

บทที่ 2

สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องดื่มผง

การผลิตเครื่องดื่มผงเป็นการนำวัตถุดิบประเภทผักหรือผลไม้ชนิดต่างๆ นำมาผ่านกระบวนการทำเป็นน้ำผักผลไม้ก่อน แล้วนำไปทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้ง การผลิตเครื่องดื่มผงในประเทศไทย พบว่าได้รับความนิยมมาก ทั้งนี้เพราะการผลิตเครื่องดื่มที่มีปริมาณความเข้มข้นสูง ย่อมจะเสื่อมคุณภาพได้ง่ายกว่าอาหารที่มีปริมาณความเข้มข้นต่ำ เช่น พวกเครื่องดื่มจากผลไม้ เครื่องดื่มคัดแปลงน้ำผลไม้ เป็นต้น ดังนั้นการทำแห้งหรือทำให้เป็นผง จึงลดปริมาณความเข้มข้นในอาหารลง ทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ หลักการทำเครื่องดื่มผงเป็นการทำแห้งอาหารชนิดหนึ่ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาจะมีลักษณะผง มีการละลายน้ำดี มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 5 สามารถเก็บได้นานที่อุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์อาหารผงที่สามารถชงละลายได้ทันทีมีอีกชื่อหนึ่งว่า Instantized powder (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546)

น้ำผลไม้ในปัจจุบันเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั่วไป การที่จะเก็บน้ำผลไม้ไว้บริโภคได้นานๆ นั้น ต้องเสียค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีการนำเอาน้ำผลไม้มาอบให้แห้ง ผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งควรคุณสมบัติที่ดี คือ สามารถทำให้กลับคืนรูปเดิมได้อย่างรวดเร็วโดยน้ำเย็นภายในเวลา 1 - 2 นาที มีสี รส และกลิ่น ใกล้เคียงกับน้ำผลไม้สดมากที่สุด เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่สูญเสียคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็ก มีน้ำหนักและปริมาตรลดลงประมาณ 8 และ 4 เท่า ตามลำดับ (สมชาติ, 2532)

ประเภทของเครื่องดื่มผง แบ่งตามกรรมวิธีการผลิตได้ 3 แบบ (ไพโรจน์, 2535) คือ

1. การผลิตเครื่องดื่มน้ำผลไม้แห้ง ได้จากการสกัดน้ำผลไม้แท้ และนำเข้าเครื่อง spray dryer เพื่อฉีดอาหารให้เป็นฝอย และกระทบกับความร้อนทำให้แห้งเป็นผง ต่อมามีการพัฒนาไปใช้เครื่องทำแห้งแบบ freeze dryer โดยนำน้ำผลไม้มาแช่แข็ง แล้วอบภายใต้สถานะสูญญากาศ ทั้งนี้เพื่อให้น้ำแข็งในน้ำผลไม้ระเหิดกลายเป็นไอ ส่วนที่เป็นของแข็งจะคงลักษณะเดิม ดังนั้นผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งจึงมีลักษณะเป็นรูพรุน จึงทำให้กลับคืนรูปเดิมได้ง่าย และเพิ่มการละลายให้มากขึ้นได้ เช่น การผลิตกาแฟผง การผลิตนมผง และน้ำผลไม้ผงต่างๆ ซึ่งวิธีนี้มีการลงทุนค่อนข้างสูง

2. การผลิตเครื่องดื่มผงคัดแปรงหรือเครื่องดื่มกึ่งแท่ง เป็นเครื่องดื่มที่ผลิตได้จากการเคลือบสารให้กลิ่นรสลงไปในสารที่เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งนิยมใช้น้ำตาล แป้ง หรือนมผง สารที่นำมาเคลือบเพื่อให้กลิ่นรสนี้ อาจเป็นสารสังเคราะห์ สารที่สกัดได้จากธรรมชาติ คือ สกัดได้จากผลไม้ และหัวน้ำเชื้อของเครื่องดื่ม การเคลือบสารให้กลิ่นรสลงบนส่วนประกอบหลักทำได้โดยการฉีดสารเคลือบลงบนส่วนประกอบหลัก เพื่อเคลือบผิวกลิ่นรสน้ำผลไม้ไว้ แล้วจึงนำไปอบแห้ง ซึ่งในขั้นตอนการเคลือบนี้อาจต้องทำซ้ำหลายครั้งจนกว่าจะได้กลิ่นรสเครื่องดื่มตามต้องการ นอกจากนั้นอาจมีการผสมสารให้กลิ่นรสเข้าไปโดยตรง โดยบดละเอียดผสมกับองค์ประกอบผงอื่นๆ เพื่อผลิตเป็นเครื่องดื่มผงตามต้องการ เช่น การผลิตเค้กขวยผง และการผลิตเครื่องดื่มขิงผง เป็นต้น

3. การผลิตเครื่องดื่มผงอัดแก๊ส เป็นเครื่องดื่มที่ผลิตเลียนแบบเครื่องดื่มอัดลม แต่ทำในลักษณะผง เป็นเครื่องดื่มที่มีสารโซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นส่วนประกอบ เมื่อนำไปละลายน้ำ สารนี้จะทำปฏิกิริยากับกรด จะสลายตัวเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความรู้สึกซ่าได้

ไพบูลย์ (2532) ได้สรุปเกี่ยวกับข้อได้เปรียบของอาหารแห้งไว้ ดังนี้คือ มีน้ำหนักเบา เสียพื้นที่ในการเก็บรักษาน้อยกว่าอาหารชนิดอื่นๆ และสามารถเก็บได้นานที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามอาหารแห้งก็มีข้อเสียเปรียบเช่นเดียวกัน คือ มีความไวต่อความร้อนในระดับหนึ่ง ทำให้เกิดกลิ่นและรสไหม้ขึ้นได้ ถ้าควบคุมสภาพไม่เหมาะสม เกิดการสูญเสียกลิ่นและรสที่ระเหยได้ เกิดการฟอกสีของผลิตภัณฑ์ได้ เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเนื่องจากการหดตัวรวมถึงการแห้งกรอบ เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่อาศัยเอนไซม์ เนื่องจากน้ำตาลได้รับความร้อนสูงทำให้เกิด caramelization ขึ้น และเกิดการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ได้ ถ้าหากว่าอัตราการอบแห้งเริ่มต้นช้า หรือปริมาณความชื้นสุดท้ายสูง หรือเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง

ในการผลิตเครื่องดื่มผงให้ได้คุณภาพดีนั้น จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้ (สมชาติ, 2532)

1. คุณภาพวัตถุดิบ วัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตนั้นมีคุณภาพดี การเตรียมน้ำผลไม้เข้มข้นโดยหม้อต้มระเหยจะต้องระวังเรื่องการสูญเสียกลิ่น และสี โดยทั่วไปสามารถต้มระเหยน้ำผลไม้ที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง โดยไม่สูญเสียกลิ่นและสี หากใช้อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส พบว่าเกิดการสูญเสียกลิ่นได้โดยง่าย การนำน้ำผลไม้เข้มข้นที่สูญเสียกลิ่นแล้วมาอบแห้งจะได้ผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งที่ไม่มีกลิ่นเช่นกัน

2. โครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง ควรมีลักษณะเปิดเป็นรูพรุน แข็งแรงไม่พังง่าย โครงสร้างดังกล่าวจะช่วยให้การกลับคืนรูปเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปเครื่องดื่ม

ผงควรละลายได้ในน้ำเย็นภายในเวลา 1 - 2 นาที วิธีการที่ใช้อบแห้ง เช่น การอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) การอบแห้งแบบพuff (puff drying) การอบแห้งในรูปของชั้นโฟม (foam-mat drying) และการอบแห้งแบบพ่นฝอยโฟม (foam-spray drying)

3. อุณหภูมิอบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรสูงเกินไป เพราะจะทำให้คุณภาพเสียหายอันเนื่องมาจากความร้อน (heat damage) วิธีการหลีกเลี่ยงความเสียหายดังกล่าวอาจทำได้โดยการอบแห้งเป็นหลายช่วง ในช่วงแรกผลิตภัณฑ์ยังมีความชื้นสูงอยู่ สามารถใช้อุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง เมื่อความชื้นลดลงบ้างแล้ว จึงลดอุณหภูมิที่ใช้ต่ำลงตามไปด้วย ผลที่ได้คือ ผลิตภัณฑ์จะไม่เสียหายเนื่องจากความร้อน และอัตราการอบแห้งยังคงค่อนข้างสูงด้วย

4. การทำให้เกาะกันเป็นก้อนเล็ก (agglomeration) เป็นการนำผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดมาทำให้ขึ้นเล็กน้อย เพื่อให้ผงขนาดเล็กเหล่านี้เกาะติดกัน ทำให้มีขนาดใหญ่อขึ้นแล้วนำไปอบแห้งอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน ทำให้สามารถกลับคืนรูปได้เร็วขึ้น เนื่องจากได้รับอิทธิพลของคาพิลลารีช่วยให้น้ำเคลื่อนที่ไปตามรูพรุนได้ดี

5. สารที่ใช้เติมลงไป (additives) สารที่ใช้เติมลงไปในการผลิตเครื่องดื่มผง อาจแบ่งได้เป็นสารที่ช่วยในการถนอมรักษาคุณภาพ (preservative or chemical effect) และสารที่ช่วยในการสร้างโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสม (physical effect) สารประเภทแรก ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งช่วยในการป้องกันการเปลี่ยนสี การสูญเสียกลิ่น อันเนื่องมาจากความร้อนสูง นอกจากนี้ยังช่วยรักษาสีและกลิ่นในระหว่างการเก็บรักษาด้วย ส่วนสารประเภทหลัง ได้แก่ อากาศ หรือก๊าซต่างๆ ที่ใช้ในการทำโฟม รวมถึงตัวทำให้โฟมมีความคงตัว เช่น alginates, soya protein หรือ glyceryl monostearate เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผงที่ดีนั้นควรจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้ (อรุณี, 2530)

1. ความสามารถในการดูดซึมของผิวอาหาร (wettability) ถ้ามีผิวสัมผัสมากจะดูดน้ำได้ดี เมื่อมีการเติมน้ำลงไป ทำให้เกิดการกระจายตัวในของเหลวได้ง่าย

2. การจมน้ำ (sinkability) เครื่องดื่มผงที่ละลายได้ดี จะมีการจมน้ำได้เร็ว ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาด และความหนาแน่นของผง

3. การกระจายตัว (dispersibility) เครื่องดื่มผงที่การกระจายตัวดี จะมีการจมน้ำได้ดี แต่หากอาหารรวมกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น ความสามารถในการกระจายตัวอาจลดลงได้

4. ความสามารถละลายน้ำ (solubility) และอัตราเร็วของการละลาย ขึ้นอยู่กับลักษณะหรือส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร

นอกจากนี้เครื่องดื่มผงยังมีคุณภาพต่างๆ อีก ได้แก่ ลักษณะของเนื้อสัมผัสซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความหนาแน่นก่อนการอัด และความยากง่ายในการคืนรูป ซึ่งองค์ประกอบของอาหาร

วิธีการทำแห้ง รวมถึงขนาดของผลิตภัณฑ์ จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส การแปรรูปอาหารที่มีไขมันต่ำ เช่น น้ำผลไม้ มันฝรั่ง และกาแฟ ให้เป็นผงแห้งทำได้ง่ายกว่านมผงที่มีมันเนยหรือสารสกัดจากเนื้อ นอกจากนี้ผิวของผงที่มีไขมันมากจะมีการดูดซึมน้ำได้น้อยกว่า ดังนั้นอาหารที่มีไขมันอาจต้องเติมสารเพิ่มการกระจายตัว (surface active agents) เช่น เลซิทีน หรือเติมสารเพิ่มความสามารถในการดูดซึมของผิวอาหาร แต่อาจทำให้คุณสมบัติของอาหารเปลี่ยนแปลงไป (อรุณี, 2530)

2.2 การทำเครื่องดื่มน้ำตาลโดยวิธีการเคลือบผิวน้ำตาล

วิธีการเคลือบผิวน้ำตาล โดยทั่วไปมักจะใช้วิธีการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อน (tray drying) โดยมีขั้นตอนใหญ่ๆ 2 ขั้นตอน คือ การสกัดและการเคลือบ การสกัดเป็นวิธีการที่ให้ตัวที่ละลาย ละลายเอาสารที่ให้กลิ่นออกมาจากวัตถุดิบในรูปของสารละลายผ่านการกรองน้ำที่สกัดได้ คือ อาจได้จากการสกัดจากผลไม้ หรือใช้หัวน้ำเชื้อของเครื่องดื่มน้ำตาล ซึ่งอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลว หลักการต่อไป คือ การเคลือบน้ำสกัดบนตัวนำ (carrier) หรือส่วนประกอบหลักซึ่งนิยมใช้น้ำตาล การเคลือบสารให้กลิ่นรสลงบนผิวน้ำตาลในลักษณะที่แห้ง ทำได้โดยการฉีดน้ำสกัดเป็นละอองฝอยลงบนน้ำตาล ซึ่งส่วนมากจะเกลี่ยน้ำตาลบนภาชนะภูมินิยม การฉีดน้ำสกัดไม่ควรฉีดมากเกินไป เพราะถ้าหากฉีดมากเกินไปจะทำให้ น้ำตาลละลาย ส่งผลให้การอบแห้งต้องใช้เวลาาน การฉีดควรฉีดปริมาณน้อยๆ แต่ฉีดหลายๆ ครั้ง เพื่อให้ได้กลิ่นรสของเครื่องดื่มน้ำตาลตามต้องการ สิ่งที่สำคัญในการทำเครื่องดื่มน้ำตาลวิธีนี้ คือ การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย อุณหภูมิ เวลา และเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อให้ได้สารละลายที่ประกอบด้วย สารที่ให้กลิ่นรส มากที่สุด และมีน้ำน้อยที่สุด เพื่อลดเวลาในการเคลือบให้น้อยที่สุด (ทนง, 2524)

วัตถุดิบที่สำคัญในการทำเครื่องดื่มน้ำตาลโดยวิธีนี้ คือ น้ำตาล ซึ่งน้ำตาลทั่วไป หมายถึง สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวานและให้พลังงานแก่ร่างกาย ในทางเคมีสามารถแบ่งน้ำตาลออกเป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ น้ำตาลชั้นเดียว (monosaccharide) เช่น น้ำตาลกลูโคส (glucose) น้ำตาลฟรุคโตส (fructose) เป็นต้น และน้ำตาลหลายชั้น (oligosaccharide) ที่รู้จักกันดีคือ น้ำตาลทราย หรือน้ำตาลซูโครส (sucrose) ซึ่งมีสูตรเคมี คือ $C_{12}H_{22}O_{11}$ และจัดเป็นน้ำตาลสองชั้นเพราะประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคส กับน้ำตาลฟรุคโตส พืชจะสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารธรรมชาติ หน่วยสุดท้ายของการสังเคราะห์สารที่จะได้ คือ น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลกลูโคสจะถูกเก็บสะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืชในรูปของแป้ง แต่มีพืชหลายชนิด เช่น อ้อย มะพร้าว ดาล หรือพืชหัว เช่น หัวผักกาดหวานที่มีน้ำน้อยพิเศษสามารถเปลี่ยนส่วนหนึ่งของ

น้ำตาลกลูโคส เป็นน้ำตาลฟรุคโตส และทำการสังเคราะห์น้ำตาลทั้งสองนี้ขึ้นเป็นน้ำตาลซูโครสได้ (กล้าณรงค์, 2536)

คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำตาล มีดังนี้ (กล้าณรงค์, 2536)

1. ความหวานของน้ำตาล น้ำตาลเป็นสารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (nutrient sweetener) การรับรู้รสหวานนั้นเกิดจากต่อมลิ้นรับรสบริเวณปลายลิ้นด้านบน รสหวานที่เรารู้สึกเป็นการประเมินทางอ้อมๆ ไม่สามารถระบุเป็นหน่วยวัดความหวานที่แท้จริงได้ รสหวานที่เรารู้สึกเป็นรสหวานโดยเปรียบเทียบความหวานของกลูโคส ซึ่งมีความหวานเท่ากับ 100 ฟรุคโตสเป็นน้ำตาลที่หวานที่สุด รองลงมา คือ ซูโครส กลูโคส มอลโตส และแล็กโทส วัตถุประสงค์หลักของการใส่น้ำตาลในอาหารคือทำให้ความหวาน โดยทั่วไปนิยมซูโครสหรือน้ำตาลทราย เพราะมีความหวานสูงและราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลอื่นๆ

2. การละลาย ผลึกน้ำตาลนั้นสามารถละลายน้ำได้ดี ตามปกติจะละลายได้ร้อยละ 30-80 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ปริมาณที่ละลายได้จะขึ้นกับอุณหภูมิ ซึ่งการละลายได้จะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความสามารถในการละลายน้ำของน้ำตาลแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ฟรุคโตสเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด รองลงมา คือ ซูโครส ส่วนกลูโคสและมอลโตสละลายน้ำได้ดีพอๆ กัน น้ำตาลที่ละลายน้ำได้น้อย คือ แล็กโทส

3. การเกิดสารสีน้ำตาลในอาหาร ในการเตรียมอาหารแปรรูปและเก็บรักษาอาหารบางชนิด จะพบว่ามีการเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non - enzymatic browning) ตามปกติจะพบว่าอาหารมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ ซึ่งน้ำตาลเป็นตัวสำคัญในปฏิกิริยาเคมีนี้ สารเคมีที่เกิดขึ้นมีตั้งแต่สีเหลืองจนมีสีดำ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นสีน้ำตาล กลิ่นรสของอาหารจะเปลี่ยนไป ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์สามารถจำแนกย่อยได้ 2 แบบ คือ

3.1 การเกิดคาราเมลไลเซชัน (caramelization) เป็นการให้ความร้อนสลายโมเลกุลของน้ำตาลให้แยกออก และเกิดพอลิเมอร์ไฮดรอกซีคาร์บอน ปฏิกิริยานี้มีสารเริ่มต้นเป็นน้ำตาลเท่านั้น เช่นการเผาน้ำตาลซูโครส ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จะสูญเสียน้ำออกจากโมเลกุลของน้ำตาลซูโครส ผงของซูโครสจะละลายและเดือดเป็นฟอง ได้เป็นสารใหม่ เรียกว่า คาราเมลเลน (caramelen) สารเคมีที่เกิดขึ้นในระยะนี้จะไม่หวานและเริ่มมีรสขม หากให้ความร้อนต่อไปอีก จะเกิดเป็นฮิวมิน (hummin) ซึ่งเป็นสารสีดำไม่ละลายน้ำ เรียกว่า คาราเมลลิน (caramelin) มีรสขม

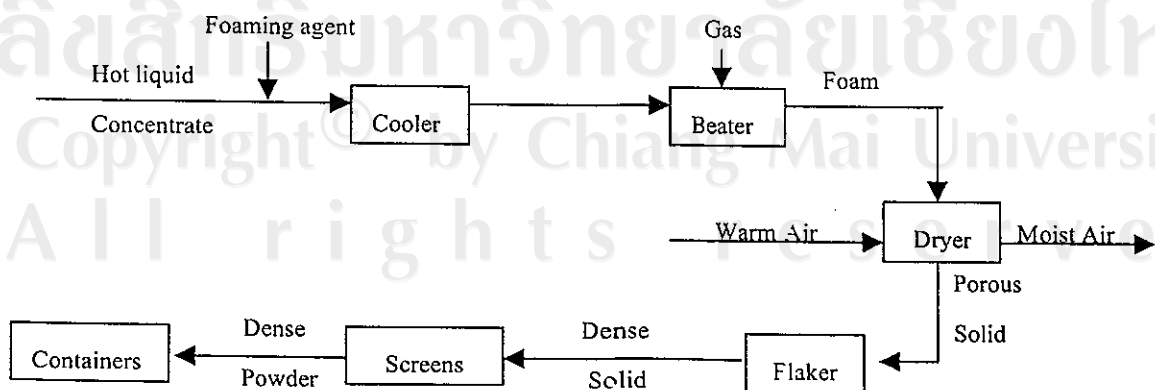
3.2 ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard browning) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่อะมิโนกับหมู่คาร์บอนิล ทำให้เกิดโพลีเมอร์ของสารสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า เมลานอยดิน (melanoidin) ปฏิกิริยานี้บางครั้งก็เป็นประโยชน์ แต่ส่วนใหญ่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์อาหาร เพราะทำให้เกิดสีและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และยังทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ

เนื่องจากสูญเสียกรดอะมิโนไลซีน และคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปฏิกิริยานี้คือ น้ำตาล เอมีน ฟิเอช และอุณหภูมิ

4. การควบคุมความชื้น ผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่มีความบริสุทธิ์สูงๆ จะมีคุณสมบัติในการควบคุมความชื้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ถ้าน้ำตาลที่มีสิ่งเจือปนสูง (มีความบริสุทธิ์ต่ำ) จะมีผลทำให้มีการควบคุมความชื้นที่สูงขึ้น น้ำตาลทั่วไป จะมีความชื้นเพียงร้อยละ 0.05 - 0.10 แต่น้ำตาลจะเริ่มควบคุมความชื้นได้อย่างรวดเร็ว ถ้าเก็บน้ำตาลในสถานะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) เกินกว่าร้อยละ 75 โดยทั่วไปโรงงานที่ผลิตน้ำตาล จะต้องมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ในระดับร้อยละ 40 - 60 เพื่อป้องกันการเกาะกลุ่มกันของน้ำตาล และเกิดเป็นผลึกน้ำตาลแข็ง ซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า "caking"

2.3 การทำแห้งแบบโฟม-เมท

กระบวนการทำแห้งแบบโฟม-เมทเริ่มพัฒนาขึ้นโดย Morgan และคณะ ภายหลังมีการพัฒนาต่อโดย Bissett และคณะ รวมถึงการพัฒนาของ Ginnette และคณะ (Morgan *et al.*, 1959, 1960, 1961 ; Morgan, 1961 ; Bissett *et al.*, 1963 ; Ginnette *et al.*, 1963 อ้างใน Ponting *et al.*, 1973) โดยการทำให้แห้งแบบโฟม-เมทเริ่มจากการนำอาหารเหลวมาทำให้เข้มข้น เพื่อลดปริมาณน้ำส่วนหนึ่ง ทำให้โฟมที่เกิดขึ้นมีความคงตัวยิ่งขึ้น ความเข้มข้นของอาหารควรอยู่ในระดับใด ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารเหลว อาหารบางชนิด เช่น นม และไข่ สามารถนำมาทำให้เกิดโฟมได้ทันที เนื่องจากมีส่วนประกอบของสารที่ทำให้เกิดโฟม สำหรับอาหารบางชนิดที่ไม่สามารถทำให้เกิดโฟม หรือสามารถทำให้เกิดโฟมได้แต่โฟมที่เกิดขึ้นไม่คงตัวและยุบตัวขณะอบแห้ง จึงต้องใช้สารเคมีช่วย คือสารที่ก่อให้เกิดโฟม (foaming agent) และหรือสารเพิ่มความคงตัวของโฟม (foam stabilizer) อาหารที่ผ่านการทำให้เกิดโฟม แล้วจะถูกนำมาแผ่กระจายลงบนถาด และอบให้แห้งโดยใช้ลมร้อน รายละเอียดดังภาพ 2.1



ภาพ 2.1 แผนภูมิกระบวนการทำแห้งแบบโฟม-เมท (Brown *et al.*, 1973)

2.3.1 กระบวนการทำให้เกิดโฟม

การทำให้เกิดโฟมในอาหารเหลว ทำได้โดยการตีด้วยความเร็วสูงๆ เป็นการผสมของผสม 2 สถานะด้วยแรงเฉือนที่สูง อาหารเหลวมีการแตกตัวทำให้อากาศสามารถแทรกตัวเป็นฟองในของเหลวได้ ซึ่งกลไกของการเกิดโฟมในของเหลวนั้น จะเกี่ยวข้องกับแรงตึงผิว (surface tension) ทั้งนี้โดยปกติเมื่อฟองอากาศในของเหลวลอยขึ้นมาสู่ผิวหน้าจะมีการแตกของฟองอากาศ ดังนั้นถ้าต้องการรักษาสภาพของฟองอากาศให้คงอยู่ที่ผิวของเหลวได้ จะต้องทำการเปลี่ยนค่าแรงตึงผิวนั้น (Hart *et al.*, 1963) การตีโฟมในอาหารเหลวจะทำให้อาหารไม่เกาะตัวกันเป็นก้อน เมื่อนำโฟมไปอบในเครื่องอบแห้งแบบสายพานต่อเนื่องหรืออบแห้งในเตาอบแบบถาดต่อเนื่องในรูปแบบต่างๆ โครงสร้างของโฟมและการจัดเรียงตัวของโฟมที่เหมาะสม จะทำให้การอบแห้งเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว โดยลักษณะของโฟมที่พึงประสงค์ในการอบแห้ง คือ โฟมจะต้องมีความคงตัวสูง เพื่อให้โฟมสามารถพุงโครงสร้างของอาหารในระหว่างการอบแห้งได้ โฟมที่อบแห้งแล้วจะมีโครงสร้างเป็นรูพรุน สามารถดูดซับไขมันที่แห้งให้เป็นผง ซึ่งสามารถละลายได้ทันทีในน้ำเย็น ซึ่งจะรักษาคุณภาพของอาหารไว้ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอาหารที่ไวต่อการเสื่อมคุณภาพด้วยความร้อน (Ponting *et al.*, 1973)

Bates (1964) ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิตโฟมและความคงตัวของโฟมของน้ำผลไม้เมื่อร้อน พบว่า ปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม คือ ธรรมชาติทางเคมีของผลไม้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด อัตราส่วนของเนื้อผลไม้ ชนิดของสารที่ก่อให้เกิดโฟม ชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้โฟมคงตัว ส่วนปัจจัยที่มีความสำคัญน้อย คือ ความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดโฟม เวลา และอุณหภูมิในการผสม

2.3.2 สารที่ก่อให้เกิดโฟม (foaming agent)

สารที่ก่อให้เกิดโฟม เป็นสารที่ใช้สำหรับเติมลงไปในการผลิตอาหารเหลว เพื่อช่วยให้เกิดโฟม เมื่อนำไปตีในเครื่องตีปั่นเติมอากาศให้กับอาหารจนเกิดโฟม ซึ่งเป็นของผสมระหว่างของเหลวหรือกึ่งของแข็งและอากาศ มีของเหลวเป็นส่วนต่อเนื่อง (continuous phase) และอากาศเป็นส่วนกระจาย (disperse phase) โดยมีชั้นของเหลวบางๆ เรียกว่า lamellae แยกฟองอากาศออกจากกัน สารที่ก่อให้เกิดโฟมที่เติมลงในอาหารจะช่วยทำให้เกิดสภาพโฟม สารนี้ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงบริเวณ lamellae ทำให้อาหารอึดอากาศไว้ภายในได้มากขึ้น โดยฟองอากาศนั้นไม่แตกหรือแยกออก ขณะเดียวกันจะช่วยรักษาสภาพโฟมให้คงตัวอยู่ได้นาน ทำให้โฟมมีความคงตัวยิ่งขึ้น ปกติโมเลกุลของสารที่ช่วยให้เกิดโฟมนั้นประกอบไปด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophile) ซึ่งเป็นพวกอนุโมลติสเตรที่มีประจุ ซึ่งอาจจะเป็นประจุบวกหรือลบก็ได้ เป็นส่วนที่จะละลายอยู่ในเฟสของน้ำ

และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobe) เป็นส่วนที่ไม่มีประจุ มักเป็นอนุพันธ์คาร์บอนอะตอมที่มีสายยาวๆ (aliphatic carbon chain) เป็นส่วนที่จะละลายอยู่ในเฟสของน้ำมัน (สมบัติ, 2529)

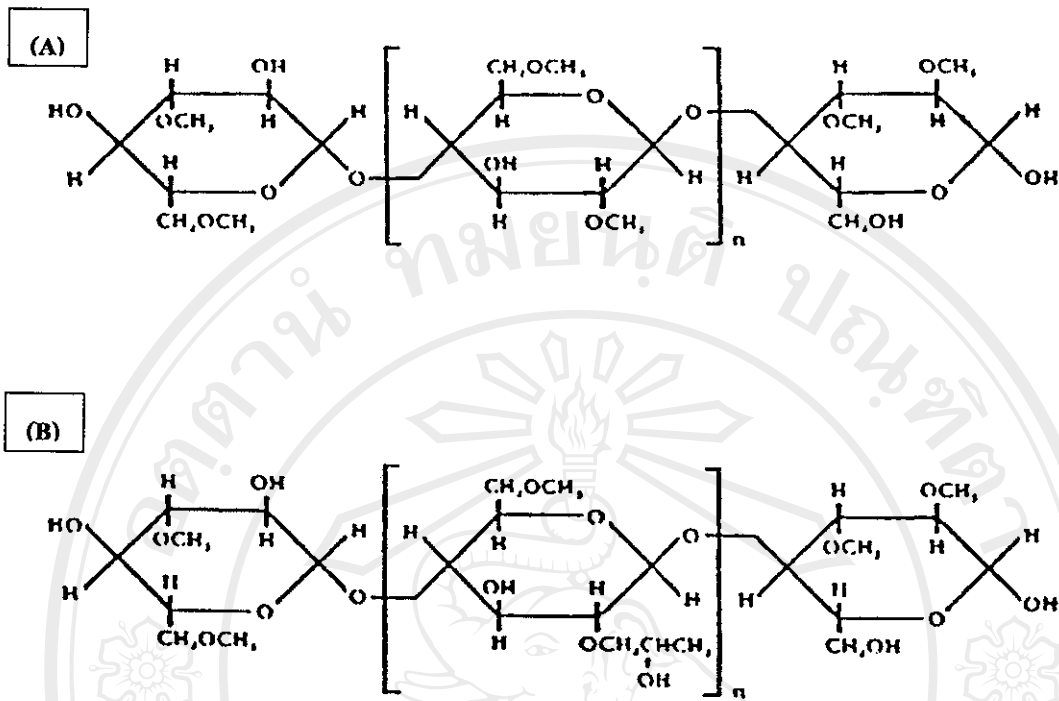
สารก่อให้เกิดโฟมที่เลือกใช้สำหรับอาหารควรมีคุณสมบัติ ดังนี้ (Ponting *et al.*, 1973)

1. ต้องไม่มีรสชาติและไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร
2. สามารถทำให้เกิดโฟมได้ดีเมื่อใช้ในปริมาณต่ำและปลอดภัยสำหรับการบริโภค

สารที่ก่อให้เกิดโฟมที่ใช้ในอาหารที่สำคัญในกระบวนการอบแห้งแบบโฟม-เมท เช่น Methocel, Solubilized soya protein, Methyl cellulose, Glyceryl monostearate, Modified soya albumin และ Egg albumin แต่ที่นิยมใช้มากที่สุด คือ Methocel

Methocel เป็นชื่อทางการค้า ผลิตโดยบริษัท Dow Chemical ประเทศสหรัฐอเมริกา Methocel เป็นสารช่วยให้โฟมคงตัวชนิดหนึ่ง โดยมีสายโพลิเมอร์ของเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ไม่มีรสชาติและไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารที่เติมลงไป ลักษณะเป็นผง มีความบริสุทธิ์สูง และให้พลังงานต่ำ และใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น Methocel สามารถละลายน้ำได้ มีคุณสมบัติเป็นสารยึดเกาะ (binders) สารช่วยให้เกิดการแขวนลอย (suspension agent) สารช่วยให้อิมัลชันคงตัว (emulsifier colloid) ที่สำคัญคือ Methocel เป็นกัม (gum) ที่มีคุณสมบัติเป็นเจลสามารถเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ (thermally gel) สามารถทำหน้าที่เป็นตัวลดแรงตึงผิว (surfactant) ทำให้เกิดสภาพฟิล์มขึ้น (film foaming) ในอาหารได้ ทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีในการเป็นสารช่วยให้โฟมคงตัวในอาหารที่ต้องการทำแห้งแบบโฟม สามารถแบ่ง Methocel ตามชนิดของ cellulose ethers ภายในองค์ประกอบทางเคมีได้ 2 ชนิด คือ methyl cellulose (MC) และ hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) โครงสร้างทางเคมีของ Methocel ทั้ง 2 ชนิดแสดงในภาพ 2.2 มีโครงสร้างเป็น polymeric backbone cellulose ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานคือ anhydroglucose unit (Dow Chemical Company, 1962)

ความแตกต่างของ Methocel ชนิดต่างๆ เกิดจากการผันแปรสัดส่วนของหมู่แทนที่ที่เป็น hydroxypropyl กับ methoxyl สัดส่วนดังกล่าวนี้จะทำให้ความสามารถในการละลาย ความชื้นเหนียว และอุณหภูมิเริ่มเกิดเจล (thermal gel point) ของสารละลาย Methocel แตกต่างออกไป สามารถแบ่งออกตามค่าระดับการแทนที่ (degree of substitution, D.S.) ซึ่งหมายถึงปริมาณโดยเฉลี่ยของหมู่แทนที่ที่ทำปฏิกิริยาแทนที่วงแหวนตรงบริเวณหมู่ hydroxyl ของ anhydroglucose units หากมีการแทนที่ 2 แห่ง เรียก D.S. = 2 เป็นต้น ความเหนียวของสารละลาย Methocel เริ่มตั้งแต่ 3-100,000 เซนติพอยส์ (Dow Chemical Company, 1962)

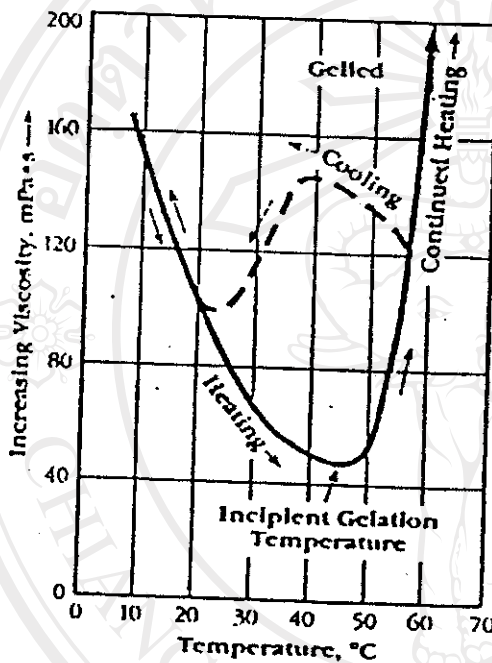


ภาพ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของ Methocel ชนิด methyl cellulose (A) และชนิด hydroxypropyl methylcellulose (B)

ที่มา : Dow Chemical Company (1962)

Methocel ละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องไม่ดี แต่สามารถกระจายตัวได้ดีในน้ำร้อนซึ่งต้องมีอุณหภูมิในระดับที่เหมาะสม หลังจาก Methocel กระจายตัวในน้ำและทุกอนุภาคเปียกแล้ว การละลายของ Methocel จะเกิดขึ้นต่อเมื่อลดอุณหภูมิของน้ำให้ต่ำลง ดังภาพ 2.3 แสดงขั้นตอนการละลายของ Methocel จะเห็นได้ว่าเมื่อโมเลกุลน้ำจับกับสายโพลีเมอร์ Methocel อย่างสมบูรณ์ ทำให้เกิดการคายตัวของสายโพลีเมอร์ Methocel จากที่จับซ้อนเมื่อเริ่มต้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น สายโพลีเมอร์จะปล่อยโมเลกุลของน้ำออกมา ทำให้ความหนืดของสารละลายลดลงไปจนกระทั่งอุณหภูมิสูงถึงจุดเริ่มเกิดเจล (incipient gelation temperature) สายโพลีเมอร์ที่ปราศจากน้ำนี้จะจับกัน และสารละลายเริ่มเกิดเจล ความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีค่าความแข็งแรงสูงสุดที่อุณหภูมิกำหนดหนึ่งเท่านั้น ต่อมาเมื่อลดอุณหภูมิลงในช่วงทำเย็น เจลยังคงมีความแข็งแรงต่อไปได้อีกเพียงเล็กน้อย หลังจากนั้นปฏิกิริยาจะเริ่มผันกลับและความหนืดจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนในที่สุดกราฟลดลงมาจนบรรจบกราฟเดิมเมื่อเริ่มต้นให้ความร้อน โดยกลไกนี้สามารถทำซ้ำได้อีกหลายครั้งตามต้องการ เพราะเจลของ Methocel มีคุณสมบัติผันกลับได้ (reversible)

ปรากฏการณ์เกิดเจลของ Methocel ที่บริเวณ interfacial ของอาหารที่มีสภาพอิมัลชัน เกิดขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของ Methocel มีลักษณะเป็นสายโพลิเมอร์เคลื่อนที่ไปยังบริเวณผิวสัมผัส ระหว่างอากาศกับน้ำ (air/water interface) ในอาหาร และเกิดเจลขึ้นมีลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ ชิด เกาะบริเวณนี้ไว้ ทำให้เกิดสภาพโฟมที่มีความคงตัวและไม่เกิดการยุบตัว ความหนืดของ Methocel มีผลเล็กน้อยต่ออุณหภูมิเริ่มเกิดเจล ในขณะที่หากความเข้มข้นของ Methocel เพิ่มขึ้น มีผลทำให้อุณหภูมิเริ่มเกิดเจลต่ำลง (Dow Chemical Company, 1962)



Gelation of a 2 % aqueous solution of METHOCEL methylcellulose.
Heating rate 0.25 °C/min

ภาพ 2.3 ผลของการเพิ่มและลดอุณหภูมิต่อความข้นหนืดและการเกิดเจลของสารละลาย Methocel ที่มา : Dow Chemical Company (1962)

Hart *et al.* (1963) ได้รายงานถึงชนิดของสารเพิ่มความคงตัวของโฟม และวิธีการเตรียมสารก่อนนำมาใช้ว่า ในช่วงแรกที่มีการพัฒนากระบวนการอบแห้งแบบโฟม-แมท สารเพิ่มความคงตัวของโฟมที่นิยมใช้มากที่สุด คือ Glyceryl monostearate (GMS) ซึ่งเป็นสารที่ไม่สามารถละลายในน้ำเย็นได้ ซึ่งมีวิธีการเตรียมสารโดยละลาย GMS ลงในน้ำ ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 - 10 โดยน้ำหนัก จากนั้นคนให้ละลายและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 68 - 75 องศาเซลเซียส หรือใช้เครื่องผสมทำให้ GMS กระจายตัวในน้ำที่อุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียส แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส มีการใช้ GMS เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟมในอาหารหลากหลายชนิด ได้แก่ แอปเปิ้ลคอก ก๊วยแซ่แข็ง น้ำตาลชูโครสผสมเจลลาติน และน้ำมะเขือเทศเข้มข้น และยังพบว่า

มีการใช้สาร Sucrose monopalmitate, Sucrose monolaurate, Egg albumin, Sorbitan monostearate, Polyoxyethelene sorbitan monostearate, Methyl cellulose, Guar gum และแป้งมันสำปะหลัง เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟมในการผลิตอาหารผงหลายชนิด Berry *et al.* (1965) ได้รายงานถึงวิธีการเตรียมสารเพิ่มความคงตัวของโฟม 3 ชนิด คือ Modified soya albumin (D-100) ซึ่งถูกเตรียมโดยการละลายในน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 16.7 โดยน้ำหนัก แล้วเก็บไว้ในตู้เย็น, Methyl cellulose เตรียมโดยการละลายในน้ำให้มีความเข้มข้น 10 เซนติพอยส์ โดยการทำให้กระจายตัวในน้ำร้อนในปริมาณน้อยๆ แล้วจึงเติมน้ำเย็นให้ได้ปริมาณที่ต้องการ และปรับให้มีความเข้มข้นร้อยละ 4.8 โดยน้ำหนัก และ Glyceryl monostearate (GMS) เตรียมโดยการต้มน้ำจันมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ค่อยๆ เติม GMS ลงไปให้มีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก พร้อมกับคนให้กระจายตัว นำสารแขวนลอยที่ได้ไปตีด้วยเครื่องผสมในตู้อบขนาดใหญ่ที่อุณหภูมิ 77 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จะได้สารแขวนลอยคล้ายครีมสีขาว เก็บไว้ในภาชนะแล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง โดยต้องมีการเตรียมสารใหม่เพื่อใช้งานทุกๆ 24 ชั่วโมง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2.4 การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารเพิ่มปริมาณในอาหารผง

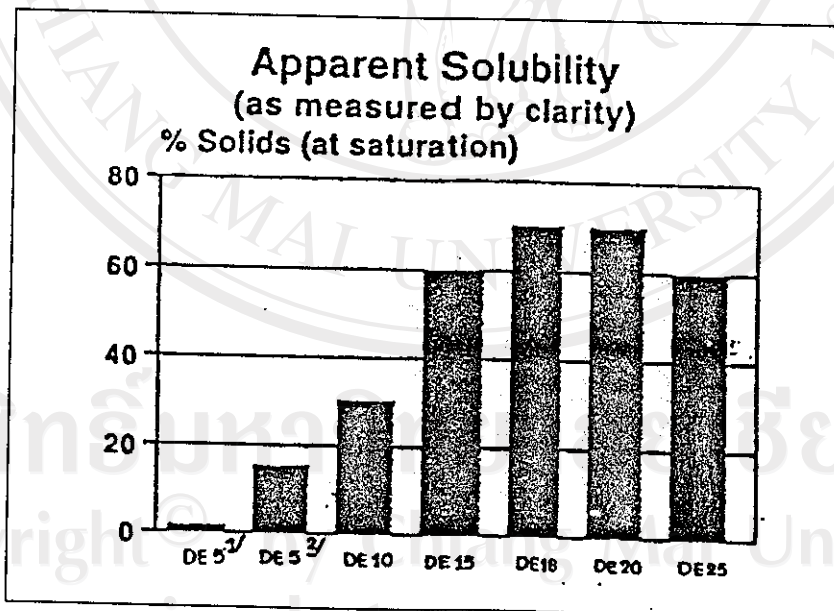
มอลโตเด็กซ์ตริน ($C_6H_{10}O_5$)_n.H₂O คือ สายโพลิเมอร์ของแซคคาไรด์ที่มีคุณค่าทางอาหาร ประกอบด้วย D-glucose ยูนิท หลายๆ ยูนิท ต่อกันด้วยพันธะ (bonds) ชนิด alpha 1-4 และมีค่าสมมูลเด็กซ์โตส (dextrose equivalent หรือ DE) ค่า DE หมายถึง ร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำตาลกลูโคสที่มีอยู่ในตัวอย่าง เมื่อใช้วิธีตรวจวัดโดยวิธีรีดักชัน (reduction) หรือหาได้จากสูตรดังนี้ (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2543)

$$DE = \frac{\text{ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่วัดได้}}{\text{น้ำหนัก(ของแข็ง)ของตัวอย่าง}} \times 100$$

ค่า DE แปรผกผันกับขนาดโมเลกุล ค่า DE ของ anhydrous D-glucose เท่ากับ 100 ในขณะที่ค่า DE ของ native starch เท่ากับ 0 (Macrae *et al.*, 1993) มอลโตเด็กซ์ตรินมีลักษณะเป็นผงสีขาว มีความหวานเล็กน้อยหรือไม่หวานเลยขึ้นอยู่กับค่า DE มีความชื้นประมาณร้อยละ 3 - 5 มีความหนาแน่นปรากฏ (bulk density) อยู่ในช่วง 0.31 - 0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถใช้มอลโตเด็กซ์ตรินได้ในปริมาณที่เหมาะสมกับชนิดของอาหาร และหน้าที่ของมอลโตเด็กซ์ตรินในอาหารนั้นๆ (generally recognized as safe) (Macrae *et al.*, 1993 ; Grain Processing Corporation, 1994) มอลโตเด็กซ์ตรินสามารถละลายได้ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง สารละลายที่ได้อาจใสหรือขุ่นขึ้นกับชนิดของมอลโตเด็กซ์ตรินที่นำมาใช้ สารละลายที่ได้มีคุณสมบัติทางด้านความ

เป็นเนื้อ (body) และมีความหนืดที่สม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีความสามารถในการดูดความชื้นต่ำ (low hygroscopicity) โดยเฉพาะพวกที่มีค่า DE ต่ำๆ เนื่องจากมีปริมาณโมโนแซคคาไรด์น้อย มีจุดเยือกแข็งคงที่ และสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดสีน้ำตาลน้อยลง นอกจากนี้ยังสามารถละลายได้ในอาหารที่เป็นของเหลว เช่น ซุป นํ้านม และน้ำผลไม้ เป็นต้น โดยอาจเติมในลักษณะที่เป็นผงโดยตรงหรือนํ้ามาละลายในนํ้าก่อน (Furia, 1972) เมื่อเทพงมอลโตเดกซ์ตรินออกมาจะไหลลงอย่างอิสระไม่เกาะติดกัน มนุษย์สามารถรับประทานมอลโตเดกซ์ตรินอย่างปลอดภัย เพราะเอนไซม์ในลำไส้เล็กของมนุษย์จะย่อยมอลโตเดกซ์ตรินให้เป็น D-glucose เช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรตทั่วไป มอลโตเดกซ์ตรินที่มี DE สูงจะมีความสามารถในการดูดความชื้น ความหนาแน่นปรากฏ ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ค่าการละลาย ความใสของสารละลาย และความหวานสูงกว่ามอลโตเดกซ์ตรินที่มี DE ต่ำ แต่จะมีความหนืดต่ำกว่า (Macrae *et al.*, 1993)

ความสามารถในการละลายของมอลโตเดกซ์ตรินขึ้นอยู่กับค่า DE ดังภาพ 2.4 การละลายเพิ่มขึ้นเมื่อค่า DE มากขึ้นจาก DE 5 เป็น DE 18 จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง พบว่า ความหนืดของสารละลายจะลดลงเมื่อค่า DE สูงขึ้น และความหนืดยังขึ้นกับปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินในสารละลายนั้นๆ ด้วย หากมีปริมาณสูงความหนืดของสารละลายที่ได้ก็สูงตามไปด้วย ดังภาพ 2.5

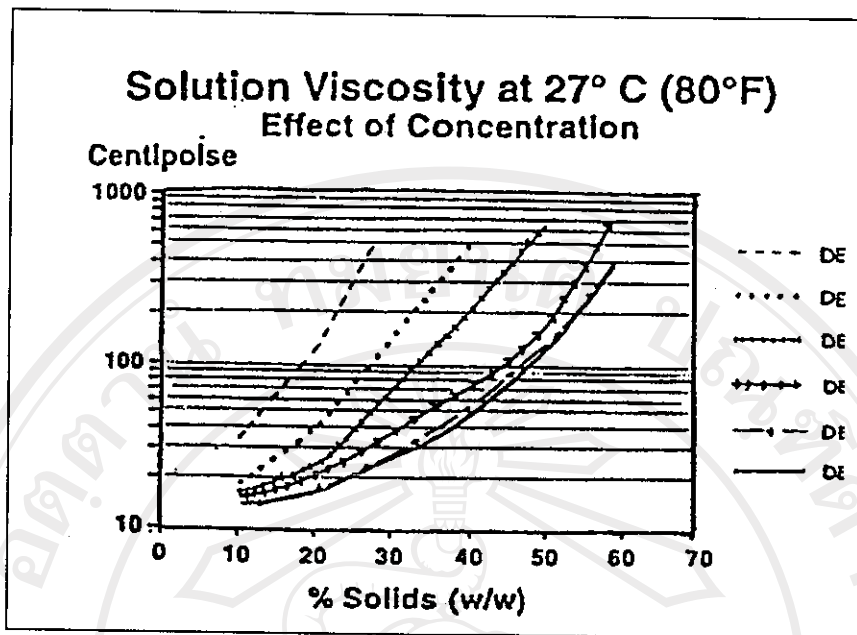


ภาพ 2.4 ความสามารถในการละลายของมอลโตเดกซ์ตริน

1/ DE 5 ที่มี glucose 0.8 %, maltose 0.8 %

2/ DE 5 ที่มี glucose 0.3 %, maltose 0.9 %

ที่มา: บริษัท Grain Processing Corporation (1994)



ภาพ 2.5 ความหนืดของสารละลายมอลโตเดกซ์ตริน

1/ DE 5 ที่มี glucose 0.8 %, maltose 0.8 %

2/ DE 5 ที่มี glucose 0.3 %, maltose 0.9 %

ที่มา : บริษัท Grain Processing Corporation (1994)

มอลโตเดกซ์ตริน เป็นโมเลกุลใหญ่ที่สามารถถูกเอนไซม์กลุ่มอะมิเลสย่อยแล้วให้น้ำตาลมอลโตสได้ เช่น มอลโทไตรโอส (maltotriose), มอลโทเตตราโอส (maltotetraose) และมอลโทเพนทาโอส (maltopentaose) เป็นต้น การผลิตมอลโตเดกซ์ตรินนั้นมีอยู่ 2 แบบ คือแบบชั้นตอนเดียว และแบบสองชั้นตอน (กลั่นรงค์ และเกลือกลู, 2543) ดังนี้

1. การผลิตแบบชั้นตอนเดียว

เป็นการย่อยแป้งโดยกรด (ที่อุณหภูมิมากกว่า 105 องศาเซลเซียส) หรือเอนไซม์อะมิเลส (ที่อุณหภูมิ 82 - 105 องศาเซลเซียส) แล้วหยุดปฏิกิริยาโดยปรับความเป็นกรด-ด่าง ปล่อยให้ความร้อน ทำการกรองแบบสุญญากาศโดยใช้สารช่วยกรอง ปรับกลิ่นสีโดยคาร์บอน (ผงถ่าน) แล้วกรองอีกครั้ง จากนั้นต้มระเหยให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น แล้วทำเป็นผงแห้งด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย

2. การผลิตแบบสองชั้นตอน

เป็นการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะมิเลสที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และหยุดปฏิกิริยาโดยความร้อน 110 - 180 องศาเซลเซียส ขนาดของ DE จะได้ปริมาณ 2 - 5 จากนั้นก็ใช้เอนไซม์อะมิเลสอีกครั้งหนึ่ง (หรืออีกชนิดหนึ่ง) ที่ 85 องศาเซลเซียส จนได้ DE 5 - 20 จึงหยุดปฏิกิริยา

โดยการปรับความเป็นกรด-ด่าง หรือความร้อน จากนั้นทำการกรองแบบสุญญากาศโดยใช้สารช่วยกรอง ปรับกลิ่นสีของผงคาร์บอนแล้วกรอง และต้มระเหยให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น และทำเป็นผงแห้งด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย

มอลโตเดกซ์ตรินสามารถนำมาใช้เพิ่มปริมาณของแข็งให้กับวัตถุดิบก่อนที่จะนำเข้าเครื่องทำแห้ง และยังช่วยลดการดูดความชื้นกลับในผลิตภัณฑ์ผง ซึ่งมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง เช่น น้ำผลไม้ผง เป็นต้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้สามารถไหลได้สะดวก บริษัท Grain Processing Corporation (1994) ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตมอลโตเดกซ์ตริน ตรา มอลทริน (Maltrin) แนะนำให้ใช้มอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE 9 - 12 เป็นตัวพาในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของน้ำผลไม้และไซรัป ในช่วง DE นี้มอลโตเดกซ์ตรินมีความสามารถในการละลายสูงที่สุด ประมาณร้อยละ 30 (น้ำหนักแห้ง) และสารละลายที่ได้มีความข้นหนืดประมาณ 60 เซนติพอยต์

2.5 มะเกี๋ยงและผลิตภัณฑ์จากผลมะเกี๋ยง

มะเกี๋ยงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cleistocalyx operculatus* var. *paniala* เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่อยู่ในวงศ์ Myrtaceae จัดอยู่ในตระกูลเดียวกับลูกหว้า (*Cleistocalyx* spp.) แต่จะแตกต่างกันตรงที่มีช่อดอกขนาดเล็กกว่า มะเกี๋ยงของหลายสกุลสามารถรับประทานได้และยังใช้เป็นยาได้อีกด้วย มะเกี๋ยงมีลักษณะลำต้นใหญ่ ใบเดี่ยวมีสีเขียวถึงสีเขียวเข้ม ออกดอกเป็นช่อมีสีเหลืองนวล เมล็ดมีสีเขียว เมื่อผลสุกจะมีสีแดงถึงสีม่วงแดง มีรสหวานอมเปรี้ยว ฝาดเล็กน้อย เมื่อสุกงอมเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำ มะเกี๋ยงออกดอกราวเดือนเมษายน-เดือนพฤษภาคม และผลสุกราวเดือนกรกฎาคม-เดือนสิงหาคม สามารถพบได้ที่อินเดียใต้และเบงกอลตะวันตกประเทศอินเดีย พม่า ตอนเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน (ทวีพร, 2530)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ต้น มะเกี๋ยงเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ลำต้นสูงประมาณ 10 - 15 เมตร บางต้นอาจสูงถึง 20 เมตร มีขนาดทรงพุ่ม 8 - 12 เมตร แต่บางต้นมีขนาดพุ่มถึง 20 เมตร แตกกิ่งก้านสาขามาก เปลือกลำต้นมีสีค่อนข้างเทาหรือสีเทาแกมน้ำตาล ค่อนข้างเรียบ ไม่มีรอยแตกแต่มีเปลือกบาง ผิวเปลือกนอกอ่อนหลุดออกเป็นแผ่นบาง

ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกตรงกันข้าม มีสีเขียวถึงสีเขียวเข้ม ขอบใบเรียบแผ่เป็นใบกว้าง ผิวใบมัน ปลายใบแหลม (acute) ฐานใบเรียวเล็กลง (cuneate) รูปร่างคล้ายใบหอก คือมีลักษณะ elliptic ถึง oblong-elliptic ขนาดใบกว้างประมาณ 8 - 10 เซนติเมตร ยาวประมาณ 20 - 25

เซนติเมตร เส้นใบเห็นชัดเจนมีเส้นใบ 10 - 13 คู่ ก้านใบยาวประมาณ 2 - 3 เซนติเมตร ก้านใบมีสีม่วงแดง

ดอก ดอกออกเป็นช่อกระจุกแยกแขนง (cymose-panicle) มีสีเหลืองนวล ออกตามข้างกิ่งเป็นกระจุก ก้านช่อดอกยาวประมาณ 8 - 20 เซนติเมตร ขนาดช่อดอกยาวประมาณ 10 - 13 เซนติเมตร จำนวนดอกบนช่อประมาณ 30 - 40 ดอก และพบว่าบางช่อดอกมีจำนวนดอกย่อยมากถึง 70 - 30 ดอก ก้านดอกย่อยยาวประมาณ 3 - 4 เซนติเมตร ดอกย่อยเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอกประมาณ 0.7 - 0.8 เซนติเมตร มีกลีบเลี้ยง 4 กลีบติดกัน ทำให้ดอกตูม มีลักษณะคล้ายถ้วยมีฝาปิด กลีบดอก 4 กลีบ มีสีเหลืองนวลประมาณ 4.0 - 4.5 มิลลิเมตร เมื่อดอกบานเต็มที่ จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางดอกประมาณ 1.0 - 1.2 เซนติเมตร เกสรตัวผู้มีจำนวนมากประมาณ 200 - 250 อัน ก้านชูเกสรตัวเมียมี 1 อัน ยาวประมาณ 6.0 - 7.5 มิลลิเมตร มะเกี๋ยงออกดอกกราวเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม

ผล ลักษณะเป็นผลแบบ berry เนื้อภายในสีขาว มีน้ำมากมาย ข้าง่าย รูปร่างเป็นรูปไข่ถึงรูปทรงกระบอก ผลมีลักษณะผลคล้ายชมพู่มะเหมี่ยวขนาดเล็ก ขนาดผลยาวประมาณ 1.5 - 1.8 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.9 - 1.2 เซนติเมตร ผลดิบมีสีเขียวรสเปรี้ยวอมฝาด เมื่อสุกมีสีแดงถึงม่วงแดง รสเปรี้ยวยังคงอยู่ มีกลิ่นหอม เมื่อสุกงอมเปลี่ยนเป็นม่วงดำ ผลสุกมีน้ำหนักตั้งแต่ 1.4 - 2.4 กรัม ผลมะเกี๋ยงเริ่มสุกราวเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม

เมล็ด เมล็ดมะเกี๋ยงมีขนาดค่อนข้างโตเมื่อเทียบกับขนาดผล รูปร่างเป็นรูปไข่ มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.7 - 0.8 เซนติเมตร ความยาวประมาณ 0.8 - 1.0 เซนติเมตร น้ำหนักเมล็ดที่โตเต็มที่ประมาณ 0.4 - 0.5 กรัม (คณะกรรมการงานอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชมะเกี๋ยง, 2545)

คุณสมบัติบางประการของมะเกี๋ยง

1. การเก็บรักษาผลมะเกี๋ยงสุกจะสามารถเก็บไว้ได้นาน 15 วัน ถ้าบรรจุในถุงสุญญากาศ หรือบรรจุก๊าซไนโตรเจนเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น 2 องศาเซลเซียส (สมชาย, 2539)
2. ไม้มะเกี๋ยงมีความทนทานต่อเห็ดและเชื้อราได้ไม่คืบค่น แต่สามารถนำไปทำกระดาษและอุตสาหกรรมที่ใช้เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ เช่น เรยอน และไฟเบอร์บอร์ดต่างๆ นอกจากนี้ไม้มะเกี๋ยงยังมีแพนโตเซน (pantosin) ซึ่งแพนโตเซนนี้สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นเฟอฟอร์ลอน (furfural) ได้ถ้าต้มในกรดที่ร้อน ซึ่งเฟอฟอร์ลอนนี้มีความสำคัญในอุตสาหกรรมเคมีหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมโพลีเมอร์ น้ำมันหล่อลื่น และเรซิน เป็นต้น (รัชนีวรรณ, 2539)
3. สารสี (pigments) จากผลมะเกี๋ยง เกิดจากรงควัตถุแอนโทไซยานินส์สามารถนำมาใช้ในอาหารได้ โดยการต้มในน้ำเดือดสารละลายที่ได้จะมีสีแดง มักใช้กับอาหารที่มีสภาพเป็น

กรดสูง เช่น น้ำผลไม้ และแยมผลไม้ เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับอาหารที่มีสภาพเป็นกลางหรือเป็นด่าง เนื่องจากกรดวาลูอานโรซียานินส์ จะเปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นสีม่วง และสีน้ำเงิน ตามลำดับ (สมชาย, 2539)

2.5.1 คุณค่าทางโภชนาการของผลมะเกี๋ยง

ผลมะเกี๋ยง นิยมนำมาบริโภคทั้งในรูปผลสด และผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลมะเกี๋ยง โดยกลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการและชีวเคมี กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2539) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กาก คาร์โบไฮเดรต และค่าพลังงานความร้อน (ตาราง 2.1) โดยการหาค่าเฉลี่ยของผลมะเกี๋ยงที่ได้จากต้นที่แตกต่างกัน 37 ต้น ที่ออกผลในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม พบว่า มะเกี๋ยงมีปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยของผลไม้ทั่วไป คือ ร้อยละ 86.72 จึงเหมาะสำหรับการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดต่างๆ

ปริมาณโปรตีน มีปริมาณร้อยละ 0.89 โดยน้ำหนักสด (wet basis) และร้อยละ 6.64 โดยน้ำหนักแห้ง (dry basis) ซึ่งเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงกับผลไม้หลายชนิด เช่น กล้วยหอม มะกอกฝรั่ง พุทรา มะม่วงดิบ มะม่วงอกร่องสุก มะละกอสุก ลูกหว้า ฝรั่งสด ลิ้นจี่ และลำไย เป็นต้น

ปริมาณไขมันมีร้อยละ 0.31 โดยน้ำหนักสด และร้อยละ 2.41 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยของผลไม้ทั่วไป ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.61 ของน้ำหนักสด และร้อยละ 4.57 โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณเถ้าในอาหารแสดงถึงปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในอาหารนั้น ปริมาณเถ้าในผลมะเกี๋ยงมีค่าใกล้เคียงกับน้อยหน่า เงาะ มะม่วง ลูกหว้า ลำไย ส่วนปริมาณกากหรือเส้นใยพบค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 3.52 โดยน้ำหนักแห้ง และร้อยละ 26.32 โดยน้ำหนักเปียก จึงเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอาหารเสริมเส้นใยเพื่อสุขภาพ เนื่องจากใยอาหารเป็นสารอาหารประเภทที่ไม่ให้คุณค่าในการเจริญเติบโตหรือซ่อมแซมส่วนที่สึกหรบของร่างกาย แต่จะช่วยในการกระตุ้นระบบการเคลื่อนไหวของระบบทางเดินอาหาร ทำให้อาหารที่ผ่านการย่อยแล้วถูกบีบออกจากร่างกายมีสารพิษหรือสารก่อมะเร็งอยู่ และมีได้ถูกดูดซึมผ่านผนังทางเดินอาหารก่อนถึงลำไส้ใหญ่ สารเหล่านั้นก็จะถูกขับออกจากร่างกายได้เร็วขึ้น

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบในปริมาณร้อยละ 7.95 โดยน้ำหนักสด และร้อยละ 59.91 โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนในค่าพลังงานทั้งหมดมี 38.19 กิโลแคลอรี โดยน้ำหนักสด และ 279.58 กิโลแคลอรี โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งจัดว่ามีปริมาณค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ทั่วไป ในด้าน

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในรูปน้ำตาลอินเวิร์ตมีร้อยละ 1.94 โดยน้ำหนักสด และร้อยละ 13.92 โดยน้ำหนักแห้ง น้ำตาลอินเวิร์ตเป็นน้ำตาลที่ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ได้ทันที

ตาราง 2.1 ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบพื้นฐานในผลมะเกี๋ยง

องค์ประกอบ	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
ความชื้น (ร้อยละ)	86.72±3.29	-
โปรตีน (ร้อยละ)	0.89±0.22	6.64±1.29
ไขมัน (ร้อยละ)	0.31±0.10	2.41±0.73
เถ้า (ร้อยละ)	0.61±0.19	4.57±0.72
กาก (ร้อยละ)	3.52±1.20	26.32±4.01
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	7.95±2.05	59.91±4.84
ค่าพลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	38.19±8.95	279.58±37.66
น้ำตาลอินเวิร์ต (ร้อยละ)	1.94±1.34	13.92±6.81

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2539)

ปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ในผลมะเกี๋ยง มีแร่ธาตุหลัก คือ แคลเซียม เหล็ก สังกะสี และโลหะหนัก เช่น ตะกั่วมีในปริมาณเล็กน้อย ในด้านแร่ธาตุต่างๆ จะพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณแคลเซียมมีมากที่สุด ซึ่งสูงกว่าผลไม้หลายๆ ชนิด คือมี 55.19 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ตัวอย่างสด และ 408.60 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตัวอย่างแห้ง แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่สำคัญในการสร้างกระดูกและฟัน นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อรวมทั้งการเต้นของหัวใจ และเป็นตัวเร่งการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่ช่วยในการกระตุ้นการหลั่งของฮอโมน ทั้งยังช่วยสังเคราะห์ acetylcholine ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นสำหรับการถ่ายทอดและส่งสัญญาณของเซลล์ประสาท นอกจากนี้ยังช่วยในการดูดซึมวิตามินบี12 และช่วยให้เลือดแข็งตัวขณะที่เกิดบาดแผล แร่ธาตุที่มีปริมาณรองลงมา คือ แมกนีเซียม พบมี 11.80 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ตัวอย่างสด และ 87.32 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ตัวอย่างแห้ง ซึ่งแมกนีเซียมมีหน้าที่ที่เกี่ยวข้องและเสริมการทำงานของแคลเซียม และพบว่ามะเกี๋ยงมีธาตุเหล็ก และสังกะสีพบในปริมาณเล็กน้อย

วิตามินต่างๆ ที่พบในผลมะเกี๋ยง คือ วิตามินเอ (เบต้า-แคโรทีน) วิตามินบี1 วิตามินบี2 วิตามินอี ส่วนวิตามินซีนั้นไม่พบในผลมะเกี๋ยง และพบกรดอมิโน 19 ชนิด ในผลมะเกี๋ยง ซึ่งเป็นกรดอมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential amino acid) ทั้ง 11 ชนิด คือ ไอโซลูซีน

(isoleucine) ไลซีน (lysine) เมทไธโอนีน (methionine) ซีสทีน (cysteine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) ไทโรซีน (tyrosine) ทรีโอนีน (threonine) ทริปโตเฟน (tryptophan) วาลีน (valine) และฮิสติดีน (histidine) ในด้านปริมาณกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย (non essential amino acid) พบกรดกลูตามิก (glutamic acid) และกรดแอสปาร์ติก (aspartic acid)

คุณค่าทางโภชนาการของผลมะเกี๋ยงเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่ควรทำการศึกษา เนื่องจากเป็นพืชวงศ์เดียวกับลูกหว้าที่มีผู้ศึกษาหลายคน พบว่าลูกหว้ามีฤทธิ์ในทางยาหลายๆ ด้าน จากการศึกษานี้เบื้องต้น พบว่า มีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีนอล เช่น Resveratrol ในทางการแพทย์ได้มีการศึกษาใช้สารนี้ในการเป็นยาป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน เนื่องจากสารนี้ช่วยในการกระตุ้นการเพิ่มระดับของ HDL (High Density Lipoprotein) และพบสารแทนนิน (tannins) ซึ่งเป็นสารกลุ่มเดียวกันกับที่พบในเปลือกและเมล็ดองุ่น สารนี้ทำหน้าที่จับกับอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสารกระตุ้นการเกิดโรคมะเร็ง ทำให้สามารถป้องกันการเกิดโรคมะเร็งได้ จากการวิเคราะห์คุณภาพไวน์มะเกี๋ยงที่ผลิตโดยสถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง พบว่าในไวน์มะเกี๋ยงมีสารประกอบฟีนอลในรูปของกรดแกลลิก (gallic acid) 22.32 มิลลิกรัมต่อลิตร สารคาเทชิน (catechin) 84.91 มิลลิกรัมต่อลิตร (คณะกรรมการงานอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชมะเกี๋ยง, 2545)

จากการรายงานของทวิพร (2530) ในผลมะเกี๋ยงสุกจะมีสารอินทรีย์ที่สามารถละลายในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ น้ำมะเกี๋ยงมีความเปรี้ยวและมีปริมาณกรดมาก ส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริก ปริมาณกรดในผลมะเกี๋ยงมีความแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ จึงอาจเป็นผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกแตกต่างกัน ส่งผลให้สีของมะเกี๋ยงมีความแตกต่างกัน ผลมะเกี๋ยงมีขนาดเล็กเมื่อนำมาต้มเพื่อเตรียมน้ำมะเกี๋ยงจะทำให้ น้ำมะเกี๋ยงมีสีเข้มกว่าน้ำมะเกี๋ยงจากผลที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งสีผลมะเกี๋ยงเกิดจากรงควัตถุแอนโทไซยานินส์ประเภท Cyanidin-3-glucosides เป็นองค์ประกอบหลัก และ Cyanidin-3-5- glucosides เป็นองค์ประกอบรอง

2.5.2 สารสำคัญบางชนิดในผลมะเกี๋ยง

1. แอนโทไซยานินส์ (anthocyanins) เป็นสารสีแดงในส่วนเปลือกของผลมะเกี๋ยง เมื่อผลมะเกี๋ยงเริ่มสุกก็จะมี การเปลี่ยนแปลงของเปลือกจากสีเขียวเป็นสีแดง สารสีที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า แอนโทไซยานินส์ ละลายได้ในน้ำส่วนใหญ่ ได้แก่ สีชมพู สีแดง สีม่วง สีม่วงแดง และสีน้ำเงิน พบได้ทั่วไปในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ใบ กลีบ ดอก ผล และลำต้น สีของแอนโทไซยานินส์ จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะความเป็นกรด-ด่าง คือในสภาวะที่เป็นกรดจะมีสีแดงในสภาวะที่เป็นกลางจะมีสีม่วง และสภาวะที่เป็นด่างจะมีสีน้ำเงิน (ทวิพร, 2530) สารสีแอนโทไซ-

ยานินส์ สามารถละลายน้ำได้แต่ไม่ละลายใน non-hydroxy solvent เช่น อะซิโตน (acetone) เบนซีน (benzene) คลอโรฟอร์ม (chloroform) และอีเทอร์ (ether) แอนโทไซยานินส์จัดเป็น สารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoids หรือ flavonol glycosides) ประเภทหนึ่ง มีสูตรโครงสร้าง พื้นฐานทางเคมีเป็นฟลาวิลเลียมแคตไอออน (flavylium cation) หรือไซยานิดิน (cyanidin) อนุพันธ์อื่นๆ ของแอนโทไซยานินส์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups) หรือโดยการเกิดเมทิลเลชัน (methylation) หรือไกลโคซิลเลชัน (glycosylation)

แอนโทไซยานินส์ประกอบด้วยโครงสร้างที่สำคัญ 2 ส่วน คือ แอนโทไซยานิดินส์ (anthocyanidins) และกลัยโคไซด์ (glycosides) (ตีวาพร, 2529)

แอนโทไซยานินส์ในเซลล์ของพืชหรือในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืชนั้นไม่ค่อยเสถียร เมื่อโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้สีเปลี่ยนไปด้วยและการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินส์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง คือ แสง ออกซิเจน ความร้อน สภาพความเป็นกรด-เบส เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส วิตามิน ซีลเฟอรีไดออกไซด์ ไอออนของโลหะ โมเลกุลของน้ำตาล ฟีนอล และสารสีอื่นๆ (จริงแท้, 2538)

นอกจากนี้ในระหว่างการแปรรูปและการถนอมอาหาร จะมีผลทำให้โครงสร้างของแอนโทไซยานินส์เกิดการเปลี่ยนแปลง เป็นเหตุให้สีของผักหรือผลไม้ต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยรายละเอียดของปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินส์ในระหว่างการแปรรูป มีดังนี้

1. สภาพความเป็นกรด-เบส จริงแท้ (2538) กล่าวว่า ในสภาพที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ แอนโทไซยานินส์จะมีสีแดงสด แต่เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ แต่ยังไม่เกิน 8.5 สีของแอนโทไซยานินส์จะเปลี่ยนไปในทางใกล้เคียงกับสีม่วง และเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างสูงถึง 11 แล้วแอนโทไซยานินส์จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ดังนั้น ในการแปรรูปจึงควรจะมีระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของสภาพแวดล้อมในขณะนั้นด้วย

2. อุณหภูมิ การเก็บผลไม้ที่มีแอนโทไซยานินส์ไว้ที่อุณหภูมิสูง จะทำให้มีสีแดงของแอนโทไซยานินส์คล้ำลงอย่างรวดเร็ว (สินธนา, 2535) ซึ่งคาดว่าเกิดจากการที่แอนโทไซยานินส์อาจถูกออกซิไดซ์ด้วยเอนไซม์ polyphenol oxidase ทำให้เกิดเป็นสีคล้ำหรือสีน้ำตาลขึ้น (จริงแท้, 2538)

3. การปนเปื้อนอนุมูลโลหะ เมื่อแอนโทไซยานินส์เข้าร่วมตัวกับอนุมูลโลหะบางชนิด เช่น ดีบุก และเหล็ก จะทำให้สีของแอนโทไซยานินส์เปลี่ยนเป็นสีม่วงปนเทา ดังนั้น ในการหุงต้มผักผลไม้ที่มีแอนโทไซยานินส์สูง จึงไม่ควรใช้อุปกรณ์ที่ทำด้วยโลหะดังกล่าว และในการบรรจุลงกระป๋องควรบรรจุในกระป๋องที่เคลือบด้วยแลคเกอร์ (สินธนา, 2535)

2. สารประกอบฟีนอล โครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบฟีนอลจะเกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลน้ำตาลตั้งแต่ 1 โมเลกุลขึ้นไปกับหมู่ไฮดรอกซิล (OH - group) โดยน้ำตาลดังกล่าวอาจจะเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharides) น้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharides) หรือโอลิโกแซคาไรด์ (oligosaccharides) ก็ได้ แต่น้ำตาลชนิดที่พบมากสุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล คือ กลูโคส (glucose) ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นที่พบ ได้แก่ กาแลคโตส (galactose) แรมโนส (rhamnose) ไชโรส (xylose) อะราบิโนส (arabinose) และอนุพันธ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโรนิก (glucuronic) กรดการแลกตูโรนิก (galacturonic acid) และสารอื่น ๆ

สารประกอบฟีนอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำซึ่งสามารถพบได้โดยทั่วไป และที่มีความสำคัญ คือ ฟีนอล (phenols, C_6) กรดฟีนอลิก (phenolic acids, C_6-C_1) ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoids, C_6-C_3) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ตัวอย่างของฟีนอล ได้แก่ phenol, cresol, thymol, resocinol, orcinol และสารอื่นๆ ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในพืชที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องเทศ รวมทั้ง hydroquinone และอนุพันธ์ เช่น arbutine และ sesamol ด้วย สำหรับตัวอย่างของกรดฟีนอลิก ได้แก่ gallic acid, vanillic acid, p-hydroxybenzoic acid และ อัลดีไฮด์ของกรดฟีนอลิก

คุณสมบัติที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันของสารประกอบฟีนอล คือ การเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidants) และสารต้านการกลายพันธุ์ (antimut agents) ซึ่งเกิดจากอนุมูลอิสระ (free radicals) และการใช้สารประกอบฟีนอลในการป้องกันโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือด และมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอลจะทำหน้าที่จับกับอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ ด้วย การให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ จะได้อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลค่อนข้างมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไป ยิ่งไปกว่านั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลบางชนิดยังคงสามารถรวมตัวกับอนุมูลอิสระอื่นได้อีกด้วย ทำให้สามารถลดจำนวนอนุมูลอิสระลงไปถึง 2 เท่า

การเปรียบเทียบคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลบริสุทธิ์ พบว่า catechin มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันมากที่สุด รองลงมา คือ myricetin, epicatechin, rutin (ทั้ง 3 ตัวนี้มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันใกล้เคียงกัน) gallic acid, quercetin, cyanidin ตามลำดับ (Fennema, 1976)

กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารประกอบฟีนอลชนิดหนึ่งที่สำคัญ มีชื่อตามระบบ IUPAC คือ 3,4,5-trihydroxybenzoic acid สูตรโมเลกุลมักมีน้ำรวมอยู่ด้วย เช่น $C_7H_6O_5 \cdot H_2O$ มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 188.14 จุดหลอมเหลว 251 องศาเซลเซียส แหล่งข้อมูลบางแห่งระบุไว้ที่ 256 - 260 องศาเซลเซียส สามารถละลายได้ในอีเทอร์ มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนเมื่อละลายน้ำจน

ถึงจุดอิ่มตัว (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) มีค่าความเป็นกรด - ด่างอยู่ระหว่าง 2 - 3 และมีความหนาแน่นประมาณ 500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

กรดแกลลิกเป็นสารบริสุทธิ์มีลักษณะเป็นผลึกใสไม่มีสี สารนี้จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลในประเภทของกรดฟีนอลิก การสกัดจากตัวอย่างพืชจะได้ผลดีจำเป็นต้องย่อยเนื้อเยื่อพืชด้วยกรดเสียก่อน เพราะโดยปกติสารในกลุ่มนี้มักสร้างพันธะเอสเทอร์อยู่กับสารพวกลิกนินในพืช หรือรวมตัวกับน้ำตาลอยู่ในรูปไกลโคไซด์ (glycoside) กรดแกลลิกพบในพืชที่มีเนื้อไม้หลายชนิด มักอยู่ในรูปที่รวมตัวกับแทนนิน เป็นกรดแกลลิกซึ่งเป็นรูปที่มีฤทธิ์แรงที่สุด มีรายงานว่า มีฤทธิ์ยับยั้งการออกดอกของพืชได้ เนื่องจากกรดแกลลิกมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และหมู่คาร์บอกซิลิก (-COOH) บนโมเลกุลทำให้กรดแกลลิกในรูปโมเลกุลคู่ (dimeric) ที่มีชื่อเรียกว่า ellagic acid หรือ diallic acid บางกรณีโมเลกุลของกรดแกลลิกหลายๆ โมเลกุลมารวมกันเป็นโพลีเมอร์ขนาดใหญ่กลายเป็นสารจำพวกแทนนินชนิดหนึ่งที่เรียกว่า gallo-tannin ดังนั้นพืชที่มี tannin เมื่อสลายตัว (อาจด้วยความร้อน กรด หรือเอนไซม์) ก็สามารถให้กรดแกลลิกออกมาได้ แต่การสลายตัวเกิดขึ้นได้น้อย ไม่มากพอที่จะเป็นแหล่งของกรดแกลลิก เพราะบางส่วนยังจับกับโมเลกุลไม่เกิดการสลายตัว และไม่ละลายน้ำ (Wina *et al.*, 1999)

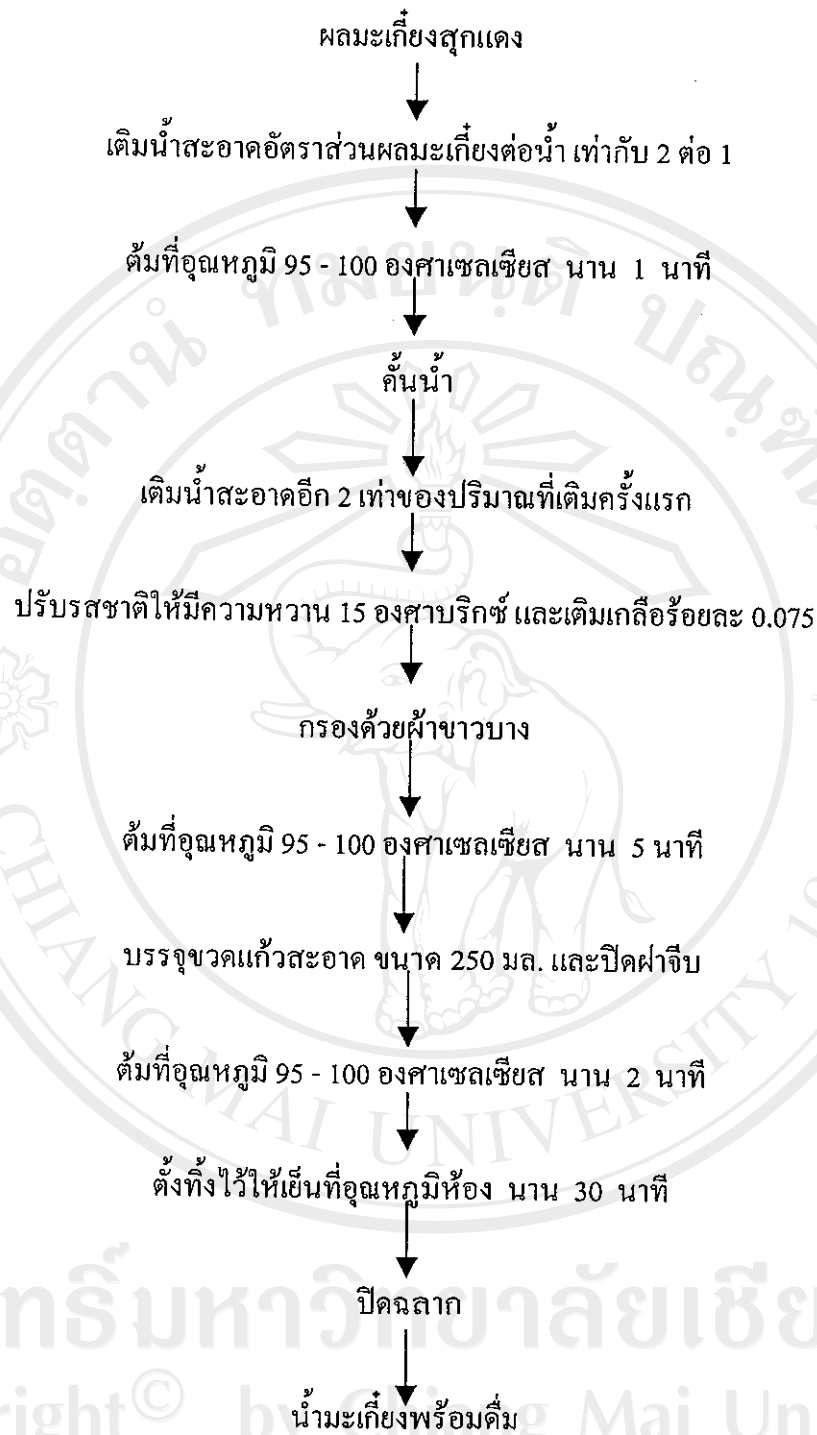
เมื่อได้รับความร้อนเกิน 220 องศาเซลเซียส กรดแกลลิกจะสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์จากโมเลกุล แล้วเปลี่ยนเป็นสารที่เรียกว่า pyrogallol หรือ 1,2,3- trihydroxybenzene ซึ่งเป็นสารที่ใช้ผลิตสีย้อมผ้าและใช้ในกระบวนการถ้ำรูป รวมถึงใช้ในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมีคุณสมบัติดูดซับออกซิเจนได้ มีรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์ของกรดแกลลิกมากมาย ตัวอย่าง เช่น เป็น acetyl choline esterase inhibitor บรรเทาอาการปวดคลายกล้ามเนื้อ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ด้านเชื้อ HIV ด้าน adenovirus ด้านอาการแพ้ ด้านอาการหอบหืดโดยการไปขยายหลอดลม ด้านหลอดลมอักเสบ ด้านแบคทีเรีย โดยมีความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถใช้ยับยั้งแบคทีเรีย คือ 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (MIC = 1,000 microgram/ml) และพบว่ากรดแกลลิกเป็นพิษกับเซลล์เนื้อเยื่อ แต่ไม่เป็นพิษกับเซลล์ปกติ สำหรับเซลล์เนื้อเยื่อที่ไวต่อกรดแกลลิกสามารถสร้างสารต้านทานกลไกการออกฤทธิ์ของกรดแกลลิกได้ กรดแกลลิกยังมีฤทธิ์ด้านการแข็งตัวของเลือด ลดความเป็นพิษของสารพิษต่อตับได้ ด้านเชื้อเริม ด้านฤทธิ์ของสารพวกไนโตรซามีนและต้านอนุมูลอิสระ (แรงกว่า quercetin 7 เท่า) มีคุณสมบัติทำลายหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์บางอย่างได้ โดยเฉพาะพวก *staphylococci* ฆ่าศัตรูพืชบางชนิดได้ ด้านฤทธิ์ของสารกระตุ้นให้เกิดเนื้องอก และมีฤทธิ์สมานแผลได้ (<http://www.midieykentfsnet.co.uk/articies/gallic> 39.html และ Kanai and Okano, 1998)

2.5.3 ผลิตภัณฑ์จากผลมะเกี๋ยง มีดังนี้

1. **น้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่ม** เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำมะเกี๋ยงแท้ และมีการปรุงแต่งด้วยน้ำตาล เกลือ กรด และสารเพิ่มความหนืด ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 62 พ.ศ. 2524 กำหนดว่าน้ำผลไม้พร้อมดื่มต้องมีน้ำผลไม้แท้ผสมอยู่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 25 นีออร์ และคณะ (2539) ได้ศึกษาการทำน้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่มที่มีปริมาณของน้ำมะเกี๋ยงแท้ร้อยละ 25 จะได้น้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่มที่มีความเปรี้ยวมาก จึงจำเป็นต้องปรับให้มีน้ำตาลสูง 15 องศาบริกซ์ และเพคตินร้อยละ 0.1 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับคุณภาพโดยรวม จากการศึกษาพบว่า สีผลของมะเกี๋ยงที่ใช้มีอิทธิพลต่อสีของผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก โดยผลพบว่ามะเกี๋ยงที่สุกเต็มที่ จะให้น้ำมะเกี๋ยงสีแดงสด ส่วนผลมะเกี๋ยงที่สุกไม่เต็มที่ จะได้น้ำมะเกี๋ยงที่มีสีจาง ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้ทดสอบชิมคุณภาพทางประสาทสัมผัส และอัตราส่วนของน้ำตาลต่อกรด (sugar acid ratio) พบว่า 23:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำน้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่ม โดยมีกระบวนการผลิตดังภาพ 2.6

น้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่มที่ผลิตได้สามารถเก็บไว้ได้นานมากกว่า 3 เดือน ในอุณหภูมิห้องที่ปราศจากแสงแดด ถ้าน้ำมะเกี๋ยงได้รับแสงแดดเป็นเวลานานจะทำให้สี กลิ่น และรสชาติของน้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่มเปลี่ยนไป ผลิตภัณฑ์น้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่มนี้เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั่วไปเป็นอย่างมาก เพราะดื่มแล้วทำให้รู้สึกสดชื่นและกระปรี้กระเปร่ามากขึ้น

2. **น้ำมะเกี๋ยงเข้มข้น** เป็นน้ำผลไม้ที่ต้องนำไปเจือจางด้วยน้ำประมาณ 3 เท่าก่อนบริโภค ซึ่งสินธนา (2535) ได้กล่าวถึงน้ำผลไม้เข้มข้นว่าเป็นเครื่องดื่มที่มีความเข้มข้นสูง และมีค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ต่ำ ดังนั้นการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์จึงลดน้อยลงทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น นิรมล และธีรวัลย์ (2539) ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการทำน้ำมะเกี๋ยงเข้มข้น โดยการระเหยน้ำออก ทำการสกัดน้ำมะเกี๋ยงโดยใช้ผลมะเกี๋ยงสดต่อน้ำในอัตราส่วน 1:0.5 โดยน้ำหนักผ่านเครื่องแยกเนื้อและเมล็ด (pulper finisher) แล้วนำมาทำน้ำมะเกี๋ยงเข้มข้นโดยการระเหยน้ำออกโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ พบว่าได้น้ำมะเกี๋ยงที่มีรสเปรี้ยวเข้มข้น มีรสฝาด และสีคล้ำดำคุณภาพไม่เหมาะสมต่อการนำมาทำเป็นน้ำผลไม้เข้มข้นสำหรับดื่ม จึงทำการศึกษาโดยการเติมน้ำตาล พบว่าปริมาณที่เหมาะสมในการทำน้ำมะเกี๋ยงเข้มข้น คือ ใช้น้ำตาลในปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ที่ 55 องศาบริกซ์ และเกลือร้อยละ 0.4 เมื่อนำมาเจือจางน้ำ (อัตราส่วน 1:3) และทำการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ได้คะแนนความชอบในด้านสีสูงที่สุด มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 2.64 ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.92 ในรูปกรดซิตริก และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 18.4 องศาบริกซ์ ซึ่งเหมาะสมในการรับประทานโดยเติมน้ำแข็งเป็นน้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่ม



ภาพ 2.6 กระบวนการผลิตน้ำมะเขี๋ยงพร้อมดื่มบรรจุขวด
ที่มา : นีอร และคณะ (2539)

3. ไวน์มะเกี๋ยง ไวน์มะเกี๋ยงเป็นไวน์ผลไม้ที่จัดอยู่ในกลุ่มไวน์ชมพู (Rose' หรือ Pink wine) เนื่องจากน้ำมะเกี๋ยงมีสีแดงไม่เข้ม โดยทั่วไปไวน์มะเกี๋ยงผลิตเป็นไวน์ชนิด Table wine คือ มีปริมาณแอลกอฮอล์ระหว่างร้อยละ 9 - 14 โดยปริมาณ (Richard, 1981) เนื่องจากผลและน้ำมะเกี๋ยงมีความเปรี้ยวและมีปริมาณกรดมาก ส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริกร้อยละ 1.69 และกรดมาลิก ร้อยละ 0.17 (ทวีพร, 2530) ในการทำไวน์มะเกี๋ยงจึงต้องมีการเจือจางน้ำมะเกี๋ยงด้วยน้ำเพื่อให้มีปริมาณกรดเหมาะสมที่เชื้อยีสต์สามารถเจริญและสร้างแอลกอฮอล์ได้ตามต้องการ

4. เนคตำมะเกี๋ยง เครื่องดื่มเนคตำ คือ เครื่องดื่มผลไม้ที่มีส่วนของเนื้อผลไม้ผสมอยู่ด้วยในปริมาณร้อยละ 20-50 มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ ใช้ดื่มได้ทันทีโดยไม่ต้องเจือน้ำ ชีร์วัลย์ (2539) ได้ศึกษาการทำเนคตำมะเกี๋ยง พบว่า ส่วนผสมในการทำเนคตำที่เหมาะสม คือ เนื้อมะเกี๋ยงร้อยละ 20 น้ำตาลร้อยละ 15 เพคตินร้อยละ 0.5 และกัวกัม (guar gum) ร้อยละ 0.1 ได้เนคตำมะเกี๋ยงที่มีสีสดใส และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่ยอมรับได้

5. แยมมะเกี๋ยง แยมมะเกี๋ยงที่มีลักษณะเจลที่อยู่ตัวมีความข้นเหนียวเหมาะสมสำหรับทาขนมปัง ให้กลิ่น สี รสชาติ และการยอมรับรวมทั้งระดับขอบปานกลาง ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.2 มีปริมาณกรดร้อยละ 0.79 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 68.9 องศาบริกซ์ ปริมาณเพคตินร้อยละ 2.28 ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 28.8 (จิรภา และคณะ, 2539)

6. มะเกี๋ยงดอง ภัทราภรณ์ และคณะ (2539ก) ได้ศึกษาการทำมะเกี๋ยงดอง พบว่า มะเกี๋ยงดองที่ได้มีคุณภาพดี ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในด้านลักษณะปรากฏ สี และการยอมรับรวมในระดับขอบปานกลาง คือ ใช้ผลมะเกี๋ยงสุก 600 กรัม ดองในน้ำดอง 2,000 กรัม ที่ประกอบด้วย เกลือแกงร้อยละ 2.5 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 ดองในภาชนะแก้วโดยใช้ถุงน้ำเกลือปิดทับให้ผลมะเกี๋ยงจมในน้ำดอง และดองนาน 1 เดือน

7. มะเกี๋ยงแช่อิ่มแห้ง ภัทราภรณ์ และคณะ (2539ข) ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตการทำแห้งมะเกี๋ยง โดยวิธีนี้เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่จะปรับรสชาติของมะเกี๋ยงให้มีความหวานเพิ่มขึ้น และความเปรี้ยวลดลงทำให้ได้ผลมะเกี๋ยงแห้งที่มีรสชาติกลมกล่อม ไม่หวานหรือเปรี้ยวมากเกินไป

8. มะเกี๋ยงหยี ผลไม้ที่นำมาทำการหยี มักเป็นผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว ได้แก่ ผลไม้จำพวกมะยม มะขาม และส้มโอ รวมถึงมะเกี๋ยงที่จัดเป็นผลไม้รสเปรี้ยว ทั้งยังมีกลิ่น และรสชาติเฉพาะตัวที่สามารถผลิตเป็นมะเกี๋ยงหยีได้ การศึกษาการทำมะเกี๋ยงหยี พบว่า สูตรและส่วนผสมที่ดี คือ การใช้เนื้อมะเกี๋ยงบดหยาบในอัตราส่วนของเนื้อมะเกี๋ยงต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 1 เติมกรดซิตริกร้อยละ 1.0 เบะแซร์ร้อยละ 25 น้ำตาลร้อยละ 40 ฟริกป่นและเกลือร้อยละ 3.0 ได้ผลิตภัณฑ์

มะเข็ญที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 24.55 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 22.40 ปริมาณกรดร้อยละ 0.95 ปริมาณไขมันร้อยละ 1.36 ปริมาณเส้นใยร้อยละ 6.44 และปริมาณเถ้าร้อยละ 2.46

9. ชามะเข็ญ ชามะเข็ญ จัดเป็นเครื่องดื่มประเภทชาสมุนไพร (herbal tea) ที่ทำจากเนื้อมะเข็ญบดแห้ง ซึ่งมีข้อดีคือ ชาประเภทนี้ไม่มีสารคาเฟอีน (caffeine) ซีโรวัลย์ และคณะ (2539) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการทำชามะเข็ญ พบว่า การใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่ระยะห่างของลูกกลิ้ง 0.1 มิลลิเมตร ผ่านการทำแห้ง 1 ครั้ง ได้ชามะเข็ญที่มีปริมาณผลผลิตร้อยละ 6.2 ปริมาณความชื้น ร้อยละ 7.22 การชงชามะเข็ญในอัตราส่วนชามะเข็ญต่อน้ำร้อน 1 ต่อ 5 ได้น้ำมะเข็ญที่มีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.7 เมื่อเติมเกลือร้อยละ 0.25 และปรับให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ทั้งหมด 16.22 องศาบริกซ์ ได้น้ำชามะเข็ญเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในระดับชอบปานกลาง

10. โยเกิร์ตมะเข็ญ การใช้ประโยชน์จากผลมะเข็ญในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต สามารถนำมาใช้ทั้งในรูปแบบของน้ำมะเข็ญผสมในโยเกิร์ตพร้อมดื่ม และเนื้อมะเข็ญกวนในรูปแบบของเซทโยเกิร์ต ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

11. สีสผสมอาหารแอนโทไซยานินส์ นอกจากการใช้ประโยชน์ในลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว จากคุณสมบัติและลักษณะเด่นของผลมะเข็ญในด้านสี สมชาย (2539) ได้ศึกษาวิธีการสกัดสารสีจากผลมะเข็ญ พบว่า การสกัดสารสีจากผลมะเข็ญมาใช้ในอาหารนั้นสามารถสกัดได้โดยการต้มในน้ำเดือด สารละลายที่ได้มีสีแดงสดซึ่งเป็นรงควัตถุแอนโทไซยานินส์ เหมาะสำหรับนำไปใช้กับอาหารที่มีสภาพเป็นกรดสูง เช่น น้ำผลไม้ แยม ผลไม้ แต่ไม่เหมาะกับอาหารที่เป็นกลางหรือด่าง เพราะแอนโทไซยานินส์เมื่ออยู่ในสภาพเป็นกลางและด่างจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินคล้ำไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลมะเข็ญในผลิตภัณฑ์อาหารในระยะเบื้องต้นพบว่า ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นที่ยอมรับทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะการนำมาทำไวน์ผลไม้ และน้ำมะเข็ญพร้อมดื่ม ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคสูง ดังนั้น ควรมีการศึกษาต่อเนื่องถึงการใช้ประโยชน์ในรูปแบบใหม่ รวมถึงการศึกษาอายุการเก็บรักษา และภาวะบรรจุที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคต่อไป (คณะกรรมการงานอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชมะเข็ญ, 2545)