บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับมะม่วง

มะม่วงเป็นหนึ่งในผลไม้ที่สำคัญของโลก มีการเพาะปลูกมากกว่า 1,000 สายพันธุ์ ในหลายพื้นที่ทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศในเขตเมืองร้อน (Juharul *et al*., 2015) มะม่วงเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ และแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามิน และแร่ธาตุหลายชนิด นอกจากนี้มะม่วงยังเป็นแหล่งพลังงาน ใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และสารประกอบฟีนอลิค (phenolic compounds) (Tharanathan, Yashoda and Prabha, 2006) มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีการผลิตถึง 42 ล้านตันต่อปี โดยประเทศอินเดียเป็นแหล่งการผลิตมากที่สุด ตามด้วย จีน, เคนย่า, ไทย, อินโดนีเซีย, ปากีสถาน และ แมกซิโก (FAOSTAD, 2015)

มะม่วงสุกได้ชื่อว่าเป็นราชาแห่งผลไม้ มีกลิ่นหอม รสหวาน อร่อย นอกจากการบริโภคเป็นผลไม้สด เนื้อมะม่วงยังถูกแปรรูปด้วยกระบวนการแช่แข็ง การทำผลไม้กระป๋อง การทำให้แห้ง การทำให้เข้มข้น และ กระบวนการแปรรูปอื่น ๆ ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์มะม่วงแปรรูปได้รับความนิยม และมีความต้องการบริโภคมากขึ้น ทั้งในประเทศและตลาดส่งออก ทำให้เศษเหลือทิ้งจากการบริโภคและการแปรรูปมะม่วงในระดับอุตสาหกรรมเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เกิดเป็นปัญหาการจัดการขยะที่เน่าเสียและปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม (Juharul *et al.,* 2014) วัสดุเหลือทิ้งส่วนใหญ่คือ เปลือกและเมล็ด (peel and seed) ซึ่งคิดเป็น 35-60% ของผลมะม่วง (O'Shea, Arendt and Gallagher, 2012)

วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูป ทั้งเปลือก และ เมล็ดมะม่วง ถือเป็นผลพลอยได้หลังจากการแปรรูป (mango by-products) เนื่องจากมีผลการวิจัยพบว่า เปลือกและเมล็ดมะม่วงอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Aziz *et al.,* 2012)

ส่วนประกอบของเปลือกมะม่วง

เปลือกมะม่วง (Mango peel) มีสัดส่วนประมาณ 7-24% ของผลมะม่วง (Kim *et al.,* 2012) ปัจจุบันกำลังได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก เนื่องจากมีสารประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น สารพฤกษเคมี หรือ สารไฟโตเคมิคอล สารโพลีฟีนอล แคโรทีนอยด์ เอนไซม์ ใยอาหาร เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ไขมัน โปรตีน เพคติน (Ajila, Bhat and Rao, 2007) วิตามินอี และวิตามินซี ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่โดดเด่น (Sogi *et al.,* 2013) โดยมีการวิจัยศึกษาพบว่าเปลือกมะม่วงมีเส้นใยอาหาร 45-78% (ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ 16-28%

และ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 29-50%) (Ajila, Bhat and Rao, 2007) นอกจากนี้เปลือกมะม่วงยังมีปริมาณเพคติน 10-15% และถ้าเพิ่มกระบวนการแช่ก่อนการสกัด จะช่วยเพิ่มปริมาณสารเพคตินได้ถึง 21% จากงานวิจัยของ Koubala *et al.,* (2012) พบว่าเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงมีคุณสมบัติการเกิดเจล ดีกว่าเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกตระกูลส้ม

ในเปลือกมะม่วง มีสารโพลีฟีนอล ประกอบด้วย แมงจิเฟอริน (mangiferin) เพนโทไซด์ (pentoside) เควอซิทิน (quercitin) กรดไซรินจิค (syringic acid) และกรดเอลลาจิก (ellagic acid) (Ajila, Jaganmohan and Rao., 2010) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นๆ ที่ศึกษาถึงชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีในเปลือกมะม่วง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเปลือกมะม่วง

ส่วนของวัสดุเหลือทิ้ง	สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	สถานภาพทางเคมี
เปลือกมะม่วง	Mangiferin	Xanthonoid
	Proanthocyanidins	Flavonoides
	Epicatechin	Flavonoides
	Quercetin	Flavonoides
	Isoquercetin	Flavonoides
	Astragalin	Flavonoides
	Epicatechin	Catechin
	Epigallocatechin	Catechin
	Epicatechin gallate	Catechin
	Gallic acid propyl ester	Phenolic acid
	3,4- dihydroxybenzoic acid	Phenolic acid
	Dihydroxybenzoic acid	Phenolic acid
	Ellagic acid	Phenolic acid derivative

ที่มา : Afifa *et al.,* 2016

การใช้ประโยชน์จากเปลือกมะม่วง

จากผลการศึกษาถึงสารประกอบสำคัญต่างๆ ที่พบในเปลือกมะม่วง จึงมีการศึกษาการใช้เปลือกมะม่วงที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ผลิตเป็นสารเสริมคุณค่าทางโภชนาการ สำหรับนำไปประยุกต์เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหาร (Juharul *et al.,* 2015) และในปัจจุบันมีการผลิตแป้งจากเปลือกมะม่วง (mango peel flour) เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหลากหลายชนิด เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว ขนมปัง ขนมเค้ก บิสกิต และผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ต่างๆ (Aziz *et*

al., 2012) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ajila *et al*. (2010) ได้ศึกษาผลของการใช้เปลือกมะม่วงผงเป็นส่วนผสมในมักกะโรนีในปริมาณแตกต่างกัน 3 ระดับ (2.5, 5.0 และ 7.5%) พบว่าแต่ละสูตรมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.46 เป็น 1.8 mg/g สารโพลีฟีนอลเพิ่มขึ้นจากเดิม 8.6% เป็น 17.8% และแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นจากเดิม 5 เป็น 84 µg/g ค่า cooking loss เพิ่มขึ้นจาก 5.84% เป็น 8.71% และ ค่า Firmness ของมะกะโรนีเพิ่มขึ้นจาก 44 เป็น 73.45 gf ทั้งนี้การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของมักกะโรนีด้วยการผสมเปลือกมะม่วงผงไม่มีผลกระทบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของมักกะโรนี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้เปลือกมะม่วงผงในสัดส่วนแตกต่างกัน ได้แก่ 5.0, 7.5, 10.0, 15.0 และ 20.0 ในการทำบิสกิต พบว่าแป้งสาลีผสมกับผงเปลือกมะม่วงทำให้ได้บิสกิตเสริมใยอาหารด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีคุณภาพดีขึ้น (Ajila, Leelavathi and Prasada., 2008)

สำหรับการศึกษาการใช้เปลือกมะม่วงในไทยนั้น อินทิราและคณะ (2561) ได้ศึกษาการเสริมผงเปลือกมะม่วงดิบพันธุ์ฟ้าลั่นปริมาณร้อยละ 0, 1, 4 และ 7 มีผลทำให้ความเหนียวและความแน่นเนื้อของเค้กเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความยืดหยุ่น และความสว่างลดลง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระของเค้กที่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 7 มีค่ามากที่สุด แต่ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสให้ผลตรงกันข้าม อย่างไรก็ตามผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเสริมผงเปลือกมะม่วงที่ร้อยละ 1 ผู้ประเมินให้คะแนนด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ส่วนการศึกษาของ หนึ่งฤทัย ศรีทองทิม (2552) พบว่า สารสกัดจากเปลือกมะม่วงแก้วมีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อ Staphylococcus aureus ที่ปนเปื้อนอยู่ในขนมลูกชุบ แต่มีผลต่อลักษณะปรากฏทำให้ลูกชุบมีสีคล้ำขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม นอกจากการนำเปลือกมะม่วงมาประยุกต์ใช้เป็นสารเสริมคุณค่าทางโภชนาการในอาหารแล้ว ยังสามารถนำเปลือกมะม่วงมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ด้วยการนำเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เหลือจากโรงงานแปรรูปผลไม้แช่แข็ง มาแปรรูปด้วยวิธีการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ (vacuum frying) ได้ผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดกรอบ ที่เป็นของทานเล่นที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (พิพรรธ ตั้งใจดี, 2556)

2.2 ความรู้เกี่ยวกับใยอาหาร

ใยอาหารคือ ส่วนของผนังเซลล์พืชที่ไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ แต่จุลินทรีย์บางชนิดในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยส่วนประกอบบางส่วนของใยอาหารได้ (อภิรักษ์ เพียรมงคล, 2549) แม้ว่าใยอาหารไม่ใช่สารอาหารและไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย แต่ก็มีบทบาทสำคัญต่อภาวะโภชนาการและสุขภาพของมนุษย์ เช่นช่วยทำให้ระบบทางเดินของอาหารและระบบขับถ่ายทำงานเป็นปกติควบคุมระดับและปริมาณของคอเลสเตอรอลและน้ำตาลในกระแสเลือด (ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2545) ใยอาหารประกอบไปด้วยโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน ที่ไม่ใช่ แป้ง เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส กัม เพคติน และมิวซิเลจส์ เป็นองค์ประกอบหลัก รวมถึงสารประกอบที่

ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต เช่น ลิกนิน เป็นต้น ใยอาหารสามารถแบ่งออกได้ เป็น 2 ชนิดตามความสามารถการละลายน้ำได้ คือใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำและใยอาหารชนิดละลายน้ำ โดยผลรวมของใยอาหารทั้งสองชนิดเรียกว่าใยอาหารทั้งหมด (สุรัตน์ โคมินทร์, 2534)

1. ใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber, IDF) เป็นพวกคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่มีลักษณะเหนียว ส่วนใหญ่เป็นส่วนโครงสร้างของผนังเซลล์พืช สามารถย่อยสลายได้ยาก แต่สามารถอุ้มน้ำได้ดี เมื่อจับกับน้ำแล้วเกิดการพองตัวลักษณะคล้ายฟองน้ำ ทำให้ช่วยเพิ่มปริมาตรของกากอาหาร ทำให้กากอ่อนนิ่ม ส่งผลให้ขับถ่ายได้สะดวกขึ้น (จรรยา วัฒนทวีกุล, 2545) ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีหลายชนิด ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส คิวติน และแวกซ์ เป็นต้น

1.1 เซลลูโลส (cellulose) โซโมเลกุลของเซลลูโลสประกอบด้วยกลูโคส (glucose) ประมาณ3,000 หน่วย ตอกันเป็นพันธะเบตา 1-4 เซลลูโลสเป็นสวนประกอบหลักของผนังเซลลร้อยละ 10-25 ของสวนประกอบทั้งหมด เซลลูโลสไม่สามารถละลายน้ำได้ ใยของเซลลูโลสจับตัวกันหนาทึบ มีบางสวนที่โมเลกุลเรียงตัวกันไม่เป็นระเบียบและจับตัวกันหลวมๆ ทำให้สามารถดูดซับน้ำไว้ได้และเกิดการพองตัว มีผลให้กากอาหารมีลักษณะนิ่ม ใยอาหารนี้พบในพืชทุกชนิด แต่ผักจะมีเซลลูโลสมากกวาธัญชาติและผลไม้

1.2 เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นกลุมใยอาหารที่มาจากน้ำตาลเฮกโซส (hexose) และเพนโทส (pentose) แต่มีลักษณะโซโมเลกุลที่ต่างกันมากกวา 250 แบบ โดยทั่วไปจะมีโมเลกุลของน้ำตาลไซโลส (xylose) ตอกันเป็นพันธะเบต่า 1-4 เป็นโซหลัก ในบางครั้งอาจจะมีน้ำตาลแมนโนส (mannose) กาแลคโทส (galactose) หรือกลูโคสมาต่อกันเป็นโซหลัก และมีน้ำตาลชนิดอื่นมาต่อกันเป็นโซสาขา ได่แก น้ำตาลอะราบิโนส (arabinose) กรดกลูคิวโรนิค (glucuronic acid) และ กาแลคโทส เฮมิเซลลูโลสเป็นสวนประกอบที่อยู่ปะปนกับเซลลูโลสในผนังเซลลพืช สามารถละลายได้ในด่าง เจือจาง คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และแลกเปลี่ยนแคทอิออน (cation exchange) เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารและลำไสของมนุษย์

