การพัฒนาโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

Product Development of Low-fat Yoghurt Supplemented with Jerusalem Artichoke Flour

นพพร สกุลยืนยงสุข

NOPPORN SAKULYUNYONGSUK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2558

การพัฒนาโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

Product Development of Low-fat Yoghurt Supplemented with Jerusalem Artichoke Flour

นพพร สกุลยืนยงสุข

NOPPORN SAKULYUNYONGSUK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

ชื่อ นามสกุล นพพร สกุลยืนยงสุข

ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา คหกรรมศาสตร์

คณะ เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ดวงสุดา เตโชติรส

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ หนักแน่น)

..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ เจริญชัย)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ดวงสุดา เตโชติรส)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร ชญาภัทร์ กี่อาริโย)

วันที่ ..... เดือน..... พ.ศ. .....

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน
ชื่อ นามสกุล นพพร สกุลยืนยงสุข
ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ คหกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งแก่นตะวันในการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำชนิดคน และเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไขมันต่ำเสริม แป้งแก่นตะวัน โดยแปรระดับแป้งแก่นตะวันที่ร้อยละ 0.00 1.80 และ 3.60 โดยน้ำหนักตามลำดับ แล้วนำโยเกิร์ต 3 สูตรที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติกโดยวิธี titratable acidity วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพได้แก่ ความหนืดที่ปรากฏ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) และค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (syneresis) และนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาความยอมรับโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวันของผู้บริโภค โดยวิธีทดสอบแบบ 9 – point hedonic scale ในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเนียน) และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจำนวน 60 คน พบว่า สูตร 3 (แป้งแก่นตะวันที่ร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนัก) เป็นสูตรที่มีความหนืดใกล้เคียงกับโยเกิร์ตทางการค้า และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในทุกด้าน ($p < 0.05$) คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบมากในด้านกลิ่นรส และสี และอยู่ในระดับชอบปานกลาง ในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเนียน) และความชอบโดยรวม เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่าแบคทีเรียทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดแลคติก 7.87 log CFU/g ไม่พบยีสต์และรา และค่า pH ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 15 วัน

คำสำคัญ : การพัฒนา โยเกิร์ตไขมันต่ำ แป้งแก่นตะวัน

Thesis title Product Development of Low-fat Yoghurt Supplemented with Jerusalem Artichoke Flour

Author Nopporn Sakulyunyongsuk

Degree Master of Home Economics

Major program Home Economics

Academic Year 2015

ABSTRACT

The purposes of this research were to study the suitable volume of Jerusalem artichoke flour for stirred low-fat yoghurt production and to study their shelf life. A different level (0.00, 1.80, and 3.60 % w/w skim milk) of Jerusalem artichoke flour was added to yoghurt milk. Samples of different treatments were analyzed for their pH, titratable acidity, viscosity, total soluble solid, total solid, syneresis and 9 – point hedonic scale sensory test (color, flavor, taste, texture, and overall acceptability). It is found that stirred low-fat yoghurt with 3.60 % Jerusalem artichoke flour was the most suitable formula for stirred low-fat yoghurt production because its viscosity was similar to the commercial yoghurt and based on sensory test, the optimum of 3.60 % Jerusalem artichoke flour in the yoghurt was ideal. Tester accepted yoghurt product in term of color and flavor as like very much, and taste, texture, and overall acceptability as like moderately. Stirred low-fat yoghurt with 3.60 % Jerusalem artichoke flour maintained pH and microbiological qualities when stored at 10°C for 15 days. The total count of lactic acid bacteria in the stirred low-fat yoghurt with 3.60 % Jerusalem artichoke flour was 7.87 log CFU/g (21 days).

Keywords : Product Development Low-Fat Yoghurt Jerusalem Artichoke Flour

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ดวงสุดา เตโชติรส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำทุกขั้นตอนจนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ เจริญชัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ หนักแน่น ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชญาภัทร์ กี่อาริโย ที่ให้คำปรึกษา รวมทั้งข้อเสนอแนะและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์ และอาจารย์ธนภพ โสตรโยม ซึ่งเป็นทั้งที่ปรึกษา คอยดูแลเอาใจใส่อย่างดีตั้งแต่เริ่มเข้าศึกษา ให้คำปรึกษาทั้งในด้านการเรียนและการทำงานวิจัย ทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์อันมีค่า ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาดังกล่าวและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการศึกษาหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่กรุณาประสิทธิประสาทวิชาความรู้อันมีค่าแก่ผู้วิจัยด้วยความเมตตามาโดยตลอด

ขอขอบคุณคณาจารย์และนักศึกษาคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย-เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ รุ่นที่ 5 ทุกคน ที่คอยร่วมทุกข์ ร่วมสุข เป็นกำลังใจ คอบกระตุ้นเตือน ช่วยเหลือด้านการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา

ท้ายที่สุดของความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้ คุณค่าที่เป็นผลจากการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบเพื่อทดแทนพระคุณบิดามารดา และพี่ ๆ ทุกคน ที่ดูแลน้องเป็นอย่างดีมาตลอด คอยให้ความรัก ความอบอุ่น ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนด้านการเรียนจนสำเร็จการศึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความรักและความเคารพอย่างสูง

นพพร สกุลยืนยงสุข

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		(ก)
Abstract		(ข)
กิตติกรรมประกาศ		(ค)
สารบัญ		(ง)
สารบัญตาราง		(ฉ)
สารบัญภาพ		(ช)
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
	1.5 นิยามศัพท์	3
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	2.1 โยเกิร์ต	5
	2.2 แก่นตะวัน	11
	2.3 อินนูลิน	11
	2.4 แป้งดัดแปร	14
	2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3	วิธีดำเนินการ	21
	3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	21
	3.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพ	22
	3.3 วิธีดำเนินการทดลอง	22
บทที่ 4	ผลการทดลอง และอภิปรายผล	26
	4.1 ผลการทดลอง และอภิปรายผล	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	33
5.1 สรุปผล	33
5.2 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	42
ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	44
ภาคผนวก ข สูตรการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน	53
ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์โยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน	56
ภาคผนวก ง แบบประเมินทางประสาทสัมผัส	64
ภาคผนวก จ มาตรฐานแป้งแก่นตะวัน	66
ภาคผนวก ฉ มาตรฐานแป้งดัดแปร	68
ภาคผนวก ช มาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์	69
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	70

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	จำนวนจุลินทรีย์ของหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต	11
2.2	ปริมาณอินนูลินในพืชที่ใช้เป็นอาหาร	12
2.3	สมบัติที่สำคัญของอะไมโลสและอะมิโลเพกติน	15
2.4	คุณสมบัติโครงสร้างของอะไมโลส	16
3.1	ส่วนผสมของวัตถุดิบในโยเกิร์ตที่ใช้ในการทดลอง	23
4.1	คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตที่มีการเสริมแป้งแก่นตะวัน	26
4.2	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่มีการเสริมแป้งแก่นตะวัน	28
4.3	คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของโยเกิร์ตทางการค้า และโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน สูตร 3 (แป้งแก่นตะวันร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนัก	30
4.4	คุณภาพทางจุลินทรีย์และคุณภาพทางเคมีของโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนักในระหว่างเก็บรักษา	31

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ภาพ 3 มิติหัวเชื้อโยเกิร์ต *Streptococcus thermophilus*	10
2.2	ภาพ 3 มิติหัวเชื้อโยเกิร์ต *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*	10
2.3	โครงสร้างทางเคมีของอินนูลิน	13
3.1	ขั้นตอนการเตรียมโยเกิร์ตชนิดคน	24

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผู้บริโภคทั่วโลกเริ่มมีความสนใจอาหารเพื่อสุขภาพมากส่งผลให้มีการศึกษาอาหารที่มีประโยชน์มากขึ้น อาหารเพื่อสุขภาพที่นิยมบริโภคกันทั่วโลกคือ อาหารที่มีโพรไบโอติกหรืออาหารที่มีจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่ เช่น *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* spp. ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ประจำถิ่นอยู่ในลำไส้เล็กของมนุษย์อยู่แล้ว (Tamime et al., 2005) และมีผลทำให้สุขภาพของมนุษย์ดีขึ้น โดยการสร้างกรดไขมันสายสั้นและปรับสมดุลย์ของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ ทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง ปรับปรุงระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายมนุษย์ และลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือด (Saarela et al., 2002) และโพรไบโอติกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์นมมาก เช่นโยเกิร์ต และเป็นตลาดที่ยังเจริญเติบโตมาก ในประเทศไทย ปีพ.ศ. 2558 มูลค่ารวมของตลาด 4,700 ล้านบาท มีอัตราการเติบโต 7% และคาดว่าในปี 2559 จะมีอัตราการเติบโตประมาณ 5–8 % (มาร์เก็ตเทียร์ คอนเทนท์ 2, 2559) ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตโพรไบโอติกเพื่อกล่าวอ้างว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพจะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกไม่น้อยกว่า 6 log CFU/g หรือประมาณ 7-9 log CFU/g เมื่อถึงมือผู้บริโภค (Lourens-Hattingh and Viljoen, 2001; Dunne et al., 2001; Vasiljevic and Shah, 2008) แต่ก็พบว่ามีผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโพรไบโอติก ประเภท lactobacilli และ bifidobacteria ที่ผลิตเชิงการค้าบางชนิดที่จุลินทรีย์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์ลดจำนวนลงตลอดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ (Hull et al., 1984; Medina and Jordano, 1994) มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการมีชีวิตของจุลินทรีย์ประเภทนี้ เช่น สายพันธุ์ที่ใช้ สภาพของการเลี้ยงเชื้อ การต่อต้านกันเองของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษา จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น ปริมาณออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ และปริมาณของกรดอินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ (Medina and Jordano, 1994; Shah, 2000)

แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke หรือ *Helianthus tuberosus*) แต่เดิมมีชื่อเรียกเป็นภาษาไทยเรียกว่าแห้วบัวตอง (สุรพงษ์ และสุพจน์, 2539) เป็นพืชตระกูลเดียวกับทานตะวัน

มีดอกสีเหลืองคล้ายดอกบัวตอง แต่มีขนาดเล็ก มีหัว (tuber) รูปร่างคล้ายขิงอวบ เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาว (ประภาส และคณะ, 2553) และมีการสะสมอินนูลิน (inulin) ในหัวมากถึงร้อยละ 14-19 ของน้ำหนักหัวสด (Franck and Leenheer, 2002) หรืออาจมากถึงร้อยละ 16-39 (Suzuki, 1993) และหัวแก่นตะวันนี้เป็นแหล่งสะสมอินนูลินถึงร้อยละ 70–80 ของปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มี (Saengthongpinit and Sajjaanantakul, 2005) สารอินนูลินเป็นสารคาร์โบไฮเดรตสะสมในพืชประเภทฟรุกแทน (พอลิเมอร์ของ ฟรุกโตส) จัดเป็นพรีไบโอติกให้พลังงานต่ำ เพิ่มภูมิคุ้มกัน ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคกระดูกพรุน หลอดเลือดหัวใจตีบตัน ภาวะไขมันในเลือดผิดปกติโรคอ้วนและโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่ และลดอาการท้องเสีย ท้องผูก (ศิริพร และคณะ, 2553)

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้แนวคิดที่จะผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำ เพราะคนในปัจจุบันสนใจสุขภาพมากขึ้น ต้องการอาหารที่มีคุณภาพ ให้พลังงานน้อยและมีไขมันต่ำ โดยนำแป้งแก่นตะวันซึ่งผลิตภัณฑ์จากแก่นตะวันมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำชนิดคนจากนมขาดมันเนย นอกจากนี้ ยังได้รับประโยชน์จากสารอินนูลินและเส้นใยอาหารจากผลิตภัณฑ์จากแก่นตะวัน และยังเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในเรื่องสุขภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งแก่นตะวันในการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำชนิดคน (Stirred Yoghurt)

1.2.2 เพื่อศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะของโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

1.2.3 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาปริมาณแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตจากหางนมผงชนิดคน (Stirred Yoghurt)

1.3.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพของโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

1.3.3 ศึกษาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test) ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมโดยใช้แป้งแก่นตะวัน

1.4.2 เพื่อให้ทราบถึงอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่ผสมแป้งแก่นตะวัน

1.4.3 เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของแป้งแก่นตะวันซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมาจากแก่นตะวัน

1.5 นิยามคำศัพท์

1.5.1 **โยเกิร์ต** หมายถึงผลิตภัณฑ์นมซึ่งเกิดจากการหมักบ่มนมสดด้วยแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดแลกติกเป็นหลักเช่น *แล็กโตบาซิลลัส เดลบรูคิอิ* ซับสปีชีส์ *บัลการิคัส* (*Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus*) และ *สเตรปโตค็อกคัส เทอร์โมฟิลัส* (*Streptococcus thermophilus*) จัดอยู่ในกลุ่มนมเปรี้ยว มีค่าความเป็นกรด- ด่างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6

1.5.2 **โยเกิร์ตไขมันต่ำ** หมายถึงผลิตภัณฑ์นมซึ่งเกิดจากการหมักบ่มนมขาดมันเนยด้วยแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดแลกติกเป็นหลัก เช่น *แล็กโตบาซิลลัส เดลบรูคิอิ* ซับสปีชีร์ *บัลการิคัส (Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus)* และ *สเตรปโตค็อกคัส เทอร์โมฟิลัส (Streptococcus thermophilus)* ซึ่งมีจุลินทรีย์ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่

1.5.3 **แก่นตะวัน** หมายถึง พืชหัวตระกูลทานตะวัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Helianthus tuberosus* มีถิ่นกำเนิดแถบทวีปอเมริกาเหนือ และได้มีการนำมาปลูกในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกอย่างแพร่หลาย และในประเทศไทยปลูกในหลายจังหวัด หัวแก่นตะวันใช้บริโภค เป็นอาหารมีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพ อุดมด้วยเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ที่ประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ได้แก่ อินนูลิน (Inulin) และโอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharde) คือ oligofructose ซึ่งมีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic)

1.5.4 **แป้งแก่นตะวัน** หมายถึงผลิตภัณฑ์จากแก่นตะวันที่ผลิตโดยล้างหัวแก่นตะวัน ให้สะอาด ปอกเปลือก และหั่นเนื้อแก่นตะวันเป็นชิ้นบาง นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน จากนั้นบดเนื้อแก่นตะวันแห้งให้ละเอียด จะได้ผลิตภัณฑ์แป้งแก่นตะวันที่เป็นทั้งใยอาหารและสารพรีไบโอติกสามารถใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมอบและขนมขบเคี้ยวได้

1.5.5 **โพรไบโอติก** หมายถึงจุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งอาจเป็นชนิดเดี่ยวหรือชนิดผสมและ เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ สามารถอาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ และสามารถเจริญเพิ่มจำนวนในระบบทางเดินอาหารได้ และไม่เป็นสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรค ซึ่งอาหารที่มีโพรไบโอติกก็หมายถึงอาหารที่มีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในปริมาณที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค

1.5.6 **พรีไบโอติก** หมายถึง สารหรืออาหารซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อย และไม่ถูกดูดซึมได้ในระบบทางเดินอาหาร แต่จะถูกย่อยด้วยแบคทีเรียบริเวณในลำไส้ใหญ่ โดยจะกระตุ้นการทำงานและส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติก มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จัดเป็นอาหารในกลุ่ม functional food

1.5.7 **อินนูลิน** หมายถึง พอลิแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่งในกลุ่มฟรุกแตน (Fructan) ประกอบด้วยน้ำตาลฟรุกโตสที่เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว จำนวน 2 ถึง 60 หน่วย (DP 2-60) บางโครงสร้างอาจมีน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อที่ปลายสายด้วย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมอินนูลินจากแก่นตะวัน ผู้ศึกษาได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 โยเกิร์ต

2.2 แก่นตะวัน

2.3 อินนูลิน

2.4 แป้งดัดแปร

2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โยเกิร์ต

โยเกิร์ต หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมและ/หรือผลิตภัณฑ์นมซึ่งเกิดจากการหมักบ่มด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลกติกเป็นหลัก เช่น *แล็กโตบาซิลลัส เดลบรูคิอิ* ซับสปีชีส์ *บัลการิคัส* (*Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus*) และ *สเตรปโตค็อกคัส เทอร์โมฟิลัส* (*Streptococcus thermophilus*) ซึ่งมีจุลินทรีย์ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2535)

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมที่มีการเติมหรือไม่มีการเติมนมผงที่ไม่มีไขมันลงไป และโยเกิร์ตที่ผลิตจากนมสดจะมีคุณค่าทางโภชนาการเทียบเท่านมสด โปรตีนที่ได้จากโยเกิร์ตคือ เคซีน (casein) เป็นโปรตีนคุณภาพสูง เพราะมีสารที่จำเป็นต่อร่างกายเราไม่สามารถสร้างเองได้มากมาย ได้แก่ กรดอะมิโนที่จำเป็น อันมีส่วนที่สำคัญต่อระบบต่างๆ ในร่างกายของเรามีสารอาหารที่มีคุณค่ามากมายทั้ง คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามินเอ วิตามินบี แร่ธาตุสำคัญ ๆ เช่น แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส และแบคทีเรีย *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* ช่วยให้ระบบทางเดินอาหารทำงานเป็นปกติ ดังงานวิจัยในหลายประเทศพบว่าโยเกิร์ตสามารถ

ป้องกันอาการท้องอืด อาหารไม่ย่อยหรือท้องเดินเมื่อดื่มนม ซึ่งเกิดจากการขาดน้ำย่อยที่ใช้ในการย่อยน้ำตาลแล็กโตสที่มีอยู่ในนมสด โยเกิร์ตจึงช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้สำหรับผู้ที่หยุดดื่มนมเป็นระยะเวลานาน (โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา, 2543)

การแบ่งชนิดโยเกิร์ตอาจแบ่งเป็นโยเกิร์ตชนิดคงตัว (set yogurt) และโยเกิร์ตชนิดคน (stirred yogurt) หรือแบ่งตามลักษณะของปริมาณไขมัน เช่น ไขมันเต็ม ไขมันปานกลางและไขมันต่ำ โยเกิร์ตทุกชนิดจะต้องมีปริมาณกรดและจุลินทรีย์ ดังนี้ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ต้องต่ำกว่า 4.5 ไม่มีน้ำย่อย phosphatase เหลืออยู่เลย ไม่มีเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia Coli* ใน 0.1 มิลลิลิตร และจำนวนของยีสต์ รา แบคทีเรียต้องต่ำกว่า 100 โคโลนีต่อมิลลิลิตร (กฤตภาส จินาภาค, 2556)

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับโยเกิร์ตนั้นมีหลายมาตรฐาน เช่น ในทางการค้า ปริมาณของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ตมีค่าร้อยละ 14–15 (Tamime and Robinson, 2007) และมาตรฐานกฎหมายของ Codex สำหรับโยเกิร์ตกำหนดดังนี้ ปริมาณโปรตีนนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.7 ของน้ำหนัก (ยกเว้นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเข้มข้นต้องมีปริมาณโปรตีนนมหลังจากทำให้เข้มข้นแล้วไม่น้อยกว่าร้อยละ 5.6) มีมันเนยน้อยกว่าร้อยละ 15 ของน้ำหนัก (Codex, 2008) และมีค่าความเป็นกรดโดยคำนวณเป็นกรดแลกติกไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.6 ของน้ำหนัก (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2556) และมาตรฐานของ FAO/WTO กำหนดให้แบ่งชนิดโยเกิร์ตตามปริมาณไขมันดังนี้ โยเกิร์ตไขมันเต็มมีปริมาณไขมันสูงกว่าร้อยละ 3.0 โยเกิร์ตไขมันปานกลางมีปริมาณไขมันร้อยละ 0.5-3.0 และโยเกิร์ตไขมันต่ำมีปริมาณไขมันต่ำกว่าร้อยละ 0.5 (FAO/WHO,1984)

ชนิดโยเกิร์ตแบ่งตามกรรมวิธีการผลิตเป็น 3 ชนิด (นภาพร, 2547; อุราภรณ์, 2547; วันเพ็ญ, 2556) คือ

1. โยเกิร์ตแบบคงตัวหรือแบบคงรูป หมายถึง โยเกิร์ตแบบที่บรรจุทันทีหลังจากการเติมจุลินทรีย์แล้วให้จุลินทรีย์ทำปฏิกิริยาในขณะที่อยู่ในภาชนะบรรจุ หลังจากบ่มได้ที่แล้วจึงทำให้เย็นพร้อมที่จะจำหน่าย ลักษณะของมวลตะกอนที่ได้เป็นเนื้อเดียวกันที่ต่อเนื่องและมีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลว

ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตชนิดคงตัว เริ่มจากทำการพาสเจอร์ไรส์นมแล้วทำให้เย็นลงที่ 45 องศาเซลเซียสโดยไม่มีฟองอากาศ ให้เติมหัวเชื้อลงไปทันที (ร้อยละ 2.5 เท่ากับ 2.5 ลิตรต่อ 100 ลิตรของนม) คนให้เข้ากันแล้วจึงบรรจุในถ้วยพลาสติก เก็บไว้ 2.5 ชั่วโมงถึง 3 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5 แล้วทำให้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียสตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด

การแยกตัวออกจากโครงสร้างของโปรตีน เพื่อให้มีความหนืดสูงสุด ภายหลังที่ผลิตแล้วควรจะเก็บไว้ 24 ชั่วโมงก่อนนำออกจำหน่าย เพื่อให้โยเกิร์ตที่ได้มีความแน่นเนื้อดี

2. โยเกิร์ตชนิดคนหรือชนิดกวนหมายถึงโยเกิร์ตแบบที่ให้จุลินทรีย์มีการทำปฏิกิริยาในถังหมักและหลังจากบ่มจนได้ที่คือนมแข็งตัวเป็นก้อนแล้วทำการปั่นเพื่อทำลายในโครงสร้างตะกอนนมแล้วจึงทำให้เย็น ทำการบรรจุในภาชนะทีหลังก่อนนำไปจำหน่าย ทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลว ถ้าคนมากความหนืดจะลดลง เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิต่ำ ความหนืดจะกลับคืนมา โยเกิร์ตชนิดคนนี้เทได้ง่าย ลักษณะของมวลตะกอนที่ได้จะแตกกันก่อนที่จะนำไปทำให้เย็นหรือบรรจุตัวอย่างเช่น นมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตชนิดเหลวซึ่งมีปริมาณของแข็งเพียงร้อยละ 11 หรือน้อยกว่า เป็นต้น โยเกิร์ตชนิดนี้จะใช้เชื้อในการหมักน้อยกว่าโยเกิร์ตชนิดคงตัว (ร้อยละ 0.025 หรือเท่ากับ 25 มิลลิลิตรต่อ 100 ลิตรของน้ำนม) โดยทำการหมักที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส หลังจากเติมเชื้อในการหมักแล้วคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 16-18 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ค่าความเป็นกรดที่ระดับ 4.6 จะได้มวลตะกอนซึ่งเป็นส่วนประกอบของเวย์ ไขมัน แล็กโตส ฯลฯ ในระหว่างการทำเย็น หรือทำให้เย็นควรคนเบา ๆ ไปเรื่อย ๆ พวกโพลีแซคคาไรด์จะเกิดขึ้นในระหว่างที่เติมเชื้อในการหมัก และจะรวมกับโครงสร้างของโปรตีนทำให้ได้โครงสร้างของโยเกิร์ตที่มีความหนืดและเนื้อเนียนเรียบ

3. โยเกิร์ตแช่เยือกแข็ง (frozen yoghurt) มีลักษณะทางกายภาพคล้ายกับไอศกรีม มีรสชาติเปรี้ยวแหลม และมีความเย็นเช่นเดียวกับไอศกรีม

ชนิดของโยเกิร์ตแบ่งตามกลิ่นรสและการปรุงแต่ง ได้เป็น 4 แบบคือ (จงกลณี, 2540; ภัคนางค์, 2542; กฤตภาส, 2556)

1. โยเกิร์ตแบบธรรมดา (plain yoghurt หรือ natural yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ผลิตตามวิธีการดั้งเดิม มีรสชาติเปรี้ยว ไม่มีการเติมกลิ่นรสหรือผลไม้

2. โยเกิร์ตรสผลไม้ (fruit yoghurt หรือ flavored yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ได้จากการเติมผลไม้และสารให้ความหวานในโยเกิร์ตแบบธรรมดา หรือมีการเติมกลิ่นรสและสีแทนส่วนของผลไม้ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ แบบสวิส (swiss style) ซึ่งเป็นโยเกิร์ตที่มีเนื้อผลไม้ผสมรวมกระจายอยู่ในเนื้อโยเกิร์ต และแบบซันเด (sundae style) ซึ่งมีผลไม้อยู่ก้นภาชนะ เวลารับประทานต้องคนให้เข้ากันก่อนรับประทาน

3. โยเกิร์ตผสมน้ำตาล (sweetened yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่มีน้ำตาลผสมอยู่ด้วย เพื่อให้เกิดรสหวาน อาจมีการเติมผลไม้ลงไปด้วย

4. โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (drinking yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่เกิดจากการนำโยเกิร์ต แบบธรรมดาผสมกับน้ำเชื่อมหรือน้ำผลไม้ในอัตราส่วน 1:1 แล้วนำไปผ่านการฆ่าเชื้อ โยเกิร์ตชนิดนี้เป็นของเหลว สะดวกต่อการดื่ม มีรสเปรี้ยวธรรมชาติ ส่วนสีและกลิ่นจะเป็นไปตามน้ำผลไม้ที่ผสมอยู่ โดยโยเกิร์ตทั้ง 4 ชนิดข้างต้นอาจผลิตเป็นโยเกิร์ตแบบคงตัวหรือแบบกวนก็ได้

นมที่ผ่านการให้ความร้อน จะต้องทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้วจึงส่งไปยังถังหมักเพื่อทำการหมักด้วยหัวเชื้อที่เตรียมขั้นต่อไป หัวเชื้อโยเกิร์ตจะประกอบด้วยหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมของ *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* และ *Streptococcus thermophiles* อัตราส่วนที่เท่ากันโดยทั่วไปหัวเชื้อจะใช้ประมาณร้อยละ 0.5–2.0 หลังการถ่ายเชื้อแล้วจะทำการบ่ม ที่อุณหภูมิ 37-44 องศาเซลเซียส 4-6 ชั่วโมง หรือที่ 32 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตาม สภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมคือการหมักที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532)

เนื่องจากโยเกิร์ตแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือโยเกิร์ตชนิดคงตัวและโยเกิร์ตชนิดคน ดังนั้นขั้นตอนของการหมักจึงแบ่งได้ 2 ลักษณะคือ โยเกิร์ตชนิดคงตัวจะหมักในภาชนะบรรจุที่จะจำหน่ายปลีกหรือโยเกิร์ตชนิดคนจะหมักในถังหมักขนาดใหญ่ จนการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ จึงบรรจุเพื่อวางจำหน่ายต่อไป แต่ปฏิกิริยาทางชีวเคมีของการเกิดเจลหรือมวลตะกอน (coagulum) ของกระบวนการหมักทั้งสองวิธีมีลักษณะเหมือนกัน และข้อแตกต่างของกระบวนการหมักทั้งสองวิธีก็คือคุณสมบัติการไหลของมวลตะกอน กล่าวคือโยเกิร์ตชนิดคงตัวเกิดการหมักในภาชนะบรรจุ การเกิดเจลไม่ถูกรบกวนตลอดช่วงการบ่ม ทำให้ได้เจลที่มีลักษณะกึ่งแข็งทั้งภาชนะบรรจุ แต่โยเกิร์ตชนิดคนเกิดการหมักในถังหมักใหญ่ เมื่อบ่มเสร็จจะมีการกวนซึ่งทำให้เจลที่ได้แตกออกจากกัน (Tamime and Robinson, 2007)

การเกิดเจลของโยเกิร์ตเป็นผลจากปฏิกิริยาทางชีวภาพและกายภาพในนม ดังมีขั้นตอนตามลำดับดังนี้ (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532)

1. หัวเชื้อโยเกิร์ตใช้น้ำตาลแล็คโตสในนมเป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและทำการหมักให้กรดแลกติกและสารประกอบอื่น ๆ ออกมา

2. กรดแลกติกที่สร้างขึ้นเรื่อย ๆ นี้ จะสลายสภาพความคงตัวของอนุภาคเคซีน และทำให้สารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนในน้ำหางนมสูญเสียสภาพธรรมชาติไปด้วย

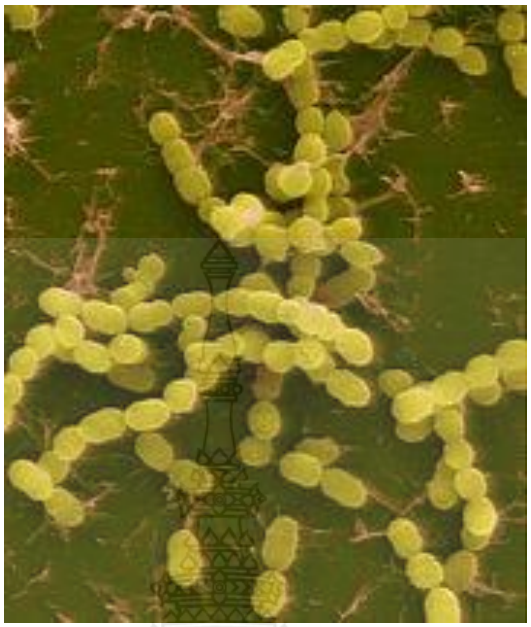
3. เกิดการรวมตัวของอนุภาคเคซีนและ/หรือกลุ่มของเคซีนย่อย ๆ เข้าด้วยกัน และเกิดการตกตะกอนบางส่วนออกมา ในขณะที่ความเป็นกรดด่างอยู่ที่ระหว่าง 4.6-4.7

4. เกิดปฏิกิริยาระหว่าง แอลฟา-แลคตาลบูมิน/บีตา-แลคโตโกลบูลินซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่ในหางน้ำนมกับเคซีน ทำให้เกิดอนุภาคเคซีนที่มีความคงตัวมากขึ้น ดังนั้นร่างแหของเจลที่ประกอบด้วยโครงสร้างที่แน่นอนนี้ สามารถจับกับองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีอยู่ในส่วนผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต รวมทั้งน้ำให้อยู่ในโครงสร้างดังกล่าวด้วย

ปกติโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 10 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ตจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของหัวเชื้อที่มีอยู่ในโยเกิร์ต แม้ว่ากิจกรรมดังกล่าวจะต่ำมากก็ตาม ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้โยเกิร์ตเกิดการแยกชั้นของไขมันและเวย์ และควรระวังในเรื่องการปนเปื้อนของเชื้อราและยีสต์ในหัวเชื้อโยเกิร์ตรวมทั้งในระหว่างการบรรจุด้วย (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532)

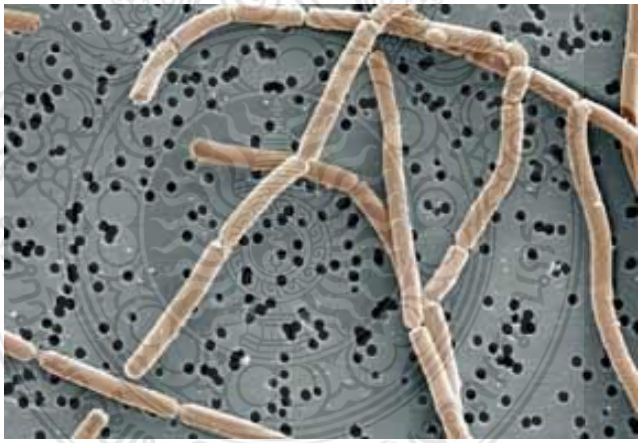
การผลิตโยเกิร์ตระดับอุตสาหกรรมจะใช้เชื้อผสมระหว่าง *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ดังแสดงในภาพ 2.1 และ ภาพ 2.2 และในช่วงการหมัก การเจริญของเชื้อทั้งสองเป็นการเจริญแบบส่งเสริมกัน (synergism) เมื่อเจริญร่วมกันภายใต้สภาวะที่ควบคุม กล่าวคือในช่วงแรก *Streptococcus thermophilus* ซึ่งมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญที่ 35-43 องศาเซลเซียส และเจริญได้ดีในสภาวะมีออกซิเจน ทำให้เชื้อนี้เจริญขึ้นอย่างอย่างรวดเร็ว ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มลดลงเนื่องจากผลิตกรดแลกติกเป็นผลิตภัณฑ์หลัก ในช่วงนี้เกิดการสร้างสารหลายชนิดเช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากการย่อยยูเรียในนมด้วยเอนไซม์ยูรีเอส และเกิดการสร้างกรดฟอร์มิก ซึ่งสารทั้งสามชนิดคือ กรดแลกติก แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และกรดฟอร์มิกเป็นสารที่กระตุ้นการเจริญของ *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* (Robinson, 2000)

Streptococcus thermophilus จะสร้างมวลตะกอนที่มีลักษณะไม่แข็ง (weak) เนื่องจากมีการผลิตกรดแลกติกน้อย การเจริญจะดำเนินต่อไปจนกระทั่งความเป็นกรด-ด่างถึง 5.5 จะมีสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อ *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการเจริญที่ 45 องศาเซลเซียส และทนต่อออกซิเจนได้น้อยกว่า *Streptococcus thermophilus* และสร้างปริมาณกรดแลกติกในปริมาณมากเพื่อสร้างอะซิทิลดีไฮด์ ซึ่งให้กลิ่นรสเฉพาะของโยเกิร์ต ซึ่งโยเกิร์ตที่มีกลิ่นรสดีมากจะมีปริมาณอะซิทิลดีไฮด์ 23-24 ppm หลังการหมักเสร็จแล้วโยเกิร์ตที่ได้จะมีลักษณะเนื้อที่แน่นขึ้นซึ่งจะถูกทำให้เย็นลงเป็น 4 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ตลอดระยะเวลาการจำหน่าย ณ อุณหภูมินี้แบคทีเรียยังคงมีชีวิตอยู่ แต่กิจกรรมค่อนข้างจำกัด ทำให้การแบ่งตัวและสร้างกรดจะช้าลงมาก (นภาพร, 2547)



ภาพที่ 2.1 ภาพ 3 มิติหัวเชื้อโยเกิร์ต *Streptococcus thermophilus*

ที่มา: Microbe Wiki, 2016



ภาพที่ 2.2 ภาพ 3 มิติหัวเชื้อโยเกิร์ต *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*

ที่มา: Microbe Wiki, 2016

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดสภาวะของหัวเชื้อที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตที่เป็นมาตรฐาน แต่ปริมาณที่ใช้อาจพิจารณาดังในตารางที่ 2.1 (นภาพร, 2547)

ตารางที่ 2.1 จำนวนจุลินทรีย์ของหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต

Types	Satisfactory	Doubtful	Unsatisfactory
Streptococcus thermophilus	10^8/g	10^7-10^8/g	10^7/g
Lactobacillus bulgaricus	10^8/g	10^7-10^8/g	10^7/g

ที่มา: นภาพร, 2547

2.2 แก่นตะวัน

แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke หรือ *Helianthus tuberosus*) เป็นพืชตระกูลเดียวกับทานตะวัน มีดอกสีเหลืองคล้ายดอกบัวตอง แต่มีขนาดเล็ก มีหัว (tuber) รูปร่างคล้ายขิงอวบ เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาว และมีการสะสมอินนูลิน (inulin) ในหัวมากถึงร้อยละ 14-19 ของน้ำหนักหัวสด (Franck and Leenheer, 2002) หรืออาจมากถึงร้อยละ 16-39 (Suzuki, 1993) และหัวแก่นตะวันนี้เป็นแหล่งสะสมอินนูลินถึงร้อยละ 70–80 ของปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มี (Saengthongpinit and Sajjaanantakul, 2005)

2.3 อินนูลิน

อินนูลิน (inulin) เป็นสารคาร์โบไฮเดรตสะสมในพืชประเภทฟรุกแทน (พอลิเมอร์ของฟรุกโตส) พบในผัก ผลไม้และธัญพืช ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และพืชที่มีอินนูลินส่วนใหญ่เป็นพืชที่ใช้ในการประกอบอาหารของมนุษย์ ซึ่งพบมากใน ต้นกระเทียม หัวหอม กระเทียม ข้าวสาลี ชิคอรี กล้วย และแก่นตะวัน ปัจจุบันในระดับอุตสาหกรรมจะสกัดจากรากชิคอรี (Franck and Leenheer, 2002)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณอินนูลินในพืชที่ใช้เป็นอาหาร

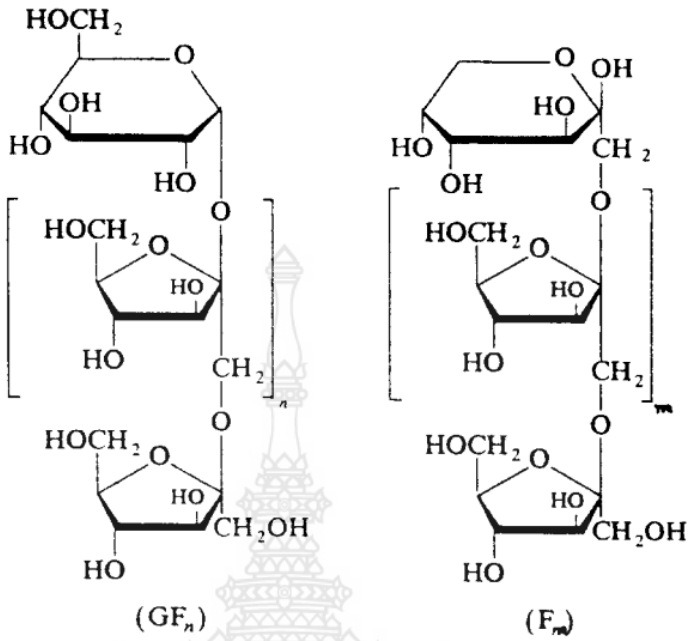
แหล่งอาหาร	**ส่วนที่รับประทานได้**	**ปริมาณของแข็ง (ร้อยละ)**	**ปริมาณอินนูลิน (ร้อยละของน้ำหนักสด)**
หัวหอม	หัวกาบใบ	6 – 12	2 – 6
แก่นตะวัน	หัว	19 – 25	14 – 19
ชิคอรี	ราก	20 – 25	15 – 20
ต้นกระเทียม	หัวกาบใบ	15 – 20*	3 – 10
กระเทียม	หัวกาบใบ	40 – 45*	9 – 16
อาร์ติโชค	ใบ	14 – 16	3 – 10
กล้วย	ผล	24 – 26	0.3 – 0.7
ข้าวไรย์	ธัญชาติ	88 – 90	0.5 – 1*
ข้าวบาร์เล่ย์	ธัญชาติ	NA	0.5 – 1.5*

หมายเหตุ NA หมายถึง ไม่มีข้อมูล

* หมายถึง ค่าประมาณ

ที่มา: Van Loo et al. (1995)

อินนูลิน (inulin) เป็นสารคาร์โบไฮเดรตสะสมในพืชประเภทฟรุกแทน (พอลีเมอร์ของฟรุกโตส) จัดเป็นพรีไบโอติกให้พลังงานต่ำ เพิ่มภูมิคุ้มกัน ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคกระดูกพรุน หลอดเลือดหัวใจตีบตัน ภาวะไขมันในเลือดผิดปกติโรคอ้วนและโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่ และลดอาการท้องเสีย ท้องผูก (ศิริพร และคณะ, 2553)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของอินนูลิน

ที่มา: Franck and Leenheer (2002)

ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการหมัก ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยรศ.ดร. สาโรจน์ ศิริศันสนียกุล (สาโรจน์ และคณะ, 2553) ได้ผลิตผลิตภัณฑ์จากแก่นตะวันแบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. แป้งแก่นตะวัน ผลิตโดยล้างหัวแก่นตะวันให้สะอาด ปอกเปลือก และหั่นเนื้อแก่นตะวันเป็นชิ้นบาง นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน จากนั้นบดเนื้อแก่นตะวันแห้งให้ละเอียดจะได้ผลิตภัณฑ์แป้งแก่นตะวันที่เป็นทั้งใยอาหารและสารพรีไบโอติกสามารถใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมอบและขนมขบเคี้ยวได้

2. แป้งอินนูลินเตรียมได้จากหัวแก่นตะวันสดและแป้งแก่นตะวันโดยการสกัดด้วยน้ำร้อน ทำให้สารละลายเข้มข้น และตกตะกอนด้วยเอทานอล จากนั้นนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย จะได้ผลิตภัณฑ์แป้งอินนูลิน ซึ่งเป็นสารพรีไบโอติก สามารถใช้เป็นสารเติมแต่งอาหารในผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์เนื้อ น้ำผักและผลไม้พร้อมดื่ม เครื่องดื่มธัญพืช ชาและกาแฟ อาหารทารกและเด็กอ่อน หรือใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเสริมสุขภาพ เป็นต้น

3. น้ำเชื่อมฟรุกโทสและ/หรืออินูโลโอลิโกแซ็กคาร์ไรด์ผลิตได้จากหัวแก่นตะวันสดและแป้งแก่นตะวัน โดยการสกัด/ละลายด้วยน้ำร้อน ทำให้สารละลายเข้มข้น ก่อนการเติมเอนไซม์อินูลิเนสและอินเวอร์เทสจากจุลินทรีย์บ่มภายใต้สภาวะที่เหมาะสม สารอินนูลินจากแก่นตะวันจะถูกย่อยสลายได้เป็นน้ำตาลฟรุกโทสและ/หรืออินูโลโอลิโกแซ็กคาร์ไรด์ เมื่อกำจัดสีทำให้บริสุทธิ์และเข้มข้นแล้ว จะได้ผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมฟรุกโทสและ/หรืออินูโลโอลิโกแซ็กคาร์ไรด์ที่สามารถใช้เป็นสารให้ความหวานที่มีองค์ประกอบของสารพรีไบโอติก ที่สามารถใช้เป็นสารให้ความหวานที่มีองค์ประกอบของสารพรีไบโอติก ซึ่งใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องดื่มสุขภาพ (น้ำผักและผลไม้ เครื่องดื่มธัญพืช) ชาและกาแฟลดไขมัน ผลิตภัณฑ์นม (นมเปรี้ยวและโยเกิร์ต) อาหารเด็กอ่อนและผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป (แหนมและไส้กรอก) เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์จากแก่นตะวัน (อินนูลินและอินูโลโอลิโกแซ็กคาไรด์) ประกอบด้วยสารพรีไบโอติกและใยอาหาร ที่ไม่สามารถถูกย่อยและดูดซึมได้ในระบบทางเดินอาหารตอนบนสามารถผ่านลงไปยังบริเวณลำไส้ใหญ่ ได้จึงส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งจะช่วยป้องกันการติดเชื้อก่อโรคในลำไส้ และลดระดับคอเลสเทอรอลและความดันโลหิต ช่วยทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมเกลือแร่ต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก ฉะนั้นผลิตภัณฑ์จากแก่นตะวันดังกล่าว จึงเป็นสารเติมแต่งอาหารที่น่าสนใจอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่รักสุขภาพในปัจจุบัน

2.4 แป้งดัดแปร

2.4.1 บทนิยาม

แป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้ง (starch) เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมีและ/หรือทางฟิสิกส์จากเดิมด้วยความร้อน และ/หรือเอนไซม์ และ/หรือสารเคมีชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2535)

2.4.2 ลักษณะโดยทั่วไปของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูง พบในคลอโรพลาสต์ และในส่วนที่พืชใช้เป็นแหล่งเก็บอาหาร เช่น เมล็ดและหัว มนุษย์ได้รับแป้งจากพืชแตกต่างกันตามภูมิประเทศโลก เช่น ทวีปอเมริกาเหนือ/กลาง แหล่งแป้งที่สำคัญคือข้าวโพด ข้าวสาลี ทวีปยุโรป คือมันฝรั่ง และแถบเอเชียและแอฟริกา คือข้าวและมันสำปะหลัง เป็นต้น แต่ที่สำคัญที่มีการใช้กันทั่วโลก คือ

แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวสาลีและแป้งมันสำปะหลัง แป้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในโภชนาการของมนุษย์ อาหารทั้งหมดส่วนใหญ่จะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักของทุกชนชาติ เช่น ข้าว ขนมปัง ก๋วยเตี๋ยว และ พาสต้า เป็นต้น

จากคุณสมบัติเฉพาะของแป้งจึงได้มีการนำแป้งมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของอาหาร ทำให้เกิดเจล ควบคุมความคงตัวและเนื้อสัมผัสของอาหารจำพวกซอส ซุป และน้ำปรุงรสอาหาร ป้องกันเนื้อสัมผัสของอาหารไม่ให้เสียรูปเนื่องจากกระบวนการแช่แข็งและคืนรูป (Freeze-thaw) สภาวะกรด การทำพาสเจอร์ไรเซชั่น (pasteurization) และสเตอบิไลเซอร์ (sterbilization) เป็นต้น

2.4.3 **องค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้ง**

องค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้ง ได้แก่ อะมิโลส (amylase) อะมิโลเพกติน (amylopectin) และสารตัวกลาง (intermediate material) (Sanders,1996) สมบัติของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน

คุณสมบัติ	อะมิโลส	อะมิโลเพกติน
ลักษณะโครงสร้าง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นตรง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นกิ่งก้าน
พันธะที่จับ	α-1,4	α1,4 และ α-1,6
ขนาด	200-2,000 หน่วยกลูโคส	มากกว่า 10,000 หน่วยกลูโคส
การละลาย	ละลายน้ำได้น้อยกว่า	ละลายน้ำได้ดีกว่า
การทำปฏิกิริยากับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีแดงม่วง
การจับตัว	เมื่อให้ความร้อนแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง	ไม่จับตัวเป็นแผ่นแข็ง

ที่มา: Beynum and Roels, 1985

อะมิโลส (amylose)

อะมิโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น ด้วยพันธะแอลฟา 1,4 ซึ่งมีความยาวสายโซ่ประมาณ 200 – 2,000 Anhydro Glucose Unit (AGU) มีโซ่กิ่งอยู่ประมาณ 3–4 กิ่ง ซึ่งแต่ละกิ่งประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 15–25 AGU ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,6 เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์ บีตา-อะมิโลเลสได้ส่วนที่เหลือจากการย่อยประมาณร้อยละ 78–81 และมีระดับชั้นของพอลิเมอไรเซชัน (degree of polymerization) เฉลี่ย 1,000 – 1,100 มีความยาวของสายเฉลี่ย 3.4–4.0 และมีโมเลกุลที่เป็นกิ่งก้านร้อยละ 31-49 (อรอนงค์, 2547) และคุณสมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลสของแป้งแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติโครงสร้างของอะมิโลส

แหล่งแป้ง	ปริมาณอะมิโลส (%)	β-Amylolysis Limit (%)	DP เฉลี่ย	จำนวนสายเฉลี่ย	ความยาวสายเฉลี่ย	โมเลกุลกิ่ง
แป้งสาลี	28	88	1,300	4.8	270	27
แป้งข้าวโพด	28	82	930	2.7	340	44
แป้งข้าวเจ้า	17	-	-	-	-	-
Indica	-	73	1,000	4.0	250	49
Japonica	-	81	1,000	3.4	320	31
แป้งมันสำปะหลัง	17	75	1 2,600	7.6	340	42
แป้งมันฝรั่ง	21	80	4,900	9.5	240	-

ที่มา : กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2543

หมายเหตุ: β-Amylolysis Limit = % การย่อยแป้งโดย β-Amylolysis

DP = Degree of polymerization

NC = Number of Chain

CL = Chain Length

อะมิโลเพกติน (amylopectin)

อะมิโลเพกติน เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส โดยส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมกันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage และส่วนที่กิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มีขนาดโมเลกุล (DP) อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,6-glucosidic linkage อะมิโลเพกตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะมิโลส (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)

เนื่องจากแป้งประกอบขึ้นด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคส ซึ่งมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาเคมี การแปรรูปแป้งโดยเฉพาะการแปรรูปทางเคมี ทำให้แป้งมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากเดิม ให้เหมาะสมตามความต้องการของอุตสาหกรรมแต่ละประเภทโดยการพัฒนาเปลี่ยนแปลงสมบัติของแป้งทั้งวิธีทางเคมี ชีวภาพและกายภาพ

2.4.4 แป้งดัดแปร (modified starch)

แป้งดัดแปร สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ตามกรรมวิธีการผลิต ดังนี้ (Be Miller, 1997)

2.4.4.1 การดัดแปรแป้งทางเคมี (chemical modification)

การเกิดอนุพันธ์

- แทนที่สารในโมเลกุลเดี่ยวของแป้ง (monostarch substitution) เช่น แป้งแอซีเทต (starch acetate) หรือ ปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชั่น เช่น แป้งไฮดรอกซีเอทิล (hydroxyethyl starch) การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้เป็น blood extender ครีมเทียม (coffee whitener) และสารให้ความข้น (thickener)

- การแทนที่โมเลกุลที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่ เช่น แป้งคลอสลิง

1) การลดขนาดโมเลกุลแป้งโดยกรด (acid thining) เช่น แป้งย่อยด้วยกรด (acid-modified starch) หรือ thin-boiling starch ซึ่งใช้ในการผลิตลูกกวาดและทอฟฟี่

2) เด็กทริไนเซชั่น (dextrinization) เป็นการลดขนาดหรือเปลี่ยนการจับเกาะ(depolymerization/transglycosylation) โดยใช้ความร้อน หรือความร้อนกับกรด เช่น มอลโตเด็กซ์ทริน (moltodextrin)

3) ออกซิเดชั่น (oxidation) ทำให้เกิดการฟอกสีและลดขนาดของโมเลกุล โดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (bleaching และ depolymerization) เช่น แป้งออกซิไดซ์ (oxidized starch) นิยมใช้ในการทำลูกกวาด ลูกอม ซุปกึ่งสำเร็จรูป และอาหารประเภทที่ต้องการความข้น เช่น สลัด มายองเนส

4) การย่อยสลาย (hydrolysis) โดยใช้น้ำย่อยหรือกรด เพื่อ ย่อยสลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็ก เช่น enzymeatically modified starch มักใช้ในกระบวนการผลิตน้ำเชื่อมกลูโคส น้ำเชื่อมฟรักโทส และไซโคลเด็กทริน

2.4.4.2 การดัดแปรทางกายภาพ (physical modification)

- เจลาติไนเซชั่น (gelatinization) เป็นการให้ความร้อนแป้งจนผ่านการเกิดเจลาติไนซ์ (pregelatinized starch) มักใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่สามารถละลายและให้ความหนืดได้ทันที โดยไม่ต้องใช้ความร้อน เช่นในขนมพุดดิ้ง น้ำเกรวี่ ซอส ไส้กึ่งสำเร็จรูป พายครีมหน้าขนมต่าง ๆ

- แป้งละลายน้ำเย็น (Granular-Cold-Water-Solution, GCWSS) เป็นการแปรรูปจะได้แป้งที่สามารถละลายในน้ำเย็น โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการเกิดเจลาติไนเซชั่น

- การลดขนาดเม็ดแป้งโดยทางกล การทำให้เม็ดแป้งแตกโดยทางกลจะได้แป้งเม็ดแป้งขนาดเล็กกว่าปกติ

- annealing เป็นการให้ความร้อนในขณะที่เม็ดแป้งอยู่ในอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเจลาติไนเซชั่น

- การแปรรูปด้วยความร้อนชื้น (heat moisture treatment) เป็นการให้ความร้อนต่ำกว่าจุดเจลาติไนเซชั่นแก่แป้งขณะที่เม็ดแป้งมีความชื้นต่ำ

2.4.4.3 การดัดแปลงทางเทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnological modification) เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งโดยเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

- waxy starch คือ แป้งที่มีอะมิโลสต่ำหรือไม่มีเลย

- high-amylose starch คือแป้งที่มีอะมิโลสสูง

- โครงสร้างขนาดโมเลกุลในแป้งข้าวโพดดัดแปรทางเทคโนโลยีชีวภาพทำให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ซึ่งเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเนื้อสัมผัสคงทน ไม่แตกง่าย

ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไขมันต่ำมีการทดลองการทดแทนไขมันด้วยแป้งดัดแปรดังนี้

Castilla et al. (2003) ทำการทดลองโดยใช้สารทดแทนไขมันในอุตสาหกรรมอาหาร 3 ชนิดคือ whey protein concentrate (WPC) microparticulated whey protein (MWP) และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร ในการทำโยเกิร์ตไขมันต่ำพบว่าโยเกิร์ตที่ทดแทนไขมันด้วย whey protein concentrate และโยเกิร์ตที่ทดแทนไขมันด้วย whey protein concentrate และ microparticulated whey protein มีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายกับโยเกิร์ตสูตรควบคุมที่ไม่ใช้สารทดแทนไขมัน และโยเกิร์ตที่ทดแทนไขมันด้วยแป้งมันสำปะหลังดัดแปรมีความแน่นเนื้อมากกว่า โยเกิร์ตสูตรควบคุมที่ไม่ใช้สารทดแทนไขมัน

Alting et al. (2008) พบว่า การใช้ amylomaltase-treated starch ในโยเกิร์ตไขมันต่ำจะเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัสแบบเป็นครีม (creaminess) ได้ 4 เท่าเมื่อเทียบกับการใช้มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin) ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตแบบคงตัว และเมื่อใช้ amylomaltase-treated starch ในปริมาณเล็กน้อยจะได้โยเกิร์ตที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสแบบเป็นครีมเหมือนกับโยเกิร์ตสูตรควบคุมที่ไม่ใช้สารทดแทนไขมัน

2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นาถธิดา วีระปรียากูร, สุพร นุชดำรง และพัชราภรณ์ อนวัชมงคล (2552) ได้ทำการทดลองการวิเคราะห์ส่วนประกอบของสารสำคัญในหัวแก่นตะวันสด การศึกษานี้เป็นการศึกษาส่วนประกอบของสารสำคัญของแก่นตะวัน สายพันธุ์ 2 ซึ่งพัฒนาสายพันธุ์โดย รศ. ดร. สนั่น จอกลอย มหาวิทยาลัยขอนแก่น จากการศึกษาพบว่า ผงแก่นตะวันสายพันธุ์ 2 ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 6.72±0.12 ไขมันร้อยละ 0.27±0.02 ปริมาณสารเยื่อใยร้อยละ 1.56±0.30 และเถ้าร้อยละ 0.62±0.20 การวิเคราะห์องค์ประกอบรวมของ polyfructan, oligofructan และ simple sugar ใช้การสกัดด้วยน้ำพบผลรวมของสารสกัดทั้งหมดเท่ากับ 42.65 g% ของผงแห้ง และเมื่อสกัดผงแก่นตะวันแห้งแบบสกัดแยกส่วนด้วย ethanol พบค่า inulin ในรูป polyfructan เท่ากับ 105.35 g% และในรูป oligofructan เท่ากับ 16 g% และมี simple sugar (disaccharide และ monosaccharide) เท่ากับ 1.24 g เมื่อนำส่วนสกัดแต่ละส่วนที่ผ่านการทำ lyophilize และอบต่อจนได้น้ำหนักแห้งที่คงที่ พบผลรวมค่าวิเคราะห์เป็นน้ำหนักแห้งของ polyfructan เท่ากับ 78.00 g% และ oligofructan เท่ากับ 32.75 g% จากผลการวิเคราะห์ทั้งหมด แก่นตะวันมีปริมาณของ polyfructan และ oligofructan ที่เทียบเป็นปริมาณ

fructose สมมูลที่ค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงถึงการมีปริมาณ inulin ที่สูง ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถชี้ให้เห็นได้ว่า แก่นตะวันสายพันธุ์ 2 มีศักยภาพที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพได้

Kip, Meyer, and Jellema (2006) รายงานว่า เมื่อเติมอินนูลิน (ความเข้มข้นร้อยละ 0-4) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เตรียมจากหางนม แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน พบว่า การเติมอินนูลินที่มีระดับการเกิดพอลิเมอร์สูง (degree of polymerization มากกว่าหรือเท่ากับ 23) มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่เกี่ยวลักษณะที่เกิดภายในปาก (ความเป็นครีมหรือความนุ่ม ความข้น ความเหนียว) ในขณะที่การเติมอินนูลินที่มีระดับการเกิดพอลีเมอร์ต่ำ (degree of polymerization มากกว่าหรือเท่ากับ 9) เกิดผลน้อยกว่า ความเข้มข้นของอินนูลินที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 3 และสรุปได้ว่าอินนูลินใช้ในการปรับปรุงลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตไขมันต่ำได้

Guggisberg et al. (2009) ได้ทำการทดลองผลของการเติมอินนูลิน (ร้อยละ 0-4) ที่ระดับไขมันแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.2-3.5) มีผลต่อเนื้อสัมผัสและโครงสร้างระดับจุลภาคโยเกิร์ต โดยจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 x 2 วัตถุดิบเป็นนมสด และหางนมผง แล้วแปรระดับของครีม และอินนูลิน นำมาผสมกันแล้วคำนวณให้ได้ปริมาณโปรตีนร้อยละ 4 ทำการโฮโมจิไนซ์ ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 92 °C และหมักที่อุณหภูมิ 42 °C จนค่า pH ของโยเกิร์ตเท่ากับ 4.6 แล้วเก็บโยเกิร์ตไว้ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 6 วัน ทำการวิเคราะห์คุณภาพขององค์ประกอบทางเคมี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด และโครงสร้างทางจุลภาค และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณอินนูลินและปริมาณไขมันมีผลต่อสมบัติทางรีโอโลยีและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ โยเกิร์ตที่มีการเติมปริมาณอินนูลินในระดับสูง จะมีผลต่อค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และค่าความเป็นครีม (creaminess) ในขณะที่ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 หางนมผง ตรามิสไอศกรีม

3.1.1.2 น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล

3.1.1.3 แป้งมันสำปะหลังดัดแปร บริษัทสำปะหลังพัฒนา จำกัด

3.1.1.4 เชื้อจุลินทรีย์ผง Yo-Flex®: YC-380 บริษัทอี๊สต์เอเชียติ๊ก (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

3.1.1.5 เจลาติน ห้างหุ้นส่วนจำกัดนิวทริชั่น

3.1.1.6 เพกติน บริษัทฟู้ดส์แอนคอสเมติก ซิสเท็ม จำกัด

3.1.1.7 อาหารเลี้ยงเชื้อ De man, Rogasa and Sharpe (MRS)

3.1.1.8 อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA)

3.1.1.9 แป้งแก่นตะวัน ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการหมัก ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร

3.1.2 อุปกรณ์

3.1.2.1 เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง Extend Sartorius ED323S

3.1.2.2 เครื่องโฮโมจิไนซ์เซอร์ Ystral X 10/25

3.1.2.3 ตู้อบลมร้อนสำหรับฆ่าเชื้อ (Hot air Oven) Binder FD 115

3.1.2.4 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) Binder BD 115

3.1.2.5 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

3.1.2.6 ช้อนคนสเตนเลส

3.1.2.7 กระบอกสเตนเลส

3.1.2.8 กระดาษฟอยล์

3.1.2.9 บีกเกอร์

3.1.2.10 แท่งแก้ว

3.1.2.11 กระบอกตวง

3.1.2.12 เทอร์โมมิเตอร์

3.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.1 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง pH meter-Sartorius PB - 10

3.2.2 เครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer-DV-II+PRO

3.2.3 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด Hand refractometer-Shilac 0-32%

3.2.4 กระดาษกรอง

3.2.5 กรวยกรอง

3.2.6 ขวดรูปชมพู่

3.2.7 ตู้อบลมร้อนสำหรับฆ่าเชื้อ (Hot air Oven)-Binder FD 115

3.2.8 หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)-Sanyo Lado Autoclave

3.2.9 ตู้ปลอดเชื้อ Heal Force A2

3.2.10 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)-Binder BD 115

3.2.11 ปิเปต

3.2.12 จานเพาะเชื้อ

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์จากแป้งแก่นตะวันในการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำ

การศึกษาครั้งนี้ใช้โยเกิร์ตชนิดคนในการทดสอบ ซึ่งเตรียมโดยผสมหางนมผง แป้งแก่นตะวัน และ น้ำกลั่น ปริมาณตามสูตรในตารางที่ 3.1 แล้วนำไปอุ่นให้ร้อนที่ 63±2 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วเติมน้ำตาล เพกติน เจลาติน แป้งมันสำปะหลังดัดแปร และแปรระดับของแป้งแก่นตะวัน ที่ร้อยละ 0.00 1.80 และ 3.60 โดยน้ำหนักตามลำดับ (สูตรการเตรียมโยเกิร์ตแสดงในตารางที่ 3.1) นำไปให้ความร้อนที่ 80±2 องศาเซลเซียส

เวลา 2 นาที จึงเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus*) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 45±2 องศาเซลเซียส ใช้เวลาบ่มประมาณ 6 ชั่วโมง จึงทำการกวนเนื้อโยเกิร์ตให้แตกออกแล้วบ่มในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง บรรจุในถ้วยพลาสติก แล้วแช่เย็นเก็บไว้ ซึ่งขั้นตอนการเตรียมโยเกิร์ตดังแสดงในแผนภูมิที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของวัตถุดิบในโยเกิร์ตที่ใช้ในการทดลอง

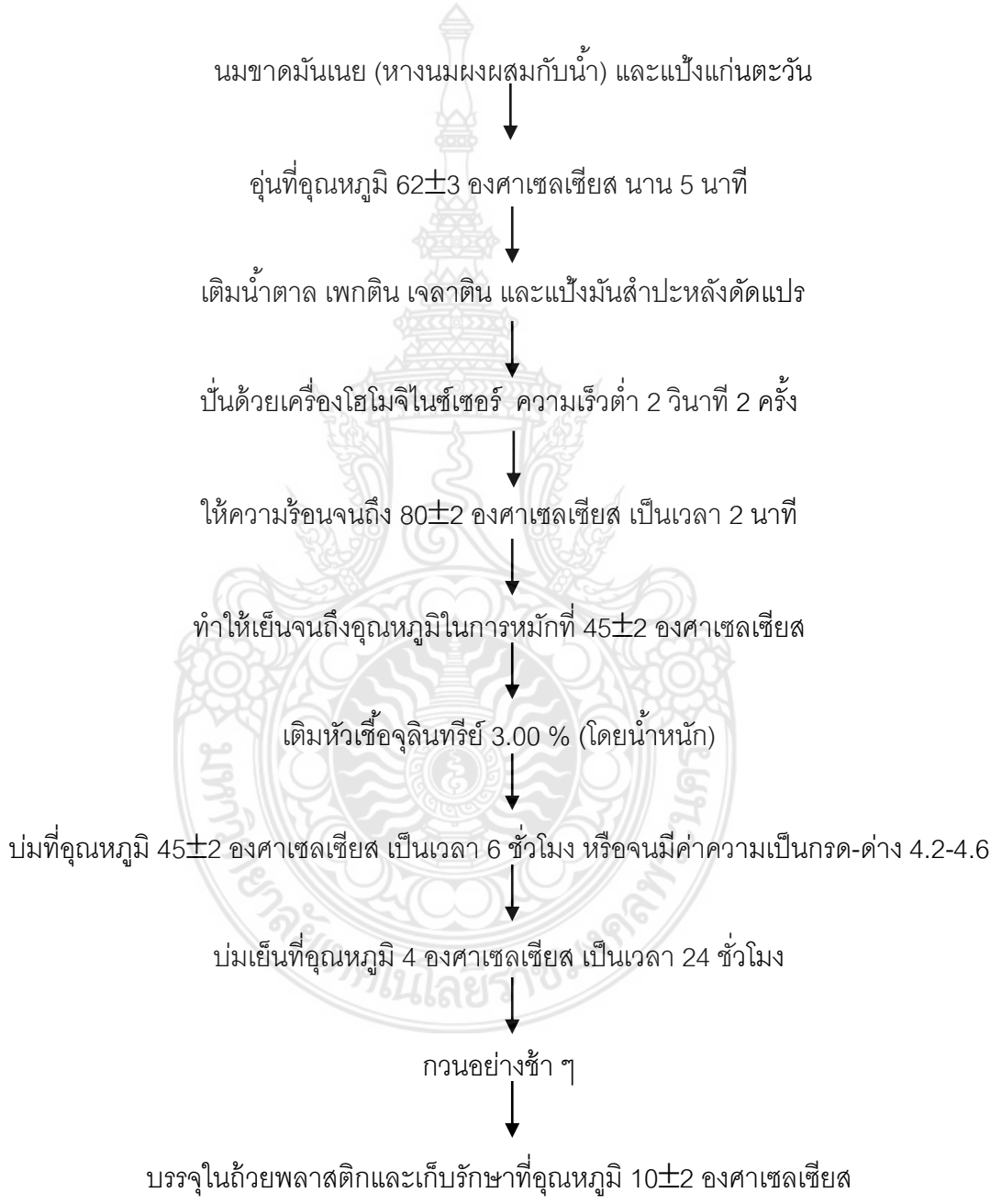
สูตร	หางนมผง (%)	แป้งแก่นตะวัน (%)	น้ำกลั่น (%)	น้ำตาล (%)	เจลาติน (%)	เพกติน (%)	แป้งมันสำปะหลังดัดแปร (%)	หัวเชื้อ* (%)
สูตร 1**	14.40	0.00	75.60	6.00	0.25	0.42	0.33	3.00
สูตร 2	12.60	1.80	75.60	6.00	0.25	0.42	0.33	3.00
สูตร 3	10.80	3.60	75.60	6.00	0.25	0.42	0.33	3.00

หมายเหตุ *หัวเชื้อ เตรียมโดยการเติมเชื้อผสมระหว่าง *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* (อัตราส่วน 1:1) ซึ่งอยู่ในรูปผงแช่เยือกแข็งระเหิดแห้ง 0.4 กรัมต่อลิตร ลงในนมพร่องมันเนย ซึ่งผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 82±3 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วหมักที่อุณหภูมิ 45±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หรือจนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.2 – 4.6 (ตรี และบวรศักดิ์, 2554)

**สูตร 1 ได้จาก ปวิตาและ ขวัญชนก (2553)

นำโยเกิร์ตที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ pH meter และปริมาณกรดแลกติกโดยวิธี titratable acidity (AOAC, 2000) คุณภาพทางกายภาพได้แก่ ความหนืดที่ปรากฏ โดยใช้เครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) โดยใช้ Hand refractometer ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) (AOAC, 2000) และค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (syneresis) ดัดแปลงจากวิธีของ Puvanenthiran et, al. (2002)

ทำการวิเคราะห์คุณภาพของโยเกิร์ตทั้งหมดจำนวน 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมโยเกิร์ตชนิดคน

ที่มา : ศศิพร (2548) และ ปวิตราและ ขวัญชนก (2553)

3.3.2 ศึกษาความยอมรับโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

ศึกษาความยอมรับของผู้บริโภคโดยการประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ต โดยวิธีทดสอบแบบ 9 – point Hedonic scale ที่มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 9 โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึงชอบมากที่สุด ในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเนียน) และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจำนวน 60 คน

จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Completely Block Design ; RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05

แปลผลค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ดังนี้

8.20–9.00 หมายถึง ชอบมากที่สุด

7.30–8.19 หมายถึง ชอบมาก

6.40–7.29 หมายถึง ชอบปานกลาง

5.50–6.39 หมายถึง ชอบเล็กน้อย

4.60–5.49 หมายถึง บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ

3.70–4.59 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย

2.80–3.69 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง

2.90–2.79 หมายถึง ไม่ชอบมาก

1.00–1.89 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

3.3.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

นำโยเกิร์ตที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากข้อ 3.3.2 มาเก็บที่ตู้เย็น อุณหภูมิ 10$\pm$2 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก (O' Conner-Show et al., 1994) และปริมาณยีสต์และรา (Harrigan, 1998) และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ pH meter ทุก 3 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 2 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1.1 ศึกษาปริมาณแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำ

จากการศึกษาปริมาณแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำโดยแปรระดับแป้งแก่นตะวันที่ร้อยละ 0.00 1.80 และ 3.60 โดยน้ำหนักตามลำดับ แล้วนำโยเกิร์ต 3 สูตรที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติกโดยวิธี titratable acidity วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพได้แก่ ความหนืดที่ปรากฏ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) และค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (syneresis) ได้ผลตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตที่มีการเสริมแป้งแก่นตะวัน

คุณภาพ/ชุดทดลอง	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
คุณภาพทางเคมี			
ความเป็นกรด-ด่าง^{ns}	4.30±0.01	4.31±0.07	4.29±0.09
ปริมาณกรดแลกติก^{ns} (% lactic acid)	0.91±0.21	0.89±0.41	0.88±0.12
คุณภาพทางกายภาพ			
ความหนืดที่ปรากฏ (cP)	10138.40±14.50^{a}	7980.47±0.24^{b}	4753.36±80.23^{c}
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด^{ns} ($^{\circ}$Brix)	15.10±0.05	15.12±0.02	15.15±0.03
ปริมาณของแข็งทั้งหมด^{ns} (%)	19.20±0.20	19.23±0.35	19.24±0.25
ค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต^{ns} (syneresis)	0.24±0.12	0.28±0.14	0.31±0.26

หมายเหตุ สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 มีการแปรระดับแป้งแก่นตะวันร้อยละ 0.00 1.80 และ 3.60 โดยน้ำหนักตามลำดับ

ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.1 พบว่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Guven et al. (2005) ที่พบว่าการใช้อินนูลินในปริมาณต่างกันจะไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติกในการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำแบบคงตัว (set type) ความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดแลกติกของโยเกิร์ตไขมันต่ำจะแตกต่างกันเมื่อองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน เช่น ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่มีการเติมอินนูลิน โปรตีนจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากโปรตีนมีสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ หรือน้ำตาลเป็นสารตั้งต้นซึ่งจุลินทรีย์นำไปใช้ ทำให้เกิดการสร้างกรดอินทรีย์หลายชนิด (Pimentel et al., 2012) แต่เนื่องจากโยเกิร์ตทั้งสามสูตรมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกันทำให้ความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดแลกติกของโยเกิร์ตทั้งสามสูตรจึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) นั่นคือปริมาณแป้งแก่นตะวันที่ใส่ในโยเกิร์ตไขมันต่ำแบบคนไม่มีผลกับความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดแลกติกของโยเกิร์ต และโยเกิร์ตทั้งสามสูตรมีปริมาณกรดแลกติกสูงกว่าร้อยละ 0.6 ซึ่งสอดคล้องกับ Codex Alimentarius ที่แนะนำว่าปริมาณกรดแลกติกในโยเกิร์ตสำหรับขายปลีกควรไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.6 ของน้ำหนัก (Temesgen and Yetneberk, 2015) รวมทั้งมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2146-2546) เรื่อง นมเปรี้ยว และประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556 เรื่อง นมเปรี้ยว ที่กล่าวว่า โยเกิร์ตมีค่าความเป็นกรด โดยคำนวณเป็นกรดแลกติก ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.6 ของน้ำหนัก

ส่วนคุณภาพทางกายภาพ พบว่ามีเฉพาะความหนืดที่ปรากฏของทั้งสามสูตรที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยที่โยเกิร์ตสูตร 1 มีความหนืดมากที่สุด และโยเกิร์ตสูตร 3 มีความหนืดต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับ Guggisberg et al. (2009) Guven et al. (2005) และ Paseephol et al. (2008) ที่พบว่า การเติมอินนูลินในโยเกิร์ตไขมันต่ำส่งเสริม

ลักษณะเนื้อสัมผัสคือ ลักษณะการเป็นครีม (creaminess) ทำให้ความหนืดของโยเกิร์ตสูตรที่เติมอินนูลินมีค่าน้อยกว่าโยเกิร์ตสูตรควบคุมที่ไม่เติมอินนูลิน เนื่องจากโมเลกุลของอินนูลินจะกระจายตัวภายในไมเซลล์ของเคซีน และไปขัดขวางการเกิด protein matrix ส่งผลให้เกิดเจลที่มีความอ่อนนุ่ม (Paseephol et al., 2008) ซึ่งในทางตรงข้าม หางนมจะมี protein matrix ที่อัดแน่นกว่าจึงมีช่องว่างระหว่างอนุภาคน้อยกว่า ทำให้มีความแน่นเนื้อมากกว่า (firm) (Brennan and Tudorica, 2008) แต่ Kip et al. (2006) พบว่าการเติมอินนูลินปริมาณต่างกัน (ร้อยละ 1.5 3.0 และ 4.0) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำมีผลต่อความหนืดกล่าวคือปริมาณอินนูลินยิ่งมาก ค่าความหนืดยิ่งมาก เนื่องจากอินนูลินจับกับน้ำและทำอันตรกิริยากับกลุ่มโปรตีน (protein aggregates) นอกจากนี้การเติมสารคงตัวอาจเกิดอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างไมเซลล์ของเคซีนกับสารคงตัวเนื่องจากพันธะไฮโดรโฟบิก (hydrophobic interaction) (Wang et al., 2012) หรืออาจสรุปได้ว่าการเติมแป้งอินนูลินในโยเกิร์ตไขมันต่ำมีผลเช่นเดียวกับการเติมอินนูลินในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณของแข็งทั้งหมดในสูตรทั้งสามสูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากองค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็งของทุกสูตรมีปริมาณใกล้เคียงกัน

ค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตทั้งสามสูตร มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และมีค่าระหว่างร้อยละ 0.24–0.31 ซึ่งมีค่าน้อย อาจเนื่องมาจากการเติมสารคงตัวและสารพรีไบโอติก จะช่วยลดการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (Amatayakul et al., 2006)

4.1.2 **ศึกษาความยอมรับโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน**

จากการศึกษาปริมาณแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำ โดยแปรระดับแป้งแก่นตะวันที่ร้อยละ 0.00 1.80 และ 3.60 โดยน้ำหนักตามลำดับ แล้วนำโยเกิร์ต 3 สูตรที่ได้ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาความยอมรับโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริม แป้งแก่นตะวันของผู้บริโภค โดยวิธีทดสอบแบบ 9–point Hedonic scale ในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเนียน) และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต จำนวน 60 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่มีการเสริมแป้งแก่นตะวัน

คุณภาพ/โยเกิร์ต	สูตร 1[1]	สูตร 2[1]	สูตร 3[1]
สี	6.68±0.15[b]	6.63±0.24[b]	7.62±0.17[a]
กลิ่นรส	6.48±0.25[b]	6.33±0.31[b]	8.13±0.15[a]
รสชาติ	5.62±0.01[b]	5.63±0.20[b]	6.88±0.37[a]
เนื้อสัมผัส (ความเนียน)	5.40±0.17[c]	5.92±0.34[b]	7.12±0.15[a]
ความชอบโดยรวม	5.47±0.12[c]	6.15±0.02[b]	6.78±0.21[a]

หมายเหตุ [1] สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 มีการแปรระดับแป้งแก่นตะวัน 0.00 1.80 และ 3.60 ร้อยละโดยน้ำหนักตามลำดับ

ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด (ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 60 คน)

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่แปรระดับแป้งแก่นตะวัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.00 1.80 และ 3.60 โดยน้ำหนักของหางนม (สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 ตามลำดับ) พบว่า สูตร 3 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในทุกด้าน ($p < 0.05$) คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบมาก ในด้านกลิ่นรส และสี และอยู่ในระดับชอบปานกลาง ในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเนียน) และความชอบโดยรวม

ในด้านสี ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูตร 1 และ 2 ในระดับความชอบปานกลาง ด้านกลิ่นรส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูตร 1 ในระดับความชอบปานกลาง และสูตร 2 ในระดับความชอบเล็กน้อย ด้านรสชาติ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูตร 1 และ 2 ในระดับชอบเล็กน้อย ด้านเนื้อสัมผัส (ความเนียน) และด้านความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูตร 1 ในระดับบอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ และสูตร 2 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

จากผลการศึกษาคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่แปรระดับแป้งแก่นตะวัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.00 1.80 และ 3.60 โดยน้ำหนักตามลำดับ พบว่า โยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวันสูตร 3 (แป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนัก) เป็นสูตรที่เหมาะที่สุดเนื่องจากสูตร 3 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในทุกด้าน ($p < 0.05$) และมีความหนืดที่ปรากฏใกล้เคียงกับโยเกิร์ตทางการค้า (ดังแสดงในตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของโยเกิร์ตทางการค้า และโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน สูตร 3 (แป้งแก่นตะวันร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนัก)

คุณภาพ	โยเกิร์ตทางการค้า*	โยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน สูตร 3
คุณภาพทางเคมี		
ความเป็นกรด-ด่าง	4.40±0.15	4.29±0.09
คุณภาพทางกายภาพ		
ความหนืดที่ปรากฏ (cP)	4324.44±15.40	4753.36±80.23
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	18.33±0.58	15.15±0.03
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	23.54±0.99	19.24±0.25

หมายเหตุ * โยเกิร์ตรสธรรมชาติ ยี่ห้อดัชมิลล์ (กฤตภา, 2556)

4.1.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

การศึกษาอายุการเก็บรักษาโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแก่นตะวันที่มีแป้งแก่นตะวันร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนักของหางนม โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส และเก็บตัวอย่างทุก 3 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดแลกติก และปริมาณยีสต์และรา และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง แสดงผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์และคุณภาพทางเคมีของโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนัก ในระหว่างเก็บรักษา

ระยะการเก็บรักษา (วัน)	คุณภาพทางจุลินทรีย์		คุณภาพทางเคมี
	แบคทีเรียแลกติก (log CFU/g)	ยีสต์และรา	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
0	7.88	ND	4.29
3	7.90	ND	4.29
6	7.91	ND	4.30
9	7.92	ND	4.32
12	7.94	ND	4.32
15	7.95	ND	4.33
18	7.88	ND	4.20
21	7.87	ND	4.15

หมายเหตุ CFU/g หมายถึง colony forming unit per gram
ND หมายถึง ตรวจสอบไม่พบจุลินทรีย์ (Not detect)

จากการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กันโดยการตรวจสอบ จำนวนยีสต์และรา ผลปรากฏว่าไม่พบยีสต์และรา สำหรับแบคทีเรียกรดแลกติกมีจำนวนเพิ่มขึ้นในช่วง 15 วัน และเริ่มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บนานมากกว่า 15 วัน ซึ่งเกิดจากเมื่อแบคทีเรียมีจำนวนมากเพียงพอและมีการสร้างสารต่างๆ ออกมาสะสมในสภาวะแวดล้อมมากเกินไป จนไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของเชื้อ จึงทำให้จำนวนเชื้อดังกล่าวลดลง สอดคล้องกับ Birollo et al. (2000) พบว่าเมื่อโยเกิร์ตมีความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาจะส่งผลให้จำนวนเชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติกลดลงตาม

ส่วนคุณภาพทางเคมีได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน (แป้งแก่นตะวันร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนัก) มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บ 15 วัน และเริ่มลดลงหลังจากวันที่ 15 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ตมีค่าอยู่ในช่วง 4.15 ถึง 4.29 สอดคล้องกับ Paseephol et al.

(2008) รายงานว่า ปริมาณกรดแลกติกของโยเกิร์ตชนิดคงตัวที่เติมอินนูลินระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในช่วงแรกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ และลดลงในวันที่ 28 เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลกติกยังคงหมักน้ำตาลแล็กโทสด้วยอัตราอย่างช้า ๆ ที่อุณหภูมิต่ำ และอายุการเก็บรักษานานขึ้นจะมีปริมาณกรดสะสมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์-กรดแลกติก ส่งผลให้โยเกิร์ตไขมันต่ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงตามปริมาณกรดที่เพิ่มมากขึ้นด้วย และเนื่องมาจากการลดลงของค่า pH ทำให้จุลินทรีย์มีการทำกิจกรรมน้อยลง ทำให้โยเกิร์ตเกิดการแยกชั้นของเนื้อโยเกิร์ตและเวย์ อีกทั้งยังเกิดรสเปรี้ยวและกลิ่นที่เปลี่ยนไป สอดคล้องกับ Aghajani and Pourahmad (2012) ที่พบว่า โยเกิร์ตผลิตจากนมสด หางนมผงและเติมอินนูลิน เมื่อเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น นาน 3 อาทิตย์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีแนวโน้มลดลงตลอดเวลาการเก็บรักษาและลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ (21 วัน) และ Paseephol and Sherkat (2009) ได้ทำการศึกษาการเก็บรักษาโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมอินนูลินที่สกัดจากแก่นตะวันในตู้เย็น พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ตลอดอายุการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน และการเติมอินนูลินจะช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลกติกทั้งในช่วงการหมักและช่วงการเก็บรักษา

ส่วนการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต พบว่าในวันที่ 15 เริ่มเกิดการแยกชั้นของเนื้อโยเกิร์ตและเวย์มากขึ้น และเกิดต่อเนื่องตลอดอายุการเก็บรักษา 21 วัน ซึ่ง Shah (2003) กล่าวว่าปัญหาของโยเกิร์ตที่สำคัญคือการแยกชั้นของเนื้อโยเกิร์ตและเวย์ และสามารถลดได้เมื่อปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 และ Amatayakul et al. (2006) รายงานว่าการใช้สารคงตัวและสารพรีไบโอติกสามารถลดการแยกชั้นของเนื้อโยเกิร์ตและเวย์ นั่นคือโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน (แป้งแก่นตะวันร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนัก) มีองค์ประกอบคือสารคงตัวได้แก่ เพกติน เจลาติน และแป้งมันสำปะหลัง และสารพรีไบโอติก ได้แก่อินนูลินซึ่งมีอยู่ในแป้งแก่นตะวัน จึงอาจทำให้เกิดการแยกชั้นของเนื้อโยเกิร์ตและเวย์ที่สังเกตได้ชัดเจนในวันที่ 15

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาปริมาณแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำ โดยแปรระดับแป้งแก่นตะวันที่ร้อยละ 0.00 1.80 และ 3.60 โดยน้ำหนักตามลำดับ แล้วนำโยเกิร์ต 3 สูตรที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติกโดยวิธี titratable acidity วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพได้แก่ ความหนืดที่ปรากฏ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) และค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (syneresis) พบว่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนคุณภาพทางกายภาพ พบว่ามีเฉพาะความหนืดที่ปรากฏของทั้งสามสูตรที่มีความแตกต่าง และเมื่อนำโยเกิร์ต 3 สูตรที่ได้ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาความยอมรับโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวันของผู้บริโภค โดยวิธีทดสอบแบบ 9–point Hedonic scale ในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเนียน) และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจำนวน 60 คน พบว่า สูตร 3 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในทุกด้าน ($p < 0.05$) คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบมาก ในด้านกลิ่นรส และสี และอยู่ในระดับชอบปานกลาง ในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเนียน) และความชอบโดยรวม ดังนั้นสูตรที่เหมาะสมในการทำโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวันคือ สูตร 3 ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณแป้งแก่นตะวันที่ร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนัก เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แล้วพบว่า อายุการเก็บรักษาเท่ากับ 15 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มปริมาณแป้งแก่นตะวันว่ามีผลอย่างไรต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตไขมันต่ำ หรืออาจยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานหรือไม่

5.2.2 ควรมีการศึกษาสารคงตัวชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไขมันต่ำให้ดียิ่งขึ้น

5.2.3 ควรมีการศึกษาการเติมผลไม้ต่างๆ ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไขมันต่ำที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤตภาส จินาภาค. 2556. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2535. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว**. เอกสาร มอก. ที่ 2146-254. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กรุงเทพ ฯ. 10 หน้า.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2535. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร**. เอกสาร มอก. ที่ 1073-2535. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กรุงเทพ ฯ. 11 หน้า.

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. **เทคโนโลยีของแป้ง**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ. 292 หน้า.

กองโภชนาการ. 2549. **รายงานการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทย ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2546**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา. 2543. "โยเกิร์ตผสมจุลินทรีย์สุขภาพ อาหารนมตัวใหม่ล่าสุดที่เกิดจากพระประสงค์ของในหลวง". **อุตสาหกรรมสาร** ปีที่ 43, ฉบับที่ 1 (มค.-กพ.): 19-20.

จงกลนี แววหงส์. 2540. "**ผลของสารออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียในว่านหางจระเข้ที่มีต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกในการทำโยเกิร์ต**". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ตรี วาทกิจ และบวรศักดิ์ ลีนานนท์. 2554. "การเหลือรอดของแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์โซเกิร์ตมังคุด". **วารสารวิจัย มข**., ปีที่ 16, ฉบับที่ 5 (พฤษภาคม): 468-477.

นภาพร พันธุสุข. 2547. "**ผลของแป้งข้าวโพดและสตาร์ชดัดแปรต่อคุณลักษณะของโยเกิร์ตนมสด**". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นาถธิดา วีระปรียากูร, สุพร นุชดำรง และพัชราภรณ์ อนวัชมงคล. 2552. **การวิเคราะห์ส่วนประกอบของสารสำคัญในหัวแก่นตะวันสด**. (25 มกราคม 2553). https://ora.kku.ac.th/db_research/db_attachments/resproject_abstract/4158-7794-abstract_file.pdf

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ประภาส ช่างเหล็ก, สนั่น จอกลอย, โอฬาร ตัณฑวิรุฬห์, ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์, สุดประสงค์ สุวรรณเลิศ, ปราณี งามประสิทธิ์, วีระยุทธ แสนยากุล, วิศัล เธียรเสถียรพงศ์, เจรศักดิ์ แซ่ลี, และเบ็ญจารัช ทองยืน. 2553. **การเติบโตและผลผลิต Jerusalem artichoke บนพื้นที่สูง ณ สถานีวิจัยเพชรบูรณ์**. (25 มกราคม 2558). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.rdi.ku.ac.th/ kasetresearch53/group06/prapas/jerusalem.html

ปวิตรา เมฆภูวดล และขวัญชนก ทองใหม่. 2553. "**การใช้แป้งดัดแปรในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไขมันต่ำ**". โครงงานพิเศษปริญญาตรี. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ภัคนางค์ ทองสุก. 2542. "การผลิตโยเกิร์ต". **วารสารอาหาร**, ปีที่ 29, ฉบับที่ 4 (ตุลาคม): 296-298.

มาร์เก็ตเทียร์ คอนเทนท์ 2. **ตลาดโยเกิร์ตแบบถ้วย** (14 มกราคม 2559). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://marketeer.co.th/ 2016/01/cup-yogurt-mar-0116/.

วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. **เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม**. โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ. 209 หน้า.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2556. **หลักการวิเคราะห์และคำนวณผลิตภัณฑ์นม**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ศูนย์การพิมพ์และตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, น่าน. 153 หน้า

ศศิพร รัตนสุวรรณ์. 2548. "**ผลของสตาร์ชและเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าต่อคุณภาพของโยเกิร์ตแบบคงตัวชนิดไขมันต่ำ**". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศิริพร ตันจอ, ครรชิต จุดประสงค์ และ ประภาศรี ภูวเสถียร. 2553. "อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์เพื่อสุขภาพ". **วารสารโภชนาการ**, ปีที่ 45, ฉบับที่ 2 (ก.ค.-ธ.ค.): 2-13.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2556. **นมเปรี้ยว**. คัดจากราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศ-ทั่วไป เล่ม 130 ตอนพิเศษ 87 ง ลงวันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2556.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สาโรจน์ ศิริศันสนียกุล, อัครชัย ปรักกมะกุล, วิรัตน์ วาณิชย์ศรีรัตนา, ประมุข ภระกูลสุขสถิต, และ ธนะบูลย์ สัจจาอนันตกุล. 2553. **การพัฒนากรรมวิธีการผลิตแป้งอินูลินและน้ำตาลอินูโล- โอลิโกแซ็กคาไรด์จากเยรูซาเล็มอาร์ทิโชค**. (24 มกราคม 2553). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch53/group06/saroj/inulin.html.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา และสุพจน์ ปิ่นพงษ์. 2539. **ระดับปุ๋ย N P K ต่อผลผลิต คุณภาพผลผลิต sunchoke หรือ Jerusalem artichoke และการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว**. มูลนิธิโครงการหลวง, กรุงเทพฯ. 34 หน้า.

องค์การอนามัยโลก. 2548. **กินผักผลไม้ให้มากขึ้นเพื่อสุขภาพ**. (4 ธันวาคม 2553). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.afic.org/FFA.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 366 หน้า.

อุราภรณ์ เรืองวัชรินทร์. 2547. **เอกสารประกอบการสอนรายวิชาน้ำนมและผลิตภัณฑ์**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันราชภัฏสุราษฎร์ธานี.

Aghajania, A. and Pourahmad, R. 2012. "Effect of lactulose and inulin on physicochemical and microbial properties of synbiotic yogurt". **Annals of Biological Research. 3.** 5692-5696.

Alting, A. C., Velde, F. V. D., Kanning, M. W., Burgering, M., Mulleners, L., Sein, A., & Buwalda, P. (2008). "Improved creaminess of low-fat yoghurt: The impact of amylomaltase-treated starch domains". **Food Hydrocolloids, 23**(3): 980-987.

Amatayakula, T., Halmosb, A.L., Sherkatb, F., and Shah, N.P. 2006. "Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide-producing starter cultures and varying casein to whey protein ratios". **International Dairy Journal. 16.** 40-51.

AOAC, 2000. Association of Official Analytical Chemists. 17th Ed., **Official Method of Analysis**, Washington D.C., USA.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Be Miller. J.N. 1997. “Starch modification: challenges and prospects”. **Starch-Stärke, 49**,127-131.

Beynum, G.M.A., and Roels, J.A. 1985. **Starch Conversion Technology**. Marcel Dekker, Inc. New York. 361 p.

Birolla, G.A., Reinheimer, J.A., and Vinderola, C.G. 2000. “Viability of lactic acid microflora in different types of yoghurt”. **Food Research International, 33**, 799-805

Brennan, C. S., and Tudorica, C.M. 2008. “Evaluation of potential mechanisms by which dietary fibre additions reduce the predicted glycaemic index of fresh pastas”. **Internatiomal Journal of Food Science and Technology, 43**, 2151-2162.

Bruno, F. A., Lankaputhra, W. E. V., and Shah, N. P. 2002. “Growth, viability and activity of *Bifidobacterium* spp. in milk containing prebiotics”. **Journal of Food Science, 67**, 2740–2744.

Castilla, O. S., Calleros, C. L., and Carter, E. J. V. 2003. “Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers”. **International Dairy Journal, 14**(2): 151-159.

Dunne C, O’Mahony L, Murphy L, Thornton G, Morrissey D, O’Halloran S, Feeney M, Flynn S, Fitzgerald G, Daly C, Kiely B, O’Sullivan GC, Shanahan F, Collins JK. 2001. “In vitro selection criteria for probiotic bacteria of human origin: correlation with in vivo findings”. **Am J Clin Nutr., 73**, 386S-392S.

Frank A, Leenheer L.D. 2002. Inulin. In: Vandamme E.J., De Baets S., Steinbüchel A. (Eds) **Biopolymers, polysaccharides II: polysaccharides from eukaryotes**, vol 6. Wiley-VCH, Weinheim, pp 439–479

Guggisberg, D., Cuthbert-Steven, J., Piccinali, P., Bütikofer, U., and Eberhard, P. 2009. “Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yogurt as influenced by inulin addition”. **International Dairy Journal, 19**, 107-115.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Galliard, T., and P. Bowler, Morphology and composition of starch, In: T. Galliard (Ed.), **Starch: Properties and Potential**, first ed., John Wiley & Sons, New York, 1987, pp. 55-78 (Chapter 3).

Guven, M., Yasar, K., Karaca, O.B., and Hayaloglu, A.A. 2005. "The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yoghurt manufacture". **International Journal of Dairy Technology, 58**, 180-184.

Harrigan, W.F. 1998. **Laboratory Methods in Food Microbiology**. 3nded. Academic Press Limited. London.

Hull, R. R., Roberts, A. V., and Mayes, J. J. 1984. "Survival of *Lactobacillus acidophilus* in yoghurt". **Australian Journal of Dairy Technology, 39**, 164–166.

Kip, P., Meyer, D., and Jellema, R.H. 2006. "Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts". **International Dairy Journal, 16**, 1098-1103.

Kristo, E., Biliaderis, C. G. and Tzanetakis, N. 2003. "Modelling on the acidification process and rheological properties of milk fermented with a yoghurt starter culture using response surface methodology". **Food Chem, 83**,437-446.

Lourens-Hattingh, A. and Viljoen, B. C. 2001. "Yoghurt as probiotic carrier food". **International Dairy Journal, 11**, 1–17.

Medina, L., and Jordano, R. 1994. "Survival of constitutive microflora in commercially fermented milk containing bifidobacteria during refrigerated storage". **Journal of Food Protection, 56**, 731–733.

Microbe Wiki. 2016. **The Role of Bacteria in the Health Potential of Yogurt**. (25 January 2016). https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/The_Role_of_Bacteria_in_ the_ Health_Potential_of_Yogurt

O' Conner-Show R.E, Roberts R., Ford A.L., and Nottingham S.M. 1994. "Shelflife of minimally processed honeydew, kiwi fruit, papaya, pineapple and cantaloupe". **Journal of Food Science, 59**, 1202-1215.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Paseephol, T., and Sherkat, F. 2009. "Probiotic stability of yoghurts containing Jerusalem artichoke inulins during refrigerated storage". **Journal of Functional Foods, 1**, 311-318.

Paseephol, T., Small, D. M., and Sherkat, F. 2008. "Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition". **Journal of Texture Studies, 39**, 617-634.

Pimentel, T. C., Garcia, S., and Prudêncio, S. H. 2012. "Effect of long-chain inulin on the texture profile and survival of *Lactobacillus paracasei* spp. *paracasei* in set yoghurts during refrigerated storage". **International Dairy Journal, 65**, 104-110.

Puvanenthiran A., R.P.W., Williams, and M.A. Augustin. 2002. "Structure and visco-elastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios". **International Dairy Journal, 12**, 383–391

Robinson, R.K. Yoghurt. In: R.K. Robinson, C.A. Batt and P.D. Patel (Ed.), **Encyclopedia of Food Microbiology**, Acedamic Press, London, 2000, pp. 784-791 (Volume 3).

Saarela, M., L., Lahteenmaki, R., Crittenden, S., Salminen, and T., Mattila-Sandholm. 2002. "Gut bacteria and health foods: The European perspective". **International Journal of Food Microbiology, 78**, 99–117.

Saengthongpinit, W., and Sajjaanantakul. T. 2005. "Influence of harvest time and storage temperature on characteristics of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers". **Postharvest Biology and technology, 37**, 93-100.

Shah, N. P. 2000. "Probiotic bacteria: Selective enumeration and survival in dairy products". **Journal of Dairy Science, 83**, 894–907.

Shah, N. P. 2003. Yoghurt: the product and its manufacture. In **Encyclopedia of Food Science and Nutrition**, 10, London: Academic Press.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Suzuki, M. 1993. History of fructan research: rose to Adelman, P. 21-39. In: M. Suzuki and N.J. Chatterton. (Ed.), **Science and Technology of Fructans**. CRC Press., Boca Raton, FL.

Tamine, A. Y., and Deeth. 1980. **"Some Aspects of the Production of Yogurt and Condensed Yogurt"**. Ph.D. Thesis. University of Reading, United Kingdom

Tamine, A. Y., and Robinson, R.K. 2007. **Tamime and Robinson's Yoghurt Science and Technology**. 3nded. CRC Press., Boca Raton, FL.

Tamime, A. Y., Saarela, M., Sondergaard, A. K., Mistry, V. V., and Shah, N. P. 2005. Production and maintenance of viability of probiotic micro-organisms in dairy products. In A. Y. Tamime (Ed.), **Probiotic dairy products** (pp. 39–72). Oxford: Blackwell Publishing.

Temesgen, M., and Yetneberk, S. 2015. "Effect of Application of Stabilizers on Gelation and Synersis in Yoghurt". **Food Science and Quality Management, 37**, 90-102

Tuinier, Stephen, Orcan and Willson. 2000. **Modern Diary Products**. 3rd ed. Chemical Publising Company, Inc, New York.

Van Loo, J. et al. 1995. "On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet". **Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 35**, 525 – 552.

Vasiljevic T, and Shah NP. 2008. "Probiotics from Metchnikoff to bioactives". **International Dairy Journal, 18**, 714-728.

Wang, W.J., Zhang, L.W., Li, Y.H. and Feng Z., 2012. "Heat-induced protein aggregates and difference in the textural properties of whole milk gel". **J. Food Quality, 35**, 247-254.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ภาคผนวก ข สูตรการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

ภาคผนวก ค วิธีวิเคราะห์โยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

ภาคผนวก ง แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก จ มาตรฐานแป้งแก่นตะวัน

ภาคผนวก ฉ มาตรฐานแป้งสำปะหลังดัดแปร

ภาคผนวก ช มาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์

ภาคผนวก ก
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2146-2546

นมเปรี้ยว

FERMENTED MILK

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม ICS 67.100.99 ISBN 974-608-964-1

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

นมเปรี้ยว

มอก. 2146-2546

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 121 ตอนที่ 29ง
วันที่ 8 เมษายน พุทธศักราช 2547

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

นมเปรี้ยว

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ครอบคลุมนมเปรี้ยวทุกประเภท อาจมีการปรุงแต่งกลิ่นรส สี และ ผ่านความร้อนหลังการหมักบ่มหรือไม่ก็ได้

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 นมเปรี้ยว (fermented milk) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมและ/หรือผลิตภัณฑ์นมซึ่งเกิดจากการหมักบ่มด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลกติกเป็นหลัก เช่น *แล็กโตบาซิลลัส เดลบรูคิอิ ซับส์ บัลการิคัส (Lactobacillusdelbrueckii subsp bulgaricus) สเตรปโตค็อกคัส เทอร์โมฟิลัส (Streptococcus thermophilus)ไบฟิโดแบคทีเรียม (Bifidobacterium) แล็กโตบาซิลลัส อะซิโดฟิลัส (Lactobacillus acidophilus)* และ/หรือจุลินทรีย์อื่นที่ใช้ในการผลิตนมเปรี้ยว ทั้งนี้จะมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่หรือไม่ก็ได้

2.2 โยเกิร์ต (yoghurt) หมายถึง นมเปรี้ยวตามข้อ 2.1 ซึ่งมีจุลินทรีย์ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่

2.3 โยเกิร์ตปรุงแต่ง (flavoured yoghurt or composite fermented milk) หมายถึงโยเกิร์ตตามข้อ 2.2 ที่ผ่านการปรุงแต่งกลิ่นรส สี หรือวัตถุอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น ผลไม้ แยม เป็นต้น ซึ่งอาจแยกชั้นในภาชนะบรรจุ (set yoghurt) หรือผสมรวมเข้าด้วยกัน (stirred yoghurt) และมีจุลินทรีย์ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่

2.4 นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม (fermented milk drink or drinking yoghurt) หมายถึง นมเปรี้ยวตามข้อ 2.1 ที่ผ่านการเจือจางและปรุงแต่งกลิ่นรส สี หรือวัตถุอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น น้ำผลไม้ น้ำผึ้ง เป็นต้นสำหรับดื่มโดยตรง และมีจุลินทรีย์ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่

2.5 นมเปรี้ยวพร้อมดื่มพาสเจอไรซ์ (pasteurized fermented milk drink or pasteurized drinking yoghurt) หมายถึงนมเปรี้ยวพร้อมดื่มตามข้อ 2.4 ที่ผ่านการทำลายจุลินทรีย์ ด้วยความร้อนโดยกระบวนการพาสเจอไรซ์ และมีจุลินทรีย์ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตจำนวนหนึ่ง

2.6 นมเปรี้ยวพร้อมดื่มยู เอช ที (UHT fermented milk drink or UHT drinking yoghurt) หมายถึงนมเปรี้ยวพร้อมดื่มตามข้อ 2.4 ที่ผ่านการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนโดยกระบวนการยู เอช ที

3. ประเภท

3.1 นมเปรี้ยวแบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ

3.1.1 โยเกิร์ต

3.1.2 โยเกิร์ตปรุงแต่ง

3.1.3 นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม

3.1.4 นมเปรี้ยวพร้อมดื่มพาสเจอไรซ์

3.1.5 นมเปรี้ยวพร้อมดื่มยู เอช ที

4. ส่วนประกอบ

4.1 ส่วนประกอบหลัก

4.1.1 นมและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม เช่น นมสด นมผง

4.1.2 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตนมเปรี้ยว เช่น *แล็กโตบาซิลลัส เดลบรูคิอิ* ซับสปีชีร์ *บัลการิคัส สเตรปโตค็อกคัส เทอร์โมฟิลัส ไบฟิโดแบคทีเรียม แล็กโตบาซิลลัส อะซิโดฟิลัส* เป็นต้น

4.2 ส่วนประกอบอื่น ๆ

4.2.1 สีผสมอาหาร

4.2.2 สิ่งปรุงแต่ง เช่น วัตถุแต่งกลิ่นรส ผลไม้ ธัญชาติ สารแต่งกลิ่น สารแต่งรส เป็นต้น

4.2.3 สเตบิไลเซอร์ เช่น เพกติน เจลาติน เป็นต้น

4.2.4 อื่น ๆ เช่น วิตามิน แร่ธาตุ

5. คุณลักษณะที่ต้องการ

5.1 คุณลักษณะทางเคมีและทางชีววิทยา

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางเคมีและทางจุลชีววิทยา

รายการ	โยเกิร์ต	โยเกิร์ตปรุงแต่ง	นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม	นมเปรี้ยวพร้อมดื่มพาสเจอร์ไรส์	วิธีวิเคราะห์ตาม
โปรตีน ไม่น้อยกว่า ร้อยละ	3	3	1.5	1.5	AOAC (2000) ข้อ 33.2.12
ความเป็นกรด ไม่น้อยกว่า ร้อยละ (คำนวณเป็นกรดแลกติก)	0.6	0.6	0.6	0.6	AOAC (2000) ข้อ 33.2.06
จุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดไม่น้อยกว่า โคโลนีต่อกรัมหรือโคโลนี ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	10^7	10^7	10^4	น้อยกว่า 10	Standard Methods for the Examination of Dairy Products (1992)หน้า 277-280

6. วัตถุเจือปนอาหาร

6.1 วัตถุกันเสีย

ห้ามใช้วัตถุกันเสีย ยกเว้นวัตถุกันเสียที่ติดมากับวัตถุดิบในกระบวนการผลิตยอมให้มีรวมกันได้ไม่เกิน 50มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมการทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (2000) ข้อ 47.3.03 และข้อ 47.3.37

7. สุขลักษณะ

7.1 สุขลักษณะ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดสุขลักษณะของอาหาร มาตรฐาน เลขที่มอก.34

7.2 จุลินทรีย์ตรวจพบได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 โคลิฟอร์ม (Coliform) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต่อตัวอย่าง 1 กรัมหรือลูกบาศก์เซนติเมตร ต้องน้อยกว่า 3 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (2000) ข้อ 17.2.01 ถึงข้อ 17.2.02

7.2.2 ซาลโมเนลลา (*Salmonella*) ในตัวอย่าง 25 กรัมหรือลูกบาศก์เซนติเมตร ต้องไม่พบการทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (2000) ข้อ 17.9.01 ถึงข้อ 17.9.03

7.2.3 *สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus)* โดยวิธีเอ็มพีเอ็มต่อตัวอย่าง 1 กรัมหรือลูกบาศก์เซนติเมตร ต้องน้อยกว่า 3 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (2000) ข้อ 17.5.01

8. การบรรจุ

8.1 ให้บรรจุนมเปรี้ยวในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ปิดได้สนิท

8.2 ปริมาณสุทธิของนมเปรี้ยวในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

9. เครื่องหมายและฉลาก

9.1 ที่ภาชนะบรรจุนมเปรี้ยวทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดดังต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ประเภท

(2) ชนิดและ/หรือปริมาณส่วนประกอบ

– นมและ/หรือผลิตภัณฑ์ของนมที่ใช้และปริมาณเป็นร้อยละ

– น้ำตาล แยม ผลไม้ น้ำผลไม้ ระบุปริมาณ เป็นร้อยละ

– สารแต่งรส ระบุชนิด หรือประเภท

– สารแต่งกลิ่น สี ระบุชนิดที่ใช้ ธรรมชาติ หรือสังเคราะห์

– เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้

(3) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา และระบุอุณหภูมิในการเก็บรักษาซึ่งต้องไม่สูงกว่า 8 องศาเซลเซียสยกเว้นนมเปรี้ยวยู เอช ที

(4) ปริมาตรสุทธิ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร หรือน้ำหนักสุทธิเป็นกรัม

(5) วัน เดือน ปีที่หมดอายุ

(6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำและสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

10. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

10.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง นมเปรี้ยวประเภทเดียวกัน บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดและขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือ ส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

10.2 นมเปรี้ยวประเภทโยเกิร์ต โยเกิร์ตปรุงแต่ง นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม และนมเปรี้ยวพร้อมดื่มพาสเจอไรซ์ เมื่อชักตัวอย่างแล้วต้องเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียสทันที และเก็บ

รักษาไว้ที่อุณหภูมิ นั้นจนถึงเวลาวิเคราะห์ และต้องวิเคราะห์ตัวอย่างทางจุลชีววิทยาภายใน 36 ชั่วโมง หลังจากชักตัวอย่าง

10.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

10.3.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบปริมาณสุทธิ และเครื่องหมายและฉลาก

10.3.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 2 นำตัวอย่างทั้งหมดไปตรวจสอบภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากก่อน แล้วจึงเปิดภาชนะบรรจุออกตรวจปริมาณ

ตารางที่ 2 แผนการชักตัวอย่าง

(ข้อ 10.3.1)

ขนาดรุ่น หน่วยภาชนะบรรจุ	ขนาดตัวอย่าง หน่วยภาชนะบรรจุ	เลขจำนวนที่ยอมรับ
น้อยกว่า 500	8	1
500 ถึง 35 000	13	2
มากกว่า 35 000	20	3

10.3.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 8. ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับในตารางที่ 2 จึงจะถือว่านมเปรี้ยวรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.3.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการ และวัตถุเจือปนอาหาร

10.3.2.1 แบ่งตัวอย่างจากข้อ 10.3.1 ภาชนะบรรจุละเท่า ๆ กันทำเป็นตัวอย่างรวม ให้ได้ปริมาตรรวมไม่น้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร เก็บตัวอย่างในภาชนะที่สะอาด แห้ง และปิดได้สนิท

10.3.2.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่านมเปรี้ยวรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.3.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบจุลินทรีย์

10.3.3.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันอีก 6 หน่วยภาชนะบรรจุ ให้ตรวจทุกหน่วยตัวอย่าง

10.3.3.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 7.2 และตารางที่ 1 จึงจะถือว่านมเปรี้ยวรุ่นนั้น เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.4 เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างนมเปรี้ยวต้องเป็นไปตามข้อ 10.3.1.2 ข้อ 10.3.2.2 และข้อ 10.3.3.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่านมเปรี้ยวรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ภาคผนวก ข

สูตรการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

สูตรการผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

หางนมผง	10.80 %
แป้งแก่นตะวัน	3.60 %
น้ำกลั่น	75.60 %
น้ำตาล	6.00 %
เจลาติน	0.25 %
เพกติน	0.42 %
แป้งมันสำปะหลังดัดแปร	0.33 %
หัวเชื้อจุลินทรีย์	3.00 %

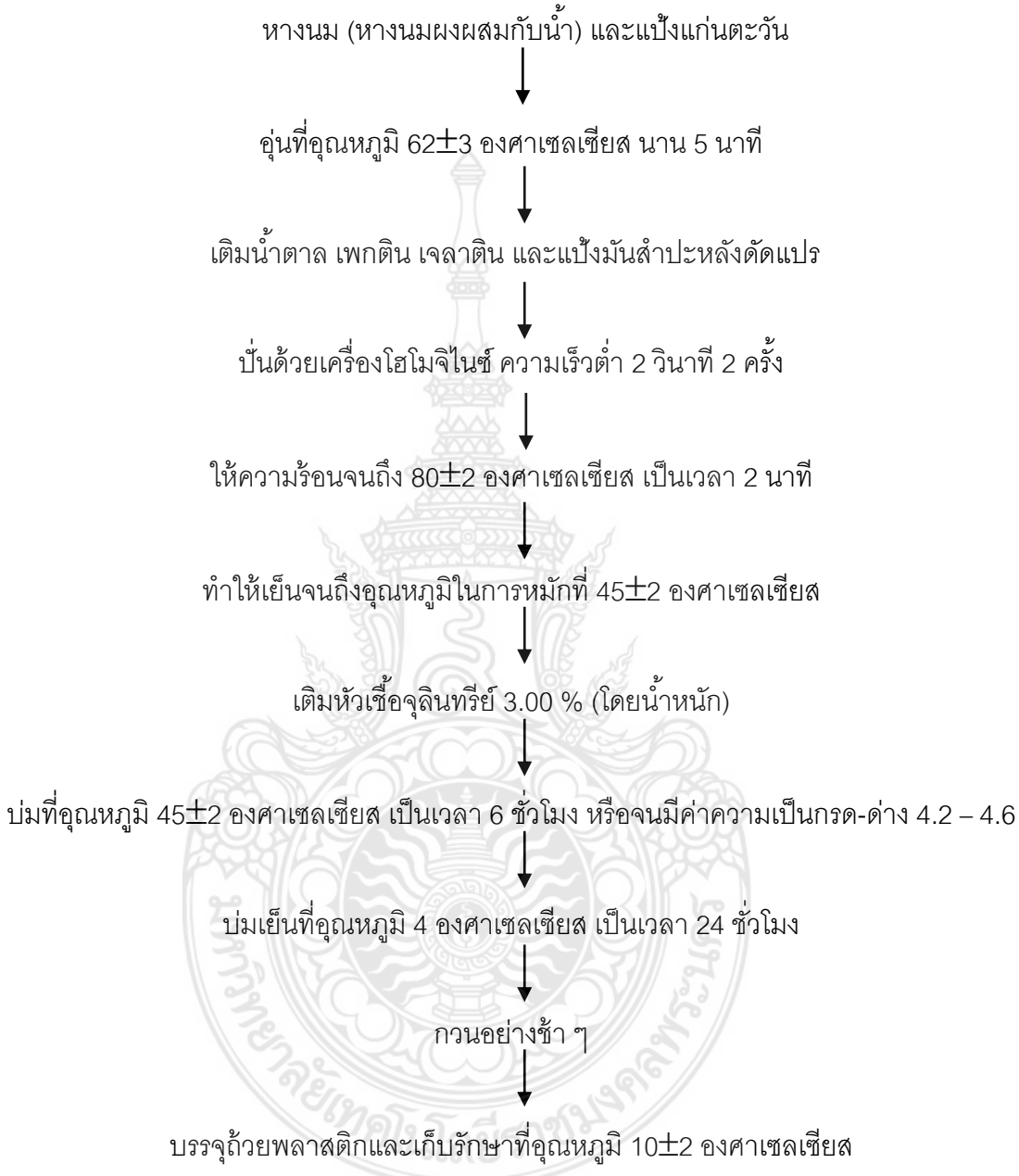
หมายเหตุ : 1 สูตรได้โยเกิร์ตไขมันต่ำ 80 กรัม บรรจุในถ้วย 4 ออนซ์ จำนวน 12 ถ้วย

(ก) (ข) (ค)

รูป (ก) โยเกิร์ตไขมันต่ำ

รูป (ข) โยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 1.80 โดยน้ำหนัก

รูป (ค) โยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมโยเกิร์ตชนิดคน

ที่มา : ศศิพร (2548) และ ปวิตาและ ขวัญชนก (2553)

ภาคผนวก ค
วิธีวิเคราะห์โยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

วิธีวิเคราะห์โยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน

ค-1 วิเคราะห์ทางเคมี

ค-1.1 การหาปริมาณกรดแลกติก โดยวิธี titratable acidity (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1) ปิเปต ขนาด 10 มิลลิเมตร
2) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิเมตร
3) ชุดบิวเรต (Simplex titratable Equipment)
4) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 นอร์มัล
5) สารละลายฟีนอล์ฟธาลีน (phenolphthalein) 1%
6) น้ำกลั่น
7) กระบอกตวง

วิธีการ

1) ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างโยเกิร์ตจำนวน 9 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่
2) ล้างโยเกิร์ตที่ติดอยู่ในปิเปตที่ใช้ดูดตัวอย่างออกให้หมดด้วยน้ำกลั่น
3) หยดสารละลายฟีนอล์ฟธาลีนจำนวน 2-3 หยด
4) ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยให้ตัวอย่างโยเกิร์ตเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีชมพูจางๆ อ่านผลภายใน 10 วินาที อ่านค่าบันทึกผล

การคำนวณ

$$\text{TA (\% Lactic acid)} = \frac{(\text{ml NaOH})(\text{Normality of NaOH})(\text{Equivalent Wt. of lactic acid}) \times 100}{(\text{Wt. of Sample})}$$

ค-2 วิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

ค-2.1 การวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืดของโยเกิร์ต

ควบคุมตัวอย่างก่อนวัดอยู่ที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์

เครื่องมือวัดความหนืด (Brookfield Viscometer DV-II+PRO)

วิธีการ

1) เตรียมตัวอย่างโยเกิร์ต
2) ปรับสภาวะการทำงานของเครื่องดังนี้

ปรับระดับลูกน้ำ (ที่ระดับความสูงที่พร้อมใช้งานให้สมดุล)

เปิดสวิตซ์ที่ด้านหลังจะปรากฏข้อความ

STEP1. BROOKFIELD DVII+
LV VISCOMERTER

STEP2. BROOKFIELD DVII+
VERSION: 2

STEP3. REMOVE SPINDLE
PRESS ANY KEY

เมื่อเครื่องปรากฏข้อความ SETP3 ให้กดปุ่มใดก็ได้ 1 ครั้ง

เครื่องจะทำการ Auto zero เสร็จจะปรากฏข้อความ

AUTO ZEROING
VISCOMETER

เมื่อเครื่องทำการ Auto zero เสร็จจะปรากฏข้อความ

REPLACE SPINDLE
PRESS ANY KEY

ให้นำหัววัดที่ต้องการ หมุนต่อกับตัวเครื่อง แล้วกดปุ่มใดก็ได้อีกครั้ง เครื่องจะปรากฏหน้าจอ

%_____ S_____
_____RPM _____ C

S_____ คือเบอร์หัว → วัดเปลี่ยนหัวกด Select spindle → กดหัวลูกศร ↑↓ จะได้เบอร์หัววัด กด Select Spindle อีกครั้ง (ขณะเลือก S กระพริบ)

%_____ คือ Torge ความน่าเชื่อถือของข้อมูล 20-90 %]

____ C คือ อุณหภูมิที่วัด

___PRM คือ ความเร็วรอบ (รอบ/นาที) ให้กดปุ่ม Set Speed กด ↑↓ จะได้ Speed → กด Set Speed อีกครั้ง

** หัววัดเริ่มหมุน % Torge อยู่ที่ระดับน่าเชื่อถือ → กด select data อ่านค่าความหนืดหน่วย cP

หมายเหตุ 1. New tonian fluid ขณะอ่านค่าให้รอจนกว่าค่าที่ได้มีความคงที่ → บันทึก

2. Non New tonian fluid ใช้เวลาในการอ้างอิง (หลังหัวเข็มหมุน) → บันทึก

3. % Torge → EEEEE ให้ลดความเร็วที่ใช้หรือลดขนาดหัวเข็ม

3) จดบันทึกค่าของความหนืดของตัวอย่างโยเกิร์ตมาวิเคราะห์ผล

ค-2.2 วิธีการหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
2) เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance)
3) ปิเปต
4) กระดาษกรอง
5) อะลูมิเนียมฟอยด์
6) โถดูดความชื้น (Desicator)

วิธีการ

1) อบกระดาษกรองที่ห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง
2) นำมาใส่โถดูดความชื้นเพื่อไล่ความชื้นออก นำมาชั่ง อบกระดาษกรองที่ห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์จนได้น้ำหนักที่แน่นอน
3) ชั่งตัวอย่างหรือปิเปตโยเกิร์ตลงบนกระดาษกรอง 5 กรัม หรือ 5 มิลลิลิตร
4) อบในตู้อบลมร้อน 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 ชั่วโมง
5) นำมาทำให้เห็นในโถดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนักที่เหลืออยู่
6) นำไปอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{W_2 - W}{W_1 - W} \times 100$$

โดย W คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียม (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ค-2.3 ค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (Syneresis) (Puvanenthiran et, al., 2002)

อุปกรณ์

1) กระดาษกรอง (Whatman No.1)
2) กรวยกรอง
3) เครื่องชั่งน้ำหนัก
4) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmayer flask)
5) ตัวอย่างโยเกิร์ต

วิธีการ

1) ใช้กระดาษกรอง + กรวยกรอง
2) เทตัวอย่างโยเกิร์ตจำนวนประมาณ 50 กรัม บันทึกน้ำหนัก
3) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง
4) นำส่วนน้ำที่ใส่ที่แยกได้จากโยเกิร์ตมาชั่งน้ำหนัก
5) นำไปคำนวณหาค่าการแยกตัวของน้ำ (Syneresis)

วิธีการคำนวณ

ตัวอย่างโยเกิร์ต 50 กรัมได้น้ำใส X กรัม

ตัวอย่างโยเกิร์ต 100 กรัมได้น้ำใส $\frac{100X}{50} = Y\ \%$

ค-3 วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ค-3.1 การนับจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติด (O' Conner-Show et al., 1994)

ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS (DE MAN, ROGOSA, SHARPE)

- Peptone 10.0 gm/litre
- 'Lab-Lecmco' powder 8.0 gm/litre
- Yeast extract 4.0 gm/litre
- Glucose 20.0 gm/litre
- Sorbitan mono-oleate 1.0 ml
- Dipotassium hydrogen phosphate 2.0 gm/litre
- Sodium acetate $3H_2O$ 5.0 gm/litre
- Triammonium citrate 2.0 gm/litre
- Magnesium sulphate $7\ H_2O$ 0.2 gm/litre
- Manganese sulphate $4\ H_2O$ 0.5 gm/litre
- Agar 10.0 gm/litre

pH 6.2 ± 0.2

วิธีการ

1) เตรียมตัวอย่างสูตรทดลองมาเจือจางด้วย Peptone water 0.1 % จนได้ 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}
2) ปิเปตตัวอย่างโยเกิร์ตจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ ทำ 2 ซ้ำ
3) หลอม MRS agar ตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลงลงเหลือประมาณ 45 องศาเซลเซียส เทลงในจานเพาะที่ใส่ตัวอย่างไว้ในจาน 10 ถึง 15 มิลลิลิตร หมุนจานเพาะเชื้อไปมางซ้ายและขวาเพื่อให้ตัวอย่างกระจายทั่วจาน จากนั้นทิ้งอาหารแข็งตัว จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียล นาน 48 ชั่วโมง
4) นับจำนวนโคโลนีในจานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง 30 ถึง 300 โคโลนี
5) คำนวนหาจำนวนแบคทีเรียสร้างกรดแลคติค

จำนวนแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติค = จำนวนโคโลนี X ความเข้มข้นของ dilution

ค-3.2 การตรวจหาจำนวนยีสต์และรา (Harrigan, 1998)

วิธีการ

1.) เตรียมตัวอย่างสูตรทดลงอมาเจือจางด้วย Phosphate water จนได้ 10^{-4}

2.) ปิเปตตัวอย่างโยเกิร์ตจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ ทำ 2 ซ้ำ

3.) เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) และทำให้เข้ากันเพื่อให้อาหารกระจายไปทั่วจาน โดยหมุนไปทางซ้ายและขวา

4.) รอจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว จากนั้นนำไปเข้าตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

5.) คัดเลือกและนับโคโลนี

ภาคผนวก ง

แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินการทดสอบวิธีการให้คะแนนความชอบ

ผู้ทดสอบ..... ชุดที่.....

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแป้งแก่นตะวัน วันทดสอบ.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ตามลำดับ จากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนตามความชอบที่ท่านมีต่อผลิตภัณฑ์นั้นในคุณลักษณะต่าง ๆ ตามที่ท่านเห็นสมควร โดย

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก 5 = เฉย ๆ 8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ			
สี			
กลิ่นรส			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส (ความเนียน)			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ผู้จัดทำ

ภาคผนวก จ

มาตรฐานแป้งแก่นตะวัน

มาตรฐานแป้งแก่นตะวัน

ส่วนประกอบโดยประมาณ (ขนาดโมเลกุลเฉลี่ยของแป้ง/ DP 23)

โปรตีน	4.1 %
ไขมัน	0.3 %
คาร์โบไฮเดรต	88.7 % (อินนูลิน 60.7 %)
ความชื้น	3.2 %
อื่น ๆ	3.7 %

ภาคผนวก ฉ

มาตรฐานแป้งมันสำปะหลังดัดแปร

มาตรฐานแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (MODIFIED TOPIOCA STARCH)

ITEM	SPECIFICATION	ANALYSIS
Moisture content %	10 – 14	12.32
pH (10% Uncooked solution)	5 – 7	6.57
Ash content, %	0.5 Max.	0.26
Sulfur dioxide, ppm.	10 Max.	nil
Degree of substitution	0.086 min.	0.097
Brabender viscosity,BU		
At 95 °C	250-400	335.0

Note : The above analysis result based on the above sample only.

ภาคผนวก ช
มาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์

YC-380

Certificate of Analysis

Performance	Result	Specification
pH 4h 43°C	4.9	4.7 – 5.1
tpH 4.50 43°C min	328	> = 380
tpH 4.75 43°C min	268	225 – 320

Purity	Result	Specification
Coliforms MPN / g	< 10	< 10
Esherichia coli cfu / g	< 100	< 100
Moulds cfu / g	< 10	< 10
Non lactic acid bacteria cfu / g	< 10	< 500
Staphylococcus aureus cfu / g	< 10	< 10
Yeasts cfu / g	< 10	< 10
Salmonella spp.	< 25 g	Absent in 25 g
Listeria monocytogenes	< 25 g	Absent in 25 g

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นายนพพร สกุลยืนยงสุข

วัน เดือน ปีเกิด 22 สิงหาคม 2512

ภูมิลำเนา เขตยานนาวา จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2535

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

พ.ศ. 2555 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2548 – 2554 อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2543 – 2547 อาจารย์ประจำสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ – พัฒนาผลิตภัณฑ์
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตโชติเวช