ำของเพคตินขึ้นกับความยาวของสาย Polymer และจำนวนหมู่ เมทิลที่อยู่ในโครงสร้าง ถ้าสารประกอบเพคตินมีสายโมเลกุลสั้นและมีหมู่เมทิลน้อยนั่นคือมีหมู่ คาร์บอกซิลอิสระมากก็จะละลายน้ำได้ดี ด้วยเหตุนี้จึงสามารถแบ่งกลุ่มสารประกอบเพคตินตาม ลักษณะโครงสร้างและความสามารถในการละลายในตัวกลางออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

โปรโตเพคติน (Protopectin) เป็นสารประกอบเพคตินที่ไม่ละลายน้ำพบมากในผลไม้ดิบโดยจะมีหมู่เมธิลอยู่ในโมเลกุลประมาณร้อยละ 9-12 ในกระบวนการสุกของผลไม้โปรโตเพคตินจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์หรือต่าง ทำให้หมู่เมธิลถูกแยกออกไปบางส่วนและได้หมู่คาร์บอกซิลอิสระ เรียกว่า กรดเพคตินิก (Pectinic acid)

กรดเพคตินิก (Pectinic acid) มีความสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าโปรโตเพคติน เนื่องจากมีหมู่คาร์บอกซิลอิสระมากขึ้นและยังคงมีหมู่เมธิลเอสเทอร์เหลืออยู่บางส่วน กรดเพคตินิกเมื่อละลายน้ำจะเกิดเป็นสารละลายคอลลอยด์ที่ให้ความข้นหนืดและก่อกเจลได้จึงมีความสำคัญอย่างมากต่ออุตสาหกรรมอาหาร เมื่อผลไม้สุกมากขึ้นเอนไซม์กลุ่มเพคตินเนสจะไฮโดรไลซ์กรดเพคตินิกให้เป็นกรดเพคติกต่อไป

กรดเพคติก (Pectic acid) เป็นสารประกอบเพคตินที่มีหมู่เมธิลเหลืออยู่ในโมเลกุลน้อยมาก เนื่องจากถูกไฮโดรไลซ์จนกลายเป็นหมู่คาร์บอกซิลอิสระเกือบทั้งหมด แต่หมู่คาร์บอกซิลมักถูกจับไว้ด้วย Divalent ion เช่น แคลเซียม และแมกนีเซียม ทำให้อยู่ในรูปแคลเซียมเพคเตต และแมกนีเซียมเพคเตตตามลำดับ กรดเพคติกเป็นสารประกอบเพคตินที่ไม่ละลายน้ำแต่ละลายใน Ammonium oxalate เรียกว่า Oxalate-soluble pectin

ในระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วงพบว่ามี การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพคติน เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอนไซม์กลุ่มเพคตินเนส โดยทำให้โปรโตเพคตินในผลไม้ดิบเปลี่ยนเป็นกรดเพคตินิกในผลไม้ห่ามและเปลี่ยนเป็นกรดเพคติกในผลไม้สุกตามลำดับ ดังนั้นเมื่อผลไม้ อยู่ในระยะแก่จัดจนถึงสุกจะเกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ (Richard, 1997)

โปรตีน (Protein)

ผลไม้ไม่ใช่แหล่งโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนอยู่น้อย โดยพบว่าผลไม้ทั่วไปมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าร้อยละ 1 และเป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานหรือการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ เรียกว่า Functional protein ได้แก่ เอนไซม์และโคเอนไซม์ต่างๆ

ไขมัน (Lipid)

ผัก-ผลไม้มีสารประเภทไขมันในปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 1 โดยอาจอยู่ในรูปของสารอาหารสะสม สารปกคลุมผิว หรือองค์ประกอบของ Cell membrane ไขมันส่วนใหญ่ในมะม่วงจะอยู่ในรูปสารปกคลุมผิวของผล ซึ่งได้แก่ Wax, Cutin และ Suberin โดยปกติ Wax และ Cutin จะอยู่ส่วน Cuticle บนผิวของผล โดย Wax ที่ปกคลุมผิวผลอาจอยู่ในสองลักษณะคือ เป็นพื้นผิวราบเรียบหรือเป็นเส้นสาย (Filament) ยื่นออกมาทำให้เกิดลักษณะที่เรียกว่า “นวล” บนผิว ซึ่งลักษณะดังกล่าวช่วยป้องกันการคายน้ำและป้องกันความเสียหายจากการสัมผัสกับเชื้อโรคพืช

กรดอินทรีย์ (Organic acid)

กรดอินทรีย์ที่พบมากในผักผลไม้คือ กรดซิตริก มาลิกและทาร์ทาริก กรดเหล่านี้ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลิกซึ่งแสดงความเป็นกรด กรดจะสะสมอยู่ที่ Vacuole ของเซลล์ผลไม้และมีผลโดยตรงต่อคุณภาพด้านรสเปรี้ยวของผลไม้ โดยทั่วไปเมื่อผลไม้ยังอ่อนจะมีปริมาณกรดสูงทำให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำซึ่งไม่เหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เมื่อผลแก่และสุกจะมีปริมาณกรดลดน้อยลงและมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น

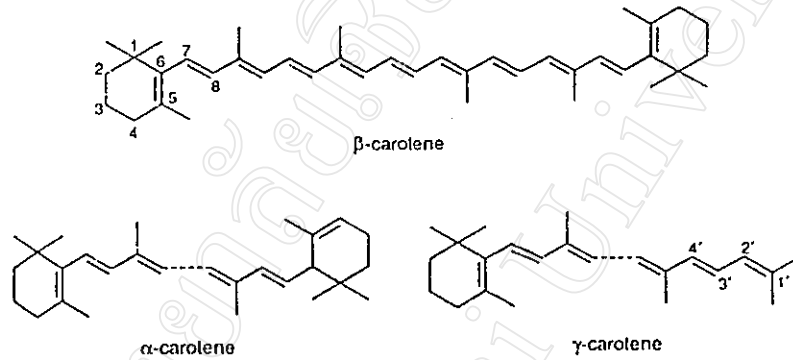
รงควัตถุ (Pigment)

สารสีที่พบมากในมะม่วงมีหลายชนิด สีของผลจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของสารสีที่เป็นองค์ประกอบดังต่อไปนี้

คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ประกอบด้วยอะตอมของแมกนีเซียมล้อมรอบด้วยวงแหวนของคาร์บอนและไนโตรเจน (Prophyrin ring) และส่วนที่เป็นสายโซ่ยาวของไฮโดรคาร์บอน เรียกว่า Phytol โมเลกุลของคลอโรฟิลล์มีการสลายตัวอยู่ตลอดเวลา ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวการสูญเสียของสีเขียวทำให้สารสีอื่นๆ ที่มีอยู่แล้วในผลไม้ปรากฏขึ้น ดังจะเห็นได้ว่าเมื่อผลไม้สุกสีเขียวจะหายไปและมีสีเหลืองหรือแดงปรากฏขึ้นแทน

คาโรทีนอยด์ (Carotenoid) เป็นกลุ่มของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated hydrocarbon) ประกอบด้วยคาร์บอน 40 อะตอม โมเลกุลประกอบด้วยพันธะคู่อยู่จำนวนมากจึง

มีคุณสมบัติเป็นสารต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Anti-oxidant) โดยสามารถจับกับสาร Free radicle ต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของโรคมะเร็งได้ สารกลุ่มแคโรทีนอยด์มีหลายชนิด ที่พบมากในมะม่วง ได้แก่ แคโรทีน (Carotene) ซึ่งแบ่งออกเป็น α , β และ δ -carotene ในมะม่วงดิบจะมีแคโรทีนเป็นองค์ประกอบอยู่แล้วแต่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบัง เมื่อมะม่วงเริ่มสุกคลอโรฟิลล์สลายตัวไปจึงปรากฏสีเหลือง ส้ม และแดงของแคโรทีนขึ้น



ภาพ 2.2 : โครงสร้างของแคโรทีนชนิดต่างๆ

ที่มา : Coultate, 1996

สารประกอบฟีนอล (Phenolic compound)

ได้แก่สารประกอบที่มีหมู่ฟีนอลเป็นองค์ประกอบ จึงพบเป็นจำนวนมากในผักและผลไม้ทั่วไป สารประกอบฟีนอลมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลไม้ในด้านรสชาติคือทำให้เกิดรสฝาดในผลไม้ สารประกอบฟีนอลที่ทำให้เกิดรสฝาดมีมวลโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500-3,000 โดยจะไปรวมตัวกับโมเลกุลของโปรตีนในปากทำให้รับรสฝาดได้ เมื่อผลไม้สุกสารประกอบฟีนอลจะเกิด Polymerization ทำให้มีโมเลกุลขนาดใหญ่ขึ้นและละลายน้ำได้น้อยลง ความฝาดจึงลดลง

สารประกอบฟีนอลยังมีผลต่อสีของผลไม้ โดยทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) ทั้งนี้สารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ในผลไม้จะ

ถูกเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase หรือ PPO) เปลี่ยนเป็นสาร Quinone แล้วเกิด Polymerization เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่และมีสีน้ำตาลในที่สุด

สารระเหย (Volatile compound)

กลิ่นของผลไม้ซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะในผลไม้แต่ละชนิด เกิดจากสารที่ระเหยได้ซึ่งมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ Aldehyde, Ketone, Lactone และกรดอินทรีย์บางชนิดซึ่งส่วนใหญ่มีโมเลกุลขนาดเล็ก มีน้ำหนักโมเลกุลไม่เกิน 250 และมักพบในปริมาณน้อย

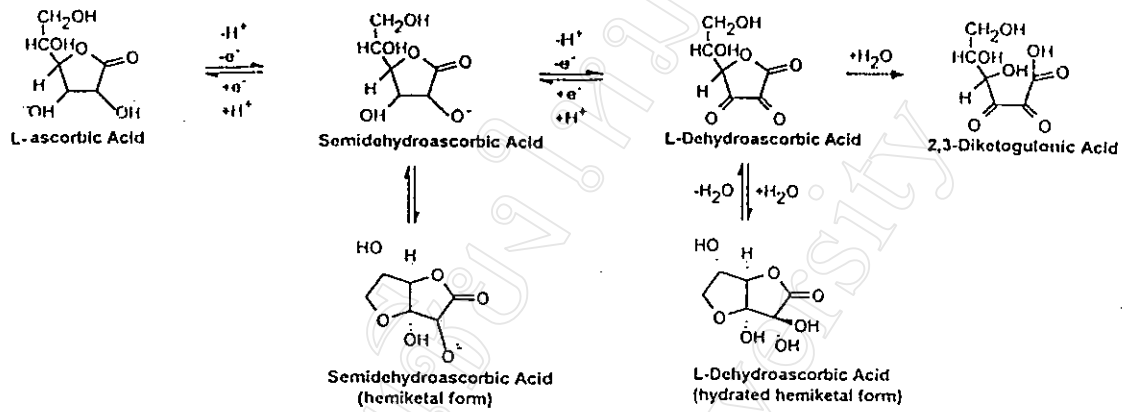
วิตามินและแร่ธาตุ (Vitamins and minerals)

ผักและผลไม้เป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญ วิตามินที่พบมากในมะม่วงได้แก่ โปรวิตามินเอ วิตามินบีต่างๆ และวิตามินซี

โปรวิตามินเอ พบในรูปของแคโรทีนซึ่งเป็นสารให้สี มี 3 รูปได้แก่ α , β และ δ -carotene โดยจะพบ β -carotene ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ α -carotene และ δ -carotene พบน้อยที่สุด ทั้งนี้ β -carotene 1 โมเลกุลสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ 2 โมเลกุล เมื่อผลไม้สุกจะมีการสังเคราะห์ชนิดและปริมาณแคโรทีนเพิ่มมากขึ้น (Lea, 1988)

วิตามินบีชนิดต่างๆ ได้แก่ Thiamine (B1), Riboflavin (B2) และ Pyridoxine (B6) ทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ในปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญหลายอย่าง

วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก วิตามินซีที่มีคุณค่าต่อร่างกายจะอยู่ในรูป L-ascorbic acid โดยมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันตามธรรมชาติ เมื่อถูกออกซิไดซ์จะเปลี่ยนเป็น Dehydro-L-ascorbic acid และถูกเปลี่ยนเป็น Diketo - L - gulonic acid ซึ่งเป็นรูปที่ไม่มีคุณสมบัติของวิตามินซีเหลืออยู่จึงไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีเกิดขึ้นมากกว่าวิตามินชนิดอื่น ทั้งนี้การสูญเสียของวิตามินซีเกิดจากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น Ascorbic oxidase, Polyphenol oxidase และ Peroxidase ซึ่งมีอยู่แล้วในผลไม้ และอาจเกิดจากปัจจัยภายนอกเช่นการออกซิเดชันโดยมี แสง ออกซิเจน และอนุมูลอิสระเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



ภาพ 2.3 : ปฏิกิริยาออกซิเดชันของวิตามินซี
ที่มา : Fennema, 1996

วิตามินซีมีประโยชน์เป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากการเติมวิตามินซีเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการซึ่งร่างกายคนต้องการวิตามินซีประมาณวันละ 50 มิลลิกรัม วิตามินซียังถูกนำมาใช้เป็นสารเจือปนในอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพอาหารอีกด้วย

แร่ธาตุ ที่พบมากในมะม่วงได้แก่ แมกนีเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัส แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในคลอโรฟิลล์ที่ใช้สังเคราะห์แสง แคลเซียมมีส่วนสัมพันธ์กับโครงสร้างของผนังเซลล์รวมทั้งเมตาบอลิซึมต่างๆ ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของทั้งโปรตีน ไขมัน และโมเลกุลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมแทบทุกกระบวนการ

ตาราง 2.2 : คุณค่าทางอาหารในส่วนที่กินได้ของมะม่วงดิบปริมาณ 100 กรัม

คุณค่าทางอาหาร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ	81.71	g
พลังงาน	65	Kcal
โปรตีน	0.51	g
ไขมันทั้งหมด	0.27	g
คาร์โบไฮเดรต	17	g
ใยอาหาร	1.80	g
เถ้า	0.50	g
แคลเซียม	10	mg
เหล็ก	0.13	mg
แมกนีเซียม	9	mg
ฟอสฟอรัส	11	mg
โพแทสเซียม	156	mg
โซเดียม	2	mg
สังกะสี	0.04	mg
ทองแดง	0.11	mg
แมงกานีส	0.03	mg
เซเลเนียม	0.60	μg
วิตามินซี	27.7	mg
ไทอามีน	0.06	mg
ไรโบฟลาวิน	0.06	mg
ไนอาซิน	0.58	mg
กรดแพนโททิก	0.16	mg
โฟเลต	14	μg
วิตามินบี 6	0.13	mg
วิตามินบี 12	0	μg
วิตามินเอ	3894	IU
วิตามินเอ (เทียบในหน่วยเรตินอล)	389	μg
วิตามินอี	1.12	mg

ที่มา : United states department of agriculture, 1998

ความแก่ของมะม่วงและดัชนีบ่งบอกความแก่ (Maturation and maturity index)

การเก็บเกี่ยวมะม่วงจากต้นเพื่อจำหน่ายทั้งในรูปแบบสดหรือเพื่อการแปรรูปจำเป็นต้องมีการควบคุมและจัดการเพื่อให้ได้มะม่วงที่มีความแก่เหมาะสม การเก็บมะม่วงที่อ่อนเกินไปเมื่อนำมาบ่มให้สุกสีจะเปลี่ยนไป ให้รสชาติที่ค่อนข้างเปรี้ยวหรือหวานอมเปรี้ยว มีการสูญเสีย น้ำอย่างรวดเร็วทำให้ผลเหี่ยวและมียาอายุการจำหน่ายสั้น ในทางตรงกันข้ามถ้าผลมะม่วงมีความแก่มากเกินไปเมื่อบ่มจะสุกเร็วและเนื้ออาจจะนิ่มและทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นการวัดความแก่ของมะม่วงจึงมีความสำคัญมาก (จริงแท้, 2541)

มีรายงานวิธีการวัดความแก่ของมะม่วงไว้หลายวิธี ได้แก่ การตรวจสอบลักษณะทางด้านกายภาพ เช่น สีผิว รูปร่างผล ขนาด และค่าความถ่วงจำเพาะ ลักษณะทางด้านเคมี เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ ปริมาณแป้ง สารประกอบฟีนอล และแคโรทีนอยด์ (Adel and Diane, 1996; Kalra et.al., 1995; จริงแท้, 2541) แต่วิธีที่นิยมใช้ตรวจสอบความแก่ของมะม่วงมักเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและรวดเร็วดังนี้

การนับอายุของผล เป็นวิธีวัดความแก่ที่ชาวสวนนิยมปฏิบัติกันมาก โดยปกติการนับอายุของผลจะเริ่มตั้งแต่ดอกบานหรือติดผล ซึ่งมะม่วงแต่ละชนิดจะมีระยะเวลาของการเจริญเติบโตของผลที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ แหล่งที่ปลูกและสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปสามารถเก็บเกี่ยวมะม่วงได้หลังจาก 12-16 สัปดาห์

การตรวจสอบลักษณะภายนอก (Appearance) มะม่วงเกือบทุกสายพันธุ์เมื่อแก่จัด ขนาดจะขยายใหญ่เต็มที่และรูปร่างของผลจะมีลักษณะอวบอูม นอกจากนี้ยังอาจพิจารณาจากการเกิดสารเคลือบผิวซึ่งมีลักษณะนวล (Bloom) หรือไข (Wax) สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนโดยเฉพาะมะม่วงที่มีผิวสีเขียวเข้ม

การวัดความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) เมื่อผลมะม่วงมีอายุมากขึ้นจะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าผลอ่อน สามารถตรวจสอบได้ง่ายโดยนำผลมะม่วงมาลอยน้ำ ผลมะม่วงแก่ที่มีความถ่วงจำเพาะสูงจะจมน้ำในขณะที่ผลอ่อนซึ่งมีความถ่วงจำเพาะต่ำจะลอยน้ำ อย่างไรก็ตามลักษณะการจมน้ำหรือลอยน้ำขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของมะม่วงด้วย พบว่ามะม่วงบางชนิดที่ยังอ่อนอาจจมน้ำได้เนื่องจากมีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับน้ำคือ 1.00 ดังนั้นจึงมีผู้เสนอวิธีการให้นำมะม่วง

มาลอยในสารละลายน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำบริสุทธิ์ ถ้าพบว่าผลมะม่วงจมในสารละลายน้ำเกลือนี้แสดงว่าผลแก่จัดสามารถเก็บเกี่ยวได้

การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) โดยทั่วไปสามารถวัดได้อย่างรวดเร็วโดย Hand refractometer และใช้ตัวอย่างน้ำมะม่วงเพียงเล็กน้อย ค่าที่อ่านได้อาจประมาณเป็นค่าของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่มีอยู่ในผล สำหรับผลไม้ประเภท Climacteric ซึ่งสะสมอาหารในรูปแป้งแล้วเปลี่ยนเป็นน้ำตาลในภายหลังเมื่อผลไม้เริ่มสุกไปแล้ว การวัดปริมาณน้ำตาลเพื่อวัดความแก่ในผลไม้ประเภทนี้จึงไม่เหมาะสม

การวัดปริมาณกรด (Total acidity) นิยมไตเตรทกับสารละลายต่างมาตรฐานแล้วคำนวณเทียบเป็นปริมาณกรดที่มีอยู่มากในผลไม้ชนิดนั้น สำหรับมะม่วงนิยมคำนวณในรูปกรดซิตริก มาลิก หรือทาร์ทาริก เมื่อผลเริ่มแก่ปริมาณกรดจะลดลงจึงใช้เป็นตัวชี้บ่งชี้ความแก่ได้ อย่างไรก็ตามการใช้ปริมาณกรดหรือน้ำตาลเพียงอย่างเดียวหนึ่งเป็นตัวชี้บ่งชี้ความแก่ได้ไม่ดีนัก พบว่าการใช้อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำตาลกับกรด (Sugar : acid ratio) มีความเหมาะสมมากกว่า โดยเฉพาะผลไม้ที่มีการสะสมของน้ำตาลและกรดปริมาณสูง

ในทางปฏิบัติอาจจำเป็นต้องใช้วิธีการตรวจสอบความแก่หลายวิธีร่วมกัน นอกจากนี้ยังต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ในการตัดสินด้วย

การสุกของมะม่วงและดัชนีบ่งบอกความสุก (Ripening and ripening index)

การสุกเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยา กายภาพ และเคมีของผลไม้ โดยจะเกิดกับผลไม้ประเภท Climacteric เช่น กัลย ะม่วง ขนุน ทูเรียน รวมทั้งมะม่วง การสุกจะเกิดหลังจากที่ผลแก่จัดเต็มที่ซึ่งอาจเกิดกับผลที่ยังอยู่บนต้นแต่จะได้ผลที่มีคุณภาพไม่ดี โดยทั่วไปจะทำการเก็บเกี่ยวผลที่แก่จัดจากต้นแล้วนำมาบ่มให้สุกภายหลังจะได้ผลที่มีคุณภาพดีเหมาะแก่การบริโภค การสุกของผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยวทำให้มีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างทั้งทางด้านกายภาพและเคมี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลไม้นั้นรวมทั้งสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกระดับการสุกได้ด้วย (จริงแท้, 2541)

การเปลี่ยนสี (Color changes) ผลมะม่วงเมื่อยังดิบมีสีผลเป็นสีเขียว เมื่อเริ่มสุกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือส้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการสุก การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากการสูญเสียสารสีเขียว (Chlorophyll) โดยเอนไซม์ Chlorophyllase แยกหมู่ Phytol ออกจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์กลุ่ม Oxidase ร่วมด้วย เมื่อคลอโรฟิลล์สลายตัวไปรงควัตถุสีอื่นๆที่มีอยู่แล้วแต่ถูกคลอโรฟิลล์บดบังไว้จึงปรากฏออกมา ได้แก่รงควัตถุกลุ่มสีเหลืองส้มคือแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ซึ่งมีหลายชนิด ในมะม่วงมักพบแคโรทีน (Carotene) เป็นส่วนใหญ่ และแคโรทีนนี้เป็นสาเหตุที่ทำให้ผลมะม่วงสุกมีสีต่างๆ เช่น เหลือง เหลืองอมส้ม สีของผลไม่จึงใช้เป็นดัชนีบ่งบอกระยะเวลาการสุกได้

การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อผลไม้ (Softening) ผลมะม่วงดิบมีลักษณะแข็งแต่เมื่อสุกเนื้อจะอ่อนตัวและนิ่มมากขึ้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ ผนังเซลล์ที่ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ผนังเซลล์ชั้นที่หนึ่ง (Primary cell wall) ผนังเซลล์ชั้นที่สอง (Secondary cell wall) และตัวเชื่อมระหว่างชั้นของผนังเซลล์ (Intercellular cement หรือ middle lamella) สารที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างผนังเซลล์ดังกล่าวได้แก่ เพคติน (Pectin) ในผลไม้ดิบเพคตินจะอยู่ในรูปโปรโตเพคตินซึ่งไม่ละลายน้ำ เมื่อผลไม้สุกจะเปลี่ยนเป็นรูปที่ละลายน้ำเกิดจากการทำงานของเอนไซม์สองชนิดคือ Polygalacturonase (PG) และ Pectinesterase (PE) โดย PG จะไฮโดรไลซ์สายโมเลกุลของ Polygalacturonic acid ให้สั้นลง ในขณะที่ PE จะ De-esterified หมู่เมธิลบนโมเลกุลของ Galacturonic acid ออกไป ผลของปฏิกิริยาดังกล่าวทำให้เพคตินสามารถละลายน้ำได้มากขึ้น เซลล์ผลไม้ที่ยึดเกาะกันแน่นจึงคลายตัวทำให้โครงสร้างผนังเซลล์หลวม ก่อให้เกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อและผลไม้มีรสหวาน การนิ่มของผลจึงใช้เป็นดัชนีบ่งบอกความสุกได้เช่นกัน

การเกิดสารหอมระเหย (Volatile compounds) เมื่อมะม่วงสุกจะเกิดการผลิตสารหอมระเหยออกมามากขึ้นและเป็นกลิ่นเฉพาะสำหรับมะม่วงแต่ละสายพันธุ์ สารที่ทำให้เกิดกลิ่นมีหลายประเภทคือ เอสเทอร์ แลคโตน-อัลกอฮอล์ กรด อัลดีไฮด์และคีโตน อย่างไรก็ตามการวัดปริมาณสารหอมระเหยทำได้ยากเนื่องจากมีปริมาณน้อยและวิธีการวิเคราะห์มีความซับซ้อน

การเปลี่ยนแปลงของรสชาติ (Taste) ผลมะม่วงที่สุกมีการเปลี่ยนแปลงรสชาติไปจากผลดิบ ได้แก่ รสหวานเปรี้ยวและฝาด เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีภายในดังนี้

รสหวาน มะม่วงสุกมักมีรสหวานเพิ่มขึ้นจากเมื่อตอนที่ผลยังดิบ รสหวานเกิดจากปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งเกิดจากกระบวนการย่อยสลายของแป้งโมเลกุลใหญ่ได้เป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กลงโดยเอนไซม์ นอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนรูปน้ำตาลชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่ง

รสเปรี้ยว มะม่วงสุกมักมีรสเปรี้ยวน้อยลงจากผลดิบ มะม่วงจะมีกรดหลายชนิด โดยส่วนใหญ่คือกรดซิตริก มาลิก และทาร์ทาริก รสเปรี้ยวที่ลดลงเกิดจากปริมาณกรดที่ลดลง นอกจากนี้รสหวานจากปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นจะไปกลบรสเปรี้ยวให้ลดลงด้วย

รสฝาด มะม่วงเมื่อดิบจะมีรสฝาดเล็กน้อยและจะลดน้อยลงจนเกือบหายไปเมื่อสุก ความฝาดเกิดจากสารประกอบฟีนอลและแทนนิน เมื่อผลไม้สุกสารประกอบเหล่านี้จะเกิดการ Polymerization เป็นสารประกอบที่ใหญ่ขึ้น จึงละลายน้ำได้น้อยลงและไม่ทำปฏิกิริยากับโปรตีนทั่วไปหรือต่อมรับรสที่ลิ้นจึงไม่ได้รับรสฝาดนั้น

ตาราง 2.3 : การเปลี่ยนแปลงของมะม่วงในระหว่างการสุก

ลักษณะ	การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการสุก
การหายใจ	เพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงสุดแล้วลดลง
กลิ่นรส	เพิ่มขึ้น ถ้าสุกมากเกินไปจะลดลง
สีเปลือก	เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง
สีเนื้อ	เปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีเหลืองเข้มหรือส้ม
แคโรทีนอยด์	เพิ่มขึ้นโดยขึ้นกับอุณหภูมิ
เบต้าแคโรทีน	เพิ่มขึ้น
ความแน่นเนื้อ	ลดลง
ของแข็งทั้งหมด	คงที่
ของแข็งที่ไม่ละลายทั้งหมด	ลดลง
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	เพิ่มขึ้น
ปริมาณกรดทั้งหมด	ลดลง
ความเป็นกรด-ด่าง	เพิ่มขึ้น
ปริมาณแป้ง	ลดลง
น้ำตาลทั้งหมด	เพิ่มขึ้น หรือเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดแล้วลดลง

ตาราง 2.3 (ต่อ)

กลูโคสและฟรุคโตส	เพิ่มขึ้น แต่พบว่ามะม่วงสายพันธุ์ <i>Totapuri</i> มีค่าคงที่หรือเพิ่มขึ้น จากนั้นจึงลดลง
ซูโครส	เพิ่มขึ้นหรือเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดแล้วลดลง
กรดแทนนิก	เพิ่มขึ้นในมะม่วงสายพันธุ์ <i>Haden, Irwin, Zill</i> และ <i>Kent</i> ลดลงในมะม่วงสายพันธุ์ <i>Kiett</i> และ <i>Sensation</i>

ที่มา : Jethro et.al., 1988

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสุก

กระบวนการสุกจะถูกกระตุ้นด้วยแก๊ซเอทิลีน (Ethylene gas) ซึ่งพบว่าผลไม้สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ แต่จะเกิดได้น้อยเมื่อผลที่แก่ยังดิบอยู่และจะสะสมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในเนื้อเยื่อของผลและเหนี่ยวนำให้เกิดกระบวนการสุกขึ้นเป็นลำดับต่อมา นอกจากนี้ยังพบว่าผลไม้ดิบที่แก่จัดสามารถกระตุ้นให้สุกเร็วขึ้นโดยใช้แก๊ซเอทิลีนจากภายนอก โดยผลไม้ที่แก่จะตอบสนองต่อแก๊ซเอทิลีนจากภายนอกได้เร็วกว่าผลอ่อนและยังต้องการแก๊ซเอทิลีนที่ความเข้มข้นต่ำด้วย

สารที่เป็นตัวกำเนิดแก๊ซเอทิลีนหรือแก๊ซอะเซทิลีนที่นิยมใช้กันมากคือ ถ่านแก๊ซ (Calcium carbide; CaC_2) มีลักษณะเป็นก้อนแข็งคล้ายถ่านหินสีเทา มีกลิ่นฉุนแรง เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำหรือความชื้นจะเกิดแก๊ซอะเซทิลีน (Acetylene gas; C_2H_2) ซึ่งมีผลต่อผลไม้เช่นเดียวกับแก๊ซเอทิลีนแต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า ดังนั้นการใช้แก๊ซอะเซทิลีนเร่งการสุกในผลไม้จึงต้องใช้ความเข้มข้นค่อนข้างสูงซึ่งมีผลกระทบทำให้มีกลิ่นของถ่านแก๊ซติดในเนื้อผลไม้ด้วยการบ่มผลไม้โดยทั่วไปใช้ถ่านแก๊ซ 10 กรัมต่อผลไม้ 3-5 กิโลกรัม โดยควบคุมความชื้นให้อยู่ระหว่างร้อยละ 90-95

ระดับอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำมีผลต่อกระบวนการสุกของผลไม้ เนื่องจากเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องจะมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 30-40 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมีผลต่อกระบวนการสุกของผลไม้ด้วย โดยแก๊ซออกซิเจนที่ความเข้มข้นของต่ำๆ จะช่วยลดการสร้างแก๊ซเอทิลีนให้น้อยลง ในขณะที่แก๊ซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูงจะไปยับยั้งหรือขัดขวางการทำงานของแก๊ซเอทิลีน (จริงแท้, 2541)

การผลิตน้ำผลไม้

น้ำผลไม้หมายถึงน้ำผลไม้ที่อยู่ในลักษณะพร้อมที่จะใช้บริโภคได้โดยตรง ทำจากน้ำผลไม้ที่สด สะอาด และสุก โดยกรรมวิธีเชิงกล น้ำผลไม้นี้อาจทำจากน้ำผลไม้ที่ถูกทำให้เข้มข้นโดยผ่านกรรมวิธีระเหยน้ำออกจนเข้มข้นแล้วนำมาเจือจางภายหลังด้วยประสงค์จะรักษาคุณภาพและองค์ประกอบที่สำคัญไว้ น้ำผลไม้ที่อยู่ในภาชนะบรรจุต้องผ่านกรรมวิธีการเก็บถนอมอาหารลักษณะของน้ำผลไม้อาจเป็นได้ทั้งใสและขุ่น (ปราณี, 2541)

ผลไม้บางประเภทมีน้ำอยู่น้อยมีรสชาติค่อนข้างเปรี้ยวจัดหรือหวานจัดตลอดจนมีกลิ่นแรง การนำผลไม้เหล่านี้มาผลิตเป็นน้ำผลไม้แท้หรือน้ำผลไม้เข้มข้นย่อมประสบปัญหาในด้านกลิ่นรสซึ่งอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงมักมีการดัดแปลงน้ำผลไม้เหล่านี้เพื่อให้มีกลิ่นรสเหมาะสมต่อการบริโภคโดยเติมน้ำ น้ำตาล หรือกรดอินทรีย์ที่บริโภคได้และอาจเจือสีอาหารเพื่อดัดแปลงเป็นเครื่องดื่ม เรียกว่าเครื่องดื่มน้ำผลไม้กึ่งแท้หรือเครื่องดื่มดัดแปลงน้ำผลไม้ เครื่องดื่มดังกล่าวนี้มักจะผลิตมาจากผลไม้ชนิดต่างๆ เช่น มะม่วง แอปริคอต แครนเบอร์รี่ ขนุน มะละกอ และส้ม (ไพโรจน์, 2535 ข.)

น้ำมะม่วง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องน้ำมะม่วงปรุงในภาชนะบรรจุ หรือ มอก.519-2527 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2527) กล่าวว่า น้ำมะม่วงปรุงหมายถึงน้ำผลไม้ที่อยู่ในลักษณะพร้อมที่จะใช้บริโภคได้โดยตรง ทำจากส่วนที่บริโภคได้ของมะม่วงแก่ที่สุกและสด พันธุ์ *Mangifera indica*. L หรือพันธุ์อื่นๆ ที่เหมาะสม หรือทำจากน้ำมะม่วงหรือน้ำมะม่วงเข้มข้นผสมกับน้ำ น้ำตาล หรือน้ำผึ้ง อาจเติมกรดได้แต่ต้องไม่เติมวัตถุกันเสีย

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้

โดยทั่วไปประกอบด้วยสามขั้นตอนหลัก คือ การสกัดน้ำผลไม้ การปรับปรุงคุณภาพ และการให้ความร้อนเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

การสกัดน้ำผลไม้

การสกัดของเหลวจากผลไม้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกของเหลวหรือน้ำผลไม้ และสารอาหารที่ละลายได้ในน้ำผลไม้ เช่น น้ำตาล กรด เกลลิ่งแร่ วิตามินต่างๆ รวมทั้งสารให้กลิ่น และ สารให้สีหรือรงควัตถุต่างๆ นอกจากนี้ยังมีสารประเภทเส้นใยสั้นที่แขวนลอยในน้ำผลไม้ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย สารประเภทนี้ได้แก่ เพคติน เซลลูโลส ในน้ำผลไม้ที่สกัดได้สดๆ ยังมีเอนไซม์ที่แขวนลอยอยู่หลายชนิด ตัวอย่างเอนไซม์ที่พบทั่วไปในน้ำผลไม้ได้แก่เอนไซม์เพคตินเนส เซลลูเลส โพลีฟีนอลออกซิเดส แอสคอร์บิกออกซิเดส เปอร้ออกซิเดส รวมทั้งเอนไซม์กลุ่มป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant enzymes) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจน ซึ่งมีรายงานว่าเอนไซม์กลุ่มดังกล่าวจะไปช่วยเสริมประสิทธิภาพการทำงานของระบบเอนไซม์ภายในร่างกายให้สมบูรณ์และเกิดความสมดุลยิ่งขึ้น ดังนั้นการบริโภคน้ำผลไม้สดจึงทำให้ได้รับคุณค่าทางอาหารมากที่สุด ด้วยเหตุนี้ขั้นตอนการสกัดน้ำผลไม้เพื่อให้ได้น้ำผลไม้ที่มีคุณภาพดีจึงต้องเลือกวิธีที่ได้น้ำผลไม้ในปริมาณมากพร้อมกับมีองค์ประกอบของสารประกอบต่างๆครบถ้วนเหมือนน้ำผลไม้สด (ปราณี, 2541) โดยทั่วไปการสกัดน้ำผลไม้ทำได้สองวิธี คือ

การสกัดโดยวิธีเชิงกล (Mechanical extraction)

หมายถึงการใช้แรงไปทำให้เซลล์ของผลไม้ฉีกขาดหรือแยกออกจากกัน ส่งผลให้ส่วนของน้ำผลไม้ไหลซึมออกมาพร้อมกับสารอาหาร สารให้กลิ่นรส และสารให้สี วิธีดังกล่าวได้แก่ การบีบ การหีบ การอัด การตัด การตีป่น การสับ หรืออาจใช้วิธีสับและบีบอัดร่วมกัน การสกัดน้ำผลไม้วิธีนี้เหมาะกับผลไม้ที่มีปริมาณน้ำมาก เซลล์ผลไม้มิมีขนาดใหญ่หรือมีเส้นใยยาวมีสารที่ละลายได้ในของเหลวที่ไม่อยู่ในลักษณะคอลลอยด์ ตัวอย่างผลไม้ประเภทนี้ได้แก่ ฝรั่ง แดงโม ส้ม องุ่น สับปะรด และอ้อย ลักษณะภายนอกของผลไม้นี้จะเต่ง เมื่อกดหรือบีบจะพบว่ามีความต้านจากภายในเนื่องจากมีน้ำอยู่มาก

การสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ (Biological extraction)

หมายถึงการใช้สารชีวภาพคือเอนไซม์ไปย่อยสลายเซลล์เนื้อผลไม้ให้โมเลกุลมีขนาดเล็กและปล่อยของเหลวหรือน้ำผลไม้ออกมาโดยไม่ต้องใช้แรงกดเนื้อเยื่อ การสกัดน้ำผลไม้โดยวิธีนี้เหมาะกับผลไม้ที่มีปริมาณน้ำน้อยและเซลล์เนื้อผลไม้มีขนาดเล็กหรือเส้นใยที่มีลักษณะสั้น

มีสารที่ละลายได้ในลักษณะคอลลอยด์ ผลไม้เหล่านี้เมื่อนำมาตีปั่นจะได้น้ำผลไม้ที่มีลักษณะขุ่น มีปริมาณเนื้อมากแต่ปริมาณน้ำน้อย เรียกว่าผลไม้เนื้อขุ่น (Pulpy fruit) ได้แก่ มะม่วง กัลยทุเรียน น้อยหน่า ขนุน เป็นต้น ผลไม้ดังกล่าวนี้ลักษณะเนื้อจะเหนียวนุ่ม ไม่เต่งและมักเป็นผลไม้ที่มีรสชาติหวาน กลิ่นรสหอมแรง มีปริมาณสารอาหารที่ละลายได้สูงและยังให้พลังงานต่อกรัมสูงกว่าผลไม้ประเภทแรก การสกัดน้ำผลไม้จากผลไม้เนื้อขุ่นมักใช้วิธีเติมเอนไซม์ลงไปเนื้อผลไม้ก่อนจึงผ่านการบด ต้ม หรือคั้น ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน หรืออาจใช้วิธีเชิงกลโดยเติมน้ำลงไปโดยตรงแล้วให้แรงตีปั่นให้เนื้อผลไม้แตกตัวเป็นอนุภาคเล็กกลึงซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สะดวกและประหยัด

การปรับปรุงคุณภาพ

การปรับปรุงคุณภาพหมายถึงการทำให้ น้ำผลไม้ที่สกัดได้มีลักษณะคุณภาพตามความต้องการสำหรับประเภทของน้ำผลไม้ต่างๆ ได้แก่ น้ำผลไม้แบบใส น้ำผลไม้แบบขุ่น และน้ำผลไม้ปรุงรสชาติ

การทำน้ำผลไม้ชนิดใส

น้ำผลไม้ที่สกัดได้จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นกากตะกอนรวมอยู่ด้วย เมื่อตั้งทิ้งไว้จะเกิดการตกตะกอนและแยกชั้น อาจไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำผลไม้เหล่านี้โดยการทำให้ใสด้วยวิธีการกรองผ่านเมมเบรนขนาดต่างๆ หรืออาจใช้สารช่วยกรอง (Filter aid) เช่น สารกลุ่ม Diatomaceous earth จัดเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมในการทำน้ำผลไม้ใสโดยใช้ร่วมกับเครื่องกรองสุญญากาศ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เอนไซม์ไปย่อยสลายทำให้น้ำผลไม้ใสขึ้นได้ด้วย น้ำผลไม้ในกลุ่มนี้ได้แก่ น้ำองุ่น น้ำแอปเปิ้ล

การทำน้ำผลไม้ชนิดขุ่น

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความนิยมในน้ำผลไม้ชนิดขุ่นเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากน้ำผลไม้ชนิดขุ่นอุดมด้วยเส้นใยอาหารจากเนื้อผลไม้ น้ำผลไม้ชนิดขุ่นที่นิยมบริโภคกันทั่วไป ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับปะรด น้ำฝรั่ง และน้ำมะม่วง น้ำผลไม้ดังกล่าวนี้ผู้บริโภคต้องการให้มีความรู้สึกว่าได้บริโภคเนื้อผลไม้ด้วยแต่เนื้อผลไม้ที่เป็นสาเหตุของความขุ่นดังกล่าวจะไม่เสถียร กล่าวคือถ้าไม่มีกระบวนการ

การรักษาความคงตัวของความชุ่มชื้น อนุภาคของความชุ่มชื้นจะเกิดการแยกชั้นและตกตะกอนทำให้น้ำผลไม้สูญเสียลักษณะปรากฏที่ดีและผู้บริโภคไม่ยอมรับ ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพจึงมีเป้าหมายเพื่อทำให้เกิดความคงตัวของกากตะกอน (Cloud stability) ด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

การเติมสารเสริมความคงตัว (Stabilizer)

การรักษาความชุ่มชื้นในน้ำผลไม้โดยเติมสารเสริมความคงตัว เป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมเนื่องจากใช้ต้นทุนต่ำ สารเสริมความคงตัวที่นิยมใช้มากคือเพคตินที่สกัดจากผลไม้จำพวกส้มและแอปเปิ้ล กลูโคแมนแนนจากหัวบุก นอกจากนี้ยังมีการเติมสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ กัมชนิดต่างๆ ทั้งในรูปสารธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์

Mollov and Maltchev (1996) ได้ศึกษาการรักษาความชุ่มชื้นในน้ำผลไม้ชนิดเนคต้าโดยใช้เพคตินที่สกัดจากแอปเปิ้ล เพคตินที่ใช้มีค่า Degree of esterification อยู่ระหว่างร้อยละ 45-75 โดยนำมาเติมในเนคต้าในปริมาณ 0.5-5 กรัมต่อลิตร จากนั้นสังเกตอัตราส่วนของเนื้อผลไม้และส่วนใสที่เกิดขึ้นรวมทั้งการกระจายของขนาดอนุภาคและความคงตัวของความชุ่มชื้น พบว่าการเติมเพคตินช่วยปรับปรุงความคงตัวด้านความชุ่มชื้นได้แต่ไม่สามารถป้องกันการแยกชั้นของเนคต้าได้

ไฮโดรคอลลอยด์กึ่งสังเคราะห์ เป็นกลุ่มอนุพันธ์ของสารประกอบที่ได้จากธรรมชาติและได้มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ อนุพันธ์ของเซลลูโลสที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมที่หมู่ไฮดรอกซิลด้วยหมู่เมทิลได้เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสอีเธอร์ชนิดต่างๆ ความยาวของสายเซลลูโลสอีเธอร์ยังคงเท่ากับเซลลูโลส แต่สมบัติในการดูดน้ำ การก่อกวน และการเพิ่มความหนืดจะเปลี่ยนไป

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose) เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสอีเธอร์ที่อยู่ในรูปเกลือโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ซึ่งอาจเรียกว่า เซลลูโลสกัม (Cellulose gum หรือ CMC) เป็นโพลิเมอร์ชนิดประจุลบที่ละลายได้ในน้ำ การเตรียม CMC ทำโดยใช้เซลลูโลสบริสุทธิ์มาทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อให้เส้นใยเซลลูโลสฟองตัวออกได้เป็นสารละลายเซลลูโลสในต่างแล้วทำปฏิกิริยาต่อกับโซเดียมโมโนคลอไรด์ได้เป็นโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสดังสมการ



สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาการแทนที่ดังกล่าวจะทำให้ได้ CMC หลายชนิด ซึ่งสมบัติของ CMC แต่ละชนิดนี้จะผันแปรไปตามปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความสม่ำเสมอของการแทนที่ (Uniformity of substitution) ระดับของการแทนที่ (Degree of substitution) และ Degree of polymerization (DP) นอกจากนี้สมบัติของ CMC แต่ละชนิดยังขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ความสามารถในการดูดน้ำ และความหนืดของสารละลายอีกด้วย

Degree of substitution หรือ DS คือจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลบนโมเลกุลของ Anhydroglucose ซึ่งจะถูกแทนที่ด้วยหมู่คาร์บอกซีเมทิล โดยทางทฤษฎีโมเลกุลของ Anhydroglucose จะมีหมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ ดังนั้นจึงควรมีค่า DS เท่ากับ 3 แต่ในทางปฏิบัติจริง การแทนที่ที่จะทำให้ได้ค่า DS น้อยกว่า 3 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.4-1.2 เท่านั้น พบว่า CMC ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจะมีค่า DS ประมาณ 0.9 ทำให้มีคุณสมบัติละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความหนืดของสารละลาย CMC จะขึ้นกับ Degree of polymerization พบว่าถ้ามีค่า DP สูงจะทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดสูง นอกจากนี้ความหนืดยังผันแปรตามชนิดของ CMC เช่น สารละลาย CMC ความเข้มข้นร้อยละ 2 อาจให้ความข้นหนืดได้ตั้งแต่ 10-50,000 เซนติพอยซ์ สารละลายที่ได้แสดงลักษณะ Pseudoplastic พบว่า CMC ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดต่ำและมีลักษณะ Pseudoplastic น้อยกว่าสารละลาย CMC ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยทั่วไปสารละลาย CMC จะมีความคงตัวในสภาพความเป็นกรด-ด่างในช่วงกว้าง 4-10 แต่จะให้ความหนืดสูงสุดและมีความคงตัวดีที่สุดที่ความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 7 - 9 ความหนืดของสารละลาย CMC จะลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงหรืออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 3 อาจทำให้ CMC ที่อยู่ในรูปกรดอิสระตกตะกอน ในทางตรงข้าม ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 10 จะทำให้สารละลายมีความหนืดลดลงเล็กน้อย

ได้มีการใช้ CMC เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น เติมน้ำในไอศกรีม เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการอุ้มน้ำทำให้ไอศกรีมอ่อนนุ่มและป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่

นอกจากนี้ยังใช้เติมในอาหารพลังงานต่ำ (Low calorie food) โดยทำหน้าที่เป็น Bulking agent การเติม CMC เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสารไฮโดรคอลลอยด์อื่นๆช่วยเพิ่มความหนืดในเครื่องดื่มทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดี (นิธิยา, 2539)

การใช้กระบวนการ Homogenization

มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้อนุภาคของภาคตะกอนมีขนาดเล็กลงและเกิดการแขวนลอยได้ดี จึงไม่เกิดการตกตะกอนหรือแยกชั้น ปัจจุบันเครื่อง Homogenizer ที่สำคัญมี 4 ชนิด (วิไล, 2543) ได้แก่

- เครื่องผสมความเร็วสูง (High speed mixer)
- เครื่อง Homogenizer แบบใช้ความดันสูง (Pressure homogenizer)
- เครื่อง Homogenizer แบบใช้คลื่นความถี่สูง (Ultrasonic homogenizer)
- เครื่อง Colloid mill

Roy et.al. (1997) ได้ทำการศึกษาลักษณะของกระบวนการ Homogenization ที่มีต่อคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ความหนืด และคุณภาพในระหว่างการเก็บของเครื่องดื่ม น้ามะม่วงชนิดสควอส เนคต้า และชนิดพร้อมดื่ม ซึ่งทำจากเนื้อมะม่วงสุกสายพันธุ์ Dasehari โดยเนื้อมะม่วงจะถูก Homogenize ที่ความดัน 2000-4000 psig พบว่าการ Homogenize เนื้อมะม่วงที่ความดัน 4000 psig เพื่อเตรียมเป็นน้ามะม่วงจะได้รับการยอมรับมากที่สุด

การใช้ความร้อนเพื่อยับยั้งเอนไซม์

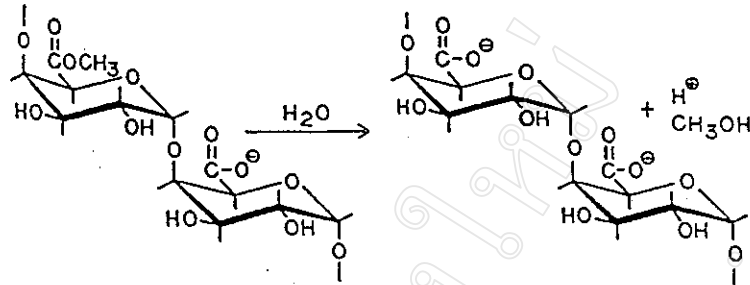
พบว่าสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียลักษณะความชุ่มชื้นในน้ำผลไม้คือเอนไซม์เพคตินเอสเตอเรส (Pectinesterase หรือ PE) ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจะเร่งปฏิกิริยาการดึงหมู่เมทิล ($-CH_3$) ทำให้เกิดหมู่คาร์บอกซิลอิสระ ($-COOH$) ในโมเลกุลของเพคตินมากขึ้นได้เป็นกรดเพคติก (Pectic acid) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับไอออนบวกชนิดไดวาเลนต์ (Divalent cation) ได้ดี โดยเฉพาะแคลเซียมไอออนทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมเพคเตตที่ไม่ละลายน้ำและตกตะกอน ทำให้คุณสมบัติด้านความชุ่มชื้นสูญเสียไป ดังนั้นการป้องกันหรือยับยั้งเอนไซม์ดังกล่าวนี้จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาความชุ่มชื้นของน้ำผลไม้ไว้ได้ (ประพันธ์, 2538)

อย่างไรก็ตามความร้อนจะทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นรสตามธรรมชาติของน้ำผลไม้รวมทั้งสารอาหารที่เป็นประโยชน์ด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว

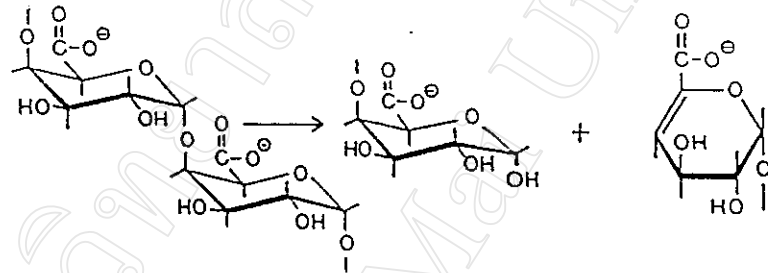
มณฑาทิพย์และคณะ (2541) ทดลองทำน้ำมะม่วงจากมะม่วงสายพันธุ์ผสม 3 สายพันธุ์ คือ *Palmer x Kaew Keitt x Kaew* และ *Tommy Atkins* โดยเตรียมจากเนื้อมะม่วงร้อยละ 22 ปริมาณกรดร้อยละ 0.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 14 องศาบริกซ์ ผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรดต่าง 3.11, 2.99 และ 3.15 ตามลำดับ เมื่อบรรจุพร้อมแล้วจึงทำการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิระดับนี้สามารถทำให้ปลอดภัยเชิงการค้าได้และยังสามารถทำลายเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสที่หลงเหลืออยู่ได้ด้วย

การใช้เอนไซม์เพื่อย่อยสลายโครงสร้างของเพคติน

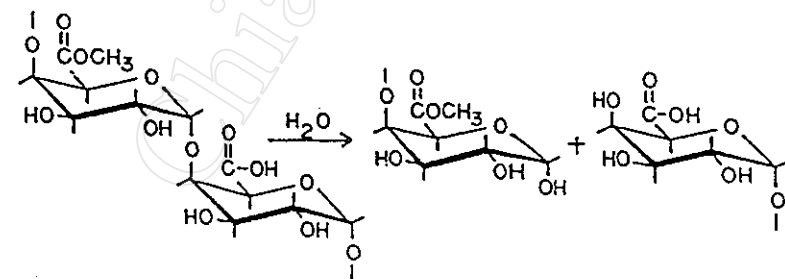
การใช้เอนไซม์เพคตินเนส (Pectinase) จำเป็นต้องทราบถึงกลไกการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านความขุ่นในน้ำผลไม้ ซึ่งได้แก่กลุ่มเอนไซม์เพคตินเนสทั้ง 3 ชนิด คือ เพคตินเอสเทอเรส (Pectinesterase หรือ PE) เพคตินไลเอส (Pectin lyase หรือ PL) และ โพลีกาแลคทีวโรเนส (Polygalacturonase หรือ PG) โดยที่เอนไซม์ PE จะเร่งปฏิกิริยาการดึงหมู่เมธิลออกจากโมเลกุลเพคติน ทำให้เกิดเป็นกรดเพคติกขึ้น ส่วนเอนไซม์ PL จะเร่งปฏิกิริยาการตัดพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond) ในโมเลกุลของเพคตินทำให้กลายเป็นเพคตินสายสั้นๆที่ละลายน้ำได้ (Soluble short chain pectin) และเอนไซม์ PG จะเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิกในโมเลกุลของกรดเพคติกได้เป็นกรดเพคติกสายสั้นๆที่ละลายน้ำ (Soluble short chain pectic acid) และกรดโอลิโกกาแลคทีวโรนิก (Oligogalacturonic) ดังภาพ 2.4



ปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคตินเอสเทอร์เรส หรือเพคตินเมทิลเอสเทอร์เรส



ปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคตินไลเอส



ปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีกาแลคทีวโรเนส

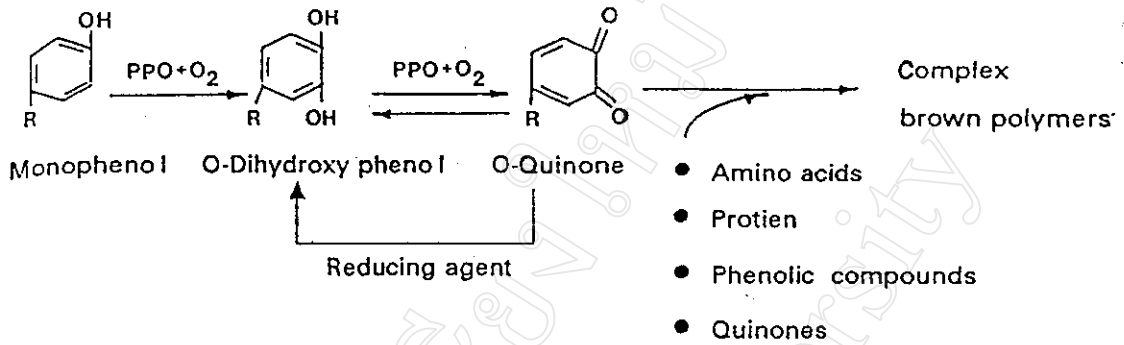
ภาพ 2.4 : ปฏิกิริยาการย่อยสลายโมเลกุลเพคตินโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ
ที่มา : Fennema, 1996

Baker and Bruemmer (1972) ได้ทดลองใช้เอนไซม์ Klerzyme ซึ่งเป็นเอนไซม์เพคตินเอสทางการค้าเพื่อรักษาความชุ่มชื้นในน้ำส้ม โดยใช้ความเข้มข้นระหว่าง 50-500 ppm พบว่าน้ำส้มมีการสูญเสียลักษณะความชุ่มชื้นอย่างช้าๆ ในช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาแต่เป็นการสูญเสียความชุ่มชื้นเพียงชั่วคราว หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ความชุ่มชื้นในน้ำส้มจะก่อตัวขึ้นอีกครั้งจนมีระดับเท่ากับน้ำส้มเริ่มต้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความชุ่มชื้นในน้ำส้มนี้เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ Klerzyme นั้นเอง นอกจากนี้ยังพบว่าเอนไซม์เพคตินเอสที่มีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวของความชุ่มชื้นในน้ำส้มได้ดีจะต้องมีแอกติวิตีของเอนไซม์ PG สูง ในทางตรงข้ามต้องมีแอกติวิตีของเอนไซม์ PE ต่ำ อย่างไรก็ตามวิธีการใช้เอนไซม์ทางการค้าเพื่อรักษาความชุ่มชื้นในน้ำผลไม้ดังกล่าวแม้จะให้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่มีข้อด้อยคือมีต้นทุนในการผลิตสูง

การรักษาความคงตัวด้านความชุ่มชื้นของน้ำผลไม้ อาจเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งตามความเหมาะสม หรืออาจใช้หลายวิธีดังกล่าวข้างต้นรวมกันก็ได้

การป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction)

ปัญหาที่เกิดกับน้ำผลไม้ส่วนใหญ่คือการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการในน้ำผลไม้ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์เป็นการเปลี่ยนสีที่เป็นผลมาจากการเติมหมู่ไฮดรอกซิลในสารประกอบจำพวกโมโนฟีนอล (Monophenol) ที่มีในผักและผลไม้แล้วส่งผลให้เกิดเป็นสารอโธไดฟีนอล (O-diphenols) ในสภาวะที่มีออกซิเจนและมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase หรือ PPO) เป็นตัวเร่ง จะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็นอโธควิโนน (O-quinones) สารควิโนนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงและทำปฏิกิริยาต่อไปกับสารประกอบฟีนอล กรดอะมิโนและสารอื่นๆโดยไม่ใช้เอนไซม์แล้วเกิดเป็นสารสีน้ำตาลที่มีโครงสร้างซับซ้อน กล่าวได้ว่าเอนไซม์ PPO เป็นสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนสีในน้ำผลไม้ (ประสาร, 2538)



ภาพ 2.5 : ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส
ที่มา : ประสาร, 2538

เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase หรือ PPO)

อาจเรียกว่า ไทโรซิเนส (Tyrosinase) ออโท-ไดฟินีลออกซิเดส (O-diphenyloxidase) หรือ แคทีคอลออกซิเดส (Catechol oxidase) สารประกอบฟีนอลที่ถูกออกซิไดซ์ได้ด้วยเอนไซม์ PPO ได้แก่ แคทีชิน (Catechin) เอสเทอร์ของกรดซินนามิก (Cinnamic acid ester) 3,4-ไฮดรอกซีฟีนิลอะลานีน (3,4-hydroxyphenylalanine หรือ DOPA) และไทโรซีน ช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ PPO อยู่ระหว่าง 5-7 เป็นเอนไซม์ที่ไม่คงตัว ถูกทำลายได้ด้วยความร้อนและถูกยับยั้งได้ด้วยกรดแฮไลด์ (Halides) กรดฟีนอลิกซัลไฟต์ Chelating agents และ Reducing agents เช่น กรดแอสคอร์บิกและซิสเตอีน (Cysteine) เป็นต้น เราสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ PPO ได้หลายวิธีได้แก่

การใช้ความร้อนเพื่อยับยั้งเอนไซม์ PPO

พบว่าเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 75 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 16 และ 25.5 นาทีตามลำดับ ทำให้ Enzyme activity ของเอนไซม์ PPO ในมะม่วงลดลงประมาณร้อยละ 50 (Jethro et.al.,1988) ในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่มมักมีการใช้ความร้อนเพื่อพาสเจอร์ไรซ์อยู่แล้วซึ่งระดับความร้อндังกล่าวเพียงพอในการยับยั้งเอนไซม์

การใช้สารเคมีเพื่อยับยั้งเอนไซม์ PPO

พบว่าการเติมสารกลุ่มซัลไฟด์เป็นอีกวิธีหนึ่งในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล แต่อาจส่งผลทำให้ผู้บริโภคเกิดอาการแพ้ได้ จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมอย่างเข้มงวด สารเคมีอื่นๆที่สามารถนำมาใช้แทนซัลไฟด์ได้แก่ กรดซิงนามิค และกรดเบนโซอิก

การใช้สารที่ก่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน (Complex agent) ต่ออนุมูลโลหะ

การกำจัดอนุมูลโลหะโดยเฉพาะทองแดงซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์จะสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ สารที่ใช้จับโลหะ (Chelating agents) ที่ใช้กันมากได้แก่ เอธิลีนไดเอมีน เตตระอะซีติกแอซิด (Ethylene diamine tetraacetic acid หรือ EDTA) นอกจากนี้ยังอาจใช้กรดซิตริกซึ่งสามารถจับโลหะได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งคุณสมบัติที่เป็นกรดยังช่วยยับยั้งเอนไซม์ PPO เนื่องจากเอนไซม์มีช่วงความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5-7

การเติมสารรีดิวซ์ (Reducing agents)

กรดแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีจึงสามารถรีดิวซ์สารควิโนนที่เกิดจากปฏิกิริยาของสารโพลีฟีนอลโดยเอนไซม์ PPO ให้กลับมามีอยู่ในรูปฟีนอลตามเดิมก่อนที่สารควิโนนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อไปจนกลายเป็นสารสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามถ้ากรดแอสคอร์บิกถูกออกซิไดซ์จนกลายเป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก (Dehydroascorbic acid หรือ DHAA) จนหมดสารควิโนนจะสะสมมากขึ้นและเกิดสีน้ำตาลได้ นอกจากนี้ DHAA ยังเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์หรือ Maillard reaction ได้ โดยทั่วไปการใช้กรดแอสคอร์บิกเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจึงมักใช้ที่ความเข้มข้นสูง

การกำจัดออกซิเจน

เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์จะเกิดขึ้นได้ต้องมีออกซิเจน ดังนั้นการยับยั้งไม่ให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวทำได้โดยโดยทำให้เกิดภาวะสุญญากาศขึ้นในภาชนะบรรจุ น้ำผลไม้

อย่างไรก็ตามการควบคุมและป้องกันไม่ให้เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในน้ำผลไม้ นั้นกระทำได้อย่าง ได้มีความพยายามลดและป้องกันปัญหาดังกล่าวโดยใช้วิธีการหลายอย่างร่วมกัน ดังได้มีผู้ศึกษาไว้ดังนี้

Askar et.al. (1993) ทดลองทำน้ำมะม่วงบรรจุในกระป๋องดีบุก 3 แบบคือ Plain soldered, Lacquered soldered และ Plain welded body with lacquered end พบว่าควรใช้กระป๋องชนิด Plain welded body with lacquered end นอกจากนี้พบว่า การไล่อากาศและการบรรจุร้อนเป็นขั้นตอนสำคัญในการลดปริมาณออกซิเจนในผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการเติม Ascorbic acid ในเนื้อมะม่วงเริ่มต้นก่อนนำมาผลิตด้วย จากการสร้างกราฟตามมิติระหว่างปริมาณโลหะปริมาณวิตามินซีที่เหลืออยู่ และค่าสีน้ำตาล ร่วมกับอุณหภูมิและเวลาการเก็บพบว่า การเก็บที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยรักษากลิ่นรสและสีของผลิตภัณฑ์ การสูญเสียวิตามินซีจะช่วยป้องกันการ uptake ของโลหะหนัก การเก็บน้ำมะม่วงที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ปีไม่ทำให้ปริมาณตะกั่ว ดีบุก และ เหล็กแพร่ออกมาสูงเกินปริมาณที่กำหนด โดยตรวจพบที่ระดับ 20.3, 150.0 และ 15.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ

Askar et.al. (1994) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของสีของเนคต้ามะม่วงได้แก่ เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส โดยศึกษาคุณสมบัติด้านความคงตัวต่อความร้อนและความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่กับการเปลี่ยนสี วิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนสีที่สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว ได้จากการคำนวณโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่าง Total crude carotenoids และ Browning substances ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจะถูกยับยั้งตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นของการเตรียมเนื้อมะม่วงและจากการใช้เอนไซม์ ได้แก่ Glucose oxidase, Catalase system และ Laccase พบว่าทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในตัวอย่างลดลง อย่างไรก็ตามได้มีการแนะนำให้เติม Ascorbic acid ในปริมาณ 100-400 ppm ในน้ำมะม่วงระหว่างขั้นตอนการผลิตด้วย มีรายงานว่าอายุการเก็บสูงสุดของเนคต้ามะม่วงคือประมาณ 6 เดือน

Yuan et.al. (1996) รายงานว่าเมื่อนำน้ำมะม่วงไปผ่านกระบวนการไล่อากาศ จะทำให้การละลายของออกซิเจนในน้ำมะม่วงลดลงจาก 6.5 ppm เหลือเพียง 0.8 ppm สภาพที่เกิดขึ้นนี้จะช่วยลดการสูญเสียปริมาณวิตามินซีจากการให้ความร้อน เมื่อให้ความร้อนในระดับปลอดภัย

เชิงการค้า ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที 80 องศาเซลเซียส เวลา 50 วินาที 85 องศาเซลเซียส เวลา 40 วินาที และ 90 องศาเซลเซียส เวลา 30 วินาที โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนในน้ำมะม่วงที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการไล่อากาศ พบว่าหลังการให้ความร้อนระดับเดียวกัน ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำมะม่วงจะลดลงเหลือ 1.0 - 1.3 ppm

การปรับปรุงคุณภาพด้านรสชาติ

น้ำผลไม้กึ่งแห้งที่ผลิตเพื่อจำหน่ายตามกฎหมายอนุญาตให้มีการแต่งเติมรสชาติได้ ทั้งนี้เนื่องจากปัญหาของการผลิตซึ่งพบว่าบางครั้งการควบคุมกระบวนการผลิตอาจกระทำไม่ได้ไม่สมบูรณ์ เช่น การคัดเลือกวัตถุดิบไม่สามารถควบคุมให้ได้คุณภาพของผลไม้ที่เท่าเทียมกันทุกครั้ง ได้จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงด้านรสชาติและองค์ประกอบให้ได้น้ำผลไม้ที่คุณภาพเป็นมาตรฐานเดียวกันซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับ นอกจากนี้ยังเป็นการรักษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาด้วย

การปรับปรุงด้านรสเปรี้ยว

รสเปรี้ยวเป็นรสชาติตามธรรมชาติของน้ำผลไม้ การปรับปรุงด้านรสเปรี้ยวของน้ำผลไม้ อาจเติมด้วยกรดซิตริกซึ่งเป็นกรดส่วนใหญ่ที่มีอยู่แล้วในน้ำผลไม้ การเติมกรดยังช่วยปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้ต่ำลง ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 3.7 จัดเป็นอาหารชนิดที่มีความเป็นกรดสูง (High acid food) จะสามารถใช้ความร้อนต่ำกว่าจุดเดือดในการฆ่าเชื้อได้ (Hoshalli and Carla, 1996) ซึ่งการใช้อุณหภูมิต่ำจะช่วยรักษาคุณภาพของน้ำผลไม้ในด้านต่างๆ เช่น สี กลิ่นรส สารอาหารไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก

การปรับปรุงด้านรสหวาน

รสหวานในน้ำผลไม้ตามธรรมชาติส่วนใหญ่มาจากน้ำตาลอินเวอร์ทได้แก่กลูโคสและฟรุกโตส และส่วนน้อยได้แก่ น้ำตาลซูโครส แต่มักถูกกลบด้วยรสเปรี้ยว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับปรุงความหวานให้เหมาะสมโดยการเติมน้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น ซูโครส น้ำเชื่อมฟรุกโตส นอกจากนี้ยังพบว่าผู้บริโภคในประเทศยุโรปและสหรัฐอเมริกานิยมบริโภคน้ำผลไม้ที่ไม่เติมน้ำตาล (No sugar added or sugar free) หรือเติมสารให้ความหวานชนิดที่ไม่ให้พลังงาน (Giese, 1992)

การเสริมรสชาติในน้ำผลไม้

น้ำผลไม้มีรสชาติหลักคือเปรี้ยวและหวาน การเสริมรสชาติอาจเติมด้วยเกลือเล็กน้อย ปริมาณที่ใช้อยู่ระหว่างร้อยละ 0.05-0.10 ของน้ำผลไม้ พบว่ารสเค็มที่มาจากเกลือแกงจะช่วยให้ รสเปรี้ยวและหวานมีความกลมกล่อมมากขึ้น

การเพิ่มรสชาติอื่น ๆ เพื่อความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์

การพัฒนาสูตรการผลิตเครื่องดื่มน้ำมะม่วงให้มีกลิ่นรสแปลกใหม่และให้คุณค่าทางอาหารต่อร่างกายมากขึ้น ได้มีผู้ศึกษาถึงการเพิ่มส่วนผสมชนิดอื่นในผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วง ดังต่อไปนี้

Hassan and Ahmed (1998) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เนคต้ามะม่วงผสมนมที่ประกอบด้วย เนื่อมะม่วงร้อยละ 30 35 40 และ 45 ผสมกับน้ำนมร้อยละ 15 จากนั้นปรับปริมาณของแข็งที่ ละลายน้ำได้ทั้งหมดให้เป็น 18 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำตาลแล้วนำไปบรรจุขวดแก้วมาเชื้อที่อุณหภูมิ 88-90 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เมื่อทำการทดสอบชิมพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับทุก ตัวอย่างและสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิปกติได้

Chen et.al. (1998) ได้ทดลองเติมน้ำที่สกัดจากใบแป๊ะก๊วย (*Ginkgo biloba*) ลงใน น้ำมะม่วง โดยเตรียมเนื่อมะม่วงดิบ 120 กิโลกรัมผสมกับน้ำที่สกัดจากใบแป๊ะก๊วย 120 กิโลกรัม น้ำตาล 90 กิโลกรัม เพคติน 0.3 กิโลกรัม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.3 กิโลกรัม และเติมน้ำเพื่อ ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 1,000 กิโลกรัม เครื่องดื่มที่ได้วิเคราะห์พบปริมาณ Total flavone 10-15 มิลลิกรัมในเครื่องดื่ม 250 มิลลิลิตร จึงจัดได้ว่าเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

Bannar (1997) รายงานว่าอัตราการเติบโตของตลาดเครื่องดื่มสมุนไพรในสหรัฐอเมริกา เพิ่มขึ้นโดยเครื่องดื่มสมุนไพรที่ได้รับความนิยมมีส่วนผสมของโสม (Ginseng) แป๊ะก๊วย (Ginkgo) Guarana และ Echinacea พบว่าปัญหาของเครื่องดื่มสมุนไพรที่มีวางจำหน่ายใน ท้องตลาดคือมีรสขมและมีกากตะกอนจากสมุนไพร จึงได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการเติมน้ำผลไม้ชนิดต่างๆเพื่อปรับปรุงรสชาติและเติมน้ำสมุนไพรสกัดลงในสูตรแทนเพื่อลดปริมาณ กากตะกอน นอกจากนี้ยังพบปัญหาของโรงงานผลิตในการรักษาความคงตัวของสีเครื่องดื่ม

สมุนไพร รวมทั้งปัญหาด้านความแตกต่างของมาตรฐานการใช้สมุนไพรในเครื่องดื่มของประเทศ กลุ่มยุโรปและสหรัฐอเมริกา

การเติมพืชสมุนไพรลงไปในเนคต้ามะม่วงเพื่อเสริมกลิ่นรสจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ สมุนไพรที่นำมาใช้เพื่อแต่งกลิ่นจะต้องประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ สารกลุ่ม Aldehyde, Ketone และ Ester ซึ่งไม่เป็นพิษเมื่อบริโภค

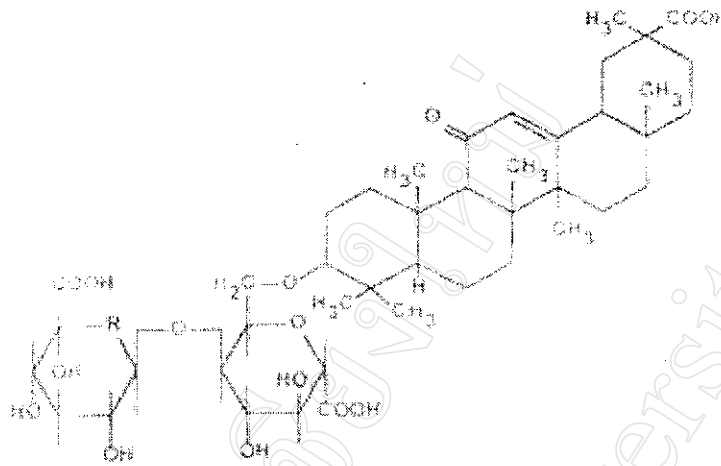
สมุนไพร

สมุนไพรหมายถึงพืชที่ใช้ทำเป็นเครื่องยา บางชนิดยังใช้ประโยชน์ในแง่ที่เป็นอาหารได้ด้วย ในทางตรงข้ามอาจมีโทษถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไปหรือใช้อย่างไม่ถูกวิธี ดังนั้นในการนำสมุนไพรมาใช้จึงควรศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางยา และความเป็นพิษร่วมด้วย

ชะเอม (Licorice หรือ liquorice stick)

เป็นส่วนที่ได้จากลำต้นใต้ดิน (Rhizome) ของพืชพื้นเมืองในแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycyrrhiza glabra* ในพืชชนิดนี้มีสารให้ความหวานคือ Glycyrrhizin เป็นสารพวก Triterpene glycoside โดยปกติจะอยู่ในรูปเกลือแคลเซียม โพตัสเซียม และแมกนีเซียมของกรด Glycyrrhizic ปริมาณที่พบในรากชะเอมมีประมาณร้อยละ 6-14

Glycyrrhizin มีความหวานประมาณ 50-100 เท่าของน้ำตาลซูโครสแต่ไม่ให้พลังงาน จึงเป็นสารให้ความหวานที่น่าจะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มให้มากขึ้น นอกจากนี้ชะเอมยังให้กลิ่นเฉพาะที่สามารถแต่งกลิ่นรสได้อีกด้วย (ไพโรจน์, 2535 ก.) ในทางอุตสาหกรรมมีการสกัด Glycyrrhizin ด้วยแอมโมเนียเหลว ทำให้ได้ Ammoniated glycyrrhizin ซึ่งเป็นสารที่องค์การอาหารและยาสหรัฐอเมริกา (FDA หรือ Food and Drug Administration) ได้รับรองว่ามีความปลอดภัยใน GRAS หรือ General Recommended As Safe จึงมีการใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร (กล้าณรงค์, 2542)



ภาพ 2.6 : โครงสร้างของ Glycyrrhizin

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542

สรรพคุณทางยาของชะเอมพบว่าใช้เป็นยาขับเสมหะ ยาขับปัสสาวะ เพิ่มการไหลเวียนของน้ำดี กระตุ้นการทำงานของระบบย่อยอาหารและการทำงานของตับ มีฤทธิ์ฆ่าพยาธิในลำไส้ ลดอาการอักเสบของข้อต่อและไขข้อ และเป็นยาระบายอย่างอ่อน (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2541)

มินต์ (Mint)

เป็นพืชน้ำมันหอมชนิดหนึ่ง น้ำมันมินต์เมื่อนำไปสกัดจะได้เมนทอล (Menthol) ให้ความรู้สึกเย็นซ่าเมื่อรับประทานหรือสัมผัสผิวหนัง มินต์จัดเป็นพืชในสกุล *Mentha spp.* มินต์ชนิดที่ล้าคัญมี 4 ชนิดดังนี้

- *Mentha piperita* หรือ American peppermint น้ำมันมินต์ชนิดนี้มีกลิ่นรสหอมแรงกว่าน้ำมันมินต์ชนิดอื่น
- *Mentha spicata* น้ำมันมินต์ที่สกัดได้เรียกว่า Common หรือ Native spearmint มีกลิ่นรสนุ่มนวลกว่า peppermint
- *Mentha arvensis* หรือ Japanese mint น้ำมันมินต์ที่สกัดจากพืชชนิดนี้มีเมนทอลอยู่มากกว่ามินต์ชนิดอื่น โดยมากมักใช้ในอุตสาหกรรมมากกว่าในครัวเรือน
- *Mentha cardiaca* เป็นลูกผสมระหว่าง *Mentha arvensis* และ *Mentha spicata* น้ำมันมินต์ที่สกัดได้เรียกว่า Scotch spearmint

น้ำมันหอมระเหยจากมินต์ดังกล่าวนี้ใช้แต่งกลิ่นยาสีฟันและผลิตภัณฑ์เพื่อสุขอนามัยต่างๆ นอกจากนี้ยังใช้ใบสดเพื่อแต่งกลิ่นรสของอาหารหวานและอาหารเรียกน้ำย่อย เช่น ซอสสลัดผัก ขนมหวาน ลูกกวาดและเครื่องดื่ม ช่วยดับกลิ่นปากจากอาหารและให้ความรู้สึกสดชื่น นอกจากนี้ยังลดอาการคลื่นไส้ วิงเวียนศีรษะ บรรเทาอาการแพ้ ช่วยขับลม ลดการคัดจมูก

คาโมมายล์ (Chamomile)

มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Matricaria recutita* หรือคาร์โมมายล์เยอรมัน และ *Chamaemelum nobile* อาจเรียกโรมันคาร์โมมายล์หรือคาร์โมมายล์อังกฤษ เป็นพืชสมุนไพร ที่มีกลิ่นหอม ส่วนที่ใช้ประโยชน์คือดอกซึ่งเป็นดอกขนาดเล็กกลีบดอกสีขาว เกสรตรงกลางสีเหลือง เมื่อนำมาสกัดจะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีองค์ประกอบหลักคือ Azulene

คาโมมายล์มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดแสบปวดร้อน รักษาแผลและบรรเทาอาการอักเสบมีฤทธิ์กดประสาทซึ่งมีผลโดยตรงต่อระบบย่อยอาหารโดยช่วยลดปริมาณกรดในกระเพาะอาหาร นอกจากนี้ยังช่วยแก้อาการวิงเวียนศีรษะ นอนไม่หลับ นอกจากนี้พบว่าชาจากดอกคาโมมายล์เป็นที่นิยมบริโภคเนื่องจากมีกลิ่นหอม (โครงการวิจัยปลูกและรวบรวมพันธุ์พืชสมุนไพร เกษ-มหิดล, 2543)

การให้ความร้อนสำหรับอาหารกระป๋อง

คำว่า Thermal process ในเรื่องของอาหารกระป๋องหมายถึง การให้ความร้อนแก่อาหารที่บรรจุในกระป๋องที่ปิดสนิทเป็นระยะเวลาหนึ่ง ณ อุณหภูมิหนึ่ง ภายใต้ภาวะที่กำหนดให้หนึ่งๆ โดยมีเป้าหมายที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ สามารถเก็บได้นานโดยไม่เน่าเสียหรือเสื่อมสภาพ อย่างไรก็ตามอาหารนั้นจะต้องยังคงไว้ซึ่งคุณภาพที่ผู้บริโภคต้องการ อันได้แก่รสชาติรวมทั้งเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางอาหาร (Holdsworth, 1997; เมธินี, 2543) การให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลด้านต่างๆ ประกอบดังนี้

คุณลักษณะของอาหาร ที่ต้องพิจารณาและตรวจสอบได้แก่

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการตัดสินใจว่าควรใช้กระบวนการให้ความร้อนแบบใดเพื่อจะให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยเชิงการค้า โดยทั่วไปพบว่าอาหารที่มีความเป็นกรดสูงจะใช้เวลาในการฆ่าเชื้อน้อย มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องวิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลชีววิทยา เล่มที่ 1; อาหารกระป๋อง หรือ มอก.335 เล่ม1-2523 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523) ได้แบ่งอาหารออกเป็นกลุ่มดังนี้

อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low acid food) หมายถึงอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.5 เช่น ปลาทูน่าหรือปลาซาร์ดีนบรรจุกระป๋อง อาหารเหล่านี้จะต้องได้รับความร้อนในปริมาณที่เพียงพอที่จะทำลายสปอร์ทั้งหมดของ *Clostridium botulinum* รวมทั้งแบคทีเรียอื่นๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคและเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนทานต่อความร้อน อาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจะสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เน่าเสียในสภาพการเก็บแบบธรรมดา ไม่ต้องแช่เย็น

อาหารที่มีความเป็นกรด (Acid food) หรืออาหารที่มีการปรับสภาพให้มีความเป็นกรดหมายถึงอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 3.7-4.5 เช่น สับปะรด ลิ้นจี่ หรือเงาะบรรจุกระป๋อง อาหารเหล่านี้จะสามารถใช้ปริมาณความร้อนไม่สูงมากนักในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรค

อาหารที่มีความเป็นกรดสูง (High acid food) หมายถึงอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 3.7 เช่น อาหารหมักดองบางชนิด น้ำผลไม้บรรจุกระป๋อง อาหารดังกล่าวนี้สามารถใช้ความร้อนระดับต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำเดือดในการฆ่าเชื้อได้

ค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water activity หรือ a_w)

เป็นตัวเลขที่บ่งชี้ถึงปริมาณน้ำในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถใช้ในการเจริญเติบโตได้

$$a_w = \frac{\text{ความดันไอของน้ำในอาหาร}}{\text{ความดันไอน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน}}$$

ตาราง 2.4 : ค่า a_w อย่างต่ำที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญได้

ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w)	เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้
0.96	<i>E.coli</i>
0.95	<i>Salmonella, Pseudomonas, Proteus</i>
0.94	<i>C.botulinum</i>
0.88	Many yeasts : <i>Candida, Debaryomyces, Hanseniaspora</i>
0.85	<i>Staphylococcus</i>
0.80	Many molds : <i>Aspergillus, Penicillium</i>
0.75	Halophilic bacteria
0.65	Xerophilic fungi
0.60	Osmophilic yeast

ที่มา : Leistner and Rodel, 1976; เมธินี, 2543

อาหารกระป๋องโดยทั่วไปจะมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์มากกว่า 0.98 นั้นแสดงว่าเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดมีโอกาสเจริญได้ ในกรณีที่อาหารนั้นมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำเช่นต่ำกว่า 0.80 โอกาสที่เชื้อจุลินทรีย์เจริญได้มีน้อย ดังนั้นอาจพิจารณาลดเวลาฆ่าเชื้อลง

ความหนืดของอาหาร

มีผลอย่างมากในแง่ของการถ่ายเทความร้อน อาหารที่มีความหนืดสูงจะเคลื่อนที่ได้น้อย การถ่ายเทความร้อนจึงต่ำ ขณะที่อาหารที่มีความข้นหนืดต่ำการเคลื่อนที่เกิดได้ง่ายการถ่ายเทความร้อนจึงเกิดได้ดี อาหารบางชนิดมีความหนืดไม่คงที่ ได้แก่อาหารบางอย่างที่มีสารที่ก่อให้เกิดความข้นหนืดผสม เช่น แป้ง ขณะที่ยังไม่ได้รับความร้อนความข้นหนืดจะต่ำมีการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการพาความร้อนหรือ Convection แต่เมื่อได้รับความร้อนมากขึ้นความข้นหนืดของแป้งจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ลักษณะการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการนำความร้อนหรือ Conduction ดังนั้นการฆ่าเชื้ออาหารประเภทนี้จึงจำเป็นต้องควบคุมปริมาณสารที่ก่อให้เกิดความข้นหนืดที่เติมลงไปด้วย พบว่าอาหารประเภทน้ำผลไม้บรรจุกระป๋องมักมีความหนืดไม่สูงมากนัก ลักษณะการถ่ายเทความร้อนจึงเป็นแบบพาความร้อนซึ่งเกิดได้อย่างรวดเร็ว

ข้อมูลในกระบวนการให้ความร้อนที่สำคัญ ได้แก่

อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ (Initial temperature หรือ IT) หมายถึงอุณหภูมิเฉลี่ยของอาหารกระป๋องที่เย็นที่สุดซึ่งจะต้องวัดก่อนนำอาหารเข้าสู่หม้อฆ่าเชื้อ โดยทั่วไปพบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์สูงทำให้เวลาของการฆ่าเชื้อลดลง แต่ในการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อมักทดลองทำที่อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 40 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นสภาวะที่แย่มากที่สุด (Worst case) ซึ่งเมื่อไว้ในกรณีที่เกิดการล่าช้า อาหารกระป๋องไม่ได้นำเข้าหม้อฆ่าเชื้อในทันทีทำให้อุณหภูมิเริ่มต้นลดลง