1.3 ลิกนิน (lignin) ซึ่งประกอบด้วยโซโมเลกุลของออกซิจิเนตเตตเฟนนิลโปรเปน (oxygenated phenyl propane) มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 1,000-4,500 สังเคราะหจากอนุพันธของ แอลกอฮอลชนิดต่างๆ ได้แก คูมาริล (coumaryl) โคนิเฟอริล (coniferyl) และไซนาพิล (sinapyl) ลิกนินไม่สลายทั้งในกรดและด่างแกและไม่สามารถย่อยได้ในร่างกายมนุษย ลิกนินพบมากในพืชที่คอนข้างแก ผลไม้สุกมีลิกนินมากกวาผลไม้ดิบ โดยเฉพาะผลไม้ที่บริโภคได้ทั้งเมล็ด เชน สตรอเบอรรี่ คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ คือ สามารถดูดซับน้ำดี (bile acid) ได้ดีและอาจมีผลชะลอการดูดซึมสารอาหารบางชนิดในลำไสเล็ก (ถาวร จันทโชติ, 2552)

2. ใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber, DF) เป็นใยอาหารที่มีอยู่ในเซลล์ของพืชทั่ว ๆ ไป มักปะปนอยู่กับส่วนที่เป็นแป้งในพืช สามารถย่อยสลายได้บ้าง มีคุณสมบัติในการสร้างความหนืด เมื่อรวมตัวกับน้ำจะเกิดการกระจายโครงสร้างที่อัดแน่นและอาจเปลี่ยนไปให้อยู่ในรูปของเจล ทำให้ดูดซับสารที่มีประจุช้าลง เช่น น้ำตาล คอเลสเตอรอลและเกลือแร่บางชนิด ส่งผลให้ชะลอและลดการดูดซึมของสารอาหารดังกล่าวเข้าสู่ร่างกาย (จรรยา วัฒนทวีกุล, 2545) ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ ได้แก่ เพคติน (pectin) กัมส (gums) และมิวซิเลจส (mucilages) ใยอาหารประเภทนี้จะพบมากในผลไม้ ข่าวโอต ข่าวบาร์เลย พืชตระกูลถั่วและเมล็ดพืชผักกาดน้ำ (psyllium seed)

2.1 เพคติน (pectin) มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นโซโมเลกุลของกรดกาแลคทูโรนิค (galacturonic acid) ตอกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 มีน้ำตาลแรมโนส (rhamnose) อะราบิโนสไซโลส และฟวโคส (fucose) เป็นโซสาขาเป็นสารที่พบมากในผักและผลไม้คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของ เพคติน คือ ความสามารถในการเกิดเจลและความสามารถในการเพิ่มความหนืด ทำให้มีการนำเพคตินไปใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเพคตินละลายในน้ำร้อนได้ลักษณะที่เป็นวุ้นซึ่งจะขัดขวางการดูดซึมของน้ำตาลในเลือดได้ และเหมาะสมสำหรับคนที่มีอาการทองผูกสลับกับทองเสีย เนื่องจากความเป็นวุ้นสามารถหอหุมแบคทีเรียไว้และกำจัดออกจากร่างกาย ดังนั้นแอปเปิ้ล สม องุน และรำข้าว จึงเหมาะสำหรับผู้ที่มีปญหาดังกล่าว

2.2 กัมส (gums and mucilages) สารเหลานี้ไม่ได้เป็นสวนประกอบของผนังเซลล แต่มีคุณสมบัติทางชีวเคมีที่มีผลตอร่างกายเหมือนกับเพคตินและเฮมิเซลลูโลส กัมสเป็นสารที่พืชหลั่งออกมาเมื่อเกิดบาดแผล มีโซโมเลกุลหลักเป็นน้ำตาลกาแลคโทส กรดกลูคิวโรนิค-แมนโนส กรดกาแลคทูโรนิค-แรมโนส โดยมีน้ำตาลไซโลส และกาแลคโทส เป็นโซสาขา กัมสหลายชนิดใชในอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อช่วยในการกระจายไขมัน ทำให้อาหารขน และให้ความอยูตัว นอกจากนั้นกัมสบางชนิดยังใชเป็นยาระบายอีกดวย กัมสที่รูจักกันแพรหลายคือ กัวกัมส (guar gums) หรือ กาแลคโตแมนแนน (galactomannan) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 220,000 ได้จากอินเดียนคลัสเตอร บีน (Indian cluster bean) มีชื่อทางวิทยาศาสตรวา Cyamopsis tetragonolobus มีคุณสมบัติในการดูดน้ำและรวมกับสารอื่นได้ดีมักใชในอุตสาหกรรมกระดาษ เครื่องสำอางยา บุหรี่และอุตสาหกรรมอาหาร เชน เติมลงในซอส น้ำสลัด ไอศกรีม เชอรเบท อาหารแชแข็ง และอาหารสุนัข สวนมิวซิเลจสและโพลีแซกคาไรดที่พืชสะสมมักอยู่รวมกับแปง มิวซิเลจสมีโซโมเลกุลหลักของน้ำตาลกาแลคโทส-แมนโนส กลูโคส-แมนโนส อะราบิโนส-ไซโลส กรดกาแลคทูโรนิค แรมโนส โดยมีน้ำตาลกาแลคโทสเปนโซสาขา (ถาวร จันทโชติ, 2552)

สมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหาร

ใยอาหารแต่ละชนิดจะมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่แตกต่างกัน ดังนั้นสมบัติเชิงหน้าที่ของพืชแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารละลายน้ำของพืชชนิดนั้น นอกจากนี้ขนาดของอนุภาคของใยอาหาร และวิธีการสกัดใยอาหารก็มีผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารเช่นกัน โดยดัชนีที่สามารถบ่งบอกถึงสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญของใยอาหารมีดังนี้

1. สมบัติการจับน้ำ (Hydration properties) เป็นสมบัติของใยอาหารที่บ่งบอกสามารถในการเก็บกักน้ำไว้ภายในโครงสร้างของเส้นใยเนื่องจากเส้นใย มีองค์ประกอบของโพลีแซคคาไรด์ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีหมู่ไฮดรอกซีอิสระเป็นจำนวนมากจึงสามารถสร้างพันธะกับไฮโดรเจนกับน้ำได้ ดังนั้นเส้นใยอาหารทั้งชนิดที่ละลายน้ำไม่ได้และละลายน้ำได้จึงสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ (Westenbrink *et al.,* 2013) ดัชนีที่สามารถใช้สำหรับบ่งชี้สมบัติการจับกับน้ำได้แก่ สมบัติการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ความสามารถในการจับน้ำ (Water binding capacity) การพองตัว (Swelling) และความสามารถในการละลาย โดยสมบัติในการจับน้ำจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการละลายน้ำ เช่น เซลลูโลสและลิกนิน จะมีสมบัติในการอุ้มน้ำต่ำ จึงไม่สามารถละลายน้ำได้ ส่วนเพคติน กัม และ มิวซิเลจส์ มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงจึงละลายน้ำได้ง่าย (ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2545)

2. ความสามารถในการจับน้ำมัน (Oil-binding capacity) เป็นสมบัติของใย อาหารที่ใช้แสดงค่าความสามารถในการจับน้ำมันไว้ในโครงสร้างของใยอาหารใยอาหารที่มีโครงสร้างของโพลีแซคคาไรด์ เช่น อัลจิเนต กัม และ เพคติน เป็นต้น จะสามารถจับกับน้ำมันได้ดีจึงมักถูกนำมาใช้ในการเพิ่มความคงตัวของอิมัลชันในอาหาร (ธิติมาส หอมเทศ, 2542)

3. ความสามารถในการดูดซับน้ำตาล (Glucose adsorption capacity) และความสามารถในการชะลอการดูดซับน้ำตาล (Glucose retardation index) โดยความสามารถในการดูดซับน้ำตาลสามารถวิเคราะห์ได้จากปริมาณของน้ำตาลที่ใยอาหารดูดซับไว้หลังจากที่สภาวะสมดุล ค่านี้มักจะใช้ในการแสดงถึงพฤติกรรมของใยอาหารในการดูดซับน้ำตาลเมื่ออยู่ในลำไส้ส่วนความสามารถในการชะลอการดูดซับน้ำตาลเป็นค่าที่ใช้ในการทำนายถึงการดูดซับน้ำตาลของใยอาหารในทางระบบทางเดินอาหารที่เวลาต่าง ๆ

4. การชะลอการจับกับกรดน้ำดี (Bile acid retardation index) เป็นดัชนีที่ใช้ในการบ่งบอกถึงผลของใยต่ออาหารต่อการลดคอเลสเตอรอล เนื่องจากว่ากรดน้ำดีเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการย่อยไขมันในลำไส้เล็กดังนั้นสมบัติในการดูดซับกรดน้ำดีของใยอาหารจะสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการลดคอเลสเตอรอล เนื่องจากการจับตัวกันระหว่างใยอาหารกับน้ำดีซึ่งมีส่วนประกอบของคอเลสเตอรอลอยู่ ทำให้น้ำดีถูกขับออกสู่ระบบร่างกายโดยการขับถ่ายพร้อมกับใยอาหาร เมื่อน้ำดีถูกขับออกนอกร่างกาย ร่างกายก็นำคอเลสเตอรอลปรับเปลี่ยนมาแทนที่น้ำดีจึงทำให้ปริมาณ

คอเลสเตอรอลลดลง จากการศึกษาพบว่า ลิกนินจะดูดซับกรดน้ำดีได้มากกว่าเพคติคและเซลลูโลส (ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2545)

กระบวนการผลิตใยอาหารผง

กระบวนการผลิตใยอาหารโดยทั่วไปเริ่มจากการบดเปียกหรือบดหยาบเพื่อลดขนาดอนุภาคลง จากนั้นจะท าการเตรียมตัวอย่างเบื้องต้นเช่น การล้างวัตถุดิบด้วยน้ำร้อนหรือแอลกอฮอล์ หรือการใช้ไอน้ำเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ก่อนที่จะไปอบแห้งเพื่อลดความชื้นและบดแห้งหรือบดให้ละเอียดเพื่อเป็นใยอาหารผง โดยรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1. การบดเปียก เป็นขั้นตอนการลดขนาดของวัตถุดิบลงเพื่อเตรียมการในขั้นตอนต่อไป โดยขนาดของอนุภาคนั้นจะต้องมีขนาดที่เหมาะสมไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไป เนื่องจากถ้าหากขนาดของอนุภาคเล็กทำให้วัตถุดิบอุ้มน้ำไว้มากในขั้นตอนของการล้าง ส่งผลให้ใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้นและผลผลิตสุดท้ายที่ได้ต่ำ นอกจากนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียองค์ประกอบบางชนิดที่ต้องการเช่น ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ หรือวิตามินที่ละลายน้ำได้แต่หากขนาดของอนุภาคใหญ่มากจะทำให้ไม่สามารถกำจัดองค์ประกอบที่เราไม่ต้องการ เช่น น้ำตาลอิสระให้หมดไปและยังทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้น (Larrauri, J.A., 1999)

2. การล้างหรือการลวก เป็นขั้นตอนของการกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกไปจากวัตถุดิบ เช่น น้ำตาล ไขมัน สารสี สารลิโมนิน ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดรสขมในเปลือกมะนาว หรือเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพื่อปรับปรุงคุณภาพสุดท้ายของใยอาหารผงและช่วยกำจัดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ในการกำจัดน้ำตาลออกจากวัตถุดิบสามารถทำได้โดยการล้างด้วยน้ำร้อน ส่วนการกำจัดไขมันนิยมการใช้การสกัดด้วยตัวทำละลายพวกอีเทอร์และแอลกอฮอล์และการกลั่นด้วยไอน้ำ โดยมีรายงานว่าในการผลิตเส้นใยอาหารผงจากหัวกระเทียมเพื่อให้ได้ปริมาณเส้นใยสูงและมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น จะต้องทำการแช่กระเทียมบดในสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 95 ในอัตราส่วน 1:3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเพื่อกำจัดไขมันและทำการล้างน้ำตาลด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 90 และ 80 ตามลำดับ นอกจากนี้มีการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรกไซด์ (NaOH) ร้อยละ 4.5-5 ในหม้อนึ่งความดัน (autoclave) ที่อุณหภูมิ 100-200 องศาเซลเซียส ความดัน 0.1-1.0 MPa ในการแยกซิลิกาและลิกนินจากเปลือกข้าวโอ๊ตทำให้เส้นใยอาหารมีความบริสุทธิ์มากขึ้น ส่วนการกำจัดสารสีและลิโมนินในวัตถุดิบสามารถทำได้โดยการแช่ในสารละลายแอลกอฮอล์เช่นการกำจัดลิโมนินในเปลือกมะนาวจะทำโดยการแช่เปลือกมะนาวลงไปในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 เป็นเวลา 30 นาที และการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะใช้การลวกด้วยน้ำร้อนหรือไอน้ำ (Tanongkankit, Chiewchan and Devahastin., 2010).

3. การทำแห้ง เป็นขั้นตอนหลักและเสียค่าใช้จ่ายสูงที่สุดในกระบวนการผลิตใยอาหารผง ในขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยการสะเด็ดน้ำ การบีบ หรือกระบวนการอื่น ๆ เช่น การอบแห้ง เพื่อลดความชื้นของวัตถุดิบหลังจากการล้างหรือการลวก ทำให้ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาโดยที่ไม่ต้องเติมสารเคมีหรือสารวัตถุกันเสียและยังช่วยลดต้นทุนค่าบรรจุภัณฑ์และค่าใช้จ่ายในการขนส่งด้วย ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมการลดความชื้นจะใช้เครื่องอบแห้งซึ่งมีอยู่หลายชนิดเช่น เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ เครื่องอบแห้งแบบสายพาน การเลือกวิธีการทำแห้งที่เหมาะสมนั้น จะต้องพิจารณาจากคุณลักษณะของวัตถุดิบซึ่งมีความชื้นสูงและปริมาณน้ำตาลต่ำเพื่อลดความเสียหายต่อคุณภาพของใยอาหารผงให้น้อยที่สุด (Larrauri, J.A., 1999)

4. การบดแห้ง เป็นขั้นตอนการลดขนาดของใยอาหารหลังจากการทำแห้งเพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร การบดแห้งอาจส่งผลต่อสมบัติในการอุ้มน้ำของใยอาหารผงทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารที่เติมลงไปเปลี่ยนแปลงไป ขนาดอนุภาคของใยอาหารผงในทางการค้าโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 0.43-0.15 มิลลิเมตร ใยอาหารผงทางการค้าทั่วไปควรมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 9 ฐานแห้ง มีปริมาณไขมันต่ำและให้พลังงานต่ำกว่า 8.36 กิโลจูล/ต่อกรัม

โดยใยอาหารผงที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะดังนี้ (Larrauri, J.A., 1999)

1. ไม่มีองค์ประกอบของสารอาหารที่ไม่พึงประสงค์

2. ควรมีความเข้มข้นของใยอาหารมากพอที่สามารถใช้ในปริมาณน้อยแต่ได้ผลมากที่สุด

3. มีรสชาติเป็นกลาง ไม่มีกลิ่น สีและเนื้อสัมผัส

4. ควรมีอัตราส่วนของใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้และใยอาหารที่ละลายน้ำได้ที่สมดุลและมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพียงพอ

5. มีอายุการเก็บรักษานานและไม่ส่งผลเสียต่ออาหารที่เติมลงไป

6. สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตอาหารได้

7. มีลักษณะปรากฏที่ดีต่อผู้บริโภค

8. ราคาสมเหตุสมผล

คุณประโยชน์ของใยอาหาร

การบริโภคใยอาหารที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืช พบว่ามีผลดีต่อสุขภาพ โดยทำให้สุขภาพของผู้บริโภคมีสุขภาพที่แข็งแรงสมบูรณ์และปลอดภัยจากโรค เช่น โรคความดันโลหิต โรคเส้นเลือด โรคหัวใจตีบตัน และโรคมะเร็ง เป็นต้น วันเพ็ญ มีสมญา (2541) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของใยอาหารต่อระบบสรีรวิทยาของร่างกาย ไว้ดังนี้

1. ช่วยลดระดับโคเรสเตอรอลในเลือด โดยเฉพาะใยอาหารที่ละลายน้ำ ได้แก่ เพคติน กัม ชนิดต่างๆ การบริโภคใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เช่น รำ ข้าวโอ๊ต หรือ ข้าวบาร์เลย์ ถั่วและผัก ซึ่งมีผลลดระดับของคอเลสเตอรอลในเลือกได้สูงถึงร้อยละ 25 แต่ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถลดระดับโอเรสเตอรอลในเลือดได้

2. ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ จะช่วยลดระดับน้ำตาลและอินซูลินในเลือด หลังการบริโภค

3. ช่วยทำให้ลำไส้ใหญ่ทำหน้าที่ได้ดีขึ้น เนื่องจากอาหารประกอบด้วยใยอาหาร มีผลทำให้ลำไส้ใหญ่ลดเวลาตกค้างในลำไส้ใหญ่ เพิ่มน้ำหนักอุจจาระ และทำให้ระบายบ่อยขึ้น จึงช่วยเจือจางปริมาณสารพิษในลำไส้ใหญ่ และทำให้การเตรียมสารสำหรับการถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่เป็นไปโดยปกติ

4. ช่วยป้องกันโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่และการเกิดถุงตันที่ลำไส้ใหญ่ เนื่องจากการบริโภคใยอาหารน้อย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระบบย่อยอาหาร ลดการรวมตัวของกรดน้ำดี เพิ่มเวลาของอาหารที่ตกค้างในลำไส้ใหญ่ ลดน้ำหนักและปริมาณอุจจาระ ตลอดจนลดความถี่ของการขับอุจจาระ จุลินทรีย์ถูกกระตุ้นโดยอาหารที่มีเส้นใยต่ำ ทำให้เกิดการรวมตัวของสารก่อมะเร็ง จุลินทรีย์เหล่านี้อาจช่วยป้องกัน หรือทำลายสารก่อมะเร็งได้ ถ้ามีใยอาหารอยู่มากพอในอาหาร

5. ช่วยป้องกันโรคอ้วน เนื่องจากใยอาหารทำให้กระเพาะอาหารมีที่ว่างน้อยลง จึงทำให้รับประทานอาหารได้น้อยลง เพราะใยอาหารจะเข้าไปพองตัวในกระเพาะอาหาร เป็นเหตุให้น้ำหนักตัวลดลง

ชนิดของผักและผลไม้เหลือทิ้งที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นใยอาหารผง

แหล่งใยอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด และข้าวสาลี พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วแดง ผักและผลไม้ซึ่งใยอาหารในธัญพืชส่วนใหญ่จะเป็นใยอาหารชนิดที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ส่วนใยอาหารในผักและผลไม้มีทั้งชนิดที่ไม่ละลายน้ำและละลายน้ำ แม้ว่าธัญพืชจะมีใยอาหารในปริมาณสูงมาก แต่ใยอาหารในผักและผลไม้มีคุณภาพที่ดีกว่าเนื่องจากมีปริมาณใยอาหาร ทั้งหมดและใยอาหารละลายน้ำได้ในปริมาณสูงจึงทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน ความสามารถในการถูกย่อยในลำไส้ได้ดีกว่าธัญพืช โดยปริมาณองค์ประกอบของใยอาหารที่ดี

สำหรับการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตใยอาหารคือมีอัตราส่วน ระหว่างปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำต่อใยอาหารที่ละลายน้ำใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1:1 นอกจากนี้ผักและผลไม้ยังมีสารพฤกษเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี และเบต้าแคโรทีน ซึ่งทำให้ใยอาหารผงมีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น (หยาดฝน ทะนงการกิจ, 2556)

ในกระบวนการผลิตอาหารทั้งในระดับ ครัวเรือน และอุตสาหกรรมมักมีเศษเหลือทิ้งของผักและผลไม้เป็นจำนวนมาก ซึ่งการจัดการเศษผักและผลไม้เหลือทิ้งโดยทั่วไปจะนำไปทำเป็นปุ๋ยหรืออาหารสัตว์หรือทิ้งเป็นสิ่งปฏิกูล ทั้งที่ความจริงแล้วเศษผักและผลไม้เหลือทิ้งเหล่านั้น ยังคงมีสารอาหาร ใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูง ในปัจจุบันจึงมีงานวิจัยที่ศึกษาหาแนวทางในการแปรรูปเศษผักและผลไม้เหลือทิ้งเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียและส่งผลโดยตรงในการรักษาสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น พัชราภรณ์ วชิรศิริ (2550) ศึกษาการนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามาผลิตเป็นใยอาหารผงซึ่งผลที่ได้พบว่า ใยอาหารผงที่ผลิตได้จากเปลือกกล้วยน้ำว่ามีคุณภาพดี เนื่องจากมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดและใยอาหารที่ละลายน้ำได้ที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้าสูงคือ ร้อยละ 83.0-89.4 และร้อยละ12.8-17.8 ตามลำดับ และมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมันเท่ากับ 10.52 กรัมน้ำ/กรัม ใยอาหาร และ 5.77 กรัมน้ำมัน/กรัมใยอาหาร ตามลำดับ

2.3 ความรู้เกี่ยวกับโยเกิร์ต

โยเกิร์ต ปัจจุบันนิยมบริโภคโยเกิร์ตชนิด ไบโอ-โยเกิร์ต (Bio-yoghurt) ซึ่งประกอบด้วย *Lb. acidophilus* และ สปีชีย์ของ Bifidobacterium นอกจากนี้โยเกิร์ตยังประกอบด้วย *S. thermophiles* และ *Lb. bulgarticus* โดยเชื้อพรีไบโอติคที่ยังมีชีวิตที่เป็น Lactobacilli และ Bifidobacteria ยังมีชีวิตในโยเกิร์ตระหว่างการแช่เย็นที่ระดับมากกว่าหรือเท่ากับ 10^6 CFU/g อย่างไรก็ตามยังคงมีปัญหาเรื่องความอยู่รอดของแบคทีเรียไบโอติคในโยเกิร์ตและผลิตภัณฑ์นมหมัก พบว่าขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น วิธีการผลิตและสายพันธุ์ เชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ต สภาวะของเชื้อจุลินทรีย์ สภาวะการเลี้ยงเชื้อ องค์ประกอบทางเคมีของอาหารเลี้ยงเชื้อ ความเป็นกรดสุดท้ายของแข็งในน้ำนม สารอาหาร สิ่งที่ช่วยและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ความเข้มข้นของน้ำตาล ออกซิเจนที่สามารถละลายได้ (โดยเฉพาะเชื้อ Bifidobacterium) อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น

โยเกิร์ต จัดเป็นอาหารหมักเชิงหน้าที่ ได้มีการใช้โพรไบโอติคเพื่อประโยชน์ทางด้านการแพทย์ในการรักษาโรคระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินปัสสาวะ มีงานวิจัยในการทดลองกับมนุษย์พบว่ายังสามารถป้องกันโรคท้องเสียเนื่องจากแบคทีเรียและไวรัส นอกจากนี้ ยังช่วยรักษาโรคลำไส้อักเสบ เช่น โรคโครห์น(Crohn's disease) ด้วยเหตุนี้ อาหารที่มี

แบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกายจึงเป็นที่สนใจต่อผู้บริโภค เช่น ผลิตภัณฑ์นม โดยเฉพาะโยเกิร์ต ซึ่งประกอบไปด้วยแบคทีเรียโพรไบโอติคที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพและเป็นแบคทีเรียที่ยังมีชีวิต

จุลินทรีย์โพรไบโอติคควรมีวิธีการที่เหมาะสมในการใช้รวมอยู่ในอาหารเพื่อให้จุลินทรีย์เหล่านั้นยังมีชีวิตและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตั้งแต่การผลิตอาหารจนถึงมือผู้บริโภคโพรไบโอติคควรสามารถใช้ได้ในระดับอุตสาหกรรม เชื้อโพรไบโอติคที่จำหน่ายในท้องตลาดอาจใช้วิธีการทำแห้ง เช่น ทำแห้งแบบพ่นฝอย(Spray drying) และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) เพื่อสะดวกต่อการเก็บรักษา การจำหน่าย และการบริโภค (เอกชัย จารุเนตรวิลาศ, 2558)

ส่วนประกอบในการผลิตโยเกิร์ต (เอกชัย จารุเนตรวิลาศ, 2558)

1. น้ำนม (Milk) ซึ่งอาจเป็นน้ำนมสด (Fresh milk) หรือนมผง (Milk powder) ที่นำมาคืนรูปโดยผสมกับน้ำ

2. กล้าเชื้อ (Starter) ที่นิยมใช้หมักโยเกิร์ต คือ แบคทีเรีย ในกลุ่ม Lactic acid bacteria เช่น *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* เชื้อสองชนิดนี้จะใช้น้ำตาลแลคโตส (Lactose) ในน้ำนม เป็นแหล่งพลังงาน และสร้างกรดแลกติก (Lactic acid) รวมทั้งสารที่ให้กลิ่นรสออกมา กรดแลกติกที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เคซีน (Casein) ซึ่งเป็นโปรตีนหลักในนม สูญเสียสภาพธรรมชาติ (Protein denaturation) ทำให้เกิดการรวมตัวกัน และตกตะกอนลงบางส่วน นอกจากนี้อนุภาคเคซีนบางส่วนยังไปเกิดปฏิกิริยากับอัลฟา-แล็กทาลบูมิน (Alpha - lactalbumin) และเบต้า-แล็กโทโกลบูลิน(Beta-lactoglobulin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่ในหางนม ทำให้เกิดเจล (Gel) แบคทีเรียอื่นที่อาจใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ได้แก่ Bifidobacterium, *Lactobacillus acidophilus*

3. ผลไม้แยม (Jam) วุ้นมะพร้าว (NATA de coco) เมล็ดธัญชาติถั่วเมล็ดแห้ง เป็นต้น

4. สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier)

5. สารที่ทำให้คงตัว (Stabilizer) เช่น คาร์ราจิแนน (Carrageenan) กัวกัม (Guar gum) กัมอาราบิก (Gum arabic) เจลาติน (Gelatin) เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต ทำให้เนื้อเนียนและคงตัว ไม่แยกชั้น

6. สารปรุงแต่งกลิ่นรส (Flavoring agent) และสี (Coloring agent)

กรรมวิธีการผลิตที่สำคัญในการผลิตโยเกิร์ต

1. การตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบ

2. การปรับมาตรฐานน้ำนม (Standardization) เพื่อการปรับปริมาณไขมันนม และปริมาณของแข็งทั้งหมดด้วยนมผง

3. การโฮโมจิไนซ์ (Homogenization) เพื่อให้นม และไขมันนม รวมตัวกันเป็นอิมัลชั่น (Emulsion) ไม่แยกชั้น โดยทำให้ไขมันนมกระจายตัวเป็นหยดเล็กๆ ในน้ำนม อาจเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) และสารที่ทำให้คงตัว (Stabilizer) เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต ทำให้เนื้อเนียน คงตัว มีกลิ่นรส เป็นครีม และช่วยลดการแยกชั้นของน้ำหางนม

4. การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) น้ำนมด้วยความร้อน เพื่อฆ่าเชื้อโดยเฉพาะแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (Pathogen) และจุลินทรีย์อื่นๆ ที่ไม่ต้องการ นอกจากนี้ยังช่วยกำจัดอากาศที่มีอยู่ในน้ำนม ส่งผลให้เกิดสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus

5. การหมัก (Fermentation) ด้วยการเติมกล้าเชื้อ (Starter) ผสมในน้ำนมให้ได้ค่า pH ประมาณ 4.4-4.5 ซึ่งอาจแบ่งจากลักษณะของการหมักเป็น 2 แบบ คือ

5.1 โยเกิร์ตชนิดแข็งตัว (Set yoghurt) บรรจุโยเกิร์ตในบรรจุภัณฑ์ หลังจากเติมเชื้อให้เป็นการหมักและแข็งตัวในภาชนะระหว่างการรอจำหน่ายในร้านค้า อาจมีการใส่ผลไม้เชื่อมรองที่ก้นภาชนะก่อนแล้วค่อยใส่นมลงหมักก็ได้

5.2 โยเกิร์ตชนิดคน (Stirred yoghurt) เป็นชนิดที่มีการหมักในถังหมัก (Fermenter) ก่อน จนนมตกตะกอนเป็นลิ่ม (Curd) แล้วจึงเติมผลไม้เชื่อมหรือน้ำเชื่อม กลิ่น สีทำให้ก้อนนมแตกและคนผสมให้เข้ากันก่อนที่จะเทในภาชนะขนาดเล็กเพื่อรอการจำหน่าย ซึ่งจะได้โยเกิร์ตค่อนข้างเหลว (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2558b)

คุณประโยชน์จากโยเกิร์ต (จักรชัย สมพลพงษ์, 2558)

1. สามารถย่อยง่ายเพราะน้ำตาลแลคโตสเป็นตัวหลักที่ท าให้เกิดการแพ้นมหรือท้องเสียถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติคที่ย่อยง่าย นอกจากนี้แบคทีเรียในโยเกิร์ตยังมีเอนไซม์ช่วยย่อยโปรตีนนมเคซีนซึ่งเป็นโปรตีนย่อยยาก ทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมได้ง่ายขึ้น ลดปัญหาภูมิแพ้ต่อน้ำตาลแลคโตสและโปรตีนเคซีน

2. เสริมสร้างภูมิคุ้มกันและช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่ดีต่อในลำไส้และร่างกาย กรดแลคติคจะช่วยต่อต้านจุลินทรีย์ที่อาจให้โทษต่อร่างกาย เช่น *Salmonella typhidie, E. Coli, Corynebacteria diphtheria* ทำให้เชื้อเหล่านี้ไม่สามารถทำอันตรายต่อร่างกายได้

3. เป็นแหล่งวิตามินบี โดยเฉพาะวิตามินบีหนึ่ง(ไรโบฟลาวิน) แบคทีเรียในโยเกิร์ตยังช่วยสังเคราะห์วิตามินบี และวิตามินเค ในลำไส้

4. ช่วยรักษาโรคท้องเสีย ท้องเดิน และแผลในกระเพาะ จากการวิจัยพบว่าผู้ป่วยเด็กหายจากอาการท้องเสียเร็วขึ้น หลังจากได้รับประทานโยเกิร์ต

5. ช่วยทำให้ร่างกายดูดซึมแคลเซียมดีขึ้น กรดแลคติคในโยเกิร์ตช่วยทำให้การย่อยแคลเซียมในนมดีขึ้นและทำให้ร่างกายดูดซึมแคลเซียมง่ายขึ้น

6. เป็นแหล่งโปรตีนชั้นดีในโยเกิร์ตจะมีโปรตีนมากกว่าในนมร้อยละ 20 และยังเป็นโปรตีนที่ย่อยง่ายร่างกายสามารถดูดซึมได้ดี

7. ช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจ แลคโตบาซิลัสช่วยควบคุมปริมาณคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้

8. ช่วยป้องกันมะเร็งแลคโตบาซิลัสสามารถจับกับสารก่อมะเร็งสามารถจับกับโลหะหนักและกรดน้ำดีซึ่งมีพิษ แลคโตบาซิลัสช่วยยับยั้งกลุ่มแบคทีเรียในลำไส้ที่สร้างสารไนเตรท และแลคโตบาซิลัส ยังช่วยเปลี่ยนสารฟลาโวนอยด์จากพืชให้เป็นสารต้านมะเร็งได้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Larrauri et al. (1996) ศึกษาการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงที่ได้จากการผลิตไซรัป และพบว่าหลังจากผ่านกระบวนการบดเปียก ล้างและทำให้แห้ง ใยอาหารผงมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ 28.1 กรัม/100 กรัมใยอาหารแห้ง และมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ 11.4 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง ซึ่งจัดว่าเปลือกมะม่วงเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี

กุลรภัส และคณะ (2553) ศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ในผลิตภัณฑ์ขนมปังขาไก่ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ตัวอย่างควบคุม), 5, 7.5 และ 10 ต่อสมบัติด้านเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังขาไก่ โดยได้ทำการตรวจสอบระยะเวลาการบ่มโด ขนาด สี เนื้อสัมผัส ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังขาไก่ ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารจากเปลือกมะม่วงโชคอนันต์ที่สูงขึ้น มีผลทำให้ระยะเวลาการบ่มโด ความคงทนต่อการแตกหัก ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ในขณะที่มีค่า L* ลดลง ระดับการทดแทนร้อยละ 5 พบว่าไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมในด้านสีของผลิตภัณฑ์และคะแนนความชอบโดยรวม

อรพรรณ และคณะ (2558) ศึกษากระบวนการสกัดใยอาหารจากมะม่วงเขียวเสวย โดยวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารจากส่วนต่างๆ ของมะม่วง ได้แก่ เปลือก เมล็ดใน และเนื้อ พบว่าเปลือกมะม่วงมีปริมาณใยอาหารสูงที่สุด วิธีการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง ได้ผลผลิตสูงที่สุด (14.05% โดยน้ำหนักแห้ง) และได้ปริมาณใยอาหารสูงที่สุด (52.32% โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อเทียบกับวิธีการสกัดด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95%

E. Sendra et al. (2010) ศึกษาคุณสมบัติสมบัติวิสโคอิลาสติกของโยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกส้ม โดยใช้ปริมาณ ขนาดอนุภาค และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยพบว่าการเสริมใยอาหารในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตที่ 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม/100 มิลลิลิตร มีผลทำให้ความหนืดของเกิร์ตเพิ่มขึ้น โยเกิร์ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่จะทำให้ความหนืดของโยเกิร์ตมีค่าสูงกว่าอนุภาคที่ขนาดเล็กกว่า และอุณหภูมิในการพลาสเจอร์ไรส์มีผลต่อคุณสมบัติสมบัติวิสโคอิลาสติกของโยเกิร์ตด้วย

Ana Paula do et al. (2012) ศึกษาพบว่าใยอาหารจากเปลือกผลไม้ (แอปเปิ้ล กล้วย เสาวรส) มีผลช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของโพรไบโอติกและปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต เมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุมไม่มีการเสริมใยอาหาร ดังนั้นเปลือกผลไม้เหลือทิ้งจึงมีความเหมาะสมในการนำมาสกัดใยอาหารเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์ได้

ธัชจุฑา และ ภูริภัทร์ (2551) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เพิ่มคุณประโยชน์มากขึ้นด้วยการผสมผลิตภัณฑ์ที่มีใยอาหารสูง สำหรับเป็นทางเลือกหนึ่งแก่ผู้บริโภคที่รักษาสุขภาพ โดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีใยอาหารสูง 3 ชนิด ได้แก่ แมงลัก สำรอง และถั่วแดง เมื่อทำการประเมินผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale และวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแมงลักผสมน้ำเชื่อมกลิ่นสละ และโยเกิร์ตถั่วแดงปริมาณน้ำตาลร้อยละ 45 โดยได้คะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด 7.08 และ 7.04 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ณัฐกานต์ เกียรติเมธา (2553) ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตเสริมใยอาหาร โดยใช้การเตรียมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ 5 ชนิด ได้แก่ วุ้นน้ำมะพร้าว กากมะพร้าว กล้วยดิบ แครอท และฟักทอง โดยการอบแห้งจนกระทั่งความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 จากนั้นตีป่นให้เป็นผง พบว่า วุ้นน้ำมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะให้ผงที่มีขนาดเล็ก เช่นเดียวกับกล้วยดิบ แครอท และฟักทองอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาสเซลเซียส ในขณะที่กากมะพร้าวอบแห้งจะให้ผงที่มีขนาดกลางเท่านั้น และมีกลิ่นหืนซึ่งไม่สามารถให้ผสมในโยเกิร์ตได้ ปริมาณใยอาหารที่เหมาะสมสำหรับดติมในโยเกิร์ตอยู่ที่ร้อยละ 4.5 โดยพบว่าโยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าวมีคุณลักษณะที่ดีที่สุด ไม่ทำให้เนื้อสัมผัสแตกต่างไปจากเดิม

กนกกานต์ และคณะ (2558) ศึกษาการนำเปลือกกล้วยเหลือทิ้งจากการผลิตกล้วยตาก ในจังหวัดพิษณุโลก มาใช้ประโยชน์โดยการสกัดสารสำคัญ ได้แก่ ใยอาหาร นำมาเติมในโยเกิร์ต เพื่อเพิ่มปริมาณใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เปลือกกล้วยมีใยอาหารทั้งหมด 90.43% ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 15.58, 8.45 และ 11.63 ตามลำดับ ค่าเปอร์เซ็นต์การอุ้มน้ำ pH และ ค่า a_w มีค่าเท่ากับ 9.52, 5.04 และ 0.31 ตามลำดับ นำใยอาหารที่สกัดได้ไปเสริมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตโดยการแทนที่นมผงเพื่อเพิ่มปริมาณใยอาหาร ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้า 1% (w/w) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด