บทที่ 1
บทนำ

1. บทนำรวม

ฝรั่งเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญ มีการส่งออกฝรั่งสดและผลิตภัณฑ์ฝรั่งสดตัดแต่งพร้อมบริโภคสู่ตลาดต่างประเทศในระหว่างปี พ.ศ. 2547-2548 โดยพบว่า ฝรั่งสดมีปริมาณการส่งออกเพิ่มจาก 1,508,263 กก. เป็น 2,642,357 กก. และมีมูลค่าการส่งออกเพิ่มจาก 22,031,583 บาท เป็น 59,953,029 บาท ในปี พ.ศ. 2547 และปี พ.ศ. 2548 ตามลำดับ ส่วนฝรั่งสดตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณการส่งออกเป็น 230,038 กก. และมีมูลค่าการส่งออกเป็น 6,403,602 บาท ในปี พ.ศ. 2548 (กรมศุลกากร, 2548) อุตสาหกรรมแปรรูปฝรั่งมีผลิตภัณฑ์หลายรูปแบบด้วยกันเช่น เครื่องดื่ม น้ำเชื่อม ไอศกรีม แยม เยลลี่ เนยแข็ง ท็อฟฟี่ น้ำผลไม้ ไวน์ ฝรั่งอบแห้งและฝรั่งบรรจุกระป๋อง (Adsule and Kadam, 1995)

ความต้องการบริโภคน้ำผลไม้มีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากการบริโภคน้ำผลไม้ในภาชนะบรรจุมีความสะดวก ถูกสุขลักษณะอนามัย และมีประโยชน์มากกว่าการดื่มน้ำอัดลมหรือเครื่องดื่มทั่ว ๆ ไปหลายชนิด ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายทั้งชนิด รสชาติ ขนาด และภาชนะบรรจุชนิดต่าง ๆ เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเลือกดื่มได้มากขึ้น จะสังเกตได้จากอัตราการส่งออกน้ำผลไม้ของไทยในปี พ.ศ. 2547 สูงประมาณปีละ 6,552.0 ล้านบาท และเพิ่มขึ้นเป็น 6,765.6 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2548 (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2548)

ในปัจจุบันประชาชนในเขตเมืองและผู้มีรายได้สูง มีโอกาสเป็นโรคอ้วนมาก เนื่องจากการบริโภคอาหารที่ให้พลังงานและออกกำลังกายน้อย มีผลทำให้ประสบปัญหาภาวะทุพโภชนาการในลักษณะที่ได้รับสารอาหารมากเกินไปซึ่งปัญหานี้มีแนวโน้มทวีความรุนแรงและแผ่กระจายมากขึ้น พฤติกรรมที่พบอาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคอาหารจากอาหารที่มีใยอาหารสูงไปสู่การบริโภคอาหารที่มีใยอาหารต่ำ ใยอาหาร (dietary fiber) เป็นส่วนของพืชที่เอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ ไม่มีสารอาหาร และไม่ให้พลังงาน แต่มีบทบาทสำคัญต่อโภชนาการและสุขภาพ ใยอาหารเป็นส่วนหนึ่งของอาหารที่พบมากในผัก ผลไม้ ถั่วต่าง ๆ และธัญพืช ได้มีข้อแนะนำให้บริโภคใยอาหารในปริมาณ 25-35 ก. ต่อวัน (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2544) ปริมาณดังกล่าวจัดว่าเป็นปริมาณที่สูง นอกจากนี้ อาณดี นิติธรรมยง (2546) กล่าวว่า ผลจากการที่ผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะพึ่งพาอาหารสำเร็จรูปและอาหารปรุงสำเร็จมากขึ้นตลอดจนความนิยมในการบริโภคอาหารแบบตะวันตกทำให้การบริโภคอาหารที่เป็นแหล่งของใย

อาหารตามธรรมชาติมีแนวโน้มลดลง ในขณะเดียวกันมีการเพิ่มขึ้นของการบริโภคอาหารที่ให้พลังงานมากในมื้ออาหารและระหว่างวันในรูปของอาหารว่าง จึงมีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารประเภทใยอาหารสูงขึ้นเพื่อผู้บริโภคได้มีโอกาสเลือกบริโภคอาหารได้เพิ่มขึ้น โดยที่อาหารเหล่านี้จะยังมีคุณสมบัติต่าง ๆ รวมทั้งรสชาติใกล้เคียงกับอาหารประเภทเดียวกันและเป็นแหล่งของใยอาหารอันจะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ในขณะเดียวกันก็อาจมีปริมาณแคลอรีต่ำกว่าปกติอีกด้วยหรืออาจพัฒนาขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ เช่น อาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) งานวิจัยนี้จึงสนใจในการนำส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำฝรั่งทางการค้าซึ่งประกอบด้วยส่วนเนื้อ เปลือก และเมล็ดฝรั่ง มาใช้ประโยชน์ โดยนำมาสกัดใยอาหารละลายน้ำในรูปเพกตินและผลิตน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมใยอาหารที่สกัดได้จากส่วนเหลือทิ้งดังกล่าวเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะและคุณค่าทางโภชนาการของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต่อไป จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหาร พร้อมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำฝรั่งพร้อมดื่มไม่เติมและเติมใยอาหารระหว่างการเก็บรักษาและประเมินต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์น้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมใยอาหาร

2. ตรวจเอกสารรวม

2.1 ฝรั่ง

ฝรั่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Psidium guajava* L. และชื่อสามัญว่า guava จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกาใต้ สามารถปลูกได้ดีในประเทศเขตร้อน ประเทศกึ่งร้อนหรือประเทศที่มีอากาศค่อนข้างอบอุ่น ผลฝรั่งอาจมีรูปร่างกลม รูปไข่ หรือคล้ายลูกแพร์ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-10 เซนติเมตร เปลือกบางประกอบไปด้วยเมล็ดขนาดเล็กจำนวนมากซึ่งอยู่ตรงกลางของส่วนเนื้อ ในผลสุกสีของเปลือกเป็นสีเหลืองและสีของเนื้ออาจมีสีขาว ชมพู เหลือง ส้ม หรือแดงเข้มขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ มีกลิ่นหอมและให้รสชาติเปรี้ยวอมหวาน (Chan, 1993) ฝรั่งเป็นผลไม้ที่ให้ผลตลอดทั้งปีแต่ช่วงเวลาที่ผลิตผลออกสู่ท้องตลาดมากอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และคณะ, 2543) มีลักษณะของการหายใจแบบ climacteric (Bashir *et al*., 2003) ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลฝรั่งตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงระยะผลแก่จัดใช้เวลา 130 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในการนำฝรั่งมาแปรรูป (Mercado-Silva *et al.*, 1998) พันธุ์ที่นิยมปลูกกันแพร่หลายในประเทศไทยมีมากมายหลายพันธุ์ เช่น กลมทูลเกล้า กลมสาลี่ บางกอกแอปเปิ้ล เป็นต้น (ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และคณะ, 2543) ปัจจุบันมีพันธุ์ใหม่ที่เป็นที่นิยมคือ ฝรั่งพันธุ์แป้นสี-ทองซึ่งมีผลโตค่อนข้างแป้น เนื้อหวานกรอบอร่อย (สรัสวดี เผือกสกนธ์, 2542) สำหรับแหล่งปลูกที่สำคัญของ

ประเทศไทยได้แก่เขตจังหวัด ชลบุรี นครปฐม ราชบุรี สมุทรสงคราม (ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูลส่งเสริมการเกษตร, 2540) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองเป็นวัตถุดิบในงานวิจัยเนื่องจากโรงงานหรือกลุ่มผลิตน้ำฝรั่งทางการค้าส่วนใหญ่จะใช้ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองเป็นวัตถุดิบในการผลิต

ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะวิตามินซี ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าผลไม้ชนิดอื่น โดยพบว่าฝรั่งมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าส้ม 6 เท่า มากกว่ากล้วย 10-30 เท่า และมากกว่ามะละกอ 10 เท่า วิตามินซีส่วนใหญ่จะพบมากในเปลือก และชั้น outer mesocarp ของฝรั่งในระยะเจริญเต็มที่ (mature) (Kwee and Chong, 1990) นอกจากนี้ Wilson (1980) รายงานว่าฝรั่งยังเป็นแหล่งของคุณค่าทางอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 คุณค่าทางอาหารและองค์ประกอบโดยประมาณของฝรั่ง

Nutrient and proximate composition of guava fruit

Composition	Guava fruit (average)
Moisture (%)	83.30
Dry matter (%)	16.60
Ash (%)	0.66
Crude fat (%)	0.36
Crude protein (%)	1.06
Crude fiber (%)	3.80
Pulp (%)	86.50
Calcium (mg %)	17.00
Phosphorus (mg %)	28.40
Iron (mg %)	1.82
Vitamin A (IU)	250.00
Carotene (mg %)	0.69
Ascorbic acid (mg %)	336.80
Thiamin (mg %)	0.05
Riboflavin (mg %)	0.03
Niacin (mg %)	1.18

ที่มา: Wilson (1980)

Leong และ Shui (2002) ยังรายงานว่าฝรั่งจากตลาดผลไม้สดในประเทศสิงคโปร์ ซึ่งนำเข้าจากประเทศไทยมีวิตามินซีในปริมาณเท่ากับ 131±18.20 มก.ต่อเนื้อฝรั่ง 100 ก.

2.2 ใยอาหาร (Dietary Fiber)

ใยอาหารคือส่วนที่กินได้ของพืชโดยเฉพาะผักและผลไม้ซึ่งอาจเป็นส่วนประกอบของเปลือก ราก ใบ ลำต้น ผล หรือเยื่อหุ้มเมล็ดของเมล็ดธัญพืชชนิดต่าง ๆ หรือคาร์โบไฮเดรตซึ่งประกอบไปด้วยโอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) resistant starches สารประกอบอื่น ๆ เช่น พอลิฟีนอล (polyphenol) และลิกนิน (lignin) ซึ่งทนต่อการย่อยและการดูดซึมภายในลำไส้มนุษย์ ใยอาหารไม่มีสารอาหารและไม่ให้พลังงานแต่มีบทบาทสำคัญต่อภาวะโภชนาการและสุขภาพ มีผลดีทางสรีรวิทยาเช่น ช่วยในการขับถ่ายอุจจาระ และ/หรือ ลดคอเลสเตอรอลในเลือด และ/หรือ ลดระดับน้ำตาลกลูโคส เป็นต้น (ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์, 2538; Jimenez-Escrig and Sanchez-Muniz, 2000) ส่วนกากใย (crude fiber) หมายถึงส่วนที่เหลือของเซลล์พืชจากการย่อยด้วยกรดและเบสซึ่งจะมีปริมาณน้อยกว่าใยอาหารประมาณ 1.6-15.7 เท่า (วิชัย ตันไพจิตร, 2522)

ประเภทของใยอาหาร

ใยอาหารแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามความสามารถในการละลายน้ำ (Jimenez-Escrig and Sanchez-Muniz, 2000) ได้แก่

1. ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน คิวตินและแวกซ์ ใยอาหารประเภทนี้มีรายละเอียดดังนี้

1.1 เซลลูโลส เป็นสายพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสที่ต่อกันแบบเบต้า 1,4 เป็นส่วนประกอบโครงสร้างหลักของพืชทั่ว ๆ ไปโดยเฉพาะผนังเซลล์ของพืชชั้นสูง ในอาหารจำพวกผักและธัญพืชจะมีปริมาณเซลลูโลสถึงร้อยละ 20-50 ของน้ำหนักแห้ง

1.2 เฮมิเซลลูโลส โครงสร้างหลักประกอบด้วยกลุ่มของน้ำตาลหลายชนิด โดยน้ำตาลกลุ่มใหญ่ที่สุดจะเป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 ตัวเช่น น้ำตาลไซโลส (xylose) นอกจากนี้ยังมีน้ำตาลกลุ่มอื่นที่ต่ออยู่กับโครงสร้างหลักเช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลอะราบิโนส (arabinose) และกรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid) ความแตกต่างของเฮมิเซลลูโลสกับเซลลูโลสคือ

เฮมิเซลลูโลสสามารถละลายได้ในสารละลายด่างอ่อนในขณะที่เซลลูโลสไม่สามารถละลายได้ในพืชสามารถพบเฮมิเซลลูโลสอยู่ร่วมกับเพกตินแทรกอยู่ในชั้นของผนังเซลล์

1.3 ลิกนิน พบในพืชจำพวกไม้เนื้อแข็ง เป็นโครงสร้างพอลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ เกิดจากการรวมตัวกันของโมเลกุลแอลกอฮอล์ที่มีรูปร่างเป็นวงแหวน เช่น ซินนามิล (cinnamyl) ไซริงจิล (syringyl) กัวไอซิล (guaicyl) หน้าที่ของลิกนินจะช่วยให้ความแข็งแรงและทนต่อการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย

1.4 คิวตินและแวกซ์ พบร่วมกับส่วนที่เป็นโครงสร้างของพืช โดยมีองค์ประกอบของไขมันที่ไม่รวมกับน้ำ ปกติจะพบในปริมาณที่น้อย (ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์, 2538)

2. ใยอาหารที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber) ประกอบด้วย เพกติน เบต้า-กลูแคน กัมชนิดต่าง ๆ ใยอาหารประเภทนี้มีรายละเอียดดังนี้

2.1 เพกติน โครงสร้างเป็นสายพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโรนิก (D-galacturonic acid) ที่ต่อกันแบบอัลฟา 1, 4 โดยมีน้ำตาลหลายชนิดที่อยู่รวมกันในโครงสร้างหลัก เช่น น้ำตาลกาแล็กโทส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลแรมโนส น้ำตาลอะราบิโนส การละลายน้ำของเพกตินขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน (esterification) ของกรดกาแล็กทูโรนิก เพกตินสามารถพบได้ในผลไม้ตระกูลส้มเช่น ส้ม ฝรั่ง และแอปเปิ้ล เป็นต้น

2.2 เบต้า-กลูแคน ประกอบด้วยสายของน้ำตาลกลูโคสที่ต่อกันแบบเบต้า 1,3 และ เบต้า 1,4 คุณสมบัติโดยทั่วไปสามารถละลายน้ำได้ มีเพียงส่วนน้อยที่ไม่สามารถละลายน้ำ พบได้ในข้าวโอ๊ต ข้าวไรน์ ข้าวบาร์เลย์

2.3 กัมชนิดต่าง ๆ เช่น

- วุ้น (agar) เป็นมิวซิเลจ (mucilage) ที่ได้จากสาหร่าย โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วย sulfanoated polymer ของ anhydrogalactose น้ำตาลกาแล็กโตสที่อยู่ในรูป D และ L น้ำตาลไซโลส

- แอลจีเนต (alginate) สกัดได้จากสาหร่ายสีน้ำตาล โครงสร้างประกอบด้วยสายพอลิเมอร์ของกลูคูโรนิก และกรดแอนไฮโดรแมนนูโลนิก (anhydromanulonic acid) โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของเกลือโซเดียม เกลือโพแทสเซียม หรือเกลือแมกนีเซียม ทำให้สามารถละลายได้ดีทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น

- กัมอะราบิก (arabic gum) สกัดได้จากต้นอะคาเซีย (acacia) มีองค์ประกอบที่เป็นน้ำตาลหลัก ๆ คือ น้ำตาลอะราบิโนส น้ำตาลกาแล็กโตส น้ำตาลแรมโนส และกลูคูโรนิก

- คาราจีแนน (carrageenan) โครงสร้างเป็นสายพอลิเมอร์ของ sulfanoated galactose

- กัวร์กัม (guar gum) สกัดมาจากเอนโดสเปิร์มของเมล็ดถั่ว *Cyamopsis tetragonolobus* เป็นพืชตระกูลถั่วที่พบในประเทศอินเดียและปากีสถาน ประกอบด้วยสายพอลิเมอร์ของน้ำตาลแมนโนสเป็นโครงสร้างหลักและมีน้ำตาลกาแล็กโตสเป็นสาขาเกาะอยู่ที่โครงสร้างหลัก ลักษณะโดยทั่วไป ไม่มีรส ไม่มีกลิ่น สามารถละลายได้ดีในน้ำร้อนและน้ำเย็น

- แซนแทนกัม (xanthan gum) พบในแบคทีเรียชื่อ *Xanthomonas campestris* โดยเกิดจากปฏิกิริยาหมู่อะซิทิลและหมู่ไพรูเวทในน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลแมนโนส (mannose) และกรดกลูคูโรนิก นอกจากนี้ยังมีอินเดียนกัม คารายากัม โลคัสบีนกัม ไซเลียมซีดกัม (psyllium seed gum) เป็นต้น และยังพบว่ามีเฮมิเซลลูโลสบางชนิดสามารถละลายน้ำได้ด้วยแต่มีปริมาณน้อย (ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์, 2538)

ใยอาหารมีโครงสร้างทางเคมีที่ซับซ้อน ปริมาณและสารประกอบในโครงสร้างจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบ องค์ประกอบของใยอาหารชนิดต่าง ๆ แบ่งตามโครงสร้างของหมู่น้ำตาลและชนิดของพันธะดังแสดงในตารางที่ 1-2

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของใยอาหาร

ใยอาหารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่แตกต่างกัน (ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2545) ได้แก่

1. คุณสมบัติในการอุ้มน้ำ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการละลายน้ำ ใยอาหารที่มีเพกตินและเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบจะสามารถดูดซับน้ำเข้าไปในโครงสร้างของใยอาหาร เกิดการอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างได้มากจนเกิดลักษณะเป็นเจล ในขณะที่ใยอาหารที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบจะไม่เกิดลักษณะดังกล่าว ใยอาหารที่มีการอุ้มน้ำมักเป็นพวกที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ ละลายน้ำไม่ได้เช่น รำข้าวสาลี เป็นต้น

2. คุณสมบัติการดูดซับสารอินทรีย์ กรดอินทรีย์เช่น กรดน้ำดี คอเลสเตอรอล และสารพิษบางชนิด คุณสมบัติในการดูดซับกรดน้ำดีได้น้อยจะสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการลดคอเลสเตอรอลในพลาสมาของใยอาหารบางชนิดเช่น รำข้าวโอ๊ต เพกติน และกัวร์กัม เป็นต้น

3. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบคทีเรีย ใยอาหารเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้ แต่แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่สามารถใช้ใยอาหารได้โดยการหมักซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและโครงสร้างของใยอาหารรวมถึงชนิดของแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ด้วย

4. คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุ ความสามารถในการใช้ และการดูดซับแร่ธาตุของร่างกายจะลดลงหากบริโภคอาหารที่มีใยอาหารสูง เนื่องจากแร่ธาตุต่าง ๆ และสารอิเล็ก-โทรไลต์ (electrolyte) จะถูกใยอาหารจับไว้และขับออกมาในรูปของเสีย

5. ขนาดของอนุภาค ใยอาหารที่มีอนุภาคใหญ่จะช่วยเพิ่มน้ำหนักของเสียของร่างกายและช่วยลดความดันภายในลำไส้ใหญ่ได้ดีกว่าชนิดที่มีอนุภาพเล็กหรือละเอียด

ตารางที่ 1-2 องค์ประกอบทางเคมีของโครงสร้างใยอาหารชนิดต่าง ๆ

The structural composition of different types of fiber

Fiber	Main unit	Branch units
Celluose	β-(1,4)-glucose	
Hemicelluloses		
Arabinoxylans	Galactose	Arabinose
Xiloglucans	Glucose	Xylose
Galactomannans	Mannose	Galactose, Glucose
Lignin	Polyphenols and Malliard Products	
Pectins	D-galacturonic with methoxy groups	Arabinose,
β-glucans	β-(1,3)-glucose and β-(1,4)-glucose	Galactose
Gums		
Guar	Galactomannan	
Alginates	β-(1,4)-D-manuronic acid and α-(1,4)-L-gurulonic acid	
Carrageenans	α-(1,3)-galactose acid and β-(1,4,3,6)-anhydro-D-galactose	
Agar	D-galactose and (3,6)-anhydro-L-galactose	
Funorans	Galactose sulphate	
Laminarans	(1,3)-β-D-glucose and (1,6)-β-D-glucose	Mannitol
Fucoidans		
Xylofucoglicouronans	(1,2)-α-l-fucose-l-sulphate and β-(1,4)-D-manuronic acid	D-xylose, D-galactose,

Gilcouronofucogalactans	3-D-xylosyl-L-fucose-4-sulphate (1,4)-D-galactose and L-fucosyl-3-sulphate	D-mannose

ที่มา: ดัดแปลงจาก Jimenez-Escrig และ Sanchez-Muniz (2000)

แหล่งของใยอาหาร

ใยอาหารพบมากในรำข้าวที่มาจากข้าวสาลีและข้าวโพด แหล่งของใยอาหารที่รองลงมาคือ พืชตระกูลถั่วจะมีปริมาณสูงกว่าใยอาหารจากผักและผลไม้ซึ่งจะมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อพืชนั้นมีอายุมากขึ้น (ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2545) แหล่งของใยอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ธัญพืช ผัก ผลไม้ ถั่วเมล็ดแห้ง และเมล็ดพืช ธัญพืชมีใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำในปริมาณสูง โดยเฉพาะข้าวกล้อง ข้าวโพด ข้าวสาลีไม่ขัดขาว รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ทำจากธัญพืชดังกล่าว เช่น ขนมปังโฮลวีต ผักหลายชนิดเช่น แครอท ดอกกะหล่ำ ถั่วฝักยาว ผักกวางตุ้ง มีใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำสูง ในขณะที่ผลไม้เช่น ละมุด ฝรั่ง แอปเปิ้ล กล้วยน้ำว้า น้อยหน่า มีใยอาหารที่ละลายน้ำในปริมาณสูง (จรรยา วัฒนาทวีกุล, 2545) ปริมาณใยอาหารที่พบในแหล่งต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 ปริมาณใยอาหารที่พบในสาหร่าย ถั่ว ธัญพืช ผักและผลไม้บางชนิด (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

Dietary fiber content of some seaweed, bean, cereal, vegetable and fruit (% dry weight basis)

Origin of fiber	Insoluble fiber (% dry weight basis)	Soluble fiber (% dry weight basis)	Total fiber (% dry weight basis)
Nori	16.80	17.90	34.70
Ulva lactuta	16.80	21.30	38.10
Whole soy	65.24	7.08	72.32
Whole corn	87.47	0.40	87.87
Beans	25.64	10.85	36.49
Defatted rice bran	24.99	2.25	27.04
Chickpeas	16.69	1.35	18.04
Potatoes	4.85	2.14	6.99
Peaches	39.53	27.30	66.83
Apples	55.57	18.56	74.13

ที่มา : Jimenez-Escrig และ Sanchez-Muniz (2000); Abdul-Hamid และ Luan (2000)

หน่วยงานในต่างประเทศหลายหน่วยงานกำหนดปริมาณใยอาหารที่ควรบริโภค เช่น ในประเทศอังกฤษ หน่วยงาน Health Care Financing (HCF) Diabetes Foundation ได้กำหนดปริมาณใยอาหารที่ควรบริโภคต่อวันในรูปปริมาณใยอาหารทั้งหมดจำนวน 20-35 ก.ต่อวันสำหรับคนปกติ และสำหรับผู้ที่อยู่ในความควบคุมของแพทย์ควรจะได้รับวันละ 35-50 ก. สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา หน่วยงาน The Federation of American Societies for Experimental Biology (FASAB) เสนอให้เพิ่มปริมาณใยอาหารจาก 10 ก.เป็น 13 ก.ต่ออาหาร 1,000 กิโลแคลอรี (ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์, 2538) ในประเทศไทยคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุขได้จัดทำบัญชีสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai Recommended Daily Intake, Thai RDI) เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงสำหรับการคำนวณเพื่อแสดงคุณค่าทางโภชนาการบนฉลากอาหาร ได้กำหนดปริมาณใยอาหารที่แนะนำให้บริโภคอย่างต่ำวันละ 25 ก. ซึ่งเป็นค่ากลางสำหรับคนไทยทั่วไปที่มีสภาวะทางสุขภาพปกติ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2544; จรรยา วัฒนทวีกุล, 2545)

ใยอาหารในฝรั่ง

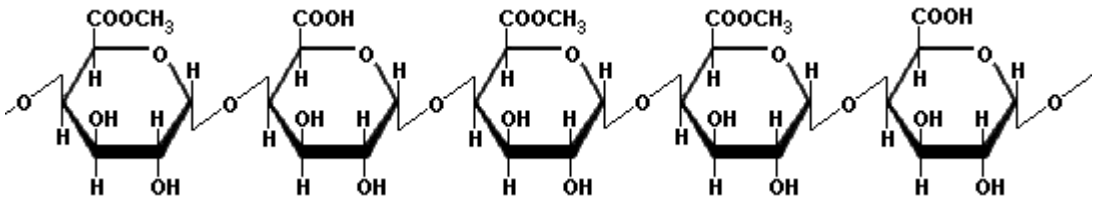
Gorinstein และคณะ (1999) ศึกษาปริมาณใยอาหารในส่วนผลสดที่รับประทานได้ของผลไม้ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ สัปปะรด แอปเปิ้ล เงาะ ลิ้นจี่ ฝรั่ง มะม่วงในระยะสุกและสุกเต็มที่และลูกพลัมโดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 เป็นตัวตกตะกอนใยอาหารละลายน้ำ พบว่า ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber) และปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 0.54-5.60 และ 0.26-2.70 โดยน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด และใยอาหารที่ละลายน้ำสูงสุดร้อยละ 5.60±0.18 และ 2.70±0.12 โดยน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.005$)

Jimenez-Escrig และคณะ (2001) วิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารในฝรั่งส่วนเปลือกและส่วนเนื้อ เตรียมวัตถุดิบโดยแยกผลฝรั่งออกเป็นส่วนเปลือกและส่วนเนื้อที่ไม่มีเมล็ดแล้วแช่แข็งแบบแห้ง (freeze-dried) จากนั้นนำมาบดและวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารโดยวิธีใช้เอนไซม์พบว่า ส่วนเปลือกมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 1.83±0.27, 46.72±2.16 และ 48.55±2.16 ในส่วนเนื้อร้อยละ 1.77±0.27, 46.75±2.25 และ 49.92±2.25 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ โดยมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 3-4 และปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 96-97 โดยน้ำหนักแห้งของปริมาณใยอาหารทั้งหมด

2.3 สารประกอบเพกติน

เพกตินเป็นสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ พบในผนังเซลล์พืช และ intracellular layer คล้ายกับเซลลูโลส เพกตินทำหน้าที่เชื่อมระหว่างเซลลูโลสและผนังเซลล์ให้ยึดติดกัน (BeMiller and Whistler, 1996; Joye and Luzio, 2000)

เพกตินเป็นพอลิเมอร์รูปร่างคล้ายสายโซ่ประกอบไปด้วยหน่วยของกรดกาแล็กทู-โรนิกเป็นส่วนใหญ่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosides) ที่ตำแหน่ง β-(1→4) นอกจากนั้นยังประกอบไปด้วยน้ำตาลแรมโนส (L-rhamnose) น้ำตาลกาแล็กโทส (D-galactose) น้ำตาลอะ-ราบิโนส น้ำตาลไซโลส และน้ำตาลฟูโคส (fucose) ในปริมาณน้อยเกาะอยู่เป็นสายแขนง โดยหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl) ในโมเลกุลของกรดกาแล็กทูโรนิกบางส่วนจะทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันกับหมู่เมทิล (methyl) ได้เป็นเมทอกซิลเอสเทอร์ (methoxylester) (Belitz and Grosch, 1999) ร้อยละของหมู่เมทอกซิล (methoxyl) ที่เกิดจากหมู่คาร์บอกซิลทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันกับหมู่เมทิล เรียกเป็น degree of methoxylation เพกตินที่มีหมู่เมทอกซิลมากกว่าร้อยละ 50 จัดเป็น high-methoxyl (HM) pectins ในขณะที่เพกตินที่มีหมู่เมทอกซิลน้อยกว่าร้อยละ 50 เป็น low-methoxyl (LM) pectins (BeMiller and Whistler, 1996) โครงสร้างของเพกตินดังแสดงในภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 โครงสร้างของเพกติน

Structural of pectin

ที่มา: Carbohydrate-chemical structure (2006)

สารประกอบเพกติน สามารถแบ่งออกได้ (Belitz and Grosch, 1999; นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) ดังนี้

1. โปรโตเพกติน (protopectin) เป็นสารประกอบเพกตินที่ไม่ละลายน้ำ และพบมากในผลไม้ดิบในโมเลกุลของโปรโตเพกตินมีหมู่เมทอกซิลอยู่ประมาณร้อยละ 9-12 หากเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันอย่างสมบูรณ์จะมีหมู่เมทอกซิลอยู่ในโมเลกุลของโปรโตเพกตินประมาณร้อยละ 16 ระหว่างกระบวนการสุกของผลไม้โปรโตเพกตินจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์หรืออาจใช้ด่างจะทำให้หมู่เมทิลถูกแยกออกไปบางส่วนได้เป็นหมู่คาร์บอกซิลอิสระ ซึ่งเรียกว่า กรดเพกตินิก (pectinic acid) เป็นสารประกอกเพกตินที่ละลายได้ในน้ำ

2. กรดเพกตินิก เป็นสารประกอบเพกตินหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโรนิกที่มีหมู่เมทิลเหลืออยู่บางส่วน และเมื่อถูกไฮโดรไลซ์เอาหมู่เมทิลออกจนหมดจะได้เป็นกรดเพกติก (pectic acid)

3. กรดเพกติก เป็นสารประกอบเพกติกหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโรนิกที่ไม่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์อยู่ในโมเลกุล

เพกตินที่ถูกสร้างขึ้นในพืชคือ โปรโตเพกตินพบมากในผักและผลไม้ โดยเฉพาะในผลไม้ดิบ เพกตินพบมากที่สุดในเปลือกของผลไม้เช่น มะนาว ส้ม เสาวรส หรือส่วนเนื้อของแอปเปิ้ล (กากแอปเปิ้ลหลังจากสกัดน้ำออกไปแล้ว) (Fellows, 1997) สำหรับปริมาณของเพกตินในแหล่งต่าง ๆ Belitz และ Grosch (1999) รายงานว่า ในกากแอปเปิ้ล (apple pomace) และเปลือกผลไม้ตระกูลส้มมีปริมาณเพกตินร้อยละ 10-20 และร้อยละ 20-40 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยแหล่งของเพกตินเดิมเป็นกากแอปเปิ้ลที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำแอปเปิ้ลแต่ในปัจจุบันแหล่งของเพกตินมาจากเปลือกมะนาวเป็นส่วนใหญ่ (Joye and Luzio, 2000) นอกจากนั้น Luh (1971 อ้างโดย Wilson, 1980) กล่าวว่าในฝรั่งมีปริมาณเพกตินทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.5-1.8 โดยน้ำหนักสดของส่วนที่บริโภคได้ โดยเป็นเพกตินกลุ่ม LM ซึ่งมีหมู่เมทอกซิลประมาณร้อยละ 55 เพกตินที่ได้จากฝรั่งมีลักษณะใกล้เคียงกับเพกตินทางการค้า วราภรณ์ ชัยโอภาส (2538) ยังกล่าวอีกว่าฝรั่งมีเพกตินร้อยละ 0.71-0.99 โดยน้ำหนักสด ซึ่งมากกว่าแอปเปิ้ลที่มีเพียงร้อยละ 0.55

ในกระบวนการสกัดเพกตินทั่ว ๆ ไปจะประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญ ๆ (Joye and Luzio, 2000; Wang *et al.*, 2002) ดังนี้

1. การสกัดของเหลวจากวัตถุดิบเริ่มต้น การสกัดเพกตินจะใช้สารละลายกรดโดยนำวัตถุดิบมาต้มกับสารละลายกรดเจือจางเช่น กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริกหรือกรดซัลฟิว

ริก เป็นต้น ที่พีเอชประมาณ 2 ที่อุณหภูมิอยู่ในช่วง 60-100°ซ เป็นเวลา 0.5-1.0 ชม. เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนและแยกเพกตินออกจากเซลลูโลสในเซลล์เนื้อเยื่อพืช

2. ของเหลวที่สกัดได้นำไปทำให้เข้มข้นโดยผ่านการกรองและการระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จนกระทั่งตัวทำละลายระเหยไปปริมาณร้อยละ 96 โดยประมาณ ของเหลวที่สกัดได้นำไปแยกเพกตินต่อไป

3. การแยกเพกตินออกจากของเหลวที่สกัดได้ โดยการตกตะกอนสารสกัดที่เข้มข้นด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ หรือเกลืออะลูมิเนียม จากนั้นตะกอนเพกตินจะถูกแยกออกโดยการกรองหรือการหมุนเหวี่ยง แล้วล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนอีกครั้ง บีบอัดส่วนของเหลวที่เหลือออก ทำให้แห้งและบดให้อยู่ในรูปผง กระบวนการสกัดเพกตินทางอุตสาหกรรมดังแสดงในภาพที่ 1-2

ภาพที่ 1-2 การสกัดเพกตินทางอุตสาหกรรม

Industrial extraction of pectins

ที่มา: Wang และคณะ (2002)

เพกตินสามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารได้มากมาย เช่น ใช้เป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) ในเครื่องดื่มต่าง ๆ เป็นตัวเพิ่มความข้นหนืด ใช้ผสมลงไปในน้ำผลไม้

การเติมเพกตินในปริมาณที่เหมาะสมในน้ำผลไม้พร้อมดื่มมีผลช่วยในการปรับปรุงคุณภาพในคุณลักษณะด้าน mouthfeel (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527; Belitz and Grosch, 1999)

2.4 เครื่องดื่มน้ำผลไม้

น้ำผลไม้ หมายถึง ของเหลวที่สกัดมาจากเซลล์หรือเนื้อเยื่อของผลไม้โดยกรรมวิธีเชิงกล อยู่ในลักษณะพร้อมบริโภคได้ มีลักษณะใสหรือขุ่นหรือมีเนื้อผลไม้ผสมอยู่ด้วย น้ำผลไม้ที่อยู่ในภาชนะบรรจุต้องผ่านกรรมวิธีการถนอมอาหาร คุณลักษณะของน้ำผลไม้จะต้องมีสี กลิ่น และรสตามปกติธรรมชาติของผลไม้นั้น และไม่มีสารปนเปื้อนและวัตถุเจือปนอาหาร ยกเว้นตามความจำเป็นของกรรมวิธีการผลิต (Bates *et al.*, 2001; มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2542)

น้ำผลไม้สามารถแบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ น้ำผลไม้แท้ (fruit juice) น้ำผลไม้ดัดแปลงหรือน้ำผลไม้กึ่งแท้ (modified fruit juice) น้ำผลไม้ผสมเนื้อผลไม้ (fruit puree) น้ำผลไม้ผงสำเร็จรูปและน้ำผลไม้เทียม ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการศึกษากระบวนการผลิตน้ำฝรั่งประเภทน้ำผลไม้แท้ชนิดพร้อมดื่ม 100% ซึ่งหมายถึง น้ำผลไม้ที่ไม่มีการเจือจางน้ำลงไป อาจมีการเติมน้ำตาล กรด ลงไปเล็กน้อยเพื่อปรับองค์ประกอบให้เหมือนน้ำผลไม้ตามธรรมชาติ เช่น น้ำส้ม น้ำสับปะรด น้ำมะเขือเทศ เป็นต้น น้ำผลไม้จะมีทั้งชนิดใสและชนิดขุ่นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของผลไม้และกรรมวิธีการผลิต (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527; ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535ข)

2.5 กรรมวิธีการผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่ม

หลักในการผลิตน้ำผลไม้ คือ การแยกส่วนของของเหลวในผลไม้ พร้อมกับสารประกอบที่ให้กลิ่น รส รวมทั้งสารอาหารที่ละลายได้ในของเหลวนั้นออกมาเช่น น้ำตาล กรด เกลือแร่ วิตามินต่าง ๆ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้และกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ๆ (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2541) ดังนี้

2.5.1 การสกัดน้ำผลไม้ (Juice extraction) วิธีการสกัดน้ำผลไม้มี 2 วิธีคือ

2.5.1.1 การสกัดโดยวิธีทางกล (Mechanical extraction)

หมายถึง การใช้แรงไปทำให้เซลล์เนื้อเยื่อผลไม้ฉีกขาด แล้วทำให้ส่วนของน้ำผลไม้ไหลออกมาได้แก่ การบีบ หีบ อัด ตัด ตีป่น และสับ การสกัดน้ำผลไม้โดยวิธีนี้เหมาะสมกับผลไม้ที่มีน้ำปริมาณมาก มีสารละลายได้ในของเหลวเช่น ฝรั่ง แตงโม ส้ม สับปะรด และอ้อย เป็นต้น

2.5.1.2 การสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ (Biological extraction)

หมายถึง การใช้สารชีวภาพ คือ เอนไซม์ไปย่อยสลายเซลล์เนื้อเยื่อผลไม้ ให้โมเลกุลมีขนาดเล็กเพียงพอที่จะปลดปล่อยของเหลวหรือน้ำผลไม้ ซึ่งมีส่วนของสารอาหาร สารให้กลิ่นรส สี ละลายอยู่ โดยไม่ต้องใช้แรงกดเนื้อเยื่อ โดยทั่วไปเอนไซม์ที่ใช้จะเป็นเอนไซม์

เพกติเนสซึ่งพบทั่วไปในพืชชั้นสูง ทำหน้าที่ย่อยสลายเนื้อเยื่อผลไม้ทำให้ลักษณะความคงตัวของเนื้อสัมผัสของผลไม้เสียไป ผลไม้จะนิ่มลงทำให้มีปริมาณน้ำมากขึ้น ปัจจุบันมีการผลิตเอนไซม์เพกติเนสทางการค้าจากการสกัดจากจุลินทรีย์

เอนไซม์เพกติเนสแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่ เพกตินเอสเทอร์เรส (pectinesterase) พอลิกาแล็กทูโรเนส (polygalacturonase) และเพกเตต ไลเอส (pectate lyase) (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2543)

พอลิกาแล็กทูโรเนส มีชื่อตามระบบว่า poly α-1,4 galacturonide glycanohydrolase, EC 3.2.1.15 ทำหน้าที่ไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคไซด์ในสารประเภทเพกติน มีชื่อสามัญว่า พอลิกาแล็กทูโรเนส แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อยตามชนิดของสับสเทรต (substrate) คือ พอลิ-เมทิลกาแล็กทูโรเนส (polymethylgalacturonase) และพอลิกาแล็กทูโรเนส (ชื่อเดียวกับชื่อกลุ่ม)

พอลิกาแล็กทูโรเนสแบ่งย่อยลงไปตามลักษณะการย่อย คือ แบบสุ่ม และแบบเป็นระเบียบ ดังนี้

- กลุ่มย่อยสลายแบบสุ่มแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มจำเพาะต่อสับสเทรตที่มีเมทิลเอสเทอร์ (endo-polymethylgalacturonase) จะไฮโดรไลซ์สับสเทรตที่เป็นเพกตินได้ดีกว่ากรดเพกติกในสายพอลิเมอร์ และกลุ่มจำเพาะต่อสับสเทรตไม่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์ (endopoly-galacturonase) จะไฮโดรไลซ์สับสเทรตที่เป็นกรดเพกติกได้ดีกว่าเพกติน ทั้ง 2 กลุ่ม มีลักษณะการย่อยแบบไม่เป็นระเบียบ (endo splitting) ในสายพอลิเมอร์

- กลุ่มย่อยสลายแบบเป็นระเบียบแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มจำเพาะต่อสับสเทรตที่มีเมทิลเอสเทอร์ (exo-polymethylgalacturonase) จะไฮโดรไลซ์สับสเทรตที่เป็นเพกตินได้ดีกว่ากรดเพกติก และกลุ่มจำเพาะต่อสับสเทรตที่ไม่มีเมทิลเอสเทอร์ (exo-polygalacturonase) จะไฮโดรไลซ์สับสเทรตที่เป็นกรดเพกติกได้ดีกว่าเพกติน ทั้ง 2 กลุ่มจะมีลักษณะการย่อยแบบเป็นระเบียบจากปลายสายพอลิเมอร์ (exo-splitting)

2.5.2 การทำน้ำผลไม้ให้ใส (Clarification) มีวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

- การใช้ความร้อน ความร้อนทำให้สารแขวนลอยเกิดการตกตะกอนมีผลให้ การกรองทำได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ความร้อนจากการพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) ยังมีผลให้น้ำผลไม้ใสขึ้นเช่นกัน (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527)

- การใช้สารช่วยตกตะกอน (fining agent) น้ำผลไม้บางชนิดทำการกรองได้ยากเนื่องจากเนื้อผลไม้แขวนลอยและไม่ตกตะกอน สามารถทำให้ใสโดยการเติมสารช่วยตกตะกอน ได้แก่ ไข่ขาว เบนโทไนท์ และเจลาติน เป็นต้น (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527) โดยสารช่วยตกตะกอนจะไปดูดซับสารประกอบต่าง ๆ ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำผลไม้ เช่น สารประกอบเพกติน รงควัตถุ และโปรตีน แล้วตกตะกอนทำให้ได้น้ำผลไม้ที่ใส (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535)

- การใช้เอนไซม์ การเติมเอนไซม์เพกติเนสในน้ำผลไม้ในขั้นตอนการทำให้ใส เพื่อย่อยเพกตินในน้ำผลไม้ทำให้ปริมาณเนื้อผลไม้ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำผลไม้มีปริมาณลดลง เป็นผลให้ความหนืดของน้ำผลไม้ลดลงและช่วยทำให้การกรองง่ายขึ้น

- การใช้เครื่องเหวี่ยง อาจใช้ร่วมกับการใช้สารช่วยตกตะกอนหรือใช้เครื่องเหวี่ยงเพียงอย่างเดียว วิธีนี้จะแยกได้เฉพาะตะกอนที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่

- การกรอง เป็นวิธีที่ทำให้น้ำผลไม้มีความใส อาจกรองหลังผ่านการใช้สารช่วยตกตะกอนหรือไม่ก็ได้ ซึ่งการใช้ผ้าขาวกรองเป็นวิธีการกรองที่นิยมใช้มากที่สุด

2.5.3 การทำให้น้ำผลไม้มีความคงตัว ไม่เกิดเป็นตะกอนแยกชั้นของเนื้อผลไม้ที่แขวนลอยอยู่ในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษาของน้ำผลไม้พร้อมดื่ม โดยการเติมสารให้ความคงตัวได้แก่ สารพวกเพกติน กัม และคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (carboxylmethylcellulose, CMC) โดยใช้ปริมาณร้อยละ 0.1-0.2 ของผลิตภัณฑ์ (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527)

2.5.4 การปรับปรุงคุณภาพด้านรสชาติของน้ำผลไม้พร้อมดื่ม องค์ประกอบทางเคมีของน้ำผลไม้ที่มีผลต่อรสชาติได้แก่

- ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์) ซึ่งมีผลต่อรสหวาน สารให้ความหวาน ปกติที่ใช้กันได้แก่ น้ำตาลซูโครส ฟรักโทส แล็กโทส และน้ำเชื่อมข้าวโพด น้ำตาลซูโครสเป็นสารที่นิยมใช้มากที่สุด โดยทั่วไปน้ำผลไม้ควรมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 12-14 °บริกซ์ (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535ก; Mill *et al.,* 1992)

- กรด รสเปรี้ยวเป็นรสธรรมชาติของน้ำผลไม้ การปรับปรุงรสเปรี้ยวในน้ำผลไม้นั้น กรดที่นิยมใช้ในน้ำผลไม้ คือ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดแอสคอร์บิก และกรดทาร์ทาร์ริก ซึ่งในผลฝรั่งพบกรดซิตริกในปริมาณมากที่สุด (Wilson, 1980) จึงเลือกใช้กรดซิตริกในการปรับปรุงรสเปรี้ยวในกระบวนการผลิตน้ำฝรั่ง

- อัตราส่วนของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรด (°Brix-acid ratio) อัตราส่วนนี้ใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงความแก่อ่อนของผลไม้ (Askar and Treptow, 1993) อัตราส่วนดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่อผลฝรั่งเจริญเติบโตจนถึงระยะแก่ อัตราส่วนของของแข็ง

ที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดเป็นเกณฑ์ควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตน้ำฝรั่งและสัมพันธ์กับคุณภาพการยอมรับในด้านรสชาติต่อผู้บริโภคโดยตรง (Fellers, 1991)

2.5.5 การไล่อากาศ หมายถึง การไล่ก๊าซออกซิเจนออกจากน้ำผลไม้ โดยการใช้ความร้อน น้ำผลไม้จะถูกให้ความร้อนเพื่อไล่อากาศและบรรจุน้ำผลไม้ลงขวดขณะร้อน แล้วปิดผนึกทันที ก๊าซออกซิเจนเป็นสาเหตุสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีของน้ำผลไม้ ได้แก่ การออกซิเดชันของวิตามินซี การเกิดสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงกลิ่น รส และสีของน้ำผลไม้ (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527) การไล่อากาศนอกจากจะช่วยปรับปรุงความคงตัวของกลิ่นรสและรักษาคุณค่าทางอาหารที่เหลืออยู่แล้ว ยังช่วยในเรื่องการส่งผ่านความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เนื่องจากถ้ามีอากาศเหลืออยู่ภายในภาชนะบรรจุ อากาศจะเป็นฉนวนความร้อน ทำให้การส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ภาชนะบรรจุ ณ จุดร้อนช้าที่สุด (85°ซ เวลา 3 นาที) ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (Lewis and Heppell, 2000; USFDA, 2001)

2.5.6 การถนอมรักษาน้ำผลไม้ (Preservation)

เนื่องจากน้ำผลไม้อยู่ในกลุ่มอาหารประเภทกรด (acid food) อาหารประเภทนี้จะมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 3.7-4.5 สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์

2.5.6.1 การพาสเจอร์ไรซ์ เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก (100°ซ หรือต่ำกว่า) โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียส่วนใหญ่ในอาหาร ได้แก่ vegetative cell ของจุลินทรีย์พวก ยีสต์ รา และแบคทีเรียแลกติก (lactic acid bacteria) ทำลายพวกจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogens) ได้หมด เช่น *Escherichia coli* เป็นต้น และทำลายเอนไซม์ที่ไม่ต้องการได้แก่ เพกตินเอสเทอเรส พอลิกาแล็กทูโรเนส เป็นต้น (ทนง ภัครัชพันธุ์, 2540; Fellows, 2000)

การพาสเจอร์ไรซ์สามารถแบ่งเป็น 2 ระบบ คือ ระบบช้าอุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low-Temperature-Long-Time, LTLT) เช่น ที่อุณหภูมิ 79°ซ นาน 20 นาที และระบบเร็วอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High-Temperature-Short-Time, HTST) เช่น ที่อุณหภูมิ 72°ซ นาน 15 วินาที หรือ 88°ซ นาน 1 วินาที (ทนง ภัครัชพันธุ์, 2540; Fellows, 2000) ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการพาสเจอร์ไรซ์ระบบเร็วอุณหภูมิสูงเวลาสั้นโดยใช้เครื่องฆ่าเชื้อแบบ steam water spray automated batch ทำให้จุดร้อนช้าที่สุดของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มบรรจุขวดเท่ากับที่อุณหภูมิ 85°ซ นาน 5 นาที

2.5.6.2 ภาชนะบรรจุ น้ำผลไม้พร้อมดื่มใช้ภาชนะบรรจุได้หลายประเภท เช่น แก้ว พลาสติก และกระดาษ เป็นต้น แก้วเป็นภาชนะบรรจุมีข้อเด่น คือ เป็นวัสดุที่เฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมีมากที่สุด และทนต่อการกัดกร่อนหรือปราศจากปฏิกิริยาเคมีของอาหารจึงทำให้รสชาติของอาหารไม่เปลี่ยนแปลง ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซ และกลิ่นได้ดี

(ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541; กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2545) ความใสของแก้วช่วยให้มองเห็นผลิตภัณฑ์และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับได้ดี ภาชนะบรรจุแก้วยังสามารถบรรจุอาหารขณะร้อนหรือผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงได้ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) แก้วจึงเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติดีเหมาะกับผลิตภัณฑ์อาหาร (Siegmund *et al*., 2004) แต่ข้อด้อยของแก้วคือ น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของแก้วมีค่ามากกว่าภาชนะบรรจุอื่น ๆ และแตกได้ง่าย (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) งานวิจัยนี้เลือกใช้แก้วเป็นภาชนะบรรจุน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเนื่องจากแก้วเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน มีผลช่วยในการรักษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม

2.5.6.3 มาตรฐานเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขของเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทซึ่งเป็นอาหารควบคุมเฉพาะต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานดังต่อไปนี้ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543)

- มีกลิ่นและรสตามลักษณะของเครื่องดื่มนั้น
- ไม่มีตะกอน เว้นแต่ตะกอนอันมีตามธรรมชาติของส่วนประกอบ
- น้ำที่ใช้ผลิตต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพหรือมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง “น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท”
- ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม (coliform bacteria) น้อยกว่า 2.2 ต่อเครื่องดื่ม 100 มล. โดยวิธีเอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number, MPN)
- ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด *E. coli*
- ไม่มีจุลินทรีย์ก่อโรค
- ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์หรือสารเป็นพิษอื่นในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- ไม่มียีสต์และเชื้อรา
- ไม่มีสารปนเปื้อน เว้นแต่ดังต่อไปนี้

สารหนู	ไม่เกิน 0.2 มก. ต่อเครื่องดื่ม 1 กก.
ตะกั่ว	ไม่เกิน 0.5 มก. ต่อเครื่องดื่ม 1 กก.
ทองแดง	ไม่เกิน 5 มก. ต่อเครื่องดื่ม 1 กก.
สังกะสี	ไม่เกิน 5 มก. ต่อเครื่องดื่ม 1 กก.
เหล็ก	ไม่เกิน 15 มก. ต่อเครื่องดื่ม 1 กก.

ดีบุก ไม่เกิน 250 มก. ต่อเครื่องดื่ม 1 กก.

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 10 มก. ต่อเครื่องดื่ม 1 กก.

- ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือใช้ร่วมกับน้ำตาล นอกจากการใช้น้ำตาลได้

- มีแอลกอฮอล์อันเกิดขึ้นจากธรรมชาติของส่วนประกอบและแอลกอฮอล์ที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิตรวมกันได้ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

2.6 คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้พร้อมดื่ม

2.6.1 การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545) โดยใช้วิธีทดสอบความยอมรับ (acceptance test) มีหลายวิธีด้วยกันเช่น วิธีการทดสอบแบบ hedonic scaling test เป็นวิธีการที่นิยมวิธีหนึ่ง ซึ่งวัดจากความรู้สึกส่วนตัวของผู้ทดสอบชิมที่ตอบสนองต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่กำลังทดสอบ ผู้ทดสอบชิมที่ใช้เป็นผู้ทดสอบชิมในระดับห้อง ปฏิบัติการ (laboratory panel) ซึ่งไม่ได้รับการฝึกฝน (untrained panel) มีจำนวนตั้งแต่ 10-20 คน ในงานวิจัยนี้ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน และใช้สเกลแบบ 9 ระดับคะแนน (9-point hedonic scale) สเกลประกอบด้วย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด (dislike extremely) 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก (dislike very much) 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง (dislike moderately) 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย (dislike slightly) 5 หมายถึง เฉย ๆ (neither like nor dislike) 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย (like slightly) 7 หมายถึง ชอบปานกลาง (like moderately) 8 หมายถึง ชอบมาก (like very much) และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด (like extremely) ตัวอย่างแบบทดสอบประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์แบบ 9-point hedonic scale ได้แสดงในภาคผนวก ค

2.6.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพดังนี้

2.6.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

โดยทั่วไปน้ำผลไม้เป็นอาหารประเภทกรด พีเอชมีค่าอยู่ระหว่าง 3.7-4.5 การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ ณ จุดร้อนช้าที่สุด (coldest point) ของผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุเท่ากับ 85°ซ เป็นเวลาอย่างน้อย 3 นาที (ขึ้นกับความเป็นกรดด่างในน้ำผลไม้) สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้น้ำผลไม้เสื่อมเสียได้แก่ จุลินทรีย์จำพวก แบคทีเรีย

แลกติก ยีสต์ และรา (USFDA, 2001) แต่มีแบคทีเรียบางชนิดสามารถทนความร้อนจากการพาส-เจอร์ไรซ์น้ำผลไม้ได้ ได้แก่ *Bacillus coagulans, B. thermoacidurans* (Jay, 2000) ซึ่งสามารถเจริญเติบโตและทำให้น้ำผลไม้เสื่อมเสียได้

Alicyclobacillus acidoterrestris หรือเดิมเรียกว่า *B. acidocaldarius* เป็นแบคทีเรียที่สามารถอยู่รอดจากกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ในการผลิตน้ำผลไม้และทำให้น้ำผลไม้เสื่อมเสีย สปอร์ของเชื้อนี้จะทนความร้อนได้ดี โดยมีสภาวะเหมาะสมในการเจริญเติบโตที่พีเอช 2.5-5.5 อุณหภูมิประมาณ 46°ซ นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำเบอรี่เมื่อให้ความร้อนแบบพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 87.8°ซ นาน 11 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ชนิดนี้ได้ร้อยละ 90 ลักษณะเด่นของน้ำผลไม้ที่เสื่อมเสียจากเชื้อนี้ คือ จะมีกลิ่นและรสผิดปกติ (off-flavor) โดยจะมีกลิ่นคล้ายดินหรือโคลน (earthy/ mustry) (สิริพร สธนเสาวภาคย์, 2545; Zierler *et al.,* 2004)

2.6.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในน้ำผลไม้ที่สำคัญได้แก่ การออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกเกิดขึ้นโดยกรดแอสคอร์บิก (L-ascorbic acid) ถูกออกซิไดซ์เป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก (L-dehydro ascorbic acid) หลังจากนั้นถูกไฮโดรไลซ์ต่อด้วยโมเลกุลของน้ำให้เป็นสาร 2,3-diketogulonic acid (Fennema, 1996) ในสภาวะที่เป็นกรด (พีเอช 2-4) สาร 2,3-diketogulonic acid สามารถสลายตัวต่อไปเป็นสารประกอบเฟอร์ฟิวราล (furfural) *จากนั้นจะรวมตัวกับแอลดีไฮด์หรือคีโตนในน้ำตาลรีดิวซิ่งและหมู่อะมิโนกลายเป็นสารประกอบสีน้ำตาลได้* (Belitz and Grosch, 1999)

กรดแอสคอร์บิก*หรือกรด*ดีไฮโดรแอสคอร์บิก สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโน*เกิดเป็นสารสีน้ำตาลแดงได้เช่นกัน ปฏิกิริยานี้พบได้ในน้ำผลไม้ เช่นน้ำส้ม* (Belitz and Grosch, 1999) นอกจากนั้นการเก็บอาหารที่อุณหภูมิสูงจะเร่งการสูญเสียวิตามินซีให้เร็วขึ้นด้วย (Sadlers *et al.*, 1992)

2.6.2.3 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

Lewis และ Heppell (2000) กล่าวว่า น้ำผลไม้ตระกูลส้มมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงด้านความข่นซึ่งเกิดจากเอนไซม์เพกตินเอสเทอ-เรสที่อาจหลงเหลืออยู่จากการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65°ซ โมเลกุลเพกตินในน้ำผลไม้ถูกไฮโดร-ไลซ์ด้วยเอนไซม์ ทำให้สารแขวนลอยในน้ำผลไม้เกิดการตกตะกอน เป็นผลให้ความข่นและความข้นหนืดของน้ำผลไม้ลดลง จารุณี โลกสุวรรณ (2542) ทำการผลิตน้ำฝรั่งโดยลวกชิ้นฝรั่งในน้ำลวกที่เติมซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) ปริมาณ 100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ที่อุณหภูมิ 65°ซ นาน 60 วินาที ทำให้เย็น จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปบดด้วยเครื่องปั่นแล้วกรอง นำน้ำฝรั่งที่เตรียมได้ให้ความ

ร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 85°ซ นาน 2 นาที บรรจุใส่ขวดแก้วใสฝาปิดแบบเกลียว ขนาดบรรจุ 60 มล. ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 70 วัน พบว่าน้ำฝรั่งมีค่าความข่นลดลงจาก 2.36 เป็น 1.67 เมื่อเก็บในวันที่ 0 และวันที่ 70 ตามลำดับ เนื่องจากเพกตินเกิดการสลายตัวโดยเอนไซม์เพกตินเอสเทอเรสที่หลงเหลืออยู่จากการลวกซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้ช่วยเร่งการสลายตัวของหมู่เมทอกซิลในโมเลกุลเพกตินไปเป็นหมู่คาร์บอกซิลอิสระ ทำให้เพกตินสามารถรวมตัวกับไอออนที่มีในน้ำฝรั่งเกิดการตกตะกอนขึ้นเป็นผลให้ความข่นของน้ำฝรั่งลดลง

2.6.2.4 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และ mouthfeel ของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษา มีสาเหตุสำคัญมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (Whistler and Daniel, 1990) สุกัญญา โกมล (2542) ทำการผลิตน้ำส้มพร้อมดื่มเติมใยอาหาร โดยนำน้ำส้มเติมใยอาหารละลายน้ำที่เตรียมได้ไปให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 90-95°ซ นาน 20 วินาที บรรจุลงในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ขนาด 307x409 ที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อแล้ว ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 60 วัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทำให้น้ำส้มพร้อมดื่มเติมใยอาหารมีสีคล้ำขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บที่อุณหภูมิ 4°ซ เนื่องจากอุณหภูมิห้องมีผลทำให้เกิดสีน้ำตาลโดยปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ได้เร็วกว่าอุณหภูมิ 4°ซ เมื่อทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์โดยใช้สเกลแบบ 9 ระดับคะแนน พบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับลดลงเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร. 2548. สถิติการนำเข้า-ส่งออก (ออนไลน์). สืบค้นจาก:
http://www.customs.go.th/ Statistic/StatisticIndex.jsp (19 มกราคม 2549)

*กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2*545. *ภาชนะบรรจุ. อุตสาหกรรมสาร*. 45: *3*9-51.

จรรยา วัฒนาทวีกุล. 2545. ใยอาหารเพื่อสุขภาพ. ว. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 50: 28-31.

จารุณี โลกสุวรรณ. 2542. ผลกระทบของการลวกและการเติมซิงค์คลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีในน้ำฝรั่ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. ปทุมธานี.

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. 2545. ใยอาหารเพื่อสุขภาพ. ว. อาหาร. 32: 157-159.

ทนง ภัครัชพันธ์. 2540. การใช้ความร้อนในขบวนการแปรรูป. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ออนไลน์). 2543. สืบค้นจาก:
http://www.fda.moph.go.th/fdanet/html (3 เมษายน 2548)

ประสิทธิ์ อติวีระกุล. 2527. เทคโนโลยีของผลไม้และผัก. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2541. *ทฤษฎีการผลิตน้ำผลไม้บรรจุขวดพร้อมดื่มและความรู้เกี่ยวกับการขอขึ้น*

ทะเบียนตำรับอาหารและใบอนุญาตตั้งโรงงานผลิตอาหาร. ว. อาหาร. 28: 157-167.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2543. *เอนไซม์ทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.*

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. ภาชนะบรรจุอาหาร. *ใน* ภาชนะบรรจุอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. หน้า 57-60. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ.

ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูลส่งเสริมการเกษตร. 2540. สถิติการเพาะปลูกพืชผักปี 2539/2539. หน้า 40.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535*ก. เครื่องดื่ม. พิมพ์ครั้งที่* 2. *คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.*

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535*ข. วิธีทางอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.*

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. *การทดสอบความชอบหรือการยอมรับรวมของผู้บริโภค.* ใน *การประเมินทางประสาทสัมผัส ฉบับที่* 2. *หน้า* 208-242. *คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.*

ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และเบญจวรรณ ธรรมธนาภิรักษ์. 2538. เส้นใยอาหารกับคุณภาพชีวิต.ว. คุณภาพเพื่อชีวิต. 2: 63-67.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2542. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำผลไม้. พิมพ์ครั้งที่* 5. *สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.*

วราภรณ์ ชัยโอภาส. 2538. *การสกัดเพกตินในผลไม้. ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* 10: 45-48.

วิชัย ตันไพจิตร. 2522. มากินใยอาหารกันเถอะ. ใกล้หมอ. 3: 75-78.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศิริชัย กัลยาณรัตน์, วาริช ศรีละออง และเฉลิมชัย วงษ์อารี. 2543. การศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวและวิธีการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลฝรั่ง. รายงานการวิจัย. สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2548. ตลาดส่งออกน้ำผลไม้ (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.ops2.moc.go.th/tradeth/cgi/ExComm2.asp (14 มกราคม 2549)

สรัสวดี เผือกสกนธ์. 2542. สวนฝรั่ง. พิมพ์ครั้งที่ 5. ฐานเกษตรกรรม. กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2544. ฉลากโภชนาการ (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html (17 มกราคม 2549)

สิริพร สธนเสาวภาคย์. 2002. Alicyclobacillus กับความท้าทายในอุตสาหกรรมอาหาร. ว. อาหาร. 32: 161-164.

สุกัญญา โกมล. 2542. การผลิตน้ำส้มเขียวหวานเติมใยอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อาณดี นิติธรรมยง. 2546. การสกัดและการใช้ประโยชน์ใยอาหารจากแหล่งในประเทศไทย. การสัมมนาวิชาการการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพของประเทศไทย. ณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 25-26 สิงหาคม 2546. หน้า 110-117.

Abdul-Hami, A. and Luan, Y.S. 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. Food Chem. 68:15-19.

Adsule, R.N. and Kadam, S.S. 1995. Guava. *In* Handbook of Fruit Science and Technology: Production Composition Storage and Processing. p. 419-433. Marcel Dekker, Inc. New York.

Askar, A. and Treptow, H. 1993. Quality Assurance in Tropical Fruit Processing. Springer-Verlag. 223.

Bashir, H.A. and Abu-Goukh, A.B. 2003. Composition changes during guava fruit ripening. Food Chem. 80: 557-563.

Bates, R.P., Morris, J.R. and Crandall, P.G. 2001. Principles and Practices of Small-and Medium-Scale Fruit Juice Processing. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Belitz, H.D. and Grosch, W. 1999. Carbohydrates. *In* Food Chemistry. 2nd ed. (Burghagen, M.M., Hadziyev, D., Hessel, P., Jordan, S. and Sprinz, C., eds.). p. 295-794. Springer.

BeMiller, J.N. and Whistler, R.L. 1996. Carbohydrates. *In* Food Chemistry. 3rd ed. (Fennema, O.R., ed.). p. 205-220. Marcel Dekker, Inc. New York.

Carbohydrate-chemical structure (Online). 2006. Available http://www.scientificpsychic.com/fitness/pectin.html (2006. May 13)

Chan, Jr.H.T. 1993. Passion Fruit, Papaya and Guava Juice. *In* Fruit Juice Processing Technology. p. 334-377. A gscience, Inc. Auburndale.

Fellers, P.J. 1991. The relationship between the ratio of degrees brix to percent acid and sensory flavor in grapefruit juice. Food Technol. 6: 68-75.

Fellows, P. 2000. Pasteurisation. *In* Food Processing Technology: Principles and Practice. 2nd ed. p. 241-249. CRC Press. New York.

Fennema, O.R. 1996. Food Chemistry. 3rd ed. Marcel Dekker. New York.

Gorinstein, S., Zemser, M., Haruenkit, R., Chuthakorn, R., Grauer, F., Martin-Belloso, O. and Trakhtenberg, S. 1999. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. J. Nutr. Biochem. 10: 366-371.

Jay, J.M. 2000. High-Temperature Food Preserveration and Characteristics of Thermophilic Microorganisms. *In* Modern Food Microbiology. 6th ed. (Heldman, D.R. ed.). p. 347-364. Chapman & Hall. New York.

Jimenez-Escrig, A. and Sanchez-Muniz, F.J. 2000. Dietary fibre from edible seaweeds: chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. Nurs. Res. 20: 585-598.

Jimenez-Escrig, A., Rincom, M., Pulido, R. and Saura-Calixto, F. 2001. Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. J. Agr. Food Chem. 49: 5489-5493.

Joye, D.D. and Luzio, G.A. 2000. Process for selective extraction of pectins from plant material by differential pH. Carbohyd Polym. 43: 337-342.

Kwee, L.T. and Chong, K.K. 1990. Guava in Malaysia: Production, Pests and Diseases. 1st ed. p. 11-13. Tropical Press SDN.BHD. Kuala Lumpur.

Leong, L.P. and Shui, G. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. Food Chem. 76: 69-75.

Lewis, M. and Heppell, N. 2000. Pasteurization. *In* Continuous Thermal processing of Foods: Pasteurization and UHT Sterilization. p. 193-235. Aspen. Maryland.

Mercado-Silva, E., Benito-Bautista, P. and García-Velasco, Ma. de los A. 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. Postharvest. Biol. Tec. 13: 143-150.

Mill, S.H. and Tarr, R.E. 1992. Fruit juice plus citrus fiber. U.S. Patent. 5,162,128. Nov. 10, 1992.

Sadlers, G.D., Parish, M.E. and Wicker, L. 1992. Microbial, enzymatic and chemical changes during storage of fresh and processed orange juice. J. Food Sci. 57: 1187-1197.

Siegmund, B., Derler, K. and Pfannhauser, W. 2004. Chemical and sensory effects of glass and laminated carton packages on fruit juice products-still a controversial topic. Lebensm. Wiss.Technol. 37: 481-488.

USFDA. 2001. Introduction of pathogens after pasteurization and specialized cooking processes (Online). Available http://www.cfsan.fda.gov/~comm/haccp4r.html (2006. February 20)

Wang, Q., Pagán, J. and Shi, J. 2002. Pectin from Fruits. *In* Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects. Vol. II. (Shi, J., Mazza, G. and Maguer, M. L., eds.). p. 264-295. CRC Press. New York.

Whistler, R. and Daniel, J.R. 1990. Function of Polysaccharides in Foods. *In* Food Additives. (Branen, L.A., Davidson, M.P. and Salmines, S., eds.). p. 395-413. Marcel Dekker, Inc. New York.

Wilson, C.W. 1980. Guava. *In* Tropical and Subtropical Fruits: Composition, Properties and Uses. 1st ed. (Nagy, S. and Shaw, P.E., eds.). p. 279-295. The AVI Publishing Company, Inc. Connecticut.

Zierler, B., Siegmund, B. and Pfannhauser, W. 2004. Determination of off-flavour compounds in apple juice caused by microorganisms using headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry. Anal. Chim. Acta. 520: 3-11.