บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ไอศกรีม (Ice cream)

1.1 ความเป็นมาของไอศกรีม

Ice Cream อาจเขียนเป็นภาษาไทยได้หลายอย่าง เช่นไอศกรีม ไอศครีม หรือที่เด็กๆเรียกกันว่า "ไอติม" ในสมัยก่อนนั้นไอศกรีมเป็นของหวานที่พอมีรับประทานสำหรับคนที่มีเงินเท่านั้น เนื่องจากตู้เย็นในสมัยนั้นมีราคาแพงมาก แต่ในปัจจุบันนี้จะเห็นได้ว่าไอศกรีมเป็นของหวานที่เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายเพราะรับประทานง่ายและย่อยง่าย และยังมีมากมายหลายรสหลายแบบให้เลือกอีกด้วยในศตวรรษแรกๆ อาหารที่มีลักษณะคล้ายๆกับไอศกรีมในปัจจุบันซึ่งได้ทำถวายแด่จักรพรรดิเนโร แห่งกรุงโรมนั้น ทำจากหิมะผสมน้ำผึ้ง น้ำผลไม้ และผลไม้ และหลังจากนั้นมาก็ไม่พบหลักฐานเกี่ยวกับอาหารพวกนี้อีกเลยในทางประวัติศาสตร์ จนกระทั่งถึงศตวรรษที่ 13 เมื่อมาโคโปโลกลับจากตะวันออกไกลพร้อมด้วยตำราทำอาหารเหมือนพวกเชอร์เบท ใน ค.ศ. 1560 มีชาวอิตาเลี่ยนได้เขียนหนังสือเกี่ยวกับอาหารทำจากนมที่ทำให้หวานด้วยน้ำผึ้งแล้วนำมาแช่แข็ง ต่อมาในปี ค.ศ. 1700 ได้มีหนังสือที่ไม่ได้เปิดเผยเพียงแต่ให้คำนำหน้าว่าเป็นศิลปะของการทำอาหารประเภทไอศกรีม (The Art of Making Frozen Desserts) เกิดขึ้น และได้ถูกจัดพิมพ์เป็นเล่มซึ่งมีอยู่ประมาณ 240 หน้า ในปารีสประเทศฝรั่งเศสและเผยแพร่ไปยังเยอรมัน-อังกฤษในโอกาสต่อมา สำหรับในอเมริกาเชื่อว่าอาหารประเภทนี้ถูกนำมาเผยแพร่จากยุโรป ในปี ค.ศ. 1700 ผู้ว่าการรัฐวิลเลี่ยม บาร์เด็น ของแมร์รี่แลนด์ สหรัฐอเมริกาได้รวมของหวานที่เป็นไอศกรีม และสตรอเบอรี่เข้าด้วยกัน ในปี ค.ศ. 1890 เป็นต้นมาได้มีการปรับปรุงอาหารปะเภทไอศกรีมให้ดีขึ้นเรื่อยๆจนถึงปัจจุบันนี้

ธุรกิจการขายไอศกรีมครั้งแรกในสหรัฐอเมริกานั้นเริ่มต้นขึ้นในรัฐบัลติมอร์ โดยจาคอบ ฟูสเสน ในปี ค.ศ. 1851 ซึ่งทำกำไรให้เขาได้มากทีเดียว และต่อมาก็มีโรงงานเล็กๆและอุตสาหกรรมแบบครัวเรือนเกิดขึ้นอีกมากตามมา ไอศกรีมโคนเริ่มเป็นที่รู้จักในงานแสดงสินค้านานาชาติที่เซนต์หลุยส์ สหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1904 ซึ่งช่วยให้ไอศกรีมเป็นที่นิยมและต้องการของตลาดมากยิ่งขึ้น ความรู้จักและความต้องการของไอศกรีมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งไอศกรีมกลายเป็นของหวานที่สำคัญอย่างหนึ่งในปัจจุบัน การผลิตไอศกรีมนมสดเริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 1960 ส่วนใหญ่จะขายในรูปไอศกรีมเหลวจาก Freezer หรือจากเครื่องปั่นไอศกรีม จากนั้นจะไหลเข้าสู่โคนหรือถ้วยให้กับผู้ซื้อโดยตรง ซึ่งในปัจจุบันคนนิยมรับประทานไอศกรีมไม่เพียงเป็นขนมหวานเท่านั้น แต่ถือเป็นอาหารว่างด้วย และเชื่อกันว่าอาหารประเภทไอศกรีมนี้มีถิ่นกำเนิด จาก อียิปต์ หรือ บาร์บิโลนเป็นแห่งแรก และถูกนำไปเผยแพร่ในศตวรรษแรกๆนั่นเอง

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์นมประเภทแช่แข็งโดยนำส่วนผสมที่ฆ่าเชื้อโรคแล้วไปปั่นในที่เย็นจัดเพื่อให้อากาศเข้าไป และทำให้เกิดรูปร่างข้นหนืดอย่างสม่ำเสมอ ส่วนผสมหลักของไอศกรีมประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์นม น้ำตาล สารช่วยให้คงตัว (Stabilizer) สารที่ช่วยให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (Emulsifier) ของแข็งที่ไม่รวมไขมัน (Milk Solid Not Fat) กลิ่นและสีที่ไม่เป็นอันตราย ไอศกรีมจัดเป็นของหวานแช่แข็งซึ่งมีหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่นำมาปรุงแต่งเป็นไอศกรีมหรืออาจเปลี่ยนแปลงไปแล้วแต่ความต้องการของตลาดแต่ส่วนมากมักคิดส่วนผสมออกมาเป็น เปอร์เซ็นต์จากวัตถุดิบต่างๆ ที่นำมาประกอบเป็นไอศกรีม ไอศกรีมที่ดีควรมีเปอร์เซ็นต์

ส่วนผสมที่แน่นอนได้สัดส่วนและตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งตามกฎหมายไอศกรีมต้องมีมันเนยมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และมีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยมากกว่า 7.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และมีแบคทีเรียไม่เกิน 600,000 ในผลิตภัณฑ์ 1 กรัม (กระทรวงสาธารณสุข 2544)

1.2 ชนิดของไอศกรีม

1.2.1 แบ่งชนิดของไอศกรีมตามกลิ่น รสชาติ ส่วนประกอบ และกระบวน การผลิต อาจแบ่งได้เป็นชนิดย่อยๆ ดังนี้ (Marshall and Arbuckle 1996)

(1) Plain Ice Cream หมายถึง ไอศกรีมที่มีกลิ่นรสเพียงอย่างเดียว ส่วนมากหมายถึง ไอศกรีมวานิลา สตรอเบอรี่และกาแฟ

(2) Fruit Ice Cream หมายถึง ไอศกรีมที่มีการเติมผลไม้หรือน้ำผลไม้ลงไป

(3) Nut Ice Cream หมายถึง ไอศกรีมที่มีการเติมถั่วลงไป เช่น อัลมอนด์ หรือถั่วลิสง

(4) French Ice Cream หมายถึง ไอศกรีมที่มีไขมันสูง และมีการเติมไข่แดงผง 1.5-3 เปอร์เซ็นต์

(5) Custard Ice Cream หมายถึง ไอศกรีมที่มีส่วนผสมของน้ำนมและไข่ นอก เหนือจากส่วนผสมของไอศกรีม แล้วนำไปทำให้แข็งโดยทั่วไปแล้วประกอบด้วยไขมันมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และมีไข่แดงผงไม่ต่ำกว่า 1.4 เปอร์เซ็นต์

(6) Pudding Ice Cream หมายถึง Fruit Ice Cream ที่มีการเติมไข่หรือไข่แดงเพิ่มขึ้น

(7) Parfait หมายถึง ไอศกรีมที่มีไขมันสูงและมีผลไม้ ถั่ว และไข่แดงเป็นส่วนประกอบด้วย

(8) Mousse หมายถึง ไอศกรีมที่ทำจากครีมฟู น้ำตาล และสารให้กลิ่น ไอศกรีมชนิดนี้มีไขมันสูง

(9) Spumoni หมายถึง ไอศกรีมรูปเค้ก โดยชั้นล่างและด้านข้างเป็นไอศกรีมวานิลาตรงกลางเป็นไอศกรีมช็อกโกแลต โรยหน้าด้วยถั่วและผลไม้

(10) Tortoni หมายถึง ไอศกรีมที่มีไขมันสูง ทำจากครีมฟูใส่กลิ่นอัลมอนด์โรยถั่วทำในพิมพ์ขนาดเล็ก

(11) Ice milk หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายไอศกรีมแต่ประกอบด้วยไขมันเพียง 2-5เปอร์เซ็นต์ มี ของแข็งที่ไม่รวมไขมัน 10-13 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 14-18 เปอร์เซ็นต์ สารช่วยให้คงตัว-อิมัลซิไฟเออร์ 0.4 เปอร์เซ็นต์ และใส่กลิ่นตามต้องการ

(12) Sherbet หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำ น้ำตาล กรด กลิ่นผลไม้ สี สารช่วยให้คงตัว และธาตุน้ำนมเพียงเล็กน้อย (milk fat) มักจะนิยมใช้น้ำนมเป็นแหล่ง milk fat และใช้ citric acid เป็นแหล่งของกรดโดยให้ความเป็นกรดไม่น้อยกว่า 0.35 เปอร์เซ็นต์ sherbet ประกอบด้วยน้ำตาล 25-30 เปอร์เซ็นต์ ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย 2-5 เปอร์เซ็นต์ สารช่วยให้คงตัว 0.4 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งกรด สี และสารให้กลิ่น แล้วทำให้ขึ้นฟู 30-45 เปอร์เซ็นต์

1.3 พลังงานและคุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีม

ไอศกรีมเป็นแหล่งพลังงานอย่างดี ดังนั้นไอศกรีมควรเป็นอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเด็กและผู้ใหญ่บางคนที่ต้องการเพิ่มน้ำหนัก และอาจเพื่อลดน้ำหนักได้ตามต้องการ โดยการเลือกชนิดของไอศกรีมหรือส่วนผสมของไอศกรีมที่เหมาะสม

1.3.1 แคลอรี่ของไอศกรีม

(1) คาร์โบไฮเดรต รวมถึงแลคโตส สารให้ความหวาน ผลไม้ หรือกลิ่นและรส

(2) โปรตีน รวมถึงโปรตีนในนม หรือแหล่งของโปรตีนอื่นๆ เช่น ผลไม้เปลือกแข็ง ไข่ หรือสารที่ช่วยให้คงตัว

(3) ไขมัน จากแหล่งผลิตภัณฑ์นม ไข่ โกโก้ หรือไขมันจากผลไม้เปลือกแข็งในส่วนผสมในไอศกรีม

คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ให้คุณค่าทางพลังงาน คือ 3.87, 8.79 และ 4.27 กิโลแคลอรี่ตามลำดับ

1.3.2 คุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีม

(1) โปรตีน โปรตีนในนมมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบ และเป็นแหล่งของทริพโตแฟน (Tryptophan) และมีไลซีน (Lysine) จำนวนมาก โปรตีนมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต คือช่วยทำให้ร่างกายเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย

(2) ไขมัน ไขมันมีกรดไขมันอย่างน้อยที่สุดถึง 60 ชนิด อาจมีพวกคอเลสเทอรอล เลซิทิน และโทโคฟีรอล อยู่ด้วย

(3) คาร์โบไฮเดรต เป็นแหล่งพลังงาน และความร้อนของร่างกาย

(4) แร่ธาตุ ธาตุอนินทรีย์ที่จำเป็นต่อร่างกายเช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม โซเดียม โปแตสเซียม และซัลเฟอร์ ธาตุเหล่านี้ต้องการเป็นส่วนมาก และที่ต้องการเป็นส่วนน้อย ได้แก่ ทองแดง โคบอลท์ ไอโอดีน แมงกานีส สังกะสี ฟลูออรีน โมลิบดีนัม และซีลีเนียม

นมและผลิตภัณฑ์นมที่ใช้ในไอศกรีมเป็นแหล่งของแคลเซียม ฟอสฟอรัส และแร่ธาตุที่จำเป็นอื่นๆ ไอศกรีมที่มีแลคโตสมากจะช่วยดูดซึมแคลเซียมได้มาก ซึ่งเด็ก และวัยรุ่นต้องการในการเจริญเติบโตเป็นอย่างยิ่ง (Goff 2003)

1.4 ขั้นตอนหลักในการผลิตไอศกรีมทุกชนิด

1.4.1 การคำนวณส่วนผสมไอศกรีม

การคำนวณส่วนผสมไอศกรีมนั้นจะต้องกำหนดสูตรไอศกรีมที่ต้องการขึ้นมาโดยต้องกำหนดองค์ประกอบของไอศกรีม ปริมาณที่ต้องการผลิต วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต องค์ประกอบของสารอาหารในวัตถุดิบ แล้วจึงคำนวณหาน้ำหนักของส่วนผสมต่าง ๆ ในไอศกรีม (Marshall and Arbuckle 1996)

1.4.2 การเตรียมส่วนผสมไอศกรีม

เมื่อคำนวณหาน้ำหนักของส่วนผสมต่าง ๆ ที่จะใช้แล้ว นำส่วนผสมมาผสมเข้าด้วยกันในถัง ขั้นตอนการผสมนั้นจะใส่ส่วนที่เป็นของเหลวก่อน เช่น ครีม นม นมข้น น้ำเชื่อม และอื่นๆ แล้วจึงค่อย ๆ ให้ความร้อนพร้อมทั้งคนส่วนผสมไปเรื่อย ๆ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 50 ^{0}ซ จึงเติมวัตถุดิบแห้ง เช่น ธาตุน้ำนมไม่รวม

มันเนย น้ำตาล และสารช่วยให้คงตัว ไม่ควรเติมสีและกลิ่นในขั้นตอนนี้ เพราะเมื่อนำส่วนผสมไปผ่านการให้ความร้อน อาจเกิดการสลายตัวได้ (Marshall and Arbuckle 1996)

1.4.3 การปั่นส่วนผสม (Blending)

ส่วนผสมพื้นฐานของไอศกรีม คือ ครีม นม น้ำตาล สารช่วยให้คงตัว และอิมัลซิไฟเออร์ ส่วนชนิดของไขมันและธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยที่จะนำมาใช้อาจขึ้นกับต้นทุนและข้อกำหนดของกฎหมาย เมื่อทำการปั่นส่วนผสมไอศกรีมด้วยเครื่องปั่น โดยใช้แรงเฉือน มีผลให้ของแข็งกระจายในส่วนผสมที่เป็นของเหลว

1.4.4 พาสเจอไรเซชัน (Pasteurization)

การพาสเจอไรซ์ส่วนผสมไอศกรีม มีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ 2531) การพาสเจอไรซ์ที่เหมาะสมนั้นควรให้ความร้อนถึงอุณหภูมิที่กำหนดอย่างรวดเร็ว และคงที่ ณ อุณหภูมินั้นตามเวลาที่กำหนด แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5^0ซ

1.4.5 โฮโมจีไนเซชัน (Homogenization)

การโฮโมจีไนซ์ เป็นกระบวนการที่ทำให้เม็ดไขมันแตกตัวเป็นเม็ดขนาดเล็กลง โดยเม็ดไขมันมีขนาดประมาณ 1-2 ไมครอน ซึ่งจะป้องกันการแยกชั้นของครีม ช่วยให้ไอศกรีมมีเนื้อนุ่ม และทำให้การปั่นส่วนผสมเป็นไปได้โดยง่าย รวดเร็ว ใช้เวลาบ่มส่วนผสมไม่นานนัก นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณสารช่วยให้คงตัวที่ใช้ให้น้อยลง (วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ 2531) การเพิ่มปริมาณไขมันมีผลทำให้ประสิทธิภาพการโฮโมจีไนเซชันลดลง และทำให้เม็ดไขมันมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยทั่วไปการโฮโมจีไนซ์แบ่งออกเป็นสองครั้ง ซึ่งมีข้อดีคือ ช่วยให้ไขมันกระจายตัวได้ดี เพราะการเกาะตัวของไขมันมีผลทำให้ความหนืดของส่วนผสมสูงขึ้น ซึ่งอาจมีผลทำให้ส่วนผสมเย็นช้าลง และทำให้การปั๊มของเครื่องโฮโมจีไนซ์เป็นไปได้ยาก เนื่องจากไอศกรีมมิกซ์ที่มีปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่า 6-10 เปอร์เซ็นต์ หรือมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูงความร้อนจากการพาสเจอไรซ์จะทำให้ไขมันและโปรตีนเกิดการรวมตัวกัน จึงต้องทำการโฮโมจีไนซ์หลังจากการพาสเจอไรซ์

1.4.6 การบ่มส่วนผสม (Aging)

การบ่มเป็นกรรมวิธีการเก็บรักษาอิมัลชันที่อุณหภูมิต่ำประมาณ อุณหภูมิ 2-4 ^{0}ซ ช่วง เวลาในการบ่มนานเพียงใดขึ้นอยู่กับสารช่วยให้คงตัวและอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ การบ่มต้องใช้ระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้เกิดการดูดซับของโปรตีนและอิมัลซิไฟเออร์ล้อมรอบที่ผิวเม็ดไขมัน รวมทั้งเกิดการอุ้มน้ำของโปรตีนและสารช่วยให้คงตัว ต้อง ใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง การบ่มส่งผลให้ความหนืดของส่วนผสมเพิ่มขึ้น(Marshall and Arbuckle 1996)

1.4.7 การปั่นไอศกรีม (Freezing)

ขั้นตอนนี้ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญยิ่งในกระบวนการผลิตไอศกรีม เพราะส่งผลถึงคุณภาพและความอร่อยของผลิตภัณฑ์ที่ได้ การปั่นไอศกรีมนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

(1) การเติมสีและกลิ่นตามต้องการผสมลงในไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการบ่ม แล้วลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว เพื่อทำให้น้ำในไอศกรีมมิกซ์กลายเป็นผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดเล็ก และสม่ำเสมอ ส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน สามารถอุ้มอากาศได้ดี ขณะเดียวกันก็มีการกวนไอศกรีมมิกซ์ตลอดเวลาอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้ความหนืดลดลง

(2) เมื่อไอศกรีมมิกซ์ถูกทำให้แข็งตัว มีปริมาณน้ำบางส่วนเท่านั้นที่เป็นผลึก เมื่อไอศกรีมมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นหรือมีปริมาณอากาศตามต้องการ แต่ปริมาณผลึกน้ำแข็งยังไม่เพียงพอ จึงต้องนำไปแช่แข็งเพื่อทำให้น้ำทั้งหมดแข็งตัวโดยไม่ต้องมีการกวน (Marshall and Arbuckle 1996)

1.4.8 การแช่แข็ง (Hardening)

คือการแช่แข็งไอศกรีมที่ผ่านขั้นตอนการปั่นแล้วโดยไม่มีการเติมอากาศเข้าไปอีก เนื่องจากไอศกรีมที่ออกจากถังปั่นมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ไม่สามารถคงรูปร่างได้ การแช่แข็งควรทำอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ทำให้ได้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน เวลาที่ใช้ในการแช่แข็งโดยทั่วไปจะใช้เวลาที่ทำให้อุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางของไอศกรีมในภาชนะบรรจุลดลงเหลือ -18 ^{0}ซ หรือต่ำกว่า นิยมทำที่อุณหภูมิ -25 ^{0}ซ ถึง -30 ^{0}ซ ในขั้นตอนการแช่แข็งนี้จะทำให้ไอศกรีมมีปริมาณน้ำที่แข็งตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำเพิ่มขึ้น จุดเยือกแข็งของไอศกรีมมิกซ์จึงลดลงอีกจนถึงจุดหนึ่งไม่มีผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้นอีก ดังนั้นน้ำในไอศกรีมจึงไม่สามารถแข็งตัวได้หมด

1.4.9 การเก็บรักษา

หลังจากไอศกรีมผ่านการแช่แข็งอาจจำหน่ายทันที หรือเก็บรักษาไว้ไม่เกิน 1-2 สัปดาห์ อาจใช้ห้องแช่แข็งเป็นห้องเก็บรักษา หรือแยกไอศกรีมเก็บไว้ในห้องเก็บรักษาต่างหากเนื่องจากอุณหภูมิของห้องเก็บรักษาสูงกว่าห้องแช่แข็ง โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงอุณหภูมิ -18 ถึง -23 ^{0}ซ (พัชรินทร์ รักถาวร 2542)

1.5 ไอศกรีมโยเกิร์ตและขั้นตอนการผลิต

ไอศกรีมโยเกิร์ตเป็นของผสมที่ผ่านกระบวนการแช่แข็งประกอบด้วยนม ไขมันนม ของแข็งไม่รวมไขมัน โยเกิร์ต และอาจเติมกลิ่นรส/สี ซึ่งส่วนมากนิยมเติมโดยการใช้ผลไม้ นอกจากนี้ไอศกรีมโยเกิร์ตต้องมีสารที่ช่วยเสริมความคงตัว เพื่อช่วยรักษาโครงสร้างฟองอากาศของไอศกรีม สารเหล่านี้ได้แก่ สารช่วยให้คงตัว อิมัลซิไฟเออร์ (Tamime and Robinson 1999) ไอศกรีมโยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะทางกายภาพเหมือนกับไอศกรีมแต่มีรสเปรี้ยวของโยเกิร์ต และต้องมีปริมาณกรดแลคติกไม่น้อยกว่า 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์ (Marshall and Arbuckle 1996)

ไอศกรีมโยเกิร์ตผลิตโดยการเตรียมโยเกิร์ตและไอศกรีมเหลวแยกจากกัน จากนั้นนำมาผสมรวมกันแล้วปั่นเป็นไอศกรีมโยเกิร์ต โยเกิร์ตเตรียมโดยการคำนวณส่วนผสม ซึ่งประกอบ ด้วย นมสด นมพร่องไขมันหรือนมคืนรูป และน้ำสะอาด จากนั้นผสมส่วนผสมต่างๆให้เข้ากันโดยใช้ความร้อนช่วยในการผสมแล้วโฮโมจีไนซ์ (homogenization) พาสเจอไรซ์ (pasteurization) และทำให้เย็นทันที จนอุณหภูมิส่วนผสมเท่ากับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของกล้าเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้ เติมกล้าเชื้อโยเกิร์ต บ่มไว้ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของจุลินทรีย์กล้า ส่วนไอศกรีมเหลวเตรียมโดยคำนวณส่วนผสม เช่น นมสด หางนมผง น้ำตาล สารช่วยให้คงตัว และไขมันนม แล้วนำส่วนผสมทั้งส่วนที่เป็นของแห้งและของเหลวผสมเข้าด้วยกันโดยใช้ความร้อนช่วยในการผสม ส่วนผสมที่ได้เรียกว่า ไอศกรีมเหลว (ice cream mix) จากนั้นนำเอาไอศกรีมที่ได้ไปผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์เพื่อละลายส่วนผสมให้เข้ากันดี ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย(spoilage bacteria) และลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total microorganism) ที่อุณหภูมิ 65 ^{0}ซ เป็นเวลา 30 นาที หรืออุณหภูมิ 80 ^{0}ซ เป็นเวลา 15-25 วินาที แล้วโฮโมจีไนซ์เพื่อให้เกิดอิมัลชันที่ความดัน 100-200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Nakasawa and Hosono 1992) โดยความดันและอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดและ

ปริมาณของส่วนผสม จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปผสมกับโยเกิร์ต จึงบ่ม (aging) ที่อุณหภูมิประมาณ 4 ^{0}ซ เพื่อช่วยให้ส่วนผสมและสารช่วยให้คงตัวสามารถดูดซับน้ำได้เต็มที่เพิ่มความหนืดให้กับไอศกรีมเหลวและทำให้เกิดโครงสร้างของผลึกไขมัน แล้วนำไปปั่นเป็นไอศกรีม (freezing) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการดึงความร้อนออกจากส่วนของไอศกรีมเหลวอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันก็มีการตีอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีมทำให้ได้ไอศกรีมที่มีความเรียบเนียน (smoothness) และความนุ่ม (softness) ตามต้องการ (Goff 2003)

ไอศกรีมโยเกิร์ต แบ่งตามเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟู (%Overrun) ได้ 3 ประเภท (Tamime and Robinson 1999) ดังตารางที่1 และสามารถแบ่งตามปริมาณไขมันได้ 3 ประเภท (Mashall and Arbuckle 1996) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ประเภทของไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งตามเปอร์เซ็นต์ของการขึ้นฟู

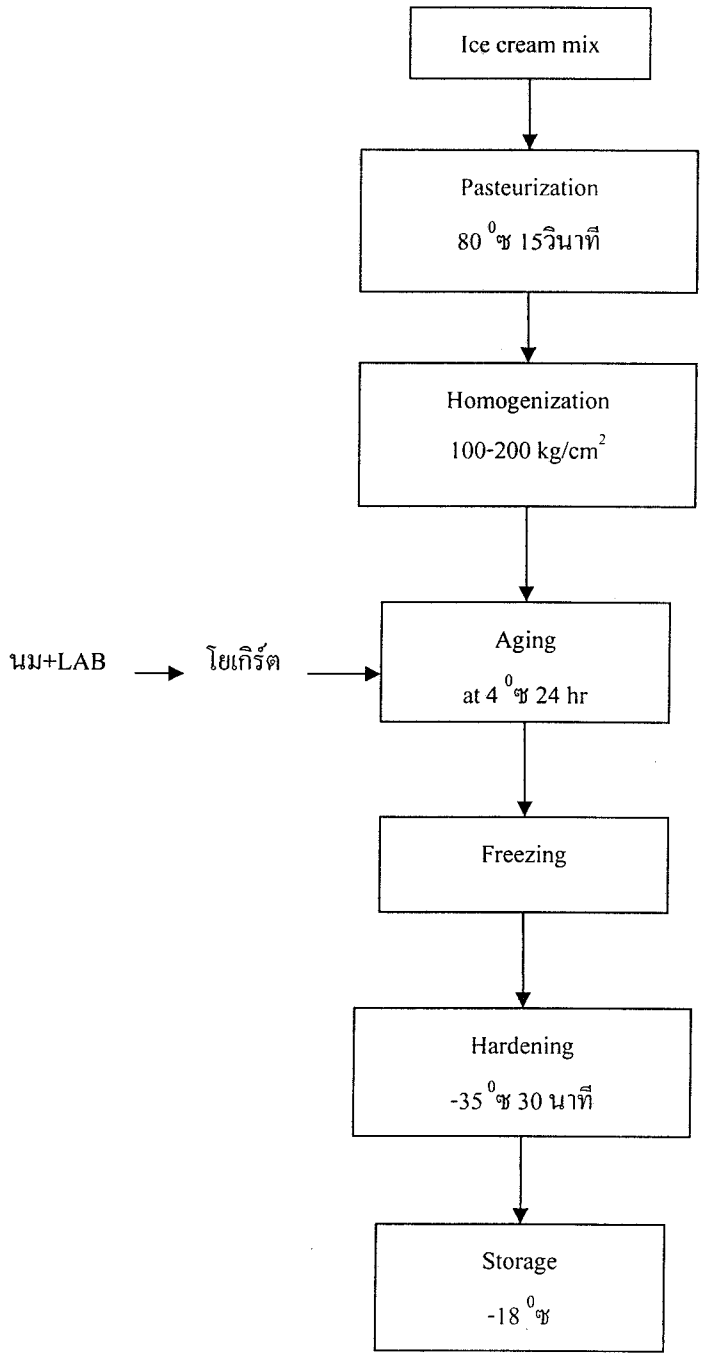
ส่วนผสม (%)	Soft Frozen yogurt	Hard Frozen yogurt	Mousse Frozen yogurt
ไขมัน	2-6	2-6	3
เนื้อนมไม่รวมไขมัน	5-10	5-14	12
น้ำตาล	8-20	8-16	8
สารช่วยให้คงตัว/ อิมัลซิไฟเออร์	0.2-1.0	0.2-1.0	2.4
เปอร์เซ็นต์การขึ้นฟู	50-60	70-80	90

ที่มา : Tamime and Robinson (1999)

ตารางที่ 2 ประเภทของไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งตามปริมาณไขมัน

ส่วนผสม (%)	Soft Frozen yogurt	Hard Frozen yogurt	Mousse Frozen yogurt
ไขมัน	<0.05	0.5-2.0	3.25-6.0
เนื้อนมไม่รวมไขมัน	8.25-14.0	8.25-13.0	8.25-13.0
น้ำตาล	15.0-17.0	15.0-17.0	15.0-17.0
สารช่วยให้คงตัว/ อิมัลซิไฟเออร์	0.6	0.6	0.5
การขึ้นฟู	28.0-31.0	29.0-32.0	30.0-33.0

ที่มา : Marshall and Arbuckle (1996)



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต

ที่มา: Golf (2003)

1.6 บทบาทของส่วนผสมในไอศกรีมโยเกิร์ต

ส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่เป็นผลิตภัณฑ์นม ประกอบด้วยส่วนผสมที่สำคัญ ได้แก่ ไขมันนม เนื้อนมไม่รวมมันเนย และโยเกิร์ต และส่วนที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์นม เช่น สารให้ความหวาน สารช่วยให้คงตัว อิมัลซิไฟเออร์ กลิ่นรส และน้ำ เป็นต้น ส่วนผสมต่างๆ มีบทบาทและหน้าที่ต่างกัน

1.6.1 ไขมัน

ไขมันเป็นส่วนผสมที่สำคัญสำหรับไอศกรีม เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพและคุณค่าทางอาหารของไอศกรีม ช่วยให้ส่วนผสมมีความสมดุล มีปริมาณไขมันตามที่กฎหมายกำหนด นอกจากนี้ไขมันเป็นส่วนประกอบที่ให้โครงสร้างและเนื้อสัมผัสในไอศกรีม ไขมันทำให้ไอศกรีมมีรสชาติและความมัน (richness) ที่ดี เนื่องจากไขมันสามารถเก็บกักและปล่อยกลิ่นรส (Goff 2003) นอกจากนี้ปริมาณไขมันเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในไอศกรีม โดยปริมาณไขมันที่มากขึ้นจะทำให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กลง ไอศกรีมจึงมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน แต่เนื่องจากไขมันไม่ละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งไขมันจึงไปขัดขวางการเติมอากาศลงในไอศกรีมทำให้อัตราการขึ้นฟูลดลง การเติมไขมันในปริมาณที่มากจะทำให้ไอศกรีมที่ได้เลี่ยนเกินไป ให้พลังงานสูง และต้นทุนสูง ไอศกรีมโดยทั่วไปมีไขมันประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ และถ้ามีปริมาณไขมันต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ กฎหมายระบุไว้ว่าต้องมีการระบุบนฉลากด้วยว่าเป็นผลิตภัณฑ์พร่องไขมัน ไขมันต่ำ หรือปราศจากไขมัน แหล่งของไขมันที่มีคุณภาพดีที่สุดในการผลิตไอศกรีมคือ ครีมสด หรืออาจใช้ไขมันจากแหล่งอื่นได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น ครีมแช่แข็ง และไขมันเนยเป็นต้น (Marshall and Arbuckle 1996)

1.6.2 เนื้อนมไม่รวมมันเนย

เนื้อนมไม่รวมมันเนยหมายถึงส่วนของเนื้อนมที่มีอยู่ในหางนม ประกอบด้วยโปรตีนนม 37 เปอร์เซ็นต์ แลคโตส 55 เปอร์เซ็นต์ และแร่ธาตุ 8 เปอร์เซ็นต์ ไอศกรีมควรมีเนื้อนมไม่รวมมันเนยประมาณ 15.6- 18.5 เปอร์เซ็นต์ แลคโตสเป็นน้ำตาลที่มีความหวานเล็กน้อย มีความสามารถในการละลายต่ำ จึงอาจเกิดการตกผลึกและเป็นสาเหตุให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเป็นทราย (sandiness) แร่ธาตุทำให้ไอศกรีมมีรสเค็มเล็กน้อย ส่วนโปรตีนนมมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี ช่วยเพิ่มความหนืดในไอศกรีมเหลว ทำให้ไอศกรีมมีความแน่นเนื้อและเรียบเนียนขึ้น เพิ่มอัตราการขึ้นฟูลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีม นอกจากนี้ยังช่วยให้ไอศกรีมละลายช้าลง อย่างไรก็ตามการเติมเนื้อนมไม่รวมมันเนยมากเกินไป อาจทำให้ไอศกรีมมีกลิ่นเหมือนนมที่ผ่านความร้อน (overcooked) มีกลิ่นของนมข้น (condensed-milk flavor) และอาจเกิดการตกผลึกของแลคโตส ระหว่างการเก็บรักษา แหล่งของเนื้อนมไม่รวมมันเนยได้จากหางนม หางนมผง ครีม และเวย์ผง (Marshall and Arbuckle 1996)

1.6.3 สารให้ความหวาน

สารให้ความหวานที่ใช้ในไอศกรีมมีหลายชนิด เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส น้ำผึ้ง น้ำตาลทรายแดง และคอร์นไซรัป เป็นต้น ที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ ซูโครส โดยอาจใช้ในรูปของซูโครสเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสารให้ความหวานชนิดอื่น ปริมาณสารให้ความหวานที่ใช้ในไอศกรีมขึ้นอยู่กับระดับความหวานที่ต้องการ การเติมสารให้ความหวานช่วยเพิ่มการยอมรับของไอศกรีม เสริมกลิ่นรสครีม (creamy flavor) เพิ่มปริมาณของแข็งในไอศกรีมทำให้ไอศกรีมมีเนื้อมากขึ้น เนื้อสัมผัสเรียบเนียน เพิ่มความหนืดให้กับไอศกรีมเหลว ลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีมเหลวการแข็งตัวของไอศกรีมจึงเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้ไอศกรีมมีความแข็งที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังเพิ่มความสามารถในการขึ้นฟูของไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะการละลายที่ดี และ

ช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาไอศกรีม (Goff 2003) การใช้สารให้ความหวานชนิดอื่นร่วมกับน้ำตาลซูโครสมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มของแข็งให้กับไอศกรีมโดยไม่ทำให้ไอศกรีมมีความหวานมากเกินไป ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมสำหรับไอศกรีมคือ 12-20 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเนื้อนมทั้งหมดในไอศกรีมที่เหมาะสมคือไม่ต่ำกว่า 42 เปอร์เซ็นต์ (Marshall and Arbuckle 1996) การเลือกสารให้ความหวานต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งชนิดและปริมาณ ทั้งนี้สารให้ความหวานที่ใช้ต้องทำให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมเหลวสูงพอที่จะเกิดผลึกน้ำแข็งในปริมาณที่เหมาะสม เพราะจุดเยือกแข็งที่ต่ำเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีปริมาณน้ำที่ไม่แข็งตัวเหลืออยู่มาก จนไอศกรีมมีลักษณะนุ่มเกินไป (Smith and Bradley 1983) และถ้ามีปริมาณสารให้ความหวานมากเกินไปไอศกรีมจะเหนียวหนืด (sticky) และแฉะ (soggy)

1.6.4 สารช่วยให้คงตัว

สารช่วยให้คงตัวที่ใช้ในไอศกรีมเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ ส่วนมากเป็นโพลีแซคคาไรด์ แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ สารช่วยให้คงตัวประเภทเจลาติน ซึ่งได้จากส่วนของหนังหรือกระดูกของสัตว์ สารช่วยให้คงตัวที่ผลิตจากพืช เช่น คาราจีแนน (carrageenan) วุ้น (agar) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxy methyl cellulose: CMC) และเพกติน (pectin) และประเภทสุดท้าย คือ สารช่วยให้คงตัวประเภทกัม (gum) เช่น กัวกัม (guar gum) และโลคัสบีนกัม (locus bean gum) (Marshall and Arbuckle 1996) สารช่วยให้คงตัวทุกชนิดมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี เพื่อเพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับไอศกรีมเหลว เพิ่มเนื้อให้ไอศกรีม ลดอัตราการละลายของไอศกรีม ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่และการเกิดผลึกแลคโตสขณะเก็บรักษาในสภาวะที่มีการเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิ ทำให้เนื้อสัมผัสคงความเรียบเนียน นอกจากนี้ยังทำให้การกระจายตัวของสารให้กลิ่นรสเป็นไปได้ดีขึ้น ช่วยให้เซลล์อากาศมีความคงตัว ลดการเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างไอศกรีมกับภาชนะบรรจุหรืออากาศ และป้องกันการลดลงของปริมาตรขณะเก็บรักษา ปริมาณสารช่วยให้คงตัวที่ใช้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารช่วยให้คงตัวแต่ละชนิด ปริมาณของแข็งในไอศกรีมเหลว และปัจจัยอื่นๆ การใช้สารช่วยให้คงตัวร่วมกันหลายชนิดจะเสริมการทำงานของกันและกัน และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสารช่วยให้คงตัวแต่ละชนิด (Goff 2003) โดยทั่วไปนิยมใช้ 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามการใช้สารช่วยให้คงตัวมากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีลักษณะการละลายไม่ดี เหนียวหนืด เนื้อหนัก และแฉะ (Marshall and Arbuckle 1996)

NAGAR and others (2002) ได้ทำการศึกษาการใช้สารช่วยให้คงตัวชนิด inulinในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ต พบว่าการเติม inulin จะช่วยเพิ่มความหนืดและความแน่นแข็งและช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของการละลายของไอศกรีมโยเกิร์ต

Ioanna and Gregory (1992) ได้ทำการศึกษาการใช้สารช่วยให้คงตัว 3 ชนิดในไอศกรีมโยเกิร์ตจากนมแกะ ได้แก่ แซนแทนกัม กัวกัม และสารช่วยให้คงตัวทางการค้า พบว่า แซนแทนกัมให้ค่าความหนืดและค่าความแน่นแข็งสูงสุดและให้ค่าการละลายที่ต่ำสุด รองลงมาเป็นกัวกัมและสารช่วยให้คงตัวทางการค้าตามลำดับ

1.6.5 อิมัลซิไฟเออร์

อิมัลซิไฟเออร์ประกอบด้วยกลีเซอรอล และกรดไขมันบางชนิด อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม ได้แก่ โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไกลคอลเอสเทอร์ เป็นต้น การเติมอิมัลซิไฟเออร์ทำให้

ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน เนื้อแน่น ลดระยะเวลาในการทำให้ขึ้นฟู ทำให้เซลล์อากาศมีขนาดเล็กและกระจายตัวได้ดีขึ้น ช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างไขมันและน้ำเนื่องจากโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์ประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ และชอบไขมันจึงสามารถแทรกตัวอยู่ระหว่างเฟสของของเหลวทั้ง 2 ชนิดได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดความคงตัวของเม็ดไขมัน (destabilization) ทำให้เม็ดไขมันสามารถเกาะกันได้บางส่วนระหว่างการตีอากาศและการแช่แข็ง การชักนำให้เกิดการรวมตัวกันของเม็ดไขมันเป็นกลไกทำให้เกิดโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของไอศกรีม (Goff 2003) ปริมาณของอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ต้องเหมาะสม หากใช้มากเกินไปจะทำให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมเสียไป และไอศกรีมจะละลายช้ามาก โดยทั่วไปปริมาณอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ต้องไม่มากกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ (Marshall and Arbuckle 1996)

1.6.6 โยเกิร์ต

โยเกิร์ตทำหน้าที่ให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตที่เป็นกลิ่นรสสำคัญในไอศกรีมโยเกิร์ตและให้ความเปรี้ยวจากกรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ผลิต เช่น กรดแลคติก และกรดอะซิติก นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของแบคทีเรียแลคติก (lactic acid bacteria) และเป็นแหล่งของแบคทีเรียโปรไบโอติก (probiotic bacteria) ด้วยในกรณีที่ใช้แบคทีเรียโปรไบโอติกเป็นกล้าเชื้อในการผลิตโยเกิร์ต โดยทั่วไปนิยมเติมโยเกิร์ตประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมทั้งหมดในไอศกรีมโยเกิร์ต (Marshall and Arbuckle 1996)

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีโปรตีนจากนมที่ถูกย่อยได้ง่าย มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด ในปริมาณที่ต่างกัน มีไขมันปริมาณต่ำ มีคาร์โบไฮเดรตซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแลคโตส มีวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 (thiamin) และวิตามิน บี 2 (riboflavin) นอกจากนี้มีแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และโซเดียม (Tamine and Robinson 1999) โยเกิร์ตมีจุลินทรีย์กรดแลคติกที่มีชีวิตอยู่ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ประจำถิ่น ที่อยู่ในลำไส้ ทำให้ผู้ที่บริโภคโยเกิร์ตเป็นประจำมีความผิดปกติเกี่ยวกับลำไส้และระบบทางเดินอาหารลดลง (Lankaputhra and Shah 1995)

โยเกิร์ตสามารถแบ่งได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง เช่น ใช้ปริมาณไขมันที่กฎหมายกำหนดเป็นเกณฑ์ แบ่งเป็นโยเกิร์ตไขมันเต็ม (full fat yogurt) โยเกิร์ตไขมันปานกลาง (medium fat yogurt) และโยเกิร์ตไขมันต่ำ (low fat yogurt) หากใช้วิธีการเกิดเจลเป็นเกณฑ์ แบ่งเป็น โยเกิร์ตที่เกิดเจลในภาชนะแบ่งบรรจุ (set yogurt) โยเกิร์ตที่กวนหลังเกิดเจล (stirred yogurt) และโยเกิร์ตชนิดดื่มได้ (drinking yogurt) นอกจากนี้ยังใช้กระบวนการหลังการบ่มเป็นเกณฑ์ได้อีกด้วย โดยแบ่งเป็น โยเกิร์ตที่ผ่านการให้ความร้อน (heat treatment yogurt) โยเกิร์ตที่ผ่านการแช่แข็งหรือไอศกรีมโยเกิร์ต (frozen yogurt) และโยเกิร์ตที่ผ่านการทำแห้ง (dried yogurt) (Law 1997)

2. โปรไบโอติก

2.1 ความหมายของโปรไบโอติก

คำว่า โปรไบโอติก (Probiotic) ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกในรายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ของ Lilly และ Stillwell ในปี พ.ศ. 2508 เพื่อกล่าวถึงสารที่จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งขับออกมา และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นการทำงานที่ตรงข้ามกับการทำงานของยาปฏิชีวนะ (antibiotic) ที่จะทำลายจุลินทรีย์เกือบทุกชนิด

ในปี พ.ศ. 2517 Parker ได้ให้คำจำกัดความว่า โปรไบโอติก คือสิ่งมีชีวิตและสารเคมีที่มีผลต่อสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้

คำจำกัดความล่าสุด ซึ่งเสนอโดย Fuller ในปี พ.ศ. 2532 อธิบายคำว่า โปรไบโอติก คืออาหารเสริมซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิต สามารถก่อประโยชน์ต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่มันอาศัยอยู่ โดยการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในร่างกาย

คำว่าจุลินทรีย์ (micro-organism) หมายถึงสิ่งมีชีวิตซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ที่อาจมีโทษหรือมีประโยชน์ต่อเราก็ได้ แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ คือ ไวรัส, ราและยีสต์, แบคทีเรียและพาราไซต์ ซึ่งแบคทีเรียเป็นที่รู้จักแพร่หลายมากที่สุดในชนิดของจุลินทรีย์ที่กล่าวมาแล้ว ตัวอย่างของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค ได้แก่ เชื้อวัณโรค เชื้อที่ทำให้เจ็บคอ หรือเชื้อที่ทำให้เกิดอาการท้องเสียจากอาหารเป็นพิษเป็นต้น แต่ยังมีแบคทีเรียที่ดีที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกได้ ซึ่งอาจเรียกว่า แบคทีเรียแลคติก แบคทีเรียเหล่านี้ก็คือ โปรไบโอติก ซึ่งได้แก่ *Lactobacillus acidophilus*, *Enterococcus faecalis*, และ *Bifidobacterium bifidum* แบคทีเรียเหล่านี้อาศัยอยู่ในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ตั้งแต่เป็นทารก ทำหน้าที่ช่วยย่อยอาหารและผลิตสารอาหารที่ดีมีประโยชน์ให้กับร่างกาย ได้แก่ กรดอะมิโน กรดแลคติก วิตามินเค วิตามินบี และสารปฏิชีวนะธรรมชาติหลายชนิด ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายดังนี้

2.1.1 กรดแลคติกที่แบคทีเรียผลิตออกมา จะทำให้สภาวะภายในลำไส้มีความเป็นกรดมากพอที่จะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค

2.1.2 ทำให้ระบบขับถ่ายดี ไม่เกิดการหมักหมมของของเสียในร่างกาย เป็นการลดอัตราเสี่ยงของการเกิดมะเร็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะเร็งลำไส้ใหญ่ และมะเร็งตับ

2.1.3 วิตามินบี 12 ที่ได้ จะทำให้เซลล์ในระบบภูมิต้านทานทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้มีการผลิตเม็ดเลือดแดงดีขึ้นด้วย

2.1.4 ช่วยยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง และกำจัดสารก่อมะเร็งบางชนิด

2.1.5 แบคทีเรียแลคติก ช่วยลดระดับน้ำตาลและคอเลสเทอรอลในเลือด

2.1.6 เอนไซม์แลคเตส ช่วยย่อยน้ำตาลในนม ทำให้ไม่มีอาการท้องอืดจากการดื่มนม และช่วยให้การดูดซึมแคลเซียมดีขึ้น

ในสภาวะที่ร่างกายเป็นปกติ แบคทีเรียและจุลินทรีย์ต่างๆจะรักษาสมดุลโดยควบคุมปริมาณซึ่งกันและกันให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เมื่อใดก็ตามที่ร่างกายมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกลดน้อยลงหรือมีจุลินทรีย์ก่อโรคมากขึ้น ร่างกายจะแสดงอาการผิดปกติที่พบเห็นบ่อย ได้แก่ ท้องผูก ภูมิแพ้ เบื่ออาหาร ท้องอืด ท้องเฟ้อ อ่อนเพลีย ซึมเศร้า นอนไม่หลับ ปวดหัว หรือไมเกรน และทำให้ระบบการทำงานในร่างกายผิดปกติ เช่น ระดับ

คอเลสเทอรอล หรือ ไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง ภูมิต้านทานโรคบกพร่อง หรืออาจเป็นโรคเรื้อรังที่รักษาไม่หายขาด เช่น ไอเรื้อรังเป็นต้น ผู้หญิงจะมีตกขาวมาก ประจำเดือนผิดปกติหรือมีอาการปวดท้องในระหว่างมีรอบเดือน

สาเหตุที่ทำให้แบคทีเรียแลคติกมีปริมาณลดน้อยลง เนื่องจาก อายุที่มากขึ้น ความเครียด การได้รับสารกันบูดหรือยาฆ่าแมลงที่ปนเปื้อนในอาหาร การได้รับยาปฏิชีวนะที่ตกค้างมากับเนื้อ นม ไข่ ที่เป็นแหล่งอาหาร และการรับประทานยาคุมกำเนิด สเตียรอยด์และยาปฏิชีวนะ ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้แบคทีเรียแลคติกในร่างกายมีปริมาณลดน้อยลง

ปริมาณแบคทีเรียแลคติกในร่างกายที่มีจำนวนมาก จะทำให้การย่อยอาหารเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และได้รับสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ได้รับวิตามินบีหลายชนิด ซึ่งมีความจำเป็นต่อระบบการย่อยอาหาร และมีความสำคัญต่อระบบภูมิต้านทานด้วย และยังได้รับวิตามินเค ซึ่งช่วยสมานแผลและทำให้เลือดหยุดไหลเร็ว นอกจากนี้ยังช่วยให้สภาวะในลำไส้ มีความเป็นกรดพอที่จะยับยั้งการเจริญของยีสต์ และจุลินทรีย์ก่อโรคได้ และยังพบว่าการผลิตเซลล์เม็ดเลือดแดงในร่างกายดีขึ้น ระดับคอเลสเทอรอลในเลือดลดลง การดูดซึมแคลเซียมดีขึ้น สารก่อมะเร็งในร่างกายลดลง และทำให้ผิวพรรณผ่องใส

การทำให้แบคทีเรียแลคติกในร่างกายมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ทำได้โดยการรับประทานผักสด ผลไม้สด และอาหารปลอดสารพิษ หลีกเลี่ยงอาหารที่มีการใช้สารเคมีถนอมอาหาร และเสริมด้วยการรับประทานผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่หมักด้วยแบคทีเรียแลคติกที่มีชีวิตหลายสายพันธุ์

2.2 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก

ได้มีนักวิจัยหลายท่านได้กล่าวถึงคุณสมบัติที่เป็นที่ต้องการในเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกโดยการพิจารณาประกอบกันหลายด้าน

Lee and Salminen (1995) ได้พิจารณาคุณสมบัติที่ควรจะมีของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก โดยแบ่งออกเป็นคุณสมบัติด้านที่เกี่ยวกับสุขภาพและคุณสมบัติด้านความคงทน ดังนี้

(1) พิจารณาเกี่ยวกับต้นกำเนิดของสายพันธุ์

(2) ความคงทนต่อกรดและน้ำดี

(3) การยึดเกาะและการเจริญในลำไส้มนุษย์ เป็นต้น

Salminen และคณะ (1998) มีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก ดังนี้

(1) ในด้านลักษณะทั่วไป พิจารณาเกี่ยวกับต้นกำเนิดของสายพันธุ์ ความปลอดภัยของสายพันธุ์ที่เลือกใช้

(2) ในด้านความปลอดภัยและความคงทนในสภาวะต่างๆ พิจารณาเกี่ยวกับการมีกิจกรรมและการมีชีวิตอยู่ในผลิตภัณฑ์ ความมีศักยภาพในการยึดเกาะในลำไส้ ความคงทนต่อสภาวะ pH ต่ำ น้ำย่อยในกระเพาะอาหาร กรดน้ำดี (bile acids) น้ำย่อยจากตับอ่อน (pancreatic juice) การสร้างอาณานิคมหรือการขยายพันธุ์ / การรอดชีวิตในการทดลองในสิ่งมีชีวิต (in vivo)

(3)ในด้านบทบาทหน้าที่และทางด้านสรีรวิทยา พิจารณาเกี่ยวกับ การยึดเกาะที่เยื่อบุลำไส้ เนื้อเยื่อ การเกิดพิษ หรือ การสร้างภาวะต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค มีกิจกรรมต่อต้านสารปฏิชีวนะ หรือ

การกระตุ้นหรือยับยั้งระบบภูมิคุ้มกัน หรือเลือกกระตุ้นเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์และยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่เป็นอันตรายหรือมีผลข้างเคียงในด้านการบำรุงรักษากับอาสาสมัครผู้ป่วย

2.3 เชื้อจุลินทรีย์ที่จัดเป็นโปรไบโอติกและผลิตภัณฑ์ที่ใช้เชื้อโปรไบโอติก

เชื้อจุลินทรีย์ที่จัดให้เป็นโปรไบโอติก โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ซึ่งได้แก่ Lactobacilli, Streptococi, Enterococci, Lactococci, Bifidobacteria ส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ไม่ผลิตกรดแลคติก เช่น *Bacillus* spp. นอกจากนี้ยังมีเชื้อรา คือ *Aspergillus* spp. และเชื้อยีสต์ คือ *Saccharomyces* spp. (Gibson and others 2000b)

ไบฟิโดแบคทีเรียเป็นแบคทีเรียในไฟลัม (phylum) *Actinobacteria* แฟมิลี่ (family) *Bifidobacteriaceae* จีนัส (genus) *Bifidobacterium* มีโครงสร้างเซลล์แบบแท่งโค้ง (curved rod) หรือแท่งที่มีการแบ่งครึ่ง (bifid rod) มีรูปร่างหลายแบบ เช่น Y-shape และ V-shape มีความยาว 2-8 ไมโครเมตร (Mayer and Moser 1950) เป็นแบคทีเรียแกรมบวกไม่สร้างสปอร์ ไม่เคลื่อนที่ ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ ไม่มีเอนไซม์คะตาเลส (catalase) มีความสามารถในการเปลี่ยนแลคโตสเป็นกรดอะซีติกและกรดแลคติกในอัตราส่วน 3:2 และมีกิจกรรมของเซลล์ในการเปลี่ยนกลูโคสเป็นฟรุกโตส-ฟอสเฟตโดยเอนไซม์ fructose-6-phosphate phosphoketolase (Tannock 1997) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญ คือ 35-45 ^{0}ซ และ ความเป็นกรด-ด่าง 5.5-5.6 เป็นค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดที่สามารถอยู่รอดได้ (Prescott and others 2002)

แลคโตบาซิลไลเป็นแบคทีเรียในไฟลัม *Firmicutes* แฟมิลี่ *Lactobaciliaceae* จีนัส *Lactobacillus* มีลักษณะเป็นท่อนกลมรูปทรงกระบอก (rod) เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่มีเอนไซม์คะตะเลส ไม่สร้างสปอร์ มีความสามารถในการผลิตกรดแลคติกจากแลคโตส ลักษณะโคโลนีสีขาวขุ่นออกเหลือง บางครั้งเกาะกันเป็นกลุ่ม เส้นผ่านศูนย์กลาง 1-3 มิลลิเมตร อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญคือ 30-40^{0}ซ และ 4.5-6.4 ตามลำดับ (Dale 2001; Prescott and others 2002)

Shah and others (1999) ได้ศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียโปรไบโอติก *L .acidophilus* และ *B. bifidum* ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต 5 ผลิตภัณฑ์ในออสเตรเลียซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ^{0}ซ เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าเชื้อทั้งสองชนิดมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้น

ศริสา ทวีแสง (2548) ศึกษาการเหลือรอดของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกในน้ำผลไม้ 3 ชนิดคือ น้ำส้ม น้ำสับปะรดและน้ำมะเขือเทศ โดยทำการศึกษาโปรไบโอติก 2 ชนิด คือ *L. acidophilus* และ *L. delbrueckii* spp. *lactis* พบว่า ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน เชื้อ *L. acidophilus* สามารถเหลือรอดชีวิตอยู่ได้ในน้ำสับปะรดและน้ำมะเขือเทศได้สูงที่สุดเท่ากับ 9.04 และ 9.15 log cfu/ml ตามลำดับซึ่งเป็นจำนวนมากกว่าระดับต่ำสุดที่กำหนดให้เป็นระดับที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Therapeutic Dose)

Stanton and others (1998) ศึกษาเกี่ยวกับการนำเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก *Lactobacillus* เพิ่มเข้าไปในระหว่างกระบวนการผลิตเนยแข็งเช็ดด้า และ พบว่า *L .paracasei* สายพันธุ์ NFBC 338 และ NFBC 364 ยังคงมีชีวิตในระหว่างช่วงของการบ่ม และมีปริมาณเชื้อ 1×10^{8} cfu/g หลังจากการบ่ม 8 เดือน และไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพในด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนยแข็งเช็ดด้า

Cristina and others (2005) ทำการศึกษาผลของการเติม เชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก *Lactobacillus rhamnosus* GG ในไอศกรีม พบว่า LGG มีผลทำให้ค่า pH และความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของไอศกรีม เช่น overrun และยังพบว่าในขั้นตอนหลังปั่นไอศกรีมมีผลทำให้จำนวนเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก มีแนวโน้มลดลง

Hekmat and McMahon (1992) ทำการศึกษาการเหลือรอดของ *L. acidophilus* , *B. bifidum* และกิจกรรมของเอนไซม์ β- galactosidase ในไอศกรีม พบว่า หลังจากการเก็บรักษาแบบแช่แข็งที่ -29 ^{0}ซ เป็นเวลา 17 สัปดาห์ จำนวนเชื้อเริ่มต้นของ *L. acidophilus* , *B. bifidum* ลดลงจาก 1.5× 10^{8} cfu/ml และ 2.5× 10^{8} cfu/ml เหลือ 4×10^{6} cfu/ml และ 1×10^{7} cfu/ml ตามลำดับ และกิจกรรมของเอนไซม์ β- galactosidase ลดลงจาก 1800 units/ml เหลือ 1300 units/ml

2.4 การเจริญของโปรไบโอติกร่วมกับจุลินทรีย์โยเกิร์ต

จุลินทรีย์แลกติกที่เป็นโปรไบโอติกมีความสามารถในการผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไดอะซีติล และสารต้านการเจริญของแบคทีเรียชนิดอื่น *Lactobacillus acidophilus* และ*Lactobacillus casei* ผลิตกรดแลคติก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากการหมัก ส่วนไบฟิโดแบคทีเรียผลิตกรดอะซีติกและกรดแลคติกในอัตราส่วน 3:1 สารที่สร้างจากโปรไบโอติกเหล่านี้มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหารสำหรับจุลินทรีย์โยเกิร์ต เช่น *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* สามารถผลิตสารต้านการเจริญของแบคทีเรียอื่นเช่นกัน Gilliland and speck (1977) ศึกษาการเจริญของ *L. acidophilus* ในโยเกิร์ตที่มี *Lb. bulgaricus* ร่วมด้วย ที่อุณหภูมิต่ำ พบว่า *L. acidophilus* มีการเจริญลดลงเมื่อมี *Lb. bulgaricus* เนื่องจากการสร้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของ *L. bulgaricus* โปรไบโอติกมีความสามารถในการยึดเกาะกับผนังลำไส้เล็ก โดย *L. acidophilus* ยึดเกาะอยู่บริเวณลำไส้เล็กตอนบนส่วนไบฟิโดแบคทีเรียยึดเกาะอยู่บริเวณลำไส้เล็กตอนล่างและลำไส้ใหญ่ ความสามารถในการยึดเกาะนี้เองที่ทำให้ *Lb. acidophilus* และไบฟิโดแบคทีเรียสามารถเจริญแข่งกับเชื้อจุลินทรีย์ประจำถิ่นซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค *Lb. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เป็นจุลินทรีย์โยเกิร์ตที่มีความสามารถในการย่อยโปรตีน (proteolytic activity) (Shihata and Shah 2000) เนื่องจากมีการผลิตเอนไซม์เพื่อเปลี่ยนโปรตีนเคซีนในนมให้เป็นโอลิโกเพพไทด์ จากนั้นเอนไซม์เพพติเดส (peptidase) เปลี่ยนโอลิโกเพพไทด์ให้เป็นเพพไทด์และกระอะมิโนอิสระ กรดอะมิโนอิสระที่ได้จากการย่อยโปรตีนเป็นสารอาหารที่ใช้ในการเจริญของ *Lb. bulgaricus* และ *S. thermophilus* จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้จึงสามารถเจริญได้อย่างรวดเร็วในโยเกิร์ต ส่วน *Lb. acidophilus* และไบฟิโดแบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์โปรไบโอติกที่เจริญได้ช้าในนม เนื่องจากขาดความสามารถในการย่อยโปรตีน และปริมาณอะมิโนอิสระและเพพไทด์ที่มีอยู่ในนมไม่เพียงพอต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Lb. acidophilus* และไบฟิโดแบคทีเรีย การใช้จุลินทรีย์โยเกิร์ตร่วมกับโปรไบโอติกจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตได้โดยจุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนเพื่อให้โปรไบโอติกสามารถนำไปใช้ในการเจริญ และเนื่องจาก *Lb. bulgaricus* และ *S. thermophilus* มีความสามารถในการเจริญดีกว่า *Lb. acidophilus* และไบฟิโดแบคทีเรีย จึงเป็นสาเหตุให้ *Lb. acidophilus* และไบฟิโดแบคทีเรีย มีจำนวนลดลง (Dave and Shah 1998)

2.5 การเหลือรอดของโปรไบโอติก (survival of probiotic bacteria)

โปรไบโอติกในผลิตภัณฑ์ เช่น โยเกิร์ต ไอศกรีมโยเกิร์ต เพื่อให้ได้ประโยชน์ต่อสุขภาพจะต้องตระหนักถึงปริมาณแบคทีเรียโปรไบโอติกที่มีอยู่ในอาหาร โดยอาหารโปรไบโอติกควรมีปริมาณเชื้อโปรไบโอติกไม่ต่ำกว่า 10^5 โคโลนีต่อกรัม แต่ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตและไอศกรีมโยเกิร์ตในท้องตลาดส่วนมากมีปริมาณโปรไบโอติกในระดับต่ำกว่าที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น สายพันธุ์และชนิดของโปรไบโอติก กระบวนการผลิต ความเป็นกรดของอาหาร การสร้างกรดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (post-acidification) ความเข้มข้นของปริมาณน้ำตาล ปริมาณออกซิเจนในผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิและระยะเวลาในการหมัก การซึมผ่านของออกซิเจนเข้าสู่ภาชนะบรรจุ ความไวของเชื้อต่อสารปฏิชีวนะ สารเสริมและสารยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ปริมาณสารอาหารในนม และอุณหภูมิในการเก็บรักษาเป็นต้น (Dave and Shah 1997) ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการอยู่รอดของโปรไบโอติกมีดังนี้

2.5.1 ความเป็นกรด-ด่าง

โปรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ทนต่อความเป็นกรด ถ้ามีการผลิตกรดมากค่าความเป็นกรด-ด่างจะต่ำลง เป็นผลทำให้โปรไบโอติกอยู่รอดในโยเกิร์ตน้อย จากการศึกษาของ Lankaputhra and Shah (1995) พบว่า *Lb. acidophilus* มีความสามารถในการเจริญในสภาวะที่เป็นกรดได้ดีกว่า *B.bifidum* แต่ *Lb.acidophilus* เจริญได้ไม่ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4 และถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 2 จะลดจำนวนอย่างรวดเร็ว ส่วน *B. bifidum* เริ่มลดจำนวนลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5 (Hood and Zottola 1988)

2.5.2 ปริมาณน้ำตาล

Shah and Ravula (2000) ศึกษาการเจริญของจุลินทรีย์โยเกิร์ตชนิด *Lb.bulgaricus* และ *S. thermophilus* และ โปรไบโอติกชนิด *Lb. acidophilus* และไบฟีโดแบคทีเรียในโยเกิร์ตที่ผลิตจากหางนมผงและเติมน้ำตาล (ซูโครส) ในระดับต่างกัน พบว่าเมื่อปริมาณซูโครสเพิ่มขึ้นค่าวอเตอร์แอคติวิตี้(A_w)ของโยเกิร์ตลดลงและใช้เวลาในการหมักจนค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 มากขึ้น

2.5.3 ปริมาณโปรไบโอติกที่เติมเป็นกล้าเชื้อในการผลิต

ปริมาณกล้าเชื้อโยเกิร์ตเป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณจุลินทรีย์ที่คงอยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย Anon (1994) พบว่าถ้ามีการใช้ *Lb. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เป็นกล้าเชื้อในปริมาณที่สูงเกินไป จะทำให้ปริมาณ *Lb. acidophilus* และ *B. bifidum* ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายลดลง (Dave and Shah 1997)

2.5.4 ปริมาณออกซิเจน

ไบฟีโดแบคทีเรียเป็นโปรไบโอติกชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญแต่ออกซิเจนมีสถานะเป็นก๊าซจึงสามารถเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ในระหว่างการผลิต และซึมผ่านภาชนะบรรจุได้ นอกจากนี้ยังมีออกซิเจนอีกส่วนหนึ่งกระจายอยู่ในนม ออกซิเจนเหล่านี้เป็นสาเหตุให้ไบฟีโดแบคทีเรียเจริญได้ไม่ดี Ishibashi and Shimamura (1993) แนะนำให้ใช้ *S. thermophilus* ร่วมกับไบฟีโดแบคทีเรียในการผลิตโยเกิร์ตช่วยป้องกันการลดลงของไบฟีโดแบคทีเรียจากอิทธิพลของออกซิเจน เนื่องจาก *S. thermophilus* มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูง จึงทำให้ปริมาณออกซิเจนที่กระจายอยู่ในโยเกิร์ตลดลง ไบฟีโดแบคทีเรียจึงมีความสามารถในการเจริญดีขึ้น

2.5.5 ภาวะการแช่แข็งและการเก็บรักษา

Gilliland and Lara (1988) พบว่าแบคทีเรียแลคติกมีอัตราการอยู่รอดสูงขึ้น เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ Helmat and McMahon (1992) ศึกษาการอยู่รอดของ *Lb.acidophilus* และ *B. bifidum* ในไอศกรีมเหลว และไอศกรีมโยเกิร์ตเป็นเวลา 17 สัปดาห์ พบว่า *Lb.acidophilus* และ *B. bifidum* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในไอศกรีมเหลวและสามารถอยู่รอดได้ระหว่างการแช่แข็ง โดย *Lb.acidophilus* ลดลงจาก $1.5x10^8$ เป็น $4x10^6$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร ส่วน *B. bifidum* ลดลงจาก $2.5x10^8$ เป็น $1x10^7$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร และพบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อจำนวนเชื้อที่อยู่รอด Ravula and Shah (1998) ศึกษาความสามารถในการเจริญของโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต พบว่า *Lb. acidophilus* และ *B. bifidum* ถูกทำลายโดยกระบวนการแช่แข็งเพียงเล็กน้อย โดยการลดลงของ *Lb.acidophilus* ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อส่วน *B. bifidum* มีปริมาณลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ 5.6-5.8 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Modler and others (1990) ที่พบว่า การเก็บรักษาไอศกรีมโยเกิร์ตในสภาวะแช่แข็งเป็นเวลา 70 วัน ทำให้ไบฟิโดแบคทีเรียอยู่รอดได้ 90 เปอร์เซ็นต์

Davidson and others (2000) ศึกษาพบว่ากระบวนการแช่แข็งมีผลทำให้โปรไบโอติกลดลงประมาณ ½ - 1 log cycle การเก็บรักษาในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นเหตุให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์โปรไบโอติกฉีกขาด จึงมีอัตราการอยู่รอดลดลง

Heenan and others (2004) ศึกษาอัตราการอยู่รอดของโปรไบโอติกบางชนิดในของหวานจากถั่วเหลืองแช่แข็ง (frozen soy dessert) พบว่าปริมาณ *L. acidophilus* MJLA1, *L. paracasei*, *B. lactis* BBDB2 และ *B. lactis* BB-12 ก่อนและหลังการแช่แข็งไม่แตกต่างกัน และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 ^{0}ซ เป็นเวลา 28 สัปดาห์ พบการลดลงของจำนวนเชื้อน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ 50 นั่นคือจุลินทรีย์คงเหลือมากกว่า 10^7 โคโลนีต่อกรัม

Capela and others (2005) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ สารป้องกันอันตรายจากความเย็นพรีไบโอติกและการทำให้เกิดสารห่อหุ้มเซลล์ ในโยเกิร์ตพบว่า การใช้สารป้องกันอันตรายชนิด Unipectin ที่ 2.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มการอยู่รอดของ *Bifidobacterium longum* ได้ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์และเพิ่มการอยู่รอดของ *Lactobacillus* spp. ได้ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และการใช้พรีไบโอติกชนิด fructooligosaccharide ปริมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยเพิ่มการเหลือรอดของโปรไบโอติกได้ดีที่สุด โดยมีจำนวนประมาณ 8.7 log cfu/g และในการทำให้เกิดการห่อหุ้มเซลล์ของโปรไบโอติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งแห้งพบว่าหลังจาก6เดือนของการเก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 21 ^{0}ซ เชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกมีการเหลือรอดเพิ่มมากขึ้น

2.6 ประโยชน์ของโปรไบโอติกต่อสุขภาพ

จุลินทรีย์โปรไบโอติกมีประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจากช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้และส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภค Salminen and Playne (2001) พบว่าการใช้สารปฏิชีวนะ รังสีบำบัด หรือเคมีบำบัดในการรักษาโรคมะเร็ง เป็นการชักนำจุลินทรีย์ประจำถิ่นให้ทำงานผิดปกติเกิดความไม่สมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้จะทำให้เกิดการเจ็บป่วยอย่างฉับพลัน เช่น ท้องร่วง คลื่นไส้ และอาเจียน มีงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนข้อสันนิษฐานที่ว่าโปรไบโอติกมีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ และจำแนกประโยชน์ของโปรไบติกดังนี้

2.6.1 การต่อต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อื่น

โปรไบโอติกมีความสามารถในการผลิตกรดอินทรีย์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) และสารยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดอื่น (bacteriocin) โดยผลิตกรดแลคติก (lactic acid) ได้ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกรดทั้งหมด กรดอินทรีย์อื่นที่ผลิตได้ เช่น กรดซิตริก (citric acid) กรดฮิพพูริก (hippuric acid) กรดออโรติก (orotic acid) และกรดยูริก (uric acid) เป็นต้น (Lankaputhra and Shah 1998) สารต้านการเจริญของจุลินทรีย์ (antimicrobial substances) ที่ผลิตโดยโปรไบโอติก มีผลยับยั้งการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ประจำถิ่นและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เช่น *Staphylococcus aureus* และ *Clostridium perfringens* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก และ *Salmonella typhimurium* และ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ

Lankaputhra and Shah (1998) ได้ศึกษาการเจริญของแบคทีเรียในสภาวะที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดอินทรีย์ พบว่าสภาวะที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดอินทรีย์ร่วมกันสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีกว่าสภาวะที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือกรดอินทรีย์เพียงอย่างเดียว

Shah (1999) ได้ศึกษาพบว่าไบฟิโดแบคทีเรีย *Lb.acidophilus* และ *Lb.casei* เป็นโปรไบโอติกที่มีความสามารถในการผลิตกรดแลคติก L(+) isomer ซึ่งเป็นกรดแลคติกชนิดที่ร่างกายสามารถเผาผลาญและเปลี่ยนไปเป็นกรดไพรูวิก (puruvic acid) และสามารถผลิตสารต้านการเจริญของจุลินทรีย์ได้

2.6.2 การยับยั้งการก่อมะเร็ง

Goldin and Gorbach (1984) อธิบายกลไกในการต้านการเกิดเนื้องอก (antitumor) ของ *Lb. acidophilus* และไบฟิโดแบคทีเรียว่า การบริโภค *Lb. acidophilus* ช่วยลดปริมาณเอนไซม์ของแบคทีเรีย เช่น เบต้า-กลูคิวโรนิเดส (β-glucuronidase) เอโซรีดักเตส (azoreductase) และไนโตรรีดักเตส (nitroreductase) ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสารตั้งต้นก่อมะเร็ง (procarcinogen)ให้เป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) นอกจากนี้ *Lb.acidophilus* และไบฟิโดแบคทีเรียมีบทบาทในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย

Sanders (1999) พบว่า โปรไบโอติกมีผลต่อการยึดเกาะของจุลินทรีย์ประจำถิ่น เนื่องจากโปรไบโอติกมีโครงสร้างเซลล์ที่เหมาะสมในการยึดเกาะกับเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้มากกว่า จึงยึดเกาะที่ผนังลำไส้ได้ดีส่งผลให้จุลินทรีย์ประจำถิ่นยึดเกาะที่ผนังลำไส้ได้น้อยลง และเป็นการลดการเพิ่มของเซลล์มะเร็ง

Shah (2001) รายงานว่า *B. longum* และ *B. infantis* เป็นโปรไบโอติกที่มีความสามารถยับยั้งเอนไซม์จากแบคทีเรียอื่น กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของสิ่งมีชีวิตที่จุลินทรีย์นั้นอาศัยอยู่ และทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ซึ่งช่วยยับยั้งการก่อมะเร็ง

2.6.3 การเพิ่มความสามารถในการย่อยแลคโตส

แลคโตสเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในนม แลคโตสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharides) ประกอบด้วยกลูโคส (glucose) และกาแลคโตส (galactose) และถูกย่อยเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวด้วยเอนไซม์เบต้า-กาแลคโตซิเดส (β-D-galactosidase) การขาดความ สามารถในการย่อยแลคโตส (lactose maladsorption หรือ lactose intolerance) เกิดขึ้นเนื่องจากมีเอนไซม์เบต้ากาแลคโตซิเดสไม่เพียงพอ ทำให้เกิดอาการเกี่ยวกับกระเพาะอาหาร เช่น เสียดท้อง ท้องร่วง หรือเกิดแก๊สในกระเพาะอาหาร หลังจากการบริโภคนมสดหรือผลิตภัณฑ์นมอื่น ๆ (Onwnlata and others 1989) *Lb. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตโยเกิร์ตมีเอนไซม์เบต้า-กาแลคโตซิเดส ในปริมาณมาก สามารถย่อยแลคโตสได้อย่างมีประสิทธิภาพ การ

บริโภคโยเกิร์ตจึงเป็นทางเลือกที่ดีในการบริโภคผลิตภัณฑ์นมของผู้ที่ขาดความสามารถในการย่อยแลคโตส เพราะไม่ทำให้เกิดอาการแพ้ และการบริโภคโยเกิร์ตซึ่งเป็นอาหารที่มีลักษณะหนืดช่วยชะลอการเกิดกรดในกระเพาะอาหารได้ (Shah 2001)

2.6.4 การลดคอเลสเทอรอลในเลือด

Mann and Spoerry (1974) ได้ศึกษาพบว่าผู้ทดลองที่มีการบริโภคนมหมักซึ่งใช้แลคโตบาซิลลัสเป็นกล้าเชื้อ มีระดับคอเลสเทอรอลในเลือดลดลง เนื่องจากความสามารถในการผลิตไฮดรอกซิเมทิล กลูตาเรต (hydroxymethyl glutarate) จากแลคโตบาซิลลัสมีผลยับยั้งการสร้างไฮดรอกซิเมทิล กลูตาริล โคเอ รีดักเตส (hydroxymethyl-glutaryl-CoA reductase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีความจำเป็นในการสร้างคอเลสเทอรอล นอกจากนี้มีการรายงานว่ากรดออโรติก กรดยูริก และกรดไฮดรอกซิเมทิลกลูตามิก (hydroxymethyl glutamic acid) ที่ได้จากการหมักมีผลในการลดระดับคอเลสเทอรอล (Rao and others 1981; Jasper and others 1984) ในขณะที่ Homma (1988) ศึกษาพบว่าการบริโภคนมหมักที่มีโปรไบโอติกชนิดไบฟิโดแบคทีเรียสามารถลดคอเลสเทอรอลได้เช่นกัน

Klaver and Meer (1993) อธิบายการทำงานของ *Lb. acidophilus* ต่อการลดคอเลสเทอรอล ว่า *Lb. acidophilus* ไม่ได้ยับยั้งการสร้างคอเลสเทอรอล แต่มีผลทำให้คอเลสเทอรอลไม่จับตัวกับน้ำดีจึงไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้เป็นผลให้ระดับคอเลสเทอรอลในเลือดลดลง

2.6.5 การกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน

Lb. acidophilus และไบฟิโดแบคทีเรีย มีส่วนในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย แต่ยังไม่ทราบกลไกการทำงานที่แน่ชัด มีข้อสันนิษฐานว่าแบคทีเรียจะผ่านเข้ามาในร่างกายโดย M-cells ไปสู่ Payer's patches ของกระเพาะอาหารที่ยึดอยู่กับเนื้อเยื่อลิมฟอยด์ (lymphoid) ในลำไส้เล็ก (gut-associated lymphoid tissue) อาจเป็นกลไกในการกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน และมีการรายงานว่าการบริโภคโปรไบโอติกโยเกิร์ตจะกระตุ้นการผลิตไซโตคีน (cytokine) ในเซลล์เม็ดเลือดและเสริมการทำงานของมาโครฟาจ (macrophages) (Shah 2001)

Schriffin and others (1995) ศึกษาการบริโภคโปรไบโอติกต่อระบบภูมิคุ้มกันพบว่าการบริโภค *Lb. acidophilus* (LA-I) และ *B.bifidum* (BB-12) วันละ 10^7 โคโลนีต่อมิลลิลิตร เป็นเวลาติดต่อกัน 3 สัปดาห์ ทำให้มีกิจกรรมการทำลายเซลล์แบคทีเรียของเม็ดเลือดขาว (phagocyte activity) สูงขึ้นเท่าตัว

3. พรีไบโอติก (Prebiotic)

พรีไบโอติก หมายถึง ส่วนประกอบของอาหารที่ร่างกายย่อยไม่หมดที่ลำไส้ส่วนบนหรือไม่สามารถย่อยได้ แล้วส่งผ่านไปยังลำไส้ใหญ่ (Colon) ซึ่งมีผลต่อผู้รับประทาน (host) คือ จะเลือกกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโต และ/หรือเลือกกระตุ้นการมีกิจกรรมของแบคทีเรียบางชนิดในลำไส้ใหญ่ และทำให้สุขภาพของผู้รับประทานอาหารชนิดนั้นดีขึ้น (Gibson and Roberfoid 1995a)

พรีไบโอติก มีศักยภาพในหลายด้านโดยช่วยสนับสนุนแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น Bifidobacteria และ Lactobacilli ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ อาหารที่จัดเป็นพรีไบโอติกที่มีศักยภาพนั้นต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1) ต้องไม่ถูกย่อยและไม่ดูดซึมในบริเวณทางเดินอาหารส่วนบน

(2) ส่งผลเลือกกระตุ้นแบคทีเรียที่มีประโยชน์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ โดยการกระตุ้นให้มีการเจริญเติบโตหรือกระตุ้นให้เกิดเมตาบอลิซึม

(3) เปลี่ยนแปลงสภาพของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ (Colonic microflora) ของผู้ที่บริโภคพรีไบโอติกให้ดีขึ้น

(4) มีผลเหนี่ยวนำทำให้ระบบการทำงานต่างๆของลำไส้และระบบอื่นๆของร่างกายดีขึ้น

สารอาหารที่เหลือผ่านมาถึงลำไส้ใหญ่ได้สามารถเป็นพรีไบโอติกได้ โดยส่วนมากเป็นสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ซึ่งประกอบด้วย โอลิโก-และโพลีแซคคาไรด์ต่างๆ เช่น โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharide) ฟรุกโทโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructooligosaccharides) ซอยบีนโอลิโกแซคคาไรด์ (Soybean oligosaccharides) และไดแซคคาไรด์ เช่น แลคทูโลส (Lactulose) แลคทิทอล (Lactitol) (Gibson and others 2000b) นอกจากนี้ ยังพบว่ารีซีสแตนท์ สตาร์ช (resistant starch) หรือแป้งที่ต้านทานต่อการย่อย มีคุณสมบัติที่สามารถเป็นพรีไบโอติกได้อีกด้วย และมีอาหารในธรรมชาติที่สามารถเป็นพรีไบโอติกได้เนื่องจากมีองค์ประกอบของอินนูลิน (inulin) เช่น กระเทียม หน่อไม้ฝรั่ง หอมหัวใหญ่ กล้วย และหัวชิคอรี่ (Chicory) เป็นต้น (Gibson and others 2000b)

3.1 ฟรุกโทโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructooligosaccharides ; FOS)

ฟรุกโทโอลิโกแซคคาไรด์กำเนิดขึ้นมาจากนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น ในตอนแรกผู้ค้นพบชาวญี่ปุ่นเห็นว่า FOS เป็นเพียงสารทดแทนความหวานของน้ำตาลชนิดใหม่เท่านั้น แต่ปัจจุบัน FOS ถูกนำมาใช้เป็นพรีไบโอติก โดย FOS เป็นน้ำตาลโมเลกุลขนาดกลาง คือ มีขนาด 3-5 โมเลกุล ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ FOS จะถูกส่งไปเรื่อยๆจนถึงลำไส้ใหญ่ ไปเป็นอาหารของโปรไบโอติกที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ เนื่องจากแบคทีเรียเหล่านี้มีน้ำย่อยที่ใช้สำหรับย่อย FOS ได้ เมื่อเรารับประทาน FOS ก็เท่ากับเป็นการให้อาหารแก่โปรไบโอติกได้เจริญเติบโต เมื่อโปรไบโอติกมีจำนวนมากและแย่งพื้นที่การยึดเกาะในลำไส้ใหญ่ ก็จะส่งผลให้การยึดเกาะของจุลินทรีย์ก่อโรคลดลง ผลที่ตามมาก็คือจะมีสุขภาพดีขึ้น โรคบางอย่างก็จะมีอาการดีขึ้น โรคเหล่านี้ได้แก่ โรคท้องผูก โรคลำไส้อักเสบ ท้องอืด ลมมากในท้อง เป็นต้น นอกจากเมื่อสภาพต่างๆภายในลำไส้ใหญ่จะดีขึ้นแล้ว FOS ยังช่วยให้การดูดซึมแร่ธาตุต่างๆของลำไส้ใหญ่ดีขึ้นด้วย เช่น การดูดซึมแคลเซียมดีขึ้น โดยมีการวิจัยใน

สัตว์ทดลองว่า FOS ช่วยป้องกันกระดูกผุในสัตว์ทดลองได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ก่อโรคบางตัวเป็นตัวสร้างสารก่อมะเร็งในลำไส้ใหญ่ของเรา โดยยังจึงพบด้วยว่าการกิน FOS มีผลป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ในสัตว์ทดลอง FOS พบได้ทั่วไปในผักผลไม้เช่น แก้วมังกร กล้วยหอม มะเขือเทศ หอมหัวใหญ่ และกระเทียม เป็นต้น ฟรุกโทโอลิโกแซคคาไรด์สามารถผลิตได้โดยใช้เทคนิคในการผลิตที่แตกต่างกันสองวิธี คือ วิธีแรก เป็นฟรุกโทโอลิโกแซคคาไรด์ที่ใช้ในทางการค้าทั่วไปซึ่งสังเคราะห์ได้จากน้ำตาลซูโครส (sucrose) โดยใช้กระบวนการทรานฟรุกโทซิลเลส (Transfructosylases) และวิธีที่สองสามารถผลิตได้โดยใช้เอนไซม์ในการเกิดไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของอินนูลิน (Polysaccharide inulin) ที่สกัดได้จากหัวชิคอรี ซึ่งฟรุกโทโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากกระบวนการนี้จะเรียกว่า โอลิโกฟรุกโตส ฟรุกโทโอลิโกแซคคาไรด์ไม่สามารถย่อยได้ในลำไส้เล็ก และจะถูกหมักอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์โดยแบคทีเรียประจำถิ่นที่อยู่ในลำไส้ของมนุษย์ (Intestinal microflora) ซึ่งผลผลิตที่ได้จากการหมักคือ กรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) เช่น อะซิเตท บิวทิเรท และโพรพิโอเนท เป็นต้น

Wang and Gibson 1993 พบว่าเมื่อใช้พรีไบโอติกชนิด FOS ในคนเป็นระยะเวลาสองสัปดาห์ พบว่ามีการเพิ่มจำนวนของ Bifidobacteria จาก 6 เป็น 22 เปอร์เซ็นต์ โดยสาเหตุที่ทำให้ตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกมีการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียโปรไบโอติก คือ พรีไบโอติกจะไปกระตุ้นจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในร่างกายให้เกิดกระบวนการเมทาบอลิซึม ทำให้แบคทีเรียมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น

3.2 แลคทูโลส (Lactulose)

แลคทูโลส (4-0-β-Galactopyranosyl-D-fructose) คือ น้ำตาลโมเลกุลคู่ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลแลคโตส ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เป็นยาเพื่อรักษาอาการท้องผูกเรื้อรัง แลคทูโลสไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ในลำไส้เล็กของมนุษย์แต่จะถูกหมักโดยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ได้กรดไขมันสายสั้นแลคทูโลสสามารถเพิ่มจำนวน *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* และ *Streptococcus* ในลำไส้ได้และสามารถลดจำนวน *Clostridium* และ Coliforms ได้ เนื่องจากกรดไขมันสายสั้นจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของอุจจาระมีค่าต่ำลง

Brown and others (1998) รายงานว่ารีซิสแตนท์ สตาร์ช (Resistanch) ที่ปรับปรุงด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ ให้กลายเป็น รีซิสแตนท์ ที่มีคุณสมบัติที่จะเป็นพรีไบโอติกได้ โดยได้ทดลองเลี้ยงเชื้อสายพันธุ์ *Bifidobacterium* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วยสตาร์ชจากข้าวโพด (High amylase maize starch) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยใช้สตาร์ชจากข้าวโพด ความเข้มข้น 1% w/v พบว่ามีปริมาณเชื้อที่มีชีวิตอยู่เป็นที่น่าพอใจ และได้ศึกษาผลของสตาร์ชจากข้าวโพด ความเข้มข้น 1% w/v โดยเติมลงในโยเกิร์ตที่มีเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก *Lb. acidophilus* และ *Bifidobacterium* ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าโยเกิร์ตที่มีการเติมพรีไบโอติกมีการลดลงของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกน้อยกว่าโยเกิร์ตที่ไม่เติมพรีไบโอติกเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

Sultana and others (2000) ได้ศึกษาการห่อหุ้มแบคทีเรียโปรไบโอติก (encapsulation) *Lb .acidophilus* และ *Bifidobacterium infantis* ด้วยอัลจีเนตร่วมกับสตาร์ช จากข้าวโพด (High maize starch) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกแล้วเติมลงในโยเกิร์ต หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5^0ซ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าจำนวนแบคทีเรียโปรไบโอติกในรูปเซลล์อิสระจะลดลงประมาณ 1 ล็อค (log cycle) ในขณะที่เซลล์แบคทีเรียโปรไบโอติกในรูปที่มีการห่อหุ้ม (encapsulation) มีจำนวนลดลงประมาณ 0.5 ล็อก (log cycle)

4. แบคทีเรีย *Lactobacillus* ที่มีความสำคัญ

ลักษณะโดยทั่วไปของแบคทีเรีย *Lactobacillus* sp. ได้แก่ ย้อมติดสีแกรมบวก รูปร่างเป็นท่อนยาวมักต่อกันเป็นสายยาว ไม่สร้างสปอร์ ไม่มีแฟลกเจลลา (Flagella) ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส แบคทีเรียในกลุ่มนี้สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ หรือในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน บางสายพันธุ์สามารถผลิตกรดแลคติกและกรดอะซิติกได้เมื่อใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งของคาร์บอน *Lactobacillii* ถูกจัดให้เป็นแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น มีผลยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค มีผลป้องกันการเกิดเนื้องอก และป้องกันเชื้อแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุของโรคท้องร่วงหรือการแพ้อาหาร นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus* sp. สามารถรอดชีวิตอยู่ได้ในทางเดินอาหารเนื่องจากมีความสามารถทนสภาวะที่เป็นกรด และ น้ำดี (bile) ที่มีอยู่ในทางเดินอาหารได้ (Desai and others 2004)

4.1 *Lactobacillus acidophilus* เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก เซลล์มีลักษณะเป็นแท่งปลายกลม มีขนาดยาวประมาณ 0.6-0.9 ไมโครเมตร (μm) และกว้างประมาณ 1.5 – 6.0 ไมโครเมตร เซลล์อาจอยู่เป็นเซลล์เดี่ยวหรือคู่หรือเป็นสายสั้นๆ ไม่สร้างสปอร์ ไม่มีแฟลกเลลา (Flagella) และไม่เคลื่อนที่ และสามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิถึง 45 °ซ แต่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตในช่วง อุณหภูมิ 35-40 °ซ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสมในการเจริญอยู่ในช่วง 5.5 – 6.0 และสามารถทนสภาวะที่ความเป็นกรดในช่วง 0.3 – 1.9 เปอร์เซ็นต์ (Gome and others 1999)

Ziemer and Gibson (1998) รายงานว่า *Lb. acidophilus* สามารถจัดเป็นโปรไบโอติกแบคทีเรีย ซึ่งผลที่เกิดขึ้นจากการบริโภค *Lactobacillus acidophilus* คือ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ปรับสมดุลของแบคทีเรียในลำไส้ ลดกิจกรรมของเอนไซม์ในลำไส้มนุษย์และสัตว์ที่จะก่อให้เกิดสารมะเร็ง ป้องกันการเกิดเนื้องอก (antitumor) และป้องกันการเกิดโรคท้องร่วง

4.2 *Lactobacillus delbrueckii* เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก เซลล์มีลักษณะเป็นแท่งปลายกลม มีขนาดยาวประมาณ 0.5 -0.8 ไมโครเมตร(μm) และกว้างประมาณ 2.0 – 9.0 ไมโครเมตร เซลล์อาจอยู่เป็นเดี่ยวหรือเป็นสายสั้นๆ โดยทั่วไปต้องการวิตามิน เช่น ไนอะซิน (niacin) และกรดแพนโททีนิค (pantothenic acid) เพื่อใช้เป็นปัจจัยในการเจริญ (growth factor) ปัจจุบัน *Lb. delbrueckii* แบ่งออกได้ 3 สายพันธุ์ (subspecies) (Wood and Holzapfel 1995) คือ

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus* แยกได้จากโยเกิร์ตและเนยแข็ง

Lactobacillus delbrueckii subsp. *lactis* แยกได้จากนมและเนยแข็ง

Ziemer and Gibson (1998) รายงานว่า *Lb. delbrueckii* สามารถจัดเป็นแบคทีเรียโปรไบโอติกได้ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นจากการบริโภค *Lb. delbrueckii* คือ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ลดกิจกรรมของเอนไซม์ในลำไส้มนุษย์และสัตว์ที่จะก่อให้เกิดสารก่อมะเร็ง ป้องกันการเกิดเนื้องอก (antitumor)