20058

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของปริมาณเพคตินและการทดแทนหางนมผงด้วยเวย์ผงต่อคุณภาพโยเกิร์ต

Effects of Pectin Content and Substitution of Skim Milk Powder with Whey on Quality of Yoghurt

โดย

นางสาวฟ้ามุ่ย เกริกกิตติกุล รหัสนักศึกษา 43040183

นางสาวสาวิตรี จันทรจิตต์ รหัสนักศึกษา 43040202

T096698

ได้รับความเห็นชอบจาก

.....ลงชื่อ..... 7/ต.ค./47 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย)

ปพ.
ฟ329พ
2547

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....96698

วัน,เดือน,ปี.....4 OCT 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวฟ้ามุ่ย เกริกกิตติกุล และนางสาวสาวิตรี จันทรจิตต์ 2546 : ผลของปริมาณเพคตินและการทดแทนหางนมผงด้วยเวย์ผงต่อคุณภาพโยเกิร์ต (Effects of Pectin Content and Substitution of Skim Milk Powder with Whey on Quality of Yoghurt). โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. วรรณา ตั้งเจริญชัย

บทคัดย่อ

ศึกษาอัตราส่วนของเพคตินต่อหางนมผงในปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต พบว่าได้อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ เพคติน 0.2 % ต่อ หางนมผง 3% ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 4.02 ค่าความเป็นกรดแลคติค (% Titratable acidity)1.01 % ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ 15.45 ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต 362.01 กรัม ศึกษาอัตราส่วนของเพคตินต่อหางนมผงในปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต พบว่า ได้อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ เพคติน 0.2 % ต่อเวย์ผง 3% ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง 3.98 ค่าความเป็นกรดแลคติค 1.16% ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ 19.62 ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต 316.82 กรัม ศึกษาอัตราส่วนของหางนมผงร่วมกับเวย์ผงในปริมาณที่ เหมาะสมโดยทดแทนหางนมผงด้วยเวย์ผงร่วมกับเพคติน 0.2 %ในการผลิตโยเกิร์ต โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ หางนมผง 1.5 % ต่อ เวย์ผง 1.5% ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 4.09 ค่าความเป็นกรดแลคติค 1.09% ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ 16.22 ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต 361.90 กรัม

ฟ้ามุ่ย เกริกกิตติกุล		
สาวิตรี จันทรจิตต์		7 มี.ค 47
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาจาก รศ.ดร. วรรณา ตั้งเจริญชัย ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าตลอดมา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ ผศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม อ. นภัสรพี เหลืองสกุล ที่ช่วยแก้ไขและกรุณาให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณพี่ๆ นักศึกษาปริญญาโท และเพื่อนๆนักศึกษาปริญญาตรีที่ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ และยังใจกำลังใจข้าพเจ้าตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณและขอรำลึกถึงพระคุณของบิดามารดาพี่น้องที่ให้การสนับสนุนและยังเป็นกำลังใจต่อข้าพเจ้ามาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปัญหาพิเศษฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีอุปการะคุณทุกท่าน

นางสาว ฟ้ามุ่ย เกริกกิตติกุล
นางสาว สาวิตรี จันทรจิตต์
3 เมษายน 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 คำนำ	
- คำนำ	
- วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	
- โยเกิร์ต	2
- การแบ่งชนิดโยเกิร์ต	2
- คุณค่าอาหารและคุณประโยชน์ของโยเกิร์ต	4
- การเตรียมส่วนผสม	6
- การสร้างกรดแลคติค	10
- หน้าที่ของหัวเชื้อแลคติค	11
- เวย์โปรตีน	11
- รูปแบบของเวย์	12
- องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เวย์โปรตีน	13
- คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเวย์โปรตีน	14
- เพคติน	17
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	19
บทที่ 4 ผลการทดลอง	24
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

เอกสารอ้างอิง 41

ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก 43
- ภาคผนวก ข 45
- ภาคผนวก ค 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.การสร้างกรดแลคติคโดยแบคทีเรียกรดแลคติค	10
2.โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน	17
3. กระบวนการผลิตโยเกิร์ตสูตรพื้นฐาน	20
4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดและความเป็นกรดด่าง(pH) ณ อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส ในระหว่างการหมัก	24
5. กราฟแสดงการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ต ณ อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาบ่มที่แตกต่างกัน	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. การจำแนกชนิดของโยเกิร์ตตามปริมาณไขมัน	2
2. เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างนมกับโยเกิร์ต	5
3. เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ต	9
4. องค์ประกอบและคุณสมบัติของเวย์โปรตีน	12
5. Typical Compositions of Whey Product (% Dry Basis)	14
6. ค่าความเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ	26
7. ค่าความเป็นกรดแลคติคของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ	27
8. ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ	28
9. ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต(กรัม) ที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ	29
10. คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของโยเกิร์ต ที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ	30
11. คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของโยเกิร์ต ที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ที่คัดเลือกมา	31
12. ค่าความเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ	32
13. ค่าความเป็นกรดแลคติคของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ	32
14. ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ หน้า

15. ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม)ที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ 34
16. คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของโยเกิร์ต ที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ 35
17. คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของโยเกิร์ต ที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับที่ คัดเลือกมา 36
18. ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมีและด้านกายภาพของโยเกิร์ตที่ใช้ อัตราส่วนเวย์ผงทดแทนหางนมผงในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับปริมาณเพคติน ที่ระดับ 0.2 % 37
19. คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของโยเกิร์ต ใช้อัตราส่วนเวย์ผงทดแทนหางนมผงในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับปริมาณ เพคตินที่ระดับ 0.2 % 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
คำนำ

คำนำ

โยเกิร์ต (yoghurt) เป็นผลิตภัณฑ์นมผ่านการหมักด้วยเติมเชื้อจุลินทรีย์ที่ ปัจจุบันมีผู้นิยมบริโภคโยเกิร์ตแพร่หลายทั่วโลก เนื่องจากคุณสมบัติของโยเกิร์ตมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีนเคซีนในโยเกิร์ตมีประโยชน์ต่อร่างกายเนื่องจากถูกย่อยสลายง่ายกว่าโปรตีน เคซีนในน้ำนมสดถึง 2-3 เท่า ทั้งนี้เป็นผลมาจากแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตช่วยย่อยสลายเคซีนบางส่วน ทำให้โปรตีนเคซีนอยู่ในสภาพที่ย่อยสลายและดูดซึมเข้าร่างกายได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีปริมาณแคลเซียมค่อนข้างสูงจึงช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง รวมทั้งมีกรดแลคติกช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสได้ดียิ่งขึ้น (นรินทร์, 2531)

ปัจจุบันต้นทุนด้านวัตถุดิบในการผลิตโยเกิร์ตสูง ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงตามไปด้วย จึงได้มีการหาแหล่งวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีราคาถูกเป็นวัตถุดิบในการผลิตโยเกิร์ตแทนการใช้หางนมผง คือ เวย์โปรตีนผง (whey protein powder) เป็นผลิตภัณฑ์นำเข้าเหมือนหางนมผง แต่มีราคาถูกกว่าซึ่งมีหลายชนิดในตลาด ซึ่งมีลักษณะองค์ประกอบต่างๆ เช่น โปรตีน น้ำตาลแลคโตส ไขมัน ในปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเทคนิคและกระบวนการผลิตเวย์โปรตีนผงสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตโยเกิร์ตเพราะให้ลักษณะที่จำเพาะ คือ เป็นโปรตีนที่ทนกรด มีคุณค่าทางโภชนาการและราคาถูก

จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดต้นทุนการผลิตโยเกิร์ตจะลดลง หากมีการลดปริมาณหางนมผงที่ใช้ผลิตโยเกิร์ต โดยใช้เวย์โปรตีนแทนหางนมผงบางส่วน และยังเป็นการใช้ประโยชน์จากเวย์โปรตีนผงซึ่งเป็นของเหลือ (by product) จากอุตสาหกรรมการผลิตเนยแข็งให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของปริมาณเพคตินต่อคุณภาพของโยเกิร์ต
2. ศึกษาผลของการทดแทนหางนมผงด้วยเวย์ผงคุณภาพของโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

1. โยเกิร์ต (yoghurt)

โยเกิร์ต เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งของผลิตภัณฑ์นมหมักที่เกิดขึ้นหลังเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงไป มีชื่อที่ใช้เรียกนมที่มีการเติมจุลินทรีย์ว่า นมเติมจุลินทรีย์ (cultured milk) ในประเทศยุโรปมีผลิตภัณฑ์นมเติมเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด ทั้งที่อยู่ในรูปของเครื่องดื่มและอยู่ในรูปของแข็งหรือกึ่งเหลว

ถึงแม้ว่าจะไม่มีหลักฐานเด่นชัดเกี่ยวกับต้นกำเนิดโยเกิร์ต แต่เชื่อกันมานานแล้วว่าโยเกิร์ตมีคุณค่าทางอาหารสูงและมีผลดีต่อสุขภาพมนุษย์ ยืนยันได้จากตามความเชื่อของชาวเปอร์เซียพบว่าสุลต่านมีอายุยืนเนื่องจากเสวยโยเกิร์ตทุกวัน พระจักรพรรดิ์ฟรานซิสที่ 1 ของฝรั่งเศสทรงตรัสว่าการบริโภคโยเกิร์ตที่ทำจากนมแพะทุกวันจะสามารถรักษาโรคอ่อนเพลียได้ (Tamime และ Robinson , 1985)

2. การแบ่งชนิดของโยเกิร์ต

โยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นในปัจจุบันมีหลายชนิด ขึ้นกับคุณลักษณะที่ใช้ในการจำแนก โดยสามารถจำแนกชนิดของโยเกิร์ตได้ดังนี้

2.1 จำแนกตามปริมาณไขมันในโยเกิร์ต โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจำแนกชนิดของโยเกิร์ตตามปริมาณไขมัน

ชนิดของโยเกิร์ต	ปริมาณไขมันในโยเกิร์ต			
	อังกฤษ	เยอรมัน	สหรัฐอเมริกา	ออสเตรเลีย
โยเกิร์ตไขมันต่ำมาก	ต่ำกว่า 0.5%	ต่ำกว่า 0.3%	ต่ำกว่า 0.5%	ไม่เกิน 0.2%
โยเกิร์ตไขมันปานกลาง	1.5-2.0%	1.5-1.8%	0.5-2.0%	0.7-1.3%
โยเกิร์ตไขมันเต็ม	-	ไม่น้อยกว่า 3.5%	อย่างน้อย 3.25%	ไม่น้อยกว่า 2.0%
โยเกิร์ตไขมันสูง	-	ไม่น้อยกว่า 10%	-	-

ที่มา : สุรีย์, 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 จำแนกตามกรรมวิธีการผลิต

2.2.1 เซทโยเกิร์ต (set yoghurt) หมายถึง โยเกิร์ตชนิดที่บรรจุทันทีหลังจากเติมจุลินทรีย์ โดยให้จุลินทรีย์ทำปฏิกิริยาการหมักในภาชนะบรรจุ เมื่อหมักจนได้ที่แล้วทำให้เย็นพร้อมที่จะจัดจำหน่าย

2.2.2 สเตอร์โยเกิร์ต (stirred yoghurt) เป็นโยเกิร์ตชนิดบรรจุหลังการหมัก หมายถึง โยเกิร์ตที่มีการเติมจุลินทรีย์ลงในน้ำนมแล้วปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาหลังการหมักในถังใหญ่ เมื่อหมักจนได้ที่แล้วทำให้เย็นลง และบรรจุในภาชนะขนาดเล็กเพื่อจัดจำหน่าย โยเกิร์ตชนิดนี้โครงสร้างของเจลจะถูกทำให้แตกก่อนบรรจุ

2.3 จำแนกตามกลิ่นรส

2.3.1 โยเกิร์ตชนิดธรรมดา (plain yoghurt หรือ natural yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ไม่ได้เติมกลิ่นรสและผลไม้ลงไป กลิ่นรสของโยเกิร์ตจะเป็นไปโดยธรรมชาติ แต่บางครั้งอาจมีรสเปรี้ยวมาก

2.3.2 โยเกิร์ตชนิดผสมผลไม้ (fruit yoghurt) เป็นโยเกิร์ตชนิดที่มีการเติมผลไม้ลงไปในโยเกิร์ตชนิดธรรมดา โดยอาจเติมในรูปของผลไม้แช่อิ่ม หรือแยมก็ได้ ถ้าเป็นเซทโยเกิร์ตผลไม้จะอยู่ที่ก้นภาชนะ แต่ถ้าเป็นสเตอร์โยเกิร์ตจะทำให้ผลไม้กระจายทั่ว

2.3.3 โยเกิร์ตชนิดปรุงแต่งกลิ่นรส (flavored yoghurt) เป็นโยเกิร์ตชนิดที่มีการเติมน้ำตาลหรือสารให้ความหวานชนิดอื่นหรือการเติมสารให้กลิ่นรสและสีลงไปในโยเกิร์ตชนิดธรรมดา

2.4 จำแนกตามกรรมวิธีหลังการหมัก

กรรมวิธีหลังการหมักทำให้เกิดโยเกิร์ตขึ้นอีกหลายชนิด เช่น โยเกิร์ตพาสเจอไรส์ โยเกิร์ตยูเอชที โยเกิร์ตเข้มข้น โยเกิร์ตแช่แข็ง และโยเกิร์ตแห้ง

2.4.1 โยเกิร์ตพาสเจอไรส์ และโยเกิร์ตยูเอชที (pasteurized yoghurt และ UHT yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ผ่านความร้อนหลังจากหมัก การให้ความร้อนจะทำลายจุลินทรีย์สตาร์ทเตอร์ในโยเกิร์ต และทำให้สารประกอบที่ระเหยได้ในโยเกิร์ตลดลง

2.4.2 โยเกิร์ตเข้มข้น (concentrated yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่มีการขจัดน้ำบางส่วนออกทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 24%

2.4.3 โยเกิร์ตแช่แข็ง (frozen yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ผ่านการแช่แข็งหลังจากหมัก โยเกิร์ตชนิดนี้จะมีลักษณะคล้ายไอศกรีม ในบางกรณีอาจเติมน้ำตาลและสารคงตัวลงไปด้วย

2.4.4 โยเกิร์ตแห้ง (dried yoghurt) โยเกิร์ตชนิดนี้จะผ่านการทำแห้ง ซึ่งอาจทำโดยวิธีตากแดด (sun-drying) หรือสเปรย์ดราย (spray-drying) หรือ ฟรีสดราย (freeze-drying) ในกรณีของโยเกิร์ตที่ทำโดยการตากแดดนั้นมักทำกันในแถบชนบท เช่น ในตะวันออกกลาง เพื่อที่จะถนอมโยเกิร์ตให้เก็บไว้ได้นาน ส่วนในอุตสาหกรรมจะทำแห้งโดยใช้สเปรย์ดราย หรือ ฟรีสดราย

นอกจากโยเกิร์ตที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นแล้ว ยังมีโยเกิร์ตแคลอรีต่ำ (low-calorie yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ให้พลังงานต่ำ ปกติโยเกิร์ตชนิดธรรมดาจะให้พลังงาน 250-335 กิโลจูลต่อ 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากโยเกิร์ตที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นแล้ว ยังมีโยเกิร์ตแคลอรีต่ำ (low-calorie yogurt) เป็นโยเกิร์ตที่ให้พลังงานต่ำ ปกติโยเกิร์ตชนิดธรรมดาจะให้พลังงาน 250-335 กิโลจูลต่อ 100 กรัม และโยเกิร์ตผสมผลไม้จะให้พลังงานประมาณ 420 กิโลจูลต่อ 100 กรัม ส่วนโยเกิร์ตแคลอรีต่ำที่ประกอบด้วยของแข็งปราศจากไขมัน 9% ไขมัน1% และสารคงตัว 0.5-1.0% (ใช้คาราจีแนน และเจลาตินในอัตราส่วน 1:1) โยเกิร์ตชนิดนี้จะให้พลังงานประมาณ170 กิโลจูลต่อ 100 กรัม และเมื่อเร็วนี้ได้มีการใช้เอนไซม์บีต้า-ดี กาแลคโตซิเดส ในการผลิตโยเกิร์ตชนิดแลคโตสต่ำ ซึ่งน้ำตาลแลคโตสในนมจะถูกไฮโดรไลส์ด้วยเอนไซม์ชนิดนี้ ทำให้มีความหวานเพิ่มขึ้นโดยไม่ต้องเติมน้ำตาล (สุรีย์, 2539)

ลักษณะโยเกิร์ตที่ดีมีเนื้อสัมผัสเนียนไม่เป็นเม็ดหรือเนื้อทราย (sandy) มีความแน่นของลิ่มนมและมีความหนืดที่มากพอ ดังนั้นจึงได้มีการใช้สารให้ความคงตัว (stabilizers) เพื่อรักษาลักษณะที่ดีของโยเกิร์ตให้คงอยู่ เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความคงตัวสม่ำเสมอ (consistency) ลักษณะปรากฏทางโครงสร้าง (appearance of structure) และลดปัญหาการแยกชั้นของน้ำเวย์ (syneresis) คุณลักษณะที่ดีของสารให้ความคงตัวคือ ไม่มีกลิ่น มีประสิทธิภาพในช่วงความเป็นกรดด่าง (pH) ต่ำ และกระจายได้ดีในอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนม (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532) นิยมใช้ เพคตินเป็นสารให้ความคงตัวในโยเกิร์ต เนื่องจากมีความเสถียร (stability) ในช่วงความเป็นกรดเท่ากับ 4-4.5 (อภิญญา, 2542)

3. คุณค่าทางอาหารและคุณประโยชน์ของโยเกิร์ต

ลักษณะที่ดีของโยเกิร์ตจะมีลักษณะเป็นเคิร์ด (curd) คล้ายคัสตาร์ด ผิวเรียบ อ่อนนุ่มมีรสเปรี้ยวพอเหมาะ ให้กลิ่นรสที่เกิดจากกรดแลคติค กรดแอซิติก แอซิตัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นกลิ่นรสตามธรรมชาติหรืออาจมีกลิ่นรสตามแต่จะปรุงแต่งให้ชวนรับประทาน โยเกิร์ตเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่านมสดดังแสดงในตารางที่ 2 โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนเคซีนในโยเกิร์ตมีประโยชน์ต่อร่างกายมาก เนื่องจากถูกย่อยสลายง่ายและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้มาก นอกจากนี้โยเกิร์ตยังมีแคลเซียมในปริมาณค่อนข้างสูง จึงช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง รวมทั้งกรดแลคติคที่ช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสได้ดียิ่งขึ้น สำหรับผู้ที่บริโภคโยเกิร์ตเป็นประจำจะทำให้สุขภาพสมบรูณ์ แข็งแรง และอายุยืน คุณประโยชน์ของโยเกิร์ตสามารถสรุปได้ ดังนี้ (Deeth และ Tamime, 1981)

ก. ช่วยระบบย่อยอาหาร อาการท้องผูก หยุดอาการท้องร่วง คนสูงอายุมักมีกรดในกระเพาะน้อย กรดแลคติคในโยเกิร์ตจะเข้าไปแทนที่กรดในกระเพาะที่ขาดไปทำให้การย่อยอาหารดีขึ้น

ข. มีวิตามิน B มากช่วยให้มีภูมิต้านทานโรค และช่วยสร้างเม็ดเลือด ทำให้อารมณ์แจ่มใส

ค. มีแคลเซียมทำให้คนแก่ช้าลง ฟันและกระดูกแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. ทำลายวิตามินซึ่งเป็นสารที่อยู่ในลำไส้ ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการแพ้ เช่น ลมพิษ

จ. ช่วยลดระดับคอเรสเตอรอลในเลือด โดยเชื่อว่าในโยเกิร์ตมีสารเคมีที่ชื่อว่าไฮดรอกซีเมทิลกลูทาเรด (hydroxy methlglutarate) ที่ได้จากการสร้างของเชื้อโยเกิร์ต ซึ่งสารนี้จะมีคุณสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์คอเรสเตอรอสในร่างกาย

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างนมกับโยเกิร์ต

องค์ประกอบ (หน่วย/100 กรัม)	Whole milk	Skim milk	Full fat yoghurt	Low fat yoghurt	Fruit yoghurt
กิโลแคลอรี่	67.50	36.00	72.00	64.00	98.00
โปรตีน (กรัม)	3.50	3.30	3.90	4.50	5.00
ไขมัน (กรัม)	4.20	0.13	3.40	1.60	1.25
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	4.75	5.10	4.90	6.50	18.60
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	119.00	121.00	145.00	150.00	176.00
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	94.00	95.00	114.00	118.00	153.00
โซเดียม (มิลลิกรัม)	50.00	52.00	47.00	51.00	-
โปแทสเซียม (มิลลิกรัม)	152.00	145.00	186.00	192.00	254.00
วิตามินเอ (IU)	148.00	-	140.00	70.00	-
Thaimin (บี1) (ไมโครกรัม)	37.00	40.00	30.00	42.00	-
Riboflavin (บี2) (ไมโครกรัม)	160.00	180.00	190.00	200.00	-
Pyridoxine (บี6) (ไมโครกรัม)	46.00	42.00	46.00	46.00	-
Cyanocobalamine (ไมโครกรัม)	0.39	0.40	-	0.23	-
วิตามินซี(มิลลิกรัม)	1.50	1.00	-	0.70	-
วิตามินดี (IU)	1.20	-	-	-	-
วิตามินอี (IU)	0.13	-	-	-	-

ที่มา : Deeth และ Tamime, 1981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเตรียมส่วนผสม

องค์ประกอบของน้ำนมแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันเมื่อนำมาผ่านกระบวนการหมักจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่างกัน เช่น เมื่อไขมันในน้ำนมมีปริมาณสูงกว่าที่ต้องการจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นมัน นอกจากนี้แล้วน้ำตาลแลคโตสที่มีอยู่ในน้ำนมจะถูกใช้เป็นแหล่งอาหารของหัวเชื้อ ส่วนโปรตีนเป็นสาเหตุทำให้เกิดการตกตะกอน (coagulum) ซึ่งมีผลต่อความหนืดและความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานจึงจำเป็นต้องปรับคุณภาพของน้ำนมก่อนการหมัก (กัณฐวุฒิ, 2545) ดังนี้

4.1 การปรับปริมาณไขมันในน้ำนม

การปรับปริมาณไขมันในน้ำนมใช้หลักการของเพียสันส์สแควร์ (Pearson's square) ซึ่งมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้ (กัณฐวุฒิ, 2545)

ตัวอย่าง ถ้าต้องการใช้ครีมที่มีไขมันร้อยละ 50 และนมผงขาดมันเนยที่มีไขมันร้อยละ 0.1 ในการเตรียมโยเกิร์ตที่มีไขมันร้อยละ 1.5 ประมาณ 100 ลิตร จะต้องใช้ส่วนผสมทั้ง 2 ชนิดในปริมาณเท่าใด

ครีม	50		1.5 – 0.1 = 1.4
		1.5	
นมผงขาดมันเนย	0.1		50 - 1.5 = 48.5
ดังนั้นต้องใช้ครีม		1.4*100/49.9	= 2.81 กรัม
ต้องใช้นมผงขาดไขมัน		48.5*100/49.9	= 97.19 กรัม
รวมนมที่ปรับปริมาตรทั้งหมด			= 100 กรัม

4.2 การปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนม (Solid non fat)

ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในน้ำนมซึ่งได้แก่ น้ำตาลแลคโตส โปรตีน และเกลือแร่ มีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกายภาพและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะความหนืดและความสม่ำเสมอของลิ่มนม ถ้าปริมาณของแข็งในส่วนผสมมีมากผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็จะมีความข้นหนืดมากขึ้นด้วย แต่ถ้าของแข็งทั้งหมดมีมากกว่า 25 % ขึ้นไป พบว่ามีผลทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 14-15 % โยเกิร์ตต้องการของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันอยู่ในช่วง 8.2-8.6 % การผลิตในอุตสาหกรรมต้องการปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน(น้ำตาลแลคโตส โปรตีน และเกลือแร่) ในน้ำนมน้อยที่สุดเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านต้นทุนการผลิต

สามารถเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมด ในการเตรียมส่วนผสมได้โดยวิธีการต่างๆ เช่น Traditional process เป็นการให้ความร้อนต่อนมซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันมานาน การเติมนมผง (milk powder), butter milk powder, casein powder, การทำให้เข้มข้นโดยการระเหยวิธีนี้จะใช้วิธี single plate evaporator เป็นการระเหยน้ำออก 10 % ถึง 25 % การทำให้เข้มข้นขึ้นโดยการใช้วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

membrane filtration ที่นิยมใช้ คือ reverse osmosis (RO) และ ultrafiltration (UF) และอีกวิธีหนึ่ง คือ การเติมเวย์โปรตีนผงซึ่งเริ่มใช้ในอุตสาหกรรมเนยแข็ง(cheese) และมีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และผลิตภัณฑ์นม เวย์ผงมีหลายชนิดในตลาดมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเทคนิคและกระบวนการผลิตก่อนกระบวนการทำแห้ง เช่น การ demineralization ซึ่งเป็นการทำให้เวย์โปรตีนบริสุทธิ์ขึ้นโปรตีนเข้มข้นเพิ่มขึ้นโดยใช้เทคโนโลยี membrane และ ion exchange ในผลิตภัณฑ์อาหารพบว่า หากเติมเวย์โปรตีนผงมากเกินไปซึ่งเป็นรสชาติที่ไม่ต้องการ (กัณฐวุฒิ, 2545)

4.3 การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization)

กระบวนการที่ทำให้น้ำนมเป็นเนื้อเดียว หมายถึง การที่เม็ดไขมันในน้ำนมได้ถูกทำให้เป็นขนาดเดียวกันทั้งหมด ซึ่งการลดขนาดของเม็ดไขมันนี้อาจทำให้ลดลงถึง 10 เท่า จากการที่มีโมเลกุลเล็กลงนี้มีผลทำให้ไขมันในน้ำนมไม่มีการลอยตัว ผลของการโฮโมจีไนส์น้ำนมจะมีผลทำให้จำนวนเม็ดไขมันเล็กๆ มีปริมาณมากกว่าเม็ดไขมันในน้ำนมที่ไม่ได้โฮโมจีไนส์ถึง 10,000 เท่า การแตกตัวของก้อนไขมันนี้มีมากจนแทบจะไม่มีเยื่อหุ้มที่จะหุ้มเม็ดไขมัน จึงมีไขมันบางตัวไม่มีผนังหุ้มต้องใช้เวลาพอสมควรจึงจะมีการสร้างผนังหุ้มก้อนไขมันเล็กๆเหล่านี้ ดังนั้นถ้าปริมาณไขมันของน้ำนมสูงมากจะทำให้การเกิดผนังหุ้มเกิดไม่ทันทำให้มีการรวมตัวกันเป็นเม็ดไขมันใหญ่ๆได้อีก แต่ถ้าปริมาณไขมันมีน้อยก็จะไม่เกิดปัญหานี้ เพราะมีเวลาเพียงพอให้มีการสร้างผนังหุ้มไขมันได้ทัน อุณหภูมิที่ใช้ในการโฮโมจีไนส์มีบทบาทต่อการเกิดเม็ดด้วย ถ้าอุณหภูมิสูงจะเกิดเป็นเม็ดน้อยลง ระบบโฮโมจีไนส์อาจทำได้ 2 ลักษณะ คือ ทั้งหมดหรือบางส่วน ในการโฮโมจีไนส์ทั้งหมดนี้น้ำนมจะได้รับการดำเนินการทั้งหมด ซึ่งจะเป็นน้ำนมที่มีปริมาณไขมันน้อยจึงไม่มีการจับตัวของไขมันเป็นเม็ดเลย เรียกว่า น้ำนมไมโครไนซ์ (Micronized Milk) กระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน มีผลต่อคุณภาพของน้ำนมในด้านการเป็นสารอิมัลชั่น น้ำนมที่มีการปรับองค์ประกอบส่วนผสมของนมเพื่อให้ได้คุณภาพตามต้องการจะถูกผ่านเครื่องโฮโมจีไนส์เซอร์ความเร็วสูง โดยจะผ่านช่องเปิดเล็กๆ ภายใต้ความดันสูงภายหลังจากผ่านการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้นมที่ผ่านการหมักมีเนื้อสัมผัสเนียนมากขึ้น มีกลิ่นรสที่เป็นครีม การเลือกใช้โฮโมจีไนส์เซอร์จะขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันที่มีอยู่ในน้ำนม (กัณฐวุฒิ, 2545)

4.4 การให้ความร้อน (heat treatment)

การให้ความร้อนจะมีผลต่อส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ดังนี้

ก. ความร้อนจะทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคหรือจุลินทรีย์อื่นๆ ที่ไม่ต้องการซึ่งความร้อนที่ใช้มักเพียงพอต่อการทำลายเซลล์จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่อยู่ในนมดิบเท่านั้นแต่สปอร์หรือเอนไซม์ที่ทนความร้อนได้ยังคงมีเหลืออยู่ในนม อย่างไรก็ตามน้ำนมที่ผ่านความร้อนจะมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตที่ดีของหัวเชื้อโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. เนื่องจากกิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคต้องการอากาศในปริมาณเพียงเล็กน้อย ผลของความร้อนจะช่วยกำจัดอากาศที่มีอยู่ในนมเพื่อทำให้สภาวะแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคมากยิ่งขึ้น

ค. ทำให้อุณหภูมิเหมาะสมสำหรับการเจริญของหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคซึ่งมีกิจกรรมหมักที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส

ง. ทำให้โปรตีนในนมถูกทำลาย (breakdown product) เกิดสารที่มีโมเลกุลเล็กลง อาจเป็นสารที่ไปช่วยเร่งกิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคได้

จ. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำนม โดยทำให้โปรตีนที่มีอยู่ในน้ำนม ซึ่งได้แก่พวก albumin และ globulin ที่เสียสภาพธรรมชาติแล้วตกตะกอน อีกทั้งยังก่อให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุล casein เกิดเป็นร่างแหในลักษณะสามมิติขึ้น โดยร่างแหนี้จะจับกับโปรตีนหางนม (whey protein) ทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีความหนืดมากขึ้น (กัณฐวุฒิ, 2545)

น้ำนมที่ผ่านความร้อนแล้วจะทำให้มีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญที่ดีของหัวเชื้อ โยเกิร์ตดังแสดงในตารางที่ 3 แสดงถึงเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนม เมื่อส่วนผสมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตต่างๆกัน ในผลิตภัณฑ์นมเมื่อมีการปั่นแยกเอาครีมออกจากน้ำนม ไขมันส่วนของครีม เคซีน จะอยู่ในส่วนของหางนมผงแต่ในผลิตภัณฑ์เนยแข็ง เมื่อนำน้ำนมเวย์ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เรนเนทส่วนใหญ่เคซีนตกตะกอนไปอยู่ในเนยแข็ง นอกนั้นจะไปอยู่ในเวย์ (whey) มีการนำเคซีนไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ส่วนผสมของพลาสติกทำให้พลาสติกที่มีคุณภาพดีมาก ไม่มีกลิ่น สามารถตัดเป็นรูปร่างและขนาดที่ต้องการได้ง่ายและไม่ติดไฟ สามารถใช้แทนพวกเซลลูลอยด์และเขาสัตว์ได้ นำไปใช้ทำเครื่องใช้อุตสาหกรรม อาจได้จากการตกตะกอนหางนมด้วยกรดหรือเอนไซม์เรนเนท พอเกิดเป็นก้อนเคซีน แล้วปล่อยน้ำทิ้งไปแล้วจึงนำมาทำให้แห้ง บดให้ละเอียดก็จะสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆได้มากมายตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ต

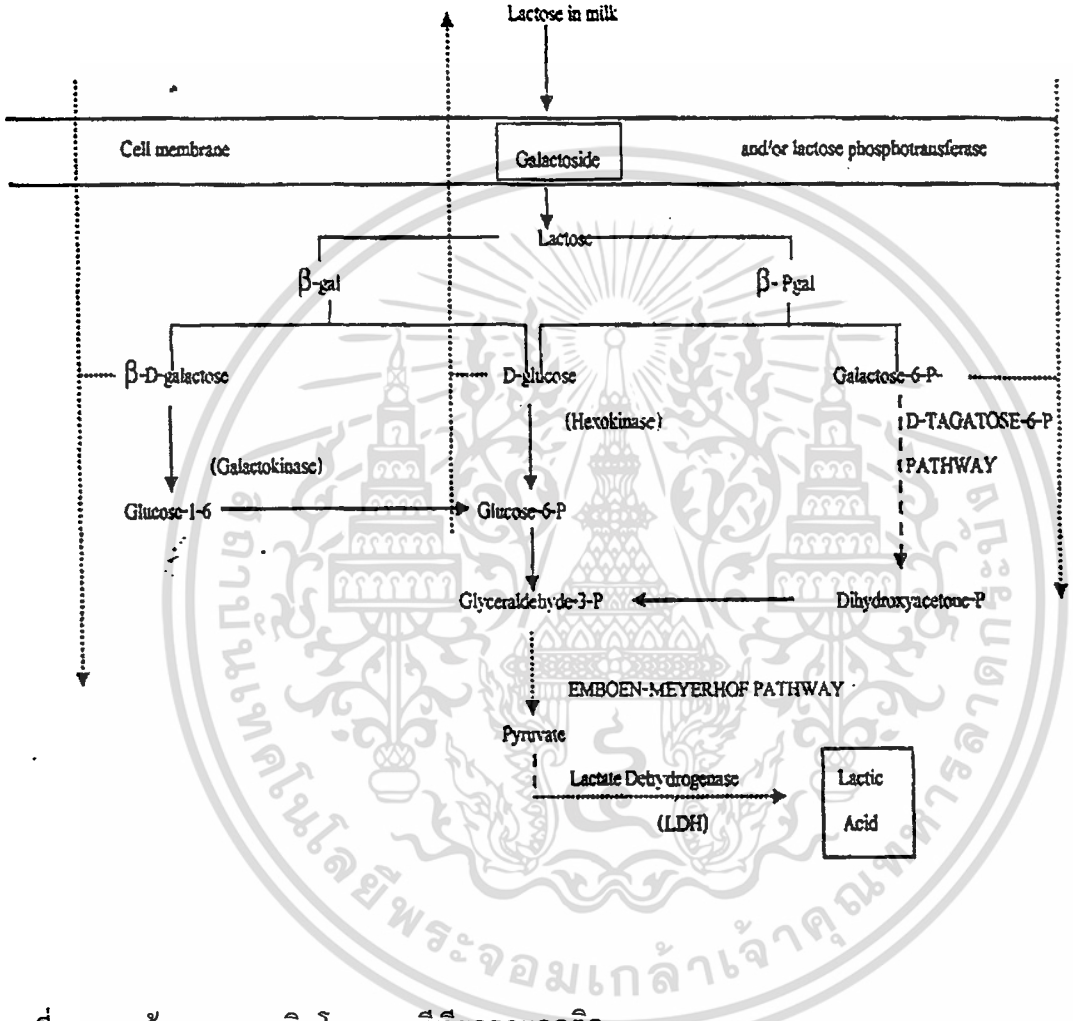
เวลา	อุณหภูมิ °C	กระบวนการ	ผลที่ได้
30 นาที	65	Low Temperature Long Time (Holder method)	ทำลายจุลินทรีย์ร้อยละ 99
15 วินาที	72	High Temperature Short Time(HTST)	
30 นาที	85	High Temperature Long Time(HTLT)	ทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดและสปอร์บางส่วน
5 นาที	90-95	Very High Temperature Short Time (VHTST)	
20 นาที	110-115	Conventional sterilization(in-bottle)	ทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดและสปอร์เกือบทั้งหมด
3 นาที	115	Low Temperature UHT (GEA Ahlborn Gimbh)	ทำลายจุลินทรีย์ ,สปอร์ได้ทั้งหมด ยกเว้นการฆ่าเชื้อแบบยูเอชทีที่อุณหภูมิต่ำ
16 วินาที	135	Long time UHT(Stork-Amsterdam)	
1-2 วินาที	140	UHT	
0.8 วินาที	150	UHT French process(ATAD)	

ที่มา : Tamime และ Robinson , 1985

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การสร้างกรดแลคติค

การสลายตัวของแลคโตสโดย *S. thermophilis* และ *L. bulgaricus* ส่วนใหญ่จะได้กรดแลกติค ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารและคุณประโยชน์ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การสร้างกรดแลคติคโดยแบคทีเรียกรดแลคติค

ที่มา : Tamime and Robinson, 1985

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หน้าที่ของหัวเชื้อแบคทีเรียแลคติค

หัวเชื้อมีหน้าที่ดังนี้

ก. สร้างกรดโดยการหมักกับน้ำตาลต่างๆ เป็นตัวหลักที่ทำให้สภาวะความเป็นกรดด่างลดลง ซึ่งสำคัญต่อการเกิดลักษณะการจับตัวแข็งเป็นก้อน (clotting phenomenon) และลดหรือป้องกันการเจริญของเชื้ออื่นๆ

ข. ย่อยสลายโปรตีน มีผลต่อรสชาติและเนื้อสัมผัส

ค. สร้างสารให้กลิ่นรสต่างๆ

ง. สร้างสารต่างๆที่ให้เนื้อสัมผัส(Texturing agent) ซึ่งมีผลต่อความเหนียวและความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์

จ. สร้างสารต่างๆที่มีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์อื่น

7. เวย์โปรตีน (whey protein)

เวย์โปรตีนเป็นส่วนหนึ่งของโปรตีนในนม Neilsen and Ullum (1989) รายงานว่าสารประกอบโปรตีนในนมจับตัวเป็นกลุ่มของสารประกอบไนโตรเจน (nitrogenous substance) มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและเป็นส่วนประกอบสำคัญในโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่เชื่อมต่อกันมากกว่า 100 โมเลกุล สารประกอบไนโตรเจนในนมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein) และกลุ่มโปรตีน (true protein) ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนเวย์ 17 % และเคซีน 78 % สำหรับเคซีนมีคุณสมบัติตกตะกอนโดยเอนไซม์เรนเนท (rennet) ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เนยแข็ง ส่วนโปรตีนของเวย์ยังอยู่ในส่วนของของเหลวที่เรียกว่า น้ำเวย์ (Early, 1992)

เวย์โปรตีนเป็นโปรตีนซึ่งอยู่ในน้ำเวย์ โดยน้ำเวย์เป็นผลพลอยได้จากการผลิตเนยแข็ง น้ำเวย์มีลักษณะเป็นของเหลวใสมีสีค่อนข้างอมเหลือง เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของน้ำเวย์พบว่ามีปริมาณแลคโตสมากกว่าสารอาหารอื่น (Alfa-Laval,1987) จำแนกชนิดของเวย์ตามค่าความเป็นกรดและ pH ออกได้เป็น 3 ชนิด คือ sweet whey , medium acid whey และ acid whey ซึ่งอาจได้มาจาก rennet cheese ที่ใช้เอนไซม์เรนเนทเป็นสารตกตะกอน หรือ acid cheese ที่ใช้กรดเป็นสารตกตะกอน เวย์โปรตีนเป็นโปรตีนชนิดที่มีความทนต่อกรด แต่ไม่ทนความร้อนสามารถสูญเสียสภาพได้เนื่องจากความร้อน (Rhim *et.al*,1990) เวย์โปรตีนประกอบด้วย β-lactoglobulin 50% , α-lactalbumin 25% ที่เหลือเป็นโปรตีนชนิดอื่น ๆ ซึ่งรวมถึง Immunoglobulin , proteose-peptone , bovine serum albumin และ β-casein โดยโปรตีนเหล่านี้จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4 องค์ประกอบของเวย์ที่ได้อาจแตกต่างกันได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของนมและขั้นตอนในการผลิตเนยแข็ง (Alan and Jane, 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 องค์ประกอบและคุณสมบัติของเวย์โปรตีน

Protein	Protein of whey protein (%)	Approximate weight contribution (g/litre)	Molecular weight	Isoeletric point	Stability to heat
β-lactoglobulin	55-65	3.3	18,400	5.35-5.49	Heat labile
α-lactalbumin	15-25	1.2	14,200	4.2-4.5	Slightly heat labile
Immunoglobulin	10-15	0.5	80,000-900, 000	5.5-8.3	Very heat labile
bovine serum albumin	5-6	0.3	66 ,300	5.1	Heat stable
proteose-peptone	10-20	0.2	4000-80, 000	5.1-6.0	Heat stable
Soluble casein	1-2	< 0.1	24, 000	4.7	Heat Stable
Minor proteins	< 0.5	< 0.05	30,000-100 ,000	-	-

ที่มา: Marshall and Harper , 1988

8. รูปแบบของเวย์

หลังจากผ่านกระบวนการผลิตสามารถนำเวย์ไปผลิตในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้ (วิสิฐ และทองยศ, 2538)

8.1 เวย์เข้มข้น (concentrated whey) หมายถึงเวย์ที่ได้หลังจากการทำให้เข้มข้นสามารถเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-8 องศาเซลเซียส) ได้เพียง 2-3 วันเท่านั้น อย่างไรก็ตามถ้าเติมสารกันเสียพวกโพแตสเซียมซอร์เบตหรือแคลเซียมโพรพิโอเนต และปรับpHของเวย์ให้เป็น 5.0 ก่อนทำให้เข้มข้นจะสามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ และมีอายุการเก็บยืนยาวขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 เวย์ผง (whey powder) ได้จากการนำเวย์เข้มข้นมาทำให้เป็นผงแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งชนิดลูกกลิ้งหรือพ่นฝอย ปัญหาของเวย์ผงคือชื้นเร็วเนื่องจากมีแลคโตสและกรดแลคติค

8.3 เวย์ที่แยกแลคโตสออก (delactosed whey) การที่มีแลคโตสปนอยู่ในเวย์ปริมาณสูงอาจมีผลให้เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) จึงมีการแยกแลคโตส ออกจากเวย์โดยการระเหยน้ำออกจากเวย์ภายใต้สุญญากาศ เพื่อให้เข้มข้นมากขึ้นจนเกิดการตกผลึกของแลคโตส (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 58-62%) แล้วจึงปั่นแยกเวย์ออกจากผลึกน้ำตาล ก่อนผ่านกระบวนการอื่น เช่น การทำแห้ง

8.4 เวย์ที่แยกเกลือแร่ออก (demineralized whey) ถ้าไม่แยกเกลือแร่ออก เวย์ผงมีปริมาณเกลือแร่สูงมาก จึงใช้ประโยชน์ได้จำกัด โดยเฉพาะนมผสมสำหรับทารก กระบวนการแยกเกลือแร่ออกต้องทำก่อนการทำแห้ง เครื่องมือที่ใช้ค่อนข้างยุ่งยากมีราคาแพง และก่อให้เกิดมลภาวะวิธีต่าง ๆ ได้แก่ วิธีไอออนเอ็กเชงจ์ (ion exchange) ซึ่งสามารถแยกเกลือแร่ได้ทั้งหมด 100% (ทั้งโมโนและโพลีวาเลนท์อิออน) ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เครื่องอุลตร้าออสโมซีส (ultraosmosis) ซึ่งมีหลักการคล้ายกับรีเวิร์สออสโมซิส ทำให้สามารถแยกเกลือแร่ออกได้บางส่วน โดยเฉพาะพวกโมโนวาเลนท์อิออน

8.5 เวย์ที่ย่อยแลคโตสแล้ว (lactose-hydrolysed whey) แลคโตสเป็นน้ำตาลที่มีความหวานต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลทราย และตกผลึกได้ง่ายเมื่อมีความเข้มข้นสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีการใช้เอนไซม์ เบต้ากาแลคโทซิเดส (beta-galactosidase) หรือกรด ย่อยแลคโตสให้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส ทำให้เวย์เข้มข้นมีความหวานเพิ่มขึ้น เวย์ชนิดนี้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมในไอศกรีมได้ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องน้ำตาล และป้องกันมิให้เกิดผลึกแลคโตสในไอศกรีมด้วย นอกจากนี้มีการนำเวย์เข้มข้นที่แยกเกลือแร่ออก และย่อยแลคโตสมาทำเป็นนมข้นหวานและทอฟฟี่ด้วย

9. องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เวย์

องค์ประกอบที่สำคัญมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เวย์มีความแตกต่างกัน ได้แก่ ปริมาณโปรตีน น้ำตาลแลคโตส ไขมัน และเถ้า ดังแสดงในตารางที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 Typical Compositions of Whey Product (% Dry Basis)

	Protein	*Fat*	*Ash*	*Lactose*
Whey,concentrated whey and dried whey	10-15	0.2-2.0	7-14	61-75
Reduced-lactose whey	16-24	0.2-4.0	11-27	< 60
Reduced-minerals whey	10-24	0.2-4.0	< 7	<85
Whey protein concentrate	> 25	0.2-10	2-15	< 60

ที่มา : Zadow, 1992

10. คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเวย์โปรตีน (Functional Properties and benefit of Whey Protein)

10.1 ความสามารถในการละลาย (Solublility)

ความสามารถในการละลายของโปรตีนเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการนำเอาเวย์โปรตีนไปใช้งานโดยเวย์โปรตีนชนิดที่ยังไม่ถูกทำให้เสียสภาพด้วยความร้อน จะมีความสามารถในการละลายได้ในการช่วง pH ที่กว้าง แต่ถ้าหากมีการให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่า 70 $^{\circ}C$ จะทำให้สูญเสียความสามารถในการละลายในช่วง pH 3-5 เนื่องจากโปรตีนเวย์บางส่วนเกิดการรวมตัวกันเป็นตะกอนและเกิดการตกตะกอนที่ Isoeletric pH ที่ 4.5-5.3 ในโปรตีนเวย์เข้มข้นที่ผลิตจากแอซิดเวย์จะมีสัดส่วนของการเสียสภาพของโปรตีนที่สูงกว่าที่ผลิตจากสวีทเวย์สามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของเวย์โปรตีนในผลิตภัณฑ์ที่ต้องให้ความร้อนได้โดยการเติมน้ำตาลจะช่วยปรับปรุงให้เวย์โปรตีนผงในผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดมีความคงตัวต่อความร้อนเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายของเวย์โปรตีนผงมีความสำคัญมาก เช่น ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่เป็นกรด (acid beverages) และการทำน้ำสลัด (salad dressing) (Lee *et al.*,1994)

10.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding) และความสามารถในการรวมตัวกับน้ำ (Water-binding)

ความสามารถในการอุ้มน้ำขึ้นอยู่กับโครงสร้างพื้นฐานของเวย์โปรตีน จำนวนน้ำที่อยู่ในเจลที่ก่อตัวจะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการรวมตัวกับน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำ ซึ่งน้ำในสภาวะนี้ จะล้อมรอบโครงสร้างสามมิติของเจลถ้ามีการให้ความร้อนกับเวย์โปรตีนจะทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ความสามารถในการละลายน้ำลดลง เพราะมีบางส่วนของโปรตีนไม่เกาะตัวกับน้ำโดยเวย์โปรตีนจะตกตะกอนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เวย์โปรตีนยังมีความสามารถในการรวมตัวกับน้ำ ซึ่งทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำและทำให้ติดกับน้ำ ซึ่งมีความสำคัญโดยเฉพาะเมื่อนำเวย์โปรตีนไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืด (Lee *et al.*,1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.3 ความหนืด (Viscosity)

เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนชนิดอื่น แล้วเวย์โปรตีนเข้มข้นมีความหนืดต่ำประมาณ 5 cps หรือน้อยกว่า ที่ 10 % ของของแข็งทั้งหมดด้วยความหนืดที่ต่ำนี้ทำให้ใช้เวย์โปรตีนที่มีความเข้มข้นสูงได้ จึงเป็นการช่วยให้ไม่ต้องใช้ปริมาณมากก็จะได้ปริมาณโปรตีนตามที่ต้องการแล้วและการให้ความร้อนกับเวย์โปรตีนมีส่วนทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย นอกจากนี้การเกิดเจลช่วยทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นแต่การละลายของโปรตีนจะทำให้ความหนืดลดลง(Lee *et al.*,1994)

10.4 การเกิดเจล (Gelation)

ภายใต้สภาวะความร้อนที่เหมาะสมเวย์โปรตีนจะฟอร์มเจลชนิดผันกลับไม่ได้ (irreverseible gel) ขึ้นมาได้ โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกลายเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติจะจับกับน้ำเป็น gel matrix โปรตีนเวย์เริ่มเกิดเจลเมื่อมีความร้อนสูงขึ้น (65 องศาเซลเซียส) โดยลักษณะเจลที่ได้จะแตกต่างกันไปคือ มีทั้งลักษณะเข้มข้น เรียบ เป็นมันแข็งและยืดหยุ่นได้ (เหมือนไข่ขาว) ส่วนอุณหภูมิเริ่มต้นทำให้เกิดเจลนั้นขึ้นกับความเข้มข้นของโปรตีน pH ส่วนประกอบของสารอาหารในสารละลายรวมถึงสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ความคงตัวของเจลขึ้นกับพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide) และหมู่ซัลฟฮัยดริล (sulfhydryl-SH) นอกจากนี้การสร้างพันธะไดซัลไฟด์ที่ปรากฏมีความสำคัญต่อการเกิดความยืดหยุ่นของเจลด้วย การเกิดเจลเมื่อโดนความร้อนจะทำให้เกิดหมู่ซัลฟฮัยดริลมาก ทำให้เจลที่ได้มีลักษณะขุ่นความสำคัญของพันธะไดซัลไฟด์หรือหมู่ซัลฟฮัยดริลในเจลของโปรตีนเวย์ ทำให้ช่วยเพิ่มความแข็งแรง และความยืดหยุ่นให้กับเจล นอกจากนี้การเกิดพันธะเชื่อมข้าม (cross-linking) ในเจลจะเป็นตัวทำให้เกิดความยืดหยุ่น การไหลและความแข็งแรงของเจล โดยคุณสมบัติของเจลจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ขึ้นอยู่กับพันธะเชื่อมข้าม การเกิดเจลเนื่องจากให้ความร้อนเกิดขึ้นเนื่องจากโปรตีนเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) ซึ่งทำให้เกิดการสร้างพันธะไดซัลไฟด์ขึ้น (Aguilera *et al.*, 1989)

สารละลายของน้ำเวย์โปรตีนจะเริ่มเกิดเจลเมื่อมีความเข้มข้นของโปรตีน 7% หรือส่วนประกอบชนิดอื่นๆ มีอิทธิพลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถที่จะเกิดเจลได้ที่เวย์โปรตีนเข้มข้น 0.5-3.0% ซึ่งโครงสร้างของเจลที่ผันกลับไม่ได้นี้จะสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้จึงเป็นการเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและโครงสร้างที่แข็งแรงของเจลยังช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มผลผลิตได้ในหลายผลิตภัณฑ์ (Lee *et al.*,1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.5 การยึดติดกัน (Adhesive)

เวย์โปรตีนผงช่วยปรับปรุงและเพิ่มการเกาะยึดตัว (adhesion) ให้ดีขึ้นสำหรับอุตสาหกรรมที่ต้องการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous texture) เช่น ปรับปรุงเนื้อสัมผัสใน ผลิตภัณฑ์เนื้อและปลา เป็นต้น (Lee *et al.*,1994)

10.6 การเกิดอิมัลชันกับน้ำมัน (Emulsification)

เวย์โปรตีนประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และส่วนที่ชอบไขมัน (hydrophobic) จึงทำให้สามารถทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์ (emulsifier) ได้ โดยมีการสร้างเมมเบรนที่ผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคของน้ำมันกับอนุภาคของน้ำ เพื่อให้น้ำและไขมันรวมอยู่ด้วยกันได้ และช่วยในการทำให้เกิดการกระจายตัวของเม็ดไขมัน ทำให้ไขมันไม่แยกชั้นกับน้ำเกิดความคงตัว หลังจากการดูดซับที่ผิวของไขมันหรือน้ำแล้ว โปรตีนบางส่วนจะคลายตัวเพื่อทำให้อนุภาคมีความเสถียร (Lee *et al.*,1994)

10.7 การเกิดฟอง (Foaming)

เวย์โปรตีนมีคุณสมบัติการเกิดฟองที่ดีเพราะโมเลกุลสามารถละลายน้ำได้และสามารถลดแรงตึงผิวของผิวหน้า โปรตีนเวย์ที่มีความเสถียรจะทำให้เกิดการสร้างฟิลม์บาง ๆ ห่อหุ้มฟองอากาศไว้ทำให้ฟองอากาศมีความแข็งแรง

ความเร็วของการเกิดฟองและความคงตัวของฟองขึ้นอยู่กับชนิดของเวย์โปรตีน ปริมาณของโปรตีนที่เสียสภาพ ปริมาณไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนและไอออนอื่น ๆ pH วิธีในการตีให้ขึ้นฟูและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตี

หากโปรตีนมีปริมาณไขมันสูง ทำให้คุณสมบัติการเกิดฟองลดลง ถ้ามีการใช้โปรตีนแทนที่ไข่ขาวจะต้องเพิ่มเวลาในการตี เพราะไข่ขาวสามารถเสียสภาพได้ด้วยแรงเฉือนแต่เวย์โปรตีนมีความเสถียรต่อการเสียสภาพด้วยแรงเฉือน ทำให้ใช้เวลาในการผสมนานกว่าไข่ขาว (Lee *et al.*,1994)

10.8 การเกิดสีน้ำตาล (Browning)

เวย์โปรตีนจะเกิดสีน้ำตาลไหม้เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวส์เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ทำให้เกิดสีน้ำตาล ซึ่งเกิดระหว่างกำลังทำขนมอบ การทอดหรือกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน โดยทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่เอมีนกับแลคโตสและน้ำตาลรีดิวส์อื่นๆที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ (Lee *et al.*,1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.9 กลิ่นรส (Flavour)

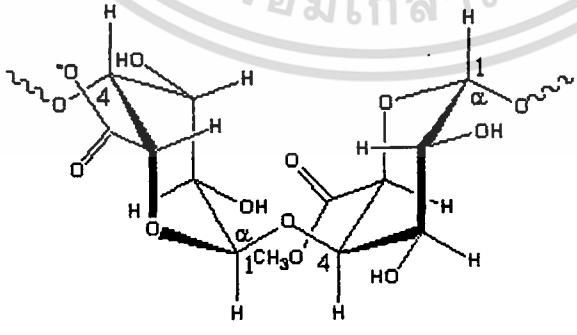
เวย์โปรตีนให้รสชาติจืด โปรตีนที่มีความเข้มข้นสูงจะให้กลิ่นรสที่หวานเล็กน้อยในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เพื่อทำให้สามารถมีกลิ่นรสอื่น เช่น ช็อกโกแลตและเครื่องเทศอื่น ๆ เพื่อที่จะพัฒนาให้เต็มที่ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมหวานใช้เวย์โปรตีนผงและเวย์โปรตีนเข้มข้นประมาณ 8-16 % ของน้ำตาลเพื่อลดความหวานและให้กลิ่นคาราเมล ยืดอายุการเก็บรักษาและปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการ (Lee *et al.*, 1994)

11. เพคติน (pectin)

เพคตินเป็นโพลีแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยกรดกาแล็กตูโรนิค (Galacturonic acid) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิคแบบแอลฟา-1,4 โดยมีหมู่คาร์บอกซิลบางหมู่เกิดพันธะเอสเตอร์กับ หมู่เมทธิล อยู่ในรูปของเมทธิลเอสเตอร์ (Methyl ester) แต่ถ้าหมู่คาร์บอกซิลของกรดกาแล็กตูโรนิคทั้งหมดอยู่ในรูปของกรด จะเรียกว่า กรดเพกทินิค (Pectinic acid)

การเกิดพันธะเอสเตอร์ (Esterification) ทำให้สามารถนำมาใช้ในการจำแนกชนิดของเพคตินได้ โดยอาศัยปริมาณพันธะเอสเตอร์กับหมู่เมทธิลในโครงสร้าง ได้เป็นหมู่เมทธอกซิล ดังนี้คือ เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทธอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin) และเพคตินชนิดที่มีหมู่เมทธอกซิลสูง (High methoxyl pectin) ปริมาณพันธะเอสเตอร์นี้จะคิดเทียบเป็น 100% เมื่อพบหมู่เมทธอกซิลในกาแล็กตูโรนิคแต่ละหน่วยโมเลกุล

เพคตินพบมากในพืชและมักอยู่รวมกับเซลลูโลส โดยเพคตินทำหน้าที่คล้ายตัวเชื่อม (Cement) ระหว่างเซลลูโลส กับเซลลูโลสในโครงสร้างของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นกลางของลาเมลลา (Middle lamellae) และผนังเซลปฐมภูมิ (Primary cell wall) ของพืช นอกจากนี้ยังพบมากในผลสด ราก ใบ และลำต้นที่มีสีเขียว สามารถเตรียมได้จากการสกัดจากส่วนที่เป็นกาก หรือเปลือกของแอปเปิ้ลหรือของพืชตระกูลส้ม ด้วยตัวทำละลายที่เป็นกรด เช่น กรดไฮโดรคลอลิก กรดแลคติค และกรดซิตริก เป็นต้น ซึ่งทำให้สารเพคตินแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มา



ภาพที่ 2 โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน

ที่มา : www.sbu.ac.uk/water/ hypec.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96698

จากภาพที่ 2 จะเห็นว่าเพคตินมีหมู่ รวมอยู่กับน้ำได้ดีซึ่งเรียกว่า หมู่ไฮโดรฟิลิค เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) หมู่อะเซติล (Acetyl group) และหมู่เมทธอกซิล ทำให้สามารถเกาะเกี่ยวกับน้ำ (Water binding capacity) เกิดเป็นเจลได้ ดังนั้นจึงนิยมใช้เพคตินเป็นสารทำให้เกิดเจล (Gelling agent) ในอาหาร (วุฒิชัย, 2538)

12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Gonzalez-Martinez *et al.*, (2002) ได้ศึกษาการใช้เวย์ผงแทนที่หางนมผงบางส่วนในการเสริมความแข็งแรงให้กับโยเกิร์ต โดยเติมเวย์ลงในสูตรโยเกิร์ตในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 สูตร ภายหลังจากการเก็บรักษาไว้ 15 วัน พบว่า เวย์ผงเพิ่มความเป็นกรดในโยเกิร์ตอย่างช้า ๆ และให้สีค่อนข้างเหลืองเล็กน้อย นอกจากนี้ยังให้สมบัติด้านการไหลและความสามารถในการแยกชั้นที่ดีกว่าโยเกิร์ตที่ใช้หางนมผง

Lucid *et al.*, (1997) ศึกษาผลของ demineralized whey powder ความเข้มข้นของหัวเชื้อแลคติค (lactic culture concentration) และอุณหภูมิในการผสมตัวอย่าง ต่อคุณภาพโยเกิร์ต พบว่า ความหนืดของโยเกิร์ตขึ้นอยู่กับ demineralized whey powder และ อุณหภูมิในการผสมตัวอย่าง โดยที่ความหนืดของโยเกิร์ตเพิ่มขึ้นเมื่อ demineralized whey powder ลดลง และ อุณหภูมิในการผสมตัวอย่างเพิ่มขึ้นแต่ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหนืดมากที่สุดคือ ปริมาณdemineralized whey powder นอกจากนี้เวลาในการหมักก็ยังสัมพันธ์กับปัจจัยดังกล่าวด้วยโดยที่เวลาในการหมักลดลงเมื่อ demineralized whey powder และอุณหภูมิในการผสมตัวอย่างเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบ

1.1 น้ำนมสดพร่องมันเนยพาสเจอไรส์ ตราโฟร์โมสต์

1.2 หางนมผง (Total Solid 97%) (NZMP, New Zealand)

1.3 น้ำตาลทราย (Total Solid 100%)

1.4 เวย์ผง (Total Solid 96%) (Best Odour Co.,LTD , Australia)

1.5 เพคติน (food grade) (Food & cosmetic system Co.,LTD)

1.6 เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า (DVS-Freeze dried) (Chr.hansen , Denmark)

2. สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล (AR Grade, Merck)

2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS (Scharlau Chemie S.A. Barceloca.Spain, European Union)

3. อุปกรณ์

3.1 ขวดแก้วพร้อมฝาปิด 170 กรัม

3.2 หม้อนึ่งสองชั้น

3.3 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.4 เทอร์โมมิเตอร์ (Testo 925, Germany)

3.5 เครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่ง (Sartorius,BP 3100s, Germany)

3.6 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i, Germany)

3.7 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Memmert 100 องศาเซลเซียส, Germany)

3.8 ตู้บ่มเชื้อ (Haraues D-63450 Hanau 43 องศาเซลเซียส, Germany)

3.9 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH-meter) (Inolab level 1, Germany)

3.10 ตู้ UV(Laminar flow II , Begium)

3.11 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Tomy SS245, Japan)

3.12 ตู้อบ (Haraues D-63450 Hanau 100 องศาเซลเซียส, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

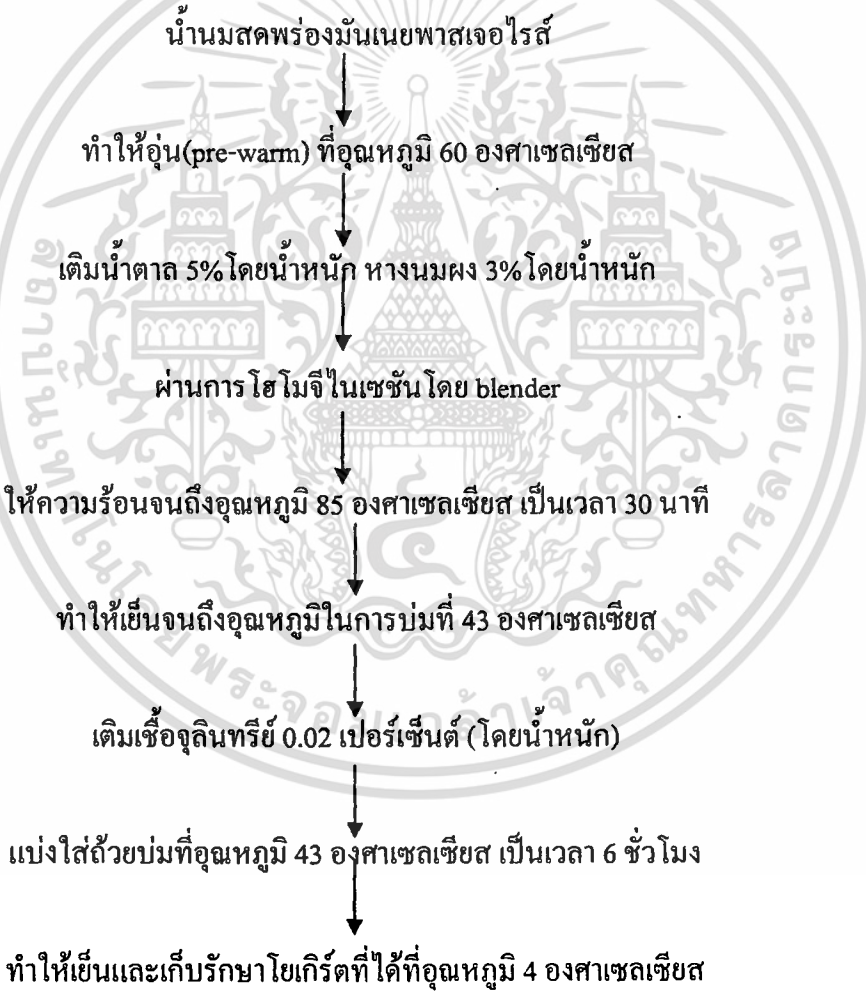
4. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

4.1 เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต

ใช้เชื้อจุลินทรีย์สำเร็จรูป Freeze-dried (DVS) ประกอบด้วยเชื้อ 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อ Streptococcus thermophilus และ Lactobacillus Bulgaricus ปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็น (โดยน้ำหนัก)

4.2 การเตรียมโยเกิร์ต

อุ่นน้ำนมสดพร่องมันเนยพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้หางนมผงละลายเติมน้ำตาลและเพคติน หลังจากนั้นจึงนำไปพาสเจอไรส์ในหม้อนึ่ง 2 ชั้นที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติมหัวเชื้อเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์แบ่งใส่ถ้วยและนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส กระบวนการผลิตแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตสูตรพื้นฐาน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Speer, (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาการผลิตกรดและการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตทางการค้า เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต

ผลิตโยเกิร์ตดังสูตรพื้นฐานโดยไม่เติมน้ำตาลทราย หางนมผง และเพคติน โดยใช้เชื้อ 0.02 %(โดยน้ำหนัก) บ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 2 ชั่วโมงเพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดแลคติค (Titratable acidity) ความเป็นกรด (pH) และจำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติค เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต

4.3.1 วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี

-เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ใช้ฟีนอลฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ (Schmidt *et al.*, 2001)

-วัดความเป็นกรด ด้วยเครื่องวัดความเป็นด่าง (Schmidt *et al.*, 2001)

4.3.2วิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์

-ทำการตรวจสอบจำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคทั้งหมดในโยเกิร์ตเมื่อหมัก ณ อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง 30 นาที ด้วยวิธี Viable Plate Count แบบ pour plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS(Chr.hansen,2002)

4.4 ศึกษาคุณลักษณะของโยเกิร์ตที่ใช้เพคตินร่วมกับหางนมผงในระดับที่แตกต่างกันในการผลิตโยเกิร์ต

ผลิตโยเกิร์ตดังสูตรพื้นฐาน โดยใช้เชื้อโยเกิร์ตทางการค้า ในการผลิตโดยแปรปริมาณเพคติน 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % (โดยน้ำหนักของส่วนผสม) และแปรปริมาณหางนมผง 0, 3, 5 และ 7 %(โดยน้ำหนักของส่วนผสม) ตามลำดับ และทำการทดสอบคุณภาพของโยเกิร์ตดังต่อไปนี้

4.4.1 วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี (วิธีการเหมือนข้อ 4.3.1)

4.4.2 วิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ

-วัดความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (หน่วยกรัม) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2I

-การแยกตัวของเวย์ (syneresis)โดยวางตัวอย่างโยเกิร์ตคว่ำบนตะแกรง ขนาด 80 mesh อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Schmidt *et al.*, 2001) แล้วนำของเหลวส่วนที่แยกตัวจากโยเกิร์ตชั่งหาน้ำหนัก

4.4.3 วิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

-ทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ(Hedonic Preference Test 7 Scale)

4.4.4 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

- คุณภาพด้านการทดสอบด้านเคมีและกายภาพ โดยวางแผนการทดลอง แบบ Factorial in Completely Randomized Design ขนาด 4×4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

4.4.4 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

- คุณภาพด้านการทดสอบด้านเคมีและกายภาพ โดยวางแผนการทดลอง แบบ Factorial in Completely Randomized Design ขนาด 4×4

- คุณภาพด้านประสาทสัมผัส โดยวางแผนการทดลอง แบบ Balance Incomplete Block Design ; BIB (Meilgaard *et al.*, 1999) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SAS ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test

4.5 ศึกษาคุณลักษณะของโยเกิร์ตที่ใช้เพคตินร่วมกับเวย์ผงในระดับที่แตกต่างกันในการผลิต โยเกิร์ต

ผลิตโยเกิร์ตดังสูตรพื้นฐาน โดยใช้เชื้อโยเกิร์ตทางการค้าในการผลิต โดยแปรปริมาณเพคติน 0.1, 0.2, 0.3 และ0.4 % (โดยน้ำหนักของส่วนผสม) ตามลำดับและแปรปริมาณเวย์ผง0, 3, 5 และ7 % (โดยน้ำหนักของส่วนผสม) ทำการทดสอบคุณภาพของโยเกิร์ต

4.5.1 วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี (วิธีการเหมือนข้อ 4.3.1)

4.5.2 วิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ (วิธีการเหมือนข้อ 4.4.2)

4.5.3 วิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส (วิธีการเหมือนข้อ 4.4.3)

4.5.4 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ (วิธีการเหมือนข้อ 4.4.4)

4.6. ศึกษาคุณลักษณะของโยเกิร์ตที่ใช้เวย์ผงทดแทนหางนมผงในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับเพคตินในการผลิต โยเกิร์ต

จากการทดลองในข้อ 4.4 และ 4.5 สามารถเลือกอัตราส่วนเพคตินและหางนมผง เพคตินและเวย์ผงที่ได้รับการยอมรับจากการทดสอบผู้บริโภคร่วมกับการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ จากนั้นนำอัตราส่วนดังกล่าวมาทำการผลิต โยเกิร์ต โดยแปรปริมาณหางนมผงและเวย์ผงในระดับที่เหมาะสมตามที่ได้ทำการทดลองมาแล้วจากข้อที่ 4.4 และ 4.5 โดยใช้เชื้อโยเกิร์ตทางการค้าจากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพโยเกิร์ต ดังนี้

4.6.1 วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี (วิธีการในข้อ 4.3.1)

4.6.2 วิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ (วิธีการเหมือนข้อ 4.4.2)

4.6.3 วิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส(วิธีการเหมือนข้อ 4.4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.4 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

- คุณภาพการทดสอบด้านเคมีและกายภาพ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 11

- คุณภาพการทดสอบด้านประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ RCBD และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

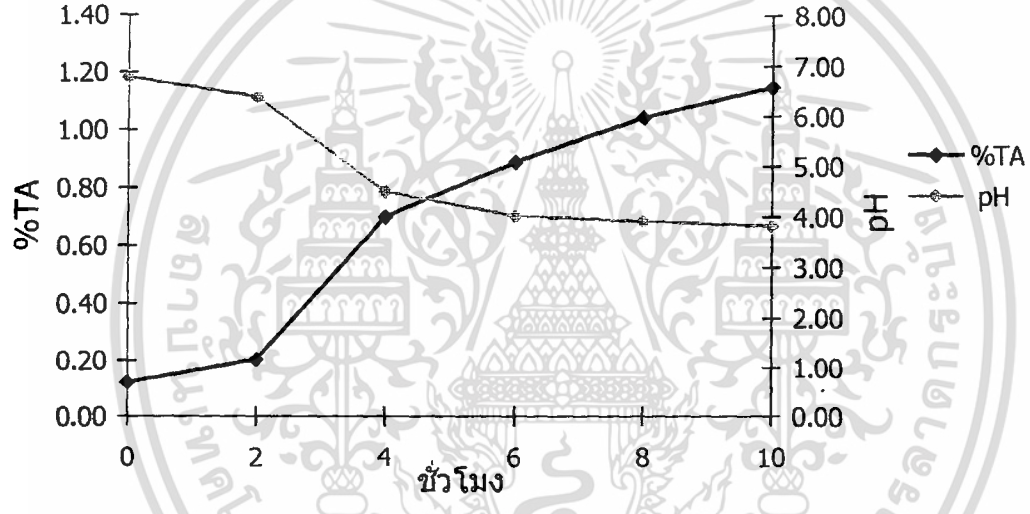
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์การทดลอง

1. ศึกษาการผลิตกรดและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตทางการค้า เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต

จากการทำโยเกิร์ตดังสูตรพื้นฐาน(โดยไม่เติมน้ำตาลทราย หางนมผง และเพคติน) บ่มที่อุณหภูมิ 43องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 2 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (pH) ค่าความเป็นกรดแลคติค (% Lactid acid) และจำนวนแบคทีเรียแลคติคแอซิดทั้งหมด เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต

1.1 ศึกษาค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และ ค่าความเป็นกรดแลคติคของโยเกิร์ต



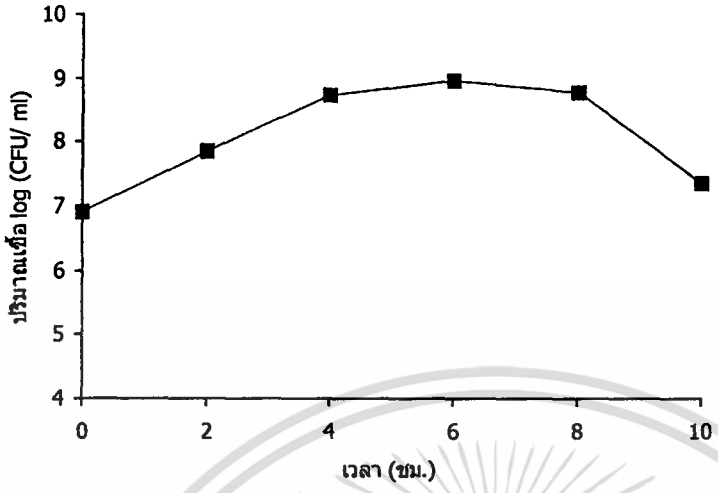
กราฟทั้งสองมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ (-0.979)

ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดและความเป็นกรดด่าง(pH) ณ อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียสในระหว่างการหมัก

จากผลการทดลองภาพที่ 4 พบว่าค่า pH ระหว่างการหมักโยเกิร์ตลดลงเล็กน้อยในช่วงชั่วโมงแรกของการหมักซึ่งอาจเกิดจากการปรับตัวของเชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตให้เข้ากับสภาวะในช่วงแรกๆ ของการหมักทำให้การผลิตกรดแลคติคมีอยู่ปริมาณน้อย จากนั้นค่า pH ของโยเกิร์ต ลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้นและเริ่มคงที่หลังชั่วโมงที่ 8 ในขณะที่ปริมาณกรดแลคติกเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาในการหมักที่เพิ่มขึ้นเพราะเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคปรับตัวและใช้อาหารได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์แลคติคแอซิดทั้งหมด



ภาพที่ 5 กราฟแสดงการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ต ณ อุณหภูมิ 43 ° c ที่ระยะเวลาบ่มที่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองภาพที่ 5 พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตเริ่มต้นมีปริมาณน้อยอาจเกิดจากการปรับตัวของเชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตให้เข้ากับสภาวะในช่วงแรก ๆของการหมัก จากนั้นจะเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาในการหมักที่เพิ่มขึ้นเพราะเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคปรับตัวและใช้อาหารได้ดีขึ้น จากนั้นจะคงที่และมีจำนวนเชื้อแบคทีเรียสูงสุดเนื่องจากสารอาหารถูกใช้ไปเกือบหมด และจำนวนเชื้อจุลินทรีย์จะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากชั่วโมงที่ 8 เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียตายอย่างรวดเร็วและตายมากขึ้นเนื่องจากสารอาหารที่ใช้หมดไปและเกิดการสะสมของเสียและสารพิษที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม

จากการพิจารณาภาพที่ 4 และ 5 สามารถเลือกเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์สำเร็จรูป คือ 5 ชั่วโมง 30 นาที โดยมีค่า pH 4.15 และค่าความเป็นกรดแลคติค (% Titratable acidity) 1.06% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ โดย Tamine and Robinson (1985) กล่าวว่าโยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จะมีค่า pH ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย อยู่ในช่วง 3.8-4.2 และค่าความเป็นกรดแลคติค 0.9-1.2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษาคุณลักษณะของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคตินร่วมกับหางนมผงในระดับที่แตกต่างกันในการผลิตโยเกิร์ต

2.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 %โดยน้ำหนัก)ร่วมกับปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7% โดยน้ำหนัก) โดยตรวจสอบค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และค่าความเป็นกรดแลคติค

2.1.1 ผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรดด่าง ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าความเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

เพคติน (%)	หางนมผง (%)			
	0	3	5	7
0.1	4.12 ± 0.02^{Bc}	4.09 ±0.02^{Cc}	4.09 ±0.02^{Cc}	4.07 ±0.02^{Ac}
0.2	4.10 ±0.01^{Bc}	4.02 ±0.02^{Cc}	4.05 ±0.03^{Cc}	4.20 ±0.03^{Ac}
0.3	4.11 ±0.01^{Bb}	4.11 ±0.00^{Cb}	4.12 ±0.00^{Cb}	4.14 ±0.00^{Ab}
0.4	4.20 ±0.00^{Ba}	4.08 ±0.01^{Ca}	4.08 ±0.01^{Ca}	4.08 ±0.01^{Aa}

หมายเหตุ ตัวอักษร ABC ในแนวนอนบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

ตัวอักษร abc ในแนวตั้งบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

จากตารางที่ 6 พบว่าโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0, 3, 5 และ7 % โดยน้ำหนัก ให้ค่า pH แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ถ้าใช้ปริมาณหางนมผงในระดับ 3 และ 5 % โดยน้ำหนัก จะให้ค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ส่วนโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก ให้ค่า pH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) แต่ถ้าใช้ปริมาณเพคตินในระดับ 0.1 และ 0.2 % โดยน้ำหนัก จะให้ค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

โดยโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 3 : 0.1 และ 5 : 0.1 จะให้ค่า pH ต่ำที่สุด คือ 4.02 และที่ระดับ 7 : 0.4 ให้ค่า pH มากที่สุด คือ 4.18 ซึ่งเป็นค่า pH ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินทุกระดับในการทดลองนี้ อยู่ในช่วง 3.8-4.2 ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้ (Tamime and Robinson, 1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรดแลคติค ดัง ตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าความเป็นกรดแลคติกของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

เพคติน (%)	หางนมผง (%)			
	0	3	5	7
0.1	0.98 ± 0.01Ca	1.06 ±0.03Aa	1.06 ±0.00Ba	1.05 ±0.00Ca
0.2	1.02 ±0.00Ca	1.01 ±0.01Aa	0.99 ±0.00Ba	0.97 ±0.00Ca
0.3	1.02 ±0.03Cb	1.01 ±0.01Ab	0.99 ±0.00Bb	0.97 ±0.00Cb
0.4	0.90 ±0.01Cb	1.06 ±0.01Ab	1.06 ±0.01Bb	0.95 ±0.02Cb

หมายเหตุ ตัวอักษร ABC ในแนวนอนบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

ตัวอักษร abc ในแนวตั้งบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

จากตารางที่ 7 พบว่าโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0, 3, 5 และ 7% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) แต่ถ้าใช้ปริมาณหางนมผงในระดับ 0 และ 7 % โดยน้ำหนัก ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ส่วนโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4%โดยน้ำหนัก ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ถ้าใช้ปริมาณเพคตินในระดับ 0.1 และ 0.2 % โดยน้ำหนัก ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และที่ระดับ 0.3 และ 0.4% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 0 : 0.4 ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคต่ำที่สุด คือ 0.9 และที่ระดับ 3 : 0.1 ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคมากที่สุด คือ 1.06 ซึ่งค่าความเป็นกรดแลคติคของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินทุกระดับในการทดลองนี้อยู่ในช่วง 0.9-1.2 ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้ (Tamime and Robinson, 1985)

2.2 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 %โดยน้ำหนัก)ร่วมกับปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 %โดยน้ำหนัก) โดยตรวจสอบการแยกตัวของน้ำเวย์ (%synereis) และความแน่นของลิ่ม โยเกิร์ต (กรัม)

2.2.1 ผลการตรวจสอบการแยกตัวของน้ำเวย์

วางตัวอย่างโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคติที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ลงบนตะแกรงขนาด 80 mesh ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดังตารางที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

เพคติน (%)	หางนมผง (%)			
	0	3	5	7
0.1	30.08 ± 0.99^{Aa}	23.10 ± 1.81^{Ba}	12.64 ± 1.54^{Ca}	12.06 ± 0.44^{Da}
0.2	29.41 ± 1.92^{Aa}	15.45 ± 0.32^{Ba}	16.81 ± 0.27^{Ca}	11.90 ± 1.60^{Da}
0.3	15.87 ± 0.01^{Ab}	12.89 ± 0.58^{Bb}	10.22 ± 0.17^{Cb}	7.78 ± 0.50^{Db}
0.4	13.35 ± 0.39^{Ab}	12.84 ± 0.13^{Bb}	9.98 ± 0.88^{Cb}	7.44 ± 0.28^{Db}

หมายเหตุ ตัวอักษร ABC ในแนวนอนบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

ตัวอักษร abc ในแนวตั้งบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

จากตารางที่ 8 พบว่าโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0, 3, 5 และ 7% โดยน้ำหนัก ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

ส่วนโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4%โดยน้ำหนัก ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) แต่ถ้าใช้ปริมาณเพคตินในระดับ 0.1 และ 0.2 % โดยน้ำหนัก ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และที่ระดับ 0.3 และ 0.4% โดยน้ำหนัก ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 7 : 0.4 ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ ต่ำที่สุด คือ 7.44 และที่ระดับ 0 : 0.1 ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์มากที่สุด คือ 30.08 ซึ่งค่าการแยกตัวของน้ำเวย์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณหางนมผงและเพคติน

การเกิดการแยกตัวของน้ำเวย์ เป็นลักษณะที่เกิดจากการแยกตัวของของเหลวอิสระออกจากลิ่มนมของโยเกิร์ต จากการศึกษาของ Lee *et al* (1994) พบว่าการแยกตัวของน้ำเวย์ของโยเกิร์ตจะขึ้นอยู่กับการให้ความร้อนแก่น้ำนมก่อนการผลิต ชนิดและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำนม และค่าความเป็นกรดแลคติคสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ โดยค่าการแยกตัวของน้ำเวย์จะมี แนวโน้มลดลงเมื่อโยเกิร์ตมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงขึ้น และค่า pH ต่ำ เมื่อมีปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมมากกว่า 11% การเติมน้ำตาลลงไปในปริมาณมาก อาจมีผลทำให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ สูงขึ้นได้ เนื่องจากมีโมเลกุลของน้ำตาลไปแทรกอยู่ในลิ่มนมมาก ดังนั้นการใช้น้ำตาลน้อยลงจะให้ค่า pH ในโยเกิร์ตต่ำกว่าและเป็นสภาวะที่หัวเชื้อตั้งต้นเจริญได้ดีกว่า รวมทั้งมีผลทำให้โมเลกุลของน้ำตาลแทรกอยู่ในลิ่มนมน้อย จึงเกิดการแยกตัวของน้ำเวย์ต่ำลงด้วย (Aguilera and Kessler, 1989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ผลการตรวจสอบความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม)

นำตัวอย่างโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ตรวจสอบความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต โดยเครื่อง Texture Measuring System ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) ที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

เพคติน (%)	หางนมผง (%)			
	0	3	5	7
0.1	148.51 ± 0.20^{Dd}	311.21 ± 4.99^{Cd}	449.88 ± 34.63^{Bd}	556.77 ± 13.66^{Ad}
0.2	194.98 ± 8.56^{Dc}	362.01 ± 1.83^{Cc}	439.35 ± 5.30^{Bc}	693.79 ± 35.51^{Ac}
0.3	238.06 ± 23.36^{Db}	419.51 ± 7.00^{Cb}	545.35 ± 8.70^{Bb}	717.94 ± 23.02^{Ab}
0.4	355.08 ± 13.82^{Da}	593.75 ± 42.66^{Ca}	538.79 ± 3.02^{Ba}	622.49 ± 29.72^{Aa}

หมายเหตุ ตัวอักษร ABC ในแนวนอนบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

ตัวอักษร abc ในแนวตั้งบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

จากตารางที่ 9 พบว่าโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0, 3, 5 และ 7% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

ส่วนโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 %โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

เมื่อพิจารณาโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 0 : 0.1 ให้ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) ต่ำที่สุด คือ 148.51 และที่ระดับ 7 : 0.4 ให้ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) มากที่สุด คือ 722.49 ซึ่งค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณหางนมผงและเพคติน

2.3 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 %โดยน้ำหนัก) ร่วมกับปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 %โดยน้ำหนัก)โดยตรวจสอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสในปาก เนื้อสัมผัสขณะตัก และการยอมรับโดยรวม ดังตารางที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

ปริมาณหางนมผง : เพคติน (%)	ปัจจัย					
	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัสในปาก	เนื้อสัมผัสขณะตัก	ความแน่นเนื้อ	การยอมรับโดยรวม
0 : 0.1	4.78 ± 1.48^{abc}	3.89 ± 0.93^{ab}	3.00 ± 1.12^{cdc}	3.44 ± 1.51^{bc}	3.00 ± 1.41^{d}	3.56 ± 1.42^{bcd}
0 : 0.2	4.33 ± 1.32^{abcd}	3.78 ± 1.56^{ab}	3.89 ± 1.05^{abcde}	4.22 ± 0.97^{abc}	3.78 ± 1.30^{bcd}	4.22 ± 1.79^{abc}
0 : 0.3	3.78 ± 1.20^{cd}	3.22 ± 1.20^{bc}	3.33 ± 0.87^{bcde}	3.44 ± 1.42^{bc}	3.33 ± 1.50^{cd}	3.33 ± 1.00^{bcd}
0 : 0.4	4.56 ± 0.88^{abcd}	4.33 ± 1.73^{ab}	4.11 ± 1.36^{abcde}	3.44 ± 1.42^{bc}	3.56 ± 1.13^{cd}	3.78 ± 1.72^{bcd}
3 : 0.1	5.00 ± 1.12^{abc}	4.11 ± 1.90^{ab}	4.78 ± 1.92^{ab}	4.56 ± 1.94^{abc}	4.33 ± 1.87^{abcd}	4.78 ± 1.64^{ab}
3 : 0.2	4.89 ± 1.36^{abc}	4.00 ± 1.58^{ab}	4.89 ± 1.62^{ab}	5.11 ± 1.45^{ab}	5.33 ± 1.41^{ab}	4.78 ± 1.20^{ab}
3 : 0.3	5.22 ± 0.83^{ab}	3.56 ± 1.33^{ab}	4.33 ± 1.22^{abcd}	4.67 ± 1.00^{abc}	4.67 ± 1.00^{abcd}	3.78 ± 1.09^{bcd}
3 : 0.4	4.56 ± 1.24^{abcd}	3.89 ± 1.69^{ab}	4.00 ± 1.32^{abcde}	3.67 ± 1.41^{bc}	3.22 ± 1.39^{cd}	3.89 ± 1.05^{bcd}
5 : 0.1	5.67 ± 1.00^{a}	5.00 ± 1.22^{a}	5.11 ± 1.62^{a}	5.44 ± 1.67^{a}	5.56 ± 1.33^{a}	5.56 ± 1.13^{a}
5 : 0.2	4.67 ± 1.12^{abc}	3.33 ± 1.41^{bc}	3.44 ± 1.42^{bcde}	3.56 ± 1.24^{bc}	3.78 ± 1.48^{bcd}	4.22 ± 1.39^{abc}
5 : 0.3	4.89 ± 1.27^{abc}	4.00 ± 1.66^{ab}	4.33 ± 1.87^{abcd}	4.33 ± 1.87^{abc}	4.78 ± 1.86^{abc}	4.44 ± 1.51^{ab}
5 : 0.4	3.22 ± 1.43^{d}	2.00 ± 1.51^{c}	2.56 ± 1.73^{e}	2.89 ± 1.81^{c}	3.00 ± 1.77^{d}	2.56 ± 1.45^{d}
7 : 0.1	3.67 ± 1.06^{cd}	3.44 ± 1.13^{b}	4.33 ± 1.96^{abcd}	4.56 ± 1.69^{abc}	4.44 ± 1.91^{abcd}	4.00 ± 1.83^{bc}
7 : 0.2	3.78 ± 1.39^{cd}	4.22 ± 1.48^{ab}	4.56 ± 1.24^{abc}	4.33 ± 2.18^{abc}	4.33 ± 2.18^{abcd}	4.22 ± 1.30^{abc}
7 : 0.3	3.89 ± 1.76^{cd}	4.33 ± 1.41^{ab}	4.67 ± 1.73^{ab}	4.33 ± 2.06^{abc}	4.00 ± 1.73^{abcd}	4.22 ± 1.20^{abc}
7 : 0.4	3.67 ± 1.58^{cd}	3.22 ± 1.64^{bc}	2.78 ± 1.72^{de}	3.56 ± 1.94^{bc}	3.44 ± 1.59^{cd}	2.78 ± 1.56^{cd}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จากตารางที่ 10 ทำการคัดเลือกสูตรที่ใช้ปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินในระดับที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต โดยพิจารณาจากสูตรที่มีคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบด้านต่าง ๆ สูง โดยอาศัยความแตกต่างทางสถิติ สามารถคัดเลือกสูตรได้ 4 สูตร ที่มีคะแนนความชอบเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูง คือ 3 : 0.1, 3 : 0.2, 5 : 0.1 และ 5 : 0.3 ดังตารางที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับที่คัดเลือกมา

ปริมาณหางนมผง : เพคติน (%)	ปัจจัย					
	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัสในปาก	เนื้อสัมผัสขณะตัก	ความแน่นเนื้อ	การยอมรับโดยรวม
3 : 0.1	5.00 ± 1.12^{abc}	4.11 ± 1.90^{ab}	4.78 ± 1.92^{ab}	4.56 ± 1.94^{abc}	4.33 ± 1.87^{abcd}	4.78 ± 1.64^{ab}
3 : 0.2	4.89 ± 1.36^{abc}	4.00 ± 1.58^{ab}	4.89 ± 1.62^{ab}	5.11 ± 1.45^{ab}	5.33 ± 1.41^{ab}	4.78 ± 1.20^{ab}
5 : 0.1	5.67 ± 1.00^{a}	5.00 ± 1.22^{a}	5.11 ± 1.62^{a}	5.44 ± 1.67^{a}	5.56 ± 1.33^{a}	5.56 ± 1.13^{a}
5 : 0.3	4.89 ± 1.27^{abc}	4.00 ± 1.66^{ab}	4.33 ± 1.87^{abcd}	4.33 ± 1.87^{abc}	4.78 ± 1.86^{abc}	4.44 ± 1.51^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จากตารางที่ 11 พบว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบที่ใช้ปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินที่ระดับต่าง ๆที่คัดเลือกมา ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ($P>0.05$) ในการทดลองนี้จะเลือกใช้ปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 3 : 0.1 และ 3 : 0.2 เพราะเป็นการลดต้นทุนด้านวัตถุดิบในการผลิตโยเกิร์ต แต่เมื่อพิจารณาค่าการแยกตัวของน้ำเวย์จะเห็นว่าปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 3 : 0.1 มีค่าการแยกตัวของน้ำเวย์สูงกว่าปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 3 : 0.2 จึงเลือกปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 3 : 0.2 เป็นสูตรเหมาะสมที่สุด

3. ศึกษาคุณลักษณะของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคตินร่วมกับเวย์ผงในระดับที่แตกต่างกันในการผลิตโยเกิร์ต

3.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 %โดยน้ำหนัก)ร่วมกับปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7% โดยน้ำหนัก) โดยตรวจสอบค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และค่าความเป็นกรดแลคติค (%Titratable acidity)

3.1.1 ผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรดด่าง ดังตารางที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ค่าความเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

เพคติน (%)	เวย์ผง (%)			
	0	3	5	7
0.1	4.13 ± 0.00^{Ac}	4.07 ± 0.01^{Cc}	4.09 ± 0.01^{Bc}	4.06 ± 0.07^{Ac}
0.2	4.12 ± 0.02^{Abc}	3.98 ± 0.03^{Cb}	4.03 ± 0.04^{Bbc}	4.28 ± 0.08^{Abc}
0.3	4.21 ± 0.00^{Aa}	4.13 ± 0.02^{Ca}	4.15 ± 0.00^{Ba}	4.14 ± 0.04^{Aa}
0.4	4.23 ± 0.01^{Ab}	4.03 ± 0.03^{Cb}	4.02 ± 0.01^{Bb}	4.21 ± 0.01^{Ab}

หมายเหตุ ตัวอักษร ABC ในแนวนอนบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

ตัวอักษร abc ในแนวตั้งบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

จากตารางที่ 12 พบว่าโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0, 3, 5 และ7 % โดยน้ำหนัก ให้ค่า pH แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ถ้าใช้ปริมาณหางนมผงในระดับ 0 และ 7 % โดยน้ำหนัก จะให้ค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ส่วนโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก ให้ค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) แต่ถ้าใช้ปริมาณเพคตินในระดับ 0.2 % โดยน้ำหนัก ให้ค่า pH ที่ไม่แตกต่างกับการใช้ปริมาณเพคตินที่ 0.1 และ 0.4

โดยโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 3 : 0.2 ให้ค่า pH ต่ำที่สุด คือ 3.98 และที่ระดับ 7 : 0.4 ให้ค่า pH มากที่สุด คือ 4.28

3.1.2 ผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรดแลคติค ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าความเป็นกรดแลคติคของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

เพคติน (%)	หางนมผง (%)			
	0	3	5	7
0.1	0.98 ± 0.01^{Cab}	1.05 ± 0.03^{Aab}	1.01 ± 0.03^{Bab}	1.05 ± 0.00^{Cab}
0.2	0.98 ± 0.02^{Ca}	1.16 ± 0.01^{Aa}	1.08 ± 0.00^{Ba}	0.90 ± 0.03^{Ca}
0.3	0.93 ± 0.02^{Cc}	0.97 ± 0.02^{Ac}	0.97 ± 0.02^{Bc}	0.97 ± 0.02^{Cc}
0.4	0.92 ± 0.02^{Cb}	1.07 ± 0.01^{Ab}	1.10 ± 0.03^{Bb}	0.93 ± 0.01^{Cb}

หมายเหตุ ตัวอักษร ABC ในแนวนอนบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

ตัวอักษร abc ในแนวตั้งบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 13 พบว่าโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0, 3, 5 และ 7% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) แต่ถ้าใช้ปริมาณเวย์ผงในระดับ 0 และ 7 % โดยน้ำหนัก ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคไม่แตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$)

ส่วนโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4%โดยน้ำหนัก ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ถ้าใช้ปริมาณเพคตินในระดับ 0.1 และ 0.2 % โดยน้ำหนัก ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และที่ระดับ 0.1และ 0.4% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 7 : 0.2 ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคต่ำที่สุด คือ 0.90 และที่ระดับ 3 : 0.1 ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคมากที่สุด คือ 1.16 ซึ่งค่าความเป็นกรดแลคติคของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงร่วมกับเพคตินทุกระดับในการทดลองนี้อยู่ในช่วง 0.9-1.2 ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้ (Tamime and Robinson, 1985)

3.2 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก) โดยตรวจสอบการแยกตัวของน้ำเวย์ และ ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม)

3.2.1 ผลการตรวจสอบค่าการแยกตัวของน้ำเวย์

วางตัวอย่างโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่ แตกต่างกัน 4 ระดับ ควำ่บนตะแกรงขนาด 80 mesh ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

เพคติน (%)	เวย์ผง (%)			
	0	3	5	7
0.1	28.87 ± 0.44^{Aa}	23.38 ± 0.16^{Ba}	19.27 ± 0.90^{Ca}	17.25 ± 0.37^{Da}
0.2	20.70 ± 0.51^{Ab}	19.62 ± 0.45^{Bb}	17.25 ± 0.20^{Cb}	13.72 ± 0.72^{Db}
0.3	17.91 ± 1.16^{Ac}	13.40 ± 0.63^{Bc}	13.41 ± 0.45^{Cc}	12.00 ± 0.61^{Dc}
0.4	12.67 ± 0.26^{Ad}	11.27 ± 0.29^{Bd}	10.89 ± 0.65^{Cd}	9.39 ± 0.64^{Dd}

หมายเหตุ ตัวอักษร ABC ในแนวนอนบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

ตัวอักษร abc ในแนวตั้งบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 14 พบว่าโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0, 3, 5 และ 7% โดยน้ำหนัก ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

ส่วนโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4%โดยน้ำหนัก ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

เมื่อพิจารณาโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 7 : 0.4 ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ ต่ำที่สุด คือ 9.39 และที่ระดับ 0 : 0.1 ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์มากที่สุด คือ 28.87 ซึ่งค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเวย์ผงและเพคติน

3.2.2 ผลการตรวจสอบความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม)

นำตัวอย่างโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน4 ระดับร่วมกับเพคตินที่ แตกต่างกัน 4 ระดับ ตรวจสอบความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตโดยเครื่อง Texture Measuring System ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) ที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

เพคติน (%)	เวย์ผง (%)			
	0	3	5	7
0.1	184.96±9.76^{Cd}	242.10±17.22^{Ad}	324.64±0.97^{ABd}	307.68±17.55^{Bd}
0.2	276.08±5.78^{Cc}	316.82±21.88^{Ac}	340.51±21.84^{ABc}	340.31±3.92^{Bc}
0.3	428.72±13.25^{Cb}	466.17±27.38^{Ab}	463.03±18.43^{ABb}	433.25±6.97^{Bb}
0.4	448.77±0.29^{Ca}	466.54±27.24^{Aa}	468.06±4.65^{ABa}	475.39±5.42^{Ba}

หมายเหตุ ตัวอักษร ABC ในแนวนอนบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

ตัวอักษร abc ในแนวตั้งบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< 0.05$)

จากตารางที่ 15 พบว่าโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) แต่ถ้าใช้ปริมาณเวย์ผงที่ระดับ 5 % โดยน้ำหนัก จะไม่แตกต่างกับ ที่ระดับ 3%โดยน้ำหนัก และไม่แตกต่างกับที่ระดับ 7 %โดยน้ำหนัก ในทางสถิติ

ส่วนโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 %โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

เมื่อพิจารณาโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 0 : 0.1 ให้ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) ต่ำที่สุด คือ 184.96 และที่ระดับ 7 : 0.4 ให้ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) มากที่สุด คือ 475.39 ซึ่งค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณเวย์ผงและเพคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 %โดยน้ำหนัก) ร่วมกับปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก) โดยตรวจสอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสในปาก เนื้อสัมผัสขณะตัก และการยอมรับ โดยรวม สามารถแสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

ปริมาณเวย์ผง : เพคติน (%)	ปัจจัย					
	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัสในปาก	เนื้อสัมผัสขณะตัก	ความแน่นเนื้อ	การยอมรับโดยรวม
0 : 0.1	4.89±1.45^{a}	3.67±1.66^{abc}	4.00±2.12^{abc}	3.67±2.06^{cdc}	3.44±2.07^{bcd}	3.78±2.17^{bcde}
0 : 0.2	3.67±1.80^{ab}	4.56±1.51^{abc}	4.22±1.20^{ab}	3.00±0.50^{def}	4.00±2.32^{abc}	3.44±0.53^{def}
0 : 0.3	3.00±1.58^{c}	3.89±1.05^{abc}	3.22±1.09^{bcd}	3.78±1.20^{bcd}	3.44±1.13^{bc}	3.67±0.71.^{cde}
0 : 0.4	4.22±1.09^{abc}	3.56±1.33^{abcd}	3.22±0.67^{bcd}	4.44±0.88^{abc}	4.44±1.01^{ab}	3.44±0.73^{def}
3 : 0.1	5.11±1.17^{a}	5.00±1.00^{a}	4.78±1.64^{a}	5.00±1.58^{ab}	4.33±1.58^{abc}	5.33±1.12^{a}
3 : 0.2	4.22±1.99^{abc}	4.44±1.24^{abc}	4.89±1.05^{a}	4.67±1.23^{ab}	5.00±1.00^{a}	5.33±1.00^{a}
3 : 0.3	4.33±0.50^{abc}	4.00±0.87^{abc}	3.56±0.53^{abc}	3.56±0.53^{cde}	4.56±0.73^{ab}	4.44±0.53^{abcd}
3 : 0.4	4.44±1.01^{abc}	4.11±1.83^{abc}	3.56±0.53^{abc}	3.44±0.53^{cdef}	4.56±1.24^{ab}	4.44±1.43^{abcd}
5 : 0.1	4.56±1.13^{ab}	4.56±1.42^{abc}	4.78±1.79^{a}	5.33±1.50^{a}	4.89±1.45^{a}	5.00±1.23^{a}
5 : 0.2	4.67±1.32^{ab}	5.00±1.42^{a}	4.78±1.48^{a}	4.67±1.58^{bc}	4.89±1.45^{a}	5.11±0.78^{a}
5 : 0.3	4.67±1.00^{ab}	4.22±1.99^{abc}	3.56±0.53^{abc}	3.67±1.12^{cde}	4.67±1.00^{ab}	4.78±0.67^{ab}
5 : 0.4	4.22±1.09^{abc}	4.67±1.73^{ab}	3.56±0.53^{abc}	3.56±0.88^{cde}	4.67±0.87^{ab}	4.67±0.87^{abc}
7 : 0.1	4.44±1.13^{abc}	3.22±1.30^{bcd}	3.33±1.23^{bcd}	3.11±1.45^{def}	3.00±1.50^{cd}	2.89±1.27^{ef}
7 : 0.2	3.89±1.27^{abc}	4.78±1.30^{ab}	4.33±1.32^{ab}	4.44±1.24^{abc}	4.00±1.32^{abc}	2.89±0.60^{ef}
7 : 0.3	3.89±2.03^{abc}	3.00±1.41^{cd}	2.78±1.20^{cd}	2.22±0.83^{g}	2.44±1.24^{d}	2.44±1.01^{fg}
7 : 0.4	3.22±1.64^{bc}	2.11±1.27^{d}	2.11±0.78^{d}	2.44±0.73^{fg}	2.56±.0.88^{bc}	1.78±1.58^{g}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 16 ทำการคัดเลือกสูตรที่ใช้ปริมาณเวย์ผงร่วมกับเพคตินในระดับที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต โดยพิจารณาจากสูตรที่มีคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบด้านต่าง ๆ สูง โดยอาศัยความแตกต่างทางสถิติ สามารถคัดเลือกสูตรได้ 4 สูตร ที่มีคะแนนความชอบเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูง คือ 3 : 0.1, 3 : 0.2, 5 : 0.1 และ 5 : 0.2 ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผงที่แตกต่างกัน 4 ระดับร่วมกับเพคตินที่แตกต่างกัน 4 ระดับที่คัดเลือกมา

ปริมาณเวย์ผง : เพคติน (%)	ปัจจัย					
	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัสในปาก	เนื้อสัมผัสขณะตัก	ความแน่นเนื้อ	การยอมรับโดยรวม
3 : 0.1	5.11 ± 1.17^{a}	5.00 ± 1.00^{a}	4.78 ± 1.64^{a}	5.00 ± 1.58^{ab}	4.33 ± 1.58^{abc}	5.33 ± 1.12^{a}
3 : 0.2	4.22 ± 1.99^{abc}	4.44 ± 1.24^{abc}	4.89 ± 1.05^{a}	4.67 ± 1.23^{ab}	5.00 ± 1.00^{a}	5.33 ± 1.00^{a}
5 : 0.1	4.56 ± 1.13^{ab}	4.56 ± 1.42^{abc}	4.78 ± 1.79^{a}	5.33 ± 1.50^{a}	4.89 ± 1.45^{a}	5.00 ± 1.23^{a}
5 : 0.2	4.67 ± 1.32^{ab}	5.00 ± 1.42^{a}	4.78 ± 1.48^{a}	4.67 ± 1.58^{bc}	4.89 ± 1.45^{a}	5.11 ± 0.78^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จากตารางที่ 17 พบว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบที่ใช้ปริมาณเวย์ผงร่วมกับเพคตินที่ระดับต่าง ๆที่คัดเลือกมา ไม่มีความแตกต่างทางสถิต($P>0.05$) ในการทดลองนี้จะเลือกใช้ปริมาณเวย์ผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 3 : 0.1 และ 3 : 0.2 เพราะเป็นการลดต้นทุนด้านวัตถุดิบในการผลิตโยเกิร์ต แต่เมื่อพิจารณาค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ จะเห็นว่าปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 3 : 0.1 มีค่าการแยกตัวของน้ำเวย์สูงกว่า ปริมาณเวย์ผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 3 : 0.2 จึงเลือกปริมาณเวย์ผงร่วมกับเพคตินที่ระดับ 3 : 0.2 เป็นสูตรเหมาะสมที่สุด

4. ศึกษาคุณลักษณะของโยเกิร์ตที่ใช้เวย์ผงทดแทนหางนมผงร่วมกับเพคตินในการผลิตโยเกิร์ต

จากการศึกษาในตอนที่ 2 และ 3 สามารถเลือกใช้ปริมาณหางนมผงร่วมกับเพคตินและเวย์ผงร่วมกับเพคติน ที่เหมาะสม คือ หางนมผง 3 : เพคติน 0.2 และ เวย์ผง 3 : เพคติน 0.2 มาทำการผลิตโยเกิร์ตโดยแปรปริมาณหางนมผง : เวย์ผง คือ 3 : 0, 2.5 : 0.5, 2 : 1, 1.5 :1.5, 1 : 2, 0.5 :2.5 และ 0 : 3 และใช้ปริมาณเพคตินที่ระดับ 0.2 % โดยน้ำหนัก โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า 0.02 % โดยน้ำหนัก โดยตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนม 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 %โดยน้ำหนัก)ร่วมกับปริมาณเวย์ผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 % โดยน้ำหนัก) โดยตรวจสอบค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าความเป็นกรดแลคติค การแยกตัวของน้ำเวย์ (% Syneresis)และความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมีและด้านกายภาพของโยเกิร์ตที่ใช้อัตราส่วนเวย์ผงทดแทนหางนมผงในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับปริมาณเพคตินที่ระดับ 0.2%

ปริมาณหางนมผง(%)	ปริมาณเวย์ผง(%)	ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	ค่าความเป็นกรดแลคติค(%TA)	ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ (%Syneresis)	ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม)
3.0	0.0	4.08±0.02b	1.07±0.01c	16.16±0.24abc	353.83±3.10b
2.5	0.5	4.12±0.01a	0.95±0.02d	16.57±0.31ab	326.23±2.11c
2.0	1.0	4.02±0.02c	1.20 ±0.01a	16.08±0.18c	361.57±1.72ab
1.5	1.5	4.09±0.02ab	1.09±0.01b	16.22±0.18abc	361.90±1.55ab
1.0	2.0	4.03±0.02c	1.18±0.01a	16.11±0.40bc	363.47±3.78a
0.5	2.5	4.03±0.01c	1.18±0.01a	16.58±0.14a	312.50±11.05d
0.0	3.0	4.11±0.01a	0.95 ±0.01d	16.24±0.11abc	327.85±2.37c

หมายเหตุ ตัวอักษร abc ในแนวตั้งบอกความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากตารางที่ 18 เมื่อพิจารณาที่ค่า pH จะเห็นว่าค่า pH ของปริมาณหางนมผง : เวย์ผง ที่ระดับ 0 : 0.3, 1.5 : 1.5, 2.5 : 0.5 และ 3 : 0, 1.5 : 1.5 และ 0.5 : 2.5, 1 : 2, 2: 1 ให้ค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

พิจารณาค่าความเป็นกรดแลคติค จะเห็นว่าค่าความเป็นกรดแลคติคของปริมาณหางนมผง : เวย์ผง ที่ระดับต่าง ๆ ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) แต่ที่ปริมาณหางนมผง : เวย์ผง ที่ระดับ 0.5 : 2.5 , 1 : 2, 2 : 1 และ 0: 3, 2.5 : 0.5 ให้ค่าความเป็นกรดแลคติคไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

พิจารณาค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) จะเห็นว่าค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต(กรัม) ของปริมาณหางนมผง : เวย์ผง ที่ระดับต่าง ๆให้ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต(กรัม)แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) แต่ที่ปริมาณหางนมผง : เวย์ผง ที่ระดับ 1 : 2, 1.5 : 1.5, 2 : 1 และ 1.5 : 1.5, 2 : 1,3 : 0 และ 0 : 3, 2.5 : 0.5 ให้ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต(กรัม)ไม่แตกต่างกันทางสถิติ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ จะเห็นว่าค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ ของปริมาณหางนมผง : เวย์ผง ที่ระดับต่าง ๆ ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) แต่ที่ปริมาณหางนมผง : เวย์ผง ที่ระดับ 0 : 3, 0.5 : 2.5, 1.5 : 1.5, 2.5: 0.5, 3 : 0 และ 0: 3, 1: 2, 1.5 : 1.5, 2.5 : 0.5, 3 : 0 และ 0 : 3, 1 : 2, 1.5 : 1.5, 2 : 1, 3 : 0 ให้ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนม 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 %โดยน้ำหนัก)ร่วมกับปริมาณเวย์ผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ3 %โดยน้ำหนัก) โดยตรวจสอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสในปาก เนื้อสัมผัสขณะตัก และการยอมรับโดยรวม ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของโยเกิร์ตใช้อัตราส่วนเวย์ผงทดแทนหางนมผงในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับปริมาณเพคตินที่ระดับ 0.2%

ปริมาณหางนมผง : เวย์ผง (%)	ปัจจัย					
	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัสในปาก^{ns}	เนื้อสัมผัสขณะตัก^{ns}	ความแน่นเนื้อ^{ns}	การยอมรับโดยรวม^{ns}
0 : 3	4.60±1.27	3.95±1.19	4.85±0.93	4.60±1.14	4.60±1.00	4.50±0.83
0.5 : 2.5	4.65±1.31	4.15±1.42	5.10±0.97	4.80±1.11	4.65±1.18	4.65±1.14
1 : 2	4.15±1.23	4.25±1.25	4.75±0.85	4.80±0.83	5.05±0.83	4.90±1.67
1.5 : 1.5	4.55±1.57	3.90±1.25	4.75±1.12	4.75±1.25	4.50±1.05	4.70±1.13
2 : 1	4.55±1.19	4.25±1.37	4.80±1.24	4.85±0.75	4.75±1.29	4.65±1.04
2.5 : 0.5	4.75±1.37	4.05±1.28	5.00±0.97	4.60±1.05	4.85±1.09	4.70±1.13
3 : 0	4.90±1.37	4.35±1.39	5.00±1.17	4.65±1.04	5.10±1.33	4.95±1.05

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

จากตารางที่ 19 แสดงความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสในปาก เนื้อสัมผัสขณะตัก และการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบต่อโยเกิร์ตที่เติมเวย์ผงทดแทนหางนมผงที่ระดับต่าง ๆไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

คัดเลือกปริมาณหางนมผง : เวย์ผง ที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากค่าการแยกตัวของน้ำเวย์และค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) จะเห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณหางนมผง : เวย์ผง ที่ระดับ 3 : 0 ซึ่งเป็นสูตรควบคุม แต่ปริมาณหางนมผง : เวย์ผง ที่ระดับ 1.5 : 1.5 และ 2 : 1 ไม่มีความแตกต่างกับสูตรควบคุม แต่วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ต้องการทดแทนหางนมผงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวย์ผงในปริมาณที่มากที่สุด เพื่อลดการต้นทุนด้านวัตถุดิบ จึงเลือกปริมาณหางนมผง : เวย์ผง ที่ระดับ 1.5 : 1.5 เป็นสูตรที่ดีที่สุด

เวย์สามารถทดแทนหางนมผงในโยเกิร์ตได้ 50 % และปริมาณเพคตินที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตโยเกิร์ต 0.02 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

ศึกษาอัตราส่วนของเพคตินต่อหางนมผงในปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต พบว่า เมื่อปริมาณเพคตินต่อหางนมในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น การแยกตัวของน้ำเวย์ (%syneresis) ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ได้อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ เพคติน 0.2 % ต่อ หางนมผง 3% ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 4.02 ค่าความเป็นกรดแลคติค (% Titratable acidity) 1.01% ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ 15.45 ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต 362.01 กรัม

ศึกษาอัตราส่วนของเพคตินต่อหางนมผงในปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต พบว่า เมื่อปริมาณเพคตินต่อหางนมในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น การแยกตัวของน้ำเวย์ (%syneresis) ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ได้อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ เพคติน 0.2 % ต่อเวย์ผง 3% ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง 3.98 ค่าความเป็นกรดแลคติค 1.16 % ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ 19.62 ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต 316.82 กรัม

ศึกษาอัตราส่วนของหางนมผงร่วมกับเวย์ผงในปริมาณที่เหมาะสม โดยทดแทนหางนมผงด้วยเวย์ผงร่วมกับเพคติน 0.2 %ในการผลิตโยเกิร์ต พบว่าการแยกตัวของน้ำเวย์ มีค่าใกล้เคียงในแต่ละสูตร โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ หางนมผง 1.5 % ต่อ เวย์ผง 1.5% % ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 4.09 ค่าความเป็นกรดแลคติค 1.09% ค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ 16.22ค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต 361.90 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กัณฐวุฒิ บุญมี. 2545. การปรับปรุงนมเปรี้ยวพร้อมดื่มโดยใช้เวย์โปรตีนผงแทนหางนมผง. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 31-35 น.

นรินทร์ ทองศิริ. 2531. เทคโนโลยีอาหารนม.ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,เชียงใหม่.160 น.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 209 น.

วิสิฐ จะวะสิต และ ทองยศ อเนกเวียง. 2538. นมและผลิตภัณฑ์. ในคณะกรรมการการผลิตชุดวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช(ผู้รวบรวม). เอกสารการสอนชุดวิชา วิทยาศาสตร์การอาหารเบื้องต้น หน่วยที่ 8-15. ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์กรุงเทพ ฯ. 203-265 น.

วุฒิชัย นาครักษา.2538. คาร์โบไฮเดรตในอาหาร.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 86 น.

สุรีย์ นานาสมบัติ. 2539. เทคโนโลยีของนมและผลิตภัณฑ์นม โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพฯ.

อภิญญา เจริญผล. 2542. เอกสารคำสอนวิชานมและผลิตภัณฑ์นม.คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.กรุงเทพฯ.96 หน้า.

Alan, H.V. and P.s. Jane.1994.Milk and milk Products.Technology,Chemistry and Microbiology.Chapman & Hall Inc,Newyork.159-170 p.

Alfa-Laval. 1977. Dairy Handbook. Lund, Sweden. 333p.

Aguilera, J.M. and H.G. Kessler. 1989. Properties of mixed and filled-type dairy gels. J. Food Science.54 : 1213-1217.

Deeth, H.C. and Tamime, A.Y. 1981. Yoghurt : Nutritional and Terapentic Aspects. J. Food Production. 26:432 p.

LEE, S.P. , S. Kin, S. Watkins and C.A. Batt. 1994. Reducing whey syneresis in yoghurt by the addition of a thermolabile variant of beta-lactoglobulin. Bioscience. Biotechnol. Biochem. 58 : 309-313.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lucid, A., P.R. Baruffaldi and M.N. Oliviera.1997.Optimization of yogurt production using demineralized whey.J. of Food Science. 62(4) :846-850.

Early, R.1992. The Technology of Dairy Products.VCH Publishers,Inc.,New York.305 p.

Gonzalez-Martinez C., M. Becerra, M.Chafer , A. Albors, M.Carot and A.Chiralt. 2002. Influence of substituting milk powder for whey powder on yoghurt quality.Trends in Food Science & Technology.13 :334-340.

Nielsen,E.W. and J.A. Ullum.1989. Dairy Technology 1.Danish Turnkey Dairies Ltd.Denmark.110 p.

Marshall ,K.R. and W.J. Happer.1988. Bulletin of the International Dairy Federation. 233 :7-21 p

Meilgaard,M.,G.V.Civille and B.T.Carr. 1999. Sensory Evaalution Techniques.3rd edition.CRC Press LLc.New York.Ny.387p.

Rhim, J.W.,V.A. Jone and K.R. Swartzel. 1990 A research note . Kinetic compensation effect in the heat denaturation of whey protein. J. Food science.55(2):589-592

Speer, E.1998. Milk and Dairy Product Technology.Marcel Dekker Inc.,New York.NY.483p.

Schmidt, K.A.,T.J. Herald and K.A. Khatib. 2001. Modified wheat starches used as stabilizers in set style yoghurt. J. of Food Qual. 24 :421-434.

Tamime, A.Y. and R.K. Robinson. 1985. Yogurt Science and Technology. Pergamon Prees, LTd., Great Britain. 424 p.

Zadow,J.G.1992. Whey and lactose processing. Elsevier Applied Scince,London.489p.

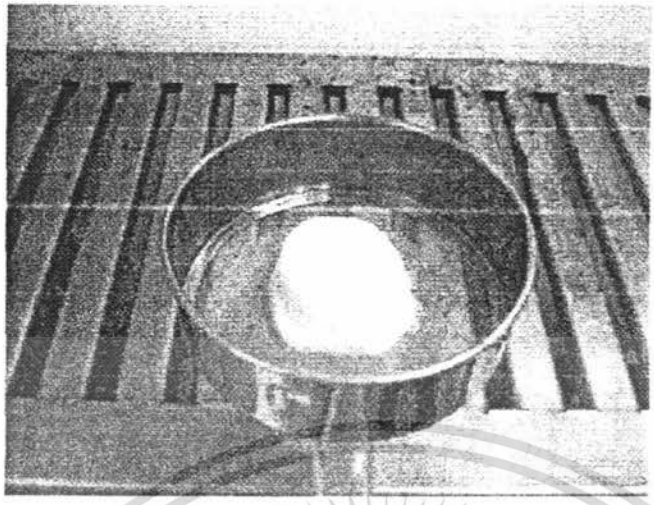
www.sbu.ac.uk/water/ hypec.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

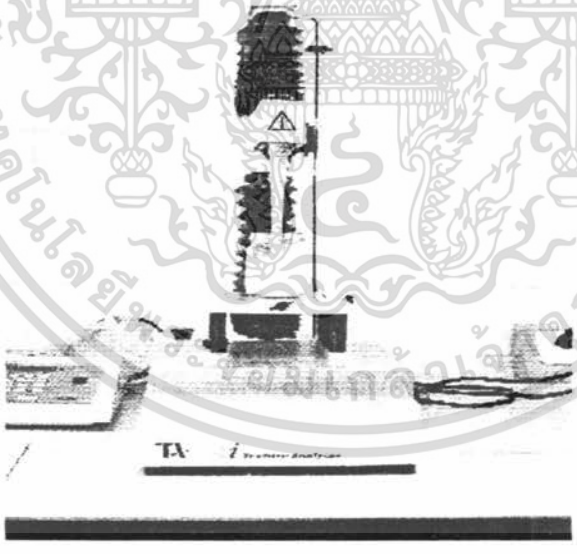
ภาคผนวก ก

(รูปแสดงวิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 1 วิธีตรวจสอบการแยกตัวของน้ำเวย์ (syneresis)



ภาพผนวกที่ 2 แสดงวิธีตรวจสอบความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

(แบบทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อ..... **วันที่ทดสอบ** .....

ตัวอย่าง : โยเกิร์ต

คำชี้แจง : ทดสอบชิมตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตตาม **คำอธิบายคะแนนความชอบ และกรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง**

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบมาก

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

4 = เฉย ๆ

5 = ชอบเล็กน้อย

6 = ชอบมาก

7 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____	_____	_____	_____
กลิ่น	_____	_____	_____	_____	_____	_____
รสชาติ	_____	_____	_____	_____	_____	_____
เนื้อสัมผัส (ในปาก)	_____	_____	_____	_____	_____	_____
เนื้อสัมผัส (ขณะตัก)	_____	_____	_____	_____	_____	_____
ความแน่นเนื้อ	_____	_____	_____	_____	_____	_____
การยอมรับโดยรวม	_____	_____	_____	_____	_____	_____

ข้อแนะนำ

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

(ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านกลิ่นของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำ หนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	61.94	4.13	2.70	*
Block	8	25.51	3.19	2.09	*
Error	120	183.38	1.53		
Total	143	270.83			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านรสชาติของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	60.10	4.01	2.08	*
Block	8	43.75	5.47	2.83	*
Error	120	231.58	1.93		
Total	143	335.44			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเนื้อสัมผัสในปากของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	81.66	5.44	2.62	*
Block	8	38.31	4.79	2.31	*
Error	120	249.03	2.08		
Total	143	369.00			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเนื้อสัมผัสขณะตักของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ(0.1, 0.2,0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	65.53	4.37	1.76	*
Block	8	39.51	4.94	1.99	*
Error	120	297.60	2.48		
Total	143	402.64			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความแน่นเนื้อของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	83.72	5.58	2.42	*
Block	8	38.64	4.83	2.10	*
Error	120	276.47	2.30		
Total	143	398.83			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการยอมรับโดยรวมของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	83.72	5.58	2.42	*
Block	8	38.64	4.83	2.10	*
Error	120	276.47	2.30		
Total	143	398.83			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความเป็นกรดด่าง(pH) ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณ หางนมผงระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
หางนมผง	9	0.04	0.02	79.48	*
เพคติน	3	0.02	0.01	27.18	*
หางนมผง*เพคติน	3	0.06	0.01	34.31	*
Error	32	0.01	0.00		
Total	47	0.12			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความเป็นกรดแลคติคของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก) ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
หางนมผง	9	0.08	0.03	116.77	*
เพคติน	3	0.02	0.01	27.69	*
หางนมผง*เพคติน	3	0.07	0.01	37.43	*
Error	32	0.01	0.00		
Total	47	0.17			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ (%synereis) ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
หางนมผง	9	1014.56	338.19	331.40	*
เพคติน	3	729.09	243.03	238.15	*
หางนมผง*เพคติน	3	337.87	37.54	36.79	*
Error	32	32.66	1.02		
Total	47	2114.18			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก) ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ(0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % น้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
หางนมผง	9	1060476.84	353482.28	822.06	*
เพคติน	3	175589.79	58528.93	136.11	*
หางนมผง*เพคติน	3	107678.20	11964.24	27.82	*
Error	32	13760.28	430.01		
Total	47	1357502.11			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านกลิ่นของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	40.42	2.69	1.46	*
Block	8	38.93	4.87	2.63	*
Error	120	221.96	1.85		
Total	143	301.31			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านรสชาติของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	84.44	5.63	2.77	*
Block	8	38.33	6.35	3.26	*
Error	120	260.22	2.03		
Total	143	344.66			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเนื้อสัมผัสในปากของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผง4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	16.19	5.75	3.96	*
Block	8	27.76	3.47	2.11	*
Error	120	185.56	1.45		
Total	143	271.75			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเนื้อสัมผัสในขณะตักของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	106.60	7.11	4.96	*
Block	8	32.75	4.09	2.55	*
Error	120	183.33	1.43		
Total	143	289.94			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความแน่นเนื้อของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	94.22	6.28	3.84	*
Block	8				*
Error	120	109.33	1.64		
Total	143	303.56			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการยอมรับโดยรวมของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	15	160.38	10.69	9.75	*
Block	8	23.50	2.94	1.85	*
Error	120	140.44	1.10		
Total	143	300.83			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความเป็นกรดด่าง(pH) ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
เวย์ผง	9	0.16	0.05	41.50	*
เพคติน	3	0.04	0.01	10.94	*
เวย์ผง*เพคติน	3	0.14	0.02	11.74	*
Error	32	0.04	0.00		
Total	47	0.38			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความเป็นกรดแลคติคของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก) ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
เวย์ผง	9	0.11	0.04	97.52	*
เพคติน	3	0.03	0.01	31.32	*
เวย์ผง*เพคติน	3	0.10	0.01	30.21	*
Error	32	0.01	0.00		
Total	47	0.25			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ (%synereis) ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก) ร่วมเพคติน 4 ระดับ (0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
เวย์ผง	9	310.47	103.49	303.27	*
เพคติน	3	826.49	276.16	809.27	*
เวย์ผง*เพคติน	3	88.63	9.85	28.86	*
Error	32	10.92	0.34		
Total	47	1238.51			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณเวย์ผง 4 ระดับ (0, 3, 5 และ 7 % โดยน้ำหนัก) ร่วมกับเพคติน 4 ระดับ(0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % น้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
เวย์ผง	9	38908.09	12969.36	26.07	*
เพคติน	3	430623.80	143541.27	602.54	*
เวย์ผง*เพคติน	3	55899.89	6211.10	26.07	*
Error	32	7623.25	238.23		
Total	47	533055.03			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านกลิ่นของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 7 ระดับ (0,0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3% โดยน้ำหนัก) ร่วมกับเวย์ผง 7 ระดับ(0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	6	6.44	1.07	0.95	ns
Block	19	108.65	5.72	5.07	*
Error	114	128.70	1.13		
Total	139	243.79			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านรสชาติของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 7 ระดับ (0,0.5,1,1.5,2,2.5 และ3% โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเวย์ผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	6	3.39	0.56	0.71	ns
Block	19	137.40	7.23	9.07	*
Error	114	90.90	0.80		
Total	139	231.69			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเนื้อสัมผัสในปากของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณ หางนม 7 ผงระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3% โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเวย์ผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5และ 3 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	6	2.34	0.39	0.63	ns
Block	19	73.96	3.89	6.24	*
Error	114	71.09	0.62		
Total	139	147.39			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเนื้อสัมผัสขณะตักของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3% โดยน้ำหนัก) ร่วมกับเวย์ผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5และ 3 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	6	6.84	1.14	1.21	ns
Block	19	35.74	1.88	2.00	*
Error	114	107.16	0.94		
Total	139	149.74			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความแน่นเนื้อของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3% โดยน้ำหนัก) ร่วมกับเวย์ผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5และ 3 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	6	6.17	1.03	1.19	ns
Block	19	68.43	3.06	4.15	*
Error	114	98.97	0.87		
Total	139	173.57			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการยอมรับโดยรวมของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณ หางนมผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3% โดยน้ำหนัก) ร่วมกับเวย์ผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5และ 3 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	6	2.89	0.48	0.64	ns
Block	19	68.14	3.59	4.80	*
Error	114	85.11	0.75		
Total	139	156.14			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความเป็นกรดด่าง(pH) ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3% โดยน้ำหนัก)ร่วมกับเวย์ผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	6	0.03	0.01	19.33	*
Error	14	0.00	0.00		
Total	20	0.4			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความเป็นกรดแลคติคของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3%โดยน้ำหนัก) ร่วมกับเวย์ผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	6	0.20	0.03	295.83	*
Error	14	0.00	0.00		
Total	20	0.20			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าการแยกตัวของน้ำเวย์ (%synereis) ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5และ 3% โดยน้ำหนัก) ร่วมกับเวย์ผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 %โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	6	310.47	103.49	303.27	*
Error	14	10.92	0.34		
Total	20	1238.51			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) ของโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณหางนมผง 7 ระดับ(0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5และ3%โดยน้ำหนัก) ร่วมกับเวย์ผง 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 % โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	DF	SS	MS	F	Sig
Treatment	6	8020.25	1336.71	57.91	*
Error	14	323.17	23.08		
Total	20	8343.42			

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้