บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สตรอเบอรี

สตรอเบอรีเป็นผลไม้ประเภทพืชล้มลุก มีลำต้นเตี้ยติดดิน เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ อยู่ในสกุล Fragaria ซึ่งมาจากคำว่า Fragrance แปลว่า กลิ่นหอม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Fragaria virginiana* อยู่ใน Familiy Rosaceae, Sub-Family Rosoidea, Order Rosales ซึ่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาเหนือ ปัจจุบันจัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกกระจายไปทั่วโลก (นิพนธ์, ม.ป.ป.; ณรงค์ชัย 2543; สังคม 2532)

ภาพที่ 2.1 ต้นสตรอเบอรีที่ปลูกในอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

ภาพที่ 2.2 ผลของสตรอเบอรีที่ปลูกในอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

2.1.1 ลักษณะทางพันธุศาสตร์และสายพันธุ์ของสตรอเบอรี

สตรอเบอรีเป็นผลไม้ที่เจริญในเขตเมืองหนาวอยู่ในกลุ่ม perennial, herbaceous อายุ 3 ปี ลักษณะของต้นสตรอเบอรีมีดังนี้

- ใบ เป็นแบบกลุ่ม ประกอบด้วยใบย่อยสามใบ มีก้านใบยาว แต่ละต้นจะมีใบมากกว่า 10 เจริญสลับกัน

- ส่วนลำต้น เป็นพุ่มเตี้ยๆ สูงจากดินประมาณ 6-8 เซนติเมตร ทรงพุ่มหรือกอ กว้างประมาณ 8-12 เซนติเมตร ความสูงของต้นจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และฤดูปลูก

- ระบบราก เป็นพืชที่มีระบบรากตื้น เป็นแบบรากฝอย จะแผ่กระจายและลึกประมาณ 6-10 เซนติเมตร รากเจริญเติบโตในที่ที่มี pH ประมาณ 5.7

- ดอก มีสีขาว แต่ละต้นจะมีช่อดอก 4-7 ช่อและแต่ละช่อจะมีดอก 5-10 ดอก

- ผล (berry) เป็นแบบ aggregate fruit มีเมล็ดอยู่ด้านนอกหรือเปลือกของผล ขนาดของผลขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ การดูแลรักษา การให้น้ำ เนื่องจากน้ำจะช่วยในการขยายตัวของเซลล์ (นิพนธ์, ม.ป.ป.)

สายพันธุ์ของสตรอเบอรีนั้น ในต่างประเทศมีหลายสายพันธุ์ ส่วนในประเทศไทย ช่วงปี พ.ศ. 2512–2514 โครงการหลวงร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้นำสตรอเบอรีจากต่างประเทศ เข้ามาทดลองปลูกในสถานีวิจัยดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ และได้คัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพอากาศของประเทศไทย 3 สายพันธุ์ ในปีพ.ศ. 2516 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ได้ทรงพระราชทานสตรอเบอรี 3 พันธุ์แก่ชาวสวนเพื่อใช้ปลูกต่อไป ได้แก่ พันธุ์พระราชทาน 13 (Cambridge Favorite) พระราชทาน 16 (Tioga) และพันธุ์พระราชทาน 20 (Sequoia) (ณรงค์ชัย 2543; สังคม 2532) นอกจากนี้ในปัจจุบันมีสตรอเบอรีที่ส่งเสริมให้ปลูกหลายสายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์พระราชทาน 50 (B5) พันธุ์พระราชทาน 60 (Phrarachatan 60) พันธุ์พระราชทาน 70 (Toyonoka) พันธุ์พระราชทาน 72 (Tochiotomi) พันธุ์ 156 (Malah) และพันธุ์ 329 (Yael)

สตรอเบอรีพันธุ์ 329 (Yael) เป็นพันธุ์สตรอเบอรีที่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในประเทศไทยได้ดี ผลมีขนาดใหญ่ เนื้อแข็ง มีรสชาติเปรี้ยวเหมาะแก่การนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ จัดเป็นสายพันธุ์ที่ปลูกเพื่อการค้ามากที่สุดในอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ เพราะให้ผลผลิตที่สูง (สำนักงานเกษตรอำเภอสะเมิง, 2550)

2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการของสตรอเบอรี

ผลของสตรอเบอรีได้รับความนิยมทั้งนำมารับประทานสด หรือนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นเพื่อเก็บไว้รับประทาน สตรอเบอรีจัดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยสตรอเบอรีมีคุณค่าทางโภชนาการแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของสตรอเบอรี

ชนิดของสารต่อ 100 กรัม	หน่วย	สตรอเบอรีผลสด
น้ำ	g	73.18
พลังงาน	kJ	402
โปรตีน	g	0.53
น้ำมันทั้งหมด (fat)	g	0.13
เถ้า	g	0.24
คาร์โบไฮเดรต, by difference	g	25.92
เส้นใย	g	1.9
น้ำตาล	g	24.01

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) คุณค่าทางโภชนาการของสตรอเบอรี

ชนิดของสารต่อ 100 กรัม	หน่วย	สตรอเบอรีผลสด
กรดไขมัน, total saturated	g	0.007
คอเลสเตอรอล	mg	0
วิตามิน		
วิตามินซี, total ascorbic acid	mg	41.4
ไทเอมีน	mg	0.016
ไรโบฟลาวิน	mg	0.051
ไนอะซิน	mg	0.401
วิตามินบี 6	mg	0.030
โฟเลท	mcg	15
โคลีน	mg	4.6
วิตามินเอ, RAE	mg RAE	1
แคโรทีน, beta	mcg	14
วิตามินเอ, IU	IU	24
วิตามินเค (phylloquinone)	mcg	1.7
แร่ธาตุ		
แคลเซียม, Ca	mg	11
เหล็ก, Fe	mg	0.59
แมกนีเซียม, Mg	mg	7
ฟอสฟอรัส, P	mg	13
โพแทสเซียม, K	mg	98
โซเดียม, Na	mg	3
สังกะสี, Zn	mg	0.06
ทองแดง, Cu	mg	0.020
แมงกานีส, Mn	mg	0.250
ซีลีเนียม, Se	mcg	0.7

ที่มา: USDA, 2009

2.1.3 การใช้ประโยชน์จากสตรอเบอรี

การเพาะปลูกสตรอเบอรีในประเทศไทย มีการเพาะปลูกกันมากในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย สตรอเบอรีจัดเป็นผลไม้ที่มีราคาดีและให้ผลตอบแทนสูง สามารถจำหน่ายได้หลายรูปแบบคือ รูปผลสด หรือนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เช่น แยมสตรอเบอรี สตรอเบอรีแช่แข็ง สตรอเบอรีลอยแก้ว น้ำสตรอเบอรีเข้มข้น เป็นต้น นอกจากนี้ยังนำมาผลิตไวน์สตรอเบอรี สามารถทำรายได้เข้าประเทศคิดเป็นมูลค่าปีละ 200 ล้านบาท (ณรงค์ชัย 2543; สุรีย์ 2529) การใช้ประโยชน์ของสตรอเบอรีด้านอื่นๆ โดยในสตรอเบอรีจะอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิก (Klopotek *et al.*, 2005) สามารถนำมาสกัดเป็นสารสกัดในผลิตภัณฑ์พวกเครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมได้

2.2 แยม

ตามคำนิยามของ FDA ในปี 1936 แยม คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มส่วนผสมที่บริโภคได้ของผลไม้กับน้ำตาลซูโครส หรือเดกซ์โตส อาจเติมเครื่องเทศ น้ำ น้ำส้มสายชู และกรดที่ไม่เป็นอันตราย แต่ไม่รวมกรดอินทรีย์ หรือเกลือของกรดอินทรีย์ที่ใช้เป็นสารกันบูด (preservative) เคี่ยวจนมีความเหนียวเหมาะสม ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสะอาด คุณภาพดี และใช้เนื้อผลไม้ไม่น้อยกว่า 45-47 ส่วน ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของผลไม้ต่อน้ำตาล 55 ส่วน สำหรับผลไม้ที่มีเพกทินต่ำ อาจเติมเพกทินลงไปได้ แต่ต้องใช้สัดส่วนของผลไม้ต่อน้ำตาลไม่ต่ำกว่าตามที่กำหนด ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมเพกทินจะต้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่ต่ำกว่า 65 % (กิติพงษ์, 2536; Baker *et. al.,* 1996)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ในปี 2531 กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์แยมดังนี้ แยมเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อผลไม้กับสารให้ความหวานอาจผสมกับน้ำผลไม้หรือน้ำผลไม้เข้มข้น แล้วทำให้มีความข้นเหนียวหรือกึ่งเหลวพอเหมาะสำหรับใช้ทา (spreadibility) มีสี กลิ่นรส ตามชนิดของผลไม้ที่ใช้ทำ อาจใช้สีผสมอาหารที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในการปรุงแต่งสีได้ โดยแบ่งแยมเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทที่มีเนื้อผลไม้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 45 ของน้ำหนักและประเภทที่มีเนื้อผลไม้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 33 ของน้ำหนัก ผลไม้ที่ใช้อาจเป็นผลไม้ชนิดเดียวหรือผลไม้ผสมหลายชนิด กรณีที่ใช้ผลไม้ชนิดเดียว ถ้าใช้ฝรั่งต้องมีเนื้อผลไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 18 มะม่วงหิมพานต์ต้องมีเนื้อผลไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 สำหรับกระเจี๊ยบ ขิง มะม่วง ต้องมีเนื้อผัก ผลไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 กรณีที่ใช้ผลไม้ 2 ชนิด จะต้องมีส่วนที่เป็นเนื้อผลไม้ชนิดหลักร้อยละ 50-75 ของน้ำหนัก ส่วนที่เป็นผลไม้ทั้งหมด ยกเว้นผลไม้จำพวก แตง

มะละกอ อาจมีได้ถึงร้อยละ 95 ของน้ำหนักส่วนที่เป็นผลไม้ทั้งหมด สำหรับมะนาว ขิง จะต้องมีเนื้อผักผลไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยส่วนที่ผสมหลักอาจมีไม่มากกว่าร้อยละ 75 กรณีที่ใช้ผลไม้ 3 ชนิดควรมีส่วนที่เป็นผลไม้ชนิดหลักร้อยละ 33.3-75.0 ของส่วนที่เป็นผลไม้ทั้งหมด กรณีที่ใช้ผลไม้ 4 ชนิดจะต้องมีส่วนที่เป็นผลไม้ชนิดหลักร้อยละ 25-75 ของส่วนที่เป็นผลไม้ทั้งหมด

2.2.1 ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตแยม

การผลิตแยม เป็นช่องทางการนำผลไม้ที่ยังมีคุณภาพดี ไม่เน่าเสีย แต่ไม่เหมาะกับการใช้งานสำหรับจุดประสงค์อื่น เช่น มีรูปร่างผิดปกติ มีสีและขนาดไม่ได้มาตรฐาน รวมทั้งเป็นการส่วนที่เหลือใช้ เช่น เปลือก แกน ผลที่มีรอยช้ำแต่ยังไม่เน่า มาใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ (กิตติพงษ์, 2536) วัตถุดิบหลักที่จำเป็นในการผลิตแยม คือ ผลไม้ เพกทิน น้ำตาล และกรด นอกจากนี้อาจมีการเติมสารกันบูด (preservative) หรือสารกันการเกิดฟอง (antifoaming agent) เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษา ส่วนประกอบในการผลิตแยมที่สำคัญมีดังนี้

2.2.1.1 ผลไม้ ผลไม้ที่ใช้ควรจะแก่และสุกเต็มที่ แต่ไม่ควรสุกงอมเกินไป เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่ดี เพราะผลไม้ที่สุกงอมเกินไปนั้น เอนไซม์ตามธรรมชาติที่มีในผลไม้จะทำลายโครงสร้างของสารประกอบเพกทิน ดังนั้นกรณีที่จำเป็นต้องนำผลไม้ที่สุกงอมเกินไปไม่เหมาะสมกับการแปรรูปอย่างอื่นมาผลิตแยม จึงต้องมีการเติมเพกทินหรือเติมสีสังเคราะห์ลงไป เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและลักษณะปรากฏดีขึ้น สำหรับผลไม้ที่ยังไม่สุก สารประกอบเพกทินที่มีในผลไม้นั้น ไม่สามารถละลายน้ำได้ จึงยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตแยม (Broomfield, 1996 และ Pilgrim *et al.*, 1991) ผลไม้ที่เหมาะสมที่จะใช้ทำแยม ควรเป็นผลไม้พันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาล และกรดเพียงพอ รวมทั้งจะต้องมีสีสวย มีกลิ่นรสที่ดี และควรเป็นผลไม้สด แต่ในธรรมชาติการจะหาผลไม้ที่มีลักษณะดังกล่าวครบถ้วนเป็นไปได้ยาก การผลิตแยมจึงต้องเติมเพกทินหรือกรดลงไป เพื่อให้มีปริมาณสารเหล่านี้เพียงพอและเหมาะสมในการเกิดเจลของผลิตภัณฑ์ (กิตติพงษ์, 2536)

สำหรับผลไม้ที่นำมาผลิตแยมสามารถเตรียมได้จาก ผลไม้สด, ผลไม้แช่เยือกแข็ง, ผลไม้กระป๋อง หรือผลไม้ที่ถูกถนอมรักษาด้วยความเย็น ผลไม้ที่ถนอมรักษาด้วยสารประกอบพวกกำมะถันและผลไม้แห้ง ในการเตรียมผลไม้ก่อนการผลิตแยม จะต้องทำการล้างทำความสะอาด พวกที่มีเปลือกหรือเมล็ดจะถูกปอกเปลือก หรือคว้านเมล็ดออก แยกเอาเฉพาะส่วนเนื้อที่รับประทานได้มาใช้ จากนั้นทำผลไม้ให้เป็นชิ้นเล็ก จะใช้วิธีใดขึ้นกับชนิดของผลไม้ เช่น อาจใช้วิธีหั่น สับ บด หรือต้มจนเละก็ได้ (Broomfield, 1996)

2.2.1.2 สารให้ความหวาน สำหรับผลิตภัณฑ์แยมจะใช้น้ำตาล เป็นสารให้ความหวานและเนื้อแก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยให้เพกทินตกตะกอนเป็นเจล ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณเพกทินและความกรดด่างของเนื้อหรือน้ำผลไม้ชนิดนั้นๆ ถ้ามีปริมาณเพกทินมาก ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ต่อน้ำหนักของผลไม้ก็มากด้วย แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าผลไม้มีความเป็นกรดสูง (เปรี้ยว) ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ต่อน้ำหนักของผลไม้หรือน้ำผลไม้ต่ำ อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลทั้งในแยมและเยลลี่ไม่ควรสูงกว่า 70 %

น้ำตาลส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตแยม คือ น้ำตาลซูโครส นอกจากนี้ยังให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์แยมอีกด้วย ยังทำให้เกิดโครงสร้างเจล โดยการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของเพกทิน เนื่องจากน้ำตาลมีหมู่ไฮดรอกซิลมากจึงอาจเกิดพันธะไฮโรเจนกับน้ำ ทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลเพกทินเป็นอิสระ สามารถเกิดพันธะกับหมู่ไฮดรอกซิลบนโมเลกุลเพกทินหรือส่วนอื่นของโมเลกุลเพกทิน นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยทำให้เกิดพันธะระหว่างกลุ่มเมธิลเอสเทอร์ในโมเลกุลเพกทินด้วย (กิตติพงษ์, 2536; Baker *et al.*, 1996) สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แยม (นัยทัศน์, 2521) ได้แก่

- เวลาที่ใช้ในการทำแยม ถ้าใช้เวลาสั้นน้ำตาลจะถูกไฮโดรไลซ์ไปเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าใช้เวลานานน้ำตาลจะแตกตัวเพิ่มขึ้นตามลำดับ
- ความเข้มข้นของกรด ถ้ามีกรดเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ปริมาณน้ำตาลก็จะถูกไฮโดรไลซ์มากขึ้นและเกิดได้เร็ว
- ชนิดของกรดที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ เช่น crab apple jelly ซึ่งประกอบด้วยกรดมาลิกเป็นส่วนใหญ่ titrable acid เมื่อคิดเป็นกรดกำมะถันได้ร้อยละ 0.17 สามารถทำให้น้ำตาลแตกตัวได้ถึงร้อยละ 58.8

2.2.1.3 กรด นอกจากมีความสำคัญต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังช่วยให้เจลอยู่ตัวมากขึ้น แต่ถ้ามีกรดมากเกินไป ก็จะทำลายความอยู่ตัวของเจลได้ โดยปกติ ความเป็นกรดด่าง (pH) ของแยมอยู่ระหว่าง pH 3.0-3.5 ส่วน pH ที่เหมาะสมที่สุดของแยม คือ pH 3.2 กรดที่ใช้ส่วนใหญ่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ เช่น กรดซิตริกในส้มและมะนาว กรดทาร์ทาริกในองุ่นและมะขาม กรดมาลิกในแอปเปิ้ล กรดที่ใช้ในการผลิตแยม มักเป็นกรดอินทรีย์ที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติในผลไม้ที่นำมาใช้ ผลไม้ที่มีกรดต่ำอาจจะต้องเติมกรดลงไป กรดที่นิยมใช้เติมในผลิตภัณฑ์ คือ กรดซิตริก กรดมาลิกและกรดแลคติก สำหรับผลไม้ที่มีกรดตามธรรมชาติมากเกินไป จะลดความเป็นกรดลงโดยการเติมเกลือที่มีสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต โซเดียมซัลเฟต

หรือโซเดียมซิเตรท การใช้บัฟเฟอร์เหล่านี้ต้องไม่ใช้ในปริมาณมากเกินไป เพราะจะมีผลต่อการเกิดเจลของ เพกทินและอาจทำลายกรดแอสคอร์บิกที่มีอยู่ (กิตติพงษ์, 2536)

กรดมีผลต่อการเกิดเจลของเพกทิน ในสภาวะที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง จะมีผลทำให้หมู่คาร์บอกซิลบนโมเลกุลของเพกทินแตกตัว ซึ่งจะทำให้โมเลกุลมีประจุ และเกิดการผลักกันขึ้นระหว่างโมเลกุลที่มีประจุเดียวกัน เกิดพันธะไฮโดรเจนได้ยากทำให้เกิดเจลไม่ได้ แต่ถ้ามีกรดจะทำให้ความเป็นกรด-ด่างต่ำลง ช่วยลดการแตกตัวของหมู่คาร์บอกซิล ทำให้สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนและเกิดเจลได้ง่ายขึ้น (Baker *et al.*, 1996)

2.2.1.4 เพกทิน เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดได้จากเปลือกของผลไม้ตระกูลส้ม และยังพบเป็นส่วนประกอบในเนื้อผลไม้บางชนิดด้วย เช่น แอปเปิล ฝรั่ง เพกทินจะเกิดเป็นร่างแหในขณะที่ต้มน้ำตาลกับผลไม้ทำให้เกิดเจลขึ้น ปริมาณเพกทินที่เติมลงไปขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ คือ ถ้าปริมาณเพกทินในผลไม้มาก จำนวนเพกทินที่เติมลงไปก็น้อย หรืออาจไม่ต้องใช้ การเกิดเจลในแยมปกตินั้น จะต้องเกิดภายใต้สภาวะและองค์ประกอบที่เหมาะสม องค์ประกอบที่สำคัญในการเกิดเจล คือ เพกทิน น้ำตาล และกรด (Baker *et al.*, 1996)

เพกทินจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเจลในผลิตภัณฑ์แยม (Oakenfull, 1991) มีสถานะเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของอนุพันธุ์ของคาร์โบไฮเดรตที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ สารเหล่านี้จะเกิดอยู่ในหรือเตรียมได้จากเนื้อเยื่อพืช ส่วนมากจะประกอบด้วยหน่วยย่อยของกรดแอนไฮโดรกา-แลกทูโรนิก (anhydrogalacturonic acid) ต่อกันเป็นสายยาว และกลุ่มคาร์บอกซิลของกรดกาแลกทูโรนิกบางส่วนอาจเกิดเอสเทอร์กับหมู่เมธิล (methyl group) หรืออาจถูกสะเทินโดยเบสตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป (กิตติพงษ์, 2536)

เพกทิน คือ กรดเพกตินิกที่ละลายน้ำได้ เพกทินมีขนาดความยาว และน้ำหนักโมเลกุลต่างๆ กัน ตั้งแต่ 50,000 ถึง 200,000 ขึ้นกับแหล่งที่เกิด วิธีการสกัดและการเตรียม และในโมเลกุลเพกทินจะมีปริมาณเอสเทอร์แตกต่างกันด้วย ขึ้นอยู่กับ แหล่งที่เกิด ความแก่อ่อนของผลไม้ และวิธีการสกัด โดยทั่วไปโมเลกุลเพกทินจะมีปริมาณเอสเทอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 60-90 (Buren, 1991) โมเลกุลของเพกทินในธรรมชาติส่วนมากมักจะเกิดเอสเทอร์แบบเมธอกซิลเอสเทอร์ขึ้น

ปริมาณของเมธอกซิลเอสเทอร์ในโมเลกุลจะมีผลต่อการเกิดเจลของเพกทิน ปริมาณของเอสเทอร์อาจกำหนดได้ในรูปของปริมาณเมธอกซิล (methoxyl content) หรือระดับการเกิดเมธอกซิล ซึ่งนิยมเรียกว่า DM (Degree of Methoxylation)

ปริมาณเมธอกซิลจะแสดงถึงน้ำหนักของหมู่เมธอกซิล (-OCH3) โดยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักทั้งหมด ปริมาณเมธอกซิลสูงสุดจึงมีค่าร้อยละ 16.32 โดยคิดจากน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ของเมธอกซิล คือ 31 เทียบกับน้ำหนักโมเลกุลของกรดเมธอกซิลกาแลกทูโรนิก คือ 190 และค่าระดับการเกิดเมธอกซิลเอสเทอร์ หรือค่า DM นั้น จะแสดงถึงร้อยละของกลุ่มคาร์บอกซิลที่เกิดเอสเทอร์ คิดเทียบจากปริมาณทั้งหมด ค่า DM สูงสุดจะมีค่าร้อยละ 100 คือ ทุกกลุ่มในโมเลกุลจะเกิดเมธอกซิลเอสเทอร์หมด ดังนั้น ค่า DM ร้อยละ 100 จะเทียบเท่ากับ ค่าปริมาณเมธอกซิลร้อยละ 16.32 (กิตติพงษ์, 2536) เพกทินที่มีค่า DM ลดลงจะมีความสามารถในการเกิดเจลกับน้ำตาลและกรดลดลง ค่า DM ที่เหมาะสมของเพกทินที่จะเกิดเจลได้ดีมีค่าประมาณร้อยละ 50 (Buren, 1991; May, 2000)

การแบ่งชนิดของเพกทินตามการใช้งาน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด

(1) เพกทินเมธอกซิลสูง มีค่า DM มากกว่าร้อยละ 50 การเกิดเจลของเพกทินชนิดนี้จะต้องมีองค์ประกอบที่เหมาะสม คือ มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 55-65 ค่าความเป็นกรดด่าง 2.9-3.1 ซึ่งเป็นสภาวะปกติที่ใช้ในแยมทั่วไป (Rolin and Vries, 1990)

(2) เพกทินเมธอกซิลต่ำ มีค่า DM ต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยมากมักมีค่า DM อยู่ในช่วงร้อยละ 20-50 (Baker, 1996) และถ้ามีค่า DM ต่ำมาก เพกทินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้กับอิออนของโลหะบางชนิด เช่น แคลเซียมอิออน ได้ที่อุณหภูมิห้อง และสามารถทำให้เกิดเจลได้ โดยใช้ปริมาณน้ำตาลหรือไม่ใช้เลยสามารถเกิดเจลได้ในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.0-4.5 ซึ่งเป็นช่วงที่กว้างกว่าเดิม (Rolin and Vries, 1990)

ค่าที่แสดงสมบัติของเพกทินอีกค่าหนึ่ง คือ ค่าการแสดงการเกิดเจล (gelling power) หรือ เกรด (grade) ของเพกทิน ซึ่งเป็นค่าที่แสดงส่วนของปริมาณน้ำตาลที่ต้องการในการเกิดเจลกับเพกทินนั้นหนึ่งส่วน เพื่อให้ได้เจลที่คงตัวในสภาวะมาตรฐาน ในสหรัฐอเมริกาจึงกำหนดสภาวะมาตรฐานที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.0 และ มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 65 จะต้องใช้เพกทิน 65/100 คือร้อยละ 0.43 จึงจะได้เจลที่มีคุณภาพดี ค่านี้ไม่สามารถบอกได้ว่าเพกทินชนิดนี้จะเกิดเจลได้เร็วกว่าหรือช้าอย่างไร (กิตติพงษ์, 2536)

เพกทินจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเจลที่เกิดขึ้น โครงสร้างของเจลที่เกิดขึ้นเกิดจากการเชื่อมข้ามพันธะ (crosslink) ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างกลุ่มไฮดรอกซิลของโมเลกุลน้ำตาลและโมเลกุลเพกทิน หรือเกิดจากการเชื่อมข้ามระหว่างโมเลกุลเพกทิน นอกจากนี้อาจเกิดพันธะระหว่างกลุ่มเมธิลเอสเทอร์ในโมเลกุลเพกทินขึ้นด้วย (Oakenfull, 1991)

ทั้งนี้ชนิดของเพกทินมีผลต่อคุณลักษณะของแยมที่ได้ ในการศึกษาทดลองเปรียบเทียบชนิดของเพกทิน 3 ชนิด คือ HM (green ribbon), LM (purple ribbon) และ LMA (purple ribbon D-

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 21 ธ.ค. 2554
เลขทะเบียน 242994
เลขเรียกหนังสือ

075) ในคุณภาพทางด้านสี และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยม โดยผลิตภัณฑ์แยมที่ใช้เพกทินชนิด LMA จะมีค่าปริมาณแอนโทไซยานินและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด ส่วนแยมที่ใช้เพกทิน HM จะมีค่าคุณลักษณะเนื้อสัมผัส firmness, consistency และ cohesiveness สูงสุด (Kopjar *et al.*, 2009)

2.2.2 การผลิตแยม

2.2.21 การให้ความร้อน

ขั้นตอนนี้เป็นการให้ความร้อนกับผลไม้ เมื่อส่วนผสมเดือดจะเติมส่วนผสมพวกน้ำตาลและเพกทิน คนส่วนผสมที่ใช้ให้เข้ากัน โดยอาจจะให้ความร้อนภายใต้สุญญากาศเพื่อป้องกันการใช้อุณหภูมิสูง ซึ่งจะมีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ จากนั้นจะทำการคนส่วนผสม จนสามารถตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีความเหมาะสม จึงหยุดให้ความร้อน แล้วจึงเติมกรดหรือส่วนผสมอื่นๆ คนให้เข้ากันก่อนเทส่วนผสม บรรจุลงในขวด

2.2.2.2 การลดอุณหภูมิและการบรรจุแยม

เมื่อให้ความร้อนสิ้นสุดลงแล้ว จะลดอุณหภูมิลงทันที โดยให้อยู่ในช่วง 82-85 องศาเซลเซียส ก่อนทำการบรรจุลงในภาชนะ การลดอุณหภูมิลงให้อยู่ในระดับนี้มีข้อดี คือ

- ช่วยทำให้เกิดการแข็งตัวของเจล
- ช่วยทำให้เนื้อผลไม้กระจายตัวอย่างทั่วถึง เพราะถ้าบรรจุขณะที่อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์สูงเกินไป จะทำให้ชิ้นผลไม้ลอยอยู่ด้านบน
- ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงบางอย่างที่ไม่ต้องการ เช่น ลดการเกิดสีคล้ำ และลดการเปลี่ยนซูโครสเป็นน้ำตาลอินเวอร์สที่มากเกินไป

ภาชนะบรรจุแยมในปัจจุบันนิยมใช้ ขวดแก้ว หรือ ขวดพลาสติก หลังการบรรจุอาจทำการฆ่าเชื้อที่อาจติดมาในส่วนช่องว่างเหนือภาชนะบรรจุอีกครั้ง โดยการให้ความร้อนที่ 82 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที (กิตติพงษ์, 2536 และ Broomfield, 1996)

2.2.3 คุณค่าทางโภชนาการของแยมสตรอเบอรี

แยมสตรอเบอรีนอกจากจะใช้รับประทานกับขนมปังเพื่อเพิ่มรสชาติ ความอร่อยแล้วยังมีคุณค่าทางโภชนาการแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของแยมสตรอเบอรี

ชนิดของสารต่อ 100 กรัม	หน่วย	แยมสตรอเบอรี
ความชื้น	g	26.4
พลังงาน	Cal	264
ไขมัน	g	0.2
คาร์โบไฮเดรต	g	72.6
เส้นใย	g	0.60
โปรตีน	g	0.40
แคลเซียม, Ca	mg	38
ฟอสฟอรัส, P	mg	19
เหล็ก, Fe	mg	0.60
วิตามิน		
วิตามินเอ, IU	IU	
วิตามินบี 1	mg	0.01
วิตามินบี 2	mg	0.01
ไนอะซิน	mg	0.30
วิตามินซี, total ascorbic acid	mg	16

ที่มา: กองยุวกาชาด กรมพลศึกษา, 2535

2.3 ไส้ผลไม้

ผลิตภัณฑ์ไส้ผลไม้ (fruit filling) ประกอบด้วยเนื้อผลไม้บด (puree), น้ำผลไม้เข้มข้น, สารให้ความหวาน, สารให้ความข้นหนืดและสารแต่งกลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ไส้ผลไม้มักนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่างๆ เช่น คุกกี้ โดนัท เพสตรี เป็นต้น โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์มักเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิแช่เย็น ดังนั้นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาจึงมักใช้วัตถุเจือปนอาหาร เช่น โซเดียมเบนโซเอท แคลเซียมโพรพิโอเนต หรือโพแทสเซียมซอร์เบท ปริมาณตามที่กฎหมายกำหนด รวมทั้งลดปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ให้ต่ำกว่า 0.72 (Deuel, 1996)

2.4 ทอปปิง

ผลิตภัณฑ์ทอปปิงผลไม้ (fruit topping) มักเตรียมจากผลไม้สดทั้งลูก, ครึ่งของผลสด หรือหนึ่งในสี่ของผลสด, น้ำผลไม้เข้มข้น แล้วนำมาเติมสารให้ความหวานและไฮโดรคอลลอยด์ เพื่อเพิ่มความข้นหนืด โดยทั่วไปมักเตรียมในรูปของของกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีความหนืดต่ำ เพื่อให้มีสมบัติการไหล หรือความหนืดที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์นมและขนมอบ เช่น ไอศกรีม แพนเค้ก เป็นต้น (Deuel, 1996) ไฮโดรคอลลอยด์หรือกัมส่วนใหญ่เป็นสารประกอบโพลิแซคคาไรด์ที่มีสายโซ่ยาวสกัดจากธรรมชาติ เช่น เมล็ดพืช สาหร่าย ผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์ เป็นต้น มักนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด (Thickener) สารให้ความคงตัวและปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Williams and Phillips, 2000) ซึ่งไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติหน้าที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลจากองค์ประกอบทางเคมี น้ำหนักโมเลกุล สารประกอบอื่นๆ ที่มีในโฮโดรคอลลอยด์ ดังนั้นในการนำไฮโดรคอลลอยด์มาใช้ต้องพิจารณาชนิดของผลิตภัณฑ์ โดยประเมินจากคุณลักษณะหน้าที่เบื้องต้นที่ต้องการ เช่น การเพิ่มความข้นหนืดในขนมหวาน ไส้ผลไม้ หรือการทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ขนมหวานบางชนิด การทนต่อความร้อน (thermal resistance) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการให้ความร้อน หรือความทนต่อการละลาย (freeze thaw stability) สำหรับอาหารแช่แข็ง เป็นต้น ซึ่งในการนำไฮโดรคอลลอยด์มาใช้ในผลิตภัณฑ์นั้น อาจเลือกใช้เพียงชนิดเดียวหรือสองชนิดร่วมกันที่ให้คุณลักษณะที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น การผลิตเจลลี ซึ่งนิยมใช้คาราจีแนนร่วมกับกลูโคแมนแนน เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาจากราคา ซึ่งไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด มีราคาแตกต่างกัน (Williams and Phillips, 2000) ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการผลิต

2.5 การผลิตไส้ผลไม้และทอปปิง

โดยทั่วไปไส้ผลไม้มักใช้แป้งเป็นส่วนประกอบหลัก แล้วนำมาผสมกับเนื้อผลไม้ (puree), ฟรุทโตรสไซรัป, สารให้ความหวาน น้ำ และไฮโดรคอลลอยด์อย่างน้อยร้อยละ 0.3 ของน้ำหนักรวม แล้วนำมาให้ความร้อน ปรุงแต่งกลิ่น สีและรสชาติจนกระทั่งได้คุณภาพตามต้องการ นำมาบรรจุลงในภาชนะ แล้วทำให้เย็น (Pratt *et al.*, 1986; Wei *et al.*, 2001) โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ไส้ผลไม้นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ดังนั้นคุณสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวคือ ความคงตัวที่อุณหภูมิสูง สำหรับผลิตภัณฑ์ทอปปิงผลไม้นั้นมีส่วนประกอบและกรรมวิธีการผลิตใกล้เคียงกับการผลิตไส้ผลไม้ แต่มักผลิตให้มีความหนืดที่ต่ำกว่าและมีชิ้นของ

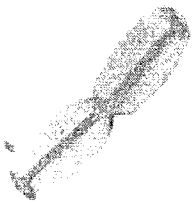
ผลไม้ปรากฏชัดเจน การนำมาใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่มักนำมาใช้เป็นส่วนประกอบหรือ ตกแต่งหน้าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์ขนมหวานต่างๆ เป็นต้น (Deuel, 1996)

ในการเพิ่มความคงตัวผลิตภัณฑ์หรือการเกิดเจลของไส้ผลไม้ หรือความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์ทอปปิง มักใช้ไฮโดรคอลลอยด์หรือกัมในการปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้น สำหรับไฮโดรคอลลอยด์ที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตไส้ผลไม้และทอปปิงมีหลายชนิด เช่น เพกทิน แซนแทนกัม อัลจีเนต เป็นต้น หรืออาจใช้กัมสองชนิดร่วมกัน ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน เช่น ไส้ผลไม้ที่มักนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่างๆ จะต้องเกิดการสูญเสียคุณลักษณะ (syneresis) ต่ำ และมีความคงตัวหลังการอบที่ดี เป็นต้น (Young *et al.*, 2003)

2.6 แซนแทนกัม

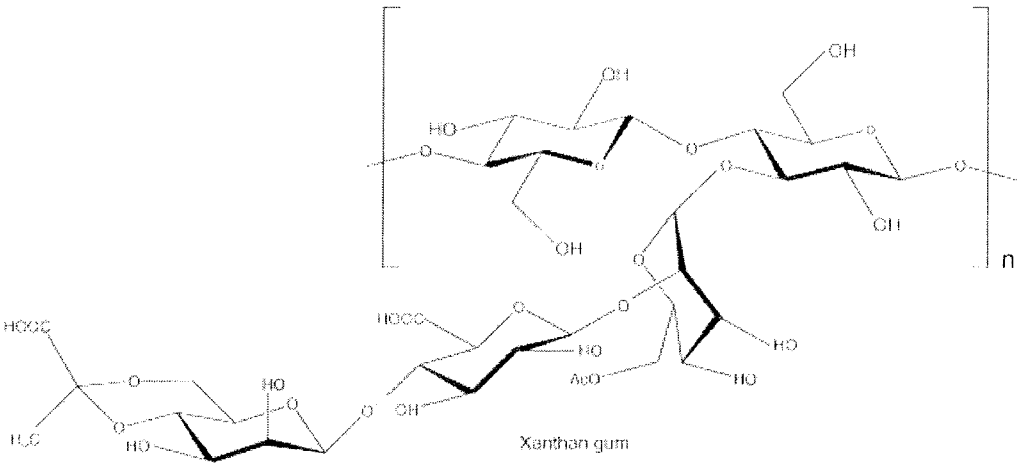
แซนแทนกัม (xanthan gum) เป็นไบโอโพลีเมอร์ชนิดแรกที่ผลิตขึ้นในอุตสาหกรรม ถูกค้นพบในปลายปี 1950 โดย The Northern Regional Research Laboratories (NRRL) ของ United States Department of Agriculture ได้จากกระบวนการหมักของเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* โดยปกติเป็นเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคในพืช เช่น กะหล่ำปลี เป็นต้น มีชื่อทางการค้าว่า Keltol ซึ่ง *Xanthomonas campestris* เป็นสายพันธุ์ที่ผลิตแซนแทนกัมได้คุณภาพ และมาตรฐานดีที่สุดในกลุ่มจุลินทรีย์ *Xanthomonas* sp. โดย *X. campestris* จะมีลักษณะของเซลล์เป็นรูปแท่งยาวขนาดกว้าง 0.4-0.7 ไมโครเมตร ยาว 0.7-1 ไมโครเมตร เซลล์สามารถเคลื่อนที่ได้โดยใช้ Polar flagella จัดเป็นจุลินทรีย์แกรมลบ ต้องการอากาศในการเจริญเติบและจะเจริญในอาหารวุ้นโดยมีโคโลนีสีเหลือง ช่วงของอุณหภูมิที่เชื้อเจริญได้ดีที่สุดคือ 27-30 องศาเซลเซียส

โครงสร้างและลักษณะของแซนแทนกัม แซนแทนกัมเป็น Heteropolysaccharide มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง $2x10^6$ – $20x10^6$ Da. ที่ประกอบด้วย D-glucosyl, D-mannosyl และ D-glucuronyl acid ในอัตราส่วน 2:2:1 นอกจากนี้ยังมีหมู่ *O*-acetyl และ Pyruvyl ประมาณร้อยละ 4 ซึ่งพันธะหลักของโครงสร้างจะมีน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ ß-(1,4) glycoside ส่วนน้ำตาลแมนโนสและกรดกลูโคโรนิกทำหน้าที่เป็นกิ่งก้านของโครงสร้าง โดยน้ำตาลกลูโคสต่อกับแมนโนสด้วยพันธะ α-(1,3) glycoside และตรงตำแหน่ง C-6 ของน้ำตาลแมนโนสจะมีหมู่ Acetyl เกาะอยู่ ส่วนกรดกลูโคโรนิกนั้นจะเข้าจับกับน้ำตาลแมนโนสด้วยพันธะ ß-(1,2) glycoside ส่วนตำแหน่งที่ C-4 และ C-6 ของน้ำตาลแมนโนสจะมีหมู่ไพรูวิกเข้าเกาะอยู่ตอนปลาย และหมู่ไพรูวิกจะมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 60 ของน้ำหนักโมเลกุล



ภาพที่ 2.3 ภาพจาก Transmission electron micrograph ของ *X. campestris*

ที่มา García-Ochoa *et al.*, 2000



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของแซนแทนกัม

ที่มา: Harding *et al.*, 2011

คุณสมบัติต่างๆ ของแซนแทนกัม (ณรงค์, 2550; Katzbauer, 1998) แซนแทนกัมที่ผลิตได้ในอุตสาหกรรมจะมีคุณสมบัติแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกายภาพทั่วไปของแซนแทนกัมที่ผลิตเชิงการค้า

คุณสมบัติ	ผลการทดสอบ
ลักษณะที่ปรากฏ	Dry, cream-colored powder
ความชื้น (ร้อยละ)	8±15
เถ้า (ร้อยละ)	7±12
ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)	0.3±1
ปริมาณ acetate (ร้อยละ)	1.9±6.0
ปริมาณ pyruvate (ร้อยละ)	1.0±5.7
monovalent salts ($g\ L^{-1}$)	3.6±14.
divalent salts ($g\ L^{-1}$)	0.085±0.17
ความหนืด (cP)	13±35
($15.8\ s\ L^{-1}$, CP=1 $g\ L^{-1}$, TD=25°C, TM=25°C)	

ที่มา: García-Ochoa *et al.*, 2000

ความสามารถในการละลาย แซนแทนกัมสามารถละลายได้ดีทั้งในน้ำร้อน และน้ำเย็น ละลายได้ดีทั้งในกรด ด่าง และเกลือหลายชนิดรวมถึงตัวทำละลายอินทรีย์อีกหลายชนิด

ความหนืด สารละลายแซนแทนมีความหนืดคงที่ เมื่อระดับความเป็นกรด และด่าง เปลี่ยนแปลง หรือแม้แต่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง แต่การเติมเกลือเพียงเล็กน้อยลงในสารละลายแซนแทนจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืด

ลักษณะการไหล แซนแทนกัมจะมีคุณสมบัติการไหลของสารละลายแตกต่างจากสารพวกไฮโดรคอลลอยด์ในน้ำชนิดอื่น โดยจะมีแรงที่พยายามต้านการเคลื่อนที่ของของไหลนั้น ลักษณะการไหลเป็นประเภท non-newtonian fluid ที่มีคุณสมบัติเป็น pseudoplastic ซึ่งจะช่วยส่งเสริมคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส (การรับรู้ถึงกลิ่นรส, ความรู้สึกภายในปาก) ของผลิตภัณฑ์อาหาร

การผลิตแซนแทนกัม จากกระบวนการหมักของเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* ในอุตสาหกรรม จะใช้น้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลอินเวอร์สเป็นแหล่งคาร์บอน และใช้กระบวนการหมักแบบกะมากกว่ากระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง เนื่องจากสามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ง่าย แซนแทนกัมที่ได้จะถือว่าเป็น extracellular polysaccharide ชนิดเป็นเมือก

ซึ่ง *Xanthomonas campestris* จะสร้างภายในเซลล์ แล้วขับออกมาสู่นอกเซลล์ กลไกการสังเคราะห์แซนแทนกัมแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ (ณรงค์, 2550)

(1) การดูดซับสับสเตรท (substrate uptake) สารอาหารในรูปน้ำตาลผ่านเข้าสู่ภายในไซโทพลาซึมของเซลล์

(2) การเกิดเมทาบอลิซึม (intermediary metabolism)

(3) การสร้างโพลีแซคคาไรด์ (formation of exopolysaccharide)

(4) การขับสารโพลีแซคคาไรด์ออกนอกเซลล์ (modification and secretion) แซนแทนกัมจะถูกเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ของเชื้อโดยอาศัยเอนไซม์ polymerase

ในกระบวนการผลิตจะสามารถผลิตแซนแทนกัมได้ประมาณร้อยละ 50 ซึ่งแซนแทนกัมที่ได้จะถูกทำให้บริสุทธิ์ โดยการพาสเจอไรส์อาหารหมักเพื่อทำลายเซลล์เชื้อ และยับยั้งเอนไซม์ นำไปแยกเซลล์โดยการหมุนเหวี่ยง จากนั้นตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์ หรืออาจจะไปผ่านขั้นตอนการละลายน้ำแล้วตกตะกอนใหม่ โดยใช้แอลกอฮอล์ร่วมกับเกลือ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการตกตะกอน ซึ่งเกิดเนื่องจากผลของประจุไฟฟ้า จากนั้นดึงน้ำออกแล้วล้างด้วยแอลกอฮอล์ (สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้) แซนแทนกัมที่ได้ผ่านการทำให้แห้งโดย spray dry

ปัจจุบันผู้ผลิตแซนแทนกัมเชิงการค้าหลักๆ ได้แก่ Merck และ Pfizer the United States, Rhône Poulenc และ Sanofi-Elf in France, และ Jungbunzlauer ใน Austria

การใช้ประโยชน์แซนแทนกัมในอุตสาหกรรมต่างๆ

- อุตสาหกรรมเครื่องสำอางและยา

แซนแทนกัมถูกนำมาใช้ในเครื่องสำอาง โดยนิยมใช้เป็นส่วนผสมในยาสีฟัน ลักษณะการไหลของแซนแทนกัมที่ใช้เป็นส่วนผสมในยาสีฟันทำง่ายต่อการบีบเมื่ออยู่ในหลอด หรือขวดปั๊ม และมีลักษณะคงตัวเมื่ออยู่บนแปรงสีฟัน มีการกระจายตัวเมื่ออยู่ในปาก

ผลิตภัณฑ์ครีม แซนแทนถูกนำมาใช้เป็นสารทำให้ข้น สารคงตัว โดยลักษณะของเจลครีมที่ผสมแซนแทนกัมจะมีลักษณะอ่อนและนุ่ม (Katzbauer, 1998)

- อุตสาหกรรมอาหาร

แซนแทนกัมจัดเป็นวัตถุเจือปนในอาหารที่อนุญาตให้ใส่ลงในอาหารในปี 1969 โดย FDA (Fed. Reg. 345376) และจัดอยู่ในกลุ่ม Code of Federal Regulations (2.1 CFR 5172.695) ใช้เป็นสารให้ความคงตัวและสารให้ความข้นหนืด ในปี 1980 แซนแทนกัมได้ขึ้นทะเบียนภายใต้ชื่อ E415 และในปี 1988 แซนแทนกัมจัดเป็นสารเจือปนในอาหารที่ปลอดภัย สามารถเติมลงไปใน

อาหารโดยไม่ได้กำหนดปริมาณการปริมาณการบริโภคต่อวัน (Acceptable daily intake; ADI) (Katzbauer, 1998)

จากคุณสมบัติของแซนแทนกัมที่ให้ความคงตัวในอิมัลชัน จัดเป็น emulsifier ที่ดีสำหรับ oil in water system มีความเสถียรต่ออุณหภูมิ โดยความหนืดของสารละลายแซนแทนกัมจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง และจะคงตัวได้ดีทั้งในสารละลายที่เป็นกรดหรือด่าง ละลายได้ดีในสารละลายที่มีคุณสมบัติเป็นกรด มีความสามารถเข้าได้กับส่วนผสมและมีคุณสมบัติของการหนืดเป็นแบบ pseudo plastic จึงนิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด (ศิวาพร, 2529; Katzbauer, 1998) ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การประยุกต์ใช้แซนแทนกัมในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผลิตภัณฑ์	คุณสมบัติ	ปริมาณที่ใช้ (ร้อยละ)
เครื่องดื่ม	ส่งเสริมเนื้อของผลิตภัณฑ์และเป็นสารทำให้เกิดความคงตัว	0.05–0.20
ซุปสำเร็จรูป	เพิ่มความหนืดให้สูงขึ้นในผลิตภัณฑ์ซุปสำเร็จรูปทั้งในสภาพที่เป็นกรดและด่าง	0.30–0.50
น้ำสลัด	เป็นสารทำให้เกิดความคงตัวในน้ำสลัด	0.15–0.50
ส่วนผสมของเค้ก	สร้างเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน	0.05–0.25
ซอสปรุงรส	เพิ่มความหนืดให้สูงขึ้นในผลิตภัณฑ์	0.10–0.30
เครื่องปรุง (Relish)	ปรับปรุงน้ำหนักเนื้อและลดการสูญเสียส่วนที่เป็นน้ำในระหว่างการผลิต	0.10–0.25
ส่วนผสมที่เป็นของแห้ง (Dry mixes)	ทำให้เกิดการกระจายตัวได้ง่ายในน้ำร้อนและเย็น	0.05-0.20
น้ำเชื่อม	เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด โดยความข้นหนืดที่ได้จะคงตัวต่อความร้อน	0.05-0.20
ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	เป็นสารทำให้เกิดความคงตัว และเอื้อต่อการพอง	0.10–0.40
อาหารแช่แข็ง	ปรับปรุงให้มีความคงตัวต่อการแช่แข็งและการ Thaw	0.05-0.20
ผลิตภัณฑ์นม	เป็นสารทำให้เกิดความคงตัว ควบคุมความหนืด	0.50-0.20

ที่มา: García-Ochoa *et al.*, 2000; Rosalam and England, 2006

นอกจากนี้แซนแทนกัมสามารถใช้ร่วมกับสารเพิ่มความหนืดตัวอื่นในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น กัวกัม คาราจีแนน และโลคัสบีนกัม เป็นต้น

ตัวอย่างการใช้แซนแทนกัมในรายงานการวิจัย

การใช้แซนแทนกัมในปริมาณเท่ากับร้อยละ 0.025-0.125 เป็นสารทำให้ข้นในผลิตภัณฑ์ whipped cream จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแซนแทนกัมมีผลต่อเนื้อสัมผัสของ whipped cream ด้านความแน่นเนื้อและความหนืด โดยค่า consistency ของ whipped cream จะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระดับของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.100 หากปริมาณมากกว่านี้ค่า consistency ที่ได้จะลดลง (Zhao *et al.*, 2009)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสสตรอเบอรีใช้สำหรับของหวาน โดยศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารให้ความข้นหนืดของแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวโอ๊ต พร้อมกับแซนแทนกัม พบว่า การใช้แป้งร่วมกับแซนแทนกัมในการเป็นสารให้ความข้นหนืดมีความเหมาะสมในผลิตภัณฑ์ซอสสตรอเบอรี โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัวในด้านเนื้อสัมผัสและคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซอสสตรอเบอรีอย่างน้อย 3 เดือน ในส่วนของการใช้แป้งข้าวโอ๊ตร่วมกับแซนแทนกัมร้อยละ 0.12 ผลิตภัณฑ์ซอสสตรอเบอรีที่ได้มีค่าคะแนนคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสสูง (Sikora *et al.*, 2007)

การศึกษารีโอโลยีของ blueberry (*Vaccinium ashei*) purees ที่มีส่วนผสมของแซนแทนกัม (ร้อยละ 1.6, 2.0, 2.5, 3.0 และ 3.3) และฟรักโทส (ร้อยละ 6.6, 10.0, 15.0, 20.0 และ 23.4) พบว่า blueberry purees ที่ได้มีลักษณะการไหลแบบ thixotropic response และ pseudoplastic behavior ซึ่งปริมาณแซนแทนกัมที่ใช้จะเป็นปัจจัยที่กำหนดความหนืดของ blueberry purees จากผลที่ได้สามารถใช้ในการวางแผนทดลองต่อไปเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิต blueberry purees (Kechinski *et al.*, 2011)

การศึกษาผลของแซนแทนกัมและโลคัสบีนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ white sauces ที่เตรียมจากแป้งข้าวโพด, ข้าวโพดข้าวเหนียว, มันฝรั่ง และข้าว พบว่า การใช้ไฮโดรคอลลอยด์มีผลลดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลังจากการ thaw โดยการใช้แซนแทนกัมจะมีประสิทธิภาพดีกว่าโลคัสบีนกัม นอกจากนี้การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ช่วยลดการแยกตัวของน้ำออกจาผลิตภัณฑ์ white sauces ที่เตรียมจากแป้งข้าวโพดและมันฝรั่ง (Arocas *et al.*, 2009)

การศึกษาคุณสมบัติการไหลของผลิตภัณฑ์ fruit filling ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด ได้แก่ แอปเปิล บลูเบอรี มะนาวและราสเบอรี และผลิตภัณฑ์ filling (model fruit filling) ที่ทำจากแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว, ฟรุคโตส, citrate buffer และกัม ได้แก่ กัวกัม, โลคัสบีนกัม, โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, แซนแทนกัม และคาราจีแนน พบว่า ผลิตภัณฑ์ fruit filling ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดจะแสดงลักษณะการไหลแบบ pseudoplastic ใช้สมการทำนายแบบ herschel-Bulkley มีค่า yield stress อยู่ในช่วงระหว่าง 39-51 Pa ค่า consistency index 52-104 $Pa.s^n$ และค่า flow index 0.4 ส่วนผลิตภัณฑ์ filling ที่ทำจากแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวพบการใช้แซนแทนกัม (แสดงปริมาณการใช้ดังตารางที่ 2.5) มีผลต่อการลด consistency และ flow indices ในสมการ modified Herschel-bulkley โดยที่ความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดของกัม ปริมาณการใช้และ shear rate (Wei *et al.*, 2011)

ตารางที่ 2.5 ค่า flow parameter ของ ผลิตภัณฑ์ filling (model fruit filling) ตามสมการ Modified herschel-Bulkley

ชนิดกัม	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	yield stress (Pa)	modified consistency index ($Pa.s^{0.4}$)	R^2
none	0	68	42	0.97
แซนแทนกัม	0.15	77	24	0.98
	0.30	78	23	0.97

ที่มา: Wei *et al.*, 2011

2.7 ออสโมติกดีไฮเดรชัน

ออสโมติกดีไฮเดรชัน (osmotic dehydration) เป็นกระบวนการดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์อาหารวิธีหนึ่ง ด้วยการแช่อาหารในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าอาหาร หรือสารละลายที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ต่ำกว่าอาหารนั้น จะทำให้เกิดกระบวนการออสโมซิสในอาหารขึ้น โดยอาหารที่แช่ในสารละลายออสโมติกที่เข้มข้น ทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมซิสระหว่างเซลล์ของผลไม้กับสารละลายออสโมติก เกิดเป็นแรงขับทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสาร โดยน้ำที่อยู่ภายในอาหารจะถูกดูดซึมผ่านผนังเซลล์ออกมายังสารละลายภายนอก ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าอาหาร ขณะเดียวกันตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลายจะซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปในอาหาร และ

ระยะเวลาในการทำออสโมติกดีไฮเดรชันควรจะสั้น คือ ให้น้ำถูกกำจัดออกมากที่สุดโดยมีการดูดซึมตัวถูกละลายในระดับที่พอดี (Ponting, 1973, Moreno *et al.*, 2000)

2.7.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน

2.7.1.1 อุณหภูมิในระหว่างดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมติก ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายที่ใช้แช่ให้สูงขึ้น 30-50 องศาเซลเซียส อัตราการทำงานออสโมซิสจะเพิ่มตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น เป็นผลให้การสูญเสียน้ำของผักและผลไม้เพิ่มขึ้นอย่างเดียว แต่ถ้าอุณหภูมิของสารละลายที่ใช้สูงเกิน 70 องศาเซลเซียส อัตราการสูญเสียน้ำและการซึมผ่านของตัวถูกละลายเข้าไปในผักและผลไม้จะเพิ่มขึ้น

2.7.1.2 การคนสารละลายที่ใช้แช่ระหว่างการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เพื่อรักษาความเข้มข้นของสารละลายที่แช่ให้มีความสม่ำเสมอเท่ากันหมด โดยเฉพาะบริเวณรอบๆ ชิ้นผักและผลไม้ อัตราการออสโมซิสของสารละลายที่มีการคนตลอดเวลา จะเร็วกว่าสารละลายที่ไม่ได้คน

2.7.1.3 อัตราส่วนของผักและผลไม้ และสารละลายออสโมติก ถ้าสัดส่วนของผลไม้ต่อสารละลายออสโมติกน้อยเกินไป มีผลให้ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกเจือจางลงและส่งผลให้แรงดันออสโมติกลดลง

2.7.1.4 ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกควรมีความเข้มข้นสูง เพราะความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกยิ่งสูง อัตราการสูญเสียน้ำยิ่งเพิ่มขึ้น และอัตราการแพร่ของตัวถูกละลายยิ่งลดลง สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะลดการแพร่เข้าสู่ตัวถูกละลาย และเพิ่มการสูญเสียน้ำ เป็นผลให้น้ำหนักลดลง

2.7.2 สารละลายที่ใช้ในการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน

ชนิดของสารละลายที่ใช้ในการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน จะเป็นสารละลายมีค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) ต่ำ ไม่เป็นอันตรายและรสชาติเป็นที่ยอมรับกับผู้บริโภค ได้แก่

สารละลายน้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทราย เป็นสารละลายที่นิยมใช้ในกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน โดยใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูง เช่น สารละลายน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 55, 60 และ 65

สารละลายน้ำตาลชนิดอื่นๆ ได้แก่ สารละลายน้ำตาลแลคโตส, ฟรุคโตส กลูโคส และสารละลายมอลโตเด็กซ์ตริน

นอกจากนี้ได้มีแนวคิดใช้สารละลายที่เป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลชนิดอื่น ซึ่งเป็นสารประเภทน้ำตาลแอลกอฮอล์ ซึ่งสารละลายประเภทนี้มีข้อดีที่ให้พลังงานน้อยกว่าซูโครส เนื่องจากร่างกายดูดซึมได้ช้า มีผลช่วยลดการเกิดฟันผุ เช่น ซอลบิทอล มอลทิทอล เป็นต้น

ทั้งนี้ชนิดของสารละลายออสโมติก และการเลือกใช้นั้น ขึ้นอยู่กับต้องคำนึงถึงสารละลายออสโมติก ต้องไม่ส่งผลทำให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป ราคาของสารละลายออสโมติก ต้องมีราคาต่อหน่วยถูก ไม่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง และสารละลายออสโมติกที่ใช้ควรมีน้ำหนักโมเลกุลสูง หากมีมวลโมเลกุลต่ำ เช่น น้ำตาลกลูโคส จะทำให้ปริมาณน้ำตาลซึมเข้าไปอยู่ในเนื้อผลไม้มากกว่าการสูญเสียน้ำ (ศรีวิกรณ์ และชลธิชา, 2550; ยงยุทธ และพิชญา, 2551)

2.7.3 การใช้กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน

- การใช้เทคนิคออสโมติกดีไฮเดรชันกับผลไม้ก่อนนำใช้ในการผลิตแยม ผลิตภัณฑ์แยมที่ได้จะมีคุณภาพโดยรวมทั้งหมดที่ดี มีกลิ่นรสที่ดี และมีสีสวยตามธรรมชาติ (García-Martínez *et al.*, 2002) ในการใช้เทคนิคออสโมติกในการดึงน้ำออกจากสับปะรด ก่อนนำมาทำแยมสับปะรดผสมสมุนไพร พบว่า การใช้สับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสแล้วมีปริมาณน้ำที่สูญเสียเพิ่มมากขึ้นในการทำแยมทำให้ใช้เวลาในการกวนแยมน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้สับปะรสสด ซึ่งช่วยรักษาปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์แยม ทั้งนี้ผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์แยมที่ใช้สับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสแล้วมีปริมาณน้ำที่สูญเสียร้อยละ 50 (นันทิยา และคณะ, 2553)

- การใช้เทคนิคออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับการทำแห้งในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสี และช่วยรักษาคุณภาพของกลิ่นรสผลิตภัณฑ์ ในแง่ของการผลิตเชิงอุตสาหกรรม การใช้เทคนิคออสโมติกดีไฮเดรชันก่อนการทำแห้งจะช่วยลดเวลาในการทำแห้งด้วย นอกจากนี้การใช้ออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับการทำแห้งในผลิตภัณฑ์บางชนิดช่วยรักษาคุณค่าทางสารอาหารได้ เช่น วิตามินซีและแคโรทีนอยด์ในพริกหยวกอบแห้ง เป็นต้น (Ade-Omowaye *et al.*, 2003)

- การใช้เทคนิคออสโมติกดีไฮเดรชันก่อนการแช่แข็ง ช่วยคงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส สี และกลิ่นรสของผักและผลไม้ ภายหลังจากการละลายน้ำแข็ง (Blanda *et al.*, 2009)

2.7.4 ข้อดีของการทำออสโมติกดีไฮเดรชันในผัก ผลไม้

- ผักและผลไม้ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ก่อนนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ จะช่วยรักษากลิ่น รสชาติและคุณค่าทางอาหารให้ดีขึ้น

- ผลิตภัณฑ์มีสีใกล้เคียงธรรมชาติ เพราะความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้แช่ผักและผลไม้ระหว่างการทำออสโมติกดีไฮเดรชันสูงมาก จนทำให้เอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ทำงานช้าลง

- ผักและผลไม้ที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ไม่จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงในกระบวนการผลิต ส่งผลให้กลิ่นของผักและผลไม้คงอยู่มากกว่า

- ผักและผลไม้ที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน จะช่วยประหยัดเวลา และพลังงานในการผลิตหรือนำมาแปรรูปต่างๆ เพราะน้ำบางส่วนในผัก ผลไม้ถูกกำจัดออกไป

2.8 ผลิตภัณฑ์ลดน้ำตาล

ผลิตภัณฑ์ลดน้ำตาล ตามเงื่อนไขการกล่าวอ้างทางโภชนาการ ของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 เรื่องฉลากโภชนาการ การที่จะกล่าวอ้างว่า ผลิตภัณฑ์นั้นเป็นผลิตภัณฑ์ลดน้ำตาลต้องลดปริมาณน้ำตาลลงตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป เมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิง (กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

ปัจจุบันผู้บริโภคทั่วโลกหันมาใส่ใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น โดยให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ ลดอาหารที่ทำให้เกิดโรค และหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีไขมัน น้ำตาล และเกลือสูง

แยมเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (น้ำตาล) สูง เพื่อช่วยให้แยมมีเนื้อสัมผัสที่ดี เนื่องจากน้ำตาลช่วยทำให้เกิดโครงสร้างของเจลร่วมกับเพกทินในแยม แล้วยังช่วยทำให้แยมมีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ต่ำ ซึ่งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา แต่สำหรับผู้บริโภคบางกลุ่มนั้นบริโภคแยมที่มีน้ำตาลสูงไม่ได้ เช่น ผู้ป่วยโรคเบาหวาน ผู้สูงอายุ เป็นต้น ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมลดน้ำตาลจึงได้รับความสนใจ โดยในปัจจุบันมีการพัฒนาแยมสูตรลดน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นตัวอย่างของแยมสูตรลดน้ำตาลดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างของแยมสูตรลดน้ำตาล

ชนิดของแยม	สารให้ความหวานที่ใช้		งานวิจัย
	ชนิด	ปริมาณการใช้ทดแทนน้ำตาล	
แยมสตรอเบอรี	ฟรุคโตสและแอสปาแตม	ทดแทนน้ำตาลร้อยละ 30 ใช้ฟรุคโตสต่อแอสปาแตม อัตราส่วน 1:1	Kopjar *et al.* (2009)
แยมสับปะรด	แอสปาแตม	ใช้แอสปาแตมร้อยละ 0.2	นราพร, 2543
แยม Roselle	ซูคราโลส (spanda)	ใช้แทนน้ำตาลร้อยละ 100 ซึ่งใช้ซูคราโลสร้อยละ 8 w/w	Broomes and Badrie (2010)

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลดน้ำตาล นิยมนำสารให้ความหวานหลายชนิดที่ไม่ให้พลังงาน หรือให้พลังงานน้อยกว่าน้ำตาลซูโครสมาใช้ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกสารให้ความหวาน 2 ชนิด มาใช้ ได้แก่

2.8.1 ซูคราโลส

ซูคราโลส ($C_{12}H_{19}O_8Cl_3$: trichlorogalactosucrose chlorosucrose) จัดเป็นสารให้ความหวานที่มีค่าความหวานมากกว่าซูโครสหลายเท่า จึงใช้ปริมาณน้อยในอาหาร (intense sweeteners) ช่วยปรับรสชาติของอาหารแล้ว ยังสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิต เนื่องจากใช้ในปริมาณน้อย ลักษณะของซูคราโลสเป็นผงสีขาว หรือเป็นเกล็ด ไม่มีกลิ่น ไม่ดูดความชื้น โดยจะให้ความหวานประมาณ 400-800 เท่าของน้ำตาลทราย ระดับความหวานขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด ด่าง อุณหภูมิ และส่วนผสมอื่นๆของอาหาร

ซูคราโลสได้รับการยอมรับให้สามารถใช้เป็นสารให้ความหวานจาก Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) โดยกำหนดปริมาณในการบริโภค ซูคราโลสในแต่ละวัน (The Acceptable Daily Intake; ADI) ให้อยู่ในช่วง 0-15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักของร่างกาย ร่ายกายของมนุษย์จะไม่ดูดซึมซูคราโลส (หรือดูดซึมได้น้อยมากโดยไม่มีการแตกตัว) แต่จะขับซูคราโลสออกมาโดยเร็ว จากการประเมินความปลอดภัยโดยรวม (comprehensive safety evaluation program) เพื่อจะปฏิบัติตามข้อกำหนดคณะกรรมการแห่งชาติและระหว่างประเทศ จาก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

การศึกษาพบว่า ซูคราโลสไม่เป็นพิษ, non- teratogenic, non- mutagenic และไม่เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งด้วย

ซูคราโลสนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารประเภทลดพลังงาน หรือลดน้ำตาล เพราะมีความคงตัวต่อกระบวนการผลิตและระยะเวลาในการเก็บ สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบซึ่งใช้อุณหภูมิสูงในการอบ เช่น เค้ก คุกกี้ เป็นต้น โดยคงทนต่ออุณหภูมิและไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนผสมอื่นๆ นอกจากนี้ยังนิยมใช้ซูคราโลสในผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่มลดพลังงานต่ำต่างๆ ด้วย (กล้าณรงค์, 2542; Grice and Goldsmith, 2000)

2.8.2 อีริธริทอล

อีริธริทอล (erythritol) เป็นสารให้ความหวานที่ใช้ในปริมาณเดียวกับซูโครส หรือมีค่าความหวานใกล้เคียงกับซูโครส (moderately sweet bulk sweetener) erythritol เกิดขึ้นในผลไม้ต่างๆและอาหารหมักดองและผลิตในกระบวนการหมักตามธรรมชาติ โดย erythritol เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่มีการพัฒนาขึ้นมาล่าสุด ซึ่งพบว่าสามารถใช้ร่วมกับ intense sweetener ได้ดีและใช้ในผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วยเบาหวานได้เช่นเดียวกับมอลทิทอล การใช้ erythritol ในเครื่องดื่ม พบว่าให้รสชาติและ mouth feel คล้ายกับการใช้ซูโครส มีความคงตัวในสภาวะ pH 2-10 และทนต่ออุณหภูมิสูงกว่า 160 องศาเซลเซียส ระดับความหวานของ erythritol เทียบกับน้ำตาลซูโครสเพียงร้อยละ 60-70 โดย erythritol จะพลังงานน้อยกว่าน้ำตาลแอลกอฮอล์ชนิดอื่นๆ คือ 0.2 Kcal/g (จัดเป็น noncaloric และnonglycemic) (De Cock and Bechert, 2002)

erythritol สามารถใช้ร่วมกับสารให้ความหวานอย่างซูคราโลส ซึ่งมีการผลิตเป็นสารให้ความหวานทางการค้า (D-et®) โดยให้ความหวาน 8 เท่าของน้ำตาลซูโครส และให้พลังงานเพียง 0.18 Kcal/g (Akesowan, 2009)

erythritol มีความปลอดภัยมีการรับรองให้ใช้ในหลายประเทศ ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ ไต้หวัน สิงคโปร์ รัสเซีย และแอฟริกาใต้ มีความปลอดภัยต่อการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ (De Cock and Bechert, 2002)