บทนำ

สำรองเป็นชื่อต้นไม้เนื้ออ่อนชนิดหนึ่งมีลำต้นขนาดใหญ่แผ่กิ่งก้าน มีผลเป็นผลแห้งเมล็ดเป็นรูปรีสีน้ำตาล เปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกมีสารเมือกจำนวนมากจะพองตัวในน้ำ ซึ่งมีสรรพคุณทางยา แก้ร้อนในกระหายน้ำทำให้คอชุ่มชื้น แก้โรคตาแดง ตาอักเสบ โรคปอดบวม จึงได้มีการนำสำรองมาผลิตเป็นเครื่องดื่ม โดยแนวคิดมาจากชาวบ้านต้มดื่มกันในครัวเรือน ปัจจุบันเริ่มมีผู้เห็นคุณค่าที่หลายๆคนมองข้ามมาพัฒนาเพื่อเพิ่มคุณค่ามากยิ่งขึ้น โดยนำมาผลิตในรูปน้ำสำรองบรรจุขวดพลาสติกขายแต่ก็เก็บได้ไม่นาน จึงมีการพัฒนาผลิตให้อยู่ในรูปของน้ำสำรองบรรจุกระป๋อง ซึ่งมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามด้วยรูปแบบของผลิตภัณฑ์และความหลากหลายที่มีอยู่อย่างจำกัดในการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้นด้วยรูปแบบของเครื่องดื่มสำรองผง ทั้งนี้เพื่อก่อเกิดประโยชน์สูงสุดของการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่น เพื่อเพิ่มมูลค่าของทรัพยากร นอกจากนี้รูปแบบผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังให้ความสะดวกในการจัดการ การเก็บรักษา ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ ซึ่งเหมาะแก่สภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันมากที่สุด

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเบื้องต้นในการผลิตเครื่องดื่มสำรอง

การตรวจเอกสาร

สำรอง (Malva Nut)

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Scaphium scaphigerum* (G.DON), *Scaphium macropodum*, *Beaum.* อยู่ในวงศ์ Sterculiaceae และมีชื่ออื่นๆได้แก่ พุงทะลาย ท้ายเภา ท้ายเภาขาว เปรียง โปรง จอง เป็นต้น (นันทวัน และอรนุช, 2543)

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เป็นไม้ท้องถิ่นเดิมในเขตจังหวัดจันทบุรี และตราด พบได้แก่ป่าดงดิบ และป่าพื้นราบ ลักษณะทั่วไปเป็นไม้ยืนต้นสูงเต็มที่ประมาณ 45 เมตร ไม่ผลัดใบ ลำต้นสีน้ำตาลเทา ลำต้นชอบแตกกิ่งก้านบริเวณเรือนยอดใย เป็นพืชที่มีใบเดี่ยวสลับด้านที่โตยังไม่เต็มที่จะมีใบเป็นรูปแฉกผสมกับรูปไข่ ปลายแหลมเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ รูปร่างของใบจะเป็นรูปไข่ปลายแหลมทั้งหมด ดอกสำรองมีช่อแบบ Terminal panicle ดอกมีสีขาวอ่อน ดอกออกที่ปลายกิ่งออกดอกและให้ผล 3 – 4 ปีต่อครั้งในแต่ละต้น ผลขนาดเล็กจะมีสีเขียว เมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ผลมีปีกช่วยในการเคลื่อนที่ ชาวบ้านมักเรียกแผ่นนี้ว่าปีหรือสำเภา สามารถปลิวตามลมไปได้ไกลๆ ผลแห้งเมื่อแช่น้ำจะพองตัวออกได้หลายเท่า หรือสามารถขยายผลที่มีขนาดใหญ่กว่าผลประมาณ 5 – 10 เท่า สำรองจะออกดอกในช่วงประมาณเดือนมกราคม และผลจะร่วงหล่นประมาณเดือนเมษายน การขยายพันธุ์ทำได้หลายวิธีได้แก่ การตอนกิ่ง ตัดชำ ติดตา เป็นต้น วิธีสังเกตต้นสำรองที่เพาะจากเมล็ดต้นกล้าอายุ 1 ปี จะมีใยรูปปลายแหลมฐานโค้ง ประมาณปีที่ 2 ใบมีแฉกประมาณ 3 – 4 ปี หรือมากกว่า 6 ปี ใบจะมีลักษณะคล้ายรูปกระสวย

นิเวศวิทยาและการแพร่กระจาย พบว่ามีการเจริญเติบโตในป่าดงดิบชื้นในภาคตะวันออกของประเทศไทย

ประโยชน์และความสำคัญคือเมื่อแช่น้ำแล้วจะพองเป็นวุ้นรับประทานกับน้ำตาลทราย มีสรรพคุณเป็นยาแก้กระหาย แก้ร้อนใน แก้ไอ หอบหืด แก้ท้องเดิน และลดอาการอักเสบ ในประเทศจีน ฮ่องกง ไต้หวัน ใช้สำรองรวมกับชะเอมแก้เจ็บคอ

2. สรรพคุณ

ผล (เนื้อหุ้มเมล็ด) แก้ร้อนในทำให้ใจคอชุ่มชื้น แก้กระหายน้ำ

เมล็ด แก้ร้อนใน กระหายน้ำ แก้โรคตาแดงอักเสบ แก้โรคปอดบวม

ไม่ระบุส่วนที่ใช้ แก้ร้อนในทำให้ใจคอชุ่มชื้น แก้กระหายน้ำ

3. ข้อมูลการวิจัยที่สำคัญ

สารเคมี	Histamin ; Sterculia polyasaccharide PP – III
ฤทธิ์ทางเคมีเภสัชวิทยา	ไม่มีฤทธ์ต้านมะเร็ง ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งการจับกัน platelet activation factor receptor

4. คุณค่าทางอาหารของเนื้อสำรอง

โปรตีน	19.86%
ไขมัน	6.86%
กากอาหาร	1.12%
คาร์โบไฮเดรต	62.92%
พลังงาน	4.175%

เครื่องดื่มจากน้ำผลไม้

เครื่องดื่มจากน้ำผลไม้นี้เป็นที่นิยมกันมากเพราะมีประโยชน์ต่อร่างกายสูง สำหรับเครื่องดื่มจากน้ำผลไม้ที่ไม่มีแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ จะนิยมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (วริศชนม์, 2546) คือ

1.น้ำผลไม้แท้ ซึ่งอาจมีลักษณะขุ่นหรือใสขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ และความนิยมของผู้บริโภค เช่น น้ำสับปะรด น้ำส้ม น้ำมะเขือเทศ เป็นต้น

2.น้ำผลไม้ผสมคือเครื่องดื่มที่มีผลไม้เป็นส่วนประกอบหลัก มีการแต่งสี กลิ่นรส ด้วยกรด น้ำตาล สารให้กลิ่น และสารให้สี ซึ่งจะทำให้ได้ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเรียกต่างกัน

1. กรรมวิธีการผลิตน้ำผลไม้

คุณภาพของน้ำผลไม้ที่ดีที่สุด น้ำผลไม้นั้นยังคงรักษาลักษณะกลิ่นและรสของผลไม้นั้นไว้ได้หลังจากผ่านการแปรรูปและการเก็บรักษา ซึ่งคุณภาพของน้ำผลไม้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลไม้ที่ใช้ ต้องสดและสะอาด ชนิดของผลไม้ พันธุ์ ระยะของการสุก และสภาวะที่ใช้ในการผลิตและเก็บรักษา

1.1 การคัดเลือกและการล้าง

การคัดเลือกเพื่อให้ได้ผลไม้ที่มีระยะเวลาการสุกเท่ากัน สีของน้ำผลไม้จะได้คงที่ ส่วนการล้างมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์และสิ่งเจือปนที่ติดมากับผลไม้อาจทำได้โดยการล้างน้ำด้วยมือ การแช่น้ำหรือการฉีดด้วยน้ำที่มีแรงดันสูง อาจใช้สารเคมีบางชนิดในการล้างด้วย เช่น กรดเกลือ จะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ แล้วจึงล้างน้ำสะอาดอีกครั้ง

1.2 การเตรียมและการสกัดน้ำผลไม้

การสกัดน้ำผลไม้ส่วนใหญ่จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้น คือการตีป่น และการคั้นน้ำผลไม้ แต่ผลไม้บางชนิดสามารถนำไปคั้นน้ำได้เลยโดยไม่ต้องผ่านการตีป่น เช่น องุ่น และส้ม กรรมวิธีที่ใช้ในการสกัดน้ำผลไม้ที่ต้องการ เช่น ขุ่น หรือ ใส

1.2.1 การตีป่น เป็นขั้นตอนการเพิ่มพื้นที่ผิวของผลไม้ให้มากขึ้น เพื่อง่ายต่อการคั้นน้ำผลไม้ นิยมใช้เครื่องสับทำให้ขนาดผลไม้เล็กลง ผลไม้บางชนิดอาจต้องปอกเปลือกออกก่อน เช่น สับปะรด ในขั้นนี้จะต้องระวังไม่ให้อากาศสัมผัสกับเนื้อผลไม้มาก เพราะจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงจากเอนไซม์ในผลไม้ และจากโลหะที่ปะปนอยู่ เครื่องมือที่ใช้ในการทำน้ำผลไม้นี้จะต้องทำจากโลหะที่ไม่ทำให้น้ำผลไม้เปลี่ยนแปลงไป เช่น การเปลี่ยนสี การเกิดสีคล้ำ เครื่องมือต่างๆจึงควรทำจากเหล็กปลอดสนิม หรือโลหะเคลือบอลูมิเนียม ไม่ควรทำจากโลหะ เหล็ก ทองแดง และดีบุก เพราะจะทำให้สีและธรรมชาติของน้ำผลไม้เปลี่ยนไป

1.2.2 การคั้นน้ำผลไม้ เป็นขั้นตอนการสกัดของเหลวออกจากชิ้นส่วนของผลไม้ โดยการคั้นซึ่งทำได้หลายวิธีตั้งแต่ง่ายที่สุดคือ การใช้ผ้าขาวบางห่อแล้วใช้ไม้แบบกดทับไว้หรือใช้มือบีบ วิธีนี้เหมาะที่จะทำในระดับครัวเรือน ส่วนในทางอุตสาหกรรมนิยมใช้เครื่องมือกดแบบตะแกรง (basket press) หรือเครื่องอัดไฮโดรลิก การสกัดน้ำผลไม้บางชนิด เช่น องุ่น อาจมีการใช้ความร้อนประมาณ 140 -150 °ฟ ก่อนการสกัดจะช่วยสีจากองุ่นได้ดีขึ้น ส่วนน้ำมะเขือเทศ การให้ความร้อนก่อนการสกัดทำให้ความข้นคงตัวดี จากนี้อาจเติมเอนไซม์พวกที่ย่อยสลายเพคตินก่อนให้ความร้อนที่ 50°ซ แล้วทิ้งไว้ 2 – 3 ชั่วโมง หรือข้ามคืนเพื่อเพิ่มปริมาณของเหลวที่สกัดได้ ช่วยทำให้ใสและช่วยสกัดสีด้วย

1.3 การไล่อากาศ

มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณออกซิเจนในน้ำผลไม้ที่เกิดจากขั้นการตีป่นและการกรอง เพราะออกซิเจนจะทำให้น้ำผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เรียกว่าออกซิเดชั่น (oxidation)การไล่อากาศสามารถทำได้โดยให้น้ำผลไม้ผ่านเข้าไปในภาชนะสุญญากาศ ซึ่งมีเครื่องดูดอากาศออกไปด้วย

1.4 การเก็บรักษาน้ำผลไม้

วิธีการเก็บรักษาเพื่อให้น้ำผลไม้มีสภาพคงตัวมากที่สุดเป็นระยะเวลานานโดยไม่เสื่อมเสียจากปฏิกิริยาเคมี จุลินทรีย์ เอนไซม์ และโลหะ สามารถทำได้หลายวิธีคือ การพาสเจอไรซ์โดยปกติจะใช้อุณหภูมิ 175°ฟ นาน 20 นาที เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่สำหรับน้ำผลไม้ทั่วไปจะมี pH ต่ำกว่า 4.5 ซึ่งเป็นสภาพที่สปอร์ของจุลินทรีย์เป็นอันตรายนี้

ไม่สามารถเจริญได้ การใช้อุณหภูมิ 160 – 165 °ฟ ก็เพียงพอต่อการทำลายเชื้อแบคทีเรีย รา และยีสต์ในน้ำผลไม้ ในโรงงานผลิตน้ำผลไม้แบบใหม่จะใช้การพาสเจอไรซ์แบบต่อเนื่อง เรียกว่า Flash pasteurization ใช้ความร้อนสูง 180 – 195 °ฟ นาน 2 – 3 วินาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีวิธีนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของน้ำผลไม้น้อยมาก

1.4.1 การใช้สารเคมี นิยมใช้วิธีนี้กับเครื่องดื่มผสมแบบเข้มข้น สารเคมีที่ช่วยในการเก็บรักษาได้แก่

1.4.1.1 เบนโซเอต (Benzoate) เป็นเกลือของกรดเบนโซอิก ในรูปเกลือละลายน้ำได้ดีกว่าในรูปของกรด ปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารคือ 0.1% 1000 ppm ประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์ในสภาวะเป็นกรดจะสูงกว่าสภาพเป็นกลาง นิยมใช้ในน้ำผลไม้หรือผลไม้ที่มีสีและเข้มข้นเช่น สควอช ไซรัป เป็นต้น

1.4.1.2 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) สารนี้มีประสิทธิภาพการทำลายราและแบคทีเรียได้ดีกว่ายีสต์ ปริมาณที่อนุญาตให้ใช้คือ 0.1 % เช่นเดียวกับเบนโซเอต แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไปจะทำให้มีกลิ่นในน้ำผลไม้ ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลหรือการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำผลไม้ด้วย อาจใช้สารนี้ในรูปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กรดซัลฟูรัส หรือเกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียม สารนี้อาจทำให้สีแดงหรือม่วงขององุ่นหายไป แต่ถ้านำไปต้มไล่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สีจะกลับคืนมา

1.4.1.3 น้ำตาล นอกจากจะเป็นสารให้ความหวานแล้วถ้ามีอยู่ในปริมาณความเข้มข้นสูง 65–70 % จะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้โดยไม่ต้องใส่วัตถุกันเสีย

1.4.2 การใช้ความเย็น ในสภาพอุณหภูมิต่ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเสื่อมเสียจากปฏิกิริยา และจุลินทรีย์ลดลง จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 32° ฟ ก็ยังอาจมีเชื้อราเจริญได้ ถ้าลดอุณหภูมิมิให้ต่ำลงในระดับแช่แข็งจะทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้นน เช่น น้ำองุ่นสามารถเก็บได้นาน 2 ปี โดยที่สีและกลิ่นรสไม่เปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิ 10 – 15 °ฟ

1.4.3 วิธีอื่นๆ เนื่องจากน้ำผลไม้ส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรดยีสต์จึงเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมเสีย พบว่าการใช้ความดันสูงเช่น 75,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 30 นาที ทำลายยีสต์ได้ การอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็เป็นวิธีหนึ่งเพราะช่วยเพิ่มความดันและลดปริมาณออกซิเจนในน้ำผลไม้

1.5 เครื่องดื่มดัดแปลงจากน้ำผลไม้

เครื่องดื่มประเภทนี้เกิดจากการแต่งเติมรสลงไปในน้ำผลไม้เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการบริโภค ซึ่งแบ่งได้เป็นประเภทต่างๆ คือ

1.5.1 เนกต้า (Nectar) คือเครื่องดื่มที่อาจจะประกอบด้วยผลไม้ชนิดเดียวหรือหลายชนิด มีความเข้มข้นของเนื้อสูงประมาณ 40% จึงต้องทำจากผลไม้ที่มีเนื้อมาก เช่น กล้วย ฝรั่ง สับปะรด มะละกอ ลูกท้อ และพีช ฯลฯ

1.5.2 สควอช (Squash) มีลักษณะขุ่นแต่น้อยกว่าเนกต้า ประกอบด้วยน้ำผลไม้ไม่น้อยกว่า 25% และมีปริมาณสารที่ละลายได้ในน้ำมากกว่า 40% ความเป็นกรดอยู่ในช่วง 1.2 – 1.5% เก็บรักษาโดยใช้สารเคมี เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือเบนโซเอต

1.5.3 คอร์เดียล (Cordial) มีลักษณะคล้ายสควอชแต่ต้องใส และมีส่วนประกอบจากน้ำผลไม้ไม่ต่ำกว่า 25 % มีสารที่ละลายน้ำได้มากกว่า 30% ความเป็นกรดค่อนข้างสูง คือ 2.0 – 2.5% จึงมีรสออกเปรี้ยวมาก นิยมทำจากผลไม้พวกมะนาว เก็บรักษาโดยใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือ เบนโซเอต

1.5.4 น้ำเชื่อม (Syrup) อาจมีลักษณะขุ่นหรือใสก็ได้ แต่ต้องมีส่วนของน้ำผลไม้ไม่น้อยกว่า 25% และมีปริมาณสารที่ละลายน้ำได้อย่างน้อย 65%แต่มีความเป็นกรดต่ำ ถ้ามีน้ำตาลน้อยกว่า 68% ต้องใช้สารเคมีช่วยในการเก็บรักษาเครื่องดื่มประเภทนี้ต้องทำให้เจือจางก่อนดื่มซึ่งควรมีสารที่ละลายน้ำ 10 – 20% และมีความเป็นกรด 0.5 – 0.6%

1.5.5 น้ำหวานอื่นๆ เกิดจากการเติมสารให้กลิ่นรส กรด และสีลงในน้ำเชื่อมเข้มข้น 70-75°ฟ

1.6 เครื่องดื่มผง

ปัจจุบันเครื่องดื่มผงเป็นเครื่องดื่มอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างสูงจากผู้บริโภค เนื่องจากมีความสะดวกต่อการใช้ การขนส่ง และการเก็บรักษา เครื่องดื่มผงนี้มักจะทำให้อยู่ในสภาพเข้มข้นและละลายน้ำได้ดี เช่น นมผง กาแฟผง ขิงผง เก๊กฮวยผง เป็นต้น สามารถแบ่งประเภทของเครื่องดื่มตามกรรมวิธีการผลิตได้เป็น 3 ประเภท คือ

1.6.1 เครื่องดื่มน้ำผลไม้แท้ผง puff drying, spray drying การแช่แข็งจนแห้งหรือการใช้ลูกกลิ้งตากแห้งในการทำน้ำส้มผง น้ำสับปะรดผง กาแฟผง เป็นต้น ซึ่งมักพบว่ามีปัญหาในเรื่องการสูญเสียกลิ่นรส และได้รสชาติของน้ำผลไม้ที่ไม่ใกล้เคียงของสดเมื่อนำมาคืนรูป การเติมสารบางอย่าง เช่น ซอร์บิทอล (sorbitol) จะช่วยจับกลิ่นรสของผลไม้โดยเฉพาะในส้มได้ดี ส่วนการเก็บรักษาเครื่องดื่มผงประเภทนี้ต้องบรรจุในภาชนะที่ป้องกันความชื้นจากภายนอกได้ดี

1.6.2 เครื่องดื่มผงดัดแปลง เครื่องดื่มประเภทนี้ได้จากการเคลือบสารให้กลิ่นรสลงไป

ในสารซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักที่นิยมใช้ น้ำตาล แป้ง หรือนมผง ส่วนที่นำมาเคลือบเพื่อให้กลิ่นรสนี้มักจะต้องมีความเข้มข้นสูงอาจเป็นสารสังเคราะห์หรือสารสกัดได้จากธรรมชาติ เช่น น้ำมันผิวส้ม สารสกัดจากขิง หัวน้ำเชื้อของเครื่องดื่ม เป็นต้น ซึ่งในขั้นตอนของการเคลือบนี้อาจต้องทำซ้ำหลายครั้งจนกว่าจะได้กลิ่นรสตามต้องการ นอกจากนั้นอาจจะมีการผสมสารให้กลิ่นรสเข้าไปโดยตรงแล้วทำให้แห้งก็ได้

1.6.3 เครื่องดื่มผงอัดก๊าซ เป็นเครื่องดื่มอีกชนิดหนึ่งประกอบด้วยสารโซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความรู้สึกซ่า และเมื่อสารนี้ทำปฏิกิริยากับกรดสารนี้จะสลายตัวเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น การผลิตเครื่องดื่มผงอัดก๊าซเริ่มจากการเคลือบสารโซเดียมไบคาร์บอเนตด้วยกัมเพื่อป้องกันไม่ให้โซเดียมไบคาร์บอเนตเกิดปฏิกิริยากับกรดหรือสลายตัวไปเสียก่อน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 120°ฟ บดแล้วร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาดตามต้องการ จึงผสมส่วนประกอบอื่นๆลงไป เช่น สารให้ความหวาน กรดซิตริก กลิ่นรส ไตรแคลเซียมฟอสเฟต เป็นต้น เก็บรักษาในภาชนะที่ป้องกันความชื้นและอากาศได้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไบคาร์บอเนตกับกรด และป้องกันการจับตัวเป็นก้อน (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2549)

การทำแห้ง

วัตถุดิบเมื่อเตรียมเรียบร้อยแล้ว จะนำวัตถุดิบหรืออาหารดังกล่าวเข้าสู่ขั้นตอนของการทำแห้ง ซึ่งวิธีการทำแห้งนั้นสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ การทำแห้งโดยวิธีทางธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ การตากแดด และการทำแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์ อีกประเภทหนึ่ง คือ การทำแห้งโดยวิธีเชิงกล ซึ่งเป็นการทำแห้งด้วยเครื่องมือต่างๆ ได้แก่ เครื่องทำแห้งแบบตู้ (cabinet drier) เครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel drier) เครื่องทำแห้งแบบสายพาน (Belt Trough drier) เครื่องทำแห้งแบบฟูอิไดซ์เบด (Fluidized bed drier) เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drier) เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum drier) เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum drier) เครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze drier) โดยการทำแห้งด้วยวิธีการและเครื่องทำแห้งแต่ละชนิด จะมีข้อได้เปรียบและเสียเปรียบที่แตกต่างกันไป ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม

1. การทำแห้งโดยวิธีทางธรรมชาติ

การทำแห้งโดยธรรมชาติเป็นการทำแห้งโยอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์ ได้แก่ การตากแดด และการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์

1.1 การทำแห้งด้วยการตากแดด การตากแดดเป็นวิธีการทำแห้งที่รู้จักและใช้กันมานานตั้งแต่โบราณ โดยอาศัยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ในการระเหยน้ำออกจากอาหาร และยังมีลมเป็นตัวช่วยในการนำไอน้ำออกจากผิวของอาหาร การทำแห้งโดยการตากแดดนี้ใช้ในการทำแห้งอาหารได้หลายประเภท เช่น ผัก ผลไม้ ปลา เนื้อสัตย์ การทำแห้งแบบนี้นิยมมากในระดับครัวเรือนที่ปฏิบัติกันมานานเนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายน้อยสามารถกระทำได้ง่าย ไม่ต้องลงทุนสร้างเครื่องทำแห้ง และโดยทั่วไปนิยมใช้ทำแห้งอาหารที่ไม่ผ่านปฏิบัติการเตรียมวัตถุดิบหลายขั้นตอนนัก มักใช้มากกับการทำแห้งอาหารที่มีลักษณะตามธรรมชาติ เช่นผลไม้เป็นผล ปลาเป็นตัว ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวอาจมีการเตรียมง่ายๆ เช่น การล้าง ปอกเปลือก หั่น แล่ แช่น้ำเกลือก่อนที่จะนำมาทำแห้ง การตากแดดกระทำโดยการวางอาหารผึ่งแดดไว้ในภาชนะ มีการกลับพลิกอาหารบ้างในขณะตากแดด

ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้โดยการตากแดดส่วนใหญ่มักมีคุณภาพต่ำมีโอกาสเปื้อนจากกสิ่งปนเปื้อนต่างๆ เช่น ฝุ่น แมลง จุลินทรีย์และอื่นๆได้ง่าย นอกจากนี้ยังสิ้นเปลืองเนื้อที่ขณะทำแห้ง และประสิทธิภาพในการทำแห้งมักจะต่ำและไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลต่ออัตราการทำแห้งได้ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความเร็วลม ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยต่างๆดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศในขณะทำแห้ง ดังนั้นการตากแดดจึงเป็นวิธีการที่แพร่หลายในเฉพาะเขตร้อนที่มีแสงแดดมาก

1.2 การทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์ การทำแห้งโดยวิธีธรรมชาติด้วยการตากแห้งนั้น มีปัญหามากในเรื่องของการปนเปื้อนจากสิ่งปนเปื้อน ซึ่งเป็นผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้ และประสิทธิภาพในการทำแห้งด้วย เป็นต้น จึงมีการพัฒนาตู้อบพลังแสงอาทิตย์ขึ้น โดยตู้อบดังกล่าวนี้จะยังอาศัยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์อยู่แต่จะออกแบบเป็นลักษณะตู้ หรือกล่อง ที่มีวัสดุดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ดีอยู่ในตู้ เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการทำแห้งให้เร็วขึ้น ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์นี้มีการออกแบบหลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบกล่อง (Box type Solar Drier) ซึ่งจะทำด้วยไม้และปิดด้วยกระจก โดยอาหารที่ต้องการทำแห้งนั้นจะวางบนตะแกรง ในขณะเดียวกันที่กล่องจะมีช่องให้อากาศไหลหมุนเวียนได้เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำแห้ง

2. การทำแห้งโดยวิธีกล

การทำแห้งโดยวิธีเชิงกล เป็นการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์มาออกแบบเครื่องมือทำแห้ง โดยอาศัยแหล่งพลังงานความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า ไอน้ำ หรือเชื้อเพลิง การสร้างเครื่องทำแห้งอาหารมักอาศัยหลักการพาและนำความร้อนเป็นสำคัญ การทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งนั้น จะสามารถควบคุมสภาวะทั่วๆไปขณะทำแห้งได้ เช่น อุณหภูมิ

ความชื้น การหมุนเวียนของอากาศ เป็นต้น ทำให้สามารถควบคุมอัตราการทำแห้งได้ การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งนั้นมักจะเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าการตากแดด และผู้ที่จะควบคุมเครื่องทำแห้งต้องมีความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือทำแห้งด้วย

2.1 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบตู้ เป็นการทำแห้งโดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนประเภทการพาความร้อนเป็นหลัก ซึ่งเครื่องทำแห้งแบบนี้บางทีเรียกว่าเครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray หรือ Pan drier) โดนส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องทำแห้งแบบตู้นี้ได้แก่ ตู้หรือห้องอบ (Drying chamber) แหล่งพลังงานความร้อน (Heater) พัดลม (Fan) ตัวกรองอากาศ (Screen หรือ Filter) และช่องระบายอากาศ (Damper) โดยถาดที่ใช้จะวางเรียงเป็นชั้นอยู่ในตู้ ถาดควรทำด้วยเหล็กปลอดสนิม และมีรูเปิดที่ถาดไว้ด้วยเพื่อทำให้ลมร้อนสามารถไหลเวียนผ่านได้

2.2 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์ การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์นี้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ทำแห้งอาหารในปริมาณมากในระดับอุตสาหกรรมเป็นส่วนมาก และการทำงานเป็นระบบแบบต่อเนื่องทำให้มีความสะดวกและรวดเร็วขึ้นอีกด้วย

2.3 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสายพาน เป็นการทำแห้งอาหารโดยใช้หลักการถ่ายเทความร้อนประเภทการพาความร้อนเป็นหลักเช่นกันลักษณะการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบสายพานนี้จะคล้ายกับเครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์แต่อาหารที่นำมาทำแห้งแทนที่จะวางในถาดบนตู้มีล้อเลื่อน จะนำอาหารวางบนสายพานที่มีลักษณะเป็นตะแกรงโลหะเคลื่อนที่ไปในขณะทำแห้ง

2.4 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด นิยมใช้ในการทำแห้งพวกเมล็ดธัญพืชต่างๆ เนื่องจากหลักการในการทำแห้งด้วยเครื่องแบบนี้จะอาศัยลมร้อนที่พ่นผ่านขึ้นไปยังชิ้นของวัตถุดิบหรืออาหารที่จะทำแห้ง โดยในขณะทำแห้งอาหารจะลอยตัวอยู่ในลมร้อนซึ่งเครื่องทำแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดนี้สามารถทำได้ทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

2.5 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย มีความสำคัญมากในการผลิตอาหารแห้งประเภทอาหารผงและเครื่องดื่มผงชนิดต่างๆ เช่น น้ำผลไม้ผง นมผง กาแฟผง เป็นต้น โดยวัตถุดิบหรืออาหารที่นำมาทำแห้งด้วยวิธีนี้ต้องอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลว ลักษณะของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยนี้ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญได้แก่ ห้องทำแห้ง (Drying chamber) หัวฉีด (Atomizer) แหล่งให้ความร้อน (Heater) และส่วนแยกอาหารผง (Cyclone separater) ในขณะทำแห้งอาหารอาหารเหลวจะถูกพ่นให้แตกเป็นละอองด้วยหัวฉีด ละอองอาหารเหลวนี้จะสัมผัสกับความร้อนจากลมร้อนที่ผ่านเข้ามาในห้องทำแห้ง น้ำในละอองอาหาร

เหลวจะระเหยออกไปในรูปไอน้ำ ส่วนละอองอาหารเหลวจะแห้งได้เป็นลักษณะอาหารผง ซึ่งจะแยกออกทางส่วนแยกอาหารผง

2.6 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการทำแห้งอาหารหลายชนิด แต่อาหารที่จะนำมาทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบนี้ต้องอยู่ในสภาพของเหลวข้นที่มีความหนืดพอเหมาะ สามารถจับเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ โดยรอบลูกกลิ้งทรงกระบอกในการทำแห้งได้ เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ลูกกลิ้งทรงกระบอก(Drum) ซึ่งอาจเป็นลูกกลิ้งหนึ่งถึงสองตัวก็ได้ แหล่งให้พลังงานความร้อน และใบมีดขูดอาหารแห้งที่ได้

2.7 การทำแห้งอาหารด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ สามารถระเหยน้ำออกได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำในสภาพบรรยากาศปกติ การทำแห้งนี้ลดการเสื่อมเสียของอาหาร แต่การทำและการลงทุนของเครื่องทำแห้งดังกล่าวต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศนี้ โดยทั่วไปมีส่วนประกอบสำคัญคือ ห้องทำแห้งสุญญากาศ แหล่งให้พลังงานความร้อน เครื่องดูดอากาศออกเพื่อให้เกิดระบบสุญญากาศ และส่วนเก็บแยกไอน้ำที่ระเหยออกจากอาหาร

2.8 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง นิยมใช้ในการทำแห้งอาหารที่ไวต่อการเสื่อมเสียคุณภาพและคุณค่าทางอาหารด้วยความร้อนเครื่องทำแห้งดังกล่าวประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ห้องทำแห้ง (Drying chamber) และระบบการสูบ (pumping system) ที่ทำให้เกิดระบบสุญญากาศ หรือ ทำให้ความดันภายในห้องทำแห้งลดลงโดยมีอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็น เช่น ถาดใส่อาหารแช่แข็ง เครื่องควบแน่น เครื่องวัดความดัน แหล่งกำเนิดความเย็น แหล่งให้ความร้อน และอุปกรณ์ควบคุมระบบสุญญากาศ

3. การเก็บรักษาอาหารแห้ง

อาหารแห้งที่ผลิตได้แล้วนั้นจะต้องเก็บรักษาไว้ในภาชนะบรรจุที่เหมาะสม โดยเฉพาะในแง่ของการป้องกันความชื้น ยิ่งถ้าเป็นอาหารกลุ่มที่ดูดความชื้นได้เร็ว เช่น พวกอาหารแป้งทั้งหลาย ยิ่งต้องการมีการพิถีพิถันมากขึ้น (สมบัติ, 2529)

คุณสมบัติที่สำคัญของภาชนะบรรจุที่จะนำมาใส่อาหารแห้ง คือ

1) ต้องป้องกันกลิ่นรสไม่ให้ให้สูญหายได้
2) ต้องป้องกันการเกิดการหืนได้
3) ต้องป้องกันการซึมผ่านของอากาศหรือความชื้นได้

ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมของอาหารแห้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไปดังนั้นปัจจัยที่สำคัญที่ต้องทราบในการเลือกใช้ภาชนะบรรจุจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง ดังเช่น

1) การออกแบบ รูปร่างและลักษณะของภาชนะบรรจุ
2) ต้นทุนของภาชนะบรรจุ ซึ่งจะเกี่ยวข้องปริมาณที่ต้องการ
3) อายุการเก็บของอาหารแห้งว่าสั้นหรือยาวแค่นไหน
4) ราคาของอาหารแห้งที่จะบรรจุ

ชนิดหรือรูปแบบของภาชนะบรรจุโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1) Rigid form - เป็นภาชนะบรรจุที่ทำด้วยวัสดุของแข็ง มีความแข็งแรง รักษารูปทรงและป้องกันการกระแทกได้ดี
2) Semirigid form – เป็นภาชนะที่ทำด้วยวัสดุกึ่งแข็ง ยืดหยุ่นได้พอประมาณในการรับหรือบรรจุผลิตภัณฑ์
3) Flexible form - เป็นภาชนะบรรจุที่สามารถยืดหยุ่นได้ตามรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ

วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่าอยู่ในกลุ่มของ Flexible packaging ซึ่งส่วนใหญ่ทำจากพลาสติก ในประเทศที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีแล้ว การบรรจุอาหารแห้ง มักจะใช้กรรมวิธีถนอมอาหารเป็นเกณฑ์ของการเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ควบคู่กับความเหมาะสมอื่น ๆ การบรรจุพวกกาแฟผง นมผง มักบรรจุด้วยกระบวนการสุญญากาศหรือวิธีอัดก๊าซเฉื่อย เช่น ไนโตรเจนในอาหารที่บรรจุเพื่อยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ให้ได้นานที่สุด การใช้วัสดุพลาสติกแผ่นบางไม่เหมาะสมที่จะบรรจุด้วยกระบวนการสุญญากาศหรือการอัดด้วยก๊าซเฉื่อย จำเป็นต้องเสริมโครงสร้างหีบห่อด้วยกระดาษแข็งหรือโลหะหรือพลาสติกแข็ง ในประเทศอังกฤษนั้นอาหารแห้งจำพวกผง เช่น กาแฟผง นิยมบรรจุ Foil Laminated , Laminated Cellophane

กระป๋องเป็นภาชนะบรรจุอีกอย่างหนึ่งที่นิยมนำมาบรรจุอาหารแห้งพวกที่เป็นผง เช่น ผงกาแฟขนาด 1 ปอนด์ มักจะใช้กระป๋องที่มีลิ้นเปิดกระป๋องในตัว ใช้แรงดึงเบา ๆ ก็เปิดฝาออกได้ นับเป็นการออกแบบที่ดี ไม่ต้องใช้เครื่องมือเปิดกระป๋องแบบเก่าอีกต่อไปฝาในของกระป๋องมักใช้ High Density P.E. reclosure ปิดผนึกเป็นการรักษาอาหารระหว่างที่ใช้ไม่หมดในคราวเดียว และนิยมบรรจุด้วยสุญญากาศ

ขวดแห้งที่ใช้ในการบรรจุอาหารผงและอาหารแห้งนับวันจะลดลง เนื่องจากมีข้อเสียเปรียบในเรื่องน้ำหนักและการแตกสลาย แต่กาแฟผงพวกที่ละลายทันที (Instant) ที่ยังบรรจุใน

ขวดแก้วที่มีฝาเกลียวเปิดสนิท ทำให้เก็บกลิ่นรสของกาแฟได้ดี และรอยระหว่างฝาปิดกับขวดแก้วก็มักมีวัตถุกันการซึมของอากาศรองรับอยู่อย่างมิดชิด

ปัจจุบันภาชนะบรรจุที่ทำมาเลียนแบบกระป๋องและขวดแก้วและใช้กันอย่างแพร่หลาย คือขวดพลาสติกที่ทำจากพีวีซี ซึ่งมีต้นทุนต่ำกว่า และมีน้ำหนักเบา นอกจากนั้นยังมีภาชนะบรรจุอีกชนิดหนึ่งที่เริ่มมีบทบาทมากขึ้น คือ กระป๋องเทียม

การออกแบบภาชนะบรรจุต้องคิดถึงเรื่องของความสวยงาม สะดวกในการใช้มีน้ำหนักเบา ขนส่งง่าย และวัสดุต้องราคาถูก ดังนั้น จึงจะพบเห็นรูปของภาชนะบรรจุแบบใหม่ๆอยู่เสมอในท้องตลาด การออกแบบกระป๋องที่ใช้วัสดุราคาถูก และมีน้ำหนักเบาทำจากกระดาษเคลือบด้วยโลหะพวกอลูมิเนียม ฝาปิดนอกเป็นโลหะที่มีหูดึงเปิดฝาได้โดยง่าย ปิดฝาในด้วยพลาสติก ก้นกระป๋องทำด้วยโลหะเคลือบ สามารถบรรจุด้วยระบบสุญญากาศหรืออัดก๊าซไนโตรเจนได้

4. การคืนรูปของอาหารแห้ง

การคืนรูปหรือการดูดกลืนน้ำ (rehydration) ของอาหารแห้งไม่สามารถเกิดการย้อนกลับไปเหมือนกับสภาพเดิมได้ เนื่องจากความร้อนจากการทำแห้งทำให้เซลล์สูญเสียแรงดันออสโมติก มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการซึมผ่านของเซลล์เมมเบรนและการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายหรือของแข็งที่ละลายได้เกิดการตกผลึกของน้ำตาลและการตกตะกอนของโปรตีน เป็นผลทำให้เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงและเกิดการสูญเสียการระเหยได้ อัตราเร็วและระดับการดูดคืนน้ำอาจใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอาหาร โดยอาหารที่ผ่านการทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะเกิดความเสียหายหรือถูกทำลายได้น้อยกว่า และความสามารถในการดูดคืนน้ำได้เร็วและสมบูรณ์กว่าอาหารที่ผ่านการทำแห้งในสภาพที่ไม่เหมาะสมในผักแห้งที่ได้จากกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อน การคืนรูปจะขึ้นอยู่กับอัตราการทำแห้งในช่วงแรก อาหารแห้งที่ได้จากการทำแห้งในสภาวะแช่แข็งจะคืนรูปได้เร็วเนื่องจากมีโครงสร้างที่โปร่ง ส่วนในกรณีอาหารแห้งที่เป็นผง ปัจจัยที่มีผลต่อการคืนรูป ดังนี้ (วริศชนม์, 2546)

4.1 ความสามารถในการเปียกน้ำ (wet ability)

ความสามารถในการเปียกน้ำ หมายถึงความสามารถของผงอาหารที่จะดูดน้ำที่ผิวของชิ้น ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของการคืนรูป สมบัตินี้ขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นอาหารที่มีขนาดเล็กจะมีสัดส่วนของผิวต่อน้ำหนักสูง การเปียกน้ำมักจะเกิดขึ้นในลักษณะที่เป็นก้อนใหญ่ ซึ่งภายในยังมีผงอาหารที่แห้งอยู่ น้ำจะซึมเข้าไปภายในก้อนได้ยากทำให้ผงแห้งที่อยู่ภายใน

เปียกน้ำยาก ผงอาหารมีขนาดใหญ่การเกาะกันเป็นก้อนเมื่อคืนรูปจะลดลงลักษณะของผิวอาหารตามธรรมชาติมีผลต่อการเปียกน้ำ เช่น ถ้าผิวมีไขมันอิสระจะเปียกน้ำลดลง

4.2 ความสามารถในการจมน้ำ (sink ability)

ความสามารถในการจมน้ำ หมายถึง ความสามารถที่ผงอาหารจะจมลงในน้ำอย่างรวดเร็วลักษณะนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาแน่นของผงอาหาร อาหารที่มีขนาดใหญ่จะมีความหนาแน่นมากจะจมได้เร็วกว่าที่ละเอียดและมีความหนาแน่นต่ำ อาหารที่มีโครงสร้างโปร่งภายในมีอากาศอยู่มากจะจมช้าเนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำ

4.3 ความสามารถในการกระจายตัว (dispersability)

ความสามารถในการกระจายตัว หมายถึง อัตราเร็วของผงอาหารที่จะกระจายออกไปในน้ำ ผงอาหารที่จับกันเป็นก้อนได้ง่ายเมื่อละลายน้ำจะมีความสามารถในการกระจายตัวต่ำ และอาหารที่มีความสามารถในการจมมากขึ้นจะมีการกระจายตัวดีขึ้น

4.4 ความสามารถในการละลาย (Solubility)

ความสามารถในการละลาย หมายถึง อัตราเร็วของผงอาหารที่ละลายน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของอาหารและสถานะทางกายภาพของอาหาร

5. ข้อดีและข้อเสียของการทำให้อาหารแห้ง

ข้อดีของการทำให้อาหารแห้ง ดังนี้ (พรพล, 2545)

1) น้ำหนักเบา เพราะว่าน้ำหนักประมาณ 60-90% ของอาหารสด ยกเว้นธัญพืชประกอบด้วยน้ำ และน้ำส่วนนี้เองจะถูกกำจัดออกโดยกระบวนการอบแห้งหรือตากแห้ง

2) มีความกระชับ กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งต้องการเนื้อที่น้อยกว่าของอาหารสด อาหารแช่เยือกแข็ง หรืออาหารกระป๋อง โดยเฉพาะถ้าสามารถจัดเก็บในหีบห่อภาชนะ

3) ความคงตัวที่สภาวะการเก็บ ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งไม่จำเป็นต้องใช้ตู้เย็นในระหว่างการเก็บ แต่มีข้อจำกัดของอุณหภูมิสูงสุดในระหว่างการเก็บ เพื่อจะให้ได้ระยะการเก็บที่นานขึ้น

ข้อเสียของการทำให้อาหารแห้ง ดังนี้ (พรพล, 2545)

1) ความไวต่อความร้อน เนื่องจากอาหารส่วนมากมีความไวต่อความร้อนในระดับหนึ่งและสามารถพัฒนาให้เกิดกลิ่นรสใหม่ขึ้นได้ ถ้าควบคุมสภาวะไม่เหมาะสม

2) เกิดการสูญเสียกลิ่นรสที่ระเหยได้และเกิดการฟอกสีของผลิตภัณฑ์ได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 27 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 246759
เลขเรียกหนังสือ

3) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ซึ่งรวบถึงการเกิดการแห้งกรอบอันเนื่องจากการหดตัว

5) เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เกิดจากเอนไซม์ เนื่องจากความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ยังเกิดการหืนของไขมัน

6) เกิดการเสื่อมเสียอันเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ ถ้าหากว่าอัตราการอบแห้งเริ่มต้นช้าหรือปริมาณความชื้นสุดท้ายมีค่าสูง หรือเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง

6. ผลของการทำแห้งต่ออาหาร

การทำแห้งจะทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการทำแห้ง ดังนี้ (ปิยธิดา, 2548)

6.1 การหดตัว การสูญเสียน้ำจากอาหารทำให้เซลล์อาหารหดตัวจากผิวนอกก โดยส่วนที่แข็งจะยังคงสภาพได้ สำหรับส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป และอาหารที่มีน้ำมากก็จะหดตัวบิดเบี้ยวไปมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วอาหารจะบิดเบี้ยวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้า ๆ

6.2 การเปลี่ยนสี อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเพิ่มขึ้นเนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการทำแห้งไปทำให้น้ำตาลเกิดการไหม้หรือการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด แต่อาหารบางชนิดอาจมีสีซีดจางลงหลังการทำแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการทำแห้งจะไม่ทำให้เม็ดสีในอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือถูกทำลาย เช่น เม็ดสีพวกคลอโรฟิลล์ในพืชสีเขียว

6.3 การเกิดเปลือกแข็ง เป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ซึ่งเกิดจากในช่วงแรกของการทำแห้งทำให้น้ำระเหยออกจากอาหารเร็วเกินไป จึงทำให้น้ำจากด้านในของอาหารเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทันหรือมีสารละลายของน้ำตาล โปรตีน เคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิวแต่สามารถป้องกันได้โดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อมิให้อาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร

6.4 การเสียความสามารถในการคืนสภาพ อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพโดยการเติมน้ำก่อนบริโภค แต่การคืนสภาพจะไม่ได้อาหารที่มีลักษณะเหมือนเดิม เพราะผนังเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่น สตาร์ชและโปรตีนสูญเสียความสามารถในการดูดน้ำ อาหารที่ทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง จะมีความสามารถในการคืนสภาพได้ดีที่สุด เพราะวิธีนี้เป็นการทำให้น้ำแข็งระเหิดเป็นไอ จึงทำให้โครงสร้างของอาหารแห้งมีรูพรุน อีกทั้งไม่ได้ใช้ความร้อนสูงในการทำแห้งจึงไม่ทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสตาร์ชและโปรตีน

6.5 การสูญเสียคุณค่าทางอาหารและสารระเหย วิตามินที่สูญเสียไปมากในการทำแห้ง คือ วิตามินซี และวิตามินบีหนึ่ง สำหรับวิตามินที่ละลายน้ำอื่นๆจะทนต่อความร้อน

และการออกซิเดชันได้ดีกว่า จึงไม่ค่อยสูญเสียมากนัก มักสูญเสียไปไม่เกิน 5-10% อาหารที่ผ่านการทำแห้งอาจสูญเสียวิตามินซีและแคโรทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สูญเสียไรโบฟลาวินจากแสงและไทอะมีนจากความร้อน การใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานในการทำแห้ง จะทำให้วิตามินถูกทำลายมากขึ้น วิตามินที่ละลายได้ในไขมันค่อนข้างคงตัวในอาหารที่ผ่านการทำแห้ง โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนจากความร้อนด้วยเช่นกัน ซึ่งถ้าใช้อุณหภูมิในการทำแห้งไม่สูงเกินไป อาจทำให้โปรตีนในอาหารแห้งถูกย่อยโดยเอนไซม์ในร่างกายได้ง่ายขึ้น แต่ถ้าทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูงและเป็นเวลานาน อาจทำให้โปรตีนและกรดอะมิโนสลายตัว ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง

การสูญเสียสารระเหย ความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดลงหรือแตกต่างไปจากเดิม และการซึมความร้อนในการทำแห้งร่วมกับปัจจัยอื่นๆในขณะทำแห้ง เช่น ก๊าซออกซิเจน อาจทำให้สารให้กลิ่นเกิดการสลายตัว เปลี่ยนแปลง หรืออาจก่อให้เกิดกลิ่นที่ ไม่ต้องการขึ้นได้ เช่นกลิ่นเหม็นหืนจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในอาหาร นอกจากนี้การใช้อุณหภูมิสูง ๆในการทำแห้ง อาจทำให้อาหารเกิดการไหม้ มีกลิ่นไหม้และเกิดรสขม

7. ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาอาหารแห้ง

อาหารแห้งจะอยู่ในสภาพที่มีคุณภาพดี ปลอดภัยตามความต้องการของผู้บริโภคเป็นระยะเวลานานเท่าใดในระหว่างการเก็บรักษานั้นจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ โดยปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นั้นได้แก่ (พรพล, 2545)

7.1 ชนิดและคุณสมบัติของอาหารแห้ง อาหารแห้งแต่ละชนิดที่มีโครงสร้างองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จะมีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารแห้ง กล่าวคือ อาหารแห้งต่างชนิดที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน สารที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีต่างกันนั้น จะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารแห้ง ตัวอย่างเช่น อาหารแห้งประเภทที่มีไขมันสูง โดยเฉพาะไขมันไม่อิ่มตัวจะมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันดังกล่าวได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อเก็บในสภาวะแวดล้อมที่มีออกซิเจนมากพอและมีตัวเร่งการเกิดออกซิเดชัน เช่น แสง ความร้อน เป็นต้น ซึ่งผลของการเกิดออกซิเดชันของไขมันในอาหารแห้งนั้น จะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดี เช่นกลิ่นหืน นอกจากนี้สารประกอบพวกเพอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการออกซิเดชัน ยังสามารถทำให้เกิดผลเสียต่ออาหารแห้งในแง่อื่น ๆ เช่น ทำให้สีซีดจาง ทำลายวิตามินต่าง ๆ ได้แก่วิตามินซี วิตามินอี วิตามินเอ และยังสามารถก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งมีผลต่อเนื่องที่สามารถก่อให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย เช่น โรคมะเร็ง

นอกจากนี้อาหารแห้งประเภทที่ประกอบด้วยน้ำตาล และกรดอะมิโนหรือโปรตีนอยู่สูง จะทำให้อาหารแห้งดังกล่าว มีโอกาสเสื่อมเสียคุณภาพได้มากเนื่องจากปฏิกิริยา ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลและมีการสูญเสียคุณค่าทางอาหารด้วย

นอกจากนี้อาหารแห้งยังมีคุณสมบัติในการดูดน้ำ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวของอาหารแห้งแต่ละชนิดอาจต่างกันไป ซึ่งกับปัจจัยต่างๆ เช่น ความชื้นของอาหารแห้ง องค์ประกอบทางเคมี และโครงสร้างของอาหารแห้ง เป็นต้น ในแง่ความชื้น และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารแห้งนั้นโดยทั่วไปอาหารแห้งทั้งที่ลักษณะเป็นชิ้น และอาหารผงจะมีความชื้นต่ำ เมื่อเก็บไว้ในสภาวะแวดล้อมปกติซึ่งมีความชื้นในบรรยากาศสูงกว่าในอาหารแห้ง จึงทำให้น้ำจากภายนอกดูดซึมเข้าไปในอาหาร ได้โดยเฉพาะอาหารแห้งที่มีสารที่เป็นองค์ประกอบที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ดี เช่นน้ำตาล ซึ่งจากผลของการดูดซึมของน้ำเข้าไปในอาหารแห้งจะทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพในแง่ต่างๆ เช่น เนื้อสัมผัสไม่กรอบ รูปร่างหดเหี่ยว เกิดการเกาะกลุ่มเป็นก้อนของอาหารผงประเภทต่างๆ ได้แก่ นมผง กาแฟผง น้ำผลไม้ผง เป็นต้น เมื่ออาหารผงดังกล่าวดูดซึมน้ำเข้าไปมาก จะทำให้อาหารผงเหนียว สูญเสียคุณภาพความเป็นอาหารผงได้ นอกจากนี้โครงสร้างของอาหารแห้งยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้คุณสมบัติในการดูดซึมน้ำของอาหารแห้งแต่ละชนิดแตกต่างกันไป โดยจะพบว่าอาหารแห้งที่ทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้ง แบบเยือกแข็ง อาหารแห้งที่ได้มักมีโครงสร้างเป็นรูพรุนมาก ซึ่งเอื้ออำนวยต่อการดูดน้ำจากความชื้นในบรรยากาศโดยรอบอีกด้วย ดังนั้น เมื่ออาหารผ่านกระบวนการทำแห้งเรียบร้อยแล้ว ควรมีการบรรจุโดยเร็วที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการดูดซึมของน้ำเข้าไปในอาหารแห้ง ซึ่งจะมีผลต่อการเก็บรักษาของอาหารแห้งดังกล่าว

7.2 สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษาอาหารแห้ง สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการถนอมและแปรรูปด้วยการทำแห้ง เป็นปัจจัยหลักที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ซึ่งสภาวะแวดล้อมที่ควรคำนึงถึงในการเก็บรักษาอาหารแห้ง ได้แก่

1) ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในบรรยากาศ อาหารที่ได้จากการทำแห้งนั้นจะมีปริมาณความชื้นต่ำ ดังนั้น ถ้าเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศปกติหรือในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งสูง จะมีผลให้อาหารแห้งดูดความชื้นจากบรรยากาศโดยรอบ ซึ่งก่อให้เกิดความเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารดังกล่าวแล้วข้างต้น นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศของสภาวะแวดล้อมที่เก็บรักษาอาหารแห้ง ก็มีผลต่ออายุการเก็บรักษา เนื่องจากออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ของสารอาหารในอาหารแห้ง เช่นการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นหืน เกิดการทำลายของคุณค่าทางอาหาร เช่นวิตามินบางชนิด เป็นต้น

2) อุณหภูมิและแสงในขณะเก็บรักษา โดยทั่งไปถ้าเก็บรักษาอาหารแห้งไว้ที่อุณหภูมิสูง จะทำให้คุณภาพของอาหารแห้งเกิดการเสื่อมเสียได้ง่ายขึ้น ทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สั้นลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารแห้งนั้นเกิดได้เร็วขึ้น เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เป็นต้น นอกจากนี้แสงก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารแห้ง

3) สัตว์ แมลง จุลินทรีย์ และสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ในสภาพที่เก็บรักษาอาหารแห้ง สัตว์เช่น หนู และ แมลงต่าง ๆ ชอบไปแทะกัดกินอาหารแห้ง ทำให้เกิดความเสียหายของอาหารแห้งได้ จุลินทรีย์ในสภาวะที่เก็บรักษาก็สามารถปนเปื้อนไปในอาหารแห้งได้ และเมื่อสภาวะเหมาะสม จุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถเจริญได้ ก่อให้เกิดการสูญเสียคุณภาพหรือเน่าเสียของอาหารได้ นอกจากนี้สิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ บรรยากาศที่เก็บรักษาอาหารแห้ง เช่น ฝุ่นละอองต่าง ๆ ยังสามารถปนเปื้อนลงในอาหารแห้งทำให้คุณภาพของอาหารแห้งด้อยลงได้

น้ำตาลซูโครส

น้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทรายที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรมนั้นจะผลิตจากอ้อย (sugar cane) ซึ่งเป็นพืชที่ปลูกในเขตร้อน ประมาณ 60% และผลิตจากหัวบีท (beet root) ซึ่งปลูกในเขตอบอุ่นประมาณ 40% (อัจฉรา, 2549) กรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อยและหัวบีทมีหลักการคล้ายกัน คือ สกัดเอาสารละลายน้ำตาลออกมา (ในกรณีที่เป็นอ้อย ใช้วิธีบีบคั้นเอาน้ำอ้อยส่วนหัวบีทจะต้องใช้น้ำสกัด) นำมากรองให้สะอาด แล้วต้มระเหยเอาน้ำออกจนถึงระดับที่น้ำตาลสามารถตกผลึกแยกตัวออกมาได้

1.ชนิดของน้ำตาลซูโครส

น้ำตาลที่ผลิตจากโรงงานแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ (สุวรรณา, 2543)

1.1 น้ำตาลดิบ เป็นน้ำตาลที่ไม่ผ่านการฟอกสี ผลิตเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ ความบริสุทธิ์ของน้ำตาลดิบที่วัดโดยวิธีโพลาไรเซชัน (polarization) คิดเป็นน้ำตาลซูโครส 97.50% และมีค่าสีประมาณ 3,000 หน่วย (ICUMSA unit วัดที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร)

1.2 น้ำตาลทรายขาวธรรมดา น้ำตาลชนิดนี้ถูกผ่านขั้นตอนการใช้สารจับรงควัตถุที่ทำให้เกิดสี แล้วตกตะกอนสารดูดซับออกไป ทำให้ผลึกน้ำตาลมีสีขาวขึ้น ความบริสุทธิ์ 99.5% มีค่าสีมากกว่า 45-100 หน่วย

1.3 น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (refined sugar) มีความบริสุทธิ์ถึง 99.9% และค่าสีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 45 หน่วย

น้ำตาลทรายมีหลายรูปแบบ เช่น น้ำตาลทรายเม็ด น้ำตาลไอซิ่ง หรือน้ำตาลทรายป่น น้ำตาลทรายผงป่นละเอียด นอกจากนั้นยังอาจในรูปของน้ำตาลไซรัป ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้อยู่ประมาณ 66% ในทางอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเลือกใช้ในรูปน้ำตาลทรายเม็ดเนื่องจากมีความคงตัวและขนส่งได้สะดวกกว่าน้ำตาลไซรัป ส่วนน้ำตาลทรายป่นและน้ำตาลทรายผง มักมีปัญหาในการนำมาใช้ เนื่องจากฟุ้งกระจายได้ง่าย (อัจฉรา, 2549)

น้ำตาลทรายที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ หรือส่วนผสมในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เช่น อุตสาหกรรมลูกกวาด อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมขนมอบ จำพวกเค้กและบิสกิต ส่วนที่เหลือจะนำไปขายปลีกเพื่อใช้ปรุงอาหารในครัวเรือน (อัจฉรา, 2549) ขนาดอนุภาคของน้ำตาลชนิดต่างๆ และรูปแบบการใช้งานแสดงดังในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ขนาดอนุภาคของน้ำตาลชนิดต่างๆ

Type of sugars	Maximum	Minimum
Granulated	400 μm	600 μm
Lcing (Milled suger)	10-15 μm mean	10-15 μm mean
Coarse sugar	> 55% above 1.18 mm	< 5% below 850 μm
Medium sugar	< 8% above 1.18 mm	< 12% below 600 μm
Powdered sugar	17% max above 212 mm	23-55% below 53 μm
Ultra fine sugar	< 45% above 355 mm	20-45% below 150 μm
Caster sugar	< 10% above 425 mm	< 22% below 212 μm
Non pareil sugar	< 5% above 850 mm	< 10% below 600 μm
Fine sugar	< 7% above 850 mm	< 13% below 425 μm

ที่มา : Edwards (2000)

ตารางที่ 2 รูปแบบของน้ำตาลที่มักใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก

Products	White Granulated	Speciality White granulated	Screened specialities	Milled specialities	Brown sugar	Liquid sugar	Syrup And treacles
Boiled sweet	yes	yes	yes	yes	no	yes	no
Toffees/fudges	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Gums/pastilles	yes	yes	yes	no	no	yes	no
Chewing gum	yes	no	no	yes	no	no	no
Liquorice	yes	yes	no	no	yes	no	yes

ที่มา : Edwards (2000)

2. สมบัติของน้ำตาลซูโครส

2.1 ให้รสหวาน เป็นลักษณะที่เด่นมากของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำตาลละลายในน้ำได้ง่าย ทำให้ขณะที่บริโภคผลิตภัณฑ์อยู่ในปาก จะรู้สึกหวานเร็วกว่าการบริโภคผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลักในเฟสต่อเนื่อง ที่มีปริมาณน้ำตาลเท่ากัน ในผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจไม่ต้องการรสหวานมากเกินไป สามารถใช้สารอื่น เช่น ไขมัน และสารก่อเจลเติมแต่งลงไปได้

2.2 ให้เนื้อและน้ำหนักแก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในสูตรส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดโดยทั่วไปจะมีการใช้น้ำตาลถึง 70% ของน้ำหนักทั้งหมด แต่คิดเป็นราคาต้นทุนเพียง 30% เท่านั้น จึงถือว่าเป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูก แต่การผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่ปราศจากน้ำตาล (Sugar-free confectionery) โดยใช้สารให้รสหวานชนิดอื่นทดแทนน้ำตาล ซึ่งส่วนมากจะให้รสหวานมากกว่าน้ำตาล อาจเป็นร้อยหรือพันเท่า ดังนั้นจำเป็นต้องพิจารณาถึงการใช้สารที่ให้เนื้อ (bulking agent) แทนน้ำตาลด้วย (สุวรรณา, 2543)

2.3 การเกิดอินเวอร์ชัน เนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นไดแซกคาไรด์ ในโมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและฟรักโทสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะทางเคมีชนิดที่ไม่แข็งแรงมากจึงสามารถถูกแยกให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรักโทสในปริมาณที่เท่าๆกัน ซึ่งเรียกรวมว่า น้ำตาลอินเวิร์ต ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการเกิดน้ำตาลอินเวิร์ต คือ อัตราการให้ความร้อน ระยะเวลาการให้ความร้อนปริมาณกรดหรือค่าพีเอชของสารละลายและเอนไซม์อินเวอร์เทส โดยในระบบที่มีค่าพีเอชต่ำและอุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดน้ำตาล

อินเวิร์ตในปริมาณที่สูง (ศิริลักษณ์, 2525) ตัวอย่างเช่น เมื่อเก็บรักษาสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 65% พีเอช 3.2 ไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าเกิดอินเวอร์ชันขึ้นประมาณ 10% แต่ที่พีเอช 5.5 จะเกิดเพียง 0.1% เท่านั้น ซึ่งหากต้องการเร่งปฏิกิริยาที่พีเอช 5.5 นี้ จะต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น และแม้ว่าจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 130 องศาเซลเซียส ก็ยังเกิดอินเวอร์ชันได้ต่ำ แต่เมื่อนำสารละลายน้ำตาลไปต้มที่พีเอชต่ำกว่า 4 โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าค่าพีเอชต่ำกว่า 3.5 จะเกิดน้ำตาลอินเวิร์ตถึง 50% หรือมากกว่านั้น (สุวรรณา, 2543) นอกจากนั้น การให้ความร้อนแก่สารละลายของน้ำตาลซูโครสยังสามารถทำให้เกิดสภาพเป็นกรดได้เช่นกัน ซึ่งน้ำตาลซูโครสบางส่วนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรักโทส (อัจฉรา, 2549)

น้ำตาลอินเวิร์ตที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อการยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลซูโครส โดยเฉพาะในอาหารที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูง Howell และ Hartel (2001) ได้ศึกษาผลของน้ำตาลอินเวิร์ต ที่มีต่ออัตราการเพิ่มขนาดของผลึก พบว่าการเก็บสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้น 75% ในลักษณะเป็นฟิล์มบางที่อุณหภูมิ 50 °ซ ปริมาณของน้ำตาลอินเวิร์ต 0.5% และ 1.0% ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเพิ่มขนาดของผลึกน้ำตาล แต่ที่ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ต 5% ทำให้อัตราการเพิ่มขนาดของผลึกลดลงจาก 15 ไมโครเมตรต่อนาที เป็น 3.5– 6.0 ไมโครเมตรต่อนาที อย่างไรก็ตามหากมีน้ำตาลอินเวิร์ตมากเกินไป อาจส่งผลให้เกิดการตกผลึกของน้ำตาลเดกซ์โทรสได้ และเนื่องจากน้ำตาลอินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ง่าย ซึ่งอาจทำให้ลูกกวาดเยิ้มและเหนียวติดวัสดุที่ห่อ ดังนั้นในการทำผลิตภัณฑ์ลูกกวาด เยลลี หรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีน้ำตาลสูง จึงต้องมีการควบคุมสภาพกรด พีเอช และการให้ความร้อนอย่างเหมาะสม ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาดังกล่าว (ไพบูลย์, 2532)

2.4 การละลาย (solubility) น้ำตาลละลายได้ดีที่อุณหภูมิห้อง โดยสามารถละลายได้จนมีความเข้มข้นสูงสุดถึง 66.4% ที่อุณหภูมิ 20 °ซ และ 76.4% ที่อุณหภูมิ 70 °ซ (อัจฉรา, 2549) หากเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 100 °ซ จะละลายได้ถึง 82% อัตราเร็วของการละลายของน้ำตาลจะลดลงขณะที่ความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้น (สายสนม และ สิริ, 2539) ความสามารถของน้ำตาลซูโครสแสดงดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณการละลายของน้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำตาลซูโครส (กรัม/น้ำ 100 กรัม)
0	179.2
10	109.5
20	203.9
30	219.5
40	238.1
50	260.4
100	487.2
110	669.0

ที่มา: สายสนม และสิรี (2539)

2.5 จุดเดือดของสารละลายน้ำตาล ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้กับสารละลายน้ำตาลที่อิ่มตัวแล้ว น้ำตาลจะละลายได้เพิ่มขึ้น และจุดเดือดของสารละลายจะสูงขึ้นจากเดิม (ศิริลักษณ์, 2525) กล่าวได้ว่าสารละลายน้ำตาลซึ่งมีความเข้มข้นคงที่ จะมีจุดเดือดคงที่ที่จุดหนึ่งเสมอ ซึ่งกฎข้อนี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อกระบวนการผลิตลูกกวาดให้ได้ลักษณะตามต้องการ ตารางที่ 4 จะแสดงถึงจุดเดือดของสารละลายน้ำตาลความเข้มข้นต่างๆที่บรรยากาศปกติ อย่างไรก็ตาม ตารางดังกล่าวยังไม่ค่อยลงตัวนัก แต่จะใกล้เคียงกันโดยเฉพาะที่ความเข้มข้นสูงๆ

ตารางที่ 4 จุดเดือดของสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้นต่างๆ (ที่บรรยากาศปกติ)

ความเข้มข้น (% โดยน้ำหนัก)	จุดเดือด (องศาเซลเซียส)
40	101.4
50	102
60	103
70	105
75	106.9
80	109.6
85	113.9
90	122
95	130

ที่มา: อัจฉรา (2549)

2.6 ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลหน่วยเป็นบริกซ์หรือโบเม่ ตามคำจำกัดความดังนี้

บริกซ์ (Brix หรือ Balling, °Bx) หมายถึง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำตาลซูโครสสารละลายน้ำตาลที่วัดด้วยเครื่องแฮนด์รีเฟรกโตมิเตอร์ (hand refractometer)

โบเม่ (baume, °Be') มีค่าเท่ากับ M-M/S

เมื่อ M = 145 (ใช้เฉพาะสหรัฐอเมริกาและบางประเทศในยุโรป)

M = 144.3 (ใช้ในสหราชอาณาจักร)

S = ความถ่วงจำเพาะของสารละลายน้ำตาล

การวัดค่า จะวัดที่อุณหภูมิมาตรฐาน คือ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้นในการวัดค่าจึงต้องทำให้สารละลายเย็นลงถึงอุณหภูมิดังกล่าวก่อน หรือวัดที่อุณหภูมิอื่น แล้วปรับค่าให้เป็นค่าที่ 20 องศาเซลเซียส (สุวรรณา, 2543)

2.7 การเป็นสารละลายอิ่มตัวยวดยิ่ง จากสมบัติการละลายของน้ำตาลที่ละลายได้มากขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้น้ำตาลสามารถอยู่ในรูปของสารละลายอิ่มตัวยวดยิ่ง โดยน้ำตาลในสภาวะนี้จะอยู่ในรูปอสัณฐาน (amorphous) และเป็นสารละลายที่มีความหนืดสูง โมเลกุลของน้ำตาลเคลื่อนที่มาจับเรียงตัวกันได้ยาก ทำให้ยังไม่มีการเกิดผลึกขึ้น การเติม

co-solutye ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าน้ำตาลซูโครส เช่น สตาร์ช มอลโตเดกซ์ทริน และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายสตาร์ชด้วยกรดที่เป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส เป็นองค์ประกอบเป็นการเพิ่มค่า Tg (glass transition temperature) ของสารละลายน้ำตาล (อัจฉรา,2549) สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงดังกล่าว รวมทั้งน้ำตาลฟรักโทส น้ำตาลแลกโทส น้ำตาลเทรฮาโลส หรือน้ำตาลราฟีโนสจะจับล้อมรอบน้ำตาลซูโครสในรูปของอสัณฐานของสารผสม ซึ่งช่วยชะลอการเกิดผลึกของน้ำตาลซูโครส ทำให้สารละลายอิ่มตัวยวดยิ่งของน้ำตาลมีความคงตัวมากขึ้น (อัจฉรา, 2549)

2.8 การตกผลึกจากสารละลายอิ่มตัวยวดยิ่ง ในสภาวะที่สารละลายมีความเข้มข้นต่ำ ซึ่งอยู่ในสภาวะที่ไม่อิ่มตัว ผลึกของน้ำตาลซูโครสยังคงละลายได้ดี เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลจนถึงค่าสูงสุด ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสารละลาย จะเกิดความสมดุลระหว่างเฟสของแข็งและเฟสของเหลวของน้ำตาลซูโครส หากมีการเพิ่มความเข้มข้นอีกเพียงเล็กน้อย สารละลายจะอยู่ในช่วงสภาวะอิ่มตัวยวดยิ่งในระดับต่ำ ที่มีความคงตัวและไม่มีการเกิดผลึกในช่วงเวลาหนึ่ง อาจนานเป็นสัปดาห์หรือเป็นเดือน แต่ผลึกที่มีอยู่ในสารละลายจะค่อยๆ เพิ่มขนาดขึ้น และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงขึ้นอีก สารละลายจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัวยวดยิ่ง ในช่วงนี้นิวเคลียสผลึกเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มขนาดอย่างรวดเร็ว และหากยังคงเพิ่มความเข้มข้นต่อไป สารละลายจะมีความหนืดเพิ่มมากขึ้นทันที อัตราการถ่ายเทมวลสารลดลง ทำให้อัตราการเกิดผลึกช้าลงด้วย ((Shastry and Hartel, 1996) เมื่อความหนืดมีค่าเท่ากับ 10^{12} Pa.s หรือ 10^{15} centiopise น้ำตาลซูโครสจะเปลี่ยนสภาวะเป็นกลาส (glass transition) ซึ่งการทำให้สารละลายมีความเข้มสูงขึ้นกว่าจุดนี้ จะเกิดสภาวะกลาสที่คงตัว นอกจากนั้นการทำให้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูง ๆ เย็นลงอย่างรวดเร็วจะเกิดสภาวะกลาสได้โดยไม่ผ่านขั้นตอนการเกิดผลึก (อัจฉรา, 2549)

การตกผลึกนี้สามารถควบคุมให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมได้โดยใช้ร่วมกับน้ำตาลอินเวิร์ต ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้ในกระบวนการผลิตฟองดองต์ ครีม และฟัจด์ (ศิริลักษณ์, 2525) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีพฤติกรรมเป็นแบบ non-Newtonian (ไม่สามารถไหลเทได้) มีลักษณะขุ่นทึบ เนื่องจากแสงที่หักเหออกจากผลึกเล็กๆ จำนวนมาก (สุวรรณา,2543) อุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึกจะมีผลต่อขนาดของผลึก การตกผลึกที่อุณหภูมิสูง ผลึกที่ได้จะมีลักษณะหยาบ ส่วนการตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ที่อุณหภูมิ 40 °ซ ผลึกที่ได้จะมีความละเอียด นอกจากนั้น การคนส่วนผสมจะช่วยให้เกิดผลึกที่ละเอียดกว่าการปล่อยตั้งทิ้งไว้ให้เกิดผลึกเอง (ศิริลักษณ์, 2525)

2.9 การเกิดโครงสร้างแบบเจล น้ำตาลเป็นส่วนผสมสำคัญที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้เพกตินที่หมู่เมทอกซีสูง (high methoxyl pectin) เป็นสารก่อเจล โดยทำ

หน้าที่เป็น dehydration agent และเป็นปัจจัยที่สนับสนุนให้เกิดโครงสร้างตาข่าย (อัจฉรา, 2549) ซึ่งน้ำตาลจะดึงชั้นของน้ำที่อยู่ล้อมรอบสายเพกติน ทำให้สายเพกตินเข้ามาใกล้กัน นอกจากนั้นน้ำตาลยังมีผลต่อการเกิด hydrophobic interaction และมีผลทำให้สายเพกตินเข้ามาใกล้กันมากขึ้น (อัจฉรา, 2549)

3. ชนิดและความเข้มข้นของน้ำตาล

น้ำตาลเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดเจล โดยทำหน้าที่เป็น dehydration agent และเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างตาข่าย (อัจฉรา, 2549) น้ำตาลจะดึงชั้นของน้ำที่อยู่รอบๆสายเพกตินทำให้สายเพกตินเข้ามาใกล้กัน (อัจฉรา, 2549) เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลในระบบเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้น หากมีปริมาณน้ำตาลมากเกินไป การเกิดเจลของเพกตินจะลดลง เนื่องจากน้ำส่วนใหญ่จะไปละลายน้ำตาล ทำให้ไม่เพียงพอต่อการพองตัวและการละลายของเพกติน จึงส่งผลให้เกิดโครงสร้างตาข่ายของเจลลดน้อยลง (อัจฉรา, 2549) ชนิดของน้ำตาลก็มีผลต่อความแข็งแรงของเจลเช่นกัน โดยพบว่าการใช้กลูโคสไซรัปแทนน้ำตาลซูโครส จะมีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง แต่ค่าพีเอชและอุณหภูมิในการเกิดเจลจะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งผลดังกล่าวจะเกิดขึ้นในกรณีที่ใช้น้ำตาลมอลโทสด้วยเช่นกัน (อัจฉรา, 2549) ส่วนการใช้น้ำตาลฟรักโทสจะมีผลต่อความแข็งแรงของเจลเล็กน้อย แต่จะมีผลทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลต่ำลง ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของเพกทินชนิด เมทอกซีสูงอยู่ในช่วง 50 – 80 % (อัจฉรา, 2549)

4. ความสำคัญของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่เกิดเจล

น้ำตาลเป็นสารที่ช่วยให้เกิดรสหวาน ให้เนื้อและน้ำหนักแก่ผลิตภัณฑ์ เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ช่วยให้เกิดโครงสร้างแบบเจลในผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพกทินชนิดเมทอกซีสูง (high methoxy pectin) โดยน้ำตาลจะส่งเสริมให้เกิดแรง hydrophobic interaction ระหว่างหมู่เมทิลเอสเทอร์ ในสายพอลิเมอร์ของเพกทิน ช่วยเพิ่มความคงตัวให้แก่ junction zone (อัจฉรา, 2549) ความแข็งแรงของเจลและอุณหภูมิในการเกิดเจลของเพกทินจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับต่างๆ แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำตาลที่ใช้ (อัจฉรา, 2549)

การใช้น้ำตาลฟรักโทสจะส่งผลทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดเจลต่ำกว่าการใช้น้ำตาลซูโครสและกลูโคส ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำตาลฟรักโทสจะมีหมู่ prinmary alcohol ที่อยู่ในโมเลกุลมากกว่าน้ำตาลซูโครสและกลูโคส ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอซิลของน้ำตาลกับหมู่คาร์บอกซิลและหมู่เมทอกซิลบนโมเลกุลของเพกติน ทำ

ให้โมเลกุลของเพกตินจับกันเป็นโครงสร้างตาข่ายได้ยากที่อุณหภูมิสูงๆ(อัจฉรา, 2549) แต่การใช้ฟรักโทสไซรัปมีผลทำให้เยลลีจากเพกตินสามารถเกิดเจลได้ที่ปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลและพีเอชในช่วงกว้างกว่าการใช้น้ำตาลซูโครสและกลูโคสไซรัปตามลาดับ (อุไรรัช, 2538) ในการศึกษาผลของน้ำตาลต่อการเกิดเจลของโปรตีนเคซีเนต พบว่าการเติมน้ำตาลสามารถช่วยลดระยะเวลาของการเกิดเจล และช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้แก่เจลได้ (อัจฉรา, 2549)

5. คุณค่าทางโภชนาการ

น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน เนื่องจากน้ำตาลทรายขาวมีความบริสุทธิ์ถึง 99.5% จึงสามารถคำนวณพลังงานของน้ำตาลทรายได้ โดยคิดว่าน้ำตาลทราย 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ นอกเหนือจากพลังงานแล้ว น้ำตาลทรายขาวไม่ให้สารอาหารอื่นเลย น้ำตาลสีรำจะให้แคลเซียมฟอสฟอรัส และเหล็กบ้าง สำหรับน้ำตาลมะพร้าวนอกจากจะให้แคลเซียมฟอสฟอรัส เหล็กแล้วยังให้วิตามินเอและไนอะซีนอีกด้วย (ตารางที่ 5) (อบเชย และขนิษฐา, 2544)

ตารางที่ 5 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาลชนิดต่างๆ

คุณค่าทางโภชนาการ	น้ำตาลทรายขาว	น้ำตาลสีรำ	น้ำตาลมะพร้าว
พลังงาน(กิโลแคลอรี่)	385	370	383
โปรตีน(กรัม)	0	0	0.4
ไขมัน(กรัม)	0	0	0.1
คาร์โบไฮเดรต(กรัม)	99.5	99.5	95
แคลเซี่ยม(มิลลิกรัม)	-	76	80
ฟอสฟอรัส(มิลลิกรัม)	-	37	40
เหล็ก(มิลลิกรัม)	-	2.6	11.4
ไนอะซิน(มิลลิกรัม)	0	0	1.0
วิตามินเอ(ไอยู)	0	0	280

ที่มา : อบเชย และขนิษฐา (2544)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สารให้ความหวาน

1. สารให้ความหวานที่ให้พลังงาน (www.on-diet.com)

1.1 ฟรุกโทส (Fructose) เป็นสารที่พบในน้ำผลไม้ มีคุณสมบัติและให้พลังงานคล้ายกับน้ำตาลปกติ

1.2 แลกโทส (Lactose) เป็นสารให้ความหวานที่หวานน้อยกว่าน้ำตาล ให้พลังงานเท่ากับน้ำตาลปกติ เนื่องจากหวานน้อยกว่าน้ำตาล จึงมักใช้เพื่อเพิ่มปริมาตรหรือความข้นในอาหาร ไม่ใช้เพื่อให้ความหวานโดยตรง

1.3 มอลทิทอล (Maltitol) ซอร์บิทอล (Sorbital) และไซลิทอล (Xylitol) มีความหวานและให้พลังงานประมาณ 60% ของน้ำตาลปกติ ไม่ทำให้ฟันผุ แต่อาจทำให้ท้องเสียถ้าบริโภคเข้าไปมากๆ

2. สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานหรือพลังงานต่ำ

2.1 อีริไธทอล (Erythritol) เป็นสารให้ความหวานกลุ่มโพลิออล ที่ให้พลังงานต่ำที่สุด คือ น้อยกว่า 0.2 แคลอรี่ต่อกรัม มีความหวานประมาณ 70-80% ของน้ำตาลปกติ และไม่ทำให้ฟันผุ

2.2 ซูคราโลส (Sucralose) เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานซึ่งถูกสร้างจากการใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารตั้งต้น แล้วแทนที่กลุ่มไฮดรอกซิล 3 ตำแหน่งด้วยอะตอมสารคลอไรด์ ทำให้มีสูตรโครงสร้างคล้ายกับน้ำตาล แต่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ แต่ยังคงให้รสชาติหวานและไม่มีรสขมติดลิ้น ใกล้เคียงกับน้ำตาลซูคราโลสมีลักษณะเป็นผลึกแข็ง สีขาว ร่วน ละลายน้ำได้ดีและสามารถใช้ปรุงอาหารร้อนๆ บนเตาได้

2.3 สตีเวีย (Stevia) สารสกัดจากหญ้าหวาน หญ้าหวานเป็นพืชพุ่มเตี้ย มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ ชาวพื้นเมืองปารากวัยนำมาใช้ในการปรุงอาหาร และเป็นสมุนไพรมากว่าร้อยปีแล้ว มีรสหวานมาก แต่มีปนรสขมของหญ้า ไม่ให้พลังงาน ไม่ทำให้ฟันผุ และสามารถนำมาปรุงอาหารร้อนบนเตาได้ ความขมของหญ้าหวานที่ปนอยู่มีปริมาณไม่แน่นอน มีตั้งแต่ขมเล็กน้อยจนถึงขมมาก ทั้งนี้ขึ้นกับสายพันธ์และคุณภาพของหญ้าหวาน (www.on-diet.com)

2.4 แอสพาร์เทม (Aspartame) สารให้รสหวานอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งขณะนี้กำลังเป็นที่นิยมอย่างมากมีวางขายในตลาดชื่อการค้าหลากหลาย เช่น อิควล ฟิทเนส พอลสวีท สลิมม่า เป็นต้น คือ แอสพาร์เทม ซึ่งเริ่มออกสู่ตลาดครั้งแรกในปี ค.ศ. 1965 สารให้รสหวานชนิดนี้ประกอบด้วย กรดอะมิโน 2 ตัวจับกัน คือ กรดแอสพาร์ติก และกรดเฟนิลอะลานีน ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม เท่ากับน้ำตาลทราย แต่เนื่องจากแอสพาร์เทมมีความหวานเป็น

200 เท่าของน้ำตาลทราย แอสพาร์เทม 1 ซอง (ประมาณ 38 มิลลิกรัม) ให้ความหวานเท่ากับน้ำตาลทราย 2 ช้อนชา พลังงานที่ร่างกายได้รับจากการใช้แอสพาร์เทมจึงมีค่าน้อย เพราะสามารถใช้ในปริมาณต่ำมาก เมื่อเทียบกับน้ำตาล พบว่า หากต้องการความหวานจากน้ำตาล 1 ปอนด์ (454 กรัม) สามารถใช้แอสพาร์เทมเพียง 2 กรัมเท่านั้น นอกจากนี้รสหวานของสารนี้ยังใกล้เคียงกับน้ำตาลมาก อีกทั้งยังไม่มีรสขมซึ่งต่างกับแซ็กคาริน ทั้งแอสพาร์เทมและแซ็กคารินถ้าใช้ร่วมกันความหวานจะมากกว่าใช้ตัวใดตัวหนึ่งทำให้ลดขนาดช่องสารแต่ละอย่างลงได้ (เทพ และคณะ, 2544)

ในกระบวนน้ำตาลเทียมด้วยกันแล้วแอสพาร์เทมได้รับการทดสอบด้านความปลอดภัยมากที่สุดก่อนที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาจะอนุมัติให้จำหน่ายได้ ทั้งนี้ก็เพราะสารนี้ผลิตขึ้นหลังจากที่น้ำตาลเทียมชนิดอื่นก่อปัญหาขึ้นมาแล้ว ระดับการบริโภคแอสพาร์เทมที่ปลอดภัย (Acceptable Daily Intake, ADI) คือวันละ 50 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ถ้าน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม จะใช้แอสพาร์เทมได้วันละ 3500 มิลลิกรัม (ประมาณ 90 ซอง) ซึ่งเกินกว่าที่คนคนหนึ่งจะบริโภคได้ใน 1 วัน ปัญหาเรื่องความปลอดภัยจึงไม่ใช่สิ่งที่น่ากังวลมากนักแต่ที่ควรระวังไว้มีเพียงคนสองกลุ่ม คือ เด็กเล็ก ๆ ทั่วไป และพวกที่เป็นโรคเฟนิลคีโทนยูเรีย เนื่องจากผู้ป่วยเหล่านี้ขาดเอนไซม์ที่จะขจัดเฟนิลอะลานีนออกจากร่างกายอยู่แล้ว และยิ่งได้รับ เฟนิลอะลานีนเพิ่มจากการแตกตัวของแอสพาร์เทมอีก จะทำให้ระดับเฟนิลอะลานีนในเลือดสูงกว่าปกติ มีผลต่อสมองทำให้ปัญญาอ่อน (เทพ และคณะ, 2544)

ข้อเสียของแอสพาร์เทมคือไม่ทนต่อความร้อน จึงใช้ในขณะหุงต้มประกอบอาหารไม่ได้ เพราะความร้อนจัดทำให้สารนี้สูญเสียความหวาน ดังนั้น จึงควรเติมแอสพาร์เทมหลังจากประกอบอาหารเสร็จแล้ว

2.5 อะเซซัลเฟมโพแทสเซียม (Acesulfame Potassium) มีชื่อผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่รู้จักกัน คือ ซูเนตต์ (Sunett) เป็นสารให้ความหวานล่าสุดที่ได้รับอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา สารให้ความหวานชนิดนี้ค้นพบตั้งแต่ปี ค.ศ. 1967 มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในยุโรปตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983 และได้รับการยอมรับถึงความปลอดภัยในการบริโภคจากองค์การอนามัยโลก (เทพ และคณะ, 2544)

อะเซซัลเฟมโพแทสเซียมเป็นสารที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบและมีโพแทสเซียมในปริมาณเล็กน้อย ไม่ให้พลังงาน ไม่มีโซเดียม มีรสหวานประมาณ 200 เท่าของน้ำตาล ไม่มีผลต่อระดับอินซูลินหรือน้ำตาลในเลือดถูกขับออกจากร่างกายในสภาพเดิมมนอกจากนี้ยังไม่ก่อให้เกิดปัญหาฟันผุเหมือนน้ำตาล เนื่องจากอะเซซัลเฟมโพแทสเซียมค่อนข้างทนความร้อนจึงสามารถใช้ในการหุงต้มหรือปรุงอาหารร้อนได้ซึ่งต่างจากแอสพาร์เทมที่ไม่

สามารถทนความร้อนได้ อะเซซัลเฟมโพแทสเซียมใช้ในอาหารต่างๆ เช่น เครื่องดื่ม ของหวาน ขนม หมากฝรั่ง ลูกอมต่างๆ ยาอม โยเกิร์ต ซอสครีมต่างๆ และขนมอบ

อะเซซัลเฟมโพแทสเซียมให้รสชาติดีกว่าน้ำตาลเทียมชนิดอื่นๆ เพราะไม่มีรสขื่นเมื่อนำมาใช้ร่วมกับน้ำตาลเทียมชนิดอื่นเช่น แอสพาร์เทมจะให้รสชาติใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย น้ำอัดลมไดเอตบางชนิดจึงมีการปรับปรุงรสโดยใช้แอสพาร์เทมและอะเซซัลเฟมโพแทสเซียมร่วมกัน แม้อะเซซัลเฟมโพแทสเซียมจะมีสารกำมะถันเป็นองค์ประกอบ แต่คุณสมบัติจะแตกต่างจากสารประกอบกำมะถันของซัลไฟต์และยาซัลฟา จึงไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ ไม่ก่อให้เกิดพิษ มีรายงานการวิจัยมากกว่า 90 ฉบับที่แสดงถึงความปลอดภัยต่อการใช้น้ำตาลเทียมชนิดนี้

ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่มีอยู่นั้นน้อยกว่าโพแทสเซียมที่พบในอาหารทั่วๆ ไป ปริมาณอะเซซัลเฟมโพแทสเซียมที่ให้ความหวานเท่ากับน้ำตาลทราย 2 ช้อนชามีปริมาณโพแพสเซียมเพียง 10 มิลลิกรัม เมื่อเทียบกับปริมาณในกล้วยหอมขนาดกลางหรือส้ม 1 ผลแล้ว กล้วยมีโพแทสเซียม 440 มิลลิกรัม และส้มมีโพแทสเซียม 263 มิลลิกรัม

ปริมาณการบริโภคอะเซซัลเฟมโพแทสเซียมที่ปลอดภัย คือ ไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ดังนั้น หากผู้บริโภคมีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัมก็สามารถบริโภคอะเซซัลเฟมโพแทสเซียมได้วันละ 900 มิลลิกรัม (เท่ากับ 0.9 กรัม) ซึ่งปริมาณนี้เทียบเท่ากับการบริโภคน้ำตาลวันละ 200 กรัม (เท่ากับการบริโภคเครื่องดื่มราว 7.5 ลิตร) แต่ในความจริงแล้ว แม้แต่ผู้บริโภค อะเซซัลเฟมโพแทสเซียมเป็นประจำโดยใส่ในอาหารทุกชนิดก็จะได้รับอะเซซัลเฟมโพแทสเซียมเพียงวันละประมาณ 3.8 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมเท่านั้น ซึ่งต่ำกว่าระดับปลอดภัยที่กำหนดไว้มาก และจากการวิจัยการบริโภคอะเซซัลเฟมโพแทสเซียมในระยะยาวในสัตว์ทดลองก็ยังไม่พบหลักฐานการเกิดมะเร็งในสัตว์ (เทพ และคณะ, 2544)

จากการใช้อะเซซัลเฟมโพแทสเซียมทั่วโลกมาประมาณ 10 ปี แล้วยังไม่มีรายงานถึงอันตรายหรืออาการแพ้ในสารชนิดนี้ จึงได้รับการยอมรับถึงความปลอดภัยในผู้บริโภค แต่มีข้อเตือนว่าหญิงตั้งครรภ์และเด็กไม่ควรใช้เพราะบุคคลเหล่านี้ไม่มีความจำเป็นต้องจำกัดพลังงาน ยกเว้นในกรณีที่แพทย์เห็นสมควรให้ใช้

2.6 ขัณฑสกรหรือแซ็กคาริน (Saccharin) เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ใช้กันมานานแล้ว และนิยมใช้กันมากในยุคหนึ่ง สังเคราะห์ขึ้นในปี ค.ศ. 1879 มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 500 เท่า แต่ที่มีขายจะอยู่ในรูปของแซ็กคารินโซเดียม มีรสหวานมากกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 375 เท่า เมื่อรับประทานเข้าไปสารนี้จะถูกดูดซึมช้าๆ และถูกขับออกทางปัสสาวะในสภาพเดิมประมาณ 95% ภายใน 24 ชั่วโมง จึงเป็นสารที่ไม่ให้พลังงานเลย

จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง พบว่า แซ็กคารินมีแนวโน้มที่จะเป็นสาเหตุของมะเร็งในกระเพาะปัสสาวะ แต่ยังไม่พบข้อมูลดังกล่าวในคนและยังคงเป็นที่ยอมรับกันว่า แซ็กคารินไม่เพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในประชากรทั่วไป สมาคมแพทย์สหรัฐอเมริกาเองก็ยังคงสนับสนุนการใช้แซ็กคารินต่อไป โดยให้เหตุผลว่าจนถึงปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานที่แน่ชัดว่าแซ็กคารินจะเพิ่มโอกาสของการเกิดมะเร็งในคน แต่ยังมีข้อควรระวังคือไม่ควรใช้ในหญิงมีครรภ์และเด็กเล็กทั้งนี้ เพราะข้อมูลความปลอดภัยของการใช้แซ็กคารินในบุคคลดังกล่าวยังมีไม่มากพอ (เทพ และคณะ, 2544)

สำหรับประเทศไทย แซ็กคารินถูกห้ามใช้ในอาหารบางชนิด เช่น อาหารเด็ก อาหารทารก น้ำหวาน น้ำอัดลม แต่สามารถใช้ได้ในอาหารบางชนิดที่ผลิตขึ้น สำหรับคนบางกลุ่ม เช่น ผู้ป่วยเบาหวาน โดยต้องมีรายละเอียดและคำเตือนระบุไว้ที่ฉลากด้วย

2.7 ไซคลาเมต (Cyclamate) สารที่โด่งดังรองลงมาจากแซ็กคาริน แต่มีอันตรายมากกว่าคือ ไซคลาเมต (Cyclamate) มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 30 เท่า สารนี้เคยถูกใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายและได้รับความนิยมเป็นอย่างมากมาเกือบ 20 ปี ก่อนที่จะถูกยกเลิกการจำหน่ายโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) ในปี ค.ศ. 1970 เนื่องจากมีรายงานว่าทำให้เกิดมะเร็งในหนูทดลอง (เทพ และคณะ, 2544)

เจล

คำว่า "เจล" มาจากภาษาละติน Gelare แปลว่า แช่แข็ง ซึ่งหมายถึงการทำให้สารละลายหรือโซลแข็งตัว เนื่องจากสารละลายหรือโซลหลายชนิดสามารถเปลี่ยนไปเป็นเจลได้ ถ้ามีอุณหภูมิ ความเข้มข้น และสภาพแวดล้อมอื่นๆ เหมาะสม สารละลายและโซลเป็นของเหลวโดยมีโมเลกุลหรืออนุภาคเล็กๆ กระจายอยู่ในตัวทำกระจาย (น้ำ) สามารถเปลี่ยนรูปได้ตามลักษณะของภาชนะบรรจุ ส่วนเจลโดยปกติจะไม่เปลี่ยนรูปได้ง่าย เนื่องจากมีลักษณะกึ่งแข็งเป็นวุ้น เป็นความแข็งที่เกิดจากการสานตัวกันระหว่างโมเลกุลหรืออนุภาค แต่เจลหลายชนิดก็มีลักษณะทางกายภาพไม่แตกต่างจากของเหลว สามารถไหลหรือเปลี่ยนรูปได้ตามลักษณะของภาชนะบรรจุ ฉะนั้น การที่จะพิจารณาว่าของเหลวเป็นเจลหรือไม่จึงต้องมีหลักเกณฑ์ และหลักเกณฑ์ที่ใช้พิจารณามีอยู่ 2 ประการ คือ ประการแรกเจลจะต้องมีส่วนผสมอย่างน้อย 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นของเหลวและอีกส่วนหนึ่งเป็นของแข็ง ประการที่สองเจลจะต้องมีคุณสมบัติเป็นของแข็ง เป็นลักษณะที่ทราบได้โดยการตรวจดูค่าแรงดันไหล เจลทุกชนิดจะมีค่าแรงดันไหลไม่มากก็น้อย มีอาหารหลายชนิดที่มีลักษณะเหมือนเจล แต่ส่วนที่เป็นของเหลวได้ระเหยออกไป

เหลือแต่ของแข็งและมีเนื้อแน่นมาก ในกรณีเช่นนี้จะไม่เรียกว่าเจล แต่มีคุณสมบัติสัมพันธ์กับเจลอย่างใกล้ชิด กล่าวคือ สามารถดูดตัวทำกระจาย พองตัว และเปลี่ยนเป็นเจลได้ในที่สุด เรียกกันว่า "ซีโรเจล" (Zerogel) เช่น เจลาตินแห้ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติหลายชนิด เช่น เส้นใยเซลลูโลส แป้ง และหนังสัตว์แห้ง สามารถดูดน้ำ และพองตัวได้จึงอาจจัดอยู่ในกลุ่มของซีโรเจลได้ สำหรับเจลที่ปราศจากของเหลวและไม่สามารถดูดของเหลวหรือพองตัว จะไม่เรียกว่าซีโรเจล แต่เรียกว่า "เรซินหรือกลาส" (Resin or Macromolccular Glass) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสาร Macromolecules (ศิริลักษณ์, 2539)

1. ชนิดของเจล

เจลมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่เป็นตะกอนเบา (Gelationous Precipitates) และชนิดที่เป็นเจลลี่ (Jelly) เจลแบบตะกอนเบาเกิดจากสารอนินทรีย์ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายสูงขึ้นจะเกิดเจลเร็วขึ้น และทำให้น้ำแยกตัวออกมา อย่างไรก็ตาม อาจทำให้เกิดเป็นเจลลี่ได้ถ้าความอิ่มตัวยิ่งยวดสูงมากพอ และมีการควบคุมอัตราการตกตะกอนให้ช้าลง ตัวอย่างสารที่ให้เกิดเจลแบบนี้ได้แก่ โครมิกอ็อกไซด์ ซิลิกา และแมงกานีสอาซีเตต เป็นต้น เจลที่ได้จะไม่หยุ่นตัวเมื่อนำไปทำให้แห้ง ส่วนเจลแบบที่สองเตรียมได้จากสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ เป็นเจลที่มีตัวกระจายและตัวทำกระจายอยู่ทั่วไปทั้งระบบ โดยแต่ละองค์ประกอบมีการเชื่อมต่อกันในสามทิศทางอย่างไม่ขาดตอน เมื่อนำไปทำให้แห้งความหยุ่นตัวยังคงมีอยู่ ในหลายโอกาสเมื่อเรียกว่า "เจล" จะหมายความถึงเจลลี่ ซึ่งในบทนี้ก็เช่นกัน นอกจากบางครั้งเมื่อต้องการย้ำจึงใช้คำว่า "เจลลี่" (ศิริลักษณ์, 2539)

1.1 เจลแบบตะกอนเบา

เจลชนิดนี้เกิดจากสารอนินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถดูดซับน้ำได้ดี ส่วนใหญ่เป็นพวกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่นเฟอริกอ็อกไซด์ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น ตะกอนมีความหนืดหรือมีลักษณะปั้นได้ ประกอบด้วยผลึกเล็กๆ จำนวนมาก ผลึกหรืออนุภาคที่สามารถเกิดเจลได้อาจมีรูปยาวบางหรือรูปร่างแบบอื่นๆ ก็ได้ แต่ถ้ามีรูปร่างยาวจะเกิดเจลได้ดีกว่า โดยเฉพาะผลึกที่มีรูปร่างยาวและบอบบางจะงอตัวได้ การสานตัวกันจะทำได้ดี แต่ถ้าอนุภาคมีรูปร่างกลมหรือรูปร่างแบบอื่นๆ จะมีลักษณะแข็งงอตัวได้ยาก การสานตัวกันจะทำให้ลำบากถึงแม้จะมีโมเลกุลน้ำเกาะติดอยู่ก็ตาม การเกิดเจลจะทำให้ยากนอกจากอนุภาคเหล่านั้นจะมีวิธีการจับตัวกันเป็นเส้นตรงยาวได้เป็นสายอนุภาคที่งอตัวได้ จะทำให้เกิดการสานตัวกันใน 3 ทิศทาง เจลที่เกิดขึ้นจึงมีความนุ่ม ซึ่งเป็นลักษณะของเจลที่แท้จริง อนุภาคที่ประกอบกันเป็นเจลนั้นถ้าดูดน้ำได้ไม่มากพร้อมทั้งสานตัวกันก็ทำได้ไม่ดีนักตะกอนเบาจะเกิดขึ้นได้ เมื่อใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น เช่น ในกรณีของเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น เจลแบบ

ตะกอนเบาจะพบในอาหารบ้างแต่ไม่มากนัก เช่น พบในหม้อทำไอน้ำเมื่อใส่สารเคมีจำพวกเกลือฟอสเฟตลงไปเพื่อกำจัดความกระด้าง ทำให้เกิดตะกอนเบาของเกลือแคลเซียมฟอสเฟต หรือ พบในกรณีของการผสมน้ำเกลือกับน้ำปูนใสเพื่อเตรียมน้ำเกลือ สำหรับดองผลไม้ เป็นของเกลือแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น การเกิดตะกอนเบาในอาหารเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ แต่จะมีประโยชน์ในการกำจัดสารบางชนิดก่อนนำน้ำไปใช้ (ศิริลักษณ์, 2539)

1.2 เจลลี่

เจลลี่ที่เตรียมจากสารอนินทรีย์จะพบน้อยมากในอาหาร เป็นเจลที่เกิดจากอนุภาคที่ดูดน้ำได้ดี โดยการสานตัวกันในสามทิศทาง มีลักษณะคล้ายกับฟองน้ำและดูดน้ำทั้งหมดไว้ เจลชนิดนี้จะเกิดขึ้นกับเกลือบางชนิดเท่านั้นสารอนินทรีย์ที่ให้เจลแบบตะกอนเบาก็อาจเกิดเจลลี่ได้ ถ้าสภาวะเหมาะสม ส่วนเจลลี่ที่เกิดจากสารอินทรีย์พบมากที่สุดในอาหาร สารที่ให้เจลแบบนี้ ได้แก่ เจลาติน วุ้น แป้ง เปกทิน ฯลฯ อนุภาคที่เกิดเจลอาจมีรูปร่างยาว กลม หรือรูปร่างแบบอื่น ๆ ก็ได้ เหมือนกับเจลแบบตะกอนเบา ซึ่งจะมีทั้งที่เป็นผลึกและอสัญฐาน ในธรรมชาติเจลแบบนี้มีโครงสร้างที่ซับซ้อนมีทั้งเจลเนื้อเดียว เจลเนื้อผสม และเจลที่มีเนื้ออื่นผสม เจลลี่หลายชนิดมีลักษณะไม่แตกต่างไปจากโซลถ้าตรวจดูด้วยสายตา ตัวอย่างเช่นโซลของเจลาตินที่เจือจางมีลักษณะไม่แตกต่างกับเจลลี่ที่เกิดขึ้นหลังจากที่ทำให้โซลเย็นตัว ในขณะที่โซลเข้มข้นเกิดเจลอย่างเห็นได้ชัดเจน เจลที่เกิดขึ้นหลังจากที่ทำให้โซลเย็นตัว ในขณะที่โซลเข้มข้นเกิดเจลอย่างเห็นได้ชัดเจน เจลที่เกิดขึ้นทั้งสองกรณีมีลักษณะใส โซลเจลาตินที่มีความเข้มข้นต่ำสามารถเทได้เหมือนของเหลว แต่เมื่อตรวจดูด้วยเครื่องมือที่มีความไวสูง ก็พบว่า โซลของเจลาตินที่มีความเข้มข้นต่ำให้ค่าแรงดันไหล ซึ่งเป็นลักษณะของเจลแสดงว่าจุดที่โมเลกุลจับตัวกันใช้แรงต่ำมาก สามารถแตกออกจากกันได้ง่าย เมื่อตั้งทิ้งไว้จะจับตัวกันใหม่ เป็นคุณสมบัติที่เรียกว่า Thixotropic (ศิริลักษณ์, 2539)

2.คุณสมบัติของเจล

2.1 การเคลื่อนที่ของอนุภาคบางชนิดในเจล

สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์หลายชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้ในเจล ถ้าเจลนั้นเจือจางมากการเคลื่อนที่จะมีความเร็วใกล้เคียงกับการเคลื่อนที่ในน้ำ แต่ถ้าเจลนั้นมีความเข้มข้นมากการเคลื่อนที่จะช้าลง คุณสมบัติของเจลเช่นนี้ได้นำไปใช้ประโยชน์ในการเตรียมผลึกของสารบางชนิด และใช้ในการแยกสารบางชนิดออกจากกัน ในการเตรียมผลึกในเจลนั้นจะเริ่มด้วยการใส่สาร อีเล็คโตรไลต์ชนิดหนึ่งลงในเจลขณะทำการเตรียม หลังจากเกิดเจลแล้วจึงเติมสารอีเล็คโตรไลต์อีกชนิดหนึ่งลงไป ปล่อยให้แพร่กระจายออกไปสัมผัสกับสารอีเล็คโตรไลต์ชนิดแรก ถ้าสารประกอบที่ได้จากปฏิกิริยามีการตกผลึกจะได้ผลึกขนาดใหญ่กว่าผลึกที่เกิดจาก

การผสมสารอีเล็คโตรไลต์ทั้งสองเข้าด้วยกันโดยตรง อธิบายได้ว่าเจลป้องกันมิให้สารอีเล็คโตรไลต์ทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากันเร็วเกินไป ซึ่งจะทำให้การตกตะกอนเป็นไปอย่างช้าๆ และตะกอนมีลักษณะเป็นผลึกมิใช่เป็นแบบ อสัณฐาน ผลึกที่ได้จึงมีขนาดใหญ่ (ณรงค์, 2538)

การแยกสารชีวภาพด้วยเจลจะใช้กับสารต่างๆ ที่ประจุ เช่น โปรตีน RNA เป็นต้น โดยใช้สารชีวภาพเคลื่อนที่ในเจลเมื่อเจลนั้นมีสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สารชีวภาพที่มีประจุไม่เท่ากันจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการแยกเป็นกลุ่มๆ วิธีการที่รู้จักกันดี คือ Zone Electrophoresis เจลที่ใช้สำหรับการแยกสารจะต้องไม่มีประจุ เช่น แป้งเปียก Polyacrylamide Gel, Sodium Dodecyl Sulfate (SDS-Gel), Cellulose Acetate Gel, Agar Gels เป็นต้น

2.2 ความหยุ่น

ความหยุ่น (Elasticity) เป็นคุณสมบัติของเจลที่มีการศึกษากันมาก ความหยุ่นเกิดจากโมเลกุลของเจลที่มีลักษณะบอบบาง และเป็นเส้นตรงยาว นอกจากนี้ยังเกิดจากการจับตัวกันน้อย ถ้านำเจลมาระเหยน้ำออกไปบางส่วน ความหยุ่น (ระยะยืดออกหรือระยะกดเข้า) จะมีค่าน้อยลง เนื่องจากโมเลกุลมีการจับตัวกันมากจุดยิ่งขึ้น ความหยุ่นของเจลอาจวัดได้ด้วยค่า "มอดูลัสของความหยุ่น" (Modulus of Elasticity) ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนของแรงเค้นต่อแรงเครียด เจลที่มีค่ามอดูลัสความหยุ่นต่ำแสดงว่ายืดออกหรือกดเข้าได้ง่าย (มีความหยุ่นมาก) ในทางตรงกันข้าม ถ้าเจลให้ค่ามอดูลัสความหยุ่นสูงแสดงว่ายืดออกหรือกดเข้าได้ยาก (มีความหยุ่นน้อย) จากการตรวจสอบค่าความหยุ่นของเจลเมื่อมีสารชนิดต่างๆ ผสมอยู่ด้วย พบว่า สารชนิดใดก็ตามสามารถลดความหนืดหรือสามารถลดอุณหภูมิการแข็งตัวของโซลได้ จะสามารถลดค่าความหยุ่นให้น้อยลงได้ เช่น คลอไรด์ เป็นต้น ส่วนน้ำตาลและกลีเซอรีน ทำให้ความหนืดของเจลสูงขึ้น ค่าความหยุ่นของเจลจึงสูงขึ้นด้วย ความหยุ่นของเจลจะมีค่าลดลงเมื่อเมื่อมีการกดซ้ำหลายๆครั้ง เนื่องจากเจลมีการคลายตัวไม่สมบูรณ์ การกดทำให้อนุภาคโซลส่วนหนึ่งจับตัวกัน (ณรงค์, 2538)

2.3 Thixotropy

เจลบางชนิดจะเปลี่ยนเป็นของเหลวเมื่อมีการกวน และจะเปลี่ยนเป็นเจลอีกเมื่อหยุดกวน เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า "Thixotropy" เป็นคำที่มาจากภาษากรีก Thixis และ Tropos ซึ่งแปลว่าสัมผัสและเปลี่ยนแปลง ตามลำดับ หมายความว่ามีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการสัมผัส การเปลี่ยนแปลงของเจลเช่นนี้ เกิดจากอนุภาคของเจลมีการจับตัวกันมากพอที่จะให้ค่าแรงดันไหลได้ แต่ไม่มากพอที่จะคงรูปอยู่ได้เมื่อมีการกวน อาจกล่าวได้ว่าแรงที่อนุภาคจับตัวกันนั้นมี

ค่าใกล้เคียงกันมาก การทำลายแรงด้วยการกวนจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน เจลจึงเปลี่ยนเป็นของเหลว แต่ถ้าแรงที่อนุภาคจับตัวกันนั้นแตกต่างกันมากการกวนจะทำให้เกิดการแตกตัวในส่วนที่มีการจับตัวกันด้วยแรงน้อยๆ เท่านั้น การแตกตัวจะมีลักษณะเป็นก้อนเล็กๆ และไม่จับตัวกันใหม่เมื่อหยุดกวน หรือมีการจับตัวกันบ้างและให้ค่าแรงดันไหลต่ำมาก เจลของพวก Macromolecules จะมีแรงจับตัวกันระหว่างอนุภาคที่จุดต่างๆ แตกต่างกันมาก การเปลี่ยนกลับไปกลับมาระหว่างโซลกับเจลจะเกิดขึ้นได้ เมื่อมีความเข้มข้นต่ำหรือเจลที่เตรียมใหม่ๆเท่านั้นในสภาวะเช่นนี้แรงที่จับกันระหว่างอนุภาคจะมีค่าใกล้เคียงกัน (ณรงค์, 2538)

จากการศึกษาการเกิด Thixotropy ของเจลที่เกิดจากโซลของสารอนินทรีย์ เช่น เฟอร์ริก อ๊อกไซด์ อลูมินาโครมิกอ๊อกไซด์ หรือสแตนนิกอ๊อกไซด์ พบว่าเมื่อใส่สารอีเล็คโตรไลต์ในปริมาณที่พอเหมาะจะเกิดเจลลี่เมื่อตั้งทิ้งไว้มีความใส่ไม่แตกต่างไปจากเซล เมื่อกวนหรือเขย่าแรงๆ เจลลี่จะเปลี่ยนเป็นโซล และจะเปลี่ยนกลับไปเป็นเจลลี่อีกเมื่อตั้งทิ้งไว้ การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นซ้ำๆถ้าต้องการ นอกจากนี้ยังพบว่าอนุภาคของเจลที่มีรูปร่างยาวหรือเป็นแผ่นจะเกิด Thixotropy ได้ดี เนื่องจากเป็นอนุภาคที่เคลื่อนที่ได้ช้า (ณรงค์, 2538)

2.4 Rheopexy

โซลที่มีอนุภาคเป็นเส้นยาวหรือเป็นแผ่นจะแข็งตัวเป็นเจลได้ช้าๆ แต่ถ้ามีการเขย่าหรือหมุนเบาๆ จะเกิดเจลได้เร็วขึ้น การเขย่าหรือการกวนจะทำให้อนุภาคสามารถจัดตัวกันได้เร็วขึ้น ทำให้ความหนืดสูงขึ้น ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า “Rheopexy” เป็นคำที่มาจากภาษากรีก แปลว่าหยุดการไหลหรือแข็งตัวเมื่อมีการเคลื่อนไหว จากการศึกษาพบว่าโซลเบนโทไนต์เข้มข้น1.3% จะแข็งตัวในเวลา 25 นาที แต่ถ้ามีการเขย่าเล็กน้อยโซลชนิดนี้จะแข็งตัวภายใน 15 วินาทีเท่านั้น

3. การเปลี่ยนแปลงของเจลในอาหารประกอบ

ในการประกอบอาหารจำพวกเจลจะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเสมอ นับตั้งแต่การเปลี่ยนโซลไปเป็นเจล จนกระทั่งหลังจากเกิดเจลแล้ว การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ประกอบด้วยการเปลี่ยนอุณหภูมิ การเปลี่ยนความใสการเกิดเจลไม่สมบูรณ์ การเปลี่ยนแปลงปริมาตร การเกิดเจลที่ซับซ้อน การคายน้ำ และดูดน้ำผิดปกติ (ณรงค์, 2538)

3.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงจากโซลไปเป็นเจลของสารหลายชนิดทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นเช่นนี้เรียกว่า “ความร้อนแฝงของการเกิดผลึก” สารชนิดใดก็ตามต้องการความร้อนเพื่อทำให้ละลาย สารชนิดนี้จะให้ความร้อนเมื่อโมเลกุลในสารละลายเข้ามารวมตัวกันเพื่อให้เกิดผลึก ด้วยเหตุนี้จึงต้องทำให้สารละลายลดอุณหภูมิลงเมื่อต้องการให้เกิดผลึก

สารละลายของกลุ่ม Macromolecules จะให้ความร้อนเสมอเมื่อเปลี่ยนจากโซลไปเป็นเจล แต่จะไม่พบในสารละลายเข้มข้นที่มีคุณสมบัติเป็น Thixotropy

3.2 การเปลี่ยนแปลงความใส

โซลหลายชนิดเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะมีความขุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านแสงเข้าไปจะปรากฏเป็นลำแสง (Tyndall Effect) แสดงว่า มีการสะท้อนแสงเกิดขึ้น เป็นการเปลี่ยนแปลงที่พบเสมอในเจลที่เกิดจาก Macromolecules ถ้าจุดที่อนุภาคจับตัวกันเป็นผลึกมีขนาดใหญ่กว่าคลื่นแสง มีผู้พบว่าน้ำที่เกาะอยู่กับผลึกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความใสมาก ถ้าผลึกที่เกิดขึ้นมีน้ำเกาะอยู่มากความใสของเจลจะไม่แตกต่างไปจากโซลมากนัก ฉะนั้น Macromolecules ที่มีพีเอชอยู่ใกล้จุด Isoelectric Point เมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะมีความขุ่นมาก แต่จะขุ่นน้อยลง เมื่อพีเอชอยู่ห่างจากจุดนี้ออกมา

3.3 การเกิดเจลไม่สมบูรณ์

ได้กล่าวแล้วว่าการเปลี่ยนแปลงจากโซลไปเป็นเจลนั้นจะต้องให้เวลามากพอสมควร โดยการจับตัวกันระหว่างอนุภาคจะมากขึ้นเรื่อยๆ ตามเวลาที่เนิ่นออกไป ถ้าระหว่างที่ปล่อยให้เกิดเจลนั้นมีการกระทบกระเทือน เช่น มีการเคลื่อนที่ หรือมีการกวนเจลที่เกิดขึ้นจะแตกออก ถ้าการกระทบกระเทือนนั้นเกิดขึ้นหลังจากตั้งทิ้งไว้ไม่นาน เจลจะแตกออกเป็นโซล แต่ถ้าการกระทบกระเทือนนั้นเกิดขึ้นหลังจากที่ตั้งทิ้งไว้นานพอสมควร เจลจะแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ และไม่สามารถรวมกันเป็นเจลได้อีก เมื่อตั้งทิ้งไว้ การกระทบกระเทือนเป็นการขัดขวางมิให้อนุภาคจับตัวกันได้สะดวกจึงเกิดเจลไม่สมบูรณ์

3.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาตร

การเปลี่ยนแปลงโซลเป็นเจลมีผลให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรด้วย ซึ่งอาจเพิ่มหรือลดลงก็ได้ โซลของเจลาตินเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลละลดปริมาตรลง ในขณะที่โซลของเมทิลเซลลูโลสเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะเพิ่มปริมาตรมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นเสมอ ถ้าการเกิดเจลนั้นมีการเกิดผลึก สำหรับโซลแบบ Thixotropy จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากไม่เกิดผลึก

3.5 การเกิดเจลที่ซับซ้อน

เจลที่เตรียมเพื่อใช้ในอาหารมีลักษณะซับซ้อนมาก เนื่องจากมีการใส่สารอื่นนอกเหนือไปจากสารเกิดเจล เช่น น้ำตาล เกลือ น้ำมันฯลฯ นอกจากนี้ยังอาจใช้สารเกิดเจลมากว่า 1 ชนิด โครงสร้างของเจลที่ได้จึงอาจกล่าวได้ว่ามีทั้งเจลเนื้อเดียว (Single-Component Gel) เจลเนื้อผสม (Mixed Gel) และเจลเนื้ออื่นผสม (Filled Gel หรือ Composite Gel) เจลเนื้อเดียวอาจพบได้จากอาหารจำพวกวุ้นน้ำเชื่อมซาหริ่ม เป็นเจลแบบที่ง่ายที่สุด การเกิดเจลจะเป็นไป

ตามหลักการที่ได้กล่าวมาแล้วทุกประการ ส่วนเจลเนื้อผสมเกิดจากสารโพลีเมอร์ 2 ชนิดหรือมากกว่า เจลกลุ่มนี้ยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ เจลเนื้อผสมแบบที่ 1 และเจลเนื้อผสมแบบที่ 2 เจลเนื้อผสมแบบที่ 1 ประกอบด้วยสารโพลีเมอร์ 2 ชนิด โดยที่ชนิดแรกแทรกตัวอยู่ในเจลที่เกิดจากสารโพลีเมอร์ชนิดที่สอง การที่สารโพลีเมอร์ชนิดแรกแทรกตัวอยู่ทำให้มีผลต่อการเกิดเจลของสาร โพลีเมอร์ชนิดที่สอง เช่น การใส่สารเด็กทรานลงในสารละลายเจลาติน มีผลให้โมเลกุลของเจลาตินม้วนตัวเป็นเกลียวได้ดีขึ้น และเกิดเจลได้ง่ายขึ้น การใส่แป้งมันสำปะหลังลงในสารละลายที่สกัดได้จากต้นเฉาก๊วยแห้ง มีผลให้เกิดเจลของเฉาก๊วยขึ้น เป็นต้น การใส่สารโพลีเมอร์นอกจากจะช่วยให้เกิดเจลได้ดีแล้วยังช่วยป้องกันการคายน้ำด้วย ซึ่งจะมีผลให้เจลไม่ยุบตัว เจลเนื้อผสมแบบที่ 2 เกิดจากสารโพลีเมอร์ 2 ชนิดที่เกิดเจลได้ สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะแวดล้อมที่เหมือนกัน สมมติว่าสารโพลีเมอร์ทั้งสองชนิดนั่นคือสาร ก และสาร ข ตาข่ายของเจลที่เกิดขึ้นอาจเป็นแบบ ก ก, ข ข หรือแบบ ก ข ก็ได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารแต่ละชนิดที่ใช้ และลำดับของการทำให้เกิดเจลด้วยเหตุนี้สารโพลีเมอร์ 2 ชนิดจึงอาจทำให้เกิดเจลได้ 3 แบบ คือ แบบร่วมกันสานตัว (Coupled Networks) แบบแยกกันสานตัว(Phase-Separated Networks) หรือแบบสอดแทรกสานตัว (Interpenetrating Networks) เจลแบบร่วมกันสานตัวจะเกิดขึ้นได้เมื่อสารโพลีเมอร์ทั้งสองมีส่วนหนึ่งส่วนใดเข้ากันได้ และจับตัวกันก่อนการเกิดเจลแบบนี้จะมีประโยชน์มากทางการค้า เนื่องจากสามารถพัฒนาเจลที่มีลักษณะเนื้อแบบต่างๆ ตามความต้องการของตลาดได้ อาหารโปรตีนหลายชนิดที่ใช้ประกอบการ เช่น โปรตีนจากถั่วเหลือง โปรตีนจากไข่ และโปรตีนจากเลือดจัดอยู่ในกลุ่มที่จะให้เจลแบบเนื้อผสม แต่ไม่ทราบแน่ชัดว่าจะเป็นเจลแบบร่วมกันสานตัวหรือเจลแบบแยกกันสานตัว มีผู้สนใจนำสารโพลีเมอร์ 2 ชนิดมาทำปฏิกิริยากันแบบครอสลิงค์ เช่น ครอสลิงค์ระหว่างสารอาจิเนตเอสเทอร์กับเจลาติน ครอสลิงค์ระหว่างแป้งกับสารอาจิเนต เป็นต้น พบว่าสารที่ได้สามารถเกิดเจลได้ดี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเกิดเจลร่วมกันของสารอาจิเนตกับเพกติน กาแลคโตแมนนาน (Carob Gum, Tara Gum) กับแซนทันกัมหรือคาราจีนานกัม ซึ่งก็พบว่าให้เจลที่มีลักษณะเนื้อเป็นที่น่าสนใจมาก เจลแบบแยกกันสานตัวเกิดจากสารโพลีเมอร์ 2 ชนิดที่เข้ากันไม่ได้ ไม่สามารถจับตัวกันได้ เช่น โปรตีนกับโพลีแซคคาไรด์ เป็นต้น เจลแบบสอดแทรกสานตัวก็เกิดจากสารโพลีเมอร์ 2 ชนิดเช่นเดียวกัน โดยแต่ละชนิดจะสานตัวกันเองและเกิดเป็นเจลกลุ่มเล็กๆรวมกันอยู่ เจลแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อทำการเตรียมเจลชนิดใดชนิดหนึ่งก่อนแล้วผสมเจลอีกชนิดหนึ่งลงไปเป็นเจลที่พบในอาหารไม่มากนัก เท่าที่รู้จักกันดีก็มีเจลที่เตรียมจากแป้งผสมกับเจลาตินสำหรับทำขนมหวานบางชนิด (ณรงค์, 2538)

เจลเนื้ออื่นผสมมีความซับซ้อนมากกว่าเจล 2 แบบที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยส่วนที่เป็นพื้นเนื้อ (Matrix) อาจเป็นพวกเจลเนื้อเดียวหรือเจลเนื้อผสมก็ได้ ส่วนสิ่งอื่นที่ผสมอยู่อาจเป็นพวกอนุภาคของไฟเบอร์ แก๊ส ฟองอากาศ หยดของเหลว ผลึก หยดไขมัน เศษของเซล เม็ดแป้ง หรือเมล็ดพืช เป็นเจลที่พบมากที่สุดในอาหาร การที่มีสารอื่นผสมอยู่ด้วยจะมีผลต่อความหยุ่นของเจล ถ้าสิ่งที่ผสมอยู่ด้วยมีความแข็งมากเจลจะหยุ่นตัวน้อยลง และถ้าสิ่งที่ผสมอยู่ด้วยมีปริมาณมากอาจทำให้พื้นเนื้อแตกออกเป็นชิ้น คุณสมบัติของพื้นเนื้อและสิ่งเจือปนอาจเปลี่ยนแปลงได้ ถ้ามีการใช้ความร้อน เช่น เม็ดแป้งจะเปลี่ยนแปลงเมื่อทำการต้มหรืออบ ผลึกของน้ำและไขมันในไอศกรีมจะเปลี่ยนแปลงถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น เป็นต้น ตัวอย่างที่ดีของเจลเนื้ออื่นผสมก็คือแป้งเปียก ซึ่งพื้นเนื้อจะเป็นเจลแบบสอดแทรกสานตัวของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน โดยมีเจลของอะไมโลสเป็นหลักและเป็นผู้ให้ความขุ่น ส่วนสิ่งที่ผสมอยู่ด้วยคือเม็ดแป้ง ตาข่ายของอะไมโลสจะจับตัวกันเป็นผลึก และปริมาณของผลึกจะมีมากขึ้นเมื่อเก็บไว้นาน ทำให้ความแข็งของเจลเปลี่ยนไป นอกจากนี้ปริมาณของเม็ดแป้งก็จะเปลี่ยนไปด้วยถ้าปริมาณน้ำที่ใช้เปลี่ยนไป ซึ่งจะมีผลให้คุณภาพของเจลเปลี่ยนไปเช่นกัน (ณรงค์, 2538)

3.6 การคายน้ำ

การคายน้ำ (Syneresis) เป็นปรากฏการณ์ที่มักเกิดขึ้นกับเจลที่เตรียมเสร็จใหม่ๆ เป็นการหดตัวของเจล ทำให้เกิดแรงบีบจนกระทั่งเจลคายน้ำออกมา มักเกิดขึ้นกับเจลที่เตรียมจากสารอนินทรีย์มากกว่าเจลลี่จาก Macromolecules เจลที่เตรียมใหม่ๆ การจัดตัวกันของโครงสร้างยังไม่สมดุล การเปลี่ยนแปลงยังเกิดขึ้นต่อไปอีกเมื่อตั้งทิ้งไว้ (Aging) โมเลกุลบางส่วนอาจขาดออกจากกันเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง เนื่องจากการทำงานของกรดที่มีอยู่หรือโมเลกุลบางส่วนได้จับตัวกันเกิดเป็นผลึกเพิ่มขึ้น เป็นเรื่องที่ซับซ้อนมาก ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันดีนัก การแยกตัวของน้ำจะมีมากหรือน้อยเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจล และความเร็วของการเปลี่ยนโซลเป็นเจล มักจะไม่เกิดขึ้นกับเจลที่มีความเข้มข้นสูงและโซลที่เปลี่ยนเป็นเจลอย่างช้าๆ การใส่สารที่ช่วยให้เจลพองตัวมากขึ้นจะช่วยให้การคายน้ำลดลง (อบเชย และขนิษฐา, 2544)

3.7 การดูดน้ำที่ผิดปกติ

เมื่อนำเจลมาระเหยน้ำออกเจลจะมีการหดตัวมาก โดยเฉพาะเจลจากสารอินทรีย์ เช่น วุ้น เจลาติน เคซีน เป็นต้น แสดงว่าโมเลกุลที่ทำให้เกิดเจลมีการเกาะตัวกันมากขึ้น ผลที่ตามมาคือ เจลจะงอตัวได้น้อยลง เจลจากเซลลูโลสหรือเจลาตินจะมีลักษณะกรอบ แสดงว่าโมเลกุลในเจลได้เกาะกันอย่างแนบสนิท มีจุดจับตัวกันมากขึ้น การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจึงทำได้ยาก การหดตัวจะมีมากขึ้นเมื่อนำเจลมาทำให้แห้งและจุ่มน้ำสลับกันหลายๆครั้ง

เมื่อนำเจลมาจุ่มน้ำแต่ละครั้ง การพองตัวจะเกิดขึ้น แต่จะน้อยลงกว่าเดิมเรื่อยไป การเปลี่ยนแปลงของเจลที่มีผลให้การดูดน้ำลดลงเช่นนี้เรียกว่า “Hysteresis” แสดงว่า การหดตัวแต่ละครั้งมีผลให้การจับตัวกันระหว่างโมเลกุลมีมากขึ้น ทำให้เจลมีความแข็งมากขึ้น น้ำจึงไม่สามารถแทรก ตัวเข้าไปได้สะดวกนัก (ณรงค์, 2538)