ขนาดของภาชนะบรรจุ เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาเช่นกันในการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน โดยทั่วไปกระป๋องขนาดใหญ่จะใช้เวลาฆ่าเชื้อมานานกว่ากระป๋องเล็ก

สูญญากาศ หมายถึงผลต่างของความดันภายในและภายนอกกระป๋องมีหน่วยเป็นนิ้วปรอท การรักษาสภาพสูญญากาศในกระป๋องให้มีค่าสูงๆทำให้การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นได้ดี ในทางตรงข้ามถ้าค่าสูญญากาศน้อยแสดงว่ามีอากาศหลงเหลือในกระป๋อง อากาศจะเป็นฉนวนความร้อนทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้น้อยลง

น้ำหนักรรจุและช่องว่างเหนืออาหารภายในกระป๋อง การบรรจุอาหารในกระป๋องจำเป็นต้องเหลือพื้นที่ว่างเหนือผิวอาหารไว้เพื่อรองรับการขยายตัวของอาหารในระหว่างการให้ความร้อน ดังนั้นจึงต้องกำหนบน้ำหนักรรจุที่เหมาะสม นอกจากนี้ในอาหารที่มีทั้งส่วนที่เป็นน้ำและเนื้อจะต้องกำหนบน้ำหนักในแต่ละส่วนให้ชัดเจน เพราะถ้าอัตราส่วนของทั้งสองส่วนนี้เปลี่ยนไปจะมีผลต่อลักษณะการถ่ายเทความร้อนภายในกระป๋องได้ เช่นถ้าน้ำหนักเนื้อมากขึ้นการถ่ายเทความร้อนอาจเปลี่ยนเป็นแบบการนำความร้อนหรือ Conduction ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในช้าลง

ข้อมูลที่แสดงความต้านทานต่อความร้อน ของเชื้อจุลินทรีย์และองค์ประกอบบางชนิดที่ต้องการทำลายหรือสังวนไว้

ผลของความร้อนที่มีต่อเชื้อจุลินทรีย์

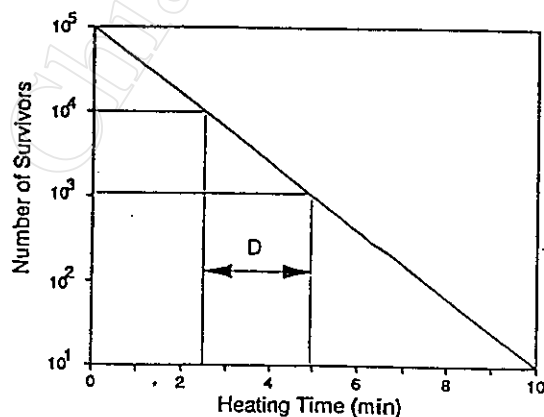
การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปอาหารช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น โดยความร้อนทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ กิจกรรมของเอนไซม์และเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ซึ่ง

ควบคุมโดยเอนไซม์จึงถูกทำลายลง เมื่ออาหารได้รับความร้อนถึงระดับอุณหภูมิสูงพอที่จะทำลาย จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่พบว่าจุลินทรีย์จะตายด้วยอัตราเลขล็อก (Logarithmic order of death) อธิบายด้วยกราฟอัตราการตาย (Death rate curve) ดังภาพ 2.7 เป็นกราฟที่สร้างขึ้นระหว่างค่า log ของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่เทียบกับเวลาที่อุณหภูมิหนึ่ง ซึ่งระยะเวลาที่ทำให้ค่า log ของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เปลี่ยนไป 1 cycle เรียกว่าค่า D

ค่า D (Decimal reduction time) หมายถึงเวลาเป็นนาทีที่ใช้ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ร้อยละ 90 ที่อุณหภูมิที่กำหนดให้หนึ่งๆ ถ้าค่า D สูงแสดงว่าเชื้อจุลินทรีย์มีความต้านทานต่อความร้อนได้ดี โดยค่า D จะแตกต่างกันไปสำหรับเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด ที่สภาวะหรือระดับอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อต่างกันเชื้อจุลินทรีย์ชนิดเดียวกันจะมีค่า D ต่างกัน

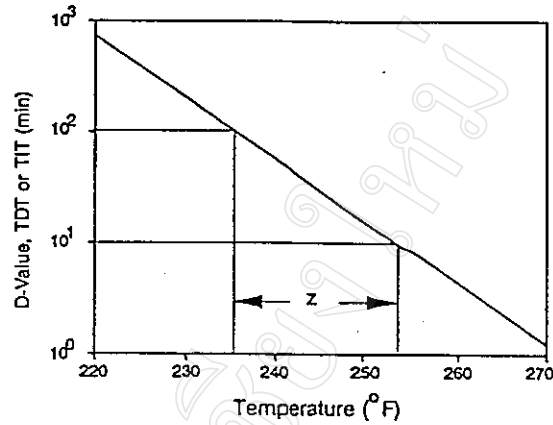
ค่า Z (Z value) หมายถึงช่วงอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสหรือองศาฟาเรนไฮต์ที่แสดงถึงความต้านทานต่อความร้อนของเชื้อจุลินทรีย์ มีที่มาจากการนำค่า D กับอุณหภูมิมาสังเคราะห์ร่วมกัน จะได้กราฟที่เรียกว่า Thermal death time curve หรือ TDT curve ดังภาพ 2.8 ช่วงอุณหภูมิที่ทำให้ log ของค่า D เปลี่ยนไป 1 cycle เรียกว่าค่า Z

ค่า D และค่า Z จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการบ่งบอกสถานะความคงทนต่อความร้อนของเชื้อจุลินทรีย์ เอนไซม์ และองค์ประกอบในอาหาร



ภาพ 2.7 : กราฟอัตราการตาย (Death rate curve) ในการหาค่า D

ที่มา : Hoshalli and Carla, 1996



ภาพ 2.8 : กราฟ Thermal death time curve ในการหาค่า Z
ที่มา : Hoshalli and Carla, 1996

ตาราง 2.5 : ค่า D และค่า Z ของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

	D ₂₅₀	Z(°F)
Low acid and semi-acid food (pH>4.6)		
Thermophile		
Flat-sour group	4.0-5.0	14-22
(<i>B. stearotherophilus</i>)		
Gaseous-spoilage group	3.0-4.0	16-22
(<i>C.thermosaccharolyticum</i>)		
Sulfide shrinkers	2.0-3.0	16-22
(<i>C. nigificans</i>)		
Mesophile		
Putrefactive anaerobes		
<i>C.botulinum</i> (Type A. and B.)	0.10-0.20	14-18
<i>C.sporogenes</i> (P.A.3679)	0.10-0.50	14-18
Acid food (pH 4.0-4.6)		
Thermophiles		
<i>B.coagulans</i> (facultatively mesophile)	0.01-0.07	14-18

ตาราง 2.5 (ต่อ)

	D ₂₁₂	Z(°F)
Mesophile		
<i>B. polymyxa</i> and <i>B. macerans</i>	0.10-0.50	12-16
Butyric anaerobe (<i>C. pasteurianum</i>)	0.10-0.50	12-16
High acid food	D ₁₅₀	Z(°F)
Mesophile non-spore bearing bacteria		
<i>Lactobacillus</i> , yeast and molds	0.50-1.00	8-10

ที่มา : เมรินี่, 2543

ผลของความร้อนที่มีต่อคุณภาพด้านโภชนาการและประสาทสัมผัส

ความร้อนทำให้เกิดการสูญเสียวิตามิน องค์ประกอบของสี และกลิ่นในอาหาร โดยความร้อนจะทำลายในอัตราเร็วแบบปฏิกิริยาลำดับเดียว (First order reaction) เช่นเดียวกับการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ตาราง 2.6 แสดงให้เห็นว่าวิตามินและเอนไซม์มีค่า Z สูงกว่าแบคทีเรีย แสดงว่ามีความทนทานต่อความร้อนมากกว่า ดังนั้นจึงควรเลือกใช้อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้ออย่างเหมาะสมเพื่อรักษาปริมาณวิตามินไว้มากที่สุด ในขณะที่เดียวกันการให้ความร้อนต้องเพียงพอในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ไม่ต้องการด้วย

ตาราง 2.6 : ค่า Z ขององค์ประกอบต่างๆ ในอาหาร

องค์ประกอบที่ไม่ทนต่อความร้อน	ค่า Z (°C)
Bacterial species	7-12
Vegetative cell	4-8
Enzymes	10-50
Vitamins	25-30
Protein	15-37

ที่มา : Holdsworth, 1997

การให้ความร้อนในน้ำผลไม้

น้ำผลไม้ส่วนใหญ่มีความเป็นกรดสูง จุลินทรีย์จะมีความทนทานต่อความร้อนได้น้อยกว่าอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ นอกจากนี้พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคชนิด *Clostridium botulinum* ไม่สามารถเจริญได้ วัตถุประสงค์หลักในการให้ความร้อนอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (ความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 3.7) คือการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยปริมาณความร้อนที่ใช้จะไม่สูงนัก บางครั้งจึงใช้คำว่าพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) (วิไล, 2543) การให้ความร้อนเพื่อยับยั้งเอนไซม์จะมีผลในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ด้วย โดยพบว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในน้ำผลไม้จะเป็นเชื้อจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่สร้างสปอร์ได้แก่เชื้อยีสต์และรา ดังนั้นจึงสามารถใช้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำเดือดในการฆ่าเชื้อได้

กระบวนการให้ความร้อนกับน้ำมะม่วงอาจแตกต่างกันออกไปบ้างขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ส่วนประกอบของน้ำผลไม้ ความเป็นกรดต่าง ปริมาณของแข็ง ความหนืด และอื่นๆ ดังมีผู้ศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

Ejechi et.al. (1998) ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะด้านจุลินทรีย์ของน้ำมะม่วงที่ถนอมรักษาด้วยวิธีการประยุกต์ร่วมระหว่างการใช้อุณหภูมิต่ำและการเติมสารสกัดจากเครื่องเทศเขตร้อน 2 ชนิด คือ ขิงและลูกจันทน์ การทดลองทำโดยเตรียมน้ำมะม่วงให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.9 จากนั้นจึงนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าสามารถลดปริมาณแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ลงได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับในรสชาติ เมื่อทดลองโดยเติมสารสกัดจากขิงร้อยละ 15 หรือลูกจันทน์ร้อยละ 20 โดยปริมาตรของน้ำมะม่วง พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ชนิด Challenge ได้ แต่ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับด้านรสชาติ สุดท้ายเมื่อทดลองให้ความร้อนกับน้ำมะม่วงที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และเติมสารสกัดจากขิงและลูกจันทน์ร้อยละ 4 โดยปริมาตร พบว่าจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลงได้อย่างมีนัยสำคัญและรสชาติของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเครื่องเทศเขตร้อนทั้งสองชนิดนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการถนอมรักษาน้ำผลไม้ได้ โดยใช้หลักการ Hurdle technology

Sainai et.al. (1996) ได้ศึกษากระบวนการให้ความร้อนสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงพร้อมดื่มที่เตรียมจาก Pulp มะม่วงสายพันธุ์ Dasehari ปริมาณร้อยละ 15 โดยมีค่าปริมาณ

ของแข็งที่ละลายน้ำร้อยละ 15 ปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ร้อยละ 0.4 และค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.2 จากนั้นทำการทดสอบหาจุดที่ร้อนซ้ำที่สุดของภาชนะบรรจุ 3 แบบ ได้แก่ ขวดแก้ว กระจป่องโลหะ และ Pouch โดยนำไปผ่านความร้อนในระดับที่เพียงพอต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส จากนั้นจึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมี สี คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส และอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (12-38 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองแสดงว่ารูปแบบการถ่ายเทความร้อนของผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุชนิดขวดแก้ว และ Pouch จะแตกต่างกันออกไป และเพื่อให้ผลิตภัณฑ์บรรจุถึงค่า F ที่กำหนด คือ 1 นาที ที่อุณหภูมิ 180 องศาฟาเรนไฮต์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในขวดแก้ว และ Pouch จะต้องให้ความร้อนเป็นเวลา 23 และ 10 นาที ตามลำดับ