บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

หม่อน (mulberry) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus spp.* เป็นไม้ยืนต้นจำพวกไม้พุ่ม อยู่ในวงศ์ *Maraceae* เช่นเดียวกับปอสา ขนุนและโพธิ์ ปลูกมากทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผลหม่อนจัดอยู่ในกลุ่มของผลรวมซึ่งเป็นผลที่เกิดจากช่อดอกทั้งช่อรวมกันเป็นผลเดียวกันแต่สามารถมองเห็นเป็นผลเล็ก ๆ แยกกันอยู่บนแกนของช่อผล การพัฒนาการของผลหม่อนเริ่มจากดอกหม่อนจะแตกออกมาพร้อมกับใบ จะบานหลังจากแตกช่อใบพร้อมช่อดอกประมาณ 8-12 วัน ดอกที่บานเต็มที่ยอดเกสรตัวเมียจะมีลักษณะสีขาวใส เมื่อได้รับการผสมเกสรจะเปลี่ยนเป็นสีเทาภายใน 3 วัน จากนั้นจะมีการพัฒนาการของผลโดยสีของผลจะเริ่มจากสีเขียว ขาวชมพู แดง และดำ รวมระยะเวลาหลังจากดอกบานประมาณ 40-45 วัน ผลจะเริ่มสุกและแก่ลักษณะผลหม่อนจะอวบน้ำ และประกอบไปด้วยน้ำหวานเมื่อผลแก่เต็มที่ จากนั้นผลจะเริ่มนิ่มลงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นถึงระยะประมาณ 56 วัน หลังจากดอกบานโดยจะมีน้ำตาลรีดิวซ์สูงถึง 65 กรัม/ลิตร แต่ปริมาณกรดจะลดลงเรื่อย ๆ ผลหม่อนเป็นผลไม้ที่มีสัดส่วนความหวาน (sweetness) กับความเปรี้ยว (sourness) ที่สมดุลกัน ซึ่งรสชาติความเปรี้ยวของผลหม่อนจัดได้ว่ามีระดับใกล้เคียงกับผลขององุ่น จากการทดสอบชิมพบว่าผลหม่อนสุกและสุกจัดได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด โดยทั่วไปต้นหม่อนจะให้ผลผลิตปลายฤดูหนาว แต่สามารถออกผลนอกฤดูได้หากมีการลิดใบ เด็ดยอด และโน้มกิ่ง นิยมขยายพันธุ์หม่อนด้วยการใช้ท่อนพันธุ์ปักชำ

2.1 พันธุ์หม่อนรับประทานผลที่ปลูกในประเทศไทย (วสันต์, 2546)

1) พันธุ์เชียงใหม่ พบว่ามีปลูกในภาคเหนือ ปลูกกระจายทั่วไปทางภาคเหนือตอนบนและในหมู่บ้านชาวไทยภูเขา เขตภูเขาสูงของภาคเหนือ ต้นหม่อนที่มีอายุ 3 ปี ให้ผลผลิตผลหม่อนประมาณ 600 – 700 กิโลกรัม /ไร่ /ปี และเมื่อต้นหม่อนมีอายุมากขึ้นจะให้ผลผลิตผลหม่อนสูงขึ้นตามลำดับ นอกจากนั้นในช่วงฤดูฝนจะให้ผลผลิตผลหม่อนไม่ต่ำกว่า 1,000 กิโลกรัม /ไร่ /ปี ผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่จะมีลักษณะเด่น คือ มีผลขนาดใหญ่ อวบน้ำ รสชาติหวานกลมกล่อมเหมาะสำหรับบริโภคสดและการแปรรูป ขยายพันธุ์ได้ง่าย และสามารถกำหนดเวลาในการให้ผลผลิตได้ด้วยวิธีการบังคับให้ออกดอกติดผลนอกฤดูกาล

2) พันธุ์บุรีรัมย์ 60 เป็นพันธุ์หม่อนที่ปรับปรุงพันธุ์ โดยใช้หม่อนพื้นเมืองของไทยผสมกับหม่อนพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ คือพันธุ์จีนเบอร์ 44 ให้ผลผลิตใบหม่อนประมาณ 3,500

กิโลกรัม /ไร่ /ปี และให้ผลผลิตผลหม่อนไม่ต่ำกว่า 500 กิโลกรัม /ไร่ /ปี ใบหม่อนมีลักษณะนุ่มหนา ปานกลาง เหี่ยวช้า และทนทานต่อโรคราแป้ง

3) พันธุ์ศรีสะเกษ 33 เป็นหม่อนลูกผสมของหม่อนพันธุ์ Jing Mulberry จากประเทศจีน มีคุณลักษณะต้านทานต่อโรคใบด่างได้ดีกว่าหม่อนพันธุ์อื่น ๆ มีผลค่อนข้างใหญ่สามารถนำผลมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ดี และให้ผลผลิตใบหม่อนประมาณ ปีละ 1,500 กิโลกรัม/ไร่ ดัชนีการเก็บเกี่ยวของหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่ ในและนอกฤดูการเก็บเกี่ยว พบว่า ดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลหม่อนสำหรับรับประทานผลสดคือ ต้นหม่อนที่ติดผลในฤดู (กุมภาพันธ์-เมษายน) จะมีดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับเก็บผลหม่อนเพื่อบริโภคสดคือหลังจากดอกบาน 29-32 วัน ส่วนต้นหม่อนที่ติดผลนอกฤดู (ตุลาคม-ธันวาคม) จะมีดัชนีการเก็บเกี่ยวผลหม่อนเพื่อบริโภคสดคือหลังจากดอกบาน 50-56 วัน ต้นหม่อนที่ติดผลในฤดูจะสุกเร็วกว่าและมีช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่สั้นกว่าต้นหม่อนที่ติดผลนอกฤดู และผลหม่อนในฤดูมีลักษณะคุณภาพดีกว่าผลหม่อนนอกฤดู เนื่องจากมีผลขนาดใหญ่ มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีไม่เละง่ายจึงเหมาะสมในการบริโภคสด (ปัทมาภรณ์, 2546) หม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่ที่สุกเต็มที่สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อบริโภคสดได้ไม่เกิน 2 วัน (ธิติพันธ์, 2549)

วิโรจน์ แก้วเรือง และคณะ (2549) ได้ศึกษาหาพันธุ์หม่อนที่ให้ผลหม่อนที่มีคุณภาพทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพดี รวมทั้งระยะผลหม่อนที่ให้คุณภาพดีเหมาะสมในการเก็บเกี่ยว เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการส่งเสริมการปลูกและปรับปรุงพันธุ์หม่อนผลสดโดยทำการศึกษาในหม่อน 4 พันธุ์ ได้แก่ 1) เชียงใหม่ 2) พิกุลทอง 3) บุรีรัมย์ 60 และ4) ศรีสะเกษ 33 เก็บและวิเคราะห์ปริมาณ total polyphenol, proanthocyanidins และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลหม่อน 2 ครั้ง เมื่อเดือนเมษายน 2548 และครั้งที่ 2 เมื่อเดือนเมษายน 2549 วิเคราะห์ folic acid เพียง 1 ครั้ง เมื่อเดือน พฤษภาคม 2549 ในแต่ละครั้ง แต่ละพันธุ์เก็บ 2 ตัวอย่าง แยกเป็นผลหม่อนห่ามและผลหม่อนสุก พบว่าผลหม่อนสุกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผลหม่อนห่ามประมาณ 2 เท่า ในครั้งที่ 1 ผลหม่อนห่ามพันธุ์เชียงใหม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆอย่างเห็นได้ชัด โดยแสดงค่า IC_{50} ต่ำที่สุด (IC_{50} หมายถึง ปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50) ส่วนผลหม่อนสุกทั้ง 4 พันธุ์พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ครั้งที่ 2 ทั้งผลหม่อนห่ามและผลหม่อนสุก พันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพันธุ์อื่น ปริมาณ total polyphenol ในผลหม่อนให้ผลเช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณ proanthocyanidins ในผลหม่อนสุกมีมากกว่าผลหม่อนห่ามอย่างมีนัยสำคัญ ประมาณ 2-3 เท่า ผลหม่อนห่ามพันธุ์เชียงใหม่มีสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ ส่วนในผลหม่อนสุกพบว่าพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีสูงกว่าทุกพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือพันธุ์เชียงใหม่ และในครั้งที่ 2 ผลหม่อนห่ามและผลหม่อนสุกพันธุ์ศรีสะเกษ 33 และ พันธุ์บุรีรัมย์ 60 ให้ปริมาณ folic acid สูงสุด ตามลำดับ ในขณะ

ที่พันธุ์เชียงใหม่ มีปริมาณน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าปัจจัยในการเก็บเกี่ยว เช่น อายุของของผลหม่อน ปีที่เก็บเกี่ยว และพันธุ์หม่อนมีผลต่อปริมาณของสารต่าง ๆ ในผลหม่อน

2.2 การเก็บเกี่ยวผลหม่อน

การเก็บเกี่ยวผลนับเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกิจกรรมภายในสวนก่อนนำเข้าสู่กระบวนการการเก็บรักษาผล การขนส่ง และการตลาด เนื่องจากผลหม่อนมีขนาดเล็กและมีระยะเวลาสุกของผลไม่พร้อมกันหมดทั้งต้น แต่เป็นการค่อย ๆ สุกทีละผลและจะต้องเก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นระยะเวลานานเป็นเดือน อีกทั้งผลหม่อนเป็นผลไม้ที่มีความบอบช้ำได้ง่าย ดังนั้นวิธีการเก็บเกี่ยวผลหม่อนจึงต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง วิธีการเก็บเกี่ยวมีดังนี้

2.2.1 การเก็บเกี่ยวผลเพื่อรับประทานผลสด

เมื่อผลหม่อนเริ่มเปลี่ยนสีจากสีแดง เป็นสีแดง- ดำหรือสีดำก็เก็บผลได้โดยการใช้มือเก็บทีละลูก เนื่องจากผลหม่อนสุกไม่พร้อมกัน หากปล่อยทิ้งไว้จนผลเปลี่ยนเป็นสีดำคล้ำผลจะร่วงลงสู่พื้นดินทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตได้น้อย หลังจากเก็บผลหม่อนมาแล้วนำมาบรรจุในกล่องกระดาษโดยเรียงเป็นชั้น ๆ ไม่เกิน 2 ชั้น ทำการปิดกล่องเพื่อรอการขนส่งและจำหน่ายต่อไป หากไม่สามารถขนส่งได้ทันทีควรเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

2.2.2 การเก็บเกี่ยวเพื่อการแปรรูป

หากต้องการนำไปทำน้ำผลหม่อนที่มีสีแดงก็เลือกเก็บเกี่ยวในระยะผลแดง แต่หากต้องการให้น้ำผลไม้มีสีคล้ำก็เก็บผลในระยะสีดำ สามารถนำผลหม่อนไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ทันที หากไม่สามารถแปรรูปได้ทันทีควรเก็บรักษาไว้โดยบรรจุในถุงพลาสติกหรือตะกร้าผลไม้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ -22 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน

2.3 การเก็บรักษาผลหม่อน

เนื่องจากผลิตผลหม่อนออกมาในฤดูกาลเป็นระยะเวลาสั้น คือประมาณ 30 - 40 วันเท่านั้น ทำให้การนำผลหม่อนไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ จำต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนเพื่อมิให้ผลหม่อนที่สุกเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นการเก็บรักษาผลหม่อนเพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นระยะเวลา นานมากขึ้นจึงมีความจำเป็นยิ่ง แต่การเก็บรักษาผลหม่อนนั้นแตกต่างกันไปตามแต่วัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์ คือ

2.3.1 การเก็บรักษาเพื่อการรับประทานผลสด

ควรเก็บผลหม่อนจากต้นในระยะที่มีผลสีแดงเข้มแล้วนำมาใส่ภาชนะที่โปร่ง วางซ้อนกันไม่สูงมากนัก จะสามารถเก็บรักษาผลหม่อนได้เป็นระยะเวลา 2 - 3 วัน โดยที่คุณภาพของผลหม่อนยังคงเดิม คือมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว ซึ่งจะมีความหวานประมาณ 8 - 10 °Brix และมีปริมาณกรด 1.7 – 2.0 กรัม /ลิตร มีสีสันแดงอมม่วงหรือดำ หากเก็บรักษาไว้นานกว่านี้จะทำให้ผลหม่อนมีปริมาณกรดน้อยลง และเปลี่ยนสีเป็นสีดำทำให้ไม่น่ารับประทานสด

2.3.2 เก็บรักษาในห้องเย็น

ควรเก็บรักษาไว้โดยบรรจุในถุงพลาสติกขนาดบรรจุถุงละ10 กิโลกรัมหรือบรรจุลงในตะกร้าผลไม้ และนำไปเก็บไว้ที่ห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ –22 องศาเซลเซียสจะเก็บได้นาน 6 เดือน

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของผลหม่อนสายพันธุ์เชียงใหม่สีแดง แดง-ดำและดำที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องในระยะเวลาต่างกัน

ระยะผลหม่อน	ระยะเวลาเก็บรักษาผลหม่อน (วัน)				
	1	2	3	4	5
ผลสีแดง	ผลสีแดง	ผลสีดำ-แดง	ผลสีดำ-แดง	ผลสีดำ-แดง	ผลสีดำ
ผลสีแดง-ดำ	ผลสีแดง-ดำ	ผลสีดำ	ผลสีดำ	ผลสีดำ	ผลสีดำ
ผลสีดำ	ผลสีดำ	ผลสีดำเข้ม	ผลสีดำเข้ม ค่อนข้างเละ	ผลสีดำเละ	ผลสีดำเละ

(ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และกองเกษตรเคมี, 2553)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณกรดของผลหม่อนสายพันธุ์เชียงใหม่สีแดง แดง-ดำและดำที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องในระยะเวลาต่างกัน (กรัม / ลิตร)

ระยะผลหม่อน	ระยะเวลาเก็บรักษาผลหม่อน (วัน)					
	1	2	3	4	5	**เฉลี่ย**
ผลสีแดง	2.05	1.89	2.01	1.7	1.19	1.77
ผลสีแดง- ดำ	1.47	1.21	1.61	1.4	0.68	1.27
ผลสีดำ	0.77	0.49	0.61	0.56	0.19	0.52
เฉลี่ย	1.43	1.20	1.41	1.22	0.68	1.19

(ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และกองเกษตรเคมี, 2553)

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของผลหม่อน (กรัม ต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม)

ส่วนประกอบ	ผลห่าม (สีแดง)	ผลสุก (สีม่วง)
โปรตีน (protein)	2.24	1.68
คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)	4.91	21.35
ไขมัน (fat)	1.35	0.47
แคลเซียม (calcium)	ND	0.21
ฟอสฟอรัส (phosphorus)	ND	0.07
เหล็ก (iron)	ND	43.48
วิตามินเอ (vitamin A)	ND	25.00
วิตามินบี1 (vitamin B1)	ND	50.65
วิตามินบี2 (vitamin B2)	ND	3.66
วิตามินบี6 (vitamin B6)	ND	930.10
วิตามินซี (vitamin C)	ND	4.16
กรดโฟลิก (folic acid)	ND	6.87
ไนอะซีน (niacin)	ND	0.72
แทนนิน (tannin)	ND	1.06
กรดมะนาว (citric acid)	4.71	1.51
เส้นใย (fiber)	ND	2.03
เถ้า (ash)	ND	1.52
ความเป็นกรดด่าง (pH)	4.05	5.90
ความชื้น (moisture)	ND	72.95

หมายเหตุ : ND (Non Detectable) คือ ไม่สามารถตรวจวัดได้

(ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และกองเกษตรเคมี, 2553)

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (°Brix) ของผลหม่อนสายพันธุ์เชียงใหม่สีแดง แดง-ดำและดำ ที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องในระยะเวลาต่างกัน

ระยะผลหม่อน	ระยะเวลาเก็บรักษาผลหม่อน (วัน)					
	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ผลสีแดง	7.93	7.83	8.57	9.53	10.43	8.86
ผลสีแดง-ดำ	8.93	8.87	9.07	9.67	14.67	10.24
ผลสีดำ	15.13	14.60	15.23	15.93	16.17	15.41
เฉลี่ย	10.67	10.43	10.96	11.71	13.76	11.50

(ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และกองเกษตรเคมี, 2553)

2.4 คุณค่าทางโภชนาการ

ในหม่อนผลสด ยังมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามินบีหนึ่ง และวิตามินบีหก (วสันต์, 2546) ในทางการแพทย์โบราณของจีนถือว่าผลหม่อนเป็นยาบำรุงกำลัง บำรุงประสาท แก้ไอขับเสมหะ และลดอาการอักเสบในลำคอ (พจชนัน, 2545) นอกจากนี้ผลหม่อนยังมีสรรพคุณรักษาโรคท้องผูก บำรุงโลหิต ขับลม บำรุงสายตา ทำให้ดวงตาสว่าง มีประโยชน์ต่อโรคไขข้อ บำรุงผมให้ผมดกดำ แก้พิษสุรา เป็นต้น (อำนวยและวิโรจน์, 2548) วสันต์ (2546) และ Ercisli และ Orhan (2007) ได้ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของผลหม่อนซึ่งมีส่วนประกอบที่แตกต่างกันไปตามแหล่งเพาะปลูกที่ต่างกัน แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบทางเคมีของผลหม่อนสุกจากแหล่งเพาะปลูกที่ต่างกัน (ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม)

ส่วนประกอบ	ผลหม่อนสุก (เชียงใหม่) [1]	ผลหม่อนสุก (ตุรกี) [2]
โปรตีน (กรัม)	1.68	-[3]
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	21.35	-
ไขมัน (กรัม)	0.47	1.10
เส้นใย (กรัม)	2.03	-
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	0.21	1.52
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	0.07	24.7
เหล็ก (มิลลิกรัม)	43.48	4.2

ตารางที่ 2.5 (ต่อ) ส่วนประกอบทางเคมีของผลหม่อนสุกจากแหล่งเพาะปลูกที่ต่างกัน (ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม)

ส่วนประกอบ	ผลหม่อนสุก (เชียงใหม่) [1]	ผลหม่อนสุก (ตุรกี) [2]
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	25	22.4
วิตามินเอ (มิลลิกรัม)	50.65	-
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	3.66	-
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	930.1	-
วิตามินบี 6 (มิลลิกรัม)	6.87	-
กรดโฟลิก (มิลลิกรัม)	3.42	-
ความเป็นกรดด่าง (pH)	5.90	5.60
ความชื้น (moisture)	72.95	71.5

(ที่มา: [1] วสันต์, 2546

[2] Ercisli และ Orhan , 2007

[3] - หมายถึง ไม่มีการรายงาน)

การศึกษาคุณภาพของผลหม่อนสุกได้มีการศึกษาทั้งในและต่างประเทศ ในประเทศไทยได้มีรายงานว่าผลหม่อนสุกพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณสารแอนโธไซยานิน และปริมารสารแอนติออกซิแดนต์ สูงกว่าผลหม่อนสุกพันธุ์เชียงใหม่ และผลหม่อนสุก (สีม่วงดำทั้งผล) มีปริมาณสารต่าง ๆ ดังกล่าวสูงกว่าผลหม่อนห่าม (สีแดงร้อยละ 50 และสีม่วงดำร้อยละ 50) (สุรินทร์, 2548) นอกจากนี้ยังพบว่าผลหม่อนสุกพันธุ์เชียงใหม่มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโธไซยานินทั้งหมด สารเคอร์ซีทิน และดัชนีสารต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มสูงขึ้นตามระยะความสุกที่เพิ่มขึ้น ผลหม่อนสุก (สีม่วงดำทั้งผล) พบสารกลุ่มนี้มีปริมาณสูงสุด คือ 3,654.97±7.59 2,512.40±11.32 1.81±1.00 และ 6.89±0.53 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (สมชาย และคณะ, 2550)

ผลหม่อนหรือเบอร์รี่ไทยมีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่มีผลต่อการลดความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง เช่น โพลีฟีนอลโดยรวม (polyphenols) แอนโธไซยานิดิน (anthocyanidin) และสารโฟลิก (folic acid) ที่มีดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณสารโฟลีฟีนอล แอนโธไซยานิน และโฟลิก

พันธุ์หม่อน	ระยะผลหม่อน	โพลีฟีนอล (กรัม/กิโลกรัม)	แอนโธโซยานิดิน (มิลลิกรัม/ 100 กรัม)	โฟลิก (ไมโครกรัม/ 100 กรัม)
เชียงใหม่	ผลห่าม	20.39	163.83	4.70
	ผลสุก	26.61	247.57	8.11
บุรีรัมย์6	ผลห่าม	15.7	143.22	11.07
	ผลสุก	28.08	308.87	2.0

จินตนาภรณ์ และคณะ (2551) ได้ศึกษาฤทธิ์ของผลหม่อนต่อการเรียนรู้และความจำตลอดจนการตายของเซลล์ประสาทในสมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) ในภาวะปกติและในแบบจำลองของโรคสมองเสื่อม หนูขาวเพศผู้จะได้รับการป้อนผงผลหม่อนแห้งในขนาด 2 10 และ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว วันละครั้ง ทั้งในภาวะปกติและภาวะความจำบกพร่องที่จำลองโรคสมองเสื่อมพบว่า ผลหม่อนมีศักยภาพในการเพิ่มการเรียนรู้และความจำทั้งในภาวะปกติและในภาวะที่มีความจำบกพร่อง โดยผงผลหม่อนขนาด 2 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวจะมีฤทธิ์เพิ่มการทำงานของ Scavenger Enzymes ทำให้ปริมาณอนุมูลอิสระลดลงและทำให้ความหนาแน่นของเซลล์ประสาทในสมองส่วนฮิปโปแคมปัส เพิ่มขึ้น ในขณะที่ผงผลหม่อนขนาด 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว จะมีฤทธิ์ลดการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterasee ทำให้ปริมาณ Acetylcholine เพิ่มขึ้นและเพิ่มการเรียนรู้

สุภาพร และคณะ (2551) ได้ศึกษาฤทธิ์ของผลหม่อนต่อความบกพร่องการเรียนรู้และความจำตลอดจนการตายของเซลล์ประสาทในสมองส่วนฮิปโปแคมปัสในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำภาวะพิษสุราเรื้อรัง แล้วป้อนผงผลหม่อนแห้งในขนาด 2 10 และ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัววันละครั้งเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าผลหม่อนทุกขนาดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้สามารถลดความบกพร่องในเรื่องการเรียนรู้และความจำ และลดการตายของเซลล์ในฮิปโปแคมปัสที่เกิดจากพิษสุราได้

สำหรับในต่างประเทศ ได้มีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลหม่อนขาว (*Morus alba* L.) ผลหม่อนแดง (*Morus rubra* L.) และผลหม่อนดำ (*Morus nigra* L.) ที่ปลูกในบริเวณทางตะวันออกของประเทศตุรกี พบว่าสารประกอบฟีนอลและสารเคอร์ซีทินเพิ่มสูงขึ้นตามระยะความสุก โดยมีในผลหม่อนดำสูงสุด (14.22 และ 2.76 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ) ส่วนผลหม่อนขาวมีไขมันทั้งหมดมากที่สุด (ร้อยละ 1.10) รองลงมาเป็นผลหม่อนสีดำ (ร้อยละ0.95) และผลหม่อนแดง (ร้อยละ 0.85) ตามลำดับ สำหรับกรดไขมันที่พบมากในผลหม่อน คือกรดลิโนเลอิก (ร้อยละ

54.20) กรดปาล์มมิติก (ร้อยละ 19.80) และกรดโอเลอิก (ร้อยละ 8.41) ตามลำดับ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีอยู่ในช่วง 15.90-20.40 °Brix ปริมาณกรดทั้งหมดมีอยู่ในช่วงร้อยละ 0.25-1.40 ค่า pH มีอยู่ในช่วงร้อยละ 3.52-5.60 และปริมาณวิตามินซีมีอยู่ในช่วง 0.19-0.22 มิลลิกรัมต่อกรัม (Ercisli และ Orhan, 2007)

2.5 สารต้านอนุมูลอิสระ

2.5.1 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radical) คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนที่ไม่ได้จับคู่มากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งอิเลคตรอนในวงโคจรของโมเลกุล ทำให้โมเลกุลนั้นไม่เสถียร จึงพยายามจับอิเล็กตรอนจากโมเลกุลข้างเคียงให้มีอิเล็กตรอนครบคู่เพื่อความเสถียร เมื่อโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงถูกดึงอิเล็กตรอนออกไป ต้องไปจับเอาอิเล็กตรอนจากอะตอมหรือโมเลกุลข้างเคียงตัวอื่นต่อ ๆ ไปเป็นอย่างนี้ต่อเนื่องไปไม่มีที่สิ้นสุด และถ้าหากอิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่ 2 ตัวจับคู่กันพอดี เช่น อนุมูลไฮโดรเจน (hydrogen radical; $H^{\bullet}$) อนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical; $HO^{\bullet}$) และอนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxideanion radical; $O_2^{\bullet-}$) เป็นต้น จะเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่เสถียร

อนุมูลอิสระแบ่งได้เป็น 4 ชนิด (สุวลี, 2549) ได้แก่

1. ซูปเปอร์ออกไซด์ (super oxide) อนุมูลอิสระชนิดนี้เกิดขึ้นเมื่อไมโตคอนเดรียในเซลล์นำออกซิเจนมาใช้เป็นพลังงาน

2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) เป็นสารที่มีความเสถียรพอประมาณ คือมากกว่าซิงเลทออกซิเจน และไฮดรอซีล เรดิคัล จึงปล่อยอิเล็คตรอนออกมาเป็นสารพิษต่อเซลล์

3. ซิงเลทออกซิเจน (singlet oxygen) เป็นอนุมูลอิสระที่สามารถก่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นรุนแรง เกิดขึ้นได้ในร่างกายเมื่อได้รับรังสีเอ็กซ์ และรังสีอัลตราไวโอเลต แล้วจะเกิดซิงเลทออกซิเจน จำนวนมาก

4. ไฮดรอซีล เรดิคัล (hydroxyl radical) เป็นอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ก่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นรุนแรงที่สุด ทำให้ร่างกายแก่เร็วเกิดโรคมะเร็ง

เนื่องจากอนุมูลอิสระมีอิเล็กตรอนที่ไม่ได้จับคู่อยู่ในโมเลกุล จึงมีความไวสูงในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในร่างกาย อนุมูลอิสระมีผลมากในการทำให้เกิดสภาวะเสื่อม ทำให้ระดับเซลล์เสียหายได้หลายรูปแบบ เช่น อาจช่วยกระตุ้นให้สารก่อมะเร็งมีฤทธิ์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกิดการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อ ทำลายโครงสร้างทางเคมีของ DNA หรือ โครโมโซม ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutation) และการแบ่งเซลล์ผิดปกติ เป็นสาเหตุของโรคหัวใจ โรคหลอด

เลือดหัวใจอุดตัน โรคความจำเสื่อม โรคมะเร็ง ต้อกระจก และเกิดริ้วรอยเหี่ยวย่นบนใบหน้ารอบดวงตา ผิวพรรณ อนุมูลอิสระมีที่มาทั้งแหล่งภายนอกร่างกาย ได้แก่ มลพิษในอากาศ โอโซน-ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่น ควันบุหรี่ อาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว แสงแดดความร้อน รังสีแกมม่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ยาบางชนิด สารปรุงแต่งอาหาร เป็นต้น (Gutteridge,1993)

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งจัดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (freeradical chain reaction) ระหว่างไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและออกซิเจน การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวถูกเร่งให้เร็วขึ้นได้โดยตัวกระตุ้น (initiator) ได้แก่ ไอออนของโลหะ(metal ion) สารที่ไวต่อแสง (photosensitizers) แสงอัลตร้าไวโอเลต (ultraviolet light) และเอนไซม์จำเพาะ กลไกทั้งหมดของปฏิกิริยาออกซิเดชันมี 3 ขั้นตอน (Chaiyasit และคณะ, 2007) คือ

1. ขั้นการเกิดอนุมูลอิสระ (Initiation)

$$In^{\bullet} + LH \longrightarrow InH + L^{\bullet}$$

ขั้นตอนนี้เป็นการเกิดอนุมูลอิสระของกรดไขมันหรืออนุมูลแอลคิล (alkyl radical; $L^{\bullet}$) ซึ่งเกิดจากการที่ไฮโดรเจนแตกออกจากกรดไขมัน (LH) ในสภาวะที่มีตัวกระตุ้น ($In^{\bullet}$)

2. ขั้นการเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (Propagation)

$$L^{\bullet} + O_2 \longrightarrow LOO^{\bullet}$$

$$LOO^{\bullet} + LH \longrightarrow LOOH + L^{\bullet}$$

ขั้นตอนนี้เกิดจากการรวมตัวของออกซิเจนกับอนุมูลอัลคิล เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซิล(peroxyl radical; $LOO^{\bullet}$) ซึ่งมีพลังงานสูงกว่าอนุมูลอัลคิล ดังนั้นอนุมูลเปอร์ออกซิลจึงสามารถดึงเอาไฮโดรเจนมาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวอื่นมาเกิดเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogenperoxide;LOOH) และเกิดอนุมูลอัลคิลใหม่

3. ขั้นการเกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระ (Termination)

$$LOO^{\bullet} + LOO^{\bullet} \longrightarrow LOOL + O_2$$

$$L^{\bullet} + LOO^{\bullet} \longrightarrow LOOL$$

$$L^{\bullet} + L^{\bullet} \longrightarrow LL$$

ขั้นตอนนี้เกิดจากการที่อนุมูลอิสระ 2 ตัวทำปฏิกิริยากันเอง เกิดเป็นสารที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ ปฏิกิริยาก็จะหยุดลง

2.5.2 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) คือ สารที่ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (มลศิริ, 2540) และจะไปหยุดยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระทำให้คงตัว และหยุดการก่อตัวใหม่ มีกลไกการทำงานดังนี้

$$LOO^{\cdot} + AH^{\cdot} \longrightarrow LOOH + A^{\cdot}$$

$$LO^{\cdot} + AH^{\cdot} \longrightarrow LOH + A^{\cdot}$$

$$L^{\cdot} + AH \longrightarrow LH + A^{\cdot}$$

สารต้านอนุมูลอิสระ (AH) จะแตกตัวให้อนุมูลอิสระไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดเป็นสารที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ และอนุมูลสารต้านอนุมูลอิสระที่เสถียร ($A^{\cdot}$) ซึ่งไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระหรือปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสารจากธรรมชาติ (natural antioxidants) มักพบในอาหารจำพวกผักและผลไม้ ได้แก่ phenolic compounds, amino acid, ascorbic acid, carotenoids,flavonoids, melanoidin, organic acids, reductions, peptides, tannins, quercetin และ tocopherols เป็นต้น (Huang และคณะ, 1992) และสารสังเคราะห์ (synthetic antioxidant) ได้แก่ tert-butyl-4-hydroxyanisol (BHA), tert-butyl-4-hydroxytoluene (BHT) และ tert-butyhydroquinone (TBHQ) เป็นต้น มีรายงานการวิจัยว่าสารต้านอนุมูลอิสระมีศักยภาพในการทำให้การเรียนรู้และความจำในภาวะสมองเสื่อมดีขึ้น (Auddy และคณะ, 2003) สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1) primary antioxidant ทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน ได้แก่ สารประกอบฟีนอล (phenolic substance) ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน นอกจากนี้ยังรวมถึงสารโทโคฟีรอลจากธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์

2) oxygen scavenger สารกลุ่มนี้จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จึงเป็นการช่วยกำจัดออกซิเจนในระบบปิดได้ ได้แก่ กรดแอสคอร์บิค หรือวิตามินซี, ascorbyl palmitate, erythorbicacid (isoascorbic acid) และ sodium erythorbate เป็นต้น

3) secondary antioxidant ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของ lipid hydroperoxide ให้เป็นสารที่มีความเสถียร ได้แก่ dilauryl thiopropionate และ thiopropionic acid

4) enzymic antioxidant ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจน หรืออนุพันธ์ของออกซิเจน โดยเฉพาะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ได้แก่ เอนไซม์ต่าง ๆ ซึ่งแบ่งเป็น primary antioxidant enzyme และ ancillary antioxidant enzyme

5) chelating agent หรือ sequestrant ทำหน้าที่ไปจับกับไอออนของโลหะ เช่น เหล็กและทองแดง ซึ่งไอออนเหล่านี้เป็นไอออนที่ส่งเสริม และเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำ

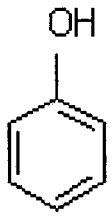
ให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร ได้แก่ กรดซิตริก กรดอะมิโน และ ethylenediaminetetra-acetic acid (EDTA) เป็นต้น

2.5.3 สารต้านอนุมูลอิสระในผลหม่อน

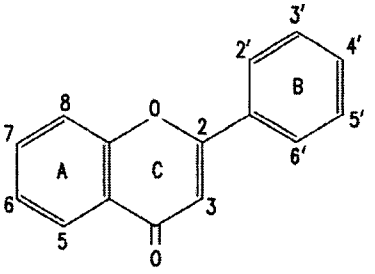
ในผลหม่อนมีสารประกอบฟีนอลซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ต่อต้านอาการอักเสบ และอาการเส้นเลือดโป่งพอง ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและไวรัส (Duthie และคณะ, 2000) มีการวิจัยพบว่าในผลหม่อนมีสารเคอร์ซีทิน (quercetin) ซึ่งเป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยมีในผลหม่อนสุกที่เป็นผลสด 34.20 ไมโครกรัมต่อกรัม และมีในผลหม่อนสุกที่เป็นผลแห้ง 176.40 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งสารนี้ก็มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยเช่นกัน มีคุณสมบัติลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และป้องกันการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือด (Manach, 2005) ผลหม่อนสุกจะมีสารสี (pigment) ในกลุ่มของแอนโธไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมีในผลหม่อนสุกที่เป็นผลสดอยู่ในช่วง 258.41- 2,512.40 ไมโครกรัมต่อกรัม (สมชาย และคณะ, 2550) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิด โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และโรคมะเร็ง (Lazze และคณะ, 2004)

สารต้านอนุมูลอิสระที่มีความสำคัญ และพบในผลหม่อน คือ สารประกอบฟีนอล สารเคอร์ซีทิน และแอนโธไซยานิดิน

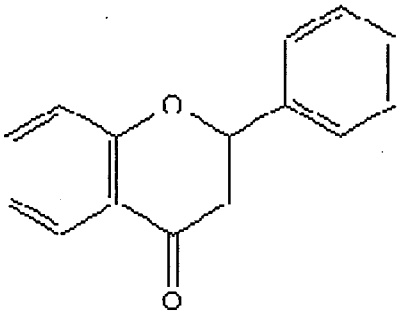
2.5.3.1 สารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) เป็นสารที่พบได้ในผักและผลไม้ทั่วไปมีโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ที่มีจำนวน hydroxyl group อย่างน้อยหนึ่ง หรือมากกว่าหนึ่งหมู่ในโมเลกุล (รูปที่ 2.1) ส่วนมากสารประกอบฟีนอลมักเชื่อมอยู่กับmono- และ polysaccharides เกิดเป็นโครงสร้างที่หลากหลาย สารประกอบฟีนอลในธรรมชาติจึงมีอยู่หลายชนิด สามารถละลายได้ในน้ำ ส่วนใหญ่สารประกอบฟีนอลมักพบอยู่รวมกับน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลยังอาจรวมกับสารประกอบอื่นอีกหลายชนิด เช่น hydroxycinnamic acid อาจพบรวมกับ organic acids, aminogroups, lipids, terpenoids, phenolics และกลุ่มอื่น ๆ นอกเหนือจากน้ำตาล สารประกอบฟีนอลหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนต์ เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิค และลิกนิน เป็นต้นนอกจากนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลของพืชยังขึ้นอยู่กับปัจจัยภายใน เช่น สกุล ชนิด และพันธุ์ และปัจจัยภายนอก เช่น สภาพแวดล้อม วิธีการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา ประโยชน์ของสารประกอบฟีนอลในการรักษาโรค เช่น มีฤทธิ์ต่อต้านอาการอักเสบ และอาการเส้นเลือดโป่งพอง ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและไวรัส (Duthie และคณะ, 2000)



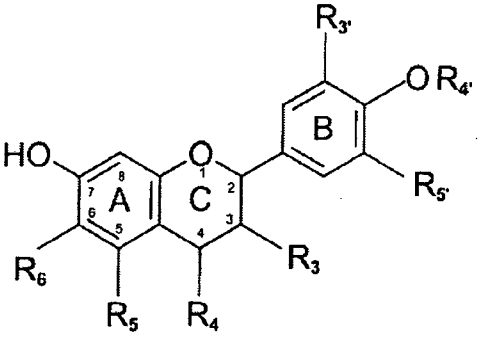
A: phenol



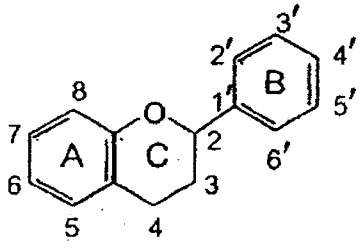
B: cyanidin / flavonol



C: flavanone / flavanonól



D: flavanol

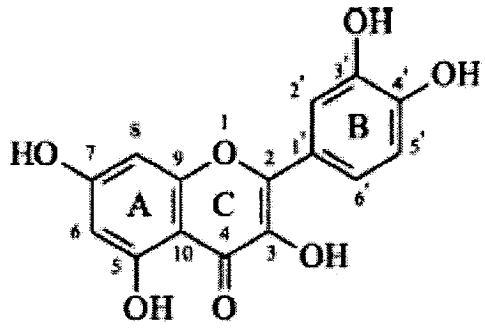


E: anthocyanidin

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลบางชนิด

(ที่มา: Dzyubak, 2007)

2.5.3.2 สารเคอร์ซีทิน (quercetin) เป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในกลุ่มของฟลาโวนอล (flavonol) เกิดจากการที่สารประกอบฟลาโวนมีการแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซิลเพิ่มขึ้นที่ตำแหน่ง 3 (รูปที่ 2.2) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในหัวหอม แอปเปิล ใบชา และผลไม้ตระกูลเบอร์รี่



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเคอร์ซีทิน

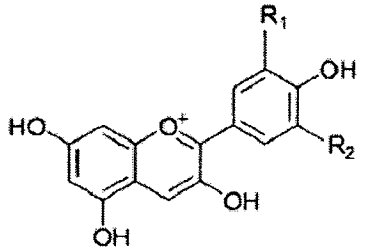
(ที่มา: Castaeda-Ovando และคณะ, 2009)

รายงานการวิจัยพบว่าสารเคอร์ซีทิน สามารถช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ และเส้นเลือดสมองตีบ การเสริมสารเคอร์ซีทินช่วยลดความดันโลหิตในสัตว์ที่มีความดันโลหิตสูง (Manach และคณะ, 2005) และได้มีการศึกษาการเสริมสารเคอร์ซีทินในผู้ป่วยทั้งชายและหญิงที่เริ่มมีความดันโลหิตสูง และเป็นความดันโลหิตสูงขั้นที่หนึ่ง โดยเสริมสารเคอร์ซีทินวันละ 730 มิลลิกรัม เป็นเวลา 28 วัน พบว่าหลังการเสริมสารเคอร์ซีทิน ความดันโลหิตในกลุ่มที่เริ่มมีความดันโลหิตสูงไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งตรงข้ามกับกลุ่มที่มีความดันโลหิตสูงขั้นที่หนึ่งที่มีความดันโลหิตจะลดลง (Nutrition update, 2007) ได้มีการศึกษาปริมาณการดูดซึมของสารเคอร์ซีทินในอาสาสมัครที่ทำศัลยกรรมสร้างทางผ่านเข้าไปในลำไส้เล็กท่อนปลาย โดยทางผนังช่องท้อง (ileostomy) เพื่อป้องกันการสูญเสียสารประกอบฟลาโวนอยด์ เนื่องจากแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ และได้รับสารเคอร์ซีทินจากหัวหอมทอด ซึ่งมีสารเคอร์ซีทินไกลโคไซด์ในปริมาณสูง (เทียบเท่ากับอะไกลโคน 89 มิลลิกรัม) สารเคอร์ซีทินรูติโนไซด์บริสุทธิ์ ซึ่งเป็นสารเคอร์ซีทินหลักในชา เทียบเท่ากับอะไกลโคน 10 มิลลิกรัม หรือสารเคอร์ซีทินอะไกลโคนบริสุทธิ์ 100 มิลลิกรัม พบว่าภายใน 13 ชั่วโมง สารเคอร์ซีทิน หรือไกลโคไซด์ของสารเคอร์ซีทินในของเหลวจากทางเดินอาหารมีการสลายตัวน้อยมาก มีการดูดซึมของสารเคอร์ซีทินไกลโคไซด์จากหัวหอมทอดร้อยละ 52 สารเคอร์ซีทินรูติโนไซด์ ร้อยละ 17 และสารเคอร์ซีทินอะไกลโคนบริสุทธิ์ร้อยละ 24 การขับออกของสาร

เคอร์ซีทิน หรือไกลโคไซด์ของสารเคอร์ซีทินเป็นร้อยละ 5 ของปริมาณที่ถูกดูดซึม แสดงว่าสารเคอร์ซีทินไกลโคไซด์จากหัวหอมถูกดูดซึมได้ในลำไส้เล็ก (Pietta และ Simonetti, 1999)

2.5.3.3 แอนโธไซยานิดิน (anthocyanidin)

แอนโธไซยานิดินและแอนโธไซยานินคือสารสี (pigment) ที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นแบบ diphenylpropanes (C_6-C_3-C_6) (รูปที่ 2.3) สามารถละลายได้ในน้ำ (water soluble) เป็นสารที่ทำให้เกิดสีแดง ชมพู ม่วง หรือน้ำเงินในพืช แอนโธไซยานินอยู่ในรูปแอซิลไกลโคไซด์ (acylglycoside) ของแอนโธไซยานิดิน (anthocyanidin (aglycone)) หรือที่เรียกว่าไกลโคไซด์ (glycoside) โดยมีโมเลกุลของน้ำตาลเกาะที่ตำแหน่งที่ 3 ของแอนโธไซยานิดิน ความแตกต่างของแอนโธไซยานินแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิล ชนิดและจำนวนของน้ำตาลที่มาเกาะกับโมเลกุล ตำแหน่งที่เกาะ ชนิดและจำนวนของอะลิฟาติก (aliphatic) หรือกรดอะโรมาติก (aromatic acid) ที่มาต่อกับโมเลกุลของน้ำตาล (Kong และคณะ, 2003) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้แอนโธไซยานินมีสีตั้งแต่สีแดง น้ำเงิน จนถึงสีม่วง แอนโธไซยานิดินที่พบมากที่สุดในพืชมี 6 ชนิด คือ เพลลาโกนิดิน (pelargonidin) ไซยานิดิน (cyanidin) เดลฟินิดิน (delphinidin) พีโอนิดิน (peonidin) พีทูนิดิน (petunidin) และมัลวิดิน (malvidin) แอนโธไซยานินมีบทบาทสำคัญในการลดการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ ช่วยในการมองเห็น อีกทั้งยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน และต้านการเกิดมะเร็ง สามารถพบได้ทั่วไปในผักและผลไม้ต่าง ๆ เช่น สตรอเบอร์รี ผักกาดแดง บลูเบอร์รี องุ่น แบลคเบอร์รี ราสเบอร์รีแดง พลัม เป็นต้น (Shahidi และ Naczk, 2004; Stintzing และ Carle, 2004; Giusti และ Wrolstad, 2005)



รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโธไซยานิน (Anthocyanin)

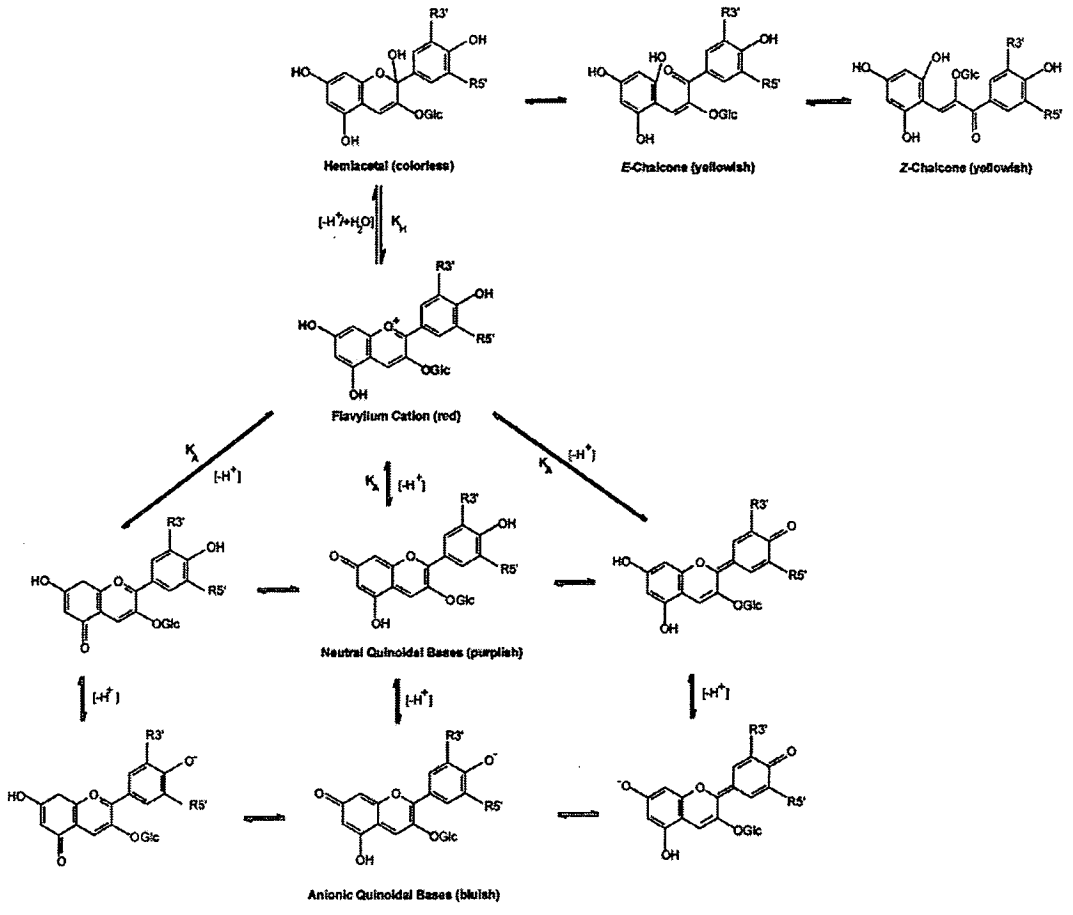
(ที่มา: Green, 2007)

ตารางที่ 2.7 ชนิดของแอนโธไซยานิดินที่พบมากที่สุดในพืชทั้ง 6 ชนิดและตำแหน่งการเติมหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl) และหมู่เมททิล (methyl)

แอนโธไซยานิดิน	**ตำแหน่งการเติมหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่เมททิล**		
	R_3	$R_{3'}$	R_5
เพลลาโกนิดิน (pelargonidin)	H	H	H
ไซยานิดิน (cyanidin)	H	OH	H
เดลฟินิดิน (delphinidin)	H	OH	OH
พีโอนิดิน (peonidin)	H	OCH_3	H
พีทูนิดิน (petunidin)	H	OCH_3	OH
และมัลวิดิน (malvidin)	H	OCH_3	OCH_3

(ที่มา: ดัดแปลงจาก Kong และคณะ, 2003)

แอนโธไซยานินเมื่ออยู่ในสารละลายทำตัวเสมือนเป็นอินดิเคเตอร์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้าง และสี เมื่อ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงไปโดยในสภาวะที่มี pH ต่ำหรือ pH กลาง แอนโธไซยานินจะมีโครงสร้างได้ทั้ง 4 แบบ คือ flavylium cation quinoidal base carbinol pseudobase และ chalcone ที่ pH ต่ำกว่า 2 แอนโธไซยานินจะอยู่ในรูปของ flavylium cation (สีแดง) แต่เมื่อ pH เพิ่มขึ้น flavylium cation จะอยู่ในสภาวะที่ไม่เสถียรทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปเป็น colourless psuedobase (ไม่มีสี) และ quinoidal base (สีน้ำเงิน) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโธไซยานินที่ pH ต่าง ๆ
(ที่มา: Stintzing และ Carle, 2004)

ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของแอนโธไซยานิน

1. อุณหภูมิ (Temperature)

แอนโธไซยานินสามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อนในระหว่างกระบวนการผลิตและในระหว่างการเก็บอาหาร Markakis (1982) รายงานว่าเมื่อให้ความร้อนแก่สตรอเบอร์รีที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้แอนโธไซยานินในสตรอเบอร์รีเกิดการเสื่อมสลายไปร้อยละ 50 และมีค่าครึ่งชีวิตที่ 1 ชั่วโมง และ Kirca และ Cemeroglu (2003) ศึกษาความคงตัวของแอนโธไซยานินของ blood orange ที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียสพบว่าเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น ความคงตัวของแอนโธไซยานินลดลง และมีค่าครึ่งชีวิตลดลง อีกทั้ง Kirca และคณะ (2007) ศึกษาความคงตัวของแอนโธไซยานินของแครอทม่วง (black carrot) ในสารละลายซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ pH 2.5 - 7.0 โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่าความคงตัวของแอนโธไซยานินที่ pH เดียวกันลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

2. pH

แอนโธไซยานินมีความคงตัวในสารละลายที่เป็นกรดมากกว่าในสารละลายที่เป็นกลางหรือด่าง (Markakis, 1982) จากงานวิจัยของ Kirca และคณะ (2007) ที่ศึกษาความคงตัวของของแอนโธไซยานินของแครอทม่วงในสารละลายซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรด-ด่าง 2.5-7.0 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน พบว่าความคงตัวของแอนโธไซยานินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อสารละลายซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์มี pH มากกว่า 5.0 ในระหว่างที่ให้ความร้อน

3. แสง (Light)

แสงมีส่วนช่วยในการสังเคราะห์ (biosynthesis) แอนโธไซยานิน แต่ก็สามารถเร่งให้เกิดการเสื่อมสลายของแอนไซยานินได้ด้วย โดยมีรายงานว่าในแอปเปิลที่ยังไม่สุกเมื่ออยู่ในที่ที่มีแสงจะสุกและเปลี่ยนเป็นสีแดง แต่แอปเปิลที่อยู่ในที่ที่ไม่มีแสงยังคงเขียวอยู่ อีกทั้งยังมีรายงานว่าแสงเร่งให้เกิดการเสื่อมสลายของแอนโธไซยานินที่สกัดจากกากองุ่นในเครื่องดื่มอัดลม (Markakis, 1982)

4. เอนไซม์ (Enzyme)

เอนไซม์สามารถทำให้สีของแอนโธไซยานินซีดจางลงได้ โดยมีรายงานว่าเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase หรือ PPO) สามารถเร่งการเสื่อมสลายของแอนโธไซยานินได้ แต่ถึงแม้ว่าโพลีฟีนอลออกซิเดสจะไม่สามารถทำปฏิกิริยากับแอนโธไซยานินได้โดยตรง โดยทั่วไปแล้วโพลีฟีนอลออกซิเดสสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกชนิดอื่นได้ดีกว่า โดย Fang และคณะ (2007) กล่าวว่าเมื่อโพลีฟีนอลออกซิเดสทำปฏิกิริยากับแคทีคิน (D-catechin) ทำให้สูญเสียแอนโธไซยานินในสตรอเบอร์รีไปถึงร้อยละ 50-60 ที่อุณหภูมิห้อง

5. ปฏิกิริยาคอนเดนเซชัน (Condenzation)

แอนโธไซยานินสามารถรวมตัวกันเองหรือรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ตัวอื่นได้ เช่น กรดอะมิโนบางชนิด phloroglucinol catechin และ nucleophile นอกจากนี้แอนโธไซยานินยังสามารถรวมตัวกับ flavylium salt ได้เป็นสารประกอบที่ไม่มีสี ซึ่งสารประกอบที่เกิดขึ้นสามารถเกิดปฏิกิริยา และเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อไปได้ (Markakis, 1982)

6. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfer dioxide)

สีของแอนโธไซยานินสามารถเกิดการซีดจางได้โดยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งมักพบในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับผลไม้ โดยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับแอนโธไซยานินเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่มีสี การซีดจางของสีนี้สามารถผันกลับหรือไม่ผันกลับก็ได้ (Markakis, 1982)

หน้าที่ที่สำคัญของแอนโธไซยานินส่วนมาก คือการเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดสีในพืชและผลิตภัณฑ์ที่มาจากพืช ซึ่งช่วยในการดึงดูดสัตว์เพื่อทำให้เกิดการผสมเกสรดอกไม้และทำให้เกิดการแพร่กระจายของเมล็ดพันธุ์ และบทบาทหน้าที่อื่น ๆ คือสามารถทำหน้าที่ในการเป็นสารต้านออกซิเดชันและสารต้านจุลินทรีย์ได้ ในส่วนของการเป็นสารต้านออกซิเดชันนั้นแอนโธไซยานินสามารถทำหน้าที่ในการเป็นตัวให้ไฮโดรเจนอะตอม (hydrogen donor) แก่อนุมูลอิสระและทำหน้าที่ในการจับกับไอออนของโลหะเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Kong และคณะ, 2003) ด้วยเหตุนี้จึงสามารถป้องกันการเกิดโรคเรื้อนรังต่าง ๆ ได้ เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ เป็นต้น

2.6 น้ำผลไม้

น้ำผลไม้หมายถึง ของเหลวที่สกัดจากผลไม้ในส่วนที่บริโภคได้ โดยวิธี บีบ คั้น หรือกรรมวิธีเชิงกลอื่น ๆ โดยทั่วไปน้ำผลไม้ที่ได้จะขุ่น มีองค์ประกอบของเซลที่เป็นคอลลอยด์กระจายอยู่แตกต่างกันไปตามลักษณะของเนื้อเยื่อผลไม้ นอกจากนี้อาจมีส่วนที่เป็นน้ำมันหรือไขมันเม็ดสีเนื้อ หรือเปลือกของผลไม้ปะปนอยู่ด้วย น้ำผลไม้บางชนิดจะมีบริโภคขุ่นตามธรรมชาติ บางชนิดบริโภคเมื่อผ่านกระบวนการทำให้ใสแล้ว

น้ำผลไม้ที่วางขายอยู่ตามท้องตลาดทั่ว ๆไปแบ่งออกได้เป็น

2.6.1 **น้ำผลไม้แท้** คือของเหลวที่คั้นจากผลไม้ตามธรรมชาติ ไม่มีการเติมน้ำ น้ำตาล หรือสิ่งอื่นใดลงไป ลักษณะของเครื่องดื่มประเภทนี้ อาจจะเป็นได้ทั้งขุ่นและใส

2.6.2 **น้ำผลไม้แท้ชนิดเข้มข้น** คือของเหลวที่คั้นจากผลไม้ธรรมชาติ ไม่มีการเจือปนน้ำตาล หรือสิ่งอื่นใดลงไป แต่ผ่านกระบวนการระเหยเพื่อเอาน้ำออก เวลาจะใช้ดื่มก็นำไปผสมกับน้ำอัตราส่วนที่กำหนด ก็จะได้น้ำผลไม้แท้ตามเดิม เช่น น้ำองุ่นเข้มข้น น้ำส้มเข้มข้น

2.6.3 **น้ำผลไม้ดัดแปลง** เป็นน้ำผลไม้ที่ผลิตจากผลไม้ที่มีกลิ่นแรง เปรี้ยวจัด หวานจัด จำเป็นต้องมีการเติมน้ำตาล น้ำ กรดอินทรีย์ที่รับประทานได้ (นิยมใช้กรดซิตริก) และสีผสมอาหาร น้ำผลไม้เหล่านี้ได้แก่ สควอส เนคต้า คอร์เดียลของผลไม้พวก มะม่วง ส้ม มะนาว ฝรั่ง ขนุน และมะละกอ

ส่วนน้ำผลไม้เทียมคือ ของเหลวที่ไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดได้จากผลไม้โดยตรง แต่ได้จากการผสมน้ำ น้ำมันกลิ่นหอมจากผลไม้ หรือส่วนอื่นของพืช น้ำตาล กรดอินทรีย์ และสีผสมอาหาร น้ำผลไม้เทียมที่จำหน่ายตามท้องตลาด จะมีทั้งชนิดอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรือไม่อัดแก๊ส

และอาจเป็นชนิดเจือจาง ดื่มได้ทันที หรือชนิดเข้มข้นก็ได้ เช่น น้ำเขียว น้ำส้ม น้ำแดง น้ำอัดลม ชนิดต่าง ๆ เครื่องดื่มเหล่านี้ไม่จัดเป็นน้ำผลไม้

2.7 การสกัดน้ำผักและผลไม้

วิธีการสกัดเอาน้ำผักและผลไม้ ออกจากผักและผลไม้มีหลายวิธีคือ

2.7.1 **โดยการบีบหรือคั้น** (Pressing) โดยปกติจะใช้กับน้ำผลไม้ที่มีน้ำมาก เช่น ส้ม มะนาว

2.7.2 **โดยการตีป่น และคั้นเอาน้ำ**

การตีป่น อาจจะทำได้หลายวิธี เช่น การใช้มือสับให้ละเอียด หรือใช้เครื่องสับ ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ผลไม้มีขนาดเล็กลง และเป็นการเพิ่มผิวหน้าของชิ้นผลไม้ให้มากขึ้น ช่วยเสริมการสกัดให้ได้น้ำผลไม้มาก โดยไม่ต้องใช้แรงอัดที่สูง ๆ

เครื่องตีป่น มีหลายชนิด คือ

1. เครื่องปั่นธรรมดา

2. เครื่องตีป่นที่มีหัวคล้าย ๆ ฆ้อน แขวนอยู่รอบ ๆแผ่นโลหะที่หมุนได้เรียกว่า Hammer mill มีทั้งแบบแนวตั้งและแนวนอน เครื่องนี้เหมาะกับส้ม เครื่องจะมีหัวพอเหมาะกับขนาดส้มแต่ละขนาด

3. เครื่องตีป่นผลไม้ที่ทำจากสแตนเลส เครื่องนี้จะมีลักษณะเอียงทำมุมกับพื้นเมื่อป้อนผลไม้ลงไปผลไม้จะถูกตีป่นแล้วถูกกรองด้วยตะแกรงหยาบแล้วไหล่ลงภาชนะที่รองรับอยู่

การคั้นน้ำผลไม้ มีหลายวิธีดังนี้

1. วิธีที่ง่ายที่สุด ได้แก่ การใช้ผ้าขาวบางห่อแล้วใช้ไม้แบบทับกดเอาไว้โดยวิธีนี้สะดวกที่จะทำในระดับครัวเรือน หรือจะโดยการใช้ผ้าขาวบางห่อแล้วใช้มือบีบ

2. วิธีใช้เครื่องกดเป็นแบบตะแกรง (Basket press) ใช้กันมากในโรงงานในโรงงานขนาดเล็ก

3. ใช้วิธีใส่ผลไม้ที่ตีป่นแล้วลงไปในผ้าหนา ๆ แล้วใช้ Hydrolic press บีบคั้นน้ำออกมา

4. Pulper and finisher เป็นเครื่องที่ใช้กันมาก เพราะเป็นเครื่องมือที่สามารถจะคั้น กรอง และแยกกาก และน้ำผลไม้ออกจากกันได้ กากที่ได้ถ้าต้องการให้แห้งมากกว่านี้ ก็นำไปเข้าเครื่องสกรูเพรสอัดให้แห้งไป

2.8 การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อนการบรรจุ

2.8.1 การพาสเจอไรซ์

เป็นขบวนการใช้ความร้อนระดับความร้อนปานกลาง แต่ไม่มากพอจะฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ให้หมดไปได้ แต่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญ ๆ ที่เหมาะสมแก่สุขภาพของผู้บริโภค ระดับความร้อนที่ใช้ เช่น ประมาณ 79 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

การใช้ความร้อนระดับพาสเจอไรซ์จะเป็นเพียงการใช้ความร้อนเพื่อทำลายเนื้อเยื่อ หรือที่เรียกว่า เซลของบักเตรี รา และยีสต์ เท่านั้น ปกติถ้าต้องการทำลายยีสต์เพียงอย่างเดียวใช้อุณหภูมิเพียง 60-65 องศาเซลเซียส เวลา 2-3 นาที เป็นการเพียงพอ แต่ถ้าหากต้องการทำลายสปอร์ของพวกราที่มีอยู่ทั่วไป จะใช้อุณหภูมิ 79 องศาเซลเซียส เนื่องจากเชื้อราจะเจริญเติบโตได้ต้องมีก๊าซออกซิเจน ดังนั้นในเครื่องดื่มที่อัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนถึง 68 องศาเซลเซียส ก็ได้เพราะต้องการทำลายแต่เฉพาะเชื้อยีสต์เท่านั้น นอกจากนี้ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง กรดจะช่วยเก็บรักษาไม่ให้อาหารเสื่อมเสียได้ด้วย ฉะนั้นในน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง ๆ อาจจะใช้อุณหภูมิทำการพาสเจอไรซ์เพียง 71-73 องศาเซลเซียส เป็นการเพียงพอ

วิธีการพาสเจอไรซ์ที่ใช้กันมี 2 ระบบ คือ

1. Shell and tube heat exchanger สำหรับให้น้ำผลไม้ผ่านเข้าไป และภายนอกหลอดหุ้มด้วยท่อ หรือหลอดอีกชั้นหนึ่ง เป็นทางให้ไอน้ำร้อน หรือน้ำร้อนเข้าไป โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาที่จะสัมผัสกับน้ำผลไม้ได้ หลังจากนั้นผ่านเข้าเครื่องทำความเย็นทันที และส่งบรรจุขวด ระบบต่อเนื่องนี้เครื่องมือมีหลายแบบ เช่น อาจจะเป็นแบบใช้ความร้อนมาจากไอน้ำ ซึ่งให้ความร้อนค่อนข้างสูง และควบคุมลำบาก และอีกแบบเป็นชนิดที่ได้รับความร้อนมาจากน้ำร้อน ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ปกติจะให้อุณหภูมิของน้ำร้อนสูงกว่าของน้ำผลไม้ ประมาณ 3 องศาเซลเซียส สำหรับวิธีไม่ต่อเนื่องส่วนใหญ่ จะใช้หม้อต้มที่มีไอน้ำอยู่รอบ ๆ เป็นการให้ความร้อนแก่น้ำผลไม้ธรรมดาก่อนการบรรจุ

2. Plate heat exchanger เป็นการพาสเจอไรซ์โดยใช้แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน แล้วทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส แล้วบรรจุในถุง

โรงงานสมัยใหม่มักจะใช้เครื่องพาสเจอไรซ์แบบต่อเนื่อง ที่เรียกว่า Flash pasteurization โดยการให้ความร้อนแก่น้ำผลไม้ค่อนข้างสูงกว่าปกติ ในระยะเวลาอันสั้นแล้วทำให้เย็นทันที อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 82-90 องศาเซลเซียส เวลาประมาณ 2-3 วินาที โดยวิธีนี้ความร้อนจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสของน้ำผลไม้น้อยมาก ในบางโรงงานอาจจะใช้อุณหภูมิถึง 115 องศาเซลเซียส แค่ช่วงเสี้ยววินาทีก็ได้ ก่อนการบรรจุจะต้องทำให้เย็นประมาณ 87 องศาเซลเซียส อุณหภูมิการบรรจุของน้ำผลไม้โดยวิธีธรรมดาทั่ว ๆ ไปจะใช้ประมาณ 79-82 องศาเซลเซียส บรรจุแล้วผนึกทันที อาจจะเป็นขวดหรือกระป๋องแล้วทำให้เย็น

2.8.2 การฆ่าเชื้อโดยการบรรจุน้ำผลไม้ก่อนแล้วจึงฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบนี้ จะลวกภาชนะที่บรรจุก่อน อาจจะเป็นขวด หรือกระป๋อง แล้วให้ความร้อนแก่น้ำผลไม้ จากนั้นก็นำน้ำผลไม้บรรจุขวด หรือกระป๋อง ปิดผนึก และฆ่าเชื้อ

2.9 การเก็บรักษา

2.9.1 การเก็บรักษาโดยใช้ความเย็น

เนื่องจากในสภาพที่อุณหภูมิต่ำ ๆ น้ำจะแข็งตัวทำให้ปฏิกิริยาการเสื่อมเสียที่ต้องอาศัยน้ำเป็นสื่อกลางลดลง นอกจากนั้นที่อุณหภูมิต่ำยังทำให้ปฏิกิริยาอื่น ๆ ทั้งที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี ชีวเคมีและจากจุลินทรีย์ลดลง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้อาจจะเก็บน้ำผลไม้ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ได้ เช่นเดียวกับผักผลไม้สด เนื้อ และผักแบบอื่น ๆ การเก็บไว้ในตู้เย็นจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามจะเก็บรักษาไว้ได้นานมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิอย่างที่ 0 องศาเซลเซียส หรือระดับอุณหภูมิของตู้เย็น อาจจะมีเชื้อราบางชนิดเกิดขึ้นได้ ฉะนั้นในทางที่ดีการลดอุณหภูมิลงไปอีกจนถึงประมาณ -3.9 ถึง -4 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่านี้ จะช่วยทำให้การเก็บรักษาน้ำผลไม้ได้นานขึ้น เช่น น้ำองุ่น และน้ำแอปเปิ้ล สามารถเก็บไว้ได้ถึง 2 ปีเป็นอย่างน้อยที่ -12 ถึง -10 องศาเซลเซียส โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นและสีเลย แต่จะต้องเก็บไว้ในขวด หรือกระป๋องเคลือบแลคเกอร์การเสื่อมเสียของน้ำผลไม้ หลังการสกัดแล้วเกิดจากสาเหตุดังนี้

1. ปฏิกิริยาทางเคมี
2. ปฏิกิริยาทางชีวเคมี
3. จุลินทรีย์
4. เอนไซม์

หลักการเก็บรักษาน้ำผลไม้ คือ ต้องทำให้มีสภาพเหมือนเดิม และคุณภาพดี และเก็บรักษาได้นาน ซึ่งมีวิธีการทำได้หลายวิธี คือ

2.9 ชนิดของอาหาร

ซึ่งอาจจะแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มตามคุณสมบัติของ pH ดังนี้ (ปรียา, 2533)

1. อาหารชนิดที่เป็นกรด (Acid foods) คืออาหารที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.6 เช่น ผลไม้รสเปรี้ยวต่างๆ ได้แก่ ส้ม มะนาว สับปะรด เป็นต้น การฆ่าเชื้ออาหารประเภทนี้ใช้ความร้อนที่มีอุณหภูมิไม่สูงมากนัก ส่วนมากจะใช้อุณหภูมิน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) ภายใต้ความดันบรรยากาศ

2. อาหารชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low-acid foods) เป็นอาหารที่มีค่า pH สูงกว่า 4.6 ขึ้นไป เช่น เนื้อปลาและผักต่างๆ โดยทั่วไปแล้วการฆ่าเชื้อต้องใช้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงถึง 116 องศาเซลเซียส หรือ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 10-15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในระยะเวลาที่เหมาะสมโดยจะต้องทำการศึกษาจากความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร และอัตราที่ปริมาณความร้อนผ่านไปถึงจุดที่เย็นที่สุดของอาหารที่บรรจุในกระป๋อง ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิด ปริมาณ และคุณสมบัติของอาหาร

ยังมีอาหารอีกประเภทหนึ่ง คือ acidified low-acid foods นั้น เป็นอาหารที่มีการเติมกรดหรือผสมอาหารที่มีความเป็นกรดสูงลงในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำเพื่อลด pH ลงให้ต่ำกว่า 4.6 ทำให้ลดอุณหภูมิการฆ่าเชื้อลงได้ กรดที่ใช้ เช่น citric acid, acetic acid

อาหารที่ไม่ต้องผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อแบบ sterilization ได้แก่

- อาหารที่มีค่า water activity ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0.85
- อาหารที่หมักดอง
- เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เช่น เบียร์ ไวน์
- แยม เยลลี่

แต่อย่างไรก็ตาม อาหารประเภทเหล่านี้ต้องมีการควบคุมความสะอาด ทำการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่ำ เช่น พาสเจอร์ไรส์ (ยกเว้น แยม เยลลี่ และอาหารแห้ง)

2.10 ประเภทของเครื่องดื่มผลไม้

เครื่องดื่มน้ำผลไม้แบ่งออกเป็น 11 ประเภท (วิชัย, 2521; ทนง, 2534) ดังต่อไปนี้

2.10.1 น้ำผลไม้แท้

- คือเครื่องดื่มที่สกัด หรือบีบคั้นจากน้ำผลไม้ ไม่มีการเติมน้ำตาล หรือสิ่งอื่นใดลงไป

- ส่วนผสมประกอบด้วยน้ำผลไม้ร้อยละ 100 ปริมาณสารละลายทั้งหมด (Total soluble solid) ตามธรรมชาติ

- ผลไม้ที่มีน้ำมากบางชนิดเท่านั้น ที่ใช้ทำน้ำผลไม้ได้ เช่น องุ่น ส้ม สับปะรด มะเขือเทศ มะเฟือง ฯลฯ

- น้ำผลไม้แท้ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ น้ำผลไม้แท้แบบใส คือ น้ำผลไม้แท้ที่กรองเอาเศษเนื้อออก เช่น น้ำองุ่น น้ำส้ม และ น้ำผลไม้แท้แบบขุ่น คือ น้ำผลไม้แท้ที่มีเนื้อผลไม้อยู่ด้วย เช่น น้ำมะเขือเทศ

- การเก็บรักษา อาจใช้ความเย็น ความร้อน หรือสารเคมีใส่ลงไป

2.10.2 **น้ำผลไม้แท้ชนิดเข้มข้น**

- คือ เครื่องดื่มที่สกัด หรือบีบคั้นจากผลไม้ แล้วผ่านขบวนการระเหย เพื่อเอาน้ำออก
- ไม่มีการเจือปน น้ำ น้ำตาล หรือสิ่งอื่นใดลงไป
- ส่วนผสมประกอบด้วย น้ำผลไม้ร้อยละ 100 ปริมาณสารละลายทั้งหมดอย่างน้อยที่สุด 32 องศาบริกซ์
- การบริโภค โดยการนำน้ำผลไม้ชนิดเข้มข้นไปผสมกับน้ำตาลตามสัดส่วน เช่น น้ำองุ่นเข้มข้น น้ำส้มเข้มข้น

2.10.3 **น้ำผลไม้ดัดแปลงเนคต้า** (nectar)

(น้ำผลไม้พร้อมดื่มชนิดข้น)

- คือ เครื่องดื่มผลไม้ที่มีความข้นมาก เป็นน้ำผลไม้ที่มีส่วนของเนื้อผลไม้ปะปนอยู่
- ต้องการผลไม้ทั้งเนื้อ ไม่จำเป็นต้องกรอง และแยกส่วนของเนื้อผลไม้ออก
- ส่วนใหญ่ เป็นผลไม้ที่มีเนื้อมาก เช่น กล้วย ฝรั่ง มะม่วง มะละกอ สับปะรด พุทรา ขนุน แอปริคอท พีช ผลัม ฯลฯ
- ประกอบด้วยเนื้อผลไม้ร้อยละ 20-40 ปริมาณสารละลายทั้งหมดอย่างน้อยที่สุด 15 องศาบริกซ์

2.10.4 **น้ำผลไม้ดัดแปลงสควอช** (squash)

(น้ำผลไม้ชนิดหวานเข้มข้น)

- คือ เครื่องดื่มผลไม้ที่มีลักษณะข้น แต่ไม่มากเหมือนเนคต้า
- มีน้ำผลไม้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 25
- มีปริมาณสารละลายในน้ำทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 40 องศาบริกซ์
- มีความเป็นกรดอยู่ระหว่างร้อยละ 1.2-1.5
- เก็บรักษาด้วยสารเคมี เช่น โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือใช้โซเดียมเบนโซเอท 700 มิลลิกรัมต่อลิตร
- การบริโภคจะต้องทำให้เจือจาง มีปริมาณสารละลายอยู่ในน้ำระหว่าง 10-20 องศาบริกซ์

2.10.5 **น้ำผลไม้ในน้ำเชื่อม (ไซรับผลไม้)**

- คือ เครื่องดื่มผลไม้ที่มีน้ำผลไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25
- มีปริมาณสารละลายในน้ำทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 65 องศาบริกซ์

- ความเป็นกรดค่อนข้างต่ำแล้วแต่ความพอดีของรสชาติ

- ถ้ามีน้ำตาลร้อยละ 65 ต้องเก็บรักษาด้วยสารเคมี อาจเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือ ใช้โซเดียมเบนโซเอท

- ถ้ามีน้ำตาลเกินกว่าร้อยละ 65 หรือมากกว่านั้น ไม่จำเป็นต้องเก็บรักษาด้วยสารเคมี น้ำตาล จะเป็นตัวเก็บรักษา

- การบริโภค จะต้องทำให้เจือจาง มีปริมาณสารที่ละลายอยู่ในน้ำระหว่าง 10-20 องศาบริกซ์ ความเป็นกรดร้อยละ 0.5 - 0.6

2.10.6 **น้ำผลไม้คอร์เดียล** (Cordial)

(น้ำผลไม้ในน้ำเชื่อมแบบใส)

- คือ เครื่องดื่มใส ค่อนข้างเปรี้ยว มีความเป็นกรดค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 2.0-2.5

- มีน้ำผลไม้ร้อยละ 25 สารละลายน้ำทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30

- ใช้ผลไม้ที่มีน้ำมาก รสชาติเปรี้ยว จำกัดผลไม้ที่จะนำมาทำส่วนใหญ่ใช้มะนาวไทย (Lime) หรือ มะนาวฝรั่ง (Lemon)

- ทำให้ใสโดยทิ้งไว้ให้ตกตะกอน หรือใช้เอนไซม์เพคติเนส (Pectinase) แล้วกรองผ่านผ้าขาวบาง

- เก็บรักษาโดยใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ ใช้โซเดียมเบนโซเอท 1 กรัมต่อลิตร

- มักใช้ผสมกับเครื่องดื่มอื่นๆ หรือเครื่องดื่มประเภทผสมแอลกอฮอล์

- การบริโภคจะต้องทำให้เจือจางมีปริมาณสารละลายอยู่ในน้ำระหว่าง 10-20 องศาบริกซ์

2.10.7 **น้ำผลไม้เทียม**

- คือเครื่องดื่มที่ไม่มีส่วนผสมใดที่ได้จากผลไม้โดยตรง

- มีสารละลายในน้ำทั้งหมดอย่างน้อยที่สุด 10 องศาบริกซ์

- เป็นของเหลวผสมน้ำตาล กรดอินทรีย์ สีเจืออาหาร น้ำมันกลิ่นหอมจากผลไม้ หรือ จากส่วนอื่นของพืช เช่น น้ำเขียว น้ำแดง

- น้ำผลไม้เทียมมี 2 ชนิด คือ ชนิดอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (น้ำอัดลม) และชนิดไม่อัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

2.10.8 **น้ำผลไม้เทียมชนิดเข้มข้น**

(น้ำหวานเข้มข้น)

- คือ น้ำหวานที่ทำจากสารให้กลิ่นผมไล้ เช่น กลิ่นสตรอเบอรี่ กลิ่นส้ม กลิ่นสับปะรด
- เตรียมโดยเติมสารให้กลิ่น กรดอินทรีย์ สีผสมอาหาร ลงในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 70-75 องศาบริกซ์
- น้ำเชื่อที่ใช้ต้องมีความเข้มข้นมาก จุดประสงค์เพื่อเก็บรักษา
- การบริโภคต้องนำไปทำให้เจือจางด้วยน้ำตามสัดส่วนที่กำหนด

2.10.9 **เครื่องดื่มผลไม้ผง**

- การผลิต ต้องใช้เครื่องจักรที่มีราคาแพง
- มีรสชาติเข้มข้น การบริโภคต้องนำมาละลายในน้ำ
- เป็นเครื่องดื่มที่สะดวกต่อการใช้ และการขนส่ง

2.10.10 **เครื่องดื่มดัดแปลงผง**

- เตรียมการโดยการฉีดหัวเชื้อที่มีกลิ่น รส ลงบนน้ำตาล แป้ง หรืออื่นๆ เช่น ขิงผง เก๊กฮวยผง

2.10.11 **เครื่องดื่มผงอัดแก๊ส**

- เป็นเครื่องดื่มที่ให้รสซ่า
- การผลิตทำในระดับอุตสาหกรรม

2.11 การใช้วัตถุเจือปนในการแปรรูปอาหาร

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปแล้วว่าวัตถุเจือปนอาหารมีบทบาท และความสำคัญอย่างยิ่งในการแปรรูปอาหาร ทั้งในด้านการถนอมอาหาร หรือยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ตลาดรวมไปถึงการสร้างสรรค์อาหารที่มีลักษณะตามความต้องการของผู้บริโภค แต่เนื่องจากวัตถุเจือปนอาหารส่วนใหญ่เป็นสารเคมีซึ่งอาจได้มาจากธรรมชาติ หรือการสังเคราะห์สารเคมีเหล่านี้มีทั้งที่มีความปลอดภัยค่อนข้างสูง ปลอดภัยปานกลาง และค่อนข้างอันตราย ดังนั้นการใช้สารเคมีในอาหารจึงต้องมีการศึกษา และควบคุมอย่างถูกต้อง เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

2.11.1 ความหมายของวัตถุเจือปนในอาหาร

วัตถุเจือปนในอาหาร คือวัตถุที่มิได้ใช้เป็นอาหาร หรือส่วนประกอบสำคัญของอาหาร (ingredients) ไม่ว่าวัตถุนั้นจะมีคุณค่าทางอาหาร หรือไม่ก็ตาม แต่ใช้เจือปนในอาหารเพื่อประโยชน์ทางเทคโนโลยีการผลิต การบรรจุ การเก็บรักษา หรือการขนส่ง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพ หรือมาตรฐาน หรือลักษณะของอาหาร (ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 119, พ.ศ. 2532 เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร (ฉ.2))

2.11.2 คุณสมบัติของสารที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร

สารต่างๆ ที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุเจือปนของอาหารนั้น ควรมีคุณสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1. ได้ผ่านการทดสอบ และประเมินผลทางด้านพิษวิทยา ซึ่งรวมถึงผลของการสะสมการเสริมฤทธิ์กัน หรืออันตรายจากการใช้สารนั้น
2. ได้มีการศึกษาปริมาณที่ต้องการใช้ ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค
3. ควรจะได้มีการศึกษาทดลอง และปริมาณผลใหม่อยู่เสมอ
4. ข้อกำหนดของวัตถุเจือปนอาหารที่จะใช้ควรจะตรงกับข้อกำหนดที่ได้รับการรับรองแล้ว เช่น Codex alimentarius commission

2.11.3 วัตถุประสงค์ของการใช้วัตถุเจือปนอาหาร

การใช้วัตถุเจือปนอาหารเพื่อวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้ คือ

1. เพื่อสงวนคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร
2. เพื่อเป็นการให้ส่วนประกอบที่จำเป็นต่อผลิตภัณฑ์อาหาร สำหรับบุคคลบางกลุ่มที่ต้องการอาหารนั้นเป็นพิเศษ เช่น ผู้ป่วยโรคเบาหวาน หรือโรคอ้วน ซึ่งจำเป็นต้องจำกัดการบริโภคน้ำตาลและมีความจำเป็นต้องใช้วัตถุให้ความหวานชนิดอื่นแทน
3. เพื่อช่วยยืดอายุในการเก็บ หรือช่วยให้อาหารนั้น มีคุณภาพคงที่ หรือช่วยปรับปรุงคุณภาพในด้านการเกี่ยวกับสี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อ และลักษณะปรากฏเพื่อให้น่าบริโภค
4. เพื่อช่วยกรรมวิธีในการแปรรูป

ไม่ควรใช้วัตถุเจือปนอาหารเพื่อวัตถุประสงค์ ดังนี้ คือ

1. เพื่อกลบเกลื่อนกรรมวิธีในการแปรรูป หรือการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง
2. เพื่อหลอกลวงผู้บริโภค
3. เมื่อใช้แล้วทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง

4. ในกรณีสามารถผลิตอาหารที่คุณภาพได้ดี โดยไม่จำเป็นต้องใช้วัตถุเจือปนอาหารช่วย

2.11.4 ชนิดของวัตถุเจือปนอาหารที่นิยมใช้ในการแปรรูปผัก-ผลไม้

ได้แก่ วัตถุกันเสีย สีผสมอาหาร กรด กัม (gums) สารให้ความหวาน

1. วัตถุกันเสีย เป็นสารประกอบทางเคมี หรือของผสมของสารประกอบเคมีที่ใช้เติมลงในอาหาร เพื่อชะลอการเน่าเสีย หรือยืดอายุในการเก็บอาหาร หรือเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโต หรือทำลายจุลินทรีย์ต่างๆ ที่จะทำให้ อาหารเกิดการเน่าเสีย

วัตถุประสงค์การใช้วัตถุกันเสียในอาหาร

- ชะงักการเจริญเติบโต หรือทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ หรือเน่าเสียขึ้น (อาหารที่มีกลิ่นรส สี ลักษณะเนื้อ ลักษณะที่ปรากฏ เกิดการผิดปรกติได้) ชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย คือ ยีสต์ รา และแบคทีเรีย

- ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่เป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น รส สี ผิดปกติ

2. สีผสมอาหาร

วัตถุประสงค์ของการใช้สีผสมอาหาร

2.1 เพื่อช่วยแต่งสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์อาหารที่อาจสูญเสียไปเนื่องจากขบวนการแปรรูปอาหาร หรือการเก็บรักษา เช่น ผัก-ผลไม้แปรรูป

2.2 เพื่อช่วยแต่งสีของผลิตภัณฑ์อาหารให้มีความสม่ำเสมอ

2.3 เพื่อช่วยให้ผู้บริโภคสามารถจำแนกกลิ่นรสของอาหารชนิดนั้น เช่น ไอศกรีมรสส้มก็ควรจะมีสีส้ม

2.4 เพื่อช่วยให้อาหารมีลักษณะน่าบริโภค เช่น แต่งสีในผลิตภัณฑ์เยลลี่

2.5 เพื่อช่วยเพิ่มความเข้มข้นของสีธรรมชาติ เมื่อสีในผลิตภัณฑ์มีสีอ่อนกว่าที่ควรจะเป็น เช่น ในเครื่องดื่มผลไม้ หรือโยเกิร์ตผลไม้

3. กรด

3.1 ช่วยเพิ่มกลิ่นรสให้กับอาหาร กระตุ้นผู้บริโภคอยากที่จะรับประทานอาหารนั้น เช่น น้ำหวานอัดลม ลูกกวาดกลิ่นผลไม้ ขนมหวาน เยลลี่

3.2 ช่วยเสริมให้การถนอมอาหารในบางแบบมีประสิทธิภาพดีขึ้น กรดจะช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเฉพาะพวกเชื้อแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ได้ซึ่งจะทนต่อความร้อนสูง แต่จุลินทรีย์ดังกล่าวจะอ่อนแอมากในสภาพที่เป็นกรด ดังนั้นจึงนิยมเติมกรดในอาหารกระป๋องเพื่อจะลดเวลาในการฆ่าเชื้อลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสไม่เปลี่ยนแปลง และยังช่วยรักษาคุณค่าทางอาหาร

ในผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำหวาน น้ำผลไม้ แยม เยลลี่ การเติมกรดลงไปจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของวัตถุกันเสีย

3.3 ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

3.4 ช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เช่น การเติมกรดแอสคอร์บิค จะให้วิตามินซีในอาหาร

3.5 ช่วยเพิ่มความหวานของน้ำตาล

3.6 ช่วยระงับความกระหายโดยจะไปกระตุ้นต่อมน้ำลายในปากให้ทำงาน เช่น ในกรณีของ น้ำอัดลม หรือน้ำผลไม้

กรดที่นิยมใช้ในอาหาร ได้แก่

1. กรดแอสคอร์บิค หรือวิตามินซี

- ช่วยป้องกันและระงับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้กลิ่นรสเครื่องดื่มคงตัวอยู่ได้นาน

- ให้คุณค่าทางอาหารซึ่งได้แก่ วิตามินซีในอาหาร

2. กรดซิตริก หรือกรดมะนาว

พบมากในผลไม้ประเภทส้ม มะนาว สามารถละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับ และสามารถรวมตัวได้ดีกับกลิ่นรสผลไม้ทุกชนิด

นิยมใช้ในอาหารประเภทน้ำผลไม้ น้ำหวานชนิดต่างๆ ทั้งชนิดอัดและไม่อัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เครื่องดื่มประเภทมีแอลกอฮอล์เพื่อช่วยปรับปรุงกลิ่นรส และค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้พอเหมาะ เป็นวัตถุกันเสียสามารถจับโลหะที่อาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้น ทำให้สี กลิ่นรส ของเครื่องดื่มคงตัว

ใช้ปรับความเป็นกรด-ด่าง ของผลไม้บรรจุกระป๋องชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ เช่น ลำไย ลิ้นจี่ เงาะ เพื่อช่วยลดเวลา และอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ

ในผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่จะช่วยปรับความเป็นกรด-ด่าง ให้พอเหมาะในการเกิดเจล และปรับปรุงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

4. กัม

กัม หมายถึงสารละลายที่จะละลาย หรือกระจายได้ในน้ำร้อน หรือน้ำเย็นแล้วให้สารละลายที่หนืด และหรือ สามารถทำให้เกิดเจลขึ้นได้ เช่น

4.1 เพคติน (pectin) มีประโยชน์ คือ

- ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่ มาร์มาเลด ซึ่งต้องอาศัยน้ำตาลและกรดในการช่วยให้เกิดเจล

- เป็นสารให้ความข้นหนืด และความคงตัวในน้ำผลไม้ ไอศกรีม ผลไม้กระป๋อง ขนมหวาน ผลิตภัณฑ์นม

5. สารให้ความหวาน (sweeteners)

สามารถให้ความหวานแทนที่น้ำตาลได้ แต่ไม่มีคุณค่าทางอาหารเหมือนน้ำตาล เนื่องจากเป็นสารเคมีที่ได้รับจากการสังเคราะห์ขึ้นแต่จะมีความหวานมากกว่าน้ำตาลโดยทั่วไป

2.12 หลักการบรรจุ

ผลิตภัณฑ์อาหารจำเป็นต้องมีการบรรจุลงในภาชนะบรรจุ หน้าที่ของภาชนะบรรจุสามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ป้องกันอาหารจากฝุ่นละออง จุลินทรีย์ และแมลง
2. ป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดจากสภาพแวดล้อม
3. ป้องกันการแตกหักเสียหายทางกลในระหว่างการขนส่ง เคลื่อนย้ายและวางซ้อน
4. ให้ความสะดวกในการขนส่ง เคลื่อนย้าย ลำเลียงจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภค
5. ให้ความสะดวกแก่ผู้บริโภคในการใช้อาหาร
6. ส่งเสริมการขาย
7. ให้รายละเอียดเกี่ยวกับอาหารให้ผู้บริโภคทราบ เช่น ข้อมูลทางโภชนาการ วันหมดอายุ วิธีการใช้ ส่วนผสม เป็นต้น

2.12.1 วัสดุภาชนะบรรจุ

สามารถจำแนกได้เป็น 5 กลุ่มดังนี้

1. แก้ว เป็นสารอนินทรีย์ โดยมีส่วนประกอบหลักคือ ทรายแก้ว หินปูน โซเดียมคาร์บอเนต และสารเคมีอื่น ๆ ที่ใช้เป็นตัวฟอกสีหรือไล่อากาศ
2. โลหะ ได้แก่ แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก แผ่นเหล็กเคลือบโครเมียม แผ่นอลูมิเนียม
3. พลาสติก มีมากมายหลายชนิด
4. กระดาษ
5. วัสดุหลายๆ อย่างมาประกอบกัน เช่น พลาสติกเชื่อมกับกระดาษ หรือกระดาษกับแผ่นอลูมิเนียม

วัสดุภาชนะบรรจุเหล่านี้ สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ที่มีรูปร่างและขนาดที่หลากหลายที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน การเลือกวัสดุภาชนะบรรจุจึงควรพิจารณาจากปัจจัยต่อไปนี้

1. ต้นทุน
2. ความยากง่ายในการขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุ
3. การปิดผนึก
4. ความสวยงาม
5. ความสามารถในการพิมพ์
6. ความต้านทานทางกลและการป้องกันการเสื่อมเสียจากสภาพแวดล้อม
7. ความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

โครงงานพิเศษนี้ได้เลือกใช้แก้วเป็นภาชนะบรรจุ เนื่องจากแก้วไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร อากาศและน้ำไม่สามารถผ่านเข้าออกได้ อีกทั้งขวดแก้วมีความใสทำให้ผู้บริโภคสามารถเห็นคุณภาพของอาหารภายในได้ แต่มีข้อเสียคือ แตกง่ายและมีน้ำหนักมาก

2.12.2 รูปแบบของภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุที่ทำจากแก้ว ได้แก่ ขวดปวดแคบและขวดปากกว้าง ส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตแก้วได้แก่ ซิลิกา โซดาแอช หินปูน และสารอื่นๆ ขวดปากแคบขึ้นรูปโดยวิธีการเป่าแก้ว 2 ครั้ง ส่วนขวดปากกว้างใช้วิธีขึ้นรูปโดยการบีบแล้วเป่า แล้วลดอุณหภูมิเป็นช่วงๆ จากนั้นจึงเคลือบสารประกอบของดีบุกที่ผิวนอก ถ้าต้องการความแข็งแรง แล้วเคลือบสารหล่อลื่นอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันการเกิดรอยขีดข่วน

2.12.3 การเลือกขวดแก้วควรพิจารณาคุณสมบัติ 4 ประการคือ

1. คุณสมบัติทางกล จะเพิ่มขึ้นถ้าแก้วหนาขึ้น
    1.1 ความต้านทานแรงดันภายใน สำหรับบรรจุน้ำอัดลม
    1.2 ความต้านทานแรงกด กรณีที่ใช้เครื่องบรรจุและปิดฝาอัตโนมัติ
    1.3 ความต้านทานรอยขีดข่วน รอยเสียดสี
2. คุณสมบัติทางอุณหภูมิ แก้วจะทนความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ในช่วงหนึ่งเท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแก้ว รูปร่างของขวด และความหนาของผนังขวด โดยทั่วไปแก้วจะทนต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันประมาณ 30-40 องศาเซลเซียส
3. คุณสมบัติทางแสง แก้วจะไม่ยอมให้แสงผ่านเข้ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสีของขวด การใช้แก้วสีชาหรือสีเขียวจะป้องกันแสงความยาวคลื่นสั้นกว่า 450 นาโนเมตรได้หมด
4. คุณสมบัติทางเคมี แก้วไม่ทำปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อม แต่อาจจะเกิดการกัดกร่อนได้ซึ่งใช้เวลานาน

นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาหลักเกณฑ์ต่อไปคือ

1. สามารถบรรจุ ปิดผนึก แปรรูป และปิดฉลากได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ประหยัดเนื้อที่ในการเก็บรักษา

3. ขนส่งได้อย่างปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ

4. ออกแบบได้เด่น สามารถจำได้ง่าย

5. ใส แสดงถึงตัวผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน

6. เปิดออกได้ง่าย เทออกได้สะดวก

7. ปิดหลังใช้ได้สะดวก

8. มีประโยชน์ใช้สอยหลังใช้ผลิตภัณฑ์หมดไปแล้ว

ฝาปิด วัสดุที่ใช้ทำได้แก่ แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก แผ่นเหล็กอลูมิเนียม พลาสติก และฝาปิด เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาในการเลือกขวด ได้แก่ ฝาจุก จีบ เกลียวแมกซี

ฝาปิดที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1. ปิดผนึกแน่นหนา ไม่ให้มีการซึมผ่านของน้ำและไอน้ำ

2. วัสดุที่ใช้ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร

3. สามารถเปิดออกได้ง่าย

4. ถ้าต้องการปิดฝาหลังใช้ ควรสามารถใช้มือกดเข้าไปแล้วสามารถป้องกันผลิตภัณฑ์ได้

5. ถ้าต้องการฝาชนิดป้องกันการแอบเปิดดู จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่ฝาหลังจากการเปิดฝาปิดผนึก ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่แนบติดกับฝาปิด ทำหน้าที่ปิดผนึกไม่ให้ของเหลวหรือไอซึมผ่าน ส่วนมากทำจาก พลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ หรือคอร์กคลุมด้วยแผ่นอลูมิเนียม

2.13 มาตรฐานของเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 214) พ.ศ.2543 เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงแก้ไขประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6(1)(2)(4)(6)(7) และ (10) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและ เสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 48 และมาตรา 50 ของรัฐธรรมนูญแห่ง ราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 62 (พ.ศ.2524) เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ลงวันที่ 7 กันยายน พ.ศ.2542 และประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 180) พ.ศ.2542 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 12 พฤศจิกายน 2540

ข้อ 2 ให้เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ

ข้อ 3 เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทตามข้อ 2 แบ่งออกเป็น 5 ชนิด ดังต่อไปนี้

(1) น้ำที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือออกซิเจนผสมอยู่ด้วย

(2) เครื่องดื่มที่มีหรือทำจากผลไม้ พืชหรือผัก ไม่ว่าจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือออกซิเจนผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ตาม

(3) เครื่องดื่มที่มีหรือทำจากส่วนผสมที่ไม่ใช่ผลไม้ พืชหรือผัก ไม่ว่าจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือออกซิเจน ผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ตาม

(4) เครื่องดื่มตาม (2) หรือ (3) ชนิดเข้มข้นซึ่งต้องเจือจางก่อนบริโภค

(5) เครื่องดื่มตาม (2) หรือ (3) ชนิดแห้ง

ข้อ 4 เครื่องดื่มตามข้อ 2 ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) มีกลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะของเครื่องดื่มนั้น

(2) ไม่มีตะกอน เว้นแต่ตะกอนอันมีตามธรรมชาติของส่วนประกอบ

(3) น้ำที่ใช้ผลิตต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพหรือมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยเรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

(4) ตรวจพบแบ่คทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 2.2 ต่อเครื่องดื่ม 100 มิลลิลิตร โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (Most Probable Number)

(5) ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด อี.โคไล (*Escherichia coli*)

(6) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

(7) ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์หรือสารเป็นพิษอื่นในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

(8) ไม่มียีสต์และเชื้อรา

(9) ไม่มีสารปนเปื้อน เว้นแต่ดังต่อไปนี้

(9.1) สารหนู	ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม
(9.2) ตะกั่ว	ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม
(9.3) ทองแดง	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม
(9.4) สังกะสี	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม
(9.5) เหล็ก	ไม่เกิน 15 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม
(9.6) ดีบุก	ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม

(9.7) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม

(10) ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือใช้ร่วมกับน้ำตาล นอกจากการใช้น้ำตาลได้ โดยให้ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ตามมาตรฐานอาหาร เอฟ เอ โอ/ดับบลิว เอช โอ โคเด็กซ์ (Joint FAO/WHO, Codex) ที่ว่าด้วยเรื่องวัตถุเจือปนอาหารและฉบับที่ได้แก้ไขเพิ่มเติมในกรณีที่ไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้ตามวรรคหนึ่งให้สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประกาศกำหนดโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการอาหาร

(11) มีแอลกอฮอล์อันเกิดขึ้นจากธรรมชาติของส่วนประกอบและแอลกอฮอล์ที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิต รวมกันได้ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก ถ้าจำเป็นต้องมีแอลกอฮอล์ในปริมาณสูงกว่าที่กำหนดไว้ต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา แอลกอฮอล์ที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิตต้องไม่ใช้เมทิลแอลกอฮอล์ เครื่องดื่มชนิดเข้มข้นที่ต้องเจือจางหรือเครื่องดื่มชนิดแห้งที่ต้องละลายก่อนบริโภคตามที่กำหนดไว้ในฉลาก เมื่อเจือจางหรือละลายแล้วตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มได้ตาม (4) และมี สารปนเปื้อนได้ตามที่กำหนดไว้ใน (9)

ข้อ 5 เครื่องดื่มตามข้อ 3 นอกจากต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 4 แล้ว ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานเฉพาะ ดังต่อไปนี้ด้วย

(1) เครื่องดื่มตามข้อ 3(2) ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามประเภทหรือชนิดของผลไม้ พืชหรือผักนั้น ๆ ที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

(2) เครื่องดื่มตามข้อ 3(2) ชนิดเข้มข้นหรือชนิดแห้ง เมื่อเจือจางหรือละลายแล้วต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามประเภทหรือชนิดของผลไม้ พืชหรือผักนั้น ๆ ที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

(3) เครื่องดื่มชนิดแห้งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 6 ของน้ำหนัก ถ้าเป็นเครื่องดื่มชนิดแห้งที่ผลิตจากพืชหรือผัก ให้มีความชื้นได้ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

(4) เครื่องดื่มตามข้อ 3(2) หรือ 3(3) มีวัตถุกันเสียได้ ดังต่อไปนี้

(4.1) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม

(4.2) กรดเบนโซอิค หรือกรดซอร์บิค หรือเกลือของกรดทั้งสองนี้ โดยคำนวณเป็นตัวกรดได้ไม่เกิน 200 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม เครื่องดื่มตามข้อ 3(2) หรือ 3(3) ชนิดเข้มข้น เมื่อเจือจางแล้วมีวัตถุกันเสียได้ ไม่เกินที่กำหนดไว้ใน (4) เครื่องดื่มตามข้อ 3(2) หรือ 3(3) ชนิดแห้ง เมื่อละลายแล้วมีวัตถุกันเสียได้ไม่เกินที่กำหนดไว้ใน (4) การใช้วัตถุกันเสียให้ใช้ได้เพียงชนิดหนึ่งชนิดใดตามปริมาณที่กำหนดใน (4.1) หรือ (4.2) ถ้าใช้เกินหนึ่งชนิด ต้องมีปริมาณของชนิดที่ใช้รวมกันไม่เกินปริมาณของวัตถุกันเสียชนิดที่กำหนดให้ใช้น้อยที่สุด เมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุ

กันเสียแตกต่างไปจากที่กำหนดไว้ดังกล่าวข้างต้น ต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

ข้อ 6 ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทเพื่อจำหน่าย ต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร

ข้อ 7 ภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุเครื่องดื่ม ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ภาชนะบรรจุ

ข้อ 8 การแสดงฉลากของเครื่องดื่ม ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องฉลาก เว้นแต่การใช้ชื่อเครื่องดื่มตามข้อ 3(2) ที่มีหรือทำจากน้ำผลไม้ทั้งชนิดเหลวหรือชนิดแห้งและเครื่องดื่มตามข้อ 3(3) ซึ่งมีกลิ่นหรือรสผลไม้ที่ได้จากการสังเคราะห์ทั้งชนิดเหลวและชนิดแห้ง ให้ปฏิบัติ ดังต่อไปนี้

(1) เครื่องดื่มตามข้อ 3(2) ให้ใช้ชื่อ ดังนี้

(1.1) "น้ำ ..... 100%" (ความที่เว้นไว้ให้ระบุชื่อผลไม้) สำหรับเครื่องดื่มที่มีหรือทำจากผลไม้ล้วน

(1.2) "น้ำ ..... 100% จากน้ำ ..... เข้มข้น" (ความที่เว้นไว้ให้ระบุชื่อผลไม้) สำหรับเครื่องดื่มที่ทำจากการนำผลไม้ชนิดเข้มข้นมาเจือจางด้วยน้ำ เพื่อให้มีคุณภาพหรือมาตรฐานเหมือนกับเครื่องดื่มตาม (1.1)

(1.3) "น้ำ .....%" (ความที่เว้นไว้ให้ระบุชื่อและปริมาณเป็นร้อยละของผลไม้) สำหรับเครื่องดื่มที่มีหรือทำจากผลไม้ตั้งแต่ร้อยละ 20 ของน้ำหนักขึ้นไป แต่ไม่ใช่เครื่องดื่มตาม (1.1)

(1.4) "น้ำรส .....%" (ความที่เว้นไว้ให้ระบุชื่อและปริมาณเป็นร้อยละของผลไม้) สำหรับเครื่องดื่มที่มีหรือทำจากผลไม้ไม่ถึงร้อยละ 20 ของน้ำหนัก

(2) เครื่องดื่มตามข้อ 3(3) ซึ่งมีกลิ่นหรือรสของผลไม้ที่ได้จากการสังเคราะห์เป็นส่วนผสมให้ใช้ชื่อ ดังนี้ "น้ำหวานกลิ่น....." (ความที่เว้นไว้ให้ระบุชื่อกลิ่นของผลไม้ที่ได้จากการสังเคราะห์)

(3) เครื่องดื่มตามข้อ 3(4) นอกจากจะต้องใช้ชื่อเครื่องดื่มตาม (1) หรือ (2) โดยไม่ต้องแสดงปริมาณของผลไม้แล้วจะต้องมีข้อความ "เข้มข้น" ต่อท้ายชื่อดังกล่าว และให้แสดงข้อความ "เมื่อเจือจางแล้วมีน้ำ .....%" (ความที่เว้นไว้ให้ระบุชนิดและปริมาณของผลไม้) ไว้ใต้ชื่อเครื่องดื่มด้วย

(4) เครื่องดื่มตามข้อ 3(5) นอกจากจะต้องใช้ชื่อเครื่องดื่มตาม (1) หรือ (2) โดยไม่ต้องแสดงปริมาณของผลไม้แล้วจะต้องแสดงข้อความ "เมื่อละลายแล้วมีน้ำ .....%" (ความที่เว้นไว้ให้ระบุชนิดและปริมาณของผลไม้) ไว้ใต้ชื่อเครื่องดื่มแล้ว เครื่องดื่มที่ใช้วัตถุที่ให้ความหวาน

แทนน้ำตาล ต้องแสดงข้อความว่า "ใช้ ..... เป็นวัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาล" (ความที่เว้นไว้ให้ระบุชื่อของวัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ใช้) ด้วยตัวอักษรขนาดไม่เล็กกว่า 2 มิลลิเมตร สีของตัวอักษรตัดกับสีพื้นของฉลากข้อความที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประกาศกำหนด (ถ้ามี)

ข้อ 9 ประกาศนี้ไม่ใช้บังคับกับเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในการส่งออก

ข้อ 10 ให้ใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหารหรือใบสำคัญการใช้ฉลากอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 62 (พ.ศ.2524) เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ลงวันที่ 7 กันยายน พ.ศ.2524 แก้ไขเพิ่มเติมโดยประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 180) พ.ศ.2540 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ.2542 ซึ่งออกให้ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับยังคงใช้ต่อไปได้อีกสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ข้อ 11 ให้ผู้ผลิต ผู้นำเข้าเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่ได้รับอนุญาตอยู่ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ ยื่นคำขอรับเลขสารบบอาหารภายในหนึ่งปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ เมื่อยื่นคำขอดังกล่าวแล้วให้ได้รับการผ่อนผันการปฏิบัติตามข้อ 6 ภายในสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ และให้คงใช้ฉลากเดิมที่เหลืออยู่ต่อไปจนกว่าจะหมดแต่ต้องไม่เกินสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ข้อ 12 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวัน นับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ซึ่งโครงงานพิเศษนี้ได้ทำการผลิตเครื่องดื่มน้ำหม่อนชนิดขุ่น 25%

2.14 **หลักการถนอมอาหาร** (principle of food preservation)

1. การป้องกัน และ ชะลอการเน่าเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์
2. การป้องกัน และ ชะลอการเน่าเสียที่เกิดจากเอนไซม์ในอาหารเอง
3. การป้องกันการถูกทำลายจากแมลง สัตว์ และแรงกระทำภายนอก

2.15 วิธีการถนอมอาหาร (method of food preservation)

1. การป้องกันการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่จะปนเปื้อนในอาหารทุกขั้นตอนการผลิต (Good Manufacturing Practice; GMP)

2. การแยกจุลินทรีย์ออก เช่น การล้าง กรอง และ การตกตะกอน เป็นต้น

3. รักษาสภาพที่ไร้อากาศ

4. การใช้อุณหภูมิสูงในการทำลายจุลินทรีย์

5. การใช้อุณหภูมิต่ำเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

6. การทำให้อาหารแห้ง

7. การใช้รังสีทำลายจุลินทรีย์

8. การทำลายจุลินทรีย์เชิงกล

9. การใช้หลายวิธีร่วมกัน

2.16 การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน

ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิ และ เวลาในการฆ่าเชื้อ

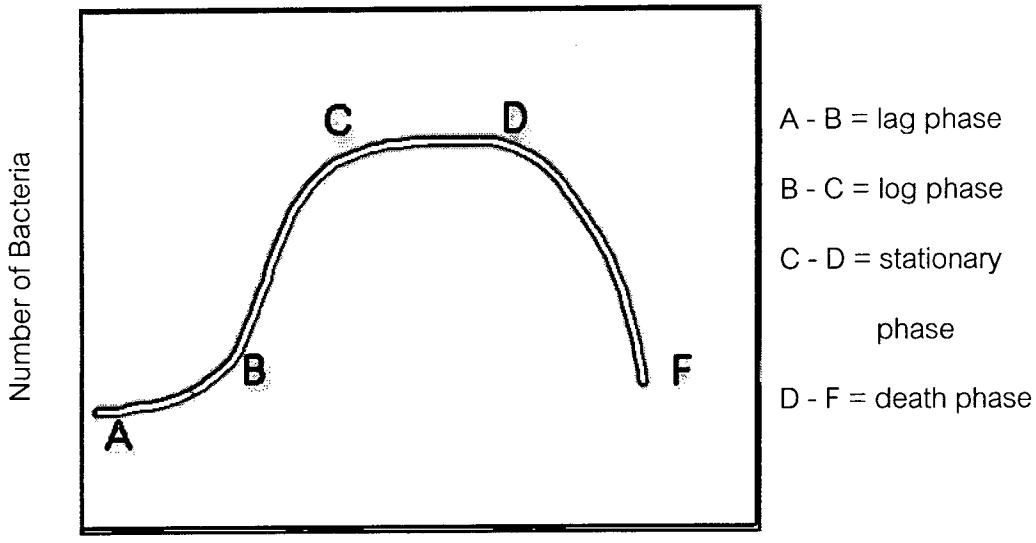
1. ชนิดของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์แต่ละชนิดทนความร้อนได้ไม่เท่ากัน จุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิสูง จะทนความร้อนได้ดีกว่าจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตในที่อุณหภูมิต่ำ

2. ปริมาณเชื้อเริ่มต้น ถ้าปริมาณเชื้อมากก็ต้องใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนาน

ตารางที่ 2.8 ผลของจำนวนเชื้อเริ่มต้น และเวลาในการฆ่าเชื้อในน้ำข้าวโพด ที่ pH 6.0 และอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

จำนวนสปอร์ต่อมิลลิลิตร	เวลา (นาที)
50,000	14
5,000	10
500	9
50	8

3. อายุของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ทนต่อความร้อนได้ดีที่สุด จะอยู่ในช่วง stationary phase แต่ต้องขึ้นกับสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

4. องค์ประกอบของอาหาร

4.1 pH ของอาหาร ในอาหารที่มี pH สูง เชื้อจะทนต่อความร้อนได้ดีกว่า ในอาหารที่มี pH ต่ำ ดังนั้น ในการผลิตอาหารชนิดความเป็นกรดต่ำจะต้องใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อสูงกว่าชนิดที่มีความเป็นกรดสูง

ตารางที่ 2.9 ผลของ pH ต่อการทนความร้อนของสปอร์ (*Bacilus subtilis*) ที่อุณภูมิ 100 องศาเซลเซียสใน phosphate solution

pH	เวลา (นาที)
4.40	2
5.60	7
6.80	11
7.60	11
8.40	9

4.2 ความชื้น ความร้อนชื้นมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อดีกว่าความร้อนแห้ง ในอาหารแห้งจะต้องใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อมากกว่าอาหารที่มีความชื้นสูง

4.3 องค์ประกอบอื่นๆ เช่น กลูโคส เกลือโซเดียมคลอไรด์ โปรตีน และไขมัน เป็นต้น ในอาหารเหล่านี้ จะช่วยเพิ่มหรือลด ความสามารถในการทนต่อความร้อนของเชื้อแต่ละชนิดได้ต่างกัน

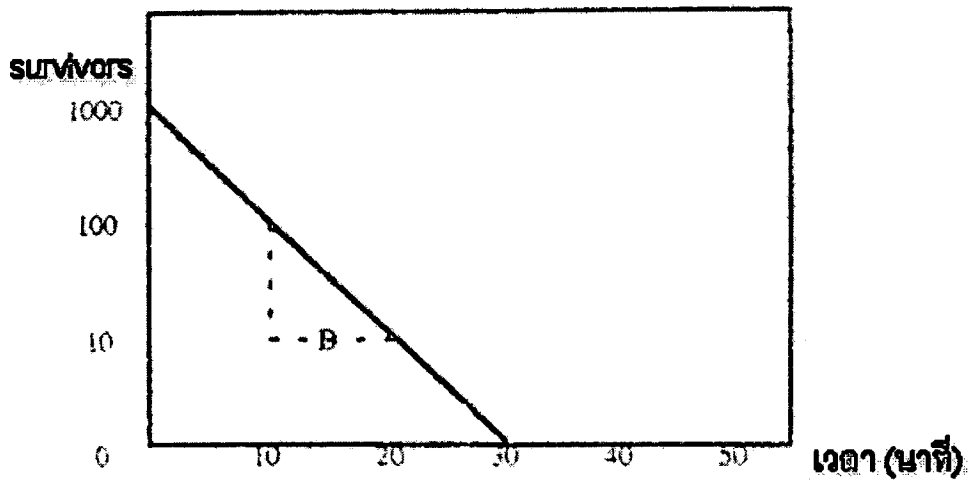
ตารางที่ 2.10 ผลของโปรตีน และไขมัน ต่อการทนความร้อนของเชื้อต่างๆ

อาหาร	*S. Lactis* องศาเซลเซียส	*E. Coli* องศาเซลเซียส	*L. bulgaricus* องศาเซลเซียส
Cream	69 - 71	73	95
Whole milk	63 - 65	69	91
Skim milk	59 - 63	65	89
Whey	57 - 61	63	83

2.17 การตายของแบคทีเรีย (Death of bacteria)

การตายของแบคทีเรีย จะทำให้แบคทีเรียลดลงแบบ เลขยกกำลัง (exponential) ตามเวลาในการฆ่าเชื้อ

D value (decimal reduction time) คือเวลาเป็นนาทีในการฆ่าเชื้อ ที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle (ร้อยละ 90) ณ ที่อุณหภูมิหนึ่ง



รูปที่ 2.6 แสดง Survivor curve

จากรูปที่ 2.6 ซึ่งแสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่หลงเหลือ (Survivor curve) D = 10 นาที TDT = 30 นาที TDT (thermal Death time) คือ เวลาเป็นนาที ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ลดลงเหลือ 1 เซลล์ ณ อุณหภูมิหนึ่ง

2.18 การทำให้เย็น (cooling)

การทำให้เย็น ควรทำให้อุณภูมิลดลงเร็วที่สุด เพื่อป้องกัน overcooking และการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิด Thermophilic bacteria

2.19 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในขวดแก้ว

การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อและบรรจุขวดแก้วภายใต้สุญญากาศ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสีย ส่วนใหญ่จะถูกทำลายได้ในช่วงอุณหภูมิ 74 ถึง 100 องศาเซลเซียส ขนาดของขวดแก้วและความเป็นกรดของอาหาร จะมีผลต่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ เทคนิคการฆ่าเชื้อ มี 2 วิธี ดังนี้คือ

1. การฆ่าเชื้อด้วยการบรรจุร้อน ผักและผลไม้ที่ผ่านการต้มจะถูกบรรจุในขวดแก้วที่ร้อน จึงเทของเหลวที่ร้อน แล้วต้มฆ่าเชื้อในน้ำที่เดือดแล้ว

2. การฆ่าเชื้อด้วยการบรรจุเย็น ผักและผลไม้จะถูกบรรจุในขวดแก้วที่เย็น แล้วเทของเหลวที่เย็น แล้วจึงเริ่มขั้นตอนฆ่าเชื้อในน้ำที่เดือด

ตารางที่ 2.11 ผลิตภัณฑ์และค่า pH (pH ต่ำกว่า 4.5)

ผลิตภัณฑ์	ค่า pH
ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ	3.8-4.4
ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้	
- น้ำมะนาว	2.2-2.4
- น้ำส้ม	3.0-4.0
- น้ำกระเจี๊ยบ	2.2-2.4
- น้ำสับปะรด	3.4-3.7
- น้ำลำไย	4.0-4.4
- น้ำองุ่น	3.5-4.5
- น้ำแอปเปิ้ล	3.3-3.5

ตารางที่ 2.11 (ต่อ) ผลิตภัณฑ์และค่า pH (pH ต่ำกว่า 4.5)

ผลิตภัณฑ์	ค่า pH
ผลิตภัณฑ์แยมผลไม้	
- เยลลี่ผลไม้	3.0-3.5
ผลิตภัณฑ์หมักดอง	
- ผักดอง	3.1-3.7
ผลิตภัณฑ์สลัดผัก	3.6-4.0

ดังนั้นการฆ่าเชื้อทั้งสองวิธี จะมีเวลาในการฆ่าเชื้อต่างกัน การใช้เทคนิคการบรรจุร้อนจะมีผลดี คือใช้เวลาในการฆ่าเชื้อที่สั้นและสามารถบรรจุได้มากขึ้น เนื่องจากผักและผลไม้จะหดตัวเมื่อถูกความร้อน ส่วนการใช้เทคนิคการบรรจุเย็น จะสามารถรักษาคุณภาพคุณลักษณะของสีกลิ่น และรสไว้ได้ดี คุณภาพผักและผลไม้ของทั้งสองวิธี จะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ยิ่งใช้เวลาในการฆ่าเชื้อสั้น คุณลักษณะคุณภาพของผักผลไม้ก็ยิ่งดีขึ้น

ขั้นตอนการในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในขวดแก้ว

1. โดยวิธีบรรจุเย็น

1.1 บรรจุผักผลไม้ในขวดให้เต็ม เหลือช่องว่างช่วงบนประมาณ 1.5 นิ้วจากฝาขวด

1.2 เติมของเหลวในขวดให้ท่วมผักผลไม้เหลือช่องว่าง 1 นิ้วจากปากขวด

1.3 ปิดฝาให้แน่น ห่อด้วยผ้าขาวบางเพื่อป้องกันกระแทก

1.4 เทน้ำใส่หม้อให้ท่วมขวดแก้ว อย่างน้อย 1 นิ้ว

1.5 ปิดฝาหม้อต้มน้ำให้เดือดด้วยไฟปานกลาง จึงลดไฟลง โดยใช้ไฟอ่อน 10 ถึง 40 นาที ขึ้นกับชนิดของผักและผลไม้

2. โดยวิธีบรรจุร้อน

2.1 เตรียมผักและผลไม้ล้างสะอาด

2.2 ต้มในน้ำเชื่อมหรือของเหลวชนิดอื่นให้ร้อน ถ้าเป็นน้ำเชื่อม ใช้น้ำตาล 250 กรัม ถึง 500 กรัม ต่อน้ำ 600 มิลลิลิตร

2.3 บรรจุผักและผลไม้ในขวดขณะร้อน เหลือช่องว่างช่วงบนประมาณ 1.5 นิ้ว หรือ 1 นิ้วจากปากขวด

2.4 เติมน้ำเชื่อมที่ร้อน ลงในขวดให้ท่วมผัก ผลไม้ เหลือช่องว่างประมาณ 1 นิ้ว จากปากขวด

2.5 ปิดฝาให้แน่นขณะร้อน ห่อด้วยผ้าขาวบางเพื่อป้องกันการกระแทก

2.6 ต้มขวดในน้ำที่เดือด อุณหภูมิปานกลาง โดยใช้เวลาตั้งแต่ 5 ถึง 50 นาที ขึ้นอยู่กับชนิดของผักและผลไม้

ตารางที่ 2.12 แสดงเวลาในการฆ่าเชื้อ ผัก ผลไม้ที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.5

	ค่าความเป็นกรด	อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ (^{o}C)	เวลาในการฆ่าเชื้อ (นาที)	
			บรรจุเย็น	บรรจุร้อน
ผลไม้ในน้ำเชื่อม	2	74	10	2
	3	82	15	20
	4	88	40	50
น้ำผลไม้	2.5	70	5	-
	> 2.5 แต่ไม่เกิน 4.5	88	25	20
แยมผลไม้ที่มีน้ำตาลต่ำ	ต้องไม่เกิน 3.5	100	-	2
ซอสมะเขือเทศ	4	100	-	20
ผักดองเปรี้ยว	4	100	-	20

2.20 สารให้ความคงตัวของความขุ่นที่ใช้ในเครื่องดื่ม

โดยทั่วไปผู้บริโภคส่วนใหญ่มักต้องการน้ำผลไม้ที่มีความขุ่น เพื่อให้เครื่องดื่มมีลักษณะปรากฏที่เป็นธรรมชาติ (Hernandez และคณะ, 1991) เมื่อเครื่องดื่มมีส่วนที่ก่อให้เกิดความขุ่นน้อย จึงมักมีการเติมสารให้ความขุ่น (clouding agents) ลงไปเพื่อให้เกิดลักษณะปรากฏที่มีความขุ่น ดังนั้นในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทั่วไป จึงมีการเติมสารให้ความขุ่น

ปัจจุบันมีเครื่องดื่มมากมายที่ใช้สารให้ความขุ่นสังเคราะห์ เพื่อทำให้เกิดลักษณะปรากฏที่ดีถึงแม้ว่ามีการใช้สารให้ความขุ่นสังเคราะห์มาเป็นเวลานาน แต่ก็ต้องใช้ในปริมาณจำกัดภายใต้ขอบเขตของกฎหมาย ดังนั้นความต้องการในการใช้สารให้ความขุ่นตามธรรมชาติจึงเพิ่มขึ้น

สารให้ความขุ่นที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. สามารถรักษาความคงตัวให้แก่ผลิตภัณฑ์เป็นเวลานานอย่างน้อย 3 เดือน โดยปราศจากการเกิดการก่อตัวของวงแหวนน้ำมันบริเวณคอขวด (ringing) การเกิดลักษณะเป็นครีม (creaming) หรือการตกตะกอน (sedimentation)

2. ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น และรสชาติในเครื่องดื่ม

3. ถูกต้องตามกฎหมาย (Kaufman และ Garti, 1984)

4. สามารถละลายได้ง่ายในน้ำเย็น
5. มีความหนืดต่ำเมื่อละลายน้ำ
6. มีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิฟายเออร์ที่สูง
7. ไม่ทำให้เกิดเจล (Tan, 1990)

มีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์เป็นสารให้ความคงตัวในอิมัลชัน เพื่อควบคุมวิทยากระแส (rheology) ของผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ มากมาย ปกติมักใช้ในปริมาณความเข้มข้นที่ต่ำในช่วงร้อยละ 0.05-5.00 (Krumel และ Sarkar, 1975) Szczesniak (1986) กล่าวว่าปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ เป็นส่วนประกอบของอาหารกันอย่างแพร่หลายได้แก่ ความหนืด การเกิดเจล และการเกิดฟิล์ม ส่วนปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกไฮโดรคอลลอยด์ให้เหมาะกับชนิดของอาหารควรคำนึงถึง วิทยากระแส อัตราแรงเฉือน (shear rate) เวลาในการเฉือน (shear time) อุณหภูมิ pH ประจุ และองค์ประกอบอื่นที่มีอยู่ภายในอาหาร

2.21 ไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์หรือไฮโดรฟิลิกคอลลอยด์ หมายถึง สารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์กัม (polysaccharide gum) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีสายยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูงในโมเลกุลอาจประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์ชนิดเดียวกันทั้งหมด เป็นโฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น เดกแทรซ์แทรน (dextran) และฟอสโฟแมนแนน (phosphomannan) หรือประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์หลายชนิดเป็นเฮเตอโรพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น กัมอะราบิก (gum arabic) กัมแกตติ (gum ghatti) และกัมคารายา (gum karaya) เป็นต้น

2.21.1 การจำแนกชนิดของไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์สามารถจำแนกเป็นชนิดต่างๆ ได้ 2 วิธี คือ

1. จำแนกตามแหล่งที่มา ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

ก. ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ยาง เมล็ด ราก หัว และได้จากสาหร่ายทะเล (seaweed) บางชนิดได้มาจากสัตว์ เช่น เจลาติน

ข. ไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นอนุพันธ์ของสารที่ได้จากธรรมชาติหรือดัดแปลงสารจากธรรมชาติ (modified natural) เช่น อนุพันธ์ของเซลลูโลส และอนุพันธ์ของสตาร์ช

ค. ไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นสารสังเคราะห์ (synthetic) เช่น พอลิไวนิลไพโรลิดีน (polyvinylpyrrolidene) และพอลิเอทิลีนออกไซด์พอลิเมอร์ (polyethylene oxide polymers)

2. จำแนกตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุล และfunctional หรือ reactive group ที่อยู่ในโมเลกุลของพอลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งอาจเป็นประจุลบ (anionic) หรือเป็นกลาง (neutral) สำหรับพอลิแซ็กคาไรด์กัมชนิดที่มีประจุลบ คือพวกที่มีหมู่ซัลเฟต หมู่คาร์บอนิก และหมู่ฟอสเฟต

2.21.2 สมบัติทั่วไปของไฮโดรคอลลอยด์

1. การกระจายตัวในน้ำ (Dispersibility in water)

ไฮโดรคอลลอยด์ส่วนใหญ่ละลายได้ดีในน้ำร้อน มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น เช่น กัมอะราบิก และกัมบางชนิดละลายได้บ้างในตัวทำละลายอินทรีย์ การที่ไฮโดรคอลลอยด์ มีความสามารถในการละลาย หรือการกระจายตัวได้ในน้ำผันแปรแตกต่างกันเรียกว่า degree of solubility ซึ่งปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง คือ อุณหภูมิและความเข้มข้น พอลิแซ็กคาไรด์กัมส่วนใหญ่ละลายได้ดีที่ความเข้มข้นประมาณร้อยละ 1-2 อนุพันธ์เซลลูโลสบางชนิดสามารถละลายได้ที่ความเข้มข้นสูง ๆ เนื่องจากมีความหนืดต่ำ ส่วนกัมอะราบิกและลาร์ชกัมละลายได้สูงถึงร้อยละ 50 และ 40 ตามลำดับ

การละลายของไฮโดรคอลลอยด์ส่วนใหญ่ต้องใช้ความร้อน จึงจะทำให้เกิดการไฮเดรชันมากที่สุด เช่น โลคัสต์บีนกัม และทรากาแคนต์ แต่อะการ์ต้องต้มจนเดือดจึงจะเกิดการละลาย หรือกระจายตัวได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม ในทางตรงข้าม เมทิลเซลลูโลสไม่ละลายในน้ำร้อน แต่ละลายได้ดีในน้ำเย็น

2. วิทยากระแส (Rheology)

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างแรง (force) , การเปลี่ยนรูป (deformation) และเวลา อาจรวมถึงอุณหภูมิและปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ไฮโดรคอลลอยด์เป็นสารประกอบประเภทโพลีแซ็กคาไรด์ ซึ่งมีการเปลี่ยนพฤติกรรมวิทยากระแส เมื่ออยู่ในรูปสารละลาย Krumel และ Sarkar (1975) ได้ศึกษาวิทยากระแสของไฮโดรคอลลอยด์ พบว่ามีความสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภคและควรใช้พิจารณาเพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหาร

3. ความหนืด (Viscosity)

พอลิแซ็กคาไรด์กัมเมื่อละลายน้ำ จะได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น และสารละลายของกัมแต่ละชนิดจะมีความหนืดแตกต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายกัม ได้แก่

ก. ธรรมชาติของพอลิแซ็กคาไรด์กัม

ข. อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ละลาย

ค. ความเข้มข้นของสารละลาย สารละลายกัมแต่ละชนิดจะให้ความหนืดสูงที่สุดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เช่น ลาร์ชกัม และกัมอะราบิก จะให้ความหนืดสูงสุดเมื่อมีความ

เข้มข้นร้อยละ 10-20 แต่ทรากาแคนต์ โลคัสต์บีนกัม และกัวร์กัมจะให้ความหนืดสูงสุดเมื่อมีความเข้มข้นเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น

ระยะเวลาที่ใช้ในการละลายก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายกัม ตัวอย่างเช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและกัวร์กัม เมื่อละลายในน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืดสูงอย่างรวดเร็ว ตรงกันข้ามกับทรากาแคนท์จะละลายน้ำได้อย่างช้า ๆ จึงต้องใช้เวลานานในการละลาย เพื่อให้สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงสุด

2.21.3 หน้าที่ของไฮโดรคอลลอยด์

ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้นำไฮโดรคอลลอยด์มาใช้ประโยชน์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของอาหารตาสมบัติของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ซึ่งจะทำหน้าที่ได้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ ที่นิยมใช้กันมาก คือ ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด อิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ และสารทำให้เกิดฟิล์ม (film-forming agent) การทำหน้าที่ดังกล่าวของไฮโดรคอลลอยด์จะสัมพันธ์กับความหนืดของสารละลายที่ใช้ ซึ่งจะผันแปรตามความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ด้วย ปริมาณการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในหน้าที่ดังกล่าวรวมกันประมาณร้อยละ 65 ของไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้ประโยชน์ทั้งหมด สำหรับหน้าที่อื่น ๆ ใช้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ปริมาณการใช้ประโยชน์ของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.13 ปริมาณการใช้กัมแต่ละชนิดตามหน้าที่ในอุตสาหกรรมอาหาร

หน้าที่	ร้อยละ
Stabilizer, suspending agent และ dispersant	25
Thickener	23
Film-forming agent	17
Water-retention agent	12
Coagulant	7
Colloid	6
Lubricant และ friction reducer	5
อื่นๆ	5

ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดมีหน้าที่เฉพาะในผลิตภัณฑ์อาหาร ไฮโดรคอลลอยด์บางชนิดอาจทำหน้าที่ได้เพียงอย่างเดียว เช่น เป็นสารเพิ่มความหนืด แต่มีบางชนิดสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น เป็นทั้งสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว และเป็น gelling agent

ด้วย เช่น แอลจิเนต หรือเป็นเฉพาะสารเพิ่มความหนืดและสารเพิ่มความคงตัวเท่านั้น เช่น สตาร์ช ซึ่งหน้าที่หลักของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 หน้าที่ของไฮโดรคอลลอยด์บางชนิดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

ไฮโดรคอลลอยด์	หน้าที่		
	Thickener	Gelling agent	Stabilizer
กัวร์กัม	+	-	-
โลคัสต์บีนกัม	+	-	-
เพกทิน	-	+	+
แอลจิเนต	+	+	+
อะการ์	-	+	+
คาร์ลราจีแนน	-	+	+
กัมทรากาแคนต์	+	-	-
กัมอะราบิก	+	-	+
สตาร์ช	+	-	+
แซนแทนกัม	+	-	+
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	+	-	+

กัมจัดเป็นไฮโดรคอลลอยด์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นสารประกอบโพลีเมอร์ที่มีขนาดโมเลกุลเท่ากับขนาดของคอลลอยด์ (10-1000 อังสตรอม) จึงมีคุณสมบัติที่กระจายตัว หรือเป็นเนื้อเดียวกับน้ำได้ดี และช่วยเพิ่มความหนืดให้สารละลาย โดยทั่วไปกัมที่มีโครงสร้างเป็นแบบเชิงเส้น (linear polysaccharide) จะมีความหนืดสูงกว่ากัมที่มีโครงสร้างแบบกิ่งก้านสาขา (branch polysaccharide) เนื่องจากโมเลกุลแบบเส้นตรงจะเข้าสัมผัสกับสารอื่น ๆ ได้ง่ายกว่า (Glicksman, 1982) กัมเป็นสารที่ช่วยให้ข้น หรือทำให้เกิดเจล ส่วนใหญ่เป็นสารโพลีแซ็กคาไรด์ ที่มีโครงสร้างซับซ้อน กัมชนิดต่าง ๆ จะมีความสามารถในการกระจายตัว การละลาย การให้ความหนืด และความคงตัวแตกต่างกันไปตามชนิดของกัม ซึ่งความสามารถในการให้ความหนืดขึ้นอยู่กับชนิดของกัม อุณหภูมิที่ใช้ ปริมาณกัม ระดับการเกิดโพลีเมอไรเซชั่น และสารอื่น ๆ ที่อาจจะมีอยู่ในสารละลายหรืออาหาร (ศิวาพร, 2529)

2.21.4 การแบ่งประเภทของกัมที่สามารถละลายน้ำได้

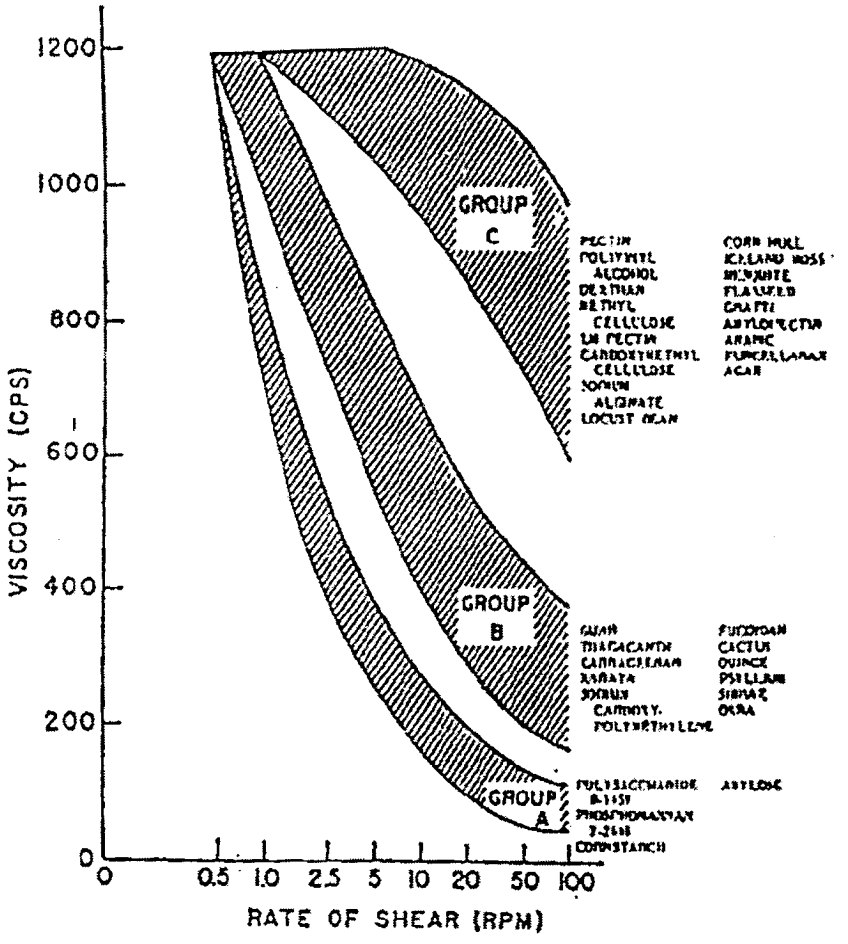
สามารถแบ่งกัมที่สามารถละลายน้ำออกได้เป็น 3 ชนิดดังนี้ (Cherry, 1982)

1. กัมจากธรรมชาติ (natural gum) ได้แก่น้ำยางจากต้นพืช เช่น กัมอะราบิค กัมทรากาแคนท์ กัมคารายา จากส่วนของเมล็ดพืช เช่น กัวร์กัม โลคัสบีนกัม จากสาหร่ายทะเล เช่น วุ้น อัลจีเนต คาราจีแนน จากธัญพืช เช่น สตาร์ช จากส่วนของพืช เช่น เพคติน และกัม จากเชื้อจุลินทรีย์ เช่น เดร็กซ์แทรน และแซนแทน เป็นต้น

2. กัมเกิดจากการดัดแปลงจากแหล่งธรรมชาติ (modified natural gum) ได้แก่ อนุพันธ์เซลลูโลส เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) และกัมจากแหล่งอื่น ๆ เช่น สตาร์ชดัดแปลง เพคตินชนิดที่มีเมทอกซีต่ำ

3. กัมสังเคราะห์ (synthetic gum) เช่น โพลีไวนิลไพโรริโดน (PVP)

จากความสัมพันธ์ระหว่างค่า shear rate กับความหนืดที่เปลี่ยนแปลงไป สามารถแบ่งกัมออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยกลุ่ม A ประกอบด้วยกัมที่มีความหนืดลดลงมาก เมื่อค่า shear rate เพิ่มขึ้น จะทำให้ลักษณะของอาหารที่รับประทานเข้าไปแล้วสามารถละลายได้ง่าย และไม่เหนียวเหนอะปาก (non-sliminess) กลุ่ม C คือ กัมที่มีการเปลี่ยนแปลงความหนืดเล็กน้อย จนถึงปานกลาง เมื่ออัตราแรงเฉือนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะให้ลักษณะของอาหารที่มีความเข้มข้นระดับหนึ่ง ในรูปของเหลวเหนียว เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะให้ความรู้สึกเป็นเมือกในปาก (sliminess) เนื่องจากอาหารไม่กระจายตัว หรือละลายในปากอย่างช้า ๆ และกลุ่ม B คือ กัมที่อยู่ระหว่างกลางจะเห็นได้ว่าความรู้สึกเป็นเมือกในปาก จะมีรูปของกราฟเข้าใกล้ความหนืดและมีอัตราแรงเฉือนมาก ยกเว้นโลคัสบีนกัม ซึ่งแม้ว่าจะมีให้ความรู้สึกแบบเป็นเมือกในปากบ้าง แต่ก็จัดอยู่ในกลุ่ม C เนื่องจากลักษณะความหนืด รูปกราฟของความหนืด และอัตราแรงเฉือน อาจมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับความเข้มข้น และขนาดโมเลกุลของกัม อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงนี้ไม่รุนแรงพอที่จะส่งผลกระทบต่อการแบ่งชนิดกัม (Szczesniak และ Farkas, 1962) กัมสามารถเป็นตัวป้องกันคอลลอยด์เพื่อทำให้เกิดความคงตัวได้โดยกระทำตัวเป็นเสมือนสะพานระหว่าง continuous phase และอนุภาคซึ่งกัมจะไปห่อหุ้มเอาไว้ เมื่อผิวหน้าของอนุภาคที่แขวนลอยแต่ละตัวถูกปกคลุมด้วยกัม ทำให้อนุภาคนั้นสูญเสียคุณสมบัติพื้นผิวตามปกติ และรับคุณสมบัติพื้นผิวของคอลลอยด์ที่ปกคลุมเอาไว้ คอลลอยด์ที่ปกคลุมอยู่มีความดึงดูดต่อ continuous phase ดังนั้น phase ทั้งสองจึงเชื่อมกัน และทำให้การแขวนลอยมีความคงตัว (Glicksman, 1982)



รูปที่ 2.7 ผลของอัตราแรงเฉือนต่อความหนืดของสารละลายกัม

ที่มา : Szczesniak และ Farkas (1962)

2.21.5 **การใช้ประโยชน์จากกัมในเครื่องดื่ม** (Enriquez และ Flick, 1989)

1. แซนแทนกัม มักใช้กับเครื่องดื่มผลไม้ตระกูลส้ม และเครื่องดื่มที่มีกลิ่นรสผลไม้ ทำให้มีความรู้สึกในปาก และมีการปลดปล่อยกลิ่นรสที่ดี จึงมักใช้เป็นสารให้ความคงตัวแก่กลิ่นรสในเครื่องดื่มประเภทอิมัลชัน ความเข้มข้นที่ใช้ในเครื่องดื่มอยู่ในช่วงร้อยละ 0.001-0.5 นอกจากนี้ยังสามารถละลายได้อย่างรวดเร็ว และสมบูรณ์ที่ pH ต่ำ ซึ่งช่วยในการแขวนลอยของส่วนประกอบที่ไม่ละลายน้ำได้เป็นอย่างดี สามารถอยู่รวมกับองค์ประกอบต่าง ๆ ในอาหารได้ รวมทั้งแอลกอฮอล์ การเติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.025-0.17 จะช่วยให้เกิดเนื้อสัมผัสในเครื่องดื่มน้ำผลไม้ปรุงแต่ง ส่วนในน้ำส้มมีการเติมกัมผสมระหว่าง แซนแทนกัมร้อยละ 0.02-0.06 และCMC ร้อยละ 0.02-0.14 เพื่อช่วยในการแขวนลอยของเนื้อส้ม โดย CMC จะช่วยให้โปรตีนในเนื้อส้มเกิดความคงตัวด้วย (Pettitt, 1982)

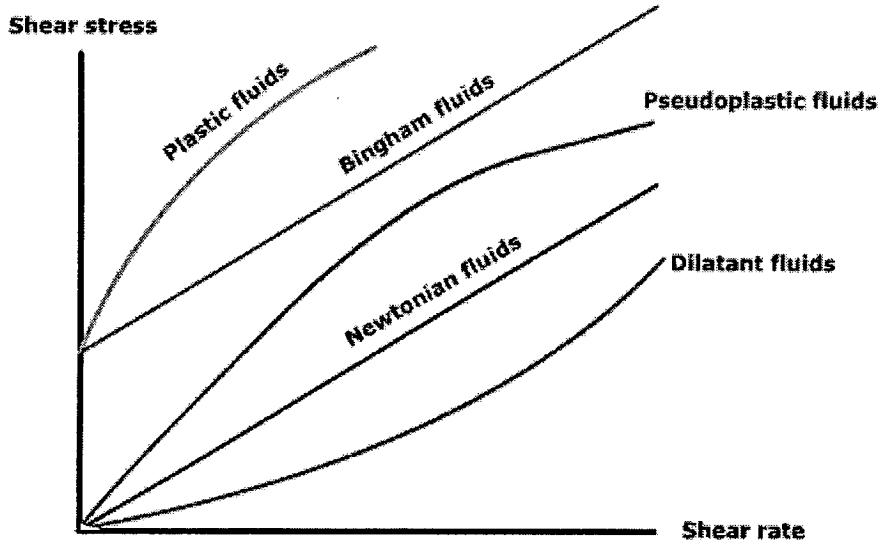
2. คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ในผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้บางชนิดที่มีเนื้อผลไม้ผสมอยู่ อาจเกิดการตกตะกอนทับถมกันภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน ซึ่งเป็นการยาก

ที่จะรักษาเนื้อผลไม้ให้แขวนลอย หรือกระจายตัวอยู่ในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อหลีกเลี่ยงการแยกชั้นที่เกิดขึ้น จึงมีการเติม CMC หรือไฮโดรคอลลอยด์ผสม เพื่อคงสภาพความข่นในสภาพแขวนลอย ความเข้มข้นของ CMC ที่จำเป็นต่อความคงตัวที่ดีขึ้นอยู่กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และระดับความเจือจางก่อนการบริโภค ถ้าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีสูง ควรใช้ความเข้มข้นของ CMC ที่ต่ำ เพราะความหนืดของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงพอแล้ว นอกจากนี้ยังให้เนื้อสัมผัสแก่เครื่องดื่มที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่น้อยอีกด้วย นอกจากจะช่วยให้เนื้อผลไม้มีความคงตัวแล้ว CMC ยังลด หรือป้องกันการก่อตัวของวงแหวนน้ำมันบริเวณคอขวด หากมีการเติมสารกันเสีย สารให้สี และสารให้กลิ่นรสควรเติมก่อนการเติมสารละลาย CMC แล้วจึงเติมกรดซิตริกหรือกรดอื่น ๆ เพื่อปรับ pH CMC ที่ใช้มักเป็นชนิดที่มีความหนืดปานกลาง และความหนืดสูง โดยอัตราที่ใช้อยู่ในช่วงร้อยละ 0.1-0.4 ในบางกรณีอาจมีการใช้ CMC ร่วมกับกัมชนิดอื่น ๆ (Zecher และ Van Coillie, 1992)

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตเครื่องดื่มน้ำผลไม้ที่มีเนื้อมากให้เกิดความคงตัว คือการทำให้เนื้อผลไม้ในน้ำผลไม้แขวนลอยอยู่ได้เป็นเวลานานที่สุด โดยผสมกัมที่มีประสิทธิภาพดีในปริมาณต่ำสุด (Anonymous, 1981) ได้พัฒนากัมจากการผสมของกัมที่ได้จากธรรมชาติ (Ticaloid 550) เติมลงในเนื้อผลไม้แขวนลอยที่ระดับต่ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดต่ำและมีความรู้สึกในปากที่ดี นอกจากนี้เมื่อบรรจุน้ำผลไม้ในขวดแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัวของความขุ่นสม่ำเสมอกัน Padival และคณะ (1980) พบว่าการให้ความร้อนแก่น้ำผลไม้เพื่อยับยั้งกิจกรรมของเพคตินเอนไซม์ ไม่มีประสิทธิภาพพอที่จะทำให้คว่ามขุ่นในเครื่องดื่มน้ำผลไม้บรรจุขวด เช่น สควอช (squash) ครัช (crush) และไซรัป (syrup) ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วงร้อยละ 40-60 มีความคงตัวได้ดังนั้นจึงมีการใช้กัมเติมลงในเครื่องดื่ม เพื่อช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

2.22 ลักษณะพฤติกรรมการไหลของไหล

ในการศึกษาเรื่องความหนืด เมื่อทำการพลอทกราฟระหว่างค่า Shear stress กับ Shear rate ในวัสดุชีวภาพใด ๆจะได้กราฟตามรูปที่ 2.8



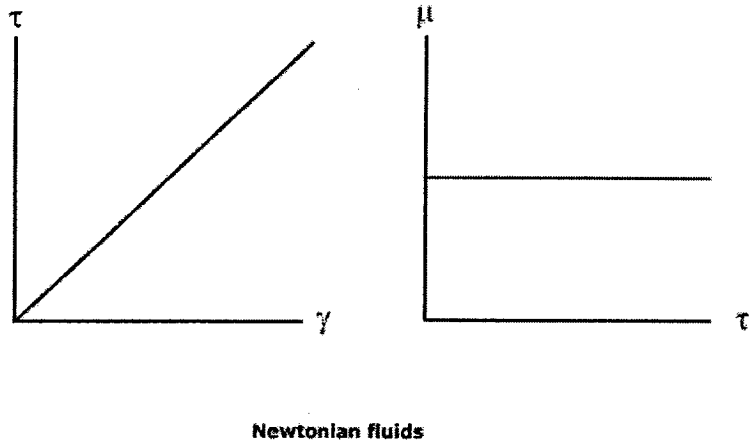
รูปที่ 2.8 ลักษณะของพฤติกรรมการไหล

ที่มา: ดัดแปลงจาก Toledo (1991)

2.22.1 การแบ่งประเภทลักษณะพฤติกรรมการไหล

เราสามารถจำแนกลักษณะการไหลที่เกิดขึ้นออกเป็น 2 กลุ่ม ใหญ่ ๆ คือ

1. ของไหลนิวโตเนียน (Newtonian Fluids) เช่น น้ำ น้ำมันเจือจาง เป็นต้น ในรูปที่ 2.9 แสดงลักษณะของกราฟของของไหลนิวโตเนียน ค่าความหนืดที่ได้จะมีค่าคงที่อย่างมีนัยสำคัญ ในสมการของ ค่า n ของของไหลนิวโตเนียนมีค่าเท่ากับ.1 เสมอ



รูปที่ 2.9 กราฟของไหลที่มีพฤติกรรมการไหลแบบนิวโตเนียน

2. ของไหลนอน-นิวโตเนียน (Non-Newtonian Fluid) เช่น อาหารข้นทั่วไป เช่น ซอสมะเขือเทศ มัสตาร์ด มายองเนส ซึ่งในอาหารทั่วๆไปจะพบว่ามีลักษณะการไหลเป็นแบบนอน-นิวโตเนียนเป็นส่วนใหญ่ การที่เกิดลักษณะการไหลประเภทนี้เป็นเพราะภายในของไหลมีขนาดของอนุภาคที่มี ขนาดและรูปร่างต่างๆ ซึ่งทำให้ในระหว่างช่วงการไหลเกิดลักษณะไม่ราบรื่น ในการไหลแบบนอน-นิวโตเนียนมีปัจจัยหลาย ๆอย่างที่มีผลทำต่อ Shear rate

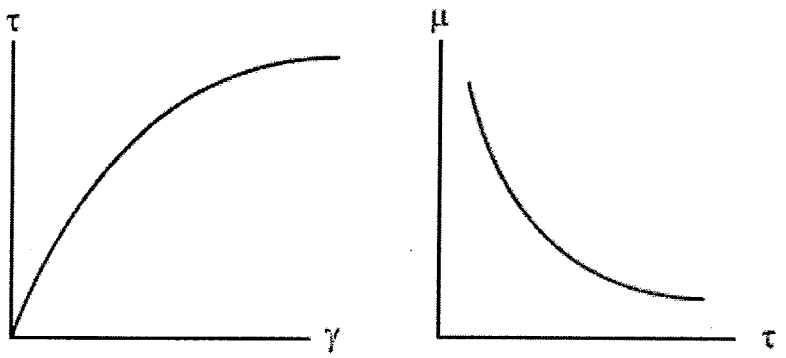
ของไหลนอน-นิวโตเนียนสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่

2.1 พวกที่ไม่ขึ้นกับเวลา (Time independent non-newtonian fluids)

ค่าความหนืดของของไหลพวกนี้จะขึ้นอยู่กับ Shear stress กับ Shear rate แต่จะไม่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ของไหลได้รับความเค้นเฉือน (Shear stress) แต่อย่างใด นั่นคือความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress และ Shear rate จะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นอยู่กับเวลา ตัวอย่างของไหลนอนนิวโตเนียนประเภทนี้ ได้แก่

2.1.1 ของไหลซูโดพลาสติก (Pseuduplastic fluids)

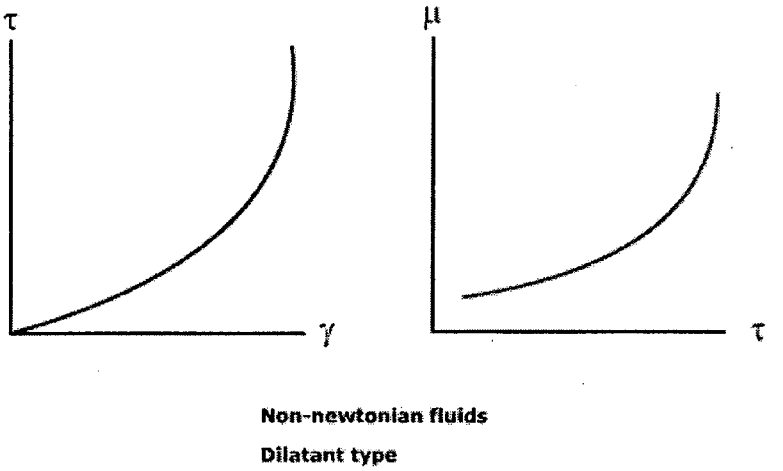
ลักษณะของการไหลประเภทนี้คือ ค่าความหนืดมีค่าลดลงเมื่อแรงเฉือนเพิ่มสูงขึ้น ดังเช่นแสดงในรูปที่ 2.10 ซึ่งของไหลนอน-นิวโตเนียนโดยมากมักจะไหลในลักษณะนี้ นอกจากนี้ลักษณะการไหลประเภทนี้ยังมีชื่อเรียกอื่นๆว่า Shear-thinning และ Power law liquid ตัวอย่างทั่วไปของของไหลประเภทนี้ได้แก่ นม, fruit puree, มายองเนส, มัสตาด และซุปผัก



รูปที่2.10 กราฟของไหลที่มีพฤติกรรมการไหลแบบนอน-นิวโตเนียน ประเภทซูโดพลาสติก

2.1.2 ของไหลไดลาแทนต์ (Dilatant fluids)

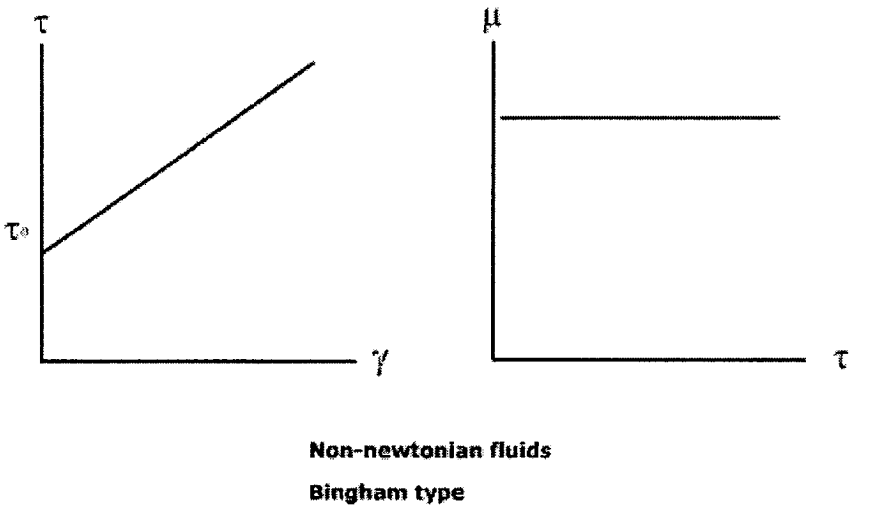
ลักษณะของการไหลประเภทนี้คือ ค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแรงเฉือนเพิ่มสูงขึ้น ดังเช่นแสดงในรูปที่ 2.11 ลักษณะของการไหลประเภทนี้พบเห็นได้ยากกว่าประเภทซูโด-พลาสติก ของไหลไดลาแทนต์จะพบเห็นได้ในของไหลหรืออาหารลักษณะมีตะกอนของแข็งนอนก้น ยกตัวอย่างเช่น candy compound น้ำแป้งข้าวโพด นอกจากนี้ลักษณะของไหลไดลาแทนต์ยังเรียกอีกอย่างได้ว่าลักษณะการไหลแบบ Shear-thickening



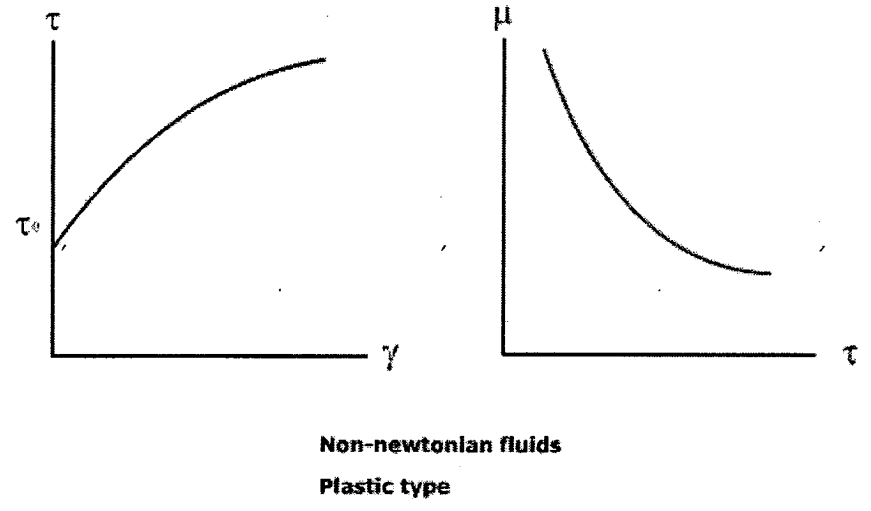
รูปที่ 2.11 กราฟของไหลที่มีพฤติกรรมการไหลแบบนอน-นิวโตเนียน ประเภทไดลาแทนต์

2.1.3 ของไหลพลาสติก (Plastic fluids) และของไหลบิงแฮม (Bingham fluid)

ของไหลประเภทนี้ที่ค่าแรงเฉือนมีค่าต่ำๆจะไม่มีการเคลื่อนที่แต่อย่างใด จนกระทั่งค่าแรงเค้นเฉือนเพิ่มขึ้นถึงค่า t_0 ซึ่งเรียกจุดที่แรงเค้นมีผลทำให้ของไหลเกิดการเคลื่อนที่นี้ว่า Yield value หรือ ในบางตำราเรียกว่า Yield stress ในของไหลบิงแฮม (Bingham fluids) เมื่อออกแรงเค้นจนถึงจุด Yield stress หลังจากนั้นของไหลจะพฤติกรรมเหมือนของไหลนิวโตเนียน ดังรูปที่ 2.12 ตัวอย่างของของไหลที่มีพฤติกรรมแบบนี้ได้แก่ ซอสมะเขือเทศ (Tomato catsup) ส่วนของไหลพลาสติกนั้นเมื่อออกแรงจนถึงจุด Yield stress ของไหลก็จะมีพฤติกรรมการไหลคล้ายกับของไหล Pseudoplastic ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 กราฟของไหลที่มีพฤติกรรมการไหลแบบนอน-นิวโตเนียน ประเภทบิงแฮม



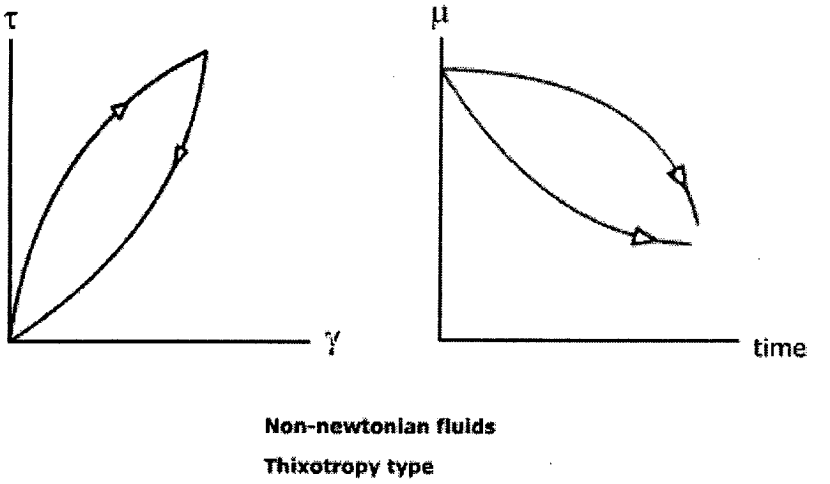
รูปที่ 2.13 กราฟของไหลที่มีพฤติกรรมการไหลแบบนอน-นิวโตเนียน ประเภทพลาสติก

2.2 พวกที่ขึ้นกับเวลา (Time dependent non-newtonian fluids)

ค่าความหนืดของของไหลพวกนี้นอกจากจะขึ้นอยู่กับค่า Shear stress และ Shear rate แล้ว ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ของไหลได้รับแรงเค้นเฉือนได้รับ ตัวอย่างของไหลประเภทนี้ได้แก่

2.2.1 ของไหลไธโซทรอปิค (Thixotropic fluids)

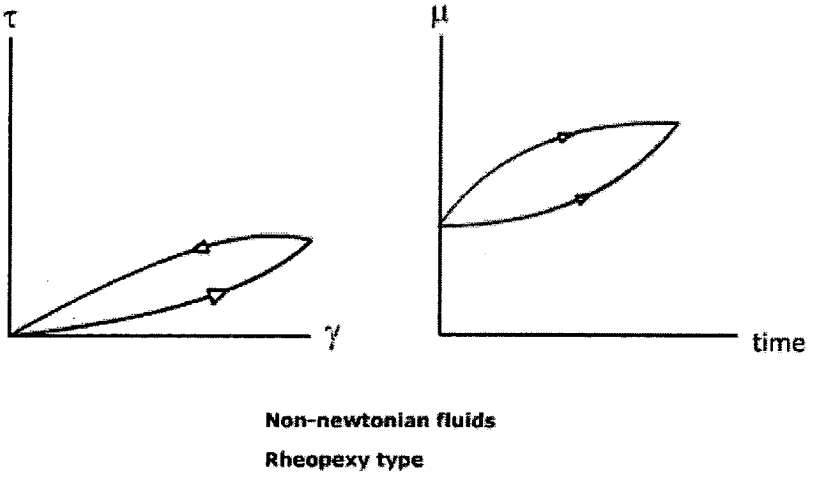
ของไหลประเภทนี้ค่าความหนืดจะลดลงตามระยะเวลาดังแสดงในรูปที่ 2.14 เมื่อของไหลได้รับแรงเค้นเฉือนในอัตราคงที่ ลักษณะการไหลประเภทนี้พบได้น้อย แต่ก็มีพบบ้างในวัสดุประเภท grease สีทาบ้าน และน้ำหมึกสำหรับเครื่องพิมพ์ขนาดใหญ่



รูปที่ 2.14 กราฟของไหลที่มีพฤติกรรมการไหลแบบนอน-นิวโตเนียน ประเภทไธโซทรอปิค

2.2.2 ของไหลรีโอเพคซิค (Rheopecxic fluids)

ของไหลประเภทนี้ค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาดังแสดงในรูปที่ 2.15 เมื่อของไหลได้รับแรงเค้นเฉือนในอัตราคงที่ ลักษณะการไหลแบบรีโอเพคซิคนี้ค่อนข้างจะพบได้ยาก



รูปที่ 2.15 กราฟของไหลที่มีพฤติกรรมการไหลแบบนอน-นิวโตเนียน ประเภทรีโอเพคซิค

การที่จะตัดสินว่าอาหารแสดงคุณสมบัติแบบใด และมีค่าความข้นหนืดเท่าใด นั้นขึ้นอยู่กับการวัดค่า Apparent viscosity (μ_{app}) และ Shear rate (γ) ซึ่งมีหน่วยเป็น Pa.s (1,000 centipoises) และ second^{-1} ตามลำดับ เครื่องมือสำหรับวัดเรียกโดยทั่วไปว่า Rheometer หรือ Viscometer ซึ่งมีหลายแบบ แต่โดยทั่วไปสามารถ แสดงค่า μ_{app} และ γ ได้ ที่นิยมคือ Brookfield® viscometer.

สำหรับ Rotational viscometer (ตัวอย่าง Brookfield viscometer) การเปลี่ยนความเร็วของการหมุน (rotational speed ของ spindle) เพิ่มขึ้น หมายถึงการเพิ่ม Shear rate (γ) ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ Apparent viscosity (μ_{app}) ถ้าการเปลี่ยนแปลงของ rotational speed ไม่ทำให้ μ_{app} เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ถือว่าอาหารนั้นมีคุณสมบัติเป็น Newtonian fluid และสามารถสรุปได้ว่าอาหารมีความข้นหนืดเท่ากับ μ_{app} แต่ถ้าการเปลี่ยนแปลงของ rotational speed ทำให้ μ_{app} เปลี่ยนแปลง ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ในรูปเอกซ์โปเนนเชียล ถือว่าอาหารนั้นมีคุณสมบัติเป็น Non-newtonian fluid การสรุปความข้นหนืดของอาหารใน รูป μ_{app} ต้องกำกับ γ ด้วยเสมอ อย่างไรก็ตามเพื่อความเป็นสากล การรายงานความหนืดของอาหาร Non-newtonian นิยมรายงานในค่าทั่วไปของความหนืดซึ่งได้แก่ Consistency index, K (Pa.s^n) และ Flow behavior, n (ไม่มีหน่วย)

ค่า K และ n คำนวณจากความสัมพันธ์ ของ Herschel-Bulkley model ในรูปของ ค่า Apparent viscosity (μ_{app}) และ Shear rate (γ) ดังนี้

$$\mu_{app} = K\gamma^{n-1} \qquad .....1$$

$$\log \mu_{app} = \log K + (n-1)\log\gamma \qquad .....2$$

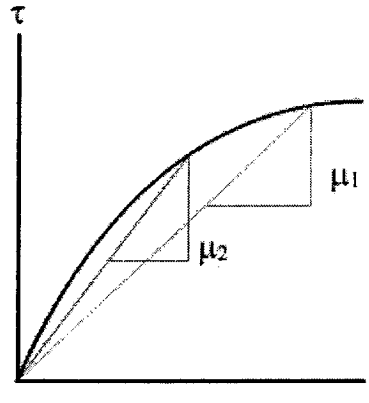
โดยการพลอทกราฟ log-log ระหว่าง Log (μ_{app}) บนแกน Y และ Log(γ) บนแกน X ค่า slope คือ (n-1) และ interception คือ Log(K) ตามตัวอย่างในรูปที่ 2.17

$$n = \text{slope}+1 \qquad .....3$$

$$K = 10^{\text{intercept}} \qquad .....4$$

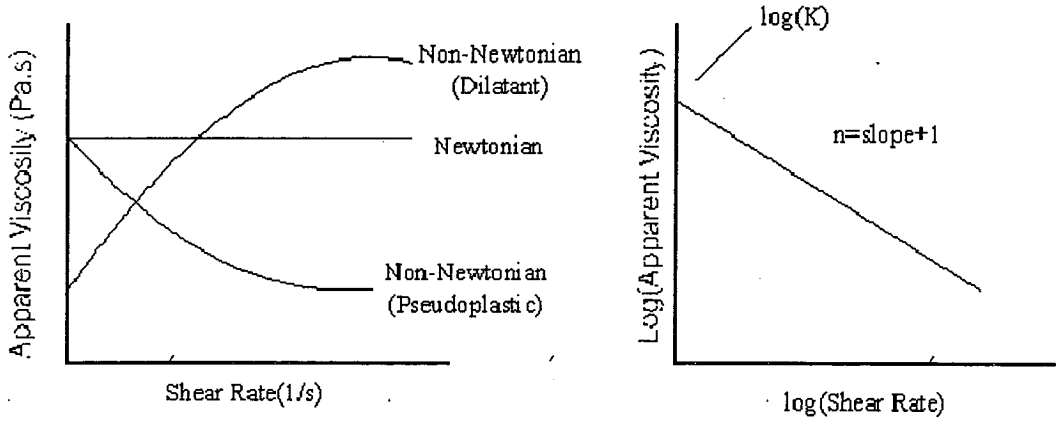
จะสังเกตได้ว่าถ้าอาหารมีคุณสมบัติเป็น Newtonian fluid ค่า n จะเท่ากับ 1 ทำให้ μ_{app} เท่ากับ K และความหนืดของอาหารมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับ shear rate หรือ rotational speed. ส่วนของไหลชนิด Pseudoplastic จะมีค่า n มากกว่า 1 และของไหล Dilatant จะมีค่า n น้อยกว่า 1

ค่า n และ K ที่ได้จากกราฟ เป็นค่าคงที่เฉพาะตัวของอาหารซึ่งใช้ในการทำนายความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity, μ_{app}) ณ shear rate ต่างๆกัน ซึ่งในต่างประเทศมีการวิจัยค้นคว้าหาค่า n และ K ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดกันอย่างกว้างขวาง



Determination of μ_{app} from shear stress-shear rate plot

รูปที่ 2.16 การหาค่า μ_{app} ด้วยการพลอทค่า shear stress-shear rate ลงบนกระดาษ log-log



รูปที่ 2.17 ลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากการลงจุดบนกระดาษ log-log

ตารางที่ 2.15 ตัวอย่างลักษณะพฤติกรรมการไหลและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะพฤติกรรมการไหล	K	n	t_0	ตัวอย่าง
นิวโตเนียน	> 0	1	0	น้ำ น้ำผลไม้เจือจาง น้ำมันพืช
ซูโดพลาสติก	> 0	0 < n < 1	0	Applesauce Banana puree concentrated juice
ไดลาแทนต์	> 0	1 < n < infinity	0	40% corn starch solution
บิงแฮม พลาสติก	> 0	1	> 0	ยาสีฟัน ซอสมะเขือเทศ

ที่มา: ดัดแปลงจาก http://baen.tamu.edu/users/rmoreira/