สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ระดับการประเมินคุณภาพ
☑ ดีเยี่ยม ☐ ดีมาก
☐ ดี ☐ ปานกลาง

การผลิตโยเกิร์ตเสริมใยอาหาร

ณัฐกานต์ เกียรติเมธา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ชื่อเรื่อง

การผลิตโยเกิร์ตเสริมใยอาหาร

โดย

ณัฐกานต์ เกียรติเมธา

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิสิน บวรสมบัติ)

วันที่ 23 เดือน ก.ค. พ.ศ. 53

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกุณี บวรสมบัติ)

วันที่ 23 เดือน ก.ค. พ.ศ. 53

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ ดร.ธารารัตน์ ชื่อตอฟ)

วันที่ 23 เดือน ก.ค. พ.ศ. 53

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(อาจารย์ ดร.ธเนศ แก้วกำเนิด)

วันที่ 23 เดือน ก.ค. พ.ศ. 53

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 23 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2553

ชื่อเรื่อง การผลิตโยเกิร์ตเสริมใยอาหาร
ชื่อผู้เขียน นางสาวณัฐกานต์ เกียรติเมธา
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิสิน บวรสมบัติ

บทคัดย่อ

โยเกิร์ตเสริมใยอาหารเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ที่ผลิตขึ้นจากนมที่หมักโดยแบคทีเรียจำนวน 2 สายพันธุ์ได้แก่ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ซึ่งใช้เชื้อบริสุทธิ์ในการหมักโยเกิร์ต พบว่าการใช้เชื้อทั้ง 2 ชนิด ในอัตราส่วน 1:1 ปริมาณร้อยละ 3 เหมาะสมต่อการหมักโยเกิร์ต โดยมีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 4.10 มีปริมาณกรดแลคติกเท่ากับร้อยละ 0.73 มีปริมาณของเชื้อ *L. bulgaricus* เท่ากับ 9.03 log cfu/g และมีปริมาณของเชื้อ *S. thermophilus* เท่ากับ 9.17 log cfu/g เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 22 ชั่วโมง

การเติมนมผงพร่องมันเนยปริมาณร้อยละ 6 เหมาะสมต่อการหมักโยเกิร์ตมากที่สุด โดยมีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 4.19 ปริมาณกรดแลคติกเท่ากับร้อยละ 0.75 ค่า a_w เท่ากับ 1.00 ค่าความข้นหนืด เท่ากับ 2,332.33 เซนติพอยส์ ค่า syneresis เท่ากับร้อยละ 29.76 ค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 86.26, 4.59 และ 8.26 ตามลำดับ มีปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เท่ากับ 9.02 และ 9.10 log cfu/g ตามลำดับ

การเตรียมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ 5 ชนิด ได้แก่ วุ้นน้ำมะพร้าว กากมะพร้าว กล้วยดิบ แครอทและฟักทอง โดยการอบแห้งจนกระทั่งความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 จากนั้นตีป่นให้เป็นผง พบว่า วุ้นน้ำมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C จะให้ผงที่มีขนาดเล็ก เช่นเดียวกับกล้วยดิบ แครอทและฟักทองอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ในขณะที่กากมะพร้าวอบแห้งจะให้ผงที่มีขนาดกลางเท่านั้นและมีกลิ่นหืนซึ่งไม่สามารถใช้ผสมในโยเกิร์ตได้

การเติมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ 4 ชนิด ได้แก่ ผงวุ้นน้ำมะพร้าว ผงกล้วยดิบ ผงแครอทและผงฟักทอง ปริมาณร้อยละ 0, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 และ 4.5 ลงในโยเกิร์ตที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ พบว่าปริมาณร้อยละ 4.5 ของใยอาหารทุกชนิดเหมาะที่จะใช้เติมในโยเกิร์ต โดยที่โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าวมีคุณลักษณะดีที่สุดโดยมีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 4.28 ปริมาณกรดแลคติกเท่ากับร้อยละ 0.66 ค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 86.18, 4.02 และ 7.20 ตามลำดับ ค่า a_w เท่ากับ 0.96 ค่าความหนืดเท่ากับ 2,433.44 เซ็นติพอยส์ ค่า syneresis เท่ากับร้อยละ 23.71 ปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เท่ากับ 9.00 และ 9.01 log cfu/g ตามลำดับ

การเติมใยอาหารชนิดละลายน้ำ 2 ชนิด ได้แก่ คาร์บอกซีเมททิลเซลลูโลส และเพคติน ปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ลงในโยเกิร์ตที่เตรียมในห้องปฏิบัติการแล้วแยกการผสมออกเป็น 2 ทรีตเมนท์ คือ ใช้ homogenizer และเครื่องตีไข่ พบว่าปริมาณร้อยละ 3.0 ของใยอาหารทั้ง 2 ชนิดเหมาะที่จะใช้เติมในโยเกิร์ต ซึ่งโยเกิร์ตที่เติม CMC แล้วกวนผสมด้วยเครื่องตีไข่จะมีคุณลักษณะดีที่สุด โดยมีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 4.38 ปริมาณกรดแลคติกเท่ากับร้อยละ 0.64 ค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 85.26, 2.53 และ 8.58 ตามลำดับ ค่า a_w เท่ากับ 0.98 ค่าความหนืดเท่ากับ 2,384.11 เซ็นติพอยส์ ค่า syneresis เท่ากับร้อยละ 29.66 ปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เท่ากับ 8.54 และ 8.76 log cfu/g ตามลำดับ

การเติมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ 4 ชนิด คือ ผงวุ้นน้ำมะพร้าว ผงกล้วยดิบ ผงแครอทและผงฟักทอง ปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 และ 4.5 ลงในโยเกิร์ตพร้อมบริโภค รสธรรมชาติ พบว่า ผงวุ้นน้ำมะพร้าวสามารถใช้เติมลงในโยเกิร์ตได้ในปริมาณร้อยละ 0.5-4.5 โดยไม่ทำให้เนื้อสัมผัสแตกต่างไปจากเดิม

การศึกษาความคงตัวของโยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว ซึ่งเป็นโยเกิร์ตผสมใยอาหารที่ดีที่สุด พบว่า ปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าวร้อยละ 4.5 มีค่า syneresis น้อยที่สุดคือร้อยละ 24.09 และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 28.64 เมื่อมีอายุการเก็บรักษานาน 15 วัน

การยอมรับด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่ผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว พบว่า ไม่มีผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ต่อการยอมรับด้านสีและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ โดยได้รับคะแนนระดับชอบเล็กน้อย ส่วนคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและกลิ่น พบว่า ปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าวร้อยละ 2.0-4.5 ที่เติมลงไปไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยได้คะแนนระดับค่อนข้างชอบเล็กน้อย สำหรับรสชาติและการยอมรับโดยรวม พบว่าปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าวร้อยละ 3.0-4.5 ที่เติมลงไปไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยได้คะแนนระดับชอบเล็กน้อย

Title Production of Yogurt Supplemented with Fiber

Author Miss Nattakarn Kiatmeta

Degree of Master of Science in Food Technology

Advisory Committee Chairperson Associate Professor Dr. Sittisin Bovonsombut

ABSTRACT

In this study, yogurt supplemented with fiber was produced by using 2 starter cultures of pure bacteria, namely; *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. Results of the experiment showed that 3% of both starter cultures (ratio 1:1) was the most appropriate dosage for producing yoghurt. After 22 hours of incubation, yogurt has pH of 4.10, 0.73% lactic acid, and 9.03 and 9.17 log cfu/g, respectively, of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*.

Yogurt fortification with skim milk powder was later studied. Results showed that the appropriate level of skim milk powder was 6% producing yogurt with pH of 4.19, 0.75% lactic acid, a_w at 1.00, viscosity at 2,332.33 cP, 29.76% syneresis, and L*, a* and b* at 86.26, 4.59 and 8.26, respectively. In addition, *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* were measured at 9.01 and 9.10 log cfu/g, respectively.

Further study using 5 insoluble fibers (nata de coco, coconut pulp, raw banana, carrot, and pumpkin), which were prepared and later dried in hot air oven until moisture content was lower than 5%; and then were pulverized by a grinder, had results showing that the small size particles, which were suitable as yogurt additive could be produced from 60°C dried nata de coco and 70 °C dried raw banana, carrot and pumpkin. However, dried coconut pulp provided only medium size particles and showed rancidity, thus becoming unsuitable as an additive fiber in yogurt.

After the preparation stage, the different amounts of those fibers were mixed with yogurt (at levels 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4 and 4.5%). Results showed that the most appropriate level of every type of fiber was 4.5% while the best product was yogurt using nata de coco powder as an additive with pH of 4.28, 0.66% lactic acid, a_w at 0.96, viscosity at 2,433.44 cP, 23.71% syneresis

and L*, a* and b* at 86.18, 4.02 and 7.20, respectively. Moreover, *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* were measured at 9.01 and 9.10 log cfu/g, respectively.

In addition, yogurt was mixed with various levels of 2 soluble fibers; carboxymethylcellulose and pectin (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0%). After mixture with fibers, yogurt was separated into 2 treatments. The first treatment was homogenized by a homogenizer while the second treatment was homogenized by an egg mixer. Results showed that the appropriate level for both fibers was 3.0% and the best product was yogurt mixed with carboxymethylcellulose as homogenized by egg mixer with pH of 4.38, 0.64% lactic acid, a_w at 0.98, viscosity at 2,384.11 cP, 29.66% syneresis and L*, a* and b* at 85.26, 2.53 and 8.58, respectively. Moreover, *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* were measured at 8.54 and 8.76 log cfu/g, respectively

For comparison, a sample of a commercial plain yogurt was selected and then mixed with different levels of insoluble fibers (nata de coco powder, raw banana powder, carrot powder and pumpkin powder) at various levels (0, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 and 4.5%). Results showed nata de coco powder as the best additive fiber because at level 0-4.5%, texture was similar to the control yogurt. The a_w of yogurt mixed with 4.5% nata de coco powder was 0.99 with viscosity at 2,173.11 cP and L*, a* and b* at 84.35, 1.93 and 6.18, respectively. In addition, the stability of yogurt fortified with nata de coco powder was tested and results showed that minimum syneresis (24.09%) was found in yogurt with 4.5% of nata de coco powder; however, syneresis of this yogurt increased to 28.64% after 15 days of preservation.

Finally, sensory test of yogurts with different amounts of nata de coco powder (levels at 0, 2, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 and 4.5%) was conducted. Results showed that color and product characteristics were non-significant ($P>0.05$) among all levels of nata de coco powder. In terms of texture and odor, yogurts with 2.0-4.5% levels of nata de coco powder were also non-significant ($P>0.05$). In addition, in terms of flavor and total acceptance, yogurts with 3.0-4.5% levels of nata de coco powder were also non-significant ($P>0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ตร.สิทธิสิน บวรสมบัติ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนให้ความเอาใจใส่และคอยติดตามงานวิจัย รวมถึงช่วยตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ธารารัตน์ ชือตอฟ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สกุณณี บวรสมบัติ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยิ่งมณี ตระกูลพัว ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และแก้ไขงานวิจัยเพื่อให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้คำปรึกษา ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ อุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ รวมถึงน้องชาย ที่ได้ส่งเสริม สนับสนุน ให้กำลังใจ กำลังทรัพย์ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนในสาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยสนับสนุน เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือที่ดีตลอดมา

ณัฐกานต์ เกียรติเมธา

กรกฎาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
สารบัญภาพผนวก	(13)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
อาหารเพื่อสุขภาพ	3
ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต	3
คุณประโยชน์ของโยเกิร์ต	5
คุณลักษณะของโยเกิร์ต	8
ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพ	8
ใยอาหาร	10
คุณประโยชน์ของใยอาหาร	16
ปริมาณใยอาหารในอาหาร	17
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	19
วัสดุอุปกรณ์	19
วิธีการทดลอง	21
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	27
ศึกษาการใช้เชื้อบริสุทธิ์ในการหมักโยเกิร์ต	27
ศึกษาผลของนมผงพร่องมันเนยต่อคุณลักษณะของโยเกิร์ต	29
ศึกษาการเตรียมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ	31

หน้า

ศึกษาการเติมใยอาหารลงในโยเกิร์ต 37
ศึกษาการเติมใยอาหารลงในโยเกิร์ตพร้อมบริโภค 57
ศึกษาความคงตัวของโยเกิร์ต 63
ศึกษาการยอมรับด้านประสาทสัมผัส 64
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 65
สรุปผลการทดลอง 65
บรรณานุกรม 67
ภาคผนวก 71
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา 72
ภาคผนวก ข การเตรียมเชื้อ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* 80
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 82
ภาคผนวก ง ข้อมูลการวิเคราะห์ผลการทดลอง 84
ภาคผนวก จ ประวัติผู้วิจัย 88

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ต	6
2	คุณค่าทางอาหารของวุ้นน้ำมะพร้าว	13
3	คุณค่าทางอาหารของแครอท	14
4	คุณค่าทางอาหารของผลกล้วย	15
5	การระบุปริมาณใยอาหารในฉลากโภชนาการ	18
6	คุณลักษณะของโยเกิร์ตที่ได้จากการเติมนมผงพร่องมันเนยในปริมาณที่แตกต่างกัน	30
7	คุณลักษณะทางกายภาพของกากมะพร้าวและผงกากมะพร้าวที่ได้จากการตีป่น	31
8	คุณลักษณะทางกายภาพของวุ้นน้ำมะพร้าวและผงวุ้นน้ำมะพร้าวมะพร้าวที่ได้จากการตีป่น	32
9	คุณลักษณะทางกายภาพของกล้วยดิบและผงกล้วยดิบที่ได้จากการตีป่น	34
10	คุณลักษณะทางกายภาพของแครอทและผงแครอทที่ได้จากการตีป่น	35
11	คุณลักษณะทางกายภาพของฟักทองและผงฟักทองที่ได้จากการตีป่น	36
12	คุณลักษณะโยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว	38
13	คุณลักษณะโยเกิร์ตผสมผงกล้วยดิบ	41
14	คุณลักษณะโยเกิร์ตผสมผงแครอท	43
15	คุณลักษณะโยเกิร์ตผสมผงฟักทอง	46
16	คุณลักษณะโยเกิร์ตผสม CMC และทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย homogenizer	48
17	คุณลักษณะโยเกิร์ตผสมเพคตินและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย homogenizer	51
18	คุณลักษณะโยเกิร์ตผสม CMC แล้วทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีไข่	53
19	คุณลักษณะโยเกิร์ตผสม CMC และทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีไข่	55
20	คุณลักษณะของโยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว	57
21	คุณลักษณะของโยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงกล้วยดิบ	59
22	คุณลักษณะของโยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงแครอท	60
23	คุณลักษณะของโยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงฟักทอง	62
24	ผลการยอมรับด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว	64

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงของ pH และปริมาณกรดแลคติกในน้ำนม เมื่อใช้หัวเชื้อสำหรับหมักโยเกิร์ตในปริมาณที่แตกต่างกัน	27
2	การเจริญของ *L. bulgaricus* ในระหว่างการหมักโยเกิร์ต เมื่อใช้หัวเชื้อสำหรับหมักโยเกิร์ตในปริมาณที่แตกต่างกัน	28
3	การเจริญของ *S. thermophilus* ในระหว่างการหมักโยเกิร์ต เมื่อใช้หัวเชื้อสำหรับหมักโยเกิร์ตในปริมาณที่แตกต่างกัน	29
4	ผงกากมะพร้าวที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน	32
5	ผงวุ้นน้ำมะพร้าวที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน	33
6	ผงกล้วยดิบที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน	34
7	ผงแครอทที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน	36
8	ผงฟักทองที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน	37
9	โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าวในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน	39
10	โยเกิร์ตผสมผงกล้วยดิบในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน	42
11	โยเกิร์ตผสมผงแครอทในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน	44
12	โยเกิร์ตผสมผงฟักทองในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน	47
13	โยเกิร์ตผสม CMC ในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกันและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย homogenizer	49
14	โยเกิร์ตผสมเพคตินในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกันและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย homogenizer	52
15	โยเกิร์ตผสม CMC ในปริมาณร้อยละที่แตกต่างและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีไข่	54
16	โยเกิร์ตผสมเพคตินในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกันและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีไข่	56
17	โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าวในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน	58
18	โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงกล้วยดิบในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน	59
19	โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงแครอทในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน	61

20 โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงฟักทองในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน 62

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

21 การเปลี่ยนแปลงของ syneresis ในโยเกิร์ตที่ใช้ผงวุ้นน้ำมะพร้าวในปริมาณที่แตกต่างกัน ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน 63

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลง pH และปริมาณกรดแลคติกเมื่อใช้หัวเชื้อในปริมาณที่แตกต่างกัน	85
2	การเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติกเมื่อใช้หัวเชื้อในปริมาณที่แตกต่างกัน	86
3	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ syneresis ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน	87

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน ต้องมีการแข่งขันกับเวลา ดังนั้นการให้เวลากับการเตรียมอาหารอย่างพิถีพิถันจึงลดน้อยลงซึ่งส่งผลให้คุณค่าทางอาหารที่ร่างกายได้รับก็ลดลง การที่ผู้บริโภคไม่ได้เอาใจใส่สุขภาพ เช่น การบริโภคอาหารไม่ครบห้าหมู่ ความเครียด หรือการใช้ยาปฏิชีวนะโดยขาดการแนะนำจากแพทย์ ทำให้ร่างกายอ่อนแอเกิดโรคแทรกซ้อนได้ง่าย เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ป้องกันและคอยรักษาสมดุลของร่างกายถูกรบกวนจากปัจจัยดังกล่าว ดังนั้นโอกาสที่จุลินทรีย์ก่อโรคที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารโดยเฉพาะที่บริเวณลำไส้ใหญ่ เช่น แบคทีเรีย เชื้อโรค และปรสิตที่ก่อโรค จะเจริญเพิ่มมากกว่าจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายและทำให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บ เช่น โรคท้องร่วงอย่างรุนแรง โรคลำไส้ใหญ่บวม ระบบทางเดินอาหารอักเสบ และโรคมะเร็งที่ลำไส้ใหญ่ก็ตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Salminen et al., 1999) ด้วยเหตุนี้ทำให้มีการส่งเสริมการบริโภคอาหารที่มีเชื้อจุลินทรีย์ เช่น ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมที่หมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถย่อยน้ำตาลแลคโทสในนมให้เป็นกรดแลคติคที่มีประโยชน์ในการช่วยย่อยอาหาร ขับถ่าย ลดกรดในกระเพาะอาหาร ช่วยบำรุงผิวพรรณ และลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (Kalantzopoulos, 1997) จากประโยชน์ดังกล่าวของโยเกิร์ต รวมถึงการได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนการบริโภคนมและผลิตภัณฑ์นมจากรัฐบาล อีกทั้งการประชาสัมพันธ์ของภาคเอกชนให้ทราบถึงคุณค่าทางอาหาร คุณสมบัติทางยาและประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงเป็นผลให้โยเกิร์ตได้รับความสนใจและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น

ปัจจุบันได้มีการผลิตโยเกิร์ตรูปแบบที่เน้นการเพิ่มคุณประโยชน์ด้านโภชนาการ และ/หรือด้านการเป็นอาหารบำบัดโรค เช่น โยเกิร์ตไขมันต่ำ (low fat yogurt), โยเกิร์ตโพรไบโอติก (probiotic yogurt), และโยเกิร์ตเสริมใยอาหาร (dietary fiber yogurt) เป็นต้น

เนื่องจากใยอาหารมีประโยชน์ต่อร่างกายหลายประการ เช่น ช่วยควบคุมน้ำหนักตัว, ช่วยในเรื่องการขับถ่าย, ลดไขมันอุดตันในเส้นเลือต, ลดการเกิดโรคเบาหวาน, ลตการเกิดมะเร็งลำไส้ เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตเสริมใยอาหารชนิดต่างๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ชนิดโยเกิร์ตชนิดใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้นจากเดิม โดยใช้ใยอาหารที่มีราคาถูก และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในระดับอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายในน้ำ
2. เพื่อศึกษาวิธีการเติมใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและชนิดที่ละลายน้ำในโยเกิร์ต
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อโยเกิร์ตที่ผ่านการเติมใยอาหาร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีคุณค่าด้านโภชนาการที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ
2. สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการผลิตโยเกิร์ตเสริมใยอาหารด้วยต้นทุนต่ำ และใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

อาหารเพื่อสุขภาพ

ปัจจุบันประชากรของโลกในประเทศที่พัฒนาแล้ว มักประสบกับปัญหาด้านสุขภาพที่รุนแรง ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการบริโภคอาหารที่ไม่สมดุลและอาหารที่เป็นพิษ ในประเทศญี่ปุ่นแม้จะเป็นประเทศที่เล็ก แต่ประชาชนส่วนใหญ่โดยเฉพาะผู้สูงวัย เป็นบุคคลผู้รักและดูแลสุขภาพของตนเองเป็นอย่างดี โดยเริ่มต้นจากวิถีการบริโภคที่ถูกหลักการ ซึ่งต่อมาได้มีการบัญญัติคำศัพท์ว่า อาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1984 โดยนิยามความหมายไว้ดังนี้คือ

1. เป็นอาหารที่มีส่วนประกอบที่ให้ประโยชน์ทางร่างกายอันเห็นได้ชัด หรือช่วยลดความเสี่ยงสำหรับโรคเรื้อรัง และเป็นประโยชน์มากกว่าหน้าที่พื้นฐานด้านโภชนาการ
2. เป็นอาหารที่ถูกผลิตขึ้นเพื่อลดความเสี่ยง หรือยืดระยะเวลาการเกิดของโรคบางชนิด
3. เป็นอาหารซึ่งมีบทบาทส่งเสริมสุขภาพ หรือส่วนประกอบของอาหารมีผลทางสรีระ
4. เป็นอาหารหรือมีส่วนประกอบใดๆ ที่อาจให้ประโยชน์ต่อสุขภาพ เหนือกว่าคุณค่าอาหารตามปกติที่มีอยู่

กล่าวโดยสรุป สำหรับความหมายของอาหารสุขภาพ คือ เป็นอาหารหรือมีส่วนประกอบของอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย นอกเหนือจากประโยชน์ด้านคุณค่าทางโภชนาการพื้นฐาน (ปรียานุช, 2546)

อาหารสุขภาพที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ล้วนมีหลากหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดต่างมีวัตถุประสงค์ในการบริโภคที่อาจคล้ายกันหรือแตกต่างกัน เช่น กาแฟเสริมใยอาหาร เครื่องดื่มเสริมใยอาหาร และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหาร เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

โยเกิร์ต เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักจากจุลินทรีย์ (culture product) ผลิตจากน้ำนมสด นมพร่องมันเนย หรือนมคืนรูป จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักบางชนิดเป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในระบบทางเดินอาหาร เช่น แลคโตบาซิลลัส บุลกาลิคัส (*Lactobacillus bulgaricus*) กับ สเตรปโตค็อคคัส เทอร์โมฟิลลัส (*Streptococcus thermophilus*) เป็นต้น จุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลในนม คือ แลคโตส (lactose)

เพื่อการเจริญเติบโต แล้วสร้างกรดแลคติก (lactic) ออกมา ทำให้โปรตีนในน้ำนมตกตะกอน มีลักษณะเป็นลิ่มค่อนข้างนุ่ม (soft curd) คือมีเนื้อสัมผัสกึ่งแข็งกึ่งเหลว โดยทั่วไปตะกอนที่ได้จะมีสีขาวถึงขาวนวล มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว รสชาติค่อนข้างเปรี้ยว เนื่องจากมีกรดค่อนข้างสูงและมีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในปริมาณสูง (Tamine and Robinson, 1985) นอกจากกรดแลคติกที่ได้แล้วยังมีสารอื่นๆ เกิดขึ้นด้วยแต่มีปริมาณน้อย ได้แก่ สารประกอบที่ระเหยได้ หรือสารประกอบอะโรมาติค (aromatic compounds) ซึ่งพบว่าสารเหล่านี้ทำให้เกิดสมบัติเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ เช่น กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันไป (จารุวรรณ์, 2543) นอกจากนี้แล้วยังได้มีการเติมจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ได้แก่ เชื้อ *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus acidiphilus* และ *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* (Tabasco ct al., 2007) จึงก่อให้เกิดผลดีแก่ผู้บริโภคทั้งผู้ที่มีสุขภาพดีอยู่แล้วเพื่อยังคงมีสุขภาพดีต่อไป และผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ตลอดจนผู้บริโภคที่เป็นโรคแพ้น้ำตาลนม (lactose intolerance)

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีหลากหลายชนิด ได้แก่

1. โยเกิร์ตชนิดเซ็ต (Set yoghurt)

โยเกิร์ตชนิดเซ็ต เป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลิตโดยการนำน้ำนมมาผ่านกระบวนการปรับมาตรฐาน การโฮโมจิไนส์ การให้ความร้อน และเพาะเชื้อเริ่มต้นก่อนนำมาบรรจุในภาชนะที่จะใช้จำหน่าย โดยน้ำนมจะเกิดการตกตะกอนในระหว่างการหมัก จากนั้นนำไปแช่เย็นเพื่อเก็บรักษาโดยไม่มีการกวน เมื่อผู้บริโภคจะรับประทานสามารถกวนหรือตักรับประทานทันทีโดยไม่ต้องกวนก็ได้ สำหรับโยเกิร์ตผลไม้ (fruit yoghurt) ก็นำผลไม้ที่เตรียมไว้แล้ว ใส่ลงที่ก้นภาชนะก่อน จากนั้นจึงเติมนมที่เพาะเชื้อลงไปแล้วนำไปหมัก เมื่อผู้บริโภคจะรับประทานต้องกวนให้โยเกิร์ตและผลไม้ผสมกันก่อนบริโภค

2. โยเกิร์ตชนิดกวน (Stirred yoghurt)

โยเกิร์ตชนิดกวน เป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่หมักให้นมตกตะกอนในถังหมักใหญ่ก่อน แล้วจึงนำโยเกิร์ตมาบรรจุในภาชนะที่จะใช้จำหน่าย ถ้าเป็นโยเกิร์ตผลไม้แบบกวน (stirred fruit yoghurt) ผู้ผลิตจะใส่ผลไม้ลงในภาชนะก่อน แล้วจึงเติมโยเกิร์ตที่หมักแล้วลงไป ก่อนบริโภคผู้บริโภคยังคงต้องคนโยเกิร์ตกับผลไม้ให้ผสมกันก่อน

3. โยเกิร์ตผลไม้ชนิดสวิสสไตล์ (Swiss style fruit yoghurt)

โยเกิร์ตผลไม้ชนิดสวิสสไตล์ เป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่หมักให้นมตกตะกอนในถังหมักใหญ่ จากนั้นกวนให้โยเกิร์ตให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเติมผลไม้ลงไปในโยเกิร์ต กวนผสมให้เข้ากัน

อีกครั้ง นำโยเกิร์ตที่ผสมผลไม้มาบรรจุใส่ภาชนะที่จะใช้จำหน่าย ผู้บริโภคไม่ต้องคนโยเกิร์ตผสมกับผลไม้อีกก่อนที่จะรับประทาน

4. นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม (Drinking yoghurt or yoghurt drinking)

นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเอาโยเกิร์ตที่หมักในถังหมักมาทำเจือจางด้วยน้ำเชื่อม หรือน้ำผลไม้ แล้วปรุงแต่งโดยการเติมสารเจือปนอาหาร เช่น สี กลิ่นผลไม้ และสารเสริมความคงตัว เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเหลว (Tamime and Robinson, 1985)

คุณประโยชน์ของโยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีจุลินทรีย์เป็นกล้าเชื้อในการผลิต และยังคงมีชีวิตหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต ซึ่งในสภาวะที่เหมาะสมจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตสามารถทำหน้าที่ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของผู้บริโภคได้ จึงส่งผลให้โยเกิร์ตได้ชื่อว่า "อาหารมหัศจรรย์ (miracle food)" สำหรับเด็กวัยรุ่น ผู้สูงอายุ ผู้ที่ต้องการรักษาทรวดทรง ผู้รักษาสุขภาพหรือผู้ที่สนใจอาหารธรรมชาติ (Fuller, 1995) จึงสามารถสรุปคุณประโยชน์ของโยเกิร์ตได้เป็น 3 ข้อใหญ่ ดังนี้

1. คุณประโยชน์ทางโภชนาการ (Nutrition value)

โยเกิร์ตเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่มีพลังงานและไขมันต่ำ (จำแนกตามปริมาณและไขมันนม) อุดมด้วยแคลเซียมและโปรตีนนม คือ เคซีน (casein) และโปรตีนเวย์ (whey protein) ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นและกรดอะมิโนอิสระหลายชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนม พบว่า โยเกิร์ตมีปริมาณโปรตีนสูงกว่านม เนื่องจากส่วนประกอบที่เติมลงไปในนมหรือโยเกิร์ตโดยตรง และผลอันเนื่องจากการหมักของจุลินทรีย์ในโยเกิร์ต (จารุวรรณ์, 2543) คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตและน้ำนมแสดงในตาราง 1

2. คุณสมบัติด้านการย่อย (Digestibility)

การบริโภคโยเกิร์ตพบว่าย่อยได้ง่ายกว่านม เนื่องมาจากอนุภาคของเคิร์ดจะไปกระตุ้นการหลั่งเอนไซม์ในการย่อยของต่อมน้ำลาย อีกทั้งในโยเกิร์ตมีปริมาณของเปปไทด์ (peptide) และกรดอะมิโนอิสระมากกว่าในน้ำนม เนื่องมาจากการย่อยสลายของแบคทีเรียแลคติก และผลจากการให้ความร้อน นอกจากนี้ในระหว่างกระบวนการผลิต แบคทีเรียแลคติกได้ย่อยแลคโตสไปก่อนแล้วเกือบครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมดให้เป็นกรดแลคติก ส่วนที่เหลือจุลินทรีย์ก็ทำการย่อยแลคโตสต่อไปจนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือกลูโคส และกาแลคโตส ซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่ลำไส้เล็กได้ (Deeth and Tamine, 1981)

ตาราง 1 คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ต

องค์ประกอบ (หน่วย/100 กรัม)	โยเกิร์ต		
	โยเกิร์ตไขมันเต็ม	โยเกิร์ตไขมันต่ำ	โยเกิร์ตผลไม้/ไขมันต่ำ
น้ำ (กรัม)	81.9	84.9	77.0
คุณค่าพลังงาน (กิโลแคลอรี่)	79	56	90
โปรตีน (กรัม)	5.7	5.1	4.1
ไขมัน (กรัม)	3.0	0.8	0.7
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	7.8	7.5	17.9
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	200	190	150
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	170	160	120
โซเดียม (มิลลิกรัม)	80	83	64
โปแตสเซียม (มิลลิกรัม)	280	250	210
สังกะสี (มิลลิกรัม)	0.7	0.6	0.5

ที่มา: ดัดแปลงจาก Tamime and Robinson (1985)

3. การนำโยเกิร์ตมาใช้ในด้านโภชนาการบำบัด (Therapeutic use)

ชาวบุลกาเรีย ตุรกี และอามิเนียนเชื่อกันว่าการรับประทานโยเกิร์ตเป็นประจำมีผลทำให้มีสุขภาพดีและอายุยืน แต่อย่างไรก็ตามมิใช่เพียงการบริโภคโยเกิร์ตแต่เพียงอย่างเดียว อาจรวมไปถึงการบริโภคอาหารหมักพื้นเมืองที่มีกลุ่มจุลินทรีย์แลคติคเป็นกล้าเชื้อในกระบวนการหมักอยู่ด้วย ทั้งนี้ Ei Metchnikoj เป็นผู้บุกเบิกการประเมินผลของโยเกิร์ตอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในการนำมารักษาโรค โดยเขียนไว้ในหนังสือ "The prolongation life" ว่าอาการไม่สบายต่างๆ ที่เกิดขึ้นสามารถบรรเทาได้ด้วยการบริโภคโยเกิร์ตเป็นประจำ (Fuller, 1995) การนำโยเกิร์ตมาใช้ในด้านโภชนาการบำบัดมีหลายกรณี เช่น

3.1 การปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้

กรดแลคติกซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์โยเกิร์ตมีผลในการลด และทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคซึ่งอาจปนเปื้อนมากับผลิตภัณฑ์ เช่น *Escherichia coli* และ *Salmonella spp.* เนื่องจากกรดอินทรีย์มีผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ต่างในลำไส้ลดต่ำลง ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียดังกล่าว นอกจากนี้กรดแลคติกยังมีผลในการ

ทำลายแบคทีเรียที่ไม่ทนกรดได้อีกด้วย จึงเหมาะสำหรับบุคคลทั่วไปที่รักสุขภาพ รวมถึงผู้มีความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร

3.2 ระบบทางเดินอาหารผิดปกติ

โยเกิร์ตมีผลป้องกันและรักษาโรคทั้งในคนและสัตว์ ส่วนใหญ่เป็นการป้องกันและรักษาโรคเกี่ยวกับความผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องร่วง ท้องผูก ระบบทางเดินอาหารของเด็กทารกอักเสบ ทั้งนี้เนื่องจากโยเกิร์ตเป็นอาหารที่ย่อยง่าย และเป็นผลมาจากการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ (Deeth and Tamine, 1981)

3.3 โรคแพ้น้ำตาลนม

ผู้ที่ขาดน้ำย่อยแลคเตสมาแต่กำเนิดหรือผู้ที่ไม่ได้ดื่มนมมาเป็นเวลานานๆ จนต่อมสร้างแลคเตสฝ่อหายไป เมื่อดื่มนมทำให้เสี่ยงต่ออาการแน่นท้อง (fluctulence) ท้องเสีย (diarrhea) แต่เมื่อบริโภคโยเกิร์ตแล้วอาการเสี่ยงต่างๆ จะไม่เกิดขึ้นเนื่องจาก

3.3.1 หลังจากบริโภคโยเกิร์ตแล้ว จุลินทรีย์ในโยเกิร์ตยังคงทำหน้าที่ย่อยแลคโตสต่อไป เมื่อเข้าไปถึงส่วนของลำไส้เล็กปริมาณแลคโตสที่เหลืออยู่จึงมีปริมาณน้อย

3.3.2 ลักษณะลิ่มนมของโยเกิร์ตยังอยู่อย่างสมบูรณ์หลังจากบริโภคแล้ว ทำให้การกระจายตัวของแลคโตสเข้าสู่ผนังลำไส้เป็นไปอย่างช้าๆ ผลเสียหายที่จะเกิดขึ้นน้อย ถ้ามีก็ไม่รุนแรงนัก

จากเหตุผลดังกล่าวโยเกิร์ตจึงเป็นอาหารที่เหมาะกับกลุ่มคนที่แพ้น้ำตาลแลคโตส (Suarez and Savaiano, 1997) รวมถึงผู้ป่วยที่มีน้ำตาลในเลือดสูงได้ด้วย แต่โยเกิร์ตนั้นต้องไม่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่สูงมากหรือรสหวานจัด (จารุวรรณ์, 2543)

3.4 โรคกระดูกพรุน

เนื่องจากโยเกิร์ตเป็นอาหารที่อุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งที่ดีของแคลเซียม จึงช่วยชะลออัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน โรคกระดูกเสื่อม ผู้สูงอายุ และหญิงวัยหมดประจำเดือน (Deeth and Tamine, 1981) โดยเฉพาะแคลเซียมที่อยู่ในโยเกิร์ตจะถูกดูดซึมไปใช้ได้ดีกว่าในรูปอื่นๆ เนื่องจากการรับประทานโยเกิร์ตเป็นการเพิ่มกรดแลคติกเข้าไปแทนที่กรดในกระเพาะอาหารที่ขาดไป ทำให้การย่อยอาหารได้ดีขึ้น ช่วยให้ร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้สูงขึ้น และยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดูกและฟันอีกด้วย (จารุวรรณ์, 2543)

3.5 การลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด

O' Sullivan et al. (1992) รายงานว่า *Lactobacillus* ซึ่งใช้ในการผลิตโยเกิร์ตสามารถลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดและลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจที่เกิดจากระดับ

โคเรสเตอรอลสูง ซึ่งเป็นผลจากสารไฮดรอกซี่เมทิลกลูทาเรต (hydroxyl methylglutarate) ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์โคเรสเตอรอลในร่างกาย

3.6 การต่อต้านมะเร็ง

Ayebo et al. (1981) กล่าวว่า สารในโยเกิร์ตที่ทำหน้าที่ต่อต้านมะเร็งในระยะเริ่มต้น สามารถแยกได้จากโยเกิร์ตส่วนที่เป็นของแข็ง ซึ่งแยกได้ด้วยวิธี fractionation บน ion exchange resin ขณะที่ Reddy et al. (1983) กล่าวว่า สารดังกล่าวนี้เป็นสารประกอบอื่นที่ไม่ใช่กรดแลคติกที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตหรือเก็บรักษาโยเกิร์ต ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญของมะเร็งในระยะเริ่มต้น

คุณลักษณะของโยเกิร์ต

ในปัจจุบันโยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นส่วนใหญ่มักจะมีการพัฒนาปรับปรุงรสชาติ และเนื้อสัมผัสเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น ดังนั้นการใช้วัตถุดิบต่างๆ ที่มีคุณภาพ การควบคุมกรรมวิธีการผลิตให้เป็นไปตามที่ตั้งไว้ รวมทั้งการใช้หัวเชื้อที่มีคุณภาพล้วนแต่มีผลให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และยังเป็นการเพิ่มความนิยมในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ด้วย (วราวุฒิและรุ่งนภา, 2532) ดังนั้นจึงได้มีการประเมินคุณภาพของโยเกิร์ตเพื่อตรวจสอบคุณภาพของโยเกิร์ตให้สม่ำเสมอ ซึ่งมีหลายด้านได้แก่ การประเมินคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

Drake et al. (2000) ได้ทำการศึกษาผลทางประสาทสัมผัส เคมี และจุลินทรีย์ของโยเกิร์ตที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าโปรตีนถั่วเหลืองไม่มีผลกระทบต่อจำนวนจุลินทรีย์ ปริมาณกรดแลคติกและระยะเวลาการหมัก ค่าความหนืดและการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความข้น กลิ่นถั่วเหลืองและรสถั่วเหลือง จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณโปรตีนถั่วเหลือง ($P \leq 0.05$)

Fadela et al. (2009) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของโยเกิร์ตที่ผลิตจากนมแกะ (ewe's milk) และนมพร่องมันเนย (skim milk) พบว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากนมแกะดีกว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากนมพร่องมันเนย โดยดูจากการทดสอบทางประสามสัมผัส ปริมาณกรดแลคติก และปริมาณของกรดแลคติก

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพ

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ล้วนแต่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในรูปแบบต่างๆ เพื่อสนองความพึงพอใจของผู้บริโภค การพัฒนาที่กำลังอยู่ในกระแสของการแข่งขัน

ที่รุนแรงได้แก่ การปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตในด้านโภชนาการและด้านโภชนบำบัดให้ดียิ่งขึ้นกว่าเดิม อาทิ โยเกิร์ตเสริมโพรไบโอติกส์ (probiotic yoghurt) ซึ่งทำได้โดยการเติมเชื้อ *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium* ร่วมกันในกระบวนการหมักโยเกิร์ต เพื่อเพิ่มจำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติกส์ให้มีค่าสูงขึ้นกว่าเดิม (Tamime and Robinson, 1985) โยเกิร์ตไขมันต่ำ (low fat yoghurt) และโยเกิร์ตเสริมใยอาหาร (dietary fiber yogurt) เป็นต้น

Kailasapathy et al. (2008) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการเตรียมโยเกิร์ตผลไม้แบบกวนที่มีผลต่อการรอดชีวิตของเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* LAFTI® L10 และ *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* LAFTI® B94 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 35 วัน โดยผลไม้ที่ใช้เติมในโยเกิร์ต ได้แก่ มะม่วง, mixed berry, เสาวรส และสตรอเบอรี่ พบว่า โยเกิร์ตที่มีการเติมผลไม้ทั้ง 4 ชนิด มีจำนวนของเชื้อ *L. acidophilus* LAFTI® L10 และ *B. animalis* ssp. *lactis* LAFTI® B94 ไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตรสธรรมชาติ โยเกิร์ตทั้งหมดมีจำนวนของเชื้อโพรไบโอติกส์อยู่ในระดับ 10^6-10^7 cfu/g

ในสหภาพโซเวียตได้มีการผลิต dietetic acidophilus milk โดยการผสมนมไขมันต่ำกับน้ำมันข้าวโพด 2 กรัม/100กรัม ในขณะเดียวกันในสหรัฐอเมริกาได้จดสิทธิบัตรเกี่ยวกับการผลิตโยเกิร์ตที่มีการผสมไขมันไม่อิ่มตัวหรือไขมันพืช (Metzge, 1962) เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคในประเทศต่างๆ ได้ให้ความสนใจกับอาหารที่เกี่ยวข้องกับโรคในระบบหมุนเวียนโลหิตมากขึ้น การรับประทานไขมันไม่อิ่มตัวจะเป็นผลดีต่อสุขภาพ ดังนั้นโยเกิร์ตที่มีการใช้น้ำมันพืชแทนไขมันนมพืชจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

นอกจากการพัฒนาที่กล่าวมาในตอนต้นแล้ว ได้มีผู้ศึกษาถึงการนำใยอาหารจากแหล่งต่างๆ มาใช้เติมในโยเกิร์ต โดย Fernandez-Garcia (1997) ได้ทำการศึกษาถึงการเติมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าว ข้าวโอ๊ต ข้าวโพดและ sugar beet โดยใช้เป็นสารให้ความหวานในโยเกิร์ตธรรมชาติ พบว่า ใยอาหารจากถั่วเหลืองและ sugar beet มีผลทำให้โยเกิร์ตมีความหนืดลดลง การเติมใยอาหารทุกชนิด ยกเว้นข้าวโอ๊ต มีผลทำให้โยเกิร์ตที่ได้มี grainy flavor และ gritty texture

Staffolo et al. (2004) ได้ทำการศึกษาถึงการเสริมใยอาหารจากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ แอปเปิ้ล ข้าวสาลี ไผ่ หรืออินูลิน โดยทำการเติมลงในโยเกิร์ตในระดับร้อยละ 1.3 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับโยเกิร์ตเสริมใยอาหาร โดยได้รับคะแนนในด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสในระดับสูง แต่โยเกิร์ตที่มีการเสริมใยอาหารจากแอบเปิ้ลมีผลทำให้มีสีที่แตกต่างจากตัวอย่างชุดควบคุม ซึ่งการเสริมใยอาหารในระดับร้อยละ 1.3 อาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มปริมาณของใยอาหารที่ได้รับ

Sendra et al. (2008) ได้ทำการศึกษาถึงการใช้ใยอาหารจากมะนาว และส้มในผลิตภัณฑ์นมหมักร่วมกับการใช้เชื้อโพรไบโอติกส์ ได้แก่ *Lactobacillus acidophilus* CECT 903, *Lactobacillus casei* CECT 475 และ *Bifidobacterium bifidium* CECT 870 พบว่าใยอาหารจากมะนาว และส้มช่วยเพิ่มการรอดชีวิตของ *L. acidophilus* CECT 903, *L. casei* CECT 475 บนอาหารเลี้ยงเชื้อในระหว่างการแช่เย็น ในขณะที่ใยอาหารจากส้มมีผลทำให้มี *B. bifidium* CECT 870 เจริญเติบโตได้เพิ่มขึ้น แต่ใยอาหารจากมะนาวมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B. bifidium* CECT 870 จึงกล่าวได้ว่าสามารถใช้เส้นใยจากส้มเป็นแหล่งของใยอาหารในโยเกิร์ตที่มีการผลิตโดยการเติมเชื้อโพรไบโอติกลงในผลิตภัณฑ์ด้วย

ใยอาหาร

ใยอาหาร เป็นสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรต ที่ไม่สามารถย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ เนื่องจากเอนไซม์ไม่สามารถย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) ในโมเลกุลของสารประกอบเหล่านี้ได้ จึงทำให้ใยอาหารเหล่านี้ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย และเหลืออยู่ในระบบทางเดินอาหารพร้อมที่จะขับถ่ายออกมา (ผกาวดี, 2543) โดยใยอาหารที่พบในพืช แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber) ใยอาหารเหล่านี้จะพบได้ในพืช ผัก ผลไม้ต่างๆ ใยอาหารในกลุ่มนี้เมื่อละลายน้ำแล้วจะเพิ่มความข้นหนืดให้กับอาหาร ทำให้มีความรู้สึกอิ่มนาน (วันเพ็ญ, 2541) ตัวอย่างของใยอาหารที่ละลายน้ำมีดังนี้

1.1 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose, CMC)

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสอีเทอร์ที่อยู่ในรูปเกลือโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส อาจเรียกว่า เซลลูโลสกัม (cellulose gum) หรือใช้ชื่อย่อว่า CMC เป็นพอลิเมอร์ชนิดประจุลบที่ละลายในน้ำ เนื่องจากการเตรียม CMC ทำได้โดยใช้เซลลูโลสบริสุทธิ์มาทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้เส้นใยเซลลูโลสพองตัวออกเป็นสารละลายเซลลูโลสในด่าง แล้วทำปฏิกิริยาต่อกับโซเดียมโมโนคลอโรแอซีเตต ได้เป็นโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ดังสมการ

$$R\text{-}OH + NaOH \longrightarrow R\text{-}ONa + H_2O$$

$$R\text{-}ONa + Cl\text{-}CH_2\text{–}COONa \longrightarrow R\text{-}O\text{-}CH_2\text{–}COONa + NaCl$$

โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาการแทนที่ดังกล่าวจะทำให้ได้ CMC หลายชนิด ซึ่งสมบัติของ CMC แต่ละชนิดจะผันแปรไปตามปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความสม่ำเสมอของการแทนที่ (uniformity of substitution) degree of substitution และ degree of polymerization (DP) นอกจากนี้สมบัติของ CMC แต่ละชนิดยังขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ความสามารถในการดูดน้ำ และความหนืดของสารละลายอีกด้วย

CMC ใช้เติมลงในไอศกรีมจะช่วยอุ้มน้ำ ลดการเคลื่อนตัวของน้ำ ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อนุ่ม และเมื่อไอศกรีมแข็งตัวจะไม่เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ และยังใช้เติมลงในอาหารเพื่อให้อาหารมีพลังงานต่ำ (low calorie food) โดยทำหน้าที่เป็น bulking agent

นอกจากนี้แล้วยังสามารถนำ CMC มาทำเป็นฟิล์มใสและมีความแข็งแรง โดยไม่มีผลกระทบจากน้ำมัน และตัวทำละลายอินทรีย์ (นิธิยา, 2549)

1.2 เพคติน (Pectin)

เพคตินจัดเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดได้จากเปลือกของผลไม้ตระกูลส้ม และเป็นส่วนประกอบในเนื้อผลไม้บางชนิด เช่น แอปเปิล ฝรั่ง โครงสร้างโมเลกุลของเพคตินประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโรนิก (D-galacturonic acid) เป็นสายหลัก และมีสายแขนงเป็นน้ำตาลอะราบิโนส (L-arabinose) และน้ำตาลกาแล็กโทส (D-galactose) บางส่วนของหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ที่โมเลกุลของกรดกาแล็กทูโรนิกถูกเอสเทอริไฟด์ด้วยหมู่เมทิล ($-CH_3$) เป็นเมทิลเอสเทอร์ และมี degree of methylation (DM) แตกต่างกันตามชนิดของเพคติน

เพคตินสามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อทำหน้าที่ได้หลายอย่าง ได้แก่ เป็น gelling agent, suspending agent และสารเพิ่มความหนืด เพคตินที่มี DM ต่างกันมีผลทำให้มีสมบัติการเป็น gelling time, setting condition และ gel strength แตกต่างกัน

นอกจากนี้ยังมีการใช้เพคตินเป็นส่วนประกอบในอาหารประเภทแยม ลูกกวาด ผลไม้เชื่อมสำหรับทำไส้พาย ซอสบาร์บีคิว ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ เครื่องดื่มบางชนิด และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อคล้ายเจลลี่ (นิธิยา, 2549)

2. ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber) เป็นส่วนที่เพิ่มมวลให้กับอุจจาระและลดระยะเวลาที่ทำให้อุจจาระอยู่ในลำไส้ (วันเพ็ญ, 2541) ใยอาหารประเภทนี้มีหลายชนิด ได้แก่

2.1 ฟักทอง

ฟักทองเป็นผักวงศ์แตง (Cucurbitaceae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucurbita* spp. มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศในทวีปอเมริกากลาง อเมริกาใต้ และอเมริกาเหนือ เช่น ประเทศเม็กซิโก และสหรัฐอเมริกา

เนื้อฟักทองเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง แต่มีราคาถูก ประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร เกลือแร่ และยังเป็นพืชที่มีสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเบต้าแคโรทีนที่อยู่ในกลุ่มพวกคาโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งมีอยู่ในผักและผลไม้ที่มีสีเหลืองแสด แดง และสีเขียว สารในกลุ่มคาโรทีนอยด์มีหลายร้อยชนิด แต่ในกระแสโลหิตของมนุษย์จะมีประมาณ 20 ชนิด ที่ตับสามารถเปลี่ยนสารคาโรทีนอยด์บางตัวให้เป็นวิตามินเอได้ตามความต้องการของร่างกาย ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยต้านทานโรค เพราะสามารถกำจัดออกซิเจนที่ทำลายเซลล์ในร่างกาย นอกจากนี้ฟักทองยังให้เกลือแร่ เช่น ฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อกระดูกและฟัน ส่วนของเนื้อฟักทองที่บริโภคได้ 100 กรัม จะประกอบด้วย พลังงาน 43 กิโลแคลอรี แคลเซียม 21 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 17 มิลลิกรัม เหล็ก 4.9 มิลลิกรัม วิตามินเอ 3,266 หน่วยสากล วิตามินบี 10.1 มิลลิกรัม และวิตามินซี 52 มิลลิกรัม (จานุลักษณ์ และคณะ, 2549) นอกจากนี้ฟักทองยังถือได้ว่าเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี ฟักทองผงปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 3.41 (อัจฉรา และคณะ, 2550) นอกจากนี้แล้ววิธีการสกัดใยอาหารที่แตกต่างกันมีผลต่อผลผลิตของใยอาหารที่ได้ โดย Escalada et al. (2007) ได้รายงานว่าเส้นใยที่ได้จากฟักทองที่มีการสกัดด้วยน้ำกลั่นและการสกัดด้วยแอลกอฮอล์มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 44.6 กรัม/100กรัม และ 78.4 กรัม/100กรัมตามลำดับ

2.2 วุ้นน้ำมะพร้าว

วุ้นน้ำมะพร้าวมีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า bacterial cellulose เป็นสารเซลลูโลสที่ได้จากการหมักอาหารเหลวไม่ว่าจะเป็นน้ำผัก น้ำผลไม้ หรืออาหารเลี้ยงเชื้อ โดยใช้เชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum* ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จะเป็นแผ่นวุ้นคล้ายวุ้นที่เป็นขนม แต่เหนียวกว่า มีสีขาวหรือสีครีม ทึบแสง ไม่ละลายน้ำแม้เมื่อนำไปต้มในน้ำเดือด ชาวฟิลิปปินส์ใช้น้ำมะพร้าวเป็นวัตถุดิบในการหมัก และเรียกชื่อว่า nata de coco แต่ใช้น้ำสับปะรดจะเรียกว่า nata de pina นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น เห็ดกัมพูชา เห็ดรัสเซีย วุ้นน้ำส้ม โดยทำจากวัตถุดิบต่างๆ กัน นอกเหนือจากน้ำมะพร้าว (ปราโมทย์, 2543)

ลักษณะเฉพาะของวุ้นน้ำมะพร้าวที่ได้จาก *Acetobacter xylinum* จะมีเส้นใยขนาดเล็กมาก คือ หนาประมาณ 3-4 นาโนเมตร กว้าง 60-80 นาโนเมตร และ ยาวประมาณ 180-960 นาโนเมตร วุ้นน้ำมะพร้าวไม่มีเฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเพคตินเจือปน มีความเป็น hydrophilic สูง จึงสามารถอุ้มน้ำได้ 60-700 เท่าของน้ำหนักแห้ง มีลักษณะใสและทนต่อแรงดึงได้สูงกว่าไฟเบอร์สังเคราะห์ต่าง ๆ การที่เส้นใยมีขนาดเล็กมาก ส่งผลให้เส้นใยสามารถทำปฏิกิริยากับสารเคมีต่าง ๆ ได้ดี (ปราโมทย์, 2543)

วุ้นน้ำมะพร้าวถือได้ว่ามีคุณค่าทางโภชนาการ ประกอบด้วยเส้นใยร้อยละ 1.10-1.15 โปรตีนร้อยละ 0.68-0.84 และแร่ธาตุชนิดต่างๆ ดังแสดงในตาราง 2 เส้นใยจากวุ้นน้ำมะพร้าวมีประโยชน์ต่อสุขภาพ คือ มีแคลอรี่ต่ำ, ช่วยควบคุมน้ำหนัก, ช่วยในเรื่องการขับถ่าย, ช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ และมีลักษณะเป็นเจล (gel) ซึ่งร่างกายสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่าเส้นใยจากพืช (ปราโมทย์, 2543)

ตาราง 2 คุณค่าทางอาหารของวุ้นน้ำมะพร้าว

สารอาหาร (หน่วย/100กรัม)	กรมวิทยาศาสตร์	กองเกษตรเคมี
น้ำ (กรัม)	94.40	94.60
ไขมัน (กรัม)	0.05	0.06
ไฟเบอร์ (กรัม)	1.10	1.15
โปรตีน (กรัม)	0.68	0.84
เถ้า (กรัม)	0.77	0.10
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	3.00	3.20
แคลเซียม (กรัม)	4.50	5.20
เหล็ก (กรัม)	0.20	-
ฟอสฟอรัส (กรัม)	22.00	5.70
วิตามิน บี 1 (กรัม)	0.01	-
วิตามิน บี 2 (กรัม)	0.02	-
ไนอะซิน (กรัม)	0.22	0.22

ที่มา: ปราโมทย์ (2543)

2.3 แครอท

แครอท มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Daucus carota* Linn. มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกและเอเชียกลาง แครอทมีเบต้า-แคโรทีนสูง ดังแสดงในตาราง 3 จึงมีส่วนช่วยป้องกันโรคมะเร็งได้ โดยร่างกายจะเปลี่ยนเบต้า-แคโรทีนให้เป็นวิตามินเอ ซึ่งป้องกันโรคตาบอดกลางคืน โรคตาฟาง ช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำงานได้ตามปกติ ในหัวแครอทมีปริมาณเกลือโพแทสเซียมสูง ช่วยขับปัสสาวะ นอกจากนี้แครอทยังประกอบไปด้วยแร่ธาตุหลายชนิด ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส (นิดดา, 2550) แครอทยังถือได้ว่าเป็นแหล่งของใยอาหารอีกชนิดหนึ่ง

ที่มีความสำคัญ โดย อัจฉรา และคณะ (2550) ได้รายงานไว้ว่าแครอทผงมีปริมาณของเส้นใยหยาบเท่ากับร้อยละ 4.56

ตาราง 3 คุณค่าทางอาหารของแครอท

องค์ประกอบ (หน่วย/100 กรัม)	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	37
โปรตีน (กรัม)	1.6
ไขมัน (กรัม)	0.4
คาร์โบไฮเดรด (กรัม)	6.8
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	1
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.2
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	68
วิตามิน บี 1 (มิลลิกรัม)	0.04
วิตามิน บี 2 (มิลลิกรัม)	0.05
วิตามิน ซี (มิลลิกรัม)	41
Niacin (มิลลิกรัม)	0.8
เบต้า-แคโรทีน (ไมโครกรัม)	1,166

ที่มา: ดัดแปลงจาก นิดดา (2550)

2.4 กล้วย

กล้วย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Musa sapientum* Linn. เป็นไม้พื้นถิ่นของแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ กล้วยเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูงและมีโปรตีนใกล้เคียงนมแม่มาก จึงเป็นอาหารเสริมที่ดีที่สุดสำหรับทารกอายุตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป กล้วยดิบและกล้วยสุกถูกนำมาใช้แก้อาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร โดยอาการท้องผูกแก้ได้ด้วยกล้วยสุก เพราะมีสารเพคติน (pectin) ช่วยเพิ่มกากและกระตุ้นให้ลำไส้ทำงาน คนท้องเสียที่ไม่ได้เกิดจากการติดเชื้อร้ายแรง ให้กินกล้วยดิบแก้ท้องเสีย เพราะในกล้วยดิบมีสารแทนนิน (tannin) ซึ่งเป็นยาสมาน (นิดดา, 2550) ผลกล้วยมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วย พลังงาน 85 แคลอรี่/100 กรัม โปรตีน 0.2 กรัม/100 กรัม

คาร์โบไฮเดรด 22.2 กรัม/100 กรัม และไขมัน 0.2 กรัม/100 กรัม และอีกทั้งยังประกอบด้วยแร่ธาตุหลายชนิด ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก โปแตสเซียม และแมกนีเซียม (เบญจมาศ, 2538)

ตาราง 4 คุณค่าทางอาหารของผลกล้วย

องค์ประกอบ (หน่วย/100 กรัม)	ปริมาณ
น้ำ (กรัม)	75.7
พลังงาน (แคลอรี่)	85
โปรตีน (กรัม)	1.1
ไขมัน (กรัม)	0.2
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	22.2
เถ้า (กรัม)	0.8
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	8.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.7
โปแตสเซียม (มิลลิกรัม)	370
แมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	33
วิตามิน เอ (IU)	190
Thiamine (มิลลิกรัม)	0.05
Riboflavin (มิลลิกรัม)	0.06
Niacin (มิลลิกรัม)	0.7
วิตามิน ซี (มิลลิกรัม)	10.0

ที่มา: ดัดแปลงจาก เบญจมาศ (2538)

Suntharaligam and Ravidran (1993) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของแป้งกล้วย พบว่า ผลกล้วยดิบทำผ่านกรรมวิธีทำแห้งแล้วบดเป็นผงจะได้เป็นแป้งกล้วยประมาณร้อยละ 25.5-31.3 ของน้ำหนักสด เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า แป้งกล้วยมีความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.4-5.7 มีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 3.2, เยื่อใยร้อยละ 1.3, เถ้าร้อยละ 3.7, เยื่อใยที่ละลายในด่างร้อยละ 8.9, เยื่อใยที่ละลายในกรดร้อยละ 3.8, เซลลูโลสร้อยละ 3.1, ลิกนินร้อยละ 1.0, เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 5.5, แป้ง (starch)ร้อยละ 70 และโพลิแซกคาไรด์ที่เป็นโครงสร้าง (non-starch polysaccharides)ร้อยละ 12.0

แป้งกล้วยดิบ มีคุณสมบัติในการเป็น resistant starch ซึ่งมีลักษณะที่เด่นคือ เป็นสตาร์ชที่ไม่สามารถถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์จึงไม่ถูกดูดซึมภายในลำไส้เล็กของมนุษย์ได้ โดย Tribess et al. (2009) ได้รายงานไว้ว่า แป้งกล้วยดิบมีปริมาณ resistant starch ในช่วง 40.9 – 58.5 กรัม/100กรัม ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้แล้ว Rodriguez-Ambriz et al. (2008) ได้ทำการเตรียมแป้งผงให้มีเส้นใยในปริมาณมาก (fiber-rich powder; FRP) จากแป้งกล้วยดิบโดยใช้วิธี liquefaction พบว่า FRP มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 31.8 กรัม ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งกล้วยดิบทั่วไป มีค่าเท่ากับ 10.4 กรัม ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง แต่มีปริมาณสตาร์ชทั้งหมดและ resistant starch ที่ต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่า liquefaction เกี่ยวกับข้องกับ granular disruption และกระบวนการ hydrolysis ของสตาร์ช จึงส่งผลให้มีปริมาณสตาร์ชทั้งหมดลดลง และมีปริมาณของใยอาหารทั้งหมดเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ากล้วยดิบเป็นแหล่งของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำอีกชนิดหนึ่ง

คุณประโยชน์ของใยอาหาร

การบริโภคใยอาหารที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืช ผักและผลไม้ พบว่ามีผลดีต่อสุขภาพ โดยทำให้สุขภาพของผู้บริโภคมีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรงสมบูรณ์และปลอดภัยจากโรคภัย เช่น โรคความดันโลหิต โรคเส้นเลือด โรคหัวใจตีบตัน และโรคมะเร็ง เป็นต้น วันเพ็ญ, 2541 ได้กล่าวถึงประโยชน์ของใยอาหารต่อระบบสรีรวิทยาของร่างกาย ไว้ดังนี้

1. ช่วยลดระดับโคเรสเตอรอลในเลือด เฉพาะใยอาหารที่ละลายน้ำ ได้แก่ เพคติน กัม (gums) ชนิดต่าง ๆ เช่น guar gum หรือ locust bean gum การบริโภคใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เช่น รำข้าวโอ๊ต หรือข้าวบาร์เลย์ ถั่วและผัก ซึ่งมีผลลดระดับของโคเลสเตอรอลในเลือดได้สูงถึงร้อยละ 25 แต่ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำไม่สามารถลดระดับโคเรสเตอรอลในเลือดได้

2. ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ จะช่วยลดระดับน้ำตาลและอินซูลินในเลือดหลังการบริโภค

3. ช่วยทำให้ลำไส้ใหญ่ทำหน้าที่ได้ดีขึ้น เนื่องจากอาหารประกอบด้วยใยอาหารมีผลทำให้ลำไส้ใหญ่ลดเวลาตกค้างในลำไส้ใหญ่ (transit time), เพิ่มน้ำหนักอุจจาระ และทำให้ระบายบ่อยขึ้น จึงช่วยเจือจางปริมาณสารพิษในลำไส้ใหญ่ และทำให้การเตรียมสารสำหรับการถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่เป็นไปโดยปกติ

4. ช่วยป้องกันโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่และการเกิดถุงตันที่ลำไส้ใหญ่ เนื่องจากการบริโภคใยอาหารน้อย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระบบย่อยอาหาร ลดการรวมตัวของกรดน้ำดี เพิ่มเวลาของอาหารที่ตกค้างในลำไส้ใหญ่ ลดน้ำหนักและปริมาณอุจจาระ ตลอดจนลดความถี่

ของการขับถ่ายอุจจาระ จุลินทรีย์ถูกกระตุ้นโดยอาหารที่มีเส้นใยต่ำ ทำให้เกิดการรวมตัวของสารก่อมะเร็ง จุลินทรีย์เหล่านี้อาจช่วยป้องกัน หรือทำลายสารก่อมะเร็งได้ถ้ามีใยอาหารอยู่มากพอในอาหาร

5. ช่วยป้องกันโรคอ้วน เนื่องจากใยอาหารทำให้กระเพาะอาหารมีที่ว่างน้อยลง จึงทำให้รับประทานอาหารได้น้อยลง เพราะใยอาหารจะเข้าไปพองตัวในกระเพาะอาหาร เป็นเหตุให้น้ำหนักตัวลดลง

ปริมาณใยอาหารในอาหาร

กระทรวงสาธารณสุข ได้จัดทำประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 เรื่องฉลากโภชนาการ โดยผู้ผลิตจะสามารถกล่าวอ้างการเป็นแหล่งของใยอาหารในผลิตภัณฑ์ได้ในระดับใดจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงปริมาณใยอาหารในผลิตภัณฑ์นั้นด้วย ตังตาราง 5

ตาราง 5 การระบุปริมาณใยอาหารในฉลากโภชนาการ

ข้อกล่าวอ้าง	เงื่อนไข	
	ต่ออาหาร 100 กรัม(ของแข็ง)	ต่ออาหาร 100 มิลลิกรัม (ของเหลว)
เป็นแหล่งของ, มี (good source, contain, provide)	ไม่น้อยกว่า 3 กรัม ต่ออาหาร 100 กรัม หรือ ไม่น้อยกว่า 1.5 กรัม ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี	ไม่น้อยกว่า 1.5 กรัม ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี
สูง, อุดม (high, rich, rich in, excellent source of)	ไม่น้อยกว่า 6 กรัม ต่ออาหาร 100 กรัม หรือ ไม่น้อยกว่า 3 กรัม ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี	ไม่น้อยกว่า 3 กรัม ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี
เสริม, เพิ่ม, มากกว่า (increased, more than, added, enriched, fortified)	1. เพิ่มใยอาหารขึ้นเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นที่เป็นอาหารชนิดเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน โดนเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป และ 2. ปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นจะต้องไม่น้อยกว่า 3 กรัม ด้วย	1. เพิ่มใยอาหารขึ้นเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นที่เป็นอาหารชนิดเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน โดนเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป และ 2. ปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นจะต้องไม่น้อยกว่า 1.5 กรัม ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี

ที่มา: ดัดแปลงจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2541)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

วัตถุดิบ

1. กล้วยดิบ (ตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่)
2. กากมะพร้าว (ตลาดแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่)
3. แครอท (ตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่)
4. นมพาสเจอร์ไรซ์ ตรา เมจิ
5. ฟักทอง (ตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่)
6. วุ้นน้ำมะพร้าว ตรา เวียงพิงค์
7. นมผงพร่องมันเนย (Intercontinental speciality milk co.,Thailand)
8. โยเกิร์ตพร้อมบริโภค รสธรรมชาติ ตรา เมจิ

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Agar (Union science)
2. Beef extract (Lab-Scan)
3. Dipotassium phosphate (Ajax)
4. D-glucose (Merck)
5. Magnesium sulfate (Ajax)
6. Manganese sulfate (Ajax)
7. Peptone (Difco)
8. Sodium acetate (Merck)
9. Tri-ammonium citrate (Lab-Scan)
10. Tryptone (Lab-Scan)
11. Tween 80 (Merck)

12. Yeast extract (Difco)

จุลินทรีย์

Lactobacillus delbrueckii subsp.*bulgaricus* TISTR 892

Streptococcus thermophilus TISTR 894

สารเคมี

1. Sodium hydroxide (Merck)
2. Phenolphthalein (Ajax)
3. คาร์บอกซีเมททิลเซลลูโลส (Union scienee)
4. เพคติน (วิทยาศรม)

อุปกรณ์

1. ตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar flow: Holten Lamina HB 2472, Denmark)
2. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator: heraeus B12, Germany)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven: WTB Binder BD 115, Germany)
4. หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave: Hirayama HV 50, Japan)
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance : Sartoriius LA 230S, Germany)
6. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Analytical Balance : Sartoriius BP 610, Germany)
7. เครื่องผสม (Vortex : Genie 2 ™ G-560E, U.S.A)
8. เครื่องวัดค่ากรด-เบส (Metrohm 744, Switzerland)
9. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield DV-III+, U.S.A.)
10. เครื่องวัดค่ากิจกรรมของน้ำ (Aqualab 3TE, U.S.A.)
11. เครื่องวัดความขุ่น (HACH Turbidimeter 2100N, U.S.A.)
12. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Polyscience 8306, U.S.A.)
13. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Sorvall RC 5C, U.S.A.)
14. ชุดตะแกรงร่อน (Retsch type vibro, Germany)

15. เครื่องโฮโมจิไนซ์ (IKA-Labortechnik ULTRA-TURRAX T25, Germany)
16. ไมโครปิเปต (Micropipette)
17. เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์
18. กระดาษกรอง (Whatman No.1 และ No.4)
19. ถ้วยสำหรับอบวัดความชื้น (Moisture can)
20. ที่ตีไข่ (National mixer MK-H101N, China)

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาการใช้เชื้อบริสุทธิ์ในการหมักโยเกิร์ต

1.1 ปริมาณเชื้อที่เหมาะสมต่อการหมักโยเกิร์ต

นำนมพาสเจอร์ไรซ์ ปริมาณ 800 มิลลิลิตร มาบรรจุในขวดแก้วฝาเกลียวขนาด 1,000 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปิดฝาให้สนิทและนำไปให้ความร้อนใน water bath ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาดังกล่าวนำขวดแก้วฝาเกลียวที่บรรจุนมที่ผ่านการให้ความร้อนแช่ลงในอ่างน้ำเย็นเพื่อทำการลดอุณหภูมิให้เหลือ 42 องศาเซลเซียส เติมเซลล์ซัสเพนชัน (cell suspension) ของเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ความเข้มข้นประมาณ 1.86-2.47 $x10^{10}$ cfu/ml และ 2.24-3.02 $x10^{9}$ cfu/ml ตามลำดับ ในอัตราส่วน 1:1 ปริมาณร้อยละ 1 2 และ 3 (ปริมาตร/ปริมาตร) บ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ในตู้บ่มเชื้อ จนกระทั่ง pH ถึง 4.2 เพื่อทำการวิเคราะห์

1.1.1 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) โดย pH meter

1.1.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (Total titration acidity) โดยวิธีไตเตรชัน (AOAC, 1995)

1.1.3 ปริมาณเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Dave and Shah, 1996)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. **ศึกษาผลของนมผงพร่องมันเนยต่อคุณลักษณะของโยเกิร์ต**

นำนมผงพร่องมันเนยเติมลงไปในส่วนผสมของโยเกิร์ตในปริมาณร้อยละ 0 6 10 และ 14 นำส่วนผสมทั้งหมดที่ได้ไปโฮโมจิไนซ์ ด้วยความเร็ว 24,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที ทำการหมักตามวิธีในข้อ 1 แล้ววิเคราะห์

2.1.1 ค่าสี โดยระบบ Hunter (Juki Model JC 801)

2.1.2 ค่าความข้นหนืด โดย Brookfield

2.1.3 ค่าความเป็นกรด-เบส โดย pH meter

2.1.4 ปริมาณกรดทั้งหมด โดยวิธีไตเตรชัน (AOAC, 1995)

2.1.5 ปริมาณน้ำอิสระ โดยเครื่องวัดค่ากิจกรรมของน้ำ (Aqua lab)

2.1.6 ปริมาณเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Dave and Shah, 1996)

2.1.7 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเจล (Syneresis) (ดัดแปลงจาก Keogh and Kennedy, 1998)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3. ศึกษาการเตรียมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ

นำใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ 5 ชนิด คือ วุ้นน้ำมะพร้าว กากมะพร้าว กล้วยดิบ แครอท และฟักทอง มาทำให้เป็นผงที่มีขนาดเล็ก ดังต่อไปนี้

3.1 ผงวุ้นน้ำมะพร้าว

นำวุ้นน้ำมะพร้าวที่บรรจุในน้ำเชื่อม มาแช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วนำไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส (^{0}C) จนได้เกล็ดวุ้นน้ำมะพร้าวที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 (AOAC, 1995) นำเกล็ดวุ้นไปตีป่นด้วยเครื่องปั่นผสม แล้วนำไปร่อนผ่านชุดตะแกรงร่อน (Retsch) เพื่อแยกอนุภาคของแข็งที่มีขนาดต่างๆ กัน โดยกำหนดให้ขนาดอนุภาค >250 – >425 >106 – >180 และ <38 – >75 μm เป็นอนุภาคขนาดใหญ่ กลาง และเล็กตามลำดับ แล้วทำการวิเคราะห์ค่าสี โดยระบบ Hunter (Juki Model JC 801) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.2 ผงกากมะพร้าว

นำกากมะพร้าวไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส จนได้กากมะพร้าวที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 (AOAC, 1995) นำกากมะพร้าวไปตีป่นด้วยเครื่องปั่นผสม แล้วนำไปร่อนผ่านชุดตะแกรงร่อน (Retsch) เพื่อแยกอนุภาคของแข็งที่มีขนาดต่างๆ กัน โดยกำหนดให้ขนาดอนุภาค >250 – >425 >106 – >180 และ <38 – >75 μm เป็นอนุภาคขนาดใหญ่ กลาง และเล็กตามลำดับ แล้วทำการวิเคราะห์ค่าสี โดยระบบ Hunter (Juki Model JC 801) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.3 กล้วยดิบ

นำมาปอกเปลือกแล้วหั่นฝอย แล้วอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส จนได้กล้วยดิบอบแห้งที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 (AOAC, 1995) นำกล้วยดิบอบแห้งไปตีป่นด้วยเครื่องปั่นผสม แล้วนำไปร่อนผ่านชุดตะแกรงร่อน (Retsch) เพื่อแยกอนุภาคของแข็งที่มีขนาดต่างๆ กัน โดยกำหนดให้ขนาดอนุภาค >250 – >425 >106 – >180 และ <38 – >75 μm เป็นอนุภาคขนาดใหญ่ กลาง และเล็กตามลำดับ แล้วทำการวิเคราะห์ค่าสี โดยระบบ Hunter (Juki Model JC 801) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.4 แครอท

นำมาปอกเปลือกแล้วหั่นฝอย แล้วอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส จนได้แครอทอบแห้งที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 (AOAC, 1995) นำแครอทอบแห้งไปตีป่นด้วยเครื่องปั่นผสม แล้วนำไปร่อนผ่านชุดตะแกรงร่อน (Retsch) เพื่อแยกอนุภาคของแข็งที่มีขนาดต่างๆ กัน โดยกำหนดให้ขนาดอนุภาค >250 – >425 >106 – >180 และ <38 – >75 μm เป็นอนุภาคขนาดใหญ่ กลาง และเล็กตามลำดับ แล้วทำการวิเคราะห์ค่าสี โดยระบบ Hunter (Juki Model JC 801) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.5 ฟักทอง

นำมาปอกเปลือกแล้วหั่นฝอย แล้วอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส จนได้ฟักทองอบแห้งที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 (AOAC, 1995) นำฟักทองอบแห้งไปตีป่นด้วยเครื่องปั่นผสม แล้วนำไปร่อนผ่านชุดตะแกรงร่อน (Retsch) เพื่อแยกอนุภาคของแข็งที่มีขนาดต่างๆ กัน โดยกำหนดให้ขนาดอนุภาค >250 – >425 >106 – >180 และ <38 – >75 μm เป็นอนุภาคขนาดใหญ่ กลาง และเล็กตามลำดับ แล้วทำการวิเคราะห์ค่าสี โดยระบบ Hunter (Juki Model JC 801) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4. ศึกษาการเติมใยอาหารลงในโยเกิร์ต

4.1 การเติมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำลงในโยเกิร์ต

เตรียมส่วนผสมสำหรับทำโยเกิร์ตโดยเพิ่มใยอาหารแต่ละชนิดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีจากข้อ 3 ลงไปในปริมาณร้อยละ 0 2 2.5 3 3.5 4 และ 4.5 นำส่วนผสมทั้งหมดที่ได้ไปใส่ในโยเกิร์ตที่ได้จากการหมักตามวิธีในข้อ 1 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องตีไข่ ความเร็ว เบอร์ 1 เป็นเวลา 1 นาที แล้ววิเคราะห์

4.1.1 ค่าสี โดยระบบ Hunter (Juki Model JC 801)

4.1.2 ค่าความข้นหนืด โดย Brookfield

4.1.3 ค่าความเป็นกรด-เบส โดย pH meter

4.1.4 ปริมาณกรดทั้งหมด โดยวิธีไตเตรชัน(AOAC, 1995)

4.1.5 ปริมาณน้ำอิสระ โดยเครื่องวัดค่ากิจกรรมของน้ำ (Aqua lab)

4.1.6 ปริมาณเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Dave and Shah, 1996)

4.1.7 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเจล (syneresis) (ดัดแปลงจาก Keogh and Kennedy, 1998)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4.2 การเติมใยอาหารชนิดละลายในน้ำลงในโยเกิร์ต

เติมใยอาหารชนิดละลายได้ในน้ำจำนวน 2 ชนิด คือ คาร์บอกซีเมททิลเซลลูโลส และเพคติน ลงไปในส่วนผสมของโยเกิร์ตในปริมาณร้อยละ 0 0.5 1 1.5 2 2.5 และ 3 นำส่วนผสมทั้งหมดที่ได้ไปทำการหมักตามวิธีในข้อ 1 แล้วแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ทรีทเมนท์ คือการผสมให้เข้ากันโดยใช้ homogenizer ด้วยความเร็ว 24,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที และเครื่องตีไข่ความเร็วเบอร์ 1 เป็นเวลา 5 นาที แล้วทำการวิเคราะห์

4.2.1 ค่าสี โดยระบบ Hunter (Juki Model JC 801)

4.2.2 ค่าความข้นหนืด (viscosity) โดย Brookfield

4.2.3 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) โดย pH meter

4.2.4 ปริมาณกรดทั้งหมด (total titration acidity) โดยวิธีไตเตรชัน (AOAC, 1995)

4.2.5 ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) โดยเครื่องวัดค่ากิจกรรมของน้ำ (Aqua lab)

4.2.6 ปริมาณเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Dave and Shah, 1996)

4.2.7 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเจล (syneresis) (ดัดแปลงจาก Keogh and Kennedy, 1998)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5. ศึกษาการเติมใยอาหารลงในโยเกิร์ตพร้อมบริโภค

5.1 การเติมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำลงในโยเกิร์ตพร้อมบริโภค

เตรียมใยอาหารแต่ละชนิดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีจากข้อ 3 ในปริมาณร้อยละ 0 0.5 1.5 2.5 3.5 และ 4.5 ใส่ในโยเกิร์ตพร้อมบริโภค รสธรรมชาติ ผสมให้เข้ากัน แล้วทำการวิเคราะห์

5.1.1 ค่าสี โดยระบบ Hunter (Juki Model JC 801)

5.1.2 ค่าความข้นหนืด (viscosity) โดย Brookfield

5.1.3 ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) โดยเครื่องวัดค่ากิจกรรมของน้ำ (Aqua lab)

5.1.4 ลักษณะทางกายภาพ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

6. ศึกษาความคงตัวของโยเกิร์ต

นำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีที่สุดจากข้อ 4 มาทำการเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเป็นเวลานาน 15 วัน แล้วสุ่มตัวอย่างทุกๆ 3 วัน เพื่อทำการวิเคราะห์

6.1 ลักษณะทางกายภาพ

6.2 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเจล (syneresis) (ดัดแปลงจาก Keogh and Kennedy, 1998)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

7. ศึกษาการยอมรับด้านประสาทสัมผัส

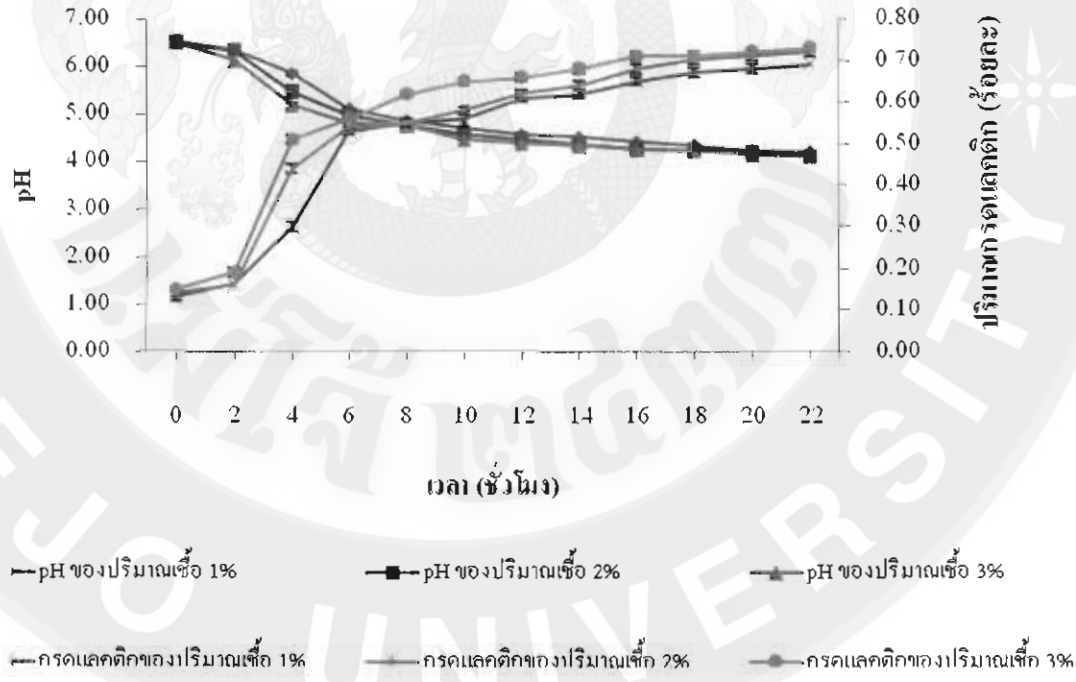
นำผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดจากข้อ 4 มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 80 คน โดยวิธี 9 point hedonic scale ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแตกต่างของหน่วยทดลองด้วย Analysis Of Variance Between Groups (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. ศึกษาการใช้แบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์ในการหมักโยเกิร์ต

จากการเติมแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์ปริมาณร้อยละ 1 2 และ 3 ในการหมักโยเกิร์ตจากน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ ได้ผลดังภาพ 1 พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของน้ำนมที่ 0 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 6.53 6.52 และ 6.51 ตามลำดับ และมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการหมักค่ากรด-เบสสุดท้ายเมื่อเวลาที่ใช้หมักผ่านไป 22 ชั่วโมง เท่ากับ 4.19 4.12 และ 4.10 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นก้อน

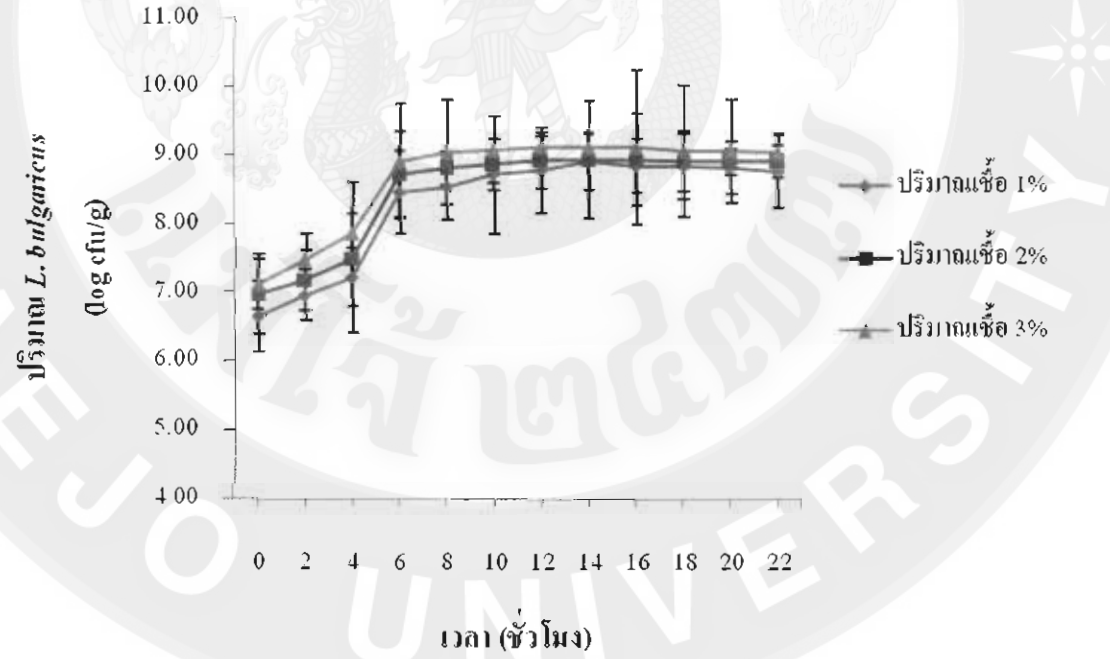


ภาพ 1 การเปลี่ยนแปลงของ pH และปริมาณกรดแลคติกในน้ำนม เมื่อใช้หัวเชื้อสำหรับหมักโยเกิร์ตในปริมาณที่แตกต่างกัน

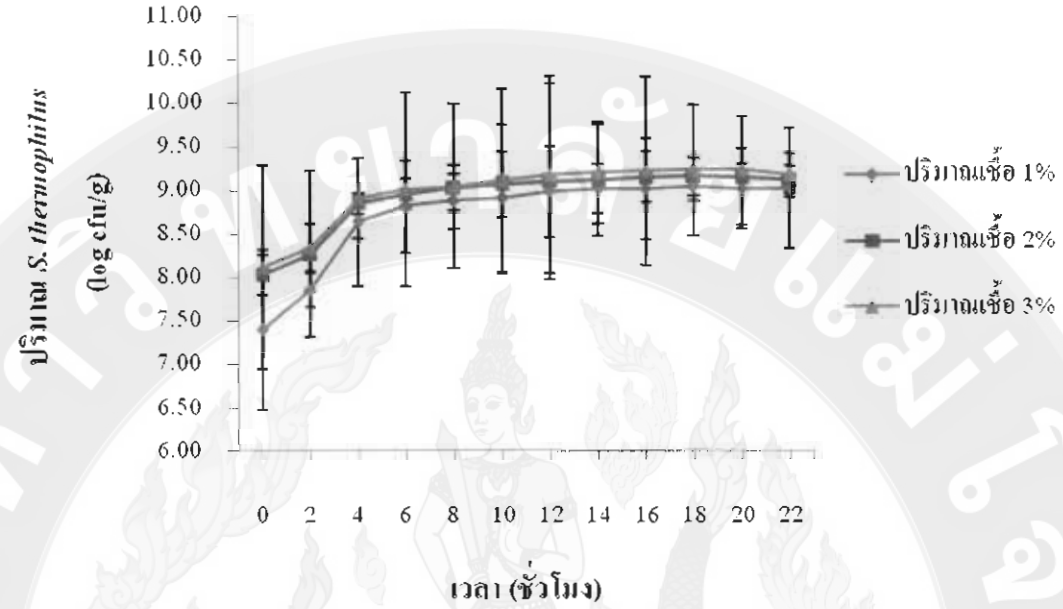
ของแข็งสีขาวที่เกิดจากการจับตัวกันของตะกอนโปรตีนในน้ำนม และเกิดน้ำเวย์เพียงเล็กน้อยเหนือผิวหน้าของโยเกิร์ต เมื่อนำโยเกิร์ตที่ได้ไปกวนผสมด้วยเครื่องตีไข่ จะทำให้ได้โยเกิร์ตมีเนื้อสัมผัสที่เนียนขึ้น และมีลักษณะเหลวไม่จับตัวกันเป็นก้อน และไม่พบการแยกชั้นของน้ำเวย์

การลดลงของค่ากรด-เบส เกิดขึ้นเนื่องจากกรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นมา โดยแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์จำนวน 2 สายพันธุ์ได้แก่ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ที่เติมลงไปในช่วงเริ่มต้นของการหมัก การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแลคติกจะแปรผกผันกับค่ากรด-เบส เมื่ออายุการหมักผ่านไป 22 ชั่วโมง พบว่าปริมาณกรดแลคติกเกิดขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือ เท่ากับร้อยละ 0.69 0.72 และ 0.73 ตามลำดับ

การเพิ่มขึ้นของกรดแลคติกมีความสอดคล้องกับปริมาณของ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ที่ใช้เป็นเชื้อตั้งต้น (starter) เพราะแบคทีเรียแลคติกทั้งสองชนิดนี้สามารถเจริญได้ในน้ำนม ดังภาพ 2-3 และสร้างกรดแลคติกออกมา ปริมาณของ *L. bulgaricus* ในชั่วโมงที่ 0 มีค่า



ภาพ 2 การเจริญของ *L. bulgaricus* ในระหว่างการหมักโยเกิร์ต เมื่อใช้หัวเชื้อสำหรับหมักโยเกิร์ตในปริมาณที่แตกต่างกัน



ภาพ 3 การเจริญของ *S. thermophilus* ในระหว่างการหมักโยเกิร์ต เมื่อใช้หัวเชื้อสำหรับหมักโยเกิร์ตในปริมาณที่แตกต่างกัน

เท่ากับ 6.65 6.97 และ 7.12 log cfu/g ตามลำดับ การเพิ่มปริมาณของ *L. bulgaricus* จะเป็นไปอย่างรวดเร็วในช่วง 6 ชั่วโมงแรก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.76 8.9 และ 9.03 log cfu/g เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 22 ชั่วโมง และ *S. thermophilus* จะเพิ่มจำนวนขึ้นในลักษณะเดียวกัน โดยเริ่มต้นจากปริมาณ 7.4 8.03 และ 8.12 log cfu/g ตามลำดับ ในชั่วโมงที่ 0 กลายเป็น 9.02 9.12 และ 9.17 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ชั่วโมงที่ 22 โดยสังเกตได้ว่าปริมาณเชื้อร้อยละ 3 จะส่งผลให้ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เหลือรอดชีวิตในผลิตภัณฑ์มีปริมาณสูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sharma and Arora (1995) ที่ใช้ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ปริมาณร้อยละ 3 ในการหมักโยเกิร์ต ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณเชื้อผสมร้อยละ 3 ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

2. ศึกษาผลของนมผงพร่องมันเนยต่อคุณลักษณะของโยเกิร์ต

จากการเติมนมผงพร่องมันเนยในปริมาณร้อยละ 0 6 10 และ 14 ในการหมักโยเกิร์ตจากน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ ได้ผลดังตาราง 6 พบว่า นมผงพร่องมันเนยปริมาณร้อยละ 14 จะให้โยเกิร์ตที่มี

คุณลักษณะหลายประการที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งได้แก่ค่ากรด-เบส และค่าความข้นหนืดที่สูงที่สุดคือ 4.28 และ 2,396.33 เซ็นติพอยส์ ตามลำดับ ความข้นหนืดที่เพิ่มขึ้น มีสาเหตุ

ตาราง 6 คุณลักษณะของโยเกิร์ตที่ได้จากการเติมนมผงพร่องมันเนยในปริมาณที่แตกต่างกัน

สิ่งวิเคราะห์	ปริมาณนมผงพร่องมันเนย (ร้อยละ)			
	0	6	10	14
pH	4.14±0.01^{d}	4.19±0.01^{c}	4.24±0.01^{b}	4.28±0.01^{a}
ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)	0.78±0.01^{a}	0.75±0.01^{b}	0.72±0.01^{c}	0.68±0.01^{d}
a_w^{ns}	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	0.99±0.03
ความข้นหนืด (เซ็นติพอยส์)	2,052.89±6.51^{c}	2,331.33±55.95^{b}	2,363.11±28.50^{b}	2,396.33±23.22^{a}
syneresis (ร้อยละ)	33.08±0.12^{a}	29.76±0.36^{b}	27.46±1.41^{c}	25.80±1.02^{d}
ค่าสี L*	86.31±0.56^{a}	86.26±0.05^{a}	84.98±0.09^{b}	84.58±0.06^{c}
ค่าสี a*	2.03±0.03^{d}	4.59±0.23^{c}	5.63±0.23^{b}	5.87±0.23^{a}
ค่าสี b*	5.58±0.03^{d}	8.26±0.11^{c}	10.37±0.20^{b}	11.21±0.12^{a}
L. bulgaricus (log cfu/g)	9.04±0.74^{a}	9.02±0.32^{a,b}	8.99±0.31^{c}	8.91±1.06^{d}
S. thermophilus (log cfu/g)	9.14±0.42^{a}	9.10±0.57^{b}	9.05±0.28^{c}	9.03±0.59^{c}

หมายเหตุ: $^{a-d}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เนื่องมาจากนมผงพร่องมันเนยที่เติมลงไป มีความสามารถในการจับตัวกับน้ำในน้ำนม ทำให้ปริมาณน้ำในน้ำอิสระในน้ำนมลดลง โยเกิร์ตจึงมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้น และเวย์ (whey) ไม่แยกตัวออกมา (Li, J. and Guo, M., 2006) ในขณะที่ปริมาณกรดแลคติกมีค่าน้อยที่สุด คือร้อยละ 0.68 แต่ค่า syneresis ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 25.80 ซึ่งสอดคล้องกับ Amatayakul et al. (2006) ที่กล่าวว่าเมื่อปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) เพิ่มขึ้น ค่า syneresis จะลดลง ส่วนค่าสีของโยเกิร์ตที่ได้จะมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด พบว่าการเพิ่มปริมาณนมผงพร่องมันเนยที่เติมลงไป จะทำให้โยเกิร์ตมีสีคล้ำขึ้นและมีสีเหลืองปนเล็กน้อย โดยค่า L* ต่ำสุดเท่ากับ 84.58 ค่า a* และ b* สูงสุดเท่ากับ 5.87 และ 11.21 ตามลำดับ ส่วนปริมาณ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* มีปริมาณลดลงตามปริมาณนมผงพร่องมันเนยที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 8.91 log cfu/g และ 9.03 log cfu/g ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณนมผงพร่องมันเนยที่เติมในช่วงร้อยละ 0-14 ไม่มีผลต่อค่า a_w

ดังนั้นจึงเลือกใช้นมผงพร่องมันเนยปริมาณต่ำสุดคือร้อยละ 6 เติมลงในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์สำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

3. ศึกษาการเตรียมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ

3.1 ผงกากมะพร้าว

จากการอบแห้งกากมะพร้าวที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90^{0}C ได้ผลดังตาราง 7 พบว่ากากมะพร้าวอบแห้งที่ได้จะมีความชื้นแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิ 80^{0}C จะทำให้กากมะพร้าวมีความชื้นเหลือมากที่สุดคือร้อยละ 2.35 ซึ่งแตกต่างจากการอบที่อุณหภูมิ 70 และ 90^{0}C อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) นอกจากนั้นยังได้กลิ่นหืนจากกากมะพร้าวอบแห้งทุกตัวอย่างทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนที่ใช้ในการอบ เป็นปัจจัยที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นหืนของไขมันที่ติดค้างอยู่

ตาราง 7 คุณลักษณะทางกายภาพของกากมะพร้าวและผงกากมะพร้าวที่ได้จากการตีป่น

อุณหภูมิ (^{0}C)	ปริมาณความชื้นของกากมะพร้าวอบแห้ง (ร้อยละ)	สีของผงกากมะพร้าว			ปริมาณอนุภาค ผงกากมะพร้าว (ร้อยละ)		
		L*	a*	b*	ขนาดใหญ่	ขนาดกลาง	ขนาดเล็ก
70	2.13±0.02^b	78.74±0.17^a	6.21±0.11^a	1.86±0.11^c	84.66±1.96^b	15.34±2.66^a	-
80	2.35±0.07^a	77.86±0.09^b	4.34±0.21^b	2.93±0.12^b	99.84±2.21^a	0.16±3.39^b	-
90	2.08±0.01^b	75.21±0.25^c	3.09±0.50^c	4.62±0.07^a	99.28±2.06^a	0.71±2.17^b	-

หมายเหตุ: $^{a-c}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P\leq0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เมื่อนำกากมะพร้าวอบแห้งมาตีป่น จะได้ผงกากมะพร้าวที่มีสีน้ำตาลอ่อน และมีอนุภาคสีน้ำตาลเข้ม ที่เป็นเศษเยื่อกะลามะพร้าวที่ติดมาพร้อมกับกากมะพร้าวกระจายตัวอยู่ทั่วไป ดังภาพ 4 และตาราง 7 สีของผงกากมะพร้าวจะเข้มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่ใช้อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยอุณหภูมิอบที่ 70^{0}C จะทำให้ได้กากมะพร้าวที่มีสีน้ำตาลอ่อน ค่าสี L* และ a* ที่ได้มีค่าสูงสุด คือ 78.74 และ 6.21 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า b* ต่ำสุดที่ระดับ 1.86 ผงกากมะพร้าวดังกล่าวเมื่อนำไปผ่านชุดตะแกรงร่อน จะได้อนุภาคที่มีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 70^{0}C

(a) (b) (c)

ภาพ 4 ผงกากมะพร้าวที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน : 70°C (a) 80°C (b) และ 90°C (c)

จะได้ผงกากมะพร้าวที่มีอนุภาคขนาดใหญ่และขนาดกลางร้อยละ 84.66 และ 15.34 ตามลำดับ แต่อนุภาคขนาดกลางมีมากกว่าการอบที่อุณหภูมิ 80 และ 90°C อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) นอกจากนี้ยังไม่พบอนุภาคขนาดเล็กทุกอุณหภูมิอบที่ทดลอง จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผงกากมะพร้าวที่ได้มีสีคล้ำมาก และมีกลิ่นหืนที่สังเกตได้ จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ทดลองในขั้นตอนต่อไป

3.2 ผงวุ้นน้ำมะพร้าว

จากการอบแห้งวุ้นน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90°C ได้ผลดังตาราง 8 พบว่า อุณหภูมิ

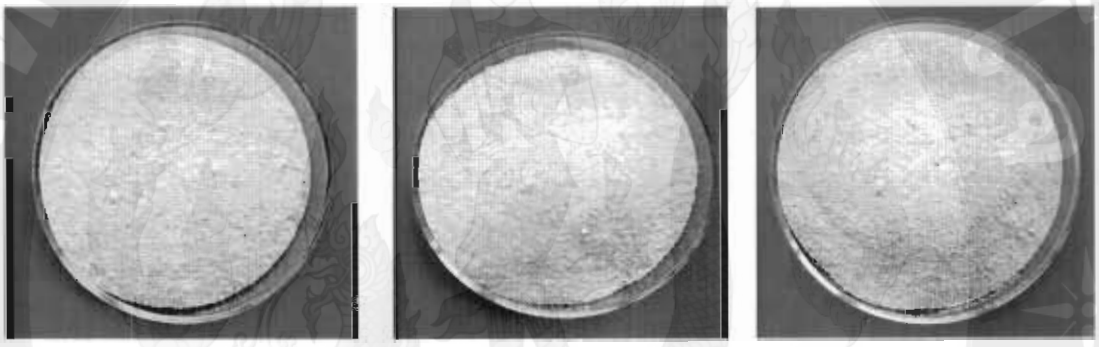
ตาราง 8 คุณลักษณะทางกายภาพของวุ้นน้ำมะพร้าวและผงวุ้นน้ำมะพร้าวมะพร้าวที่ได้จากการตีป่น

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณความชื้นของวุ้นน้ำมะพร้าวอบแห้ง (ร้อยละ)	สีของผงวุ้นน้ำมะพร้าว			ปริมาณอนุภาคผงวุ้นน้ำมะพร้าว (ร้อยละ)		
		L*	a*	b*	ขนาดใหญ่	ขนาดกลาง	ขนาดเล็ก
70	2.38±0.01^{c}	92.52±0.14^{a}	6.11±0.19^{c}	0.23±0.11^{c}	44.34±3.45^{c}	31.28±1.86^{c}	24.38±2.41^{a}
80	2.70±0.02^{a}	90.51±0.13^{b}	6.51±0.22^{b}	1.59±0.17^{b}	53.51±2.71^{a}	29.67±2.09^{b}	16.82±2.16^{b}
90	2.58±0.03^{b}	89.24±0.15^{c}	6.93±0.25^{a}	3.34±0.24^{a}	48.78±2.56^{b}	37.32±2.23^{a}	13.90±2.38^{c}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P\leq0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ในการอบแห้งดังกล่าว ทำให้ชิ้นวุ้นน้ำมะพร้าวอบแห้งมีความชื้นลดลงที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยมีความชื้นเหลือร้อยละ 2.38 2.70 และ 2.58 ตามลำดับ เมื่อนำชิ้นวุ้นน้ำมะพร้าวอบแห้งมาตีป่น จะได้ผงวุ้นน้ำมะพร้าวทีมีสีออกน้ำตาลอ่อน โดยสีจะเข้มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่ใช้อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของน้ำตาลจำนวนเล็กน้อยที่เหลือตกค้างภายในวุ้นน้ำมะพร้าว เมื่อได้รับความร้อนสูงในขณะอบเป็นเวลานาน (นิธิยา, 2549) โดยอุณหภูมิอบที่ 70^{0}C จะทำให้ผงวุ้นน้ำมะพร้าวมีสีน้ำตาลอ่อนที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ดังภาพ 5 และตาราง 8 โดยมีค่า L* สูงสุดเท่ากับ 92.52 ค่า a* และ b* ต่ำสุด



(a) (b) (c)

ภาพ 5 ผงวุ้นน้ำมะพร้าวที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน : 70^{0}C (a) 80^{0}C (b) และ 90^{0}C (c)

เท่ากับ 6.11 และ 0.23 ตามลำดับ ผงวุ้นน้ำมะพร้าวดังกล่าว เมื่อนำไปผ่านชุดตะแกรงร่อน จะได้อนุภาคที่มีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 70^{0}C จะได้ผงวุ้นน้ำมะพร้าวที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กในปริมาณร้อยละ 44.34 31.28 และ 24.38 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามอนุภาคขนาดเล็กที่ได้จะมีปริมาณมากกว่าการอบที่อุณหภูมิ 80 และ 90^{0}C อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) อนุภาคขนาดเล็กเป็นขนาดที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำในโยเกิร์ต ดังนั้นจึงเลือกใช้อุณหภูมิ 70^{0}C สำหรับอบแห้งวุ้นน้ำมะพร้าว เพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป เนื่องจากผงวุ้นน้ำมะพร้าวที่ได้มีสีคล้ำน้อยที่สุด และมีอนุภาคขนาดเล็กปริมาณมากที่สุดด้วยเช่นกัน

3.3 ผงกล้วยดิบ

จากการอบแห้งกล้วยดิบที่อุณหภูมิ 60 65 และ 70°C ได้ผลดังตาราง 9 พบว่า กล้วยดิบอบแห้งที่ได้จะมีความชื้นแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิ 60°C จะทำให้กล้วยดิบมีความชื้นเหลือมากที่สุด คือร้อยละ 4.84 ซึ่งแตกต่างจากการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 70°C อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เมื่อนำชิ้นกล้วยดิบอบแห้งมาตีป่น จะได้ผงกล้วยดิบที่มีสีออกน้ำตาลอ่อนๆ ดังภาพ 6 โดยสีจะเข้มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่ใช้อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากกล้วยดิบมีแป้งและน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่จำนวนมาก จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ง่าย (สุดาทิพย์, 2545) ซึ่ง

ตาราง 9 คุณลักษณะทางกายภาพของกล้วยดิบและผงกล้วยดิบที่ได้จากการตีป่น

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณความชื้นของกล้วยดิบอบแห้ง (ร้อยละ)	สีของผงกล้วยดิบ			ปริมาณอนุภาคผงกล้วยดิบ (ร้อยละ)		
		L*	a*	b*	ขนาดใหญ่	ขนาดกลาง	ขนาดเล็ก
60	4.84±0.04^{a}	80.96±0.18^{b}	8.21±0.31^{a}	7.48±0.17^{a}	37.09±2.09^{a}	19.84±2.66^{c}	43.07±1.36^{c}
65	4.28±0.03^{b}	80.24±0.19^{c}	7.60±0.17^{c}	6.02±0.37^{c}	31.65±1.92^{b}	20.54±2.14^{b}	47.81±1.95^{a}
70	3.67±0.03^{c}	81.25±0.30^{a}	7.86±0.22^{b}	6.72±0.51^{b}	25.65±2.18^{c}	30.62±1.57^{a}	43.73±2.88^{b}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

(a) (b) (c)

ภาพ 6 ผงกล้วยดิบที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน : 60°C (a) 65°C (b) และ70°C (c)

สอดคล้องกับรายงานของ Saifullah et al. (2009) ที่ได้ผลิตแป้งกล้วย พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลและมองเห็นจุดสีคล้ำกระจายอยู่ในแป้ง ที่อุณหภูมิ 60°C ค่า L* จะอยู่ระหว่างกลางคือเท่ากับ 80.96 ในขณะที่ ค่า a* และ b* จะมีค่าสูงสุด คือ 8.21 และ 7.48 ตามลำดับ ผงกล้วยดิบดังกล่าวเมื่อนำไปผ่านชุดตะแกรงร่อน จะได้อนุภาคที่มีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 60°C จะได้ผงกล้วยดิบที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ร้อยละ 37.09 19.84 และ 43.07 ตามลำดับ ซึ่งอนุภาคขนาดเล็กที่ได้จะมีปริมาณน้อยกว่าการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 70°C อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกใช้อุณหภูมิ 60°C สำหรับการอบแห้งกล้วยดิบ เพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป เพราะจะทำให้ได้ผงกล้วยดิบที่มีสีคล้ำน้อยที่สุด ถึงแม้ว่าจะได้รับปริมาณอนุภาคขนาดเล็กน้อยที่สุดก็ตาม

3.4 ผงแครอท

จากการอบแห้งแครอทที่อุณหภูมิ 60 65 และ 70°C ได้ผลดังตาราง 10 พบว่า แครอทอบแห้งที่ได้จะมีความชื้นแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิ 60°C จะทำให้แครอทมีความชื้นเหลือมากที่สุดคือ ร้อยละ 4.50 ซึ่งแตกต่างจากการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 70°C อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 10 คุณลักษณะทางกายภาพของแครอทและผงแครอทที่ได้จากการตีป่น

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณความชื้นของแครอทอบแห้ง (ร้อยละ)	สีผงแครอท			ปริมาณอนุภาคผงแครอท (ร้อยละ)		
		L*	a*	b*	ขนาดใหญ่	ขนาดกลาง	ขนาดเล็ก
60	4.50±0.03^{a}	76.63±0.28^{a}	13.67±0.38^{c}	17.90±0.85^{c}	51.46±3.07^{c}	26.43±2.45^{c}	22.11±2.65^{a}
65	4.29±0.02^{b}	73.38±0.53^{b}	17.93±0.52^{a}	26.71±0.63^{a}	63.88±2.69^{a}	32.08±2.28^{a}	4.04±3.29^{c}
70	4.19±0.03^{c}	70.92±0.51^{c}	15.12±0.34^{b}	25.94±0.81^{b}	63.03±2.72^{b}	27.33±1.88^{b}	9.49±3.61^{b}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เมื่อนำชิ้นแครอทอบแห้งมาตีป่น จะได้ผงแครอทที่มีสีเหลืองอมน้ำตาล ดังภาพ 7 โดยสีจะเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น พบว่าที่อุณหภูมิ 60°C ค่า L* จะสูงที่สุดคือเท่ากับ 76.63 ในขณะที่ ค่า a* และ b* จะมีค่าน้อยสุด คือ 13.67 และ

(a) (b) (c)

ภาพ 7 ผงแครอทที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน : 60°C (a) 65°C (b) และ70°C (c)

17.90 ตามลำดับ จึงทำให้ผงแครอทที่ได้มีสีเข้มน้อยที่สุด ผงแครอทดังกล่าวเมื่อนำไปผ่านชุดตะแกรงร่อน จะได้อนุภาคที่มีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 60°C จะได้ผงแครอทที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กในปริมาณร้อยละ 51.46 26.43 และ 22.11 ตามลำดับ ซึ่งผงแครอทขนาดอนุภาคเล็กที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 60°C มีปริมาณมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือประมาณ 2 – 5 เท่า จากปริมาณที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 70°C ดังนั้นจึงเลือกใช้อุณหภูมิอบแห้งที่ 60°C สำหรับการอบแห้งแครอท เพื่อใช้สำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

3.5 ผงฟักทอง

จากการอบแห้งฟักทองที่อุณหภูมิ 60 65 และ 70°C ได้ผลดังตาราง 11 พบว่า ฟักทอง

ตาราง 11 คุณลักษณะทางกายภาพของฟักทองและผงฟักทองที่ได้จากการตีป่น

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณความชื้นของฟักทองอบ (ร้อยละ)	สีผงฟักทอง			ปริมาณอนุภาคผงฟักทอง (ร้อยละ)		
		L*	a*	b*	ขนาดใหญ่	ขนาดกลาง	ขนาดเล็ก
60	4.71±0.02^{a}	73.26±0.50^{a}	11.05±0.46^{c}	18.12±0.71^{c}	61.86±3.58^{b}	24.75±2.19^{b}	13.39±2.37^{a}
65	4.61±0.02^{b}	72.58±0.42^{b}	12.52±0.17^{b}	24.88±0.30^{a}	58.20±2.55^{c}	33.00±2.62^{a}	8.80±1.66^{c}
70	4.26±0.03^{c}	66.63±0.53^{c}	13.38±0.30^{a}	22.44±0.62^{b}	70.76±2.39^{a}	19.84±2.08^{c}	9.39±2.73^{b}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

อบแห้งที่ได้จะมีความชื้นแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิ 60^{0}C จะทำให้ฟักทองมีความชื้นเหลือมากที่สุด คือร้อยละ 4.71 ซึ่งแตกต่างจากการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 70^{0}C อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เมื่อนำชิ้นฟักทองอบแห้งมาตีป่น จะได้ผงฟักทองที่มีสีน้ำตาล ดังภาพ 8 โดยสีจะเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น พบว่าที่อุณหภูมิ 60^{0}C ค่า L* จะสูงที่สุดคือเท่ากับ 73.26 ในขณะที่ ค่า a* และ b* จะมีค่าน้อยสุด คือ 11.05 และ 18.12 ตามลำดับ ผงฟักทองดังกล่าวเมื่อนำไปผ่านชุดตะแกรงร่อน จะได้อนุภาคที่มีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 60^{0}C จะได้ผงฟักทองที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กใน

(a) (b) (c)

ภาพ 8 ผงฟักทองที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน : 60^{0}C (a) 65^{0}C (b) และ70^{0}C (c)

ปริมาณร้อยละ 61.86 24.75 และ 13.39 ตามลำดับ ซึ่งผงฟักทองขนาดอนุภาคเล็กที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 60^{0}C มีปริมาณมากกว่าที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 70^{0}C อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกใช้อุณหภูมิ 60^{0}C ในการอบแห้งฟักทอง เพื่อใช้สำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

4. ศึกษาการเติมใยอาหารลงในโยเกิร์ต

4.1 การเติมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำลงในโยเกิร์ต

4.1.1 โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

จากการศึกษาการเติมผงวุ้นน้ำมะพร้าวในโยเกิร์ตที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ได้ผลดังตาราง 12 พบว่าการเติมผงวุ้นน้ำมะพร้าวในปริมาณร้อยละ 0 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 และ 4.5 จะทำให้โยเกิร์ต

ตาราง 12 คุณลักษณะโยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

ปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าว (ร้อยละ)	*L. bulgaricus*[ns] (log cfu/g)	*S. thermophilus* (log cfu/g)	pH	กรดแลคติก (ร้อยละ)	ค่าสี			a_w	ความข้นหนืด (เซ็นติพอยส์)	syneresis (ร้อยละ)
					L*	a*	b*			
0	9.03±0.02	9.09±0.04^{a}	4.18±0.01^{f}	0.77±0.01^{a}	87.11±0.15^{a}	4.45±0.22^{b}	6.90±0.14^{d}	0.99±0.01^{a}	2,335.00±6.69^{f}	30.94±0.32^{a}
2.0	9.03±0.03	9.06±0.03^{a}	4.21±0.01^{e}	0.71±0.01^{b}	86.88±0.09^{b}	4.64±0.20^{a}	7.15±0.17^{c}	0.99±0.00^{b}	2,325.56±10.21^{g}	28.69±0.70^{b}
2.5	9.02±0.03	9.06±0.01^{a}	4.23±0.01^{d}	0.71±0.01^{b}	86.65±0.09^{c}	3.98±0.23^{c}	7.07±0.12^{e}	0.99±0.00^{b}	2,367.67±8.29^{e}	28.34±0.53^{b}
3.0	9.02±0.02	9.02±0.02^{b}	4.24±0.01^{c}	0.70±0.01^{c}	86.41±0.01^{d}	4.48±0.15^{a,b}	7.44±0.11^{a}	0.98±0.00^{c}	2,379.11±2.80^{d}	27.43±0.59^{c}
3.5	9.02±0.03	9.01±0.02^{b}	4.26±0.00^{b}	0.69±0.00^{d}	86.34±0.01^{e}	4.00±0.19^{c}	6.83±0.10^{d}	0.98±0.00^{d}	2,394.89±6.01^{c}	25.73±0.74^{d}
4.0	9.00±0.03	9.01±0.02^{b}	4.26±0.01^{b}	0.68±0.01^{e}	86.33±0.06^{e}	3.87±0.11^{c}	7.32±0.08^{b}	0.97±0.00^{e}	2,403.67±8.86^{b}	25.14±0.84^{e}
4.5	9.00±0.06	9.01±0.02^{b}	4.28±0.01^{a}	0.66±0.01^{f}	86.18±0.05^{f}	4.02±0.19^{c}	7.20±0.15^{b,c}	0.96±0.00^{f}	2,433.44±10.41^{a}	23.71±0.71^{f}

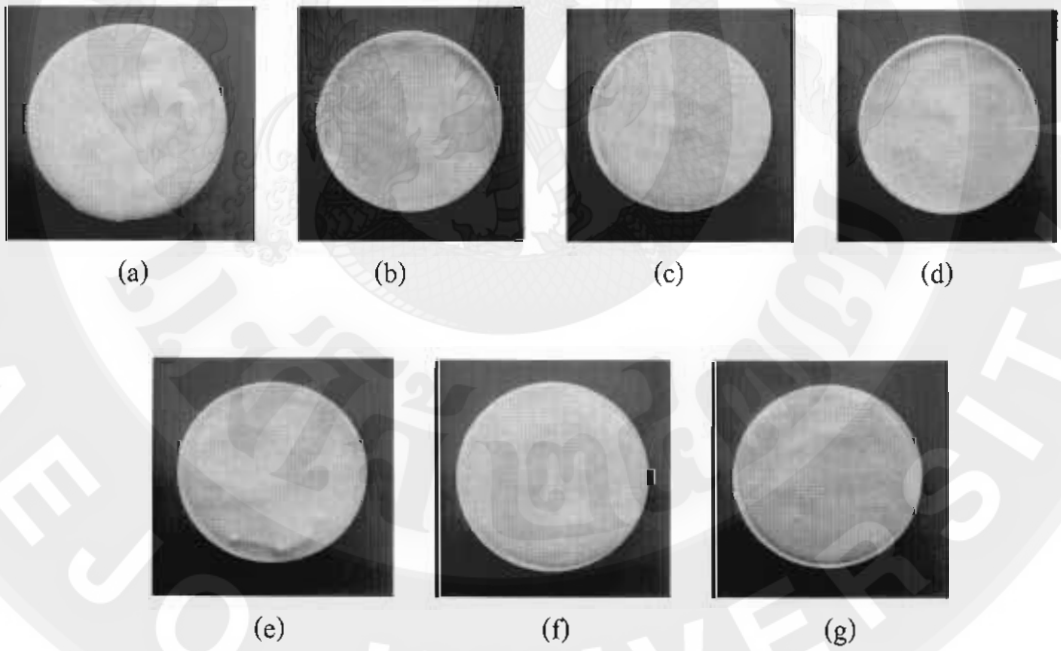
หมายเหตุ: $^{a-g}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

มีคุณลักษณะบางประการเปลี่ยนไป โดยปริมาณแบคทีเรีย *L. bulgaricus* อยู่ในช่วง 9.00-9.03 log cfu/g ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในขณะที่ *S. thermophilus* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ปริมาณเชื้อที่พบสูงสุด 9.06-9.09 log cfu/g และจะมีปริมาณลดลงเล็กน้อย เมื่อปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าวในโยเกิร์ตมีค่าสูงกว่าร้อยละ 2.50 ลักษณะดังกล่าวเป็นไปในทำนองเดียวกับค่าความเป็นกรด-เบสของโยเกิร์ต ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ตามปริมาณของผงวุ้นน้ำมะพร้าวที่เติมลงไป คืออยู่ในช่วง 4.18-4.28 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 0.66-0.77 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกสองชนิดที่เติมลงไปในช่วงเริ่มต้นของการหมักโยเกิร์ต

โยเกิร์ตที่ผ่านการเติมผงวุ้นน้ำมะพร้าว จะมีสีคล้ำขึ้นตามปริมาณที่เติมลงไป ดังภาพ 9 และตาราง 12 การเปลี่ยนแปลงของสีดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยมีค่า L*



ภาพ 9 โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าวในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน : 0 (a) 2.0 (b) 2.5 (c) 3.0 (d) 3.5 (e) 4.0 (f) และ 4.5 (g)

a* ลดลงเล็กน้อยจาก 87.11-86.18 และ 4.45-3.87 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า b* กลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นกันจาก 6.90-7.44 ซึ่งสอดคล้องกับมณี (2536) ที่พบว่าการเติมเปลือกถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบและขนมไทย ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านลักษณะปรากฏ ขนาด และสีลดลงตามปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้น โยเกิร์ตทุกตัวอย่างทดลองมีค่า a_w ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

($P \leq 0.05$) คือ 0.96-0.99 แต่ก็เป็นค่าที่เหมาะสมต่อแบคทีเรียแลคติกทั้งสองชนิดที่จะเจริญและเหลือรอดชีวิตในช่วงการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบอีกว่าความข้นหนืดของโยเกิร์ตแปรผันตามปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าว ในขณะที่ค่า syneresis กลับแปรผกผัน โดยค่าความข้นหนืดที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 2,335.00-2,433.44 เซ็นติพอยส์ ส่วนค่า syneresis กลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) อยู่ในช่วงร้อยละ 30.94-23.71 การเพิ่มขึ้นของความข้นหนืด และการลดลงของค่า syneresis ของโยเกิร์ต เป็นผลเนื่องมาจากผงวุ้นน้ำมะพร้าวที่เติมลงไป จัดเป็นใยอาหารชนิดหนึ่ง ซึ่งคุณสมบัติอย่างหนึ่งของใยอาหารคือความสามารถในการยึดจับกับโมเลกุลของน้ำ (hydrophilic) ทำให้ดูดซับน้ำไว้ได้ดี (Spiller, 2001) ผงวุ้นน้ำมะพร้าวเมื่อดูดซับน้ำไว้แล้วก็จะพองตัวออก ทำให้โยเกิร์ตมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Lee et al. (1969), Vratanina and Zabik (1978) และรุ่งนภา (2538) ที่พบว่า การเติมเซลลูโลส รำ ข้าวสาลี และเปลือกโกโก้ลงในผลิตภัณฑ์คุกกี้ มีผลทำให้ส่วนผสมของคุกกี้ข้นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แล้วผงวุ้นน้ำมะพร้าวที่ดูดซับน้ำไว้ ยังช่วยเหนี่ยวรั้งไม่ให้น้ำเวย์แยกชั้นออกมาได้ง่าย ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าวในทุกปริมาณที่เติม มีสีไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เตรียมได้จากห้องปฏิบัติการ (ชุดควบคุม)

4.1.2 โยเกิร์ตผสมผงกล้วยดิบ

จากการศึกษาการเติมผงกล้วยดิบในโยเกิร์ตที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ได้ผลดังตาราง 13 พบว่าการเติมผงกล้วยดิบในปริมาณร้อยละ 0 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 และ 4.5 จะทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะบางประการเปลี่ยนไป โดยปริมาณแบคทีเรีย *L. bulgaricus* อยู่ในช่วง 8.97-9.03 log cfu/g ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ *S. thermophilus* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ปริมาณเชื้อที่พบสูงสุด 9.05-9.09 log cfu/g และจะมีปริมาณลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณผงกล้วยดิบในโยเกิร์ตมีค่าสูงกว่าร้อยละ 2.5 ลักษณะดังกล่าวเป็นไปในทำนองเดียวกับค่าความเป็นกรด-เบสของโยเกิร์ตที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ตามปริมาณของผงกล้วยดิบที่เติมลงไป คืออยู่ในช่วง 4.18-4.23 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 0.69-0.77 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกสองชนิดที่เติมลงไปในช่วงเริ่มต้นของการหมักโยเกิร์ต

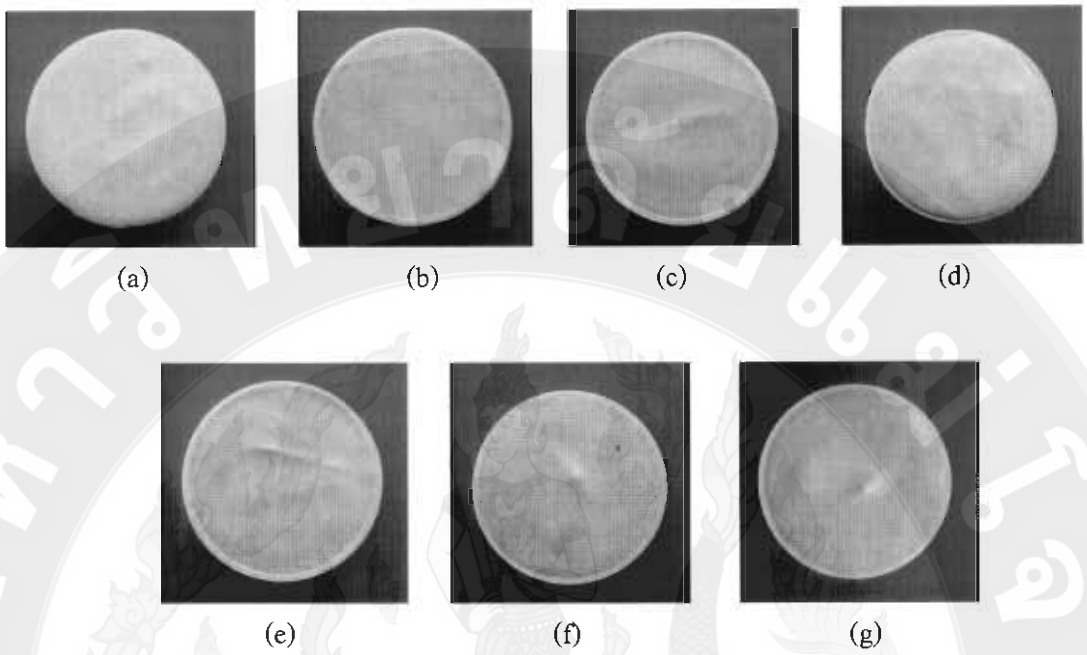
โยเกิร์ตที่ผ่านการเติมผงกล้วยดิบ จะมีสีคล้ำขึ้นตามปริมาณที่เติมลงไป ดังภาพ 10 และตาราง 13 การเปลี่ยนแปลงของสีดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่า L* ลดลงจาก 87.11-82.97 ซึ่งสอดคล้องกับ Saifullah (2009) ที่ทำบะหมี่เหลืองจากแป้งกล้วยดิบ พบว่า

ตาราง 13 คุณลักษณะโยเกิร์ตผสมผงกล้วยดิบ

ปริมาณผงกล้วยดิบ (ร้อยละ)	*L. bulgaricus* (log cfu/g)	*S. thermophilus* (log cfu/g)	pH	กรดแลคติก (ร้อยละ)	ค่าสี			a_w	ความหนืด (เซ็นติพอยส์)	syneresis (ร้อยละ)
					L*	a*	b*			
0	9.03±0.04^{a,b}	9.09±0.04^{a}	4.18±0.01^{d}	0.77±0.01^{a}	87.11±0.15^{a}	4.45±0.22^{f}	6.90±0.14^{d}	0.99±0.01^{a}	2,335.00±6.69^{g}	30.94±0.32^{f}
2.0	9.03±0.01^{a}	9.05±0.02^{a,b}	4.20±0.01^{c}	0.72±0.01^{b}	84.83±0.08^{b}	5.24±0.25^{e}	7.01±0.11^{c}	0.99±0.00^{b}	2,376.00±5.87^{f}	38.29±0.42^{a}
2.5	9.02±0.02^{a,b}	9.05±0.02^{a,b}	4.21±0.00^{b}	0.72±0.00^{b}	84.13±0.06^{c}	5.34±0.03^{d,e}	6.99±0.06^{c,d}	0.98±0.00^{c}	2,390.44±4.95^{e}	37.45±1.12^{b}
3.0	8.97±0.02^{b}	9.00±0.03^{b}	4.21±0.01^{b}	0.70±0.01^{c}	83.89±0.06^{d}	5.43±0.05^{c,d}	7.14±0.11^{b}	0.98±0.00^{d}	2,410.33±12.74^{d}	37.45±0.40^{b}
3.5	8.97±0.04^{b}	9.00±0.06^{b}	4.22±0.01^{a}	0.70±0.00^{c}	83.64±0.05^{e}	5.61±0.11^{c}	7.39±0.10^{a}	0.97±0.00^{e}	2,435.78±3.99^{c}	35.26±0.42^{c}
4.0	8.97±0.03^{a,b}	9.00±0.02^{b}	4.23±0.01^{a}	0.70±0.01^{c}	83.41±0.00^{f}	5.81±0.16^{b}	7.10±0.04^{b}	0.97±0.00^{e}	2,4050.78±2.39^{b}	33.54±0.15^{d}
4.5	8.97±0.05^{a,b}	9.00±0.04^{b}	4.23±0.00^{a}	0.69±0.00^{d}	82.97±0.06^{g}	6.29±0.31^{a}	7.16±0.09^{b}	0.97±0.00^{e}	2,463.33±3.16^{a}	32.11±0.10^{e}

หมายเหตุ: $^{a-g}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)



ภาพ 10 โยเกิร์ตผสมผงกล้วยดิบในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน : 0 (a) 2.0 (b) 2.5 (c) 3.0 (d) 3.5 (e) 4.0 (f) และ 4.5 (g)

บะหมี่เหลืองที่ได้มีสีที่คล้ำขึ้น ในขณะที่ค่า a* b* กลับเพิ่มขึ้นจาก 4.45-6.29 และ 6.90-7.16 ตามลำดับ ตามปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้น โยเกิร์ตทุกตัวอย่างทดลองมีค่า a_w ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือ 0.97-0.99 แต่ก็ยังเป็นค่าที่เหมาะสมต่อแบคทีเรียแลคติกทั้งสองชนิดที่จะเจริญ และเหลือรอดชีวิตในช่วงการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ความข้นหนืดของโยเกิร์ตแปรผันตามปริมาณผงกล้วยดิบ ในขณะที่ค่า syneresis กลับมีค่าที่แปรผกผัน ค่าความข้นหนืดที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้น 2,335.00-2,463.33 เซ็นติพอยส์ ส่วนค่า syneresis กลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) อยู่ในช่วงร้อยละ 30.94-32.11 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมผงกล้วยดิบ มีสีคล้ำกว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

4.1.3 โยเกิร์ตผสมผงแครอท

จากการศึกษาการเติมผงแครอทในโยเกิร์ตที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ได้ผลดังตาราง 14 พบว่า การเติมผงแครอทปริมาณร้อยละ 0 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 และ 4.5 จะทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะบางประการเปลี่ยนแปลงไป โดยปริมาณแบคทีเรีย *L. bulgaricus* อยู่ในช่วง 9.02-9.03 log cfu/g

ตาราง 14 คุณลักษณะโยเกิร์ตผสมผงแครอท

ปริมาณผงแครอท (ร้อยละ)	*L. bulgaricus*[ns] (log cfu/g)	*S. thermophilus* (log cfu/g)	pH	กรดแลคติก (ร้อยละ)	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	a_w	ความหนืด (เซนติพอยส์)	syneresis (ร้อยละ)
0	9.02±0.04	9.09±0.02^{a}	4.18±0.01^{e}	0.77±0.01^{a}	87.11±0.15^{a}	4.45±0.22^{f}	6.90±0.14^{g}	0.99±0.01^{a}	2,335.00±6.69^{b,c}	30.94±0.32^{a}
2.0	9.02±0.05	9.07±0.03^{a,b}	4.19±0.01^{d}	0.75±0.00^{b}	84.40±0.27^{b}	8.17±0.19^{e}	13.07±0.10^{f}	0.99±0.00^{a,b}	2,284.67±27.58^{c}	30.89±0.65^{b}
2.5	9.02±0.02	9.06±0.03^{a,b}	4.19±0.01^{c,d}	0.75±0.00^{b}	82.59±0.40^{c}	9.42±0.33^{d}	16.08±0.20^{e}	0.99±0.00^{b}	2,317.78±15.89^{d}	29.23±0.59^{b}
3.0	9.02±0.05	9.06±0.04^{a,b}	4.19±0.01^{d}	0.74±0.01^{c}	81.43±0.39^{d}	10.39±0.20^{c}	18.15±0.16^{d}	0.98±0.00^{c}	2,327.11±11.84^{c,d}	28.96±0.60^{c}
3.5	9.02±0.03	9.03±0.02^{b}	4.20±0.00^{b}	0.73±0.00^{d}	80.51±0.22^{e}	10.88±0.31^{b}	19.13±0.31^{c}	0.98±0.00^{c}	2,340.33±6.12^{b,c}	29.03±0.82^{d}
4.0	9.02±0.02	9.03±0.02^{b}	4.20±0.00^{b,c}	0.73±0.00^{d}	79.35±0.32^{f}	11.60±0.33^{a}	20.83±0.24^{b}	0.98±0.00^{c}	2,347.00±4.53^{b}	27.77±0.49^{e}
4.5	9.02±0.03	9.02±0.02^{b}	4.22±0.01^{a}	0.71±0.01^{e}	79.04±0.26^{g}	11.84±0.18^{a}	21.14±0.20^{a}	0.98±0.00^{d}	2,363.78±6.16^{a}	25.49±1.14^{f}

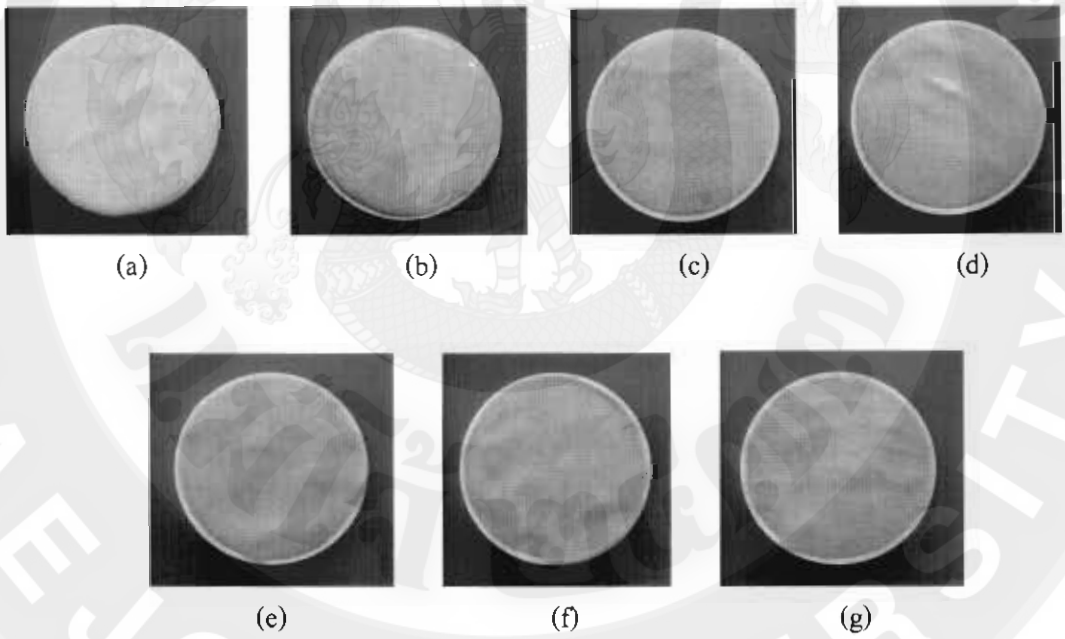
หมายเหตุ: [a-g] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

[ns] คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในขณะที่ *S. thermophilus* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ปริมาณเชื้อที่พบสูงสุด 9.06-9.09 log cfu/g และจมีปริมาณลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณผงแครอทในโยเกิร์ตมีค่าสูงกว่าร้อยละ 3.0 ลักษณะดังกล่าวเป็นไปในทำนองเดียวกับค่าความเป็นกรด-เบสของโยเกิร์ตที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ตามปริมาณของผงแครอทที่เติมลงไป คืออยู่ในช่วง 4.18-4.22 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 0.71-0.77 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกสองชนิดที่เติมลงไปในช่วงเริ่มต้นของการหมักโยเกิร์ต

โยเกิร์ตที่ผ่านการเติมผงแครอท จะมีสีคล้ำขึ้นตามปริมาณที่เติมลงไป ดังภาพ 11 และตาราง 14 การเปลี่ยนแปลงของสีดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยมีค่า L*



ภาพ 11 โยเกิร์ตผสมผงแครอทในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน : 0 (a) 2.0 (b) 2.5 (c) 3.0 (d) 3.5 (e) 4.0 (f) และ 4.5 (g)

ลดลงจาก 87.11-79.04 ในขณะที่ค่า a* b* กลับเพิ่มขึ้นจาก 4.45-11.84 และ 6.90-21.14 ตามลำดับตามปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้น โยเกิร์ตทุกตัวอย่างทดลองมีค่า a_w ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) คือ 0.98-0.99 ค่า a_w ลดลงแปรผันตามปริมาณผงแครอทที่เติมในโยเกิร์ต ซึ่งสอดคล้องกับ Valeria et al. (2008) ที่ได้ใช้ใยอาหารจากแครอทใส่ในไส้กรอกหมัก (sobrassada) ซึ่งพบว่า การเติมใยอาหารจะทำให้ค่า a_w ในไส้กรอกหมักลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ยัง

พบอีกว่าความข้นหนืดของโยเกิร์ตแปรผันตามปริมาณผงแครอท ในขณะที่ค่า syneresis กลับแปรผกผัน โดยค่าความข้นหนืดที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 2,335.00-2,363.78 เซ็นติพอยส์ ส่วนค่า syneresis กลับลดลงอย่างมีนัย สำคัญ ($P \leq 0.05$) อยู่ในช่วงร้อยละ 30.94-25.49 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมผงแครอททุกตัวอย่างทดลอง มีสีเข้มกว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

4.1.4 โยเกิร์ตผสมผงฟักทอง

จากการศึกษาการเติมผงฟักทองในโยเกิร์ตที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ได้ผลดังตาราง 15 พบว่าการเติมผงฟักทองในปริมาณร้อยละ 0 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 และ 4.5 จะทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะบางประการเปลี่ยนไป โดยปริมาณแบคทีเรีย *L. bulgaricus* อยู่ในช่วง 8.98-9.03 log cfu/g ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในขณะที่ *S. thermophilus* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ปริมาณเชื้อที่พบอยู่ในช่วง 9.03-9.09 log cfu/g ซึ่งจะมีปริมาณลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณผงฟักทองในโยเกิร์ตมีค่าเพิ่มขึ้น ลักษณะดังกล่าวเป็นไปในทำนองเดียวกับค่าความเป็นกรด-เบสของโยเกิร์ตที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ตามปริมาณของผงฟักทองที่เติมลงไป คืออยู่ในช่วง 4.18-4.22 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 0.70-0.77 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกสองชนิดที่เติมลงไปในช่วงเริ่มต้นของการหมักโยเกิร์ต

โยเกิร์ตที่ผ่านการเติมผงฟักทอง จะมีสีคล้ำขึ้นตามปริมาณที่เติมลงไป ดังภาพ 12 และตาราง 15 การเปลี่ยนแปลงของสีดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่า L* ลดลงจาก 87.11-82.38 ในขณะที่ค่า a* b* กลับเพิ่มขึ้นจาก 4.45-5.61 และ 6.90-22.97 ตามลำดับตามปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้น โยเกิร์ตทุกตัวอย่างทดลองมีค่า a_w ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือ 0.98-0.99 นอกจากนี้ยังพบอีกว่าความข้นหนืดของโยเกิร์ตแปรผันตามปริมาณผงฟักทอง ในขณะที่ค่า syneresis กลับแปรผกผัน โดยค่าความข้นหนืดที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 2,335.00-2,423.89 เซ็นติพอยส์ ส่วนค่า syneresis กลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) อยู่ในช่วงร้อยละ 30.94-30.29 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมผงฟักทองมีสีเข้มกว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

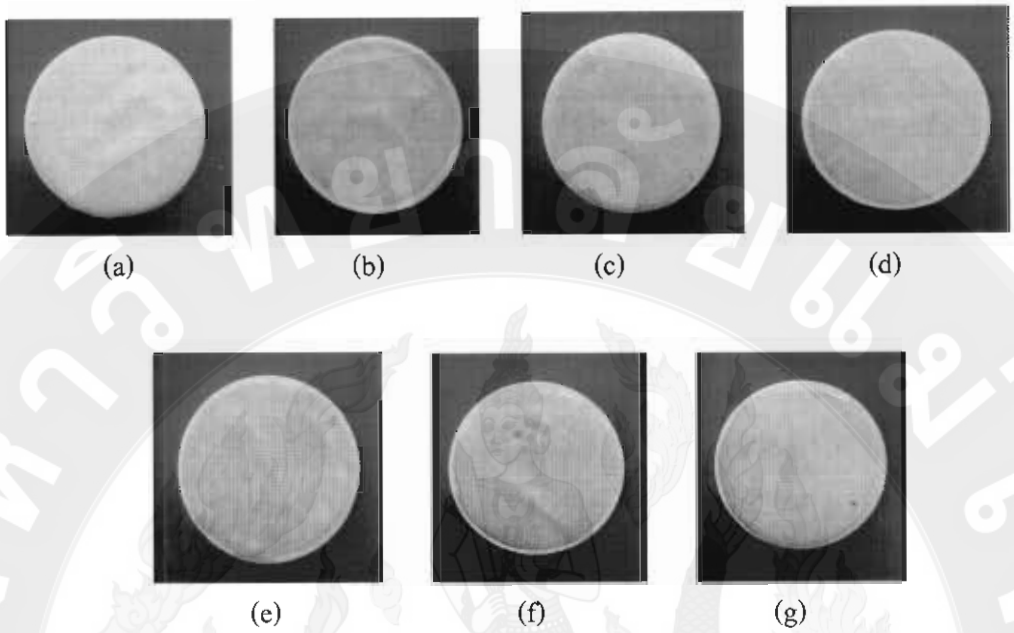
ตาราง 15 คุณลักษณะโยเกิร์ตผสมผสมผงฟักทอง

ปริมาณผงฟักทอง (ร้อยละ)	*L. bulgaricus*[ns] (log cfu/g)	*S. thermophilus*[ns] (log cfu/g)	pH	กรดแลคติก (ร้อยละ)	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	a_w	ความหนืด (เซ็นติพอยส์)	syneresis (ร้อยละ)
0	9.03±0.03	9.09±0.05	4.18±0.01^{d}	0.77±0.01^{a}	87.11±0.15^{a}	4.45±0.22^{d}	6.90±0.14^{f}	0.99±0.01^{a}	2,335.00±6.69^{g}	30.94±0.32^{a}
2.0	9.01±0.03	9.06±0.03	4.19±0.01^{c}	0.75±0.01^{b}	85.74±0.14^{b}	4.32±0.24^{d}	12.05±0.44^{e}	0.99±0.00^{a}	2,342.78±8.24^{f}	35.44±0.68^{b}
2.5	8.99±0.04	9.06±0.03	4.20±0.01^{b}	0.74±0.01^{c}	84.90±0.17^{c}	4.98±0.25^{c}	15.35±0.38^{d}	0.99±0.00^{a}	2,353.00±5.22^{e}	35.46±0.81^{b}
3.0	8.99±0.03	9.04±0.03	4.21±0.01^{a}	0.72±0.01^{d}	84.25±0.39^{d}	4.92±0.21^{c}	16.34±0.43^{c}	0.98±0.00^{b}	2,365.78±3.83^{d}	33.28±0.39^{c}
3.5	8.99±0.04	9.03±0.02	4.21±0.01^{a}	0.72±0.01^{d}	83.29±0.04^{e}	5.38±0.16^{b}	20.50±0.39^{b}	0.98±0.00^{c}	2,384.00±5.17^{c}	33.34±0.74^{d}
4.0	8.99±0.01	9.03±0.03	4.22±0.01^{a}	0.71±0.01^{e}	83.20±0.13^{e}	5.33±0.23^{b}	20.75±0.42^{b}	0.98±0.00^{c}	2,402.67±7.09^{b}	32.31±0.44^{e}
4.5	8.98±0.07	9.03±0.02	4.22±0.01^{a}	0.70±0.01^{f}	82.38±0.05^{f}	5.61±0.23^{a}	22.97±0.19^{a}	0.98±0.00^{c}	2,423.89±5.42^{a}	30.29±0.50^{f}

หมายเหตุ: [a-g] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

[ns] คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพ 12 โยเกิร์ตผสมผงฟักทองในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน : 0 (a) 2.0 (b) 2.5 (c) 3.0 (d) 3.5 (e) 4.0 (f) และ 4.5 (g)

4.2 การเติมใยอาหารชนิดละลายน้ำลงในโยเกิร์ต

4.2.1 การเติม CMC แล้วกวนผสมด้วย homogenizer

จากการศึกษาการเติม CMC ในโยเกิร์ตที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ได้ผลดังตาราง 16 พบว่า CMC ปริมาณร้อยละ 0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 และ 3.0 จะทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะบางประการเปลี่ยนไป โดยปริมาณแบคทีเรีย *L. bulgaricus* ในทุกตัวอย่างที่เติม CMC จะมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 8.55-8.62 log cfu/g ซึ่งแตกต่างจากการไม่เติม (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ *S. thermophilus* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ปริมาณเชื้อที่พบอยู่ในช่วง 8.80-9.07 log cfu/g ค่าความเป็นกรด-เบสของโยเกิร์ตจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ตามปริมาณของ CMC ที่เติมลงไป คืออยู่ในช่วง 4.17-4.38 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในช่วงร้อยละ 0.65-0.76 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกสองชนิดที่เติมลงไปในช่วงเริ่มต้นของการหมักโยเกิร์ต

ตาราง 16 คุณลักษณะโยเกิร์ตผสม CMC และทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย homogenizer

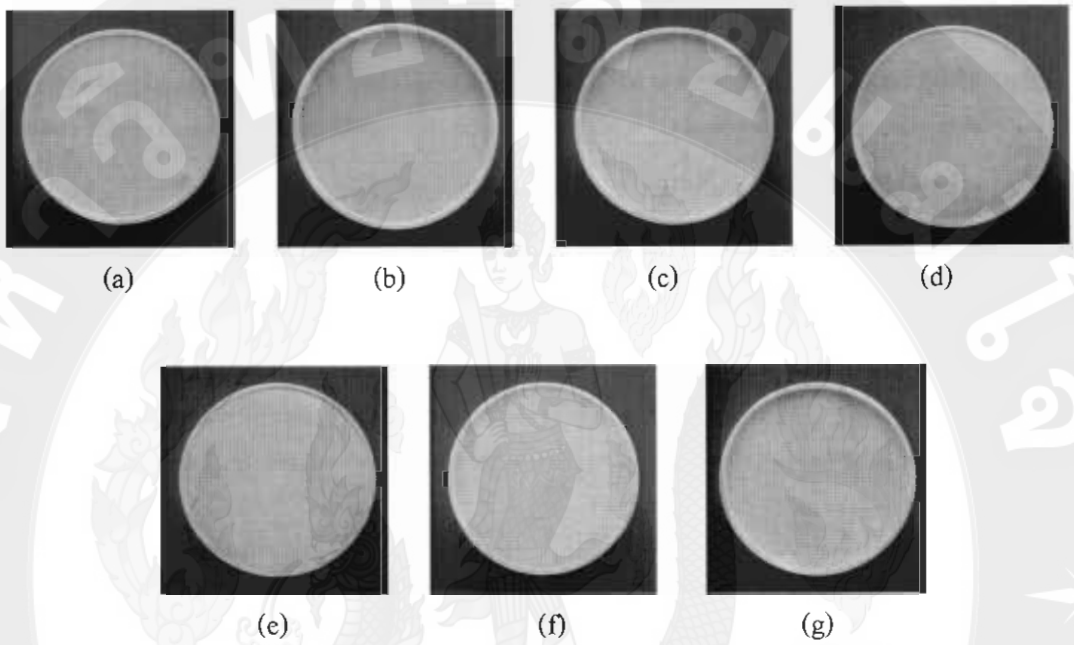
ปริมาณ CMC (ร้อยละ)	*L. bulgaricus* (log cfu/g)	*S. thermophilus*[ns] (log cfu/g)	pH	กรดแลคติก (ร้อยละ)	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	a_w	ความข้นหนืด (เซ็นติพอยส์)	syneresis (ร้อยละ)
0	9.00±0.07^{a}	9.07±0.12	4.17±0.01^{g}	0.76±0.01^{a}	87.86±0.25^{a}	3.73±0.18^{g}	5.67±0.12^{f}	0.99±0.00^{a}	1,998.78±52.38^{a}	46.25±3.43^{d}
0.5	8.62±0.16^{b}	8.84±0.09	4.23±0.01^{f}	0.71±0.01^{b}	80.15±0.18^{f}	1.45±0.20^{e}	9.18±0.39^{a}	0.98±0.00^{c,d}	717.78±53.99^{f}	59.65±0.30^{a}
1.0	8.62±0.08^{b}	8.83±0.12	4.26±0.01^{e}	0.69±0.01^{c}	85.63±0.16^{c}	2.69±0.16^{e}	7.58±0.28^{d}	0.98±0.00^{b}	959.22±72.98^{e}	51.02±0.41^{b}
1.5	8.60±0.16^{b}	8.83±0.19	4.30±0.01^{d}	0.68±0.01^{d}	85.97±0.04^{b}	2.91±0.15^{b}	7.37±0.21^{d}	0.98±0.00^{d}	1,157.33±40.35^{d}	49.35±0.38^{c}
2.0	8.58±0.24^{b}	8.81±0.27	4.33±0.01^{c}	0.68±0.01^{d}	85.91±0.15^{b}	2.84±0.20^{b,c}	7.11±0.13^{e}	0.98±0.00^{b,c}	1,281.11±26.97^{c}	47.55±0.13^{d}
2.5	8.58±0.29^{b}	8.81±0.28	4.36±0.01^{b}	0.65±0.00^{e}	84.92±0.05^{c}	2.76±0.25^{b,c}	7.83±0.07^{c}	0.98±0.00^{b,c}	1,329.44±28.30^{c}	46.92±0.20^{d}
3.0	8.55±0.18^{b}	8.80±0.31	4.38±0.01^{a}	0.65±0.01^{e}	85.31±0.17^{d}	2.47±0.23^{d}	8.51±0.15^{b}	0.98±0.00^{b,c}	1,485.22±99.36^{b}	46.34±0.06^{d}

หมายเหตุ: $^{a-g}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

โยเกิร์ตที่ผ่านการเติม CMC จะมีสีคล้ำขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังภาพ 13 และตาราง 16 โดยมีค่า L* a* ลดลงเล็กน้อยจาก 87.86-80.15 และ 3.73-1.45 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า b* กลับ



ภาพ 13 โยเกิร์ตผสม CMC ในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกันและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย homogenizer: 0 (a) 0.5 (b) 1.0 (c) 1.5 (d) 2.0 (e) 2.5 (f) และ 3.0 (g)

เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นกันจาก 5.67-9.18 ค่า a_w ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จาก 0.99 เป็น 0.98 นอกจากนี้ยังพบอีกว่าความข้นหนืดของโยเกิร์ตลดลง ในขณะที่ค่า syneresis กลับแปรผกผัน โดยค่าความข้นหนืดที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความข้นหนืดจะลดลงอย่างมากเมื่อเติม CMC ร้อยละ 0.5-1.0 แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณ CMC ที่เติมลงไปสูงสุด 1,485.22 เซ็นติพอยส์ แต่ยังมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่เติม CMC ส่วนค่า syneresis กลับมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือมีค่าอยู่ในช่วง 46.25-59.65 การเติม CMC แซนแทนกัม และเพคตินมีผลทำให้น้ำเวย์เกิดการแยกตัวออกมาน้อย ส่งผลให้ค่า syneresis ลดลง (Nishinari and Doi, 1992)ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสม CMC แล้วกวนผสมด้วย homogenizer มีสีคล้ำกว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

4.2.2 การเติมเพคตินแล้วกวนผสมด้วย homogenizer

จากการศึกษาการเติมเพคตินในโยเกิร์ตที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ได้ผลดังตาราง 17 พบว่าเพคตินปริมาณร้อยละ 0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 และ 3.0 จะทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะบางประการเปลี่ยนไป โดยปริมาณแบคทีเรีย *L. bulgaricus* ในทุกตัวอย่างที่เติมเพคตินจะมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 8.55-8.98 log cfu/g ซึ่งไม่แตกต่างจากการไม่เติม (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในขณะที่ *S. thermophilus* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ปริมาณเชื้อที่พบอยู่ในช่วง 8.96-9.07 log cfu/g ค่าความเป็นกรด-เบสของโยเกิร์ตจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ตามปริมาณของเพคตินที่เติมลงไป คืออยู่ในช่วง 4.17-4.31 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ในช่วงร้อยละ 0.66-0.76 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกสองชนิดที่เติมลงไปในช่วงเริ่มต้นของการหมักโยเกิร์ต

โยเกิร์ตที่ผ่านการเติมเพคตินจะมีสีคล้ำขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ดังภาพ 14 และตาราง 17 โดยมีค่า L* ลดลงเล็กน้อยจาก 87.86-82.20 ในขณะที่ค่า a* b* กลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นกันจาก 3.73-3.80 และ 5.67-10.08 ตามลำดับ ค่า a_w ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) จาก 0.99 เป็น 0.98 นอกจากนี้ยังพบอีกว่าความข้นหนืดของโยเกิร์ตลดลง ในขณะที่ค่า syneresis กลับแปรผกผัน โดยค่าความข้นหนืดที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยค่าความข้นหนืดจะลดลงอย่างมากเมื่อเติมเพคติน ร้อยละ 0.5-1.0 แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณเพคตินที่เติมลงไปสูงสุด 1,223.44 เซ็นติพอยส์ แต่ยังมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมเพคติน เนื่องจากหลังหมักโยเกิร์ตผสมเพคติน จะมีการแยกชั้นของน้ำเวย์ออกมา และการผสมให้เข้ากันด้วย homogenizer ทำให้เนื้อโยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะเหลว ส่วนค่า syneresis กลับมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) คือมีค่าอยู่ในช่วง 46.25-47.50 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมเพคตินแล้วกวนผสมด้วย homogenizer มีสีคล้ำกว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

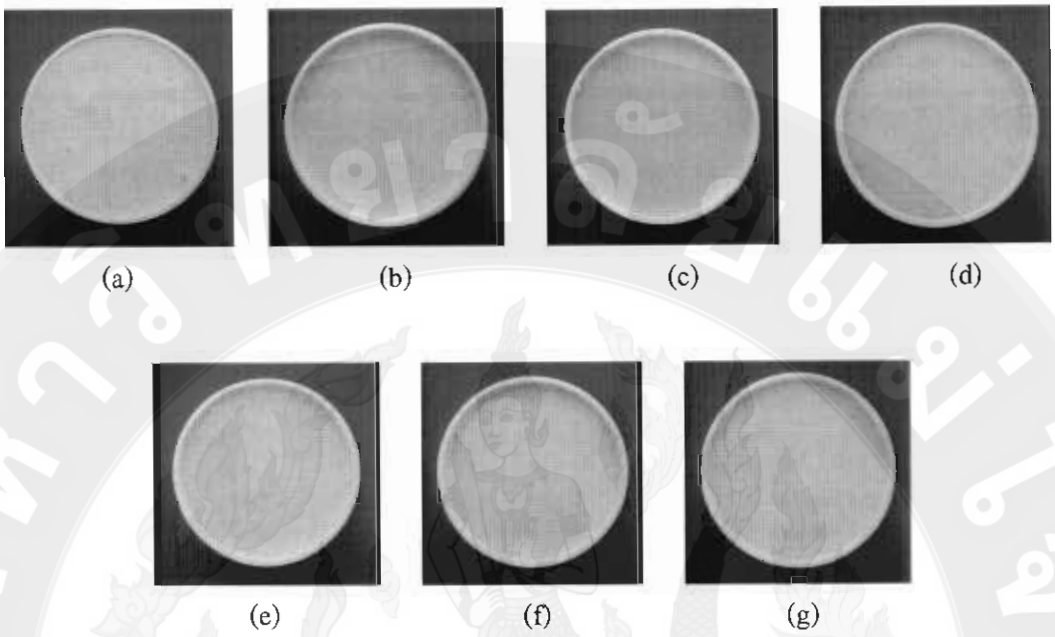
ตาราง 17 คุณลักษณะโยเกิร์ตผสมเพคตินและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย homogenizer

ปริมาณเพคติน (ร้อยละ)	*L. bulgaricus*[ns] (log cfu/g)	*S. thermophilus*[ns] (log cfu/g)	pH	กรดแลคติก (ร้อยละ)	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	a_w	ความข้นหนืด (เซ็นติพอยส์)	syneresis (ร้อยละ)
0	9.00±0.01	9.07±0.06	4.17±0.01^{g}	0.76±0.01^{a}	87.86±0.25^{a}	3.73±0.18^{a}	5.67±0.12^{d}	0.99±0.00^{a}	1,998.78±52.38^{a}	46.25±3.43^{d}
0.5	8.98±0.24	9.05±0.14	4.20±0.01^{f}	0.72±0.01^{b}	84.93±0.03^{b}	2.20±0.18^{d}	8.13±0.05^{c}	0.98±0.00^{b}	735.33±73.92^{e}	65.24±0.63^{a}
1.0	8.97±0.21	9.02±0.13	4.22±0.01^{e}	0.71±0.01^{c}	78.61±0.21^{g}	0.58±0.18^{e}	9.05±0.20^{b}	0.99±0.00^{a}	948.11±49.42^{d}	61.11±0.19^{b}
1.5	8.93±0.23	9.00±0.05	4.23±0.01^{d}	0.71±0.00^{d}	81.74±0.06^{d}	2.22±0.19^{d}	9.16±0.34^{b}	0.98±0.00^{c}	1,040.22±44.00^{c}	52.72±0.09^{c}
2.0	8.93±0.17	8.99±0.10	4.25±0.01^{c}	0.70±0.01^{e}	80.95±0.23^{f}	2.65±0.18^{c}	10.08±0.26^{a}	0.98±0.00^{b}	1,087.00±55.05^{c}	48.73±0.19^{d}
2.5	8.87±0.18	8.99±0.19	4.28±0.01^{b}	0.67±0.01^{f}	81.52±0.05^{e}	3.52±0.02^{b}	10.09±0.10^{a}	0.98±0.00^{b,c}	1,213.67±31.45^{b}	48.10±0.17^{d}
3.0	8.84±0.32	8.96±0.23	4.31±0.01^{a}	0.66±0.01^{g}	82.20±0.17^{c}	3.80±0.22^{a}	10.08±0.17^{a}	0.98±0.00^{d}	1,223.44±46.64^{b}	47.50±0.15^{d}

หมายเหตุ: $^{a-g}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพ 14 โยเกิร์ตผสมเพคตินในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกันและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย homogenizer: 0 (a) 0.5 (b) 1.0 (c) 1.5 (d) 2.0 (e) 2.5 (f) และ 3.0 (g)

4.2.3 การเติม CMC แล้วกวนผสมด้วยเครื่องตีไข่

จากการศึกษาการเติม CMC ในโยเกิร์ตที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ได้ผลดังตาราง 18 พบว่า CMC ปริมาณร้อยละ 0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 และ 3.0 จะทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะบางประการเปลี่ยนไป โดยปริมาณแบคทีเรีย *L. bulgaricus* ในทุกตัวอย่างที่เติม CMC จะมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 8.54-8.64 log cfu/g ซึ่งไม่แตกต่างจากการไม่เติม (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในขณะที่ *S. thermophilus* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ปริมาณเชื้อที่พบอยู่ในช่วง 8.76-9.06 log cfu/g ค่าความเป็นกรด-เบสของโยเกิร์ตจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ตามปริมาณของ CMC ที่เติมลงไป คืออยู่ในช่วง 4.18-4.38 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ในช่วงร้อยละ 0.64-0.75 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกสองชนิดที่เติมลงไปในช่วงเริ่มต้นของการหมักโยเกิร์ต

โยเกิร์ตที่ผ่านการเติม CMC จะมีสีคล้ำขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ดังภาพ 15 และตาราง 18 โดยมีค่า L* a* ลดลงเล็กน้อยจาก 87.71-85.26 และ 3.66-2.53 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า b* กลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นกันจาก 5.59 เป็น 8.58 ค่า a_w ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) จาก 0.99 เป็น 0.98

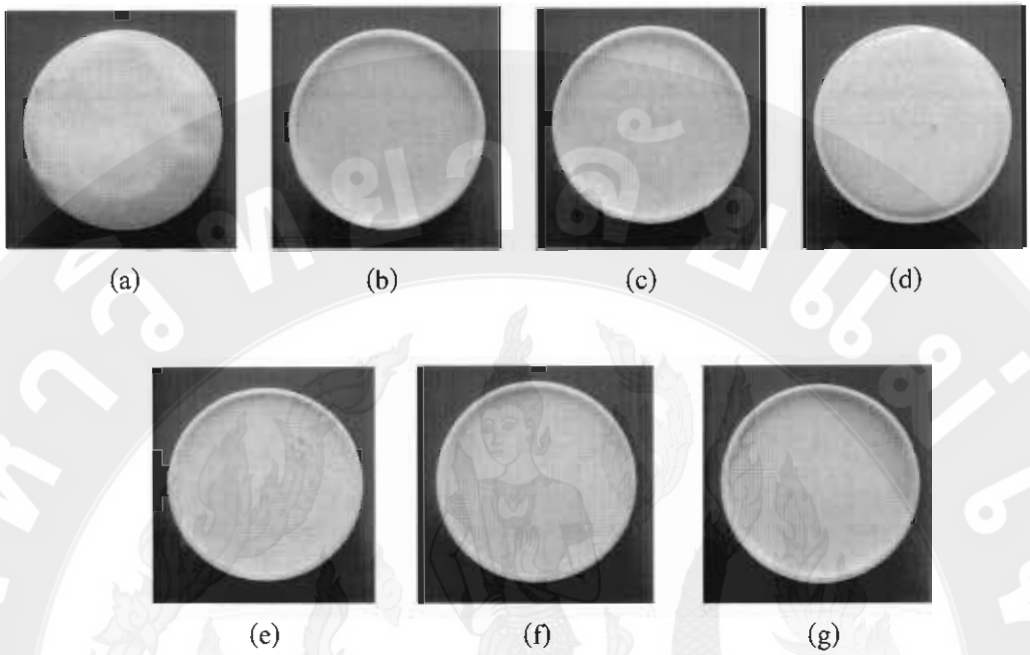
ตาราง 18 คุณลักษณะโยเกิร์ตผสม CMC และทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีไข่

ปริมาณ CMC (ร้อยละ)	*L. bulgaricus*[ns] (log cfu/g)	*S. thermophilus*[ns] (log cfu/g)	pH	กรดแลคติก (ร้อยละ)	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	a_w	ความข้นหนืด (เซ็นติพอยส์)	syneresis (ร้อยละ)
0	8.97±0.41	9.06±0.27	4.18±0.01^{g}	0.75±0.01^{a}	87.71±0.31^{a}	3.66±0.19^{a}	5.59±0.07^{f}	0.99±0.00^{a}	2,252.33±7.47^{c}	34.84±0.89^{d}
0.5	8.64±0.21	8.86±0.05	4.23±0.00^{f}	0.71±0.01^{b}	80.36±0.43^{f}	1.57±0.13^{e}	9.13±0.45^{a}	0.98±0.00^{c}	1,268.67±8.14^{g}	42.28±0.13^{a}
1.0	8.64±0.31	8.84±0.17	4.26±0.01^{e}	0.69±0.01^{c}	85.56±0.09^{c}	2.72±0.14^{b,c}	7.56±0.26^{d}	0.98±0.00^{b}	1,554.78±15.32^{f}	41.36±0.09^{b}
1.5	8.61±0.10	8.83±0.06	4.30±0.01^{d}	0.68±0.01^{c}	85.84±0.14^{b}	2.86±0.15^{b}	7.41±0.14^{d}	0.98±0.00^{c}	1,943.44±8.76^{e}	38.54±0.07^{c}
2.0	8.61±0.18	8.80±0.10	4.32±0.01^{c}	0.68±0.01^{d}	85.87±0.20^{b}	2.87±0.20^{b}	7.19±0.09^{e}	0.99±0.00^{b}	2,218.33±8.93^{d}	33.53±0.18^{e}
2.5	8.57±0.15	8.79±0.21	4.36±0.01^{b}	0.65±0.00^{e}	84.98±0.08^{e}	2.67±0.25^{c,d}	7.80±0.05^{c}	0.98±0.00^{b}	2,323.33±13.48^{b}	30.25±0.06^{f}
3.0	8.54±0.09	8.76±0.35	4.38±0.01^{a}	0.64±0.01^{f}	85.26±0.18^{d}	2.53±0.18^{d}	8.58±0.06^{b}	0.98±0.00^{b}	2,384.11±10.59^{a}	29.66±0.10^{g}

หมายเหตุ: $^{a-g}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพ 15 โยเกิร์ตผสม CMC ในปริมาณร้อยละที่แตกต่างและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีไข่: 0 (a) 0.5 (b) 1.0 (c) 1.5 (d) 2.0 (e) 2.5 (f) และ 3.0 (g)

นอกจากนี้ยังพบอีกว่าความข้นหนืดของโยเกิร์ตเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า syneresis กลับแปรผกผัน โดยค่าความข้นหนืดที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความข้นหนืดจะลดลงอย่างมากเมื่อเติม CMC ร้อยละ 0.5-1.5 แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณ CMC ที่เติมลงไปสูงสุด 2,384.11 เซ็นติพอยส์ ส่วนค่า syneresis กลับมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือมีค่าอยู่ในช่วง 29.66-34.84 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสม CMC แล้วกวนผสมด้วยเครื่องตีไข่ มีสีคล้ำกว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

4.2.4 การเติมเพคตินแล้วกวนผสมด้วยเครื่องตีไข่

จากการศึกษาการเติมเพคตินในโยเกิร์ตที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ได้ผลดังตาราง 19 พบว่าเพคตินปริมาณร้อยละ 0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 และ 3.0 จะทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะบางประการเปลี่ยนไป โดยปริมาณแบคทีเรีย *L. bulgaricus* ในทุกตัวอย่างที่เติมเพคตินจะมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 8.90-8.97 log cfu/g ซึ่งไม่แตกต่างจากการไม่เติม (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในขณะที่ *S. thermophilus* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ปริมาณเชื้อที่พบอยู่ในช่วง 8.98-

ตาราง 19 คุณลักษณะโยเกิร์ตผสมเพคตินและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีไข่

ปริมาณเพคติน (ร้อยละ)	*L. bulgaricus*[ns] (log cfu/g)	*S. thermophilus*[ns] (log cfu/g)	pH	กรดแลกติก (ร้อยละ)	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	a_w	ความข้นหนืด (เซ็นติพอยส์)	syneresis (ร้อยละ)
0	8.97±0.10	9.06±0.18	4.18±0.01^{g}	0.75±0.01^{a}	87.71±0.31^{a}	3.66±0.19^{a}	5.59±0.07^{c}	0.99±0.00^{b}	2,252.33±7.47^{a}	34.84±0.89^{g}
0.5	8.97±0.17	9.04±0.28	4.19±0.01^{f}	0.72±0.01^{b}	84.78±0.15^{b}	2.22±0.14^{d}	8.12±0.03^{d}	0.98±0.00^{c}	1,055.22±21.66^{g}	46.06±0.93^{a}
1.0	8.96±0.23	9.03±0.24	4.21±0.01^{e}	0.72±0.01^{b}	78.79±0.28^{g}	0.60±0.15^{e}	9.11±0.16^{c}	0.99±0.00^{a}	1,256.56±8.46^{f}	42.82±0.37^{b}
1.5	8.94±0.10	9.03±0.43	4.23±0.01^{d}	0.71±0.01^{c}	81.74±0.08^{d}	2.22±0.10^{d}	9.25±0.13^{c}	0.98±0.00^{c}	1,551.11±9.35^{e}	41.24±0.08^{c}
2.0	8.93±0.45	9.00±0.04	4.25±0.01^{c}	0.70±0.01^{d}	81.00±0.17^{f}	2.73±0.10^{c}	10.09±0.23^{a}	0.98±0.00^{c}	1,756.44±15.49^{d}	38.50±0.08^{d}
2.5	8.90±0.34	8.98±0.23	4.29±0.01^{b}	0.68±0.01^{e}	81.45±0.05^{e}	3.50±0.01^{b}	9.83±0.21^{b}	0.98±0.00^{c}	1,859.78±21.14^{c}	37.58±0.39^{e}
3.0	8.90±0.48	8.98±0.05	4.31±0.01^{a}	0.66±0.01^{f}	82.20±0.17^{c}	3.67±0.09^{a}	10.17±0.05^{a}	0.98±0.00^{d}	1,979.44±16.20^{b}	35.50±0.14^{f}

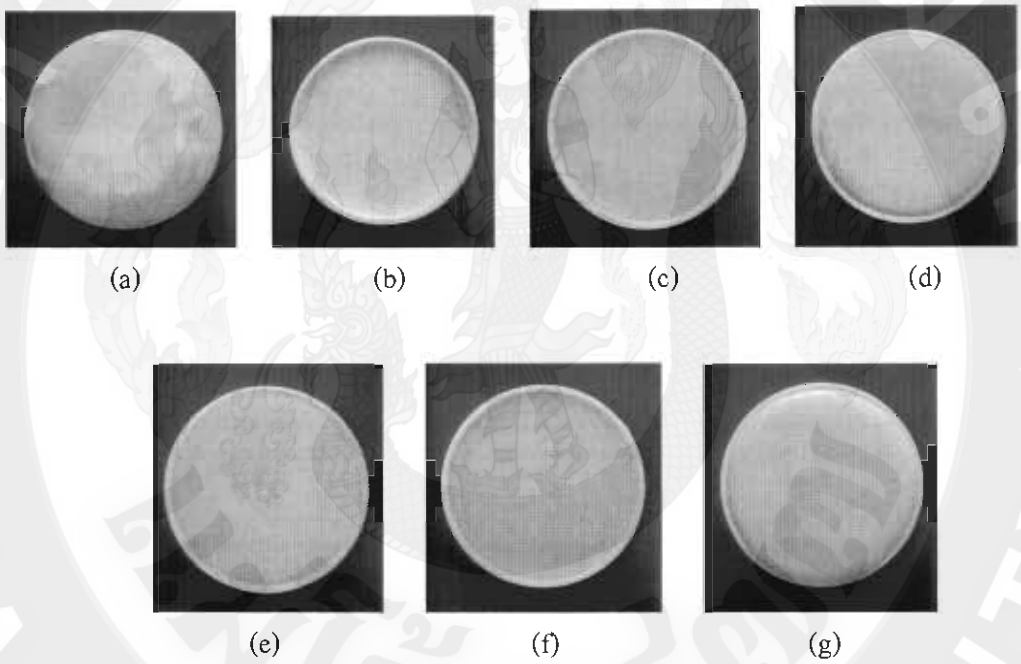
หมายเหตุ: $^{a-g}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

9.04 log cfu/g ค่าความเป็นกรด-เบสของโยเกิร์ตจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ตามปริมาณของเพคตินที่เติมลงไป คืออยู่ในช่วง 4.18-4.31 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในช่วงร้อยละ 0.66-0.75 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกสองชนิดที่เติมลงไปในช่วงเริ่มต้นของการหมักโยเกิร์ต

โยเกิร์ตที่ผ่านการเติมเพคตินจะมีสีคล้ำขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังภาพ 16 และตาราง 19 โดยมีค่า L* ลดลงเล็กน้อยจาก 87.71-82.20 ในขณะที่ค่า a* b* กลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นกันจาก



ภาพ 16 โยเกิร์ตผสมเพคตินในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกันและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีไข่: 0 (a) 0.5 (b) 1.0 (c) 1.5 (d) 2.0 (e) 2.5 (f) และ 3.0 (g)

3.66-3.67 และ 5.59-10.17 ตามลำดับ ค่า a_w ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จาก 0.99 เป็น 0.98 นอกจากนี้ยังพบอีกว่าความข้นหนืดของโยเกิร์ตลดลง ในขณะที่ค่า syneresis กลับแปรผกผัน โดยค่าความข้นหนืดที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความข้นหนืดจะลดลงอย่างมากเมื่อเติมเพคตินร้อยละ 0.5-1.0 แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณเพคตินที่เติมลงไปสูงสุด 1,979.44 เซ็นติพอยส์ แต่ยังมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมเพคติน เนื่องจากหลังหมักโยเกิร์ตผสมเพคติน จะมีการแยกชั้นของน้ำเวย์ออกมา และการผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องตีไข่ ทำให้เนื้อโยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะเหลว ส่วนค่า syneresis กลับมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือมีค่าอยู่ในช่วง

34.84-35.50 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมเพคตินแล้วกวนผสมด้วยเครื่องตีไข่ มีสีคล้ำกว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

5. ศึกษาการเติมใยอาหารลงในโยเกิร์ตพร้อมบริโภค

5.1 โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

จากการศึกษาการเติมผงวุ้นน้ำมะพร้าวในโยเกิร์ตสำเร็จรูปจากท้องตลาด ได้ผลดังตาราง 20 และภาพ 17 พบว่าผงวุ้นน้ำมะพร้าวปริมาณร้อยละ 0 0.5 1.5 2.5 3.5 และ 4.5 จะทำให้โยเกิร์ต

ตาราง 20 คุณลักษณะของโยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

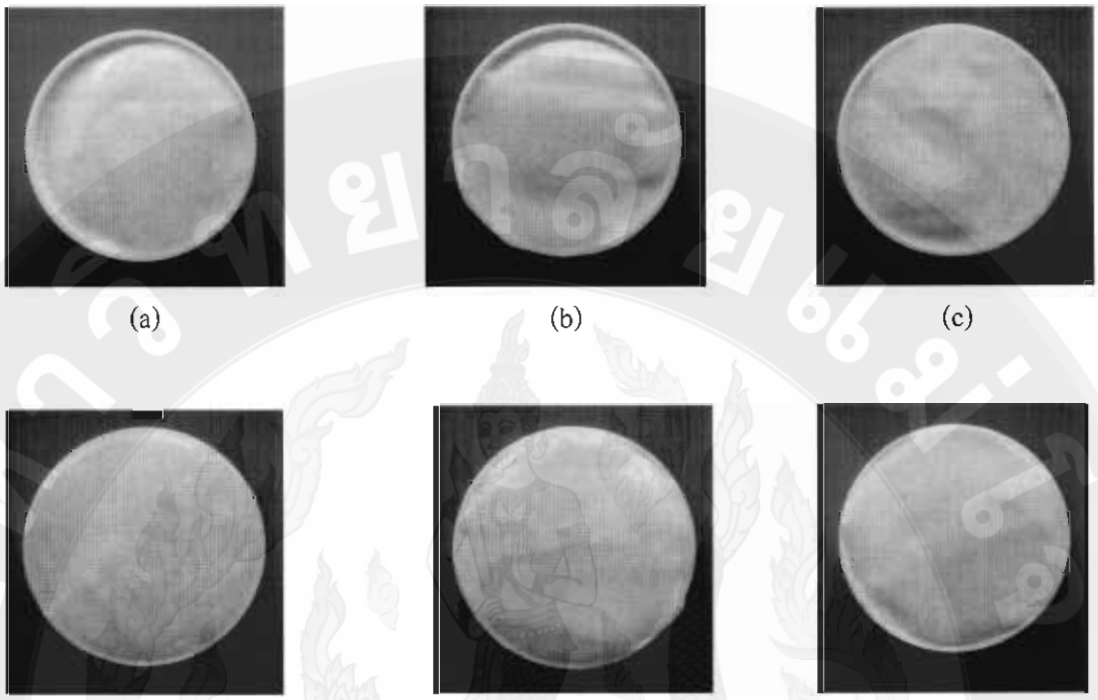
ปริมาณผงวุ้น (ร้อยละ)	ค่าสี			a_w^{ns}	ความข้นหนืด (เซ็นติพอยส์)	เนื้อสัมผัส
	L*	a*	b*			
0	86.48±0.04^{a}	2.15±0.22^{a}	5.84±0.69^{b}	0.99±0.00	1,912.67±34.18^{f}	ปกติ
0.5	85.23±0.15^{b}	2.00±0.19^{b}	4.18±0.47^{f}	0.99±0.00	1,955.22±26.12^{e}	ปกติ
1.5	84.52±0.12^{d}	2.05±0.10^{b}	4.41±0.28^{e}	0.99±0.00	2,023.67±16.90^{d}	ปกติ
2.5	84.62±0.26^{c}	1.99±0.07^{b}	4.86±0.35^{d}	0.99±0.00	2,016.56±316.17^{c}	ปกติ
3.5	84.30±0.02^{f}	2.01±0.05^{b}	5.70±0.01^{c}	0.99±0.00	2,168.44±22.75^{b}	ปกติ
4.5	84.35±0.12^{e}	1.93±0.17^{b}	6.18±0.15^{a}	0.99±0.00	2,173.11±30.66^{a}	ปกติ

หมายเหตุ: $^{a-f}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P\leq0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ที่เติมผงวุ้นน้ำมะพร้าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ซึ่งค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง 4.18-6.18 ปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าวที่ใช้ไม่ส่งผลกระทบต่อค่า a_w ($P>0.05$) สำหรับทุกตัวอย่างทดลองค่าที่ปรากฏเท่ากับ 0.99 แต่ความข้นหนืดของโยเกิร์ตกลับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยค่าความข้นหนืดที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าสูงสุด 2,173.11 เซ็นติพอยส์ เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตทุกตัวอย่างเป็นปกติ



ภาพ 17 โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าวในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน : 0 (a) 0.5 (b) 1.5 (c) 2.5 (d) 3.5 (e) และ 4.5 (f)

5.2 โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงกล้วยดิบ

จากการศึกษาการเติมผงกล้วยดิบในโยเกิร์ตสำเร็จรูปจากท้องตลาด ได้ผลดังตาราง 21 และภาพ 18 พบว่าผงกล้วยดิบปริมาณร้อยละ 0 0.5 1.5 2.5 3.5 และ 4.5 จะทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะบางประการเปลี่ยนไป โดยโยเกิร์ตที่ได้จะมีสีคล้ำขึ้นตามปริมาณของผงกล้วยดิบที่เติมลงไป ค่า L* a* และ b* ในแต่ละทรีทเมนท์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดย L* มีค่าสูงสุดเท่ากับ 85.40 a* มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.38 และ b* มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.86 ปริมาณผงกล้วยดิบที่ใช้ ไม่ส่งผลกระทบต่อค่า a_w ($P>0.05$) สำหรับทุกตัวอย่างทดลอง ค่าที่ปรากฏเท่ากับ 0.99 แต่ความข้นหนืดของโยเกิร์ตกลับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความข้นหนืดที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าสูงสุด 2,385.30 เซ็นติพอยส์ ส่วนเนื้อสัมผัสจากการเติมผงกล้วยดิบลงไปปริมาณร้อยละ 0 และ 0.5 เป็นปกติ การเติมผงกล้วยดิบลงไปปริมาณร้อยละ 1.5 2.5 และ 3.5 จะหยาบน้อยมาก การเติมผงกล้วยดิบลงไปปริมาณร้อยละ 4.5 จะหยาบมาก

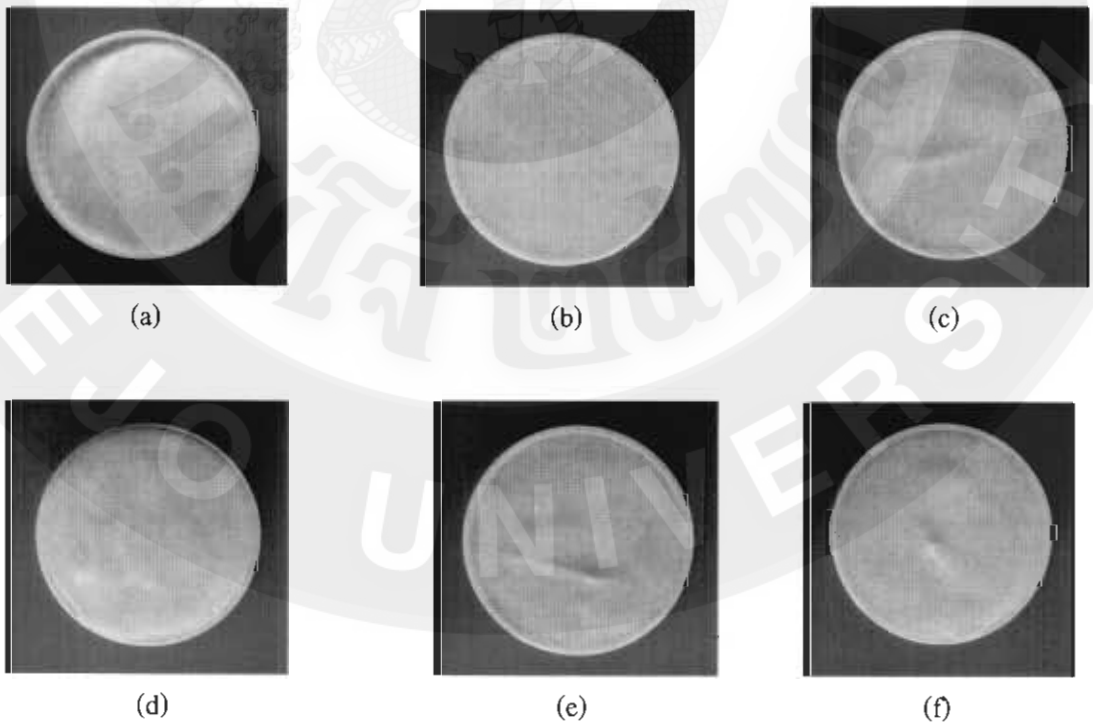
ตาราง 21 คุณลักษณะของโยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงกล้วยดิบ

ปริมาณผงกล้วยดิบ (ร้อยละ)	ค่าสี			a_w^{ns}	ความหนืด (เซ็นติพอยส์)	เนื้อสัมผัส
	L*	a*	b*			
0	85.40±0.23^{a}	1.97±0.22^{f}	7.00±0.41^{b}	0.99±0.00	1,887.30±20.60^{e}	ปกติ
0.5	84.64±0.29^{b}	2.30±0.26^{e}	6.72±0.52^{b}	0.99±0.00	2071.00±90.27^{d}	ปกติ
1.5	84.01±0.13^{c}	3.05±0.12^{d}	7.08±0.24^{b}	0.99±0.00	2,210.30±16.26^{c}	หยาบน้อยมาก
2.5	82.99±0.20^{d}	3.58±0.31^{c}	7.11±0.34^{b}	0.99±0.00	2,274.30±37.81^{b,c}	หยาบน้อยมาก
3.5	82.03±0.36^{e}	3.82±0.27^{b}	6.97±0.50^{b}	0.99±0.00	2,305.70±5.86^{b}	หยาบน้อยมาก
4.5	81.46±0.13^{f}	4.38±0.28^{a}	7.86±0.20^{a}	0.99±0.00	2,385.30±26.63^{a}	หยาบมาก

หมายเหตุ: $^{a-f}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพ 18 โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงกล้วยดิบในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน : 0 (a) 0.5 (b) 1.5 (c) 2.5 (d) 3.5 (e) และ 4.5 (f)

5.3 โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงแครอท

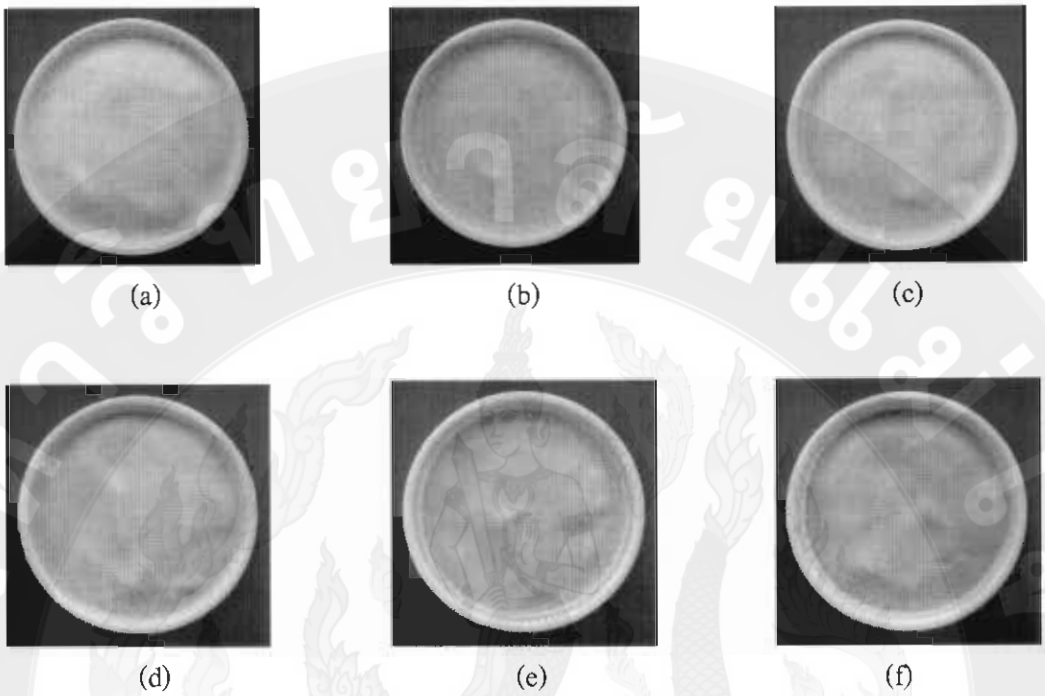
จากการศึกษาการเติมผงแครอทในโยเกิร์ตสำเร็จรูปจากท้องตลาด ได้ผลดังตาราง 22 และภาพ 19 พบว่าผงแครอทปริมาณร้อยละ 0 0.5 1.5 2.5 3.5 และ 4.5 จะทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะบางประการเปลี่ยนไป โดยโยเกิร์ตที่ได้จะมีสีคล้ำขึ้นตามปริมาณของผงแครอทที่เติมลงไป ค่า L* a* และ b* ในแต่ละทรีทเมนท์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดย L* มีค่าสูงสุดเท่ากับ 85.37 a* มีค่าสูงสุดเท่ากับ 12.14 และ b* มีค่าสูงสุดเท่ากับ 21.32 ปริมาณผงแครอทที่ใช้ไม่ส่งผลกระทบต่อค่า a_w ($P>0.05$) สำหรับทุกตัวอย่างทดลอง ค่าที่ปรากฏเท่ากับ 0.99 แต่ความข้นหนืดของโยเกิร์ตกลับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความข้นหนืดที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าสูงสุด 2,292.30 เซ็นติพอยส์ ส่วนเนื้อสัมผัสจากการเติมผงแครอทลงไปปริมาณร้อยละ 0 และ 0.5 เป็นปกติ การเติมผงแครอทลงไปปริมาณร้อยละ 1.5 จะหยาบปานกลาง การเติมผงแครอทลงไปปริมาณร้อยละ 2.5 3.5 และ 4.5 จะหยาบมาก

ตาราง 22 คุณลักษณะของโยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงแครอท

ปริมาณผงแครอท (ร้อยละ)	ค่าสี			a_w	ความหนืด (เซ็นติพอยส์)	เนื้อสัมผัส
	L*	a*	b*			
0	85.37±0.36^{a}	1.98±0.23^{f}	6.87±0.54^{f}	0.99±0.00^{b}	1,879.70±41.40^{d}	ปกติ
0.5	84.10±0.11^{b}	4.35±0.18^{e}	9.05±0.26^{e}	0.99±0.00^{c}	2,029.30±27.43^{c}	ปกติ
1.5	81.61±0.14^{c}	6.52±0.25^{d}	12.47±0.23^{d}	0.99±0.00^{b}	2,137.30±40.05^{b}	หยาบปานกลาง
2.5	79.84±0.05^{d}	8.58±0.31^{c}	15.52±0.19^{c}	0.99±0.00^{b}	2,174.70±31.53^{b}	หยาบมาก
3.5	77.22±0.08^{e}	10.41±0.32^{b}	19.35±0.12^{b}	0.99±0.00^{b}	2,241.70±45.65^{a}	หยาบมาก
4.5	76.13±0.32^{f}	12.14±0.22^{a}	21.32±0.37^{a}	0.99±0.00^{a}	2,292.30±12.66^{a}	หยาบมาก

หมายเหตุ: $^{a-f}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)



ภาพ 19 โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงแครอทในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน : 0 (a) 0.5 (b) 1.5 (c) 2.5 (d) 3.5 (e) และ 4.5 (f)

5.4 โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงฟักทอง

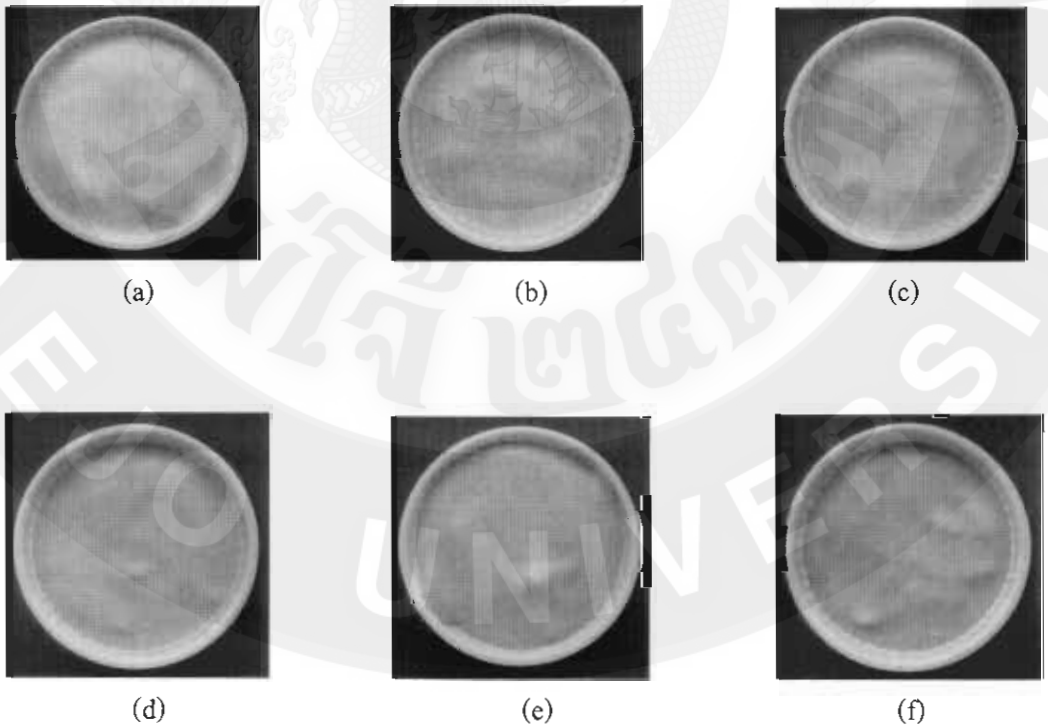
จากการศึกษาการเติมผงฟักทองในโยเกิร์ตสำเร็จรูปจากท้องตลาด ได้ผลดังตาราง 23 และภาพ 20 พบว่าผงฟักทองปริมาณร้อยละ 0 0.5 1.5 2.5 3.5 และ 4.5 จะทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะบางประการเปลี่ยนไป โดยโยเกิร์ตที่ได้จะมีสีคล้ำขึ้นตามปริมาณของผงฟักทองที่เติมลงไป ค่า L* a* และ b* ในแต่ละทรีทเมนท์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดย L* มีค่าสูงสุดเท่ากับ 85.07 a* มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.84 และ b* มีค่าสูงสุดเท่ากับ 23.74 ปริมาณผงฟักทองที่ใช้ส่งผลกระทบต่อค่า a_w อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยค่าสูงสุดเท่ากับ 0.99 แต่ความข้นหนืดของโยเกิร์ตกลับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าสูงสุด 2,301.70 เซ็นติพอยส์ ส่วนเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตที่มีส่วนผสมของผงฟักทองปริมาณร้อยละ 0 และ 0.5 มีลักษณะไม่แตกต่างกัน แต่เนื้อสัมผัสจะหยาบขึ้นเล็กน้อย เมื่อมีปริมาณผงฟักทองสูงกว่าร้อยละ 1.5

ตาราง 23 คุณลักษณะของโยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงฟักทอง

ปริมาณผงฟักทอง (ร้อยละ)	ค่าสี			a_w	ความหนืด (เซ็นติพอยส์)	เนื้อสัมผัส
	L*	a*	b*			
0	85.07±0.33^{a}	1.87±0.08^{f}	6.48±0.47^{f}	0.98±0.00^{c}	1,898.30±56.08^{b}	ปกติ
0.5	83.26±0.32^{b}	3.24±0.25^{e}	10.37±0.51^{e}	0.98±0.00^{a,b,c}	1,945.30±87.37^{b}	ปกติ
1.5	80.62±0.16^{c}	5.07±0.37^{d}	15.58±0.30^{d}	0.98±0.00^{b,c}	2,002.30±124.34^{b}	หยาบน้อยมาก
2.5	78.73±0.14^{d}	6.06±0.19^{c}	18.39±0.23^{c}	0.98±0.00^{c}	2,189.30±25.70^{a}	หยาบน้อยมาก
3.5	76.53±0.24^{e}	7.22±0.26^{b}	21.47±0.09^{b}	0.99±0.00^{a}	2,269.30±12.86^{a}	หยาบน้อยมาก
4.5	75.14±0.09^{f}	7.84±0.21^{a}	23.74±0.19^{a}	0.98±0.00^{a,b}	2,301.70±14.50^{a}	หยาบน้อยมาก

หมายเหตุ: $^{a-f}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$)

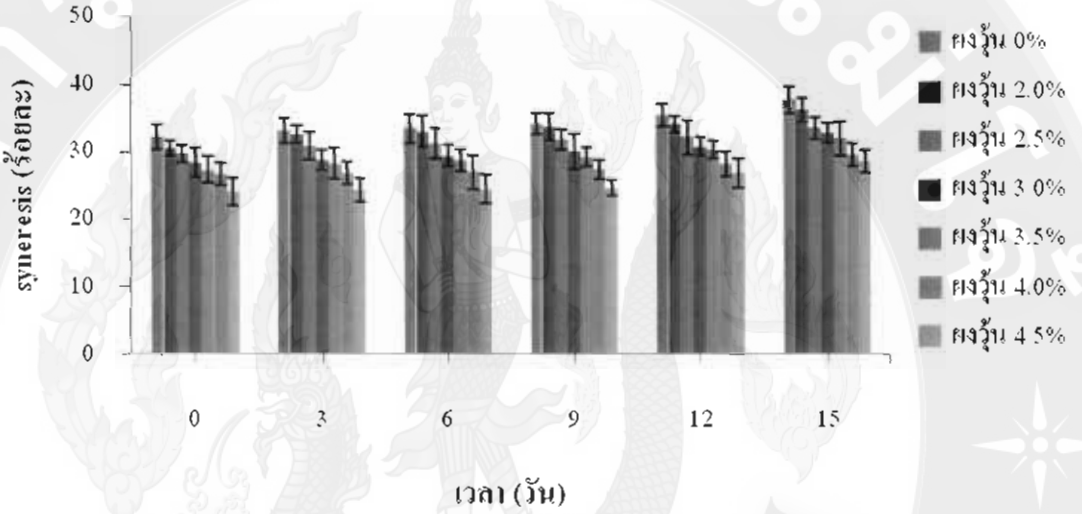
ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)



ภาพ 20 โยเกิร์ตพร้อมบริโภคผสมผงฟักทองในปริมาณร้อยละที่แตกต่างกัน: 0 (a) 0.5 (b) 1.5 (c) 2.5 (d) 3.5 (e) และ 4.5 (f)

6. ศึกษาความคงตัวของโยเกิร์ต

จากการศึกษาความคงตัวของโยเกิร์ตที่เติมผงวุ้นน้ำมะพร้าว ปริมาณร้อยละ 0 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 และ 4.5 และเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 15 วัน ได้ผลดังภาพ 21 พบว่า ค่า syneresis ใน



ภาพ 21 การเปลี่ยนแปลงของ syneresis ในโยเกิร์ตที่ใช้ผงวุ้นน้ำมะพร้าวในปริมาณที่แตกต่างกัน ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

วันที่ 0 ของทุกตัวอย่างทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยโยเกิร์ตที่เติมผงวุ้นน้ำมะพร้าวร้อยละ 4.5 มีค่า syneresis น้อยที่สุดคือร้อยละ 24.09 แต่อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวของทุกตัวอย่างจะสูงเพิ่มขึ้นแปรผันตลอดอายุการเก็บรักษานาน 15 วัน เนื่องจากมีการสะสมของเหลวอยู่ในโมเลกุล เมื่อเก็บไว้ในตู้เย็นจะมีการหดตัวเกิดขึ้นของเหลวก็จะไหลออกมา (นิธิยา, 2549) โดยค่า syneresis ของโยเกิร์ตที่เติมผงวุ้นน้ำมะพร้าวร้อยละ 4.5 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษายังคงมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 28.64 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากผงวุ้นน้ำมะพร้าวมีปริมาณเพียงพอในระดับที่สามารถดูดซับน้ำเวย์ส่วนใหญ่ที่หลุดลอดออกจากตะกอนโปรตีนในโยเกิร์ด แต่ความสามารถดังกล่าวจะลดลงเมื่ออายุของโยเกิร์ตเพิ่มมากขึ้น

7. ศึกษาการยอมรับด้านประสาทสัมผัส

จากการศึกษาการยอมรับด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่ผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว ปริมาณร้อยละ 0 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 และ 4.5 ได้ผลดังตาราง 24 พบว่า ปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าวไม่มีผลที่

ตาราง 24 ผลการยอมรับด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตผสมผงวุ้นน้ำมะพร้าว

ปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าว (ร้อยละ)	สี [ns]	ลักษณะปรากฏ [ns]	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
0	6.21± 1.51	5.93±1.58	5.40±1.61[b]	5.35±1.32[b]	5.20±1.14[b]	5.35±1.15[b]
2.0	6.56 ±1.15	6.26±1.35	5.73±1.54[a,b]	5.95±1.30[a]	5.41±1.02[b]	5.55±1.24[b]
2.5	6.35±1.35	6.04±1.24	5.66±1.34[a,b]	5.86±1.25[a]	5.35±1.41[b]	5.66±1.31[b]
3.0	6.41±1.33	6.15±1.20	5.95±1.25[a]	5.88±1.18[a]	5.95±1.71[a]	6.14±1.38[a]
3.5	6.39±1.27	6.15±1.23	5.89±1.31[a]	5.90±1.41[a]	6.01±1.55[a]	6.13±1.42[a]
4.0	6.38±1.26	6.13±1.35	5.89±1.46[a]	5.93±1.35[a]	6.21±1.64[a]	6.21±1.40[a]
4.5	6.25±1.27	6.05±1.19	5.98±1.16[a]	5.67±1.11[a]	5.97±1.37[a]	6.24±1.12[a]

หมายเหตุ: [a-b] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)

[ns] คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ต่อการยอมรับด้านสีและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ โดยได้รับคะแนนระดับชอบเล็กน้อยเท่ากับ 6.21 6.56 6.35 6.41 6.39 6.38 และ 6.25 ตามลำดับ และ 5.93 6.26 6.04 6.15 6.15 6.13 และ 6.05 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและกลิ่น พบว่า ปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าวร้อยละ 2.0-4.5 ที่เติมลงไปไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยได้คะแนนระดับค่อนข้างชอบเล็กน้อยเท่ากับ 5.73 5.66 5.95 5.89 5.89 และ 5.98 ตามลำดับ และ 5.95 5.86 5.88 5.90 5.93 และ 5.67 ตามลำดับ สำหรับรสชาติและการยอมรับโดยรวม พบว่า ปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าวร้อยละ 3.0-4.5 ที่เติมลงไปไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยได้คะแนนระดับชอบเล็กน้อยเท่ากับ 5.95 6.01 6.21 และ 5.97 ตามลำดับ และ 6.14 6.13 6.21 และ 6.24 ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัย

สรุปผลการทดลอง

การใช้เชื้อผสมระหว่าง *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ปริมาณรวมร้อยละ 3 เหมาะสมต่อการหมักโยเกิร์ตจากน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ โดยมีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 4.10 ปริมาณกรดแลคติกเท่ากับร้อยละ 0.73 ปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เท่ากับ 9.03 และ 9.17 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อใช้เวลาหมัก 22 ชั่วโมง

นมผงพร่องมันเนยปริมาณร้อยละ 6 เหมาะสมต่อการนำมาเติมลงในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์เพื่อการหมักโยเกิร์ต โดยโยเกิร์ตที่ได้มีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 4.19 ปริมาณกรดแลคติกเท่ากับร้อยละ 0.75 ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 86.26 4.59 และ 8.26 ตามลำดับ ค่า a_w เท่ากับ 1.00 ค่าความหนืดเท่ากับ 2,331.33 เซ็นติพอยส์ ค่า syneresis เท่ากับร้อยละ 29.76 ปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เท่ากับ 9.02 และ 9.10 log cfu/g ตามลำดับ

การอบแห้งวุ้นน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 70°C ส่วนกล้วยดิบ แครอท และฟักทองอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เมื่อนำไปตีป่นเป็นผงแล้ว มีสีคล้ำน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิอื่นๆ และยังทำให้ได้อนุภาคขนาดเล็กในปริมาณที่มาก

ผงวุ้นน้ำมะพร้าวอนุภาคขนาดเล็กปริมาณร้อยละ 4.5 เป็นปริมาณสูงสุดที่สามารถใช้เติมลงไปในโยเกิร์ตที่เตรียมได้ในห้องปฏิบัติการและที่ได้จากท้องตลาด โดยไม่ทำให้เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตแตกต่างไปจากเดิม

ใยอาหารชนิดละลายน้ำ 2 ชนิด คือ CMC และเพคตินไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เติมลงในโยเกิร์ตเพื่อใช้เพิ่มใยอาหาร

ผงวุ้นน้ำมะพร้าวอนุภาคขนาดเล็กปริมาณร้อยละ 4.5 ทำให้โยเกิร์ตมีความคงตัวมากที่สุด โดยมีค่า syneresis เริ่มต้นร้อยละ 24.09 และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 28.64 เมื่อมีอายุการเก็บรักษานาน 15 วัน

ผงวุ้นน้ำมะพร้าวอนุภาคขนาดเล็กปริมาณร้อยละ 4.5 ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เตรียมได้จากห้องปฏิบัติการ ได้รับคะแนนความชอบเล็กน้อยในทุกๆ ด้านของการทดสอบด้านประสาทสัมผัส รวมถึงการยอมรับโดยรวม ซึ่งไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตที่ไม่มีการเติมใยอาหารลงไป

บรรณานุกรม

โครงการบัณฑิตวิทยาลัย. 2546. **คู่มือการเขียนวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้**. เชียงใหม่: โครงการบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 94 น.

จานุลักษณ์ ขนบดี และคณะ. 2549. **ฟักทอง:การผลิตเมล็ดพันธุ์และการใช้ประโยชน์**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 128 น.

จารุวรรณ ศิริพรรณพร. 2543. โยเกิร์ต อาหารเพื่อสุขภาพ. **อาหาร**. 30(4): 292-297.

นิดดา หงส์วิวัฒน์. 2550. **ผัก ๓๓๓ ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน**. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์แสงแดด. 320 น.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 504 น.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2538. **กล้วย**. กรุงเทพฯ. บริษัท ประชาชน จำกัด. 315 น.

ปรียานุช ทิพยะวัฒน์. 2546. ฟังชั่นนัล ฟู้ด อาหารเพื่อสุขภาพ. **กสิกร**. 76 (3): 25-28.

ปราโมทย์ ธรรมรัตน์, สิริพร สธนเสาวภาคย์, สมคิด ธรรมรัตน์, กรุณา จีนถนอม, พรวิสาข์ บุญยงค์, พวงพร ลิ่มศิลา, และ กัษมาพร ปัญตีะบุตร. 2543. **โครงการผลิตวุ้นสวรรค์ระดับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม**. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.toryod.com (23 พฤศจิกายน 2552).

มณี อาภานันทิกูล. 2536. การพัฒนาสูตรอาหารว่างใยอาหารสูงประเภทขนมอบและขนมไทยจากเปลือกถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล. อ้างโดย นงลักษณ์ ยงพานิช. 2542. **ขนมโสมนัสเสริมใยอาหาร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 111 น.

รุ่งนภา ประกอบกิจ. 2538. การสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. อ้างโดย นงลักษณ์ ยงพานิช. 2542. **ขนมโสมนัสเสริมใยอาหาร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 111 น.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. **เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ โอ. เอส. พริ้นติ้ง. เฮ้าส์.

วันเพ็ญ มีสมญา. 2541. ใยอาหารอันทรงคุณค่า. **อาหาร.** 28(3): 213-219.

สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. 2545. **การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 107 น.

อัจฉรา ศรีกุศลานุกูล, ปกขวัญ หุตางกูร และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2550. การพัฒนาอัตราส่วนของส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ผงน้ำนมข้าวโพดอัดเม็ด เพื่อการเสริมคุณค่าทางอาหาร. **วิทยาศาสตร์เกษตร**. 38(6): 107-110.

Amatayakul, T., F. Sherkat and N.P. Shah. 2006. Physical characteristic of set yoghurt made with altered casein to whey protein ratios and EPS-producing starter cultures at 9 and 14% total solids. **J. Hydrocolloids**. 20: 314-324.

Amaya-Llano, S.L., A.L. Martínez-Alegría, J.J. Zazueta-Morales and F. Martínez-Bustos. 2008. Acid thinned jicama and maize starches as fat substitute in stirred yogurt. **LWT – Food Science and Technology.** 41: 1247-1281.

AOAC International. 1995. **Official Method of analysis**. 16th ed. Gaitrherburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.

Dave, R.I. and N.P. Shah. 1996. Evaluation of Media for Selective Enumeration of *Streptococcus thermophilus, Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus, Lactobacillus acidophilus,* and Bifidobacteria. **J. Dairy Sci.** 79: 1529-1536.

Dello Staffolo, M., N. Bertola, M. Martino and y A. Bevilacqua. 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. **International Dairy Journal**. 14: 263-268.

Drake, M.A., X.Q. Chen, S. Tamarapu and B. Leenanon. 2000. Soy Protein Fortification Affects Sensory, Chemical, and Microbiological Properties of Dairy Yogurt. **J Food Sci**. 65: 1244-1247.

Escalada Pla, M. F. de, N. M. Ponce, C.A. Stortz, L.N. Gerschenson and A.M. Rojas. 2007. Composition and functional properties of enriched fiber product obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret). **J Food Sci**. 40: 1176-1185.

Esther Sendra, Patricia Fayos, Yolanda Lario, Juana Fernández-López, Estrella Sayas-Barberá and José Angel Pérez-Alvarez. 2008. Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. **Food Microbiology**. 25: 13-21.

Estrella Fernández-García and J.U. McGregor. 1997. Fortification of sweetened plain yogurt with insoluble dietary fiber. **Z Lebensm Unters Forsch A**. 204: 433-437.

Fadela Chougrani, Cheriguene Abderrahim and Bensoltane Ahmed. 2009. Physico-chemical and rheological properties of yoghurt manufactured with ewe's milk and skim milk. **Africa Journal of Biotechnology.** 8(9): 1938-1942.

Fuller, R. 1995. Probiotic in human medicine. **Gut**. 32: 439-442.

Kalantzopoulos, G. 1997. Fermented products with probiotic qualities. **Anaerobe**. 3: 185-190.

Keogh, M.K. and B.T. O'Kennedy. 1998. Rheology of Stirred Yogurt as Affected by Added Milk Fat, Protein and Hydrocolloids. **J Food Sci**. 63: 108-112.

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

Lee, C.J.A., E.M. Rust and B.F. Reber. 1969. Acceptability of foods containing a bulk agent. อ้างโดย นงลักษณ์ ยงพานิช. 2542. **ขนมโสมนัสเสริมใยอาหาร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 111 น.

Li Jlancai and Mingruo Guo. 2006. Effects of Polymerized Whey Proteins on Consistency and Water-holding Properties of Goat's milk Yogurt. **J Food Sci**. 71: c34-c38.

Rodríguez-Ambriz, S.L., J.J. Islas-Hernández, E. Agama-Acevedo, J. Tovar and L.A. Bello-Pérez. 2008. Characterization of a fiber-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. **Food Chemistry**. 107: 1515-1521.

Saifullah, R., F.M.A. Abbas, S.Y. Yeoh and M.E. Azhar. 2009. Utilization of green banana flour as a function ingredient in yellow noodle. International Food Research Journal. 16: 373-379.

Salminen, S., A.C. Ouwehand, Y. Benno and Y. K. Lee. 1999. Probiotics : how should they be Defined?. Trend Food Sci. **Food Technol**. 10: 107-110.

Scheinbach, S. 1998. Probiotic: functionality and commercial status. Biotechnol. **Adv.** 16: 581-608.

Sharma, N.K. and C.P. Arora. 1995. Influence of product thickness, chamber pressure and Heating condition on production rate of freeze-dried yoghurt. **Int. J. Refrig**. 5: 297-307.

Spiller, Gene A. 2001. **Dietary Fiber in Human Nutrition**. Danver. USA.

Tamime, A. Y. and H. C. Deeth. 1981. Yoghurt: Technology and biochemistry. **J. Food Prot**. 43: 939-977.

Tamime, A. Y. and R. K. Robinson. 1985. **Yoghurt Science and Technology**. Great Britain: Pergamon Press Ltd.

Toma, R. B., P. H. Orr., B. D. Appolonia., F. R. Diritzis and M. M. Tabekhia. 1979. Physical and chemical properties of potato peel as a source of dietary in bread. **J Food Sci**. 44: 1403-1407.

Tribess, T.B., J.P. Hernández-Uribe, M.G.C. Méndez-Montealvo, E.W. Menezes, L.A. Bello-Perez and C.C. Tadini. 2009. Themal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. **LWT – Food Science and Technology.** 42: 1022-1025.

Valeria, S. Eim, Susana simal, Carmen Rossello and Antoni Femenia. 2008. Effects of addition of carrot dietary fibre on the ripening process of a dry fermented sausage (sobrasada). **J. Meat sci**. 80: 173-182.

Vratanina, D.L. and M.E. Zabik. 1978. Dietary fiber sources for baked products : bran in sugar-snap cookies. อ้างโดย นงลักษณ์ ยงพานิช. 2542. **ขนมโสมนัสเสริมใยอาหาร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 111 น.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)

1.1 อบ moisture can ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

1.2 ชั่งตัวอย่างให้มีน้ำหนักที่แน่นอน 5 กรัม ใส่ลงใน moisture can (W1)

1.3 อบตัวอย่างในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง

1.4 นำตัวอย่างออกจากตู้อบไปใส่ในโถแก้วดูดความชื้น เมื่ออุณหภูมิของตัวอย่างเท่ากับอุณหภูมิห้องนำไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบต่อจนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.0002 กรัม (W2)

1.5 คำนวณปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(W1 - W2)}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเจล (syneresis) (ดัดแปลงจาก Keogh and Kennedy, 1998)

2.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 30 กรัม

2.2 นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ด้วยความเร็วรอบ 3,500 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดการแยกชั้นระหว่างส่วนที่เป็นของแข็งกับของเหลว

2.3 ชั่งน้ำหนักของเหลวที่แยกได้

2.4 คำนวณหาค่าปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเจล จากสูตร

$$\text{ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเจล (ร้อยละ)} = \frac{\text{ของเหลวที่แยกได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของโยเกิร์ต (กรัม)}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคของแข็ง (ชุดตะแกรงร่อน Retsch)

3.1 นำตะแกรงมาวางบนเครื่องร่อน โดยวางตะแกรงที่มีรูขนาด 250, 180, 150, 106, 75, 53, 45 และ 38 μm ตามลำดับ โดยให้รูตะแกรงขนาดใหญ่กว่าอยู่ด้านบน

3.2 นำตัวอย่างใส่ลงบนตะแกรงด้านบนสุด

3.3 ตั้งความเร็วของการเขย่าที่ระดับ 30 รอบต่อนาที นาน 10 นาที

3.4 นำตัวอย่างที่ติดอยู่บนตะแกรงในชั้นต่างๆ มาชั่งน้ำหนัก

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 1995)

1.1 สารเคมี

1.1.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N

1.1.2 สารละลายฟีนอลฟทาลีน (phenolphthalein) ความเข้มข้นร้อยละ 1

1.1.3 เอทิลแอลกอออล์ (ethyl alcohol)

1.1.4 โพแทสเซียมไฮโดรเจนพธาเลต (potassium hydrogenphthalate :$KHC_8H_4O_4$)

1.2 การหาความเข้มข้นของสารละลาย NaOH

1.2.1 ชั่ง potassium hydrogenphthalate ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที จากนั้นนำมาชั่ง 0.5 กรัม ละลายน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มไล่ CO_2 จำนวน 25 มิลลิลิตร

1.2.2 ชั่งฟีนอลฟทาลีน 1 กรัม ผสมกับเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์

1.2.3 ชั่ง NaOH 4 กรัม ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นที่การต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

1.2.4 เติมอินดิเคเตอร์ในสารละลาย $KHC_8H_4O_4$ จำนวน 2-3 หยด

1.2.5 ไตรเตรทด้วยสารละลาย NaOH จนถึงจุดยุติ โดยสารละลายจะเปลี่ยน เป็นสีชมพู คำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารละลาย NaOH จากสูตร

$$\text{ความเข้มของสารละลาย NaOH (N)} = \frac{KHC_8H_4O_4 \text{ (กรัม)} \times 1000}{204.229 \times \text{NaOH ที่ใช้ในการไตรเตรท (มิลลิลิตร)}}$$

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณกรด

1.3.1 ชั่งตัวอย่างจำนวน 20 กรัม เติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 40 กรัม เขย่าให้เข้ากัน

1.3.2 ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

1.3.3 หยดสารละลายฟีนอฟทาลีนประมาณ 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน

1.3.4 ไตรเตรดด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติโดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูคำนวณหาค่าปริมาณกรดจากสูตร

$$\% \text{ กรดแลคติก} = \frac{V_1 \times N \text{ NaOH} \times \text{ปริมาณตัวอย่างที่เตรียม (กรัม)} \times 100 \times 90.08}{V_2 \times \text{ปริมาณที่ใช้ไตเตรท} \times 1000}$$

V_1 = ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

V_2 = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

1. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1 Peptone solution 0.1%

Peptone	1	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

1.2 MRS Broth

Peptone	10	กรัม
Beef Extract	10	กรัม
Yeast Extract	5	กรัม
Glucose	20	กรัม
Tween 80	1	มิลลิลิตร
K_2HPO_4	2	กรัม
Sodium acetate	5	กรัม
Tri-ammonium citrate	2	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	0.2	กรัม
$MnSO_4.4H_2O$	0.2	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

1.4 MRS Agar

Peptone	10	กรัม
Beef Extract	10	กรัม
Yeast Extract	5	กรัม
Glucose	20	กรัม
Tween 80	1	มิลลิลิตร
K_2HPO_4	2	กรัม

Sodium acetate	5	กรัม
Tri-ammonium citrate	2	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	0.2	กรัม
$MnSO_4.4H_2O$	0.2	กรัม
Agar	18	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

1.5 Tomato Juice Broth

Tryptone	10	กรัม
Yeast Extract	10	กรัม
Filtered tomato juice	200	มิลลิลิตร
(ปรับ pH เป็น 7.0)		
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ปรับ pH เป็น 7.2

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

1.6 Tomato Juice Agar (TJA)

Tryptone	10	กรัม
Yeast Extract	10	กรัม
Filtered tomato juice	200	มิลลิลิตร
(Adjust pH 7.0)		
Agar	15	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

Adjust pH final to 7.2

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

2. การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *S. thermophilus*

2.1 การเตรียมตัวอย่างอาหาร

ใช้พายโลหะที่ปราศจากเชื้อ ตักตัวอย่างอาหารน้ำหนัก 10 กรัม ใส่ในขวด เติมสารละลาย Peptone 0.1% จำนวน 90 มิลลิลิตรลงไป เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 (10^{-1}) แล้วทำการเจือจางตัวอย่างแบบอนุกรมจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม

2.2 การเพาะเชื้อ

ทำการเพาะเชื้อด้วยอาหาร TJA โดยวิธีการ pour plate แล้วนำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 36-48 ชั่วโมง

2.3 การตรวจนับปริมาณเชื้อ

นับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี

3. การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus*

3.1 การเตรียมตัวอย่างอาหาร

ใช้พายโลหะที่ปราศจากเชื้อ ตักตัวอย่างอาหารน้ำหนัก 10 กรัม ใส่ในขวด เติมสารละลาย Peptone 0.1% จำนวน 90 มิลลิลิตรลงไป เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 (10^{-1}) แล้วทำการเจือจางตัวอย่างแบบอนุกรมจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม

3.2 การเพาะเชื้อ

ทำการเพาะเชื้อด้วยอาหาร MRS agar โดยวิธีการ pour plate แล้วเททับผิวหน้าด้วย agar 2% แล้วนำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24-36 ชั่วโมง

3.4 การตรวจนับปริมาณเชื้อ

นับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี

ภาคผนวก ข

การเตรียมเชื้อ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus*

1. การเตรียมเชื้อ *S. thermophilus*

1.1 ถ่ายเชื้อ *S. thermophilus* บน tomato juice agar slant อายุ 24 ชั่วโมง ในหลอดทดสอบ มาเพาะลงในอาหาร tomato juice broth ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เขย่าให้เข้ากัน ปรับความขุ่นของเซลล์ซัสเพนชั่น (cell suspension) ให้มีค่าอยู่ในช่วง 420-440 NTU ด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ

1.2 ตรวจหาปริมาณเชื้อ *S. thermophilus* ในเซลล์ซัสเพนชั่นที่เตรียมได้ โดยใช้ tomato juice agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36-48 ชั่วโมง

2. การเตรียมเชื้อ *L. bulgaricus*

1.1 ถ่ายเชื้อ *L. bulgaricus* บน MRS agar slant อายุ 24 ชั่วโมง ในหลอดทดสอบ มาเพาะลงในอาหาร MRS broth ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เขย่าให้เข้ากัน ปรับความขุ่นของเซลล์ซัสเพนชั่น (cell suspension) ให้มีค่าอยู่ในช่วง 370-410 NTU ด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ

1.2 ตรวจหาปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* ในเซลล์ซัสเพนชั่นที่เตรียมได้ โดยใช้ MRS agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-36 ชั่วโมง

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อ..... วันที่.....

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตเสริมใยอาหาร

คำแนะนำ: ให้ผู้ทดสอบทำการประเมินความชอบต่อตัวอย่าง และกรุณาให้คะแนนตามระดับความชอบต่อตัวอย่างในคอลัมน์ที่ว่างไว้

คะแนน: 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

ลักษณะ							
สี							
ลักษณะที่ปรากฏ							
เนื้อสัมผัส							
กลิ่น							
รสชาติ							
การยอมรับรวม							

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณค่ะ

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ตารางผนวก 1 การเปลี่ยนแปลง pH และปริมาณกรดแลคติกเมื่อใช้หัวเชื้อในปริมาณที่แตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	pH			กรดแลคติก (ร้อยละ)		
	ปริมาณเชื้อ (ร้อยละ)			ปริมาณเชื้อ (ร้อยละ)		
	1	2	3	1	2	3
0	6.53±0.01^{a}	6.52±0.01^{a}	6.51±0.01^{b}	0.13±0.01^{b}	0.14±0.01^{a}	0.15±0.00^{a}
2	6.35±0.01^{a}	6.34±0.01^{b}	6.12±0.01^{c}	0.16±0.00^{b}	0.16±0.00^{b}	0.19±0.01^{a}
4	5.85±0.05^{a}	5.47±0.01^{b}	5.17±0.06^{c}	0.30±0.01^{c}	0.44±0.01^{b}	0.51±0.01^{a}
6	5.11±0.01^{a}	4.99±0.01^{b}	4.8±0.01^{c}	0.53±0.01^{b}	0.54±0.01^{b}	0.56±0.01^{a}
8	4.86±0.02^{a}	4.76±0.01^{b}	4.75±0.01^{c}	0.55±0.01^{b}	0.55±0.01^{b}	0.62±0.01^{a}
10	4.69±0.02^{a}	4.57±0.01^{b}	4.46±0.01^{c}	0.56±0.02^{b}	0.58±0.01^{b}	0.65±0.01^{a}
12	4.56±0.02^{a}	4.47±0.01^{b}	4.37±0.01^{c}	0.61±0.01^{c}	0.62±0.01^{b}	0.66±0.01^{a}
14	4.50±0.01^{a}	4.37±0.01^{b}	4.31±0.01^{c}	0.62±0.01^{c}	0.64±0.01^{b}	0.68±0.01^{a}
16	4.40±0.01^{a}	4.26±0.01^{b}	4.23±0.01^{c}	0.65±0.01^{c}	0.68±0.01^{b}	0.71±0.01^{a}
18	4.33±0.01^{a}	4.23±0.01^{b}	4.21±0.01^{c}	0.67±0.01^{c}	0.70±0.01^{b}	0.71±0.01^{a}
20	4.23±0.01^{a}	4.19±0.01^{b}	4.14±0.01^{c}	0.68±0.01^{c}	0.71±0.01^{b}	0.72±0.01^{a}
22	4.19±0.01^{a}	4.12±0.01^{b}	4.1±0.01^{c}	0.69±0.00^{c}	0.72±0.01^{b}	0.73±0.01^{a}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตารางผนวก 2 การเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติกเมื่อใช้หัวเชื้อในปริมาณที่แตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	*L. bulgaricus* ปริมาณเชื้อ (ร้อยละ)			*S. thermophilus* ปริมาณเชื้อ (ร้อยละ)		
	0.5	1	1.5	0.5	1	1.5
0	6.65±0.52^{c}	6.97±0.58^{b}	7.12±0.36^{a}	7.40±0.92^{c}	8.03±0.23^{b}	8.12±1.17^{a}
2	6.96±0.37^{c}	7.18±0.44^{b}	7.47±0.38^{a}	7.86±0.21^{c}	8.27±0.95^{b}	8.34±0.28^{a}
4	7.22±0.43^{c}	7.50±1.09^{b}	7.86±0.29^{a}	8.64±0.74^{c}	8.85±0.12^{b}	8.91±0.46^{a}
6	8.46±0.61^{c}	8.72±0.63^{b}	8.91±0.84^{a}	8.82±0.53^{c}	8.96±0.18^{b}	9.01±1.11^{a}
8	8.53±0.48^{c}	8.81±0.24^{b}	9.04±0.76^{a}	8.88±0.31^{c}	9.03±0.26^{b}	9.05±0.94^{a}
10	8.71±0.85^{c}	8.86±0.38^{b}	9.08±0.48^{a}	8.91±0.84^{c}	9.07±0.37^{b}	9.11±1.05^{a}
12	8.78±0.62^{c}	8.92±0.41^{b}	9.11±0.16^{a}	8.99±0.52^{c}	9.10±1.12^{b}	9.18±1.13^{a}
14	8.90±0.41^{c}	8.93±0.86^{b}	9.11±0.21^{a}	9.02±0.28^{c}	9.12±0.64^{b}	9.20±0.58^{a}
16	8.84±0.40^{c}	8.93±0.67^{b}	9.11±1.13^{a}	9.02±0.58^{c}	9.15±0.29^{b}	9.22±1.08^{a}
18	8.83±0.47^{c}	8.91±0.44^{b}	9.06±0.96^{a}	9.04±0.16^{c}	9.16±0.22^{b}	9.23±0.75^{a}
20	8.81±0.38^{c}	8.90±0.19^{b}	9.05±0.75^{a}	9.02±0.45^{c}	9.15±0.15^{b}	9.23±0.62^{a}
22	8.76±0.53^{c}	8.90±0.23^{b}	9.03±0.27^{a}	9.02±0.69^{c}	9.12±0.15^{b}	9.17±0.25^{a}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตารางผนวก 3 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ syneresis ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ปริมาณผงวุ้นน้ำมะพร้าว (ร้อยละ)	ระยะเวลา (วัน)					
	0	3	6	9	12	15
0	32.21±1.82^{a}	33.17±1.94^{a}	33.46±2.11^{a}	34.15±1.58^{a}	35.42±1.65^{a}	37.63±2.04^{a}
2	30.45±1.16^{b}	32.63±1.37^{b}	33.04±2.38^{a}	33.73±2.03^{b}	34.02±1.16^{b}	36.11±1.81^{b}
2.5	29.66±1.34^{c}	30.84±2.04^{c}	31.32±2.29^{b}	31.84±1.47^{c}	32.15±2.54^{c}	33.47±1.66^{c}
3	28.38±2.26^{d}	28.81±1.48^{d}	29.45±1.62^{c}	30.11±2.61^{d}	30.73±1.42^{d}	32.82±1.47^{d}
3.5	27.33±1.97^{e}	28.26±2.37^{e}	28.79±1.77^{d}	29.26±1.35^{d}	30.33±1.37^{d}	31.96±2.61^{e}
4	26.71±1.73^{f}	26.86±1.65^{f}	27.02±2.53^{e}	27.39±1.47^{e}	28.21±1.84^{e}	29.57±1.63^{f}
4.5	24.09±2.08^{g}	24.35±1.83^{g}	24.48±2.19^{f}	24.65±1.21^{f}	26.84±2.22^{f}	28.64±1.72^{g}

หมายเหตุ: $^{a-g}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ภาคผนวก จ

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวณัฐกานต์ เกียรติเมธา
เกิดเมื่อ	18 กรกฎาคม 2527
ภูมิลำเนา	จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2544 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี
	พ.ศ. 2549 วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดนครศรีธรรมราช