ผลของแบคทีเรียแลคติกต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว

Effect of lactic acid bacteria for physicochemical and microbiological characteristic of lactic acid beverages from rice flour

ธันยพร พันทิม

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ผลของแบคทีเรียแลคติกต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว

Effect of lactic acid bacteria for physicochemical and microbiological characteristic of lactic acid drinks from rice flour

จัดทำโดย

ธันยพร พันทิม รหัสนักศึกษา 59080085

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 30 / 07 / 63

(ผศ.ดร. ภาวินี ดีแท้)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	ผลของแบคทีเรียแลคติกต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว
ชื่อนักศึกษา	ธันยพร พันทิม รหัสนักศึกษา 59080085
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ภาวินี ดีแท้

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกที่ได้จากสูตรของเครื่องดื่มคล้ายนมจากแป้งข้าว อ้างอิงมาจากรายงานของ พรรษพร (2561) และเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการผลิตเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว โดยสูตรเครื่องดื่มคล้ายนมจากแป้งข้าวนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติก สูตรพื้นฐานโดยใช้ แป้งสุก 6.1 กรัม กลูโคส 4.5 กรัม โปรตีนข้าว 4 กรัม แซนแทนกัม 0.4 กรัม แคลเซียมแลคเตท 1 กรัม น้ำมันรำข้าว 4 กรัม เกลือ 0.05 กรัม และน้ำ 86 กรัม (w/v) จากการทดลองพบว่าสูตรพื้นฐานใช้เวลาในการหมักมากกว่า 24 ชั่วโมง โดยค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดแลคติกไม่แตกต่างจากระยะเวลาก่อนหมัก ($p \leq 0.05$) จึงมีพัฒนาสูตรเพื่อลดระยะเวลาในการหมักโดยทำการเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวที่ 10% 30% 50% 70% และปริมาณของกลูโคสที่ 5% 10% 15% และใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกทางการค้า ได้แก่ DANISCO ® VEGE 033 LYO หลังจากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส หลังจากกระบวนการหมักแล้วจะนำผลิตภัณฑ์เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4±1 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งสุกและกลูโคสมีผลทำให้แบคทีเรียแลคติกเจริญได้ดีขึ้น pH ลดลงต่ำกว่า 4.8 และ ปริมาณกรดแลคติกประมาณ 0.2% สูตรที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของแบคทีเรียแลคติกได้แก่ สูตร 50:5 และแป้งข้าวทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: โยเกิร์ตจากธัญพืช เครื่องดื่มแลคติก แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Effect of lactic acid bacteria for physicochemical and microbiological characteristic of lactic acid drinks from glutinous rice flour
Student name	Thunyaphorn Puntim Student ID 59080085
Program	Bachelor of Science in Industrial Fermentation Technology
Year	2019
Advisor	Assist.Prof.Dr. Pawinee Deetae

ABSTRACT

This study is to develop lactic acid beverage products derived from the formulation of milk-like beverages from rice flour, that based on the report from Pansaporn (2018) and to compare between the production of lactic acid beverages from rice flour and glutinous rice flour. The milk-like beverages from rice flour is an original formula using 6.1 grams of cooked flour, 4.5 grams of glucose, 4 grams of rice protein, 1 g of calcium lactate, 0.4 grams of xanthan gum, 4 grams of rice bran oil, 0.05 grams of salt and water 86 grams (w/v). From the experiment, it was found that the original formula took more than 24 hours to fermented, that the pH and lactic acid content not different from the pre-fermentation period ($p \leq 0.05$). Therefore, to formulated the shorten fermentation time by increasing the amount of cooked rice flour at 10% 30% 50% and 70% ,the amount of glucose at 5% 10% 15% and using commercial lactic acid bacteria is DANISCO ® VEGE 033 LYO then incubated at 43 degrees Celsius. After fermentation, the products were stored at temperatures below 4±1 degree Celsius. From the experiment, it was found that the increasing of the amount of cooked flour resulted in the growth of lactic acid bacteria. The improvement is the pH decreased to less than 4.8 and the lactic acid content was about 0.2%. The suitable formula for the growth of lactic acid bacteria was 50 : 5 (ratio) and the type of rice flour was not different ($p \leq 0.05$).

Keywords: Plant-based yogurt, Lactic acid beverage, Rice flour, Glutinous rice flour

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับจะสำเร็จนี้สำเร็จลุล่วงมิได้ หากไม่ได้ได้ด้วยความกรุณาจากผศ.ดร.ภาวินี ดีแท้ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าจึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ทำให้รายงานฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการสนับสนุนการจัดทำสัมมนาชิ้นนี้ ทั้งด้านต้นแบบการจัดทำสัมมนา รวมถึงการจัดทำรูปเล่ม

ขอขอบพระคุณ คุณยาย คุณแม่ และทุกคนในครอบครัว ในการเป็นกำลังใจและคอยสนับสนุนการทำงานชิ้นนี้มาโดยตลอด รวมถึงขอบคุณนางสาวพรรษพร เปล่งแสงศรี และ เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ในคณะ ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและกำลังใจในการทำงานเสมอ ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ธันยพร พันทิม

21 พฤษภาคม 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ปัญหาจากการบริโภคนมวัว	3
2.2 เครื่องดื่มแลคติก	4
2.3 แบคทีเรียแลคติก	17
2.4 ข้าว	21
2.5 ผลิตภัณฑ์จากข้าว	24
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	32
3.1 วัตถุดิบ	32
3.2 เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า	32
3.3 สารเคมี	32
3.4 อุปกรณ์	33
3.5 ขั้นตอนวิธีการทดลอง	34
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	41
4.1 ผลการศึกษาการผลิตเครื่องดื่มแลกติกสูตรพื้นฐานจากแป้งข้าว	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มแลคติก..... 46

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 61

บรรณานุกรม..... 62

ภาคผนวก..... 65

ภาคผนวก ก..... 66

ภาคผนวก ข..... 72

ประวัติผู้เขียน..... 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สมบัติและมาตรฐานนมเปรี้ยวที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข (2548).....	14
2.2	สมบัติและมาตรฐานนมเปรี้ยวโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546).....	15
2.3	ตัวอย่างแบคทีเรียกรดแลกติกแลคโตบาซิลลัส ที่มีรายงานว่าสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์สำหรับเป็นอาหารมนุษย์.....	20
2.4	ตัวอย่างแบคทีเรียกรดแลกติกบิฟิโดแบคทีเรียม ที่มีรายงานว่าสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์สำหรับเป็นอาหารมนุษย์.....	20
2.5	ตารางแสดงค่าความคงตัวของแป้งสุกวัดจากระยะทางที่แป้งสุกเย็นไหล.....	23
2.6	ตารางแสดงอุณหภูมิแป้งสุก.....	23
3.1	รูปแบบการทดลอง (Treatment combination).....	35
4.1	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเทียบกับองค์ประกอบในนมวัว (100 กรัม) และองค์ประกอบเครื่องดื่มแลคติกแป้งข้าวเจ้าเทียบกับแป้งข้าวเหนียว.....	42
4.2	ตารางแสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ปริมาณกรดแลคติก (%กรด) สูตรพื้นฐานจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว.....	42
4.3	แสดงคุณลักษณะทางกายภาพของเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวก่อนหมักและหลังหมัก (24 ชั่วโมง).....	44
4.4	ตารางแสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์สูตรพื้นฐานจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว.....	45
4.5	ตารางแสดงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และร้อยละกรดแลคติกของปัจจัยของกลูโคสที่ร้อยละ 5 10 และ 15.....	46
4.6	ตารางแสดงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และร้อยละกรดแลคติกของปัจจัยของแป้งสุกที่ร้อยละ 10 30 50 และ 70 (แป้งข้าวเจ้า).....	47
4.7	ตารางแสดงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และร้อยละกรดแลคติกของปัจจัยของแป้งสุกที่ร้อยละ 10 30 50 และ 70 (แป้งข้าวเหนียว).....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.8	ตารางแสดงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของสูตรแป้งข้าวเจ้าโดยเพิ่มอัตราส่วนของแป้งสุกร้อยละ 10 30 50 และ 70 และอัตราส่วนกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15 (12สูตร).....	49
4.9	ตารางแสดงร้อยละปริมาณกรดแลคติก (%titratable Acidity) ของสูตรแป้งข้าวเจ้าโดยเพิ่มอัตราส่วนของแป้งสุกร้อยละ 10 30 50 และ 70 และอัตราส่วนกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15 (12 สูตร).....	50
4.10	ตารางแสดงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของสูตรแป้งข้าวเหนียวโดยเพิ่มอัตราส่วนของแป้งสุกร้อยละ 10 30 50 และ 70 และอัตราส่วนกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15 (12 สูตร).....	53
4.11	ตารางแสดงร้อยละปริมาณกรดแลคติก (%titratable Acidity) ของสูตรแป้งข้าวเหนียวโดยเพิ่มอัตราส่วนของแป้งสุกร้อยละ 10 30 50 และ 70 และอัตราส่วนกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15 (12 สูตร).....	54
4.12	ตารางแสดงผลร้อยละกรดแลคติกของสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเทียบแต่ละชั่วโมงของสูตร 50:5 และ 70:5.....	57
4.10	องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าเทียบกับแป้งข้าวเหนียวที่ระยะเวลาก่อนหมัก (0 ชั่วโมง) และหลังหมัก (24 ชั่วโมง).....	56
4.13	คุณลักษณะทางกายภาพของเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าเทียบกับแป้งข้าวเหนียว ที่ระยะเวลาก่อนหมัก (0 ชั่วโมง) และหลังหมัก (24 ชั่วโมง).....	58
4.14	ตารางแสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์สูตรพื้นฐานเทียบกับสูตรที่เหมาะสมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวที่เวลา 0 15 และ 24 ชั่วโมง.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การหมักแลคโตสในโยเกิร์ตโดยจุลินทรีย์ Homolactic fermentative และ Heterolactic fermentative.....	5
2.2	แผนภาพการผลิตโยเกิร์ตชนิดเซต ชนิดกวน และชนิดเข้มข้น.....	7
2.3	ตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีในนมวัว.....	8
2.4	ภาพโครงสร้างของแซนแทนกัม.....	10
2.5	ขั้นตอนการผลิตเซทโยเกิร์ตและสเตอร์โยเกิร์ต.....	11
2.6	ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตรสธรรมชาติและโยเกิร์ตปรุงแต่งด้วยวิธีการผลิตแบบเซทโยเกิร์ตและสเตอร์โยเกิร์ต.....	12
2.7	กระบวนการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มระดับอุตสาหกรรมจำแนกตามวิธีการฆ่าเชื้อภายหลักการหมัก.....	13
2.8	สมการแสดงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากกลูโคสเป็นกรดแลคติก แบบ Homofermentative และ Heterofermentative.....	18
2.9	สูตรโครงสร้างทางเคมีของสารให้ความหอม 2-acetyl-1-pyrroline.....	23
2.10	กระบวนการทำแป้งข้าว.....	25
2.11	กระบวนการทำแป้งบริสุทธิ์.....	26
2.12	กระบวนการผลิตสาเก ไวน์ข้าว.....	27
2.13	กระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว.....	29
3.1	ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มแลกติกจากแป้งข้าว.....	34
4.1	A) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการหมักและค่าpH B) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการหมักและปริมาณกรดแลคติก.....	43
4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ 0 และ 24 ชั่วโมงในการหมักปริมาณเชื้อจุลินทรีย์.....	45
4.3	A) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และเวลาของแป้งข้าวเจ้า 10% B) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าเจ้า 10%.....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.4	C) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเจ้า 30% D) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเจ้า 30%.....	49
4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเจ้า 50% F) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเจ้า 50%..... ...	50
4.6	G) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเจ้า 70% H) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเจ้า 70%.....	50
4.7	A) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเหนียว 10% B) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเหนียว 10%.....	53
4.8	C) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเหนียว 30% D) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเหนียว 30%.....	53
4.9	E) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเหนียว 50% F) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเหนียว 50%.....	54
4.10	G) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเหนียว 70% H) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเหนียว 70%.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผลิตภัณฑ์นมหมัก (Cultured milk) หรือผลิตภัณฑ์นมที่มีรสเปรี้ยว ซึ่งการผลิตส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการหมักให้เกิดกรดแลคติก โดยแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ชนิดและประเภทของนมหมัก ได้แก่ ชีส หรือเนยแข็ง ครีมเปรี้ยว นมเปรี้ยว คีเฟอร์ และโยเกิร์ต (ฉัตรภา, 2556) อย่างไรก็ตามการบริโภคผลิตภัณฑ์จากนมนั้น มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ เช่น การแพ้น้ำตาลแลคโตส การแพ้โปรตีนจากนม และปริมาณไขมันและคลอเลสเตอรอลสูง จากปัญหาดังเกล่าจึงจำเป็นต้องมีการคิดค้นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่เป็นทางเลือกอื่นเพื่อทดแทนนมโดยเป็นผลิตภัณฑ์จากพืชแทน เช่น นมถั่วเหลือง นมข้าว นมอัลมอลต์ นมมะพร้าว เป็นต้น (Swati Sethi, 2016) ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่นม ก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับปัญหาดังเกล่า เครื่องดื่มธัญพืชที่ผ่านการหมักจากแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเป็นที่สนใจสำหรับผู้บริโภค เนื่องจากคุณค่าทางโภชนาการ และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่มีความหลากหลาย และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เช่น ปราศจากแลคโตสและโปรตีนนม ผลิตภัณฑ์สำหรับมังสวิรัติ ผลิตภัณฑ์ที่มีคลอเรสเตอรอลต่ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามเครื่องดื่มที่ทำจากธัญพืชที่ผ่านกระบวนการหมักโดยแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ยังไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคทางด้านรสชาติมากนัก (Yu และ Bogue, 2013)

ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้มีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และใช้กลุ่มเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่แยกได้จากพืชเหมาะสำหรับเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค สำหรับผู้ที่ไม่ต้องการโปรตีนและแลคโตสจากนม

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

1.2.2 ศึกษาความแตกต่างระหว่างคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวโดยเปรียบเทียบระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบถึงคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

1.3.2 ทราบถึงความแตกต่างระหว่างคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวโดยเปรียบเทียบระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาจากการบริโภคนมวัว

นม หรือ น้ำนม (Milk) คือ ของเหลวสีขาวที่มีสารอาหารที่จำเป็นสำหรับเด็กหรือสัตว์เกิดใหม่ ที่ผลิตออกมาจากเต้านมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และยังรวมไปถึงเครื่องดื่มที่ใช้แทนนมด้วย เช่น นมถั่วเหลือง น้ำนมข้าว นมข้าวโพด นมแอลมอนด์ เป็นต้น นมวัวได้ถูกนำมาบริโภคอย่างแพร่หลายทั่วโลกเป็นเวลาหลายร้อยศตวรรษ นมจัดเป็นแหล่งของสารอาหารอย่างเช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต รวมทั้ง แคลเซียม วิตามินเอ ดี บี 2 บี12 แคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และซิงค์ ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและเสริมพัฒนาการของทารกในระยะแรกเกิดอีกด้วย (Fulgoni, Keast, Auestad และ Quann, 2011) นมได้นำมาทำผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอย่างแพร่หลาย เช่น ชีส โยเกิร์ต นมเปรี้ยว เป็นต้น แต่ในปัจจุบันมีปัจจัยหลายปัจจัยอย่างเช่น อาการไม่พึงประสงค์หลังจากการการบริโภคนมสาเหตุจากการแพ้โปรตีนในนม ภาวการณ์ย่อยน้ำตาลแลคโตสผิดปกติ และปริมาณคอเลสเตอรอลในนม ที่ก่อให้เกิดความกังวลทางด้านสุขภาพ รวมถึงเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มมังสวิรัติ จึงจำเป็นต้องมีการคิดค้นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่ ๆ เพื่อเป็นทดแทนนม เช่น ผลิตภัณฑ์ปราศจากแลคโตส (Lactose free) โดยเป็นผลิตภัณฑ์จากพืชเพื่อนำมาทดแทนการบริโภคนมวัว เช่น นมถั่วเหลือง นมข้าว นมอัลมอลต์ นมมะพร้าว (Swati Sethi, 2016)

2.1.1 โรคแพ้โปรตีนนมวัว (cow milk protein allergy, CMPA)

อาการผิดปกติหลังจากรับประทานนม เกิดจากปฏิกิริยาทางภูมิคุ้มกันในร่างกาย การแพ้อาหารพบในทารกมากกว่าเด็กโตและผู้ใหญ่ เนื่องจากระบบภูมิคุ้มกันและระบบทางเดินอาหารของทารกยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ กระเพาะอาหารของทารกมีความเป็นกรดน้อยกว่า และน้ำย่อยในลำไส้เล็กและตับอ่อนน้อยกว่าผู้ใหญ่ทำให้ความสามารถในการย่อยโปรตีนไม่ดี ระบบภูมิคุ้มกันและระบบทางเดินอาหารของเด็กจะพัฒนาขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับการแพ้อาหารน้อยลงเมื่อเด็กโตขึ้น

2.1.2 ภาวะการย่อยน้ำตาลแลคโตสผิดปกติ (Lactose intolerance)

โดยปกติร่างกายจะผลิตเอนไซม์แลคเตส (Lactase) ออกมาบริเวณลำไส้เล็กเพื่อย่อยน้ำตาลแลคโตสที่ได้จากผลิตภัณฑ์นม ในผู้ที่มีภาวะการย่อยน้ำตาลแลคโตสผิดปกติร่างกายจะผลิตเอนไซม์แลคเตสได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้มีการตกค้างของแลคโตสไปยังลำไส้ใหญ่ที่มีแบคทีเรียอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงส่งผลให้แบคทีเรียที่อยู่ในบริเวณลำไส้ใหญ่นำแลคโตสที่ตกค้างมาเป็นแหล่งอาหาร และอาจทำให้เกิดแก๊สในร่างกาย ส่งผลให้แสดงอาหารผิดปกติออกมา

2.1.3 โรคกระดูกพรุน (Osteoporosis)

การได้รับปริมาณของแคลเซียมสูงเกินไปก่อให้เกิดผลเสีย เนื่องจากฟอสฟอรัสและแคลเซียมที่อยู่ในองค์ประกอบของนมจะย่อยสลายมวลกระดูก ทำให้เสี่ยงการเกิดภาวะกระดูกพรุนและกระดูกหัก โดยแคลเซียมที่ได้จากนมไม่ควรเกิน 500 มิลลิลิตรต่อวัน ซึ่งปริมาณแคลเซียมที่ได้รับในปริมาณของนม 500 มิลลิตรนั้นจะมีองค์ประกอยของแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็น 3 : 2 หากดื่มนมมากกว่าปริมาณที่กล่าวข้างต้นจะทำให้ร่างกายได้รับปริมาณฟอสฟอรัสที่มากเกินความจำเป็น ซึ่งจะกระตุ้นต่อมพาราไทรอยด์ให้หลั่งฮอร์โมนออกมาสลายกระดูก จึงเป็นเหตุทำให้มวลกระดูกหรือเนื้อกระดูกบางลง ความต้องการปริมาณของแคลเซียมที่ต้องการในแต่ละวันจะแตกต่างกันไปตามช่วงอายุ โดยเฉลี่ยเด็กควรได้รับ 600 มิลลิกรัมต่อวัน วัยรุ่นควรได้รับ 1,000 – 1,500 มิลลิกรัมต่อวัน วัยผู้ใหญ่ควรได้รับ 800 – 1,000 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นต้น เมื่อร่างกายสามารถรับแคลเซียมจากนมได้เพียง 500 มิลลิกรัมต่อวัน แคลเซียมที่ขาดไปนั้นสามารถหาได้ทดแทนจากอาหารอื่น ๆ ที่มีแคลเซียมสูงเพื่อทดแทน (พิสมัย, 2559)

2.2 เครื่องดื่มแลคติก

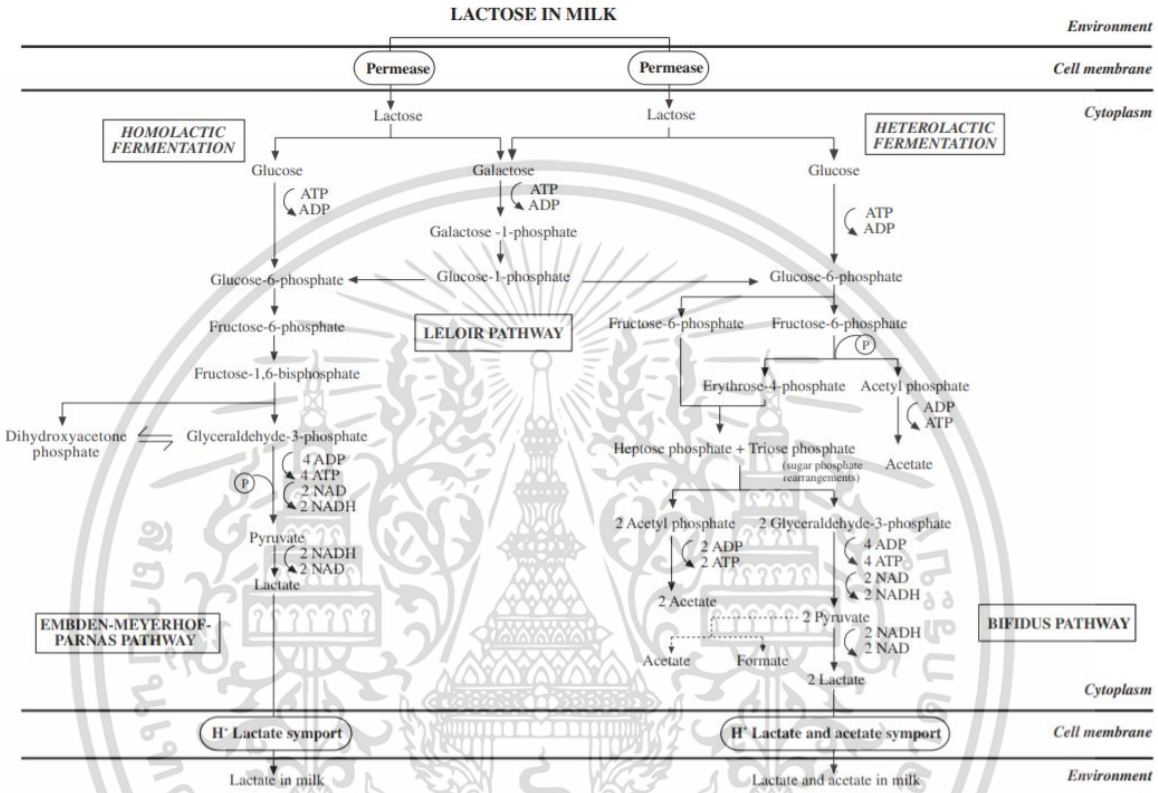
เครื่องดื่มของการหมักจากกรดแลคติก (lactic acid drink หรือ lactic acid beverages) หรือเครื่องดื่มที่มีการหมักด้วยจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียแลคติก (lactic acid bacteria หรือ LAB) สามารถแบ่งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มในกลุ่มนี้ได้ตามกระบวนการผลิตออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ กลุ่มนมหมัก (fermented milk) เช่นโยเกิร์ต นมเปรี้ยว คีเฟอร์ คูมิส ซึ่งเป็นการหมักน้ำนมวัวกับแบคทีเรียแลคติก โดยหลังจากหมักแล้วจุลินทรีย์ที่ได้จะยังคงมีชีวิตอยู่ และควรมีมากกว่า 10^7 ต่อมิลลิลิตร ในบางผลิภัณฑ์อาจมีเชื้ออื่นผสม เช่น คีเฟอร์และคูมิส จะหมักด้วยแบคทีเรียแลคติกร่วมกับยีสต์ ในกลุ่มนี้จะมีโปรตีนที่มาจากนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.4 ของน้ำหนัก และประเภทที่ 2 ได้แก่ กลุ่มผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรียแลคติก (lactic acid bacteria product) เป็นการหมักจุลินทรีย์กับวัตถุดิบอื่น ๆ ที่ไม่ใช้น้ำนมวัว เช่น น้ำผลไม้ผสมกรดแลคติก น้ำผสมนมเปรี้ยวเจอจาง โดยมีวิธิการผลิตโดยมีการเติมสารละลายน้ำตาลและกลิ่นลงไปในนมที่ผ่านกระบวนการหมักกับจุลินทรีย์แล้ว โดยจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ควรมีมากกว่า 10^7 ต่อมิลลิลิตร (ฉัตรภา, 2557)

2.2.1 กลุ่มนมหมัก หรือ นมเปรี้ยว (fermented milk)

ผลิตภัณฑ์รที่ทำมาจากนมโดยมีการเติมเอาจุลินทรีย์ไปหมักในนม โดยกระบวนการหมักนี้จะเป็นกระบวนการทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและเติมจุลินทรีย์ที่ดีต่อร่างกายลงไปแทน กระบวนการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสในนมเป็นกรดแลกติก ดังภาพที่ 2.1 ผลิตภัณฑ์นมหมักที่ได้จะมีค่าความเป็นกรดที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้นมเปลี่ยนสภาพเป็นลักษณะครีมข้นและรสชาติที่ฝาดขึ้น รสชาติและรสสัมผัสของนมหมักแต่ชนิดจะขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์ที่เติมลงไปและประเภทของนมที่นำมาใช้ซึ่งจะให้รสชาติและรสสัมผัสที่แตกต่างกันออกไป



ภาพที่ 2.1 การหมักแลคโตสในโยเกิร์ตโดยจุลินทรีย์ homolactic fermentative และ heterolactic fermentative

ที่มา: Monnet และคณะ (1996) Marshall และ Tamime (1997)

การจำแนกประเภทนมเปรี้ยว

- กระทรวงสาธารณสุข (2548) จำแนกประเภทของนมเปรี้ยวตามชนิดจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักไว้ดังนี้

1. โยเกิร์ต (yogurt) หมายถึงนมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วย *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* หรือ *Lactobacillus sp.*
2. นมเปรี้ยวเปรี้ยวแอซิโดฟิลัส (acidophilus milk) นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วย *Lactobacillus acidophilus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นมเปรี้ยวคีเฟอร์ (kefir) หมายถึง นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรียและยีสต์ ได้แก่ *Lactobacillus kefiri*, *Lactococcus*, *Acetobacter*, *Kluyveromyces marxianus*, *Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces exiguous*
4. นมเปรี้ยวคูมิส (kumis) หมายถึง นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรียและยีสต์ ได้แก่ *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* และ *Kluyveromyces marxianus*
5. นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยจุลินทรีย์ชนิดที่แตกต่างกันหรือนอกเหนือที่กำหนดไว้ในข้อ 1-4 เช่น *Lactobacillus casei* subsp. *Shirota, Bifidobacterium*

➢ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546) จำแนกประเภทของนมเปรี้ยวไว้ดังนี้

1. โยเกิร์ต หมายถึง นมเปรี้ยวที่ได้จากนมหรือผลิตภัณฑ์นมซึ่งเกิดจากการหมัก บ่มด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลคติกเป็นหลัก เช่น *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus acidophilus* หรือ จุลินทรีย์อื่นที่ใช้ในการผลิตนมเปรี้ยว ทั้งนี้จะมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่หรือไม่ก็ได้
2. โยเกิร์ตปรุงแต่ง (flavored yoghurt หรือ composite fermented milk) หมายถึง โยเกิร์ตตามข้อ 1 ที่ผ่านการปรุงแต่งกลิ่นรส สีหรือวัตถุอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น ผลไม้ แยม เป็นต้น ซึ่งอาจแยกชั้นในภาชนะบรรจุ (set yoghurt) หรือผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน (stirred yoghurt) และมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักบ่มมีชีวิตคงเหลืออยู่
3. นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม (fermented milk drink หรือ drinking yoghurt) หมายถึง นมเปรี้ยวตามข้อ 1 ที่ผ่านการเจือจางและปรุงแต่งกลิ่น รส สี หรือวัตถุอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น น้ำผลไม้ น้ำผึ้ง เป็นต้น สำหรับดื่มโดยตรงและมีจุลินทรีย์ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่
4. นมเปรี้ยวพร้อมดื่มพาสเจอไรส์ (pasteurized fermented milk drink หรือ pasteurized drinking yoghurt) หมายถึง นมเปรี้ยวพร้อมดื่มตามข้อ 3 ที่ผ่านการทำลายจุลินทรีย์ ด้วยความร้อนโดยกระบวนการพาสเจอไรส์และมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตจำนวนหนึ่ง
5. นมเปรี้ยวพร้อมดื่มยู เอช ที (UHT fermented milk drink หรือ UHT drinking yoghurt) หมายถึง นมเปรี้ยวพร้อมดื่มตามข้อ 3 ที่ผ่านการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนโดยกระบวนการยู เอช ที

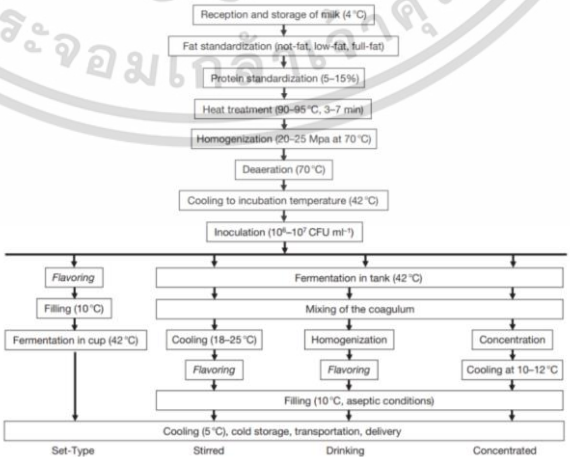
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการผลิตนมเปรี้ยว

ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวตามการจำแนกของกระทรวงสาธารณสุข (2548) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546) สามารถแบ่งกลุ่มได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ โยเกิร์ตและนมเปรี้ยว

2.2.1.1 **โยเกิร์ต (Yogurt)**

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้จากการนำนมไปหมัก กับเชื้อจุลินทรีย์จนกระทั่งแลคโตสซึ่งเป็นน้ำตาลธรรมชาติในนมเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก และนมเปลี่ยนสภาพจากเดิมมาเป็นลักษณะข้นเหนียวเป็นลิ่มคล้ายคัสตาร์ด มีเนื้อสัมผัสแบบเจลและมีรสเปรี้ยวที่เฉพาะตัว (ศิริบุญ, 2549) โยเกิร์ตมีมานานราว 4,500 ปี แหล่งกำเนิดคือกลุ่มประเทศแถบคาบสมุทรบอลข่าน ต่อมาได้ไปนิยมแพร่หลายในแถบยุโรปตะวันออกและยุโรปกลาง สันนิษฐานกันว่าพบครั้งแรกจากการขนส่งนมซึ่งบรรจุในภาชนะที่ทำจากหนังแพะ ซึ่งเกิดการหมักขึ้นเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีในหนังแพะทำให้นมเปลี่ยนสภาพเป็นลักษณะข้นเหนียวและมีรสเปรี้ยว และพบว่าเมื่อมีการเกิดรสเปรี้ยวคือค่าความเป็นกรดของโยเกิร์ตต่ำลง จากค่าความเป็นกรดที่ต่ำลงทำให้เกิดการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต จึงเกิดเป็นการศึกษาและค้นคว้ามากยิ่งขึ้นจนขยายสู่ระดับอุตสาหกรรม โดยทั่วไปประเภทของโยเกิร์ตสามารถแบ่งออกตามกระบวนการผลิตได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ โยเกิร์ตชนิดคงตัว (Set-yogurt) และโยเกิร์ตชนิดกวน (Stirred-yogurt) ต่อมาก็ได้มีการศึกษาค้นคว้า พัฒนาและปรับปรุงโยเกิร์ตให้มีความหลากหลาย และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้มากยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 2.1 รวมถึงโยเกิร์ตปรุงแต่ง (flavored yoghurt หรือ composite fermented milk) คือ โยเกิร์ตทั่วไปที่ผ่านการปรุงแต่งกลิ่นรส สี หรือวัตถุอื่น ๆ ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น ผลไม้ แยม เป็นต้น ซึ่งอาจจะแยกชั้นในภาชนะบรรจุ (set yogurt) หรือผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน (stirred yogurt) และยังมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักยังมีชีวิตเหลืออยู่



ภาพที่ 2.2 แผนภาพการผลิตโยเกิร์ตชนิดเซต ชนิดกวน และชนิดเข้มข้น

ที่มา : Corrieu G. และ Béal C. (2016)

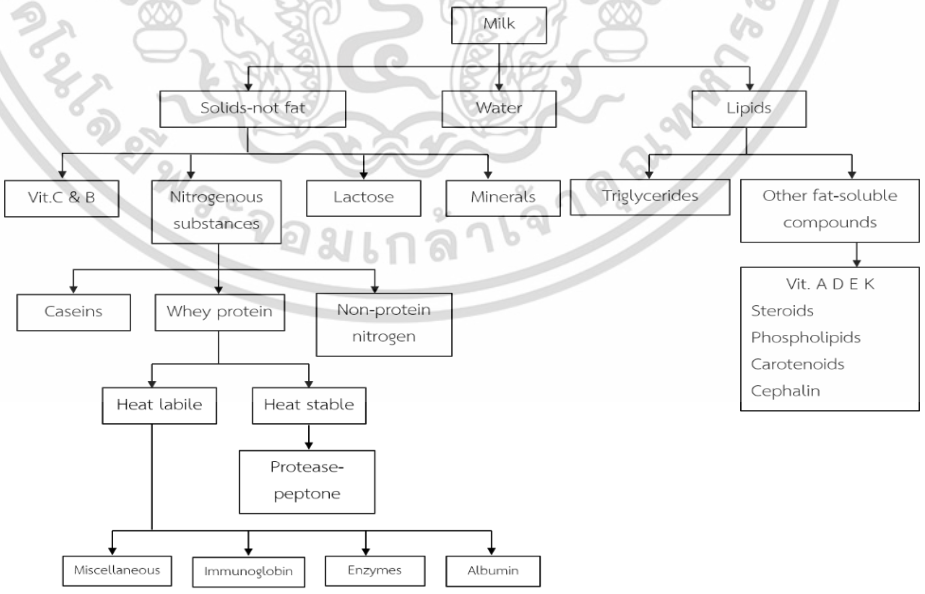
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตมีดังนี้

1) น้ำนม

ส่วนประกอบที่สำคัญในนมได้แก่ น้ำ ไขมัน โปรตีน แลคโตส และแร่ธาตุ (เถ้า) รายละเอียดของส่วนประกอบเหล่านี้จะแสดงในภาพที่ 2.3 ซึ่งอาจจะเป็นน้ำนมสด หรือ นมผงที่นมมาคืนรูปโดยการผสมกับน้ำเนื่องจากองค์ประกอบของน้ำนมแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำมาผ่านการหมักจะทำให้ ได้โยเกิร์ตที่มีคุณภาพแตกต่างกัน เช่น เมื่อไขมันในนมมีปริมาณสูงกว่า จะให้โยเกิร์ตที่มีความเป็นครีมสูงตามไปด้วย เป็นต้น นอกจากนี้แล้วน้ำตาลแลคโตสที่มีอยู่ในนมจะถูกใช้เป็นแหล่งอาหารของหัวเชื้อโยเกิร์ต ส่วนโปรตีนก็เป็นสาเหตุที่ทำให้การเกิดการตกตะกอนเป็นมวลตะกอน ซึ่งมีผลความหนืดของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีคุณภาพจึงจำเป็นต้องปรับคุณภาพนมก่อนหมักดังนี้

- การปรับปริมาณไขมัน ไขมันมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของโยเกิร์ตในแง่ของความรับร้างด้านประสาทสัมผัสเมื่อรับประทาน
- การปริบปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน ได้แก่ น้ำตาลแลคโตส โปรตีน และเกลือแร่ โยเกิร์ตที่มีคุณภาพสามารถผลิตได้จากนมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid) อยู่ในช่วงร้อยละ 15 ถึง 16 ถ้าปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงมากกว่าร้อยละ 25 ขึ้นไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีความชื้นต่ำและส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยวิธีการปรับปริมาณของแข็งอาจทำได้โดยวิธีต่าง ๆ เช่น การให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความเข้มข้น การเติมนมผง เคซีน เวย์ผง เป็นต้น



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีในนมวัว

ที่มา: Tamime และ Robinson (2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) กล้าเชื้อ (Stater culture)

ที่นิยมใช้คือแบคทีเรียในกลุ่มผลิตกรดแลคติก ได้แก่ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยเชื้อสองชนิดนี้จะเป็นเชื้อที่ใช้น้ำตาลแลคโตสในนมเป็นแหล่งพลังงาน และสร้างกรดแลคติก รวมทั้งสารให้กลิ่นรสออกมา โดยกรดแลคติกนี้จะทำให้เคซีนที่เป็นโปรตีนหลักในนม สูญเสียสภาพตามธรรมชาติโดยทำให้เกิดการรวมตัวกันและตกตะกอนบางส่วน นอกจากนี้อนุภาคของเคซีนบางส่วนยังไปเกิดปฏิกิริยากับแอลฟา-แลคตาอัลบูมิน (Alpha -lactalbumin) และบีตา-แลคโทโกลบูลิน (Beta-lactoglobulin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่ในหางนมทำให้เกิดการกลายเป็นเจล โดยเชื้อสองชนิดนี้ทำงานเกื้อกูลกันจะสามารถทำให้ผลิตโยเกิร์ตได้รวดเร็วกว่าใช้เชื้อตัวใดตัวหนึ่ง ในทางการค้าส่วนใหญ่จะใช้แบคทีเรียทั้งสองชนิดโดยแบคทีเรีย *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก สามารถเจริญได้ทั้งสภาวะที่มีอากาศและสภาวะไม่มีอากาศ เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 40 ถึง 45 องศาเซลเซียส ในอุตสาหกรรมอาหารใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก เช่น โยเกิร์ต นมเปรี้ยว เป็นต้น โดยจะผลิตอะเซทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสของนมหมัก และสร้างเอนไซม์โปรติเอสซึ่งจะย่อยโปรตีนในน้ำนมให้ได้กรดอะมิโนโดยเฉพาะฮีสติดีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่กระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่ทำงานร่วมกัน ส่วน *Streptococcus thermophilus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก เจริญได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำหรือไม่มีออกซิเจน จะเปลี่ยนน้ำตาลแลคโทสในนมไปเป็นกรดแลคติก และสร้างกรดฟอร์มิกที่ส่งเสริมการเจริญของแลคโตบาซิลัสเช่นกัน

3) สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier)

ช่วยให้อิมัลชันคงตัวด้วยการลดแรงตึงผิวของของเหลว โดยช่วยทำให้อิมัลชันมีความคงตัว และป้องกันไม่ให้อิมัลชันแยกเป็นชั้น

4) สารให้ความคงตัว (Stabilizer)

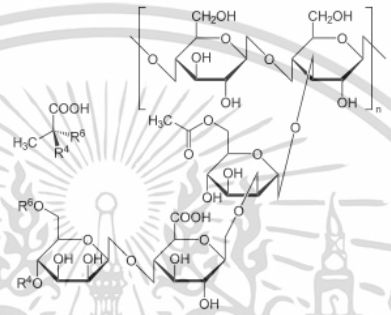
สารที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เพื่อวัตถุประสงค์ทำให้อาหารมีความคงตัว เช่น ป้องกันการแยกชั้นของเหลว ป้องกันการสูญเสียกลิ่นรส (flavor) คุณค่าทางโภชนาการ เช่น คาราจิแนน กัวกัม แซนแทนกัม เป็นต้น โดยจะใช้เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต ทำให้เนื้อเนียนและคงตัวไม่แยกชั้น เช่น

- แซนแทนกัม(Xanthan gum)

เป็นกัม (gum) ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ชนิดหนึ่งใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) แซนแทนกัมสกัดได้จากเมือก (slime) ที่สร้างโดย แบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Xanthomonas campestris ซึ่งมักพบในกะหล่ำปลี กะหล่ำดอก โมเลกุลของแซนแทนกัม เป็นพอลิแซ็คคาไรด์ (polysaccharide) ประเภท heteropolysaccharide ที่เป็นสายพอลิเมอร์ของ β-D-glucose มีโครงสร้างคล้ายกับเซลลูโลส (cellulose) แต่ทุก 2 โมเลกุลของกลูโคส (glucose) เชื่อมต่อกับกิ่งของ trisaccharide ที่เกิดจากน้ำตาลแมนโนส (mannose) 2 โมเลกุล และกรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid) 1 โมเลกุล โมเลกุลของแมนโนสที่อยู่ติดกับสายหลักมีเอสเทอร์ของกรดแอซีติกที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 และแมนโนส ที่ตำแหน่งปลายของ trisaccharide มีกรดไพรูวิกเชื่อมต่ออยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 4 และ 6 ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ภาพโครงสร้างของแซนแทนกัม

ที่มา : Murad HA และคณะ 2019

โดยในอุตสาหกรรมจะมีกระบวนการผลิตที่สำคัญในการผลิตโยเกิร์ต ดังนี้

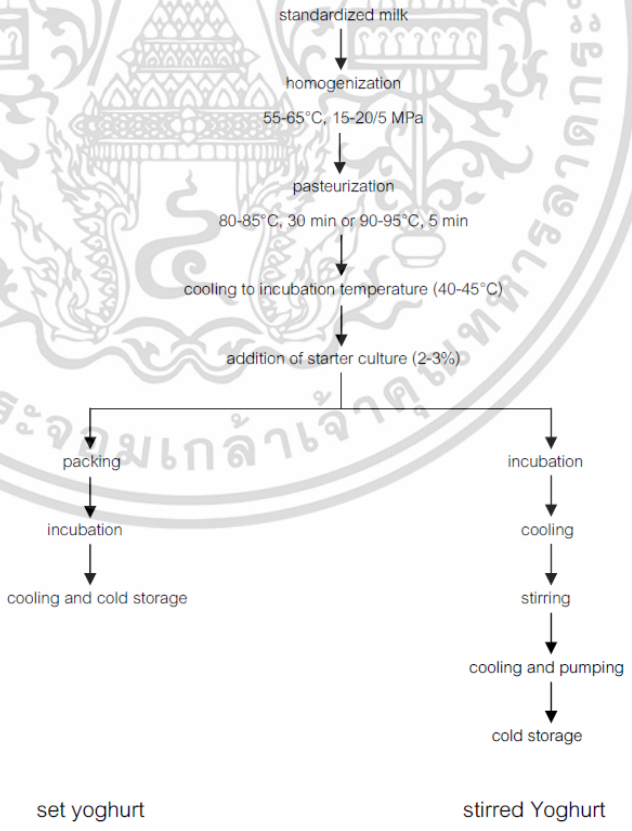
1) การเตรียมน้ำนมดิบ (Standardization of milk) ขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับน้ำนมดิบมาตรฐานให้ตรงกับลักษณะของโยเกิร์ตที่ต้องการ เช่นการปรับปริมาณไขมันหรือโปรตีน โดยอาจใช้นมผงแทนน้ำนมดิบเพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งหรือมีการเติม สารให้ความหวาน (Sweetener) หรือสารให้คงตัว (Stabilizer) เช่น เจลาติน เพคติน แซนแทนกัม ต่าง ๆ ลงไป
2) การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization) โดยใช้เครื่องโฮโมจิไนซ์เซอร์ เพื่อปั่นให้ส่วนผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกันและช่วยป้องกันการแยกตัวของเวย์โปรตีน
3) การให้ความร้อน (Pasteurization) เป็นขั้นตอนการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคหรือเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่ไม่ต้องการ และช่วยรับปรุงเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตโดยเกิดจากความร้อนจะทำให้เกิดเจลมีความคงตัวมากขึ้น
4) การลดอุณหภูมิ (Cooling) เป็นการลดอุณหภูมิหลังฆ่าเชื้อให้อยู่ที่ 43 ถึง 45 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิดังเกล่าเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การเติมกล้าเชื้อ (Inoculation) และการหมัก (Fermentation) ขั้นตอนนี้เป็นการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกลงไป โดยทั่วไปมักใช้ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยเชื้อทั้ง 2 ชนิดจะใช้น้ำตาลแลกโตสที่มีอยู่ในนมมาผลิตกรดแลกติก ซึ่งจะทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำนมลดลง ส่งผลให้โปรตีนเคซีนซึ่งเป็นโปรตีนหลักในนม เสียสภาพและเกิดการรวมตัวกันเป็นเคิร์ด (curd) หรือตกตะกอนลงบางส่วน พร้อมกับผลิตสารระเหยที่ให้รสชาติและกลิ่นที่เฉพาะตัว

6) การบ่ม (Incubation) การนำน้ำนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลกติกมาบ่มโดยคุมอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้ค่าความเป็นกรดด่างอยู่ที่ 4.5 ถึง 4.7 ซึ่งส่วนใหญ่มักใช้ระยะเวลาในการบ่มประมาณ 5 ถึง 8 ชั่วโมง โดยหลังจากการบ่มต้องโยเกิร์ตมีปริมาณกรดแลคติกไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.6 ของน้ำหนัก และมีค่าความเป็นกรดด่างไม่เกิน 4.5 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไม่น้อยกว่า 10^6 โคโลนี

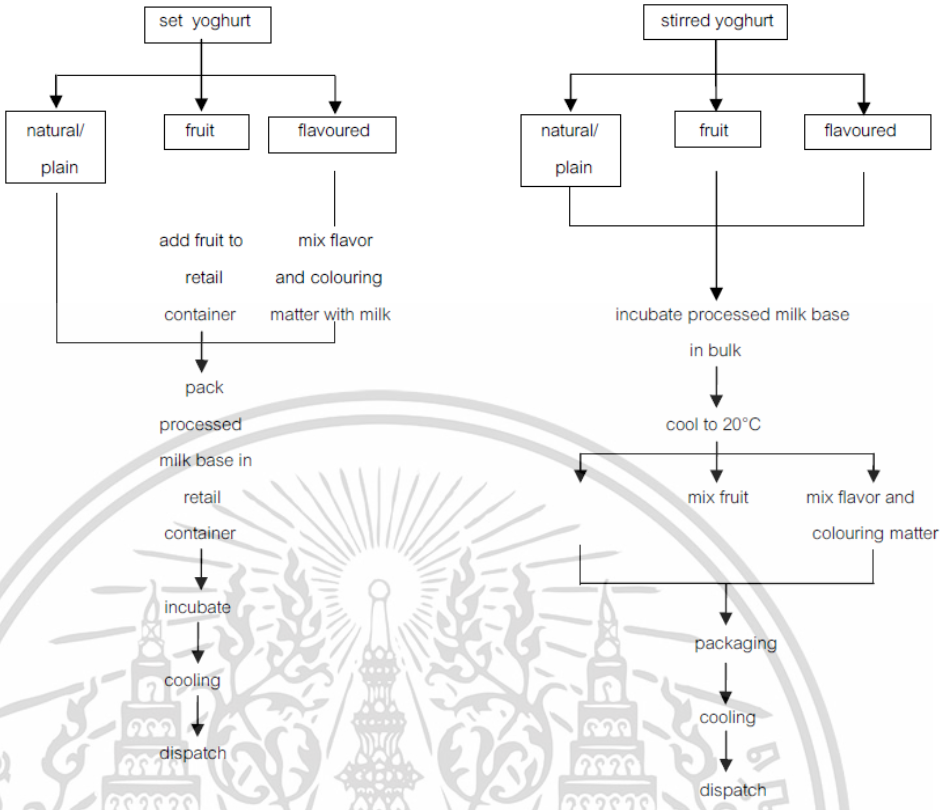
7) การเก็บรักษา ควรเก็บรักษาโยเกิร์ตไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส เพื่อเป็นการหยุดหรือชะลอการทำงานของกล้าเชื้อแบคทีเรียแลกติก



ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการผลิตเซทโยเกิร์ตและสเตอร์โยเกิร์ต

ที่มา: Lee and Lucey (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตรสธรรมชาติและโยเกิร์ตปรุงแต่งด้วยวิธีการผลิตแบบเซทโยเกิร์ตและสเตอร์โยเกิร์ต

ที่มา: Tamime and Robinson (1999)

2.2.1.2 **นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม (fermented milk drink หรือ drinking yoghurt)**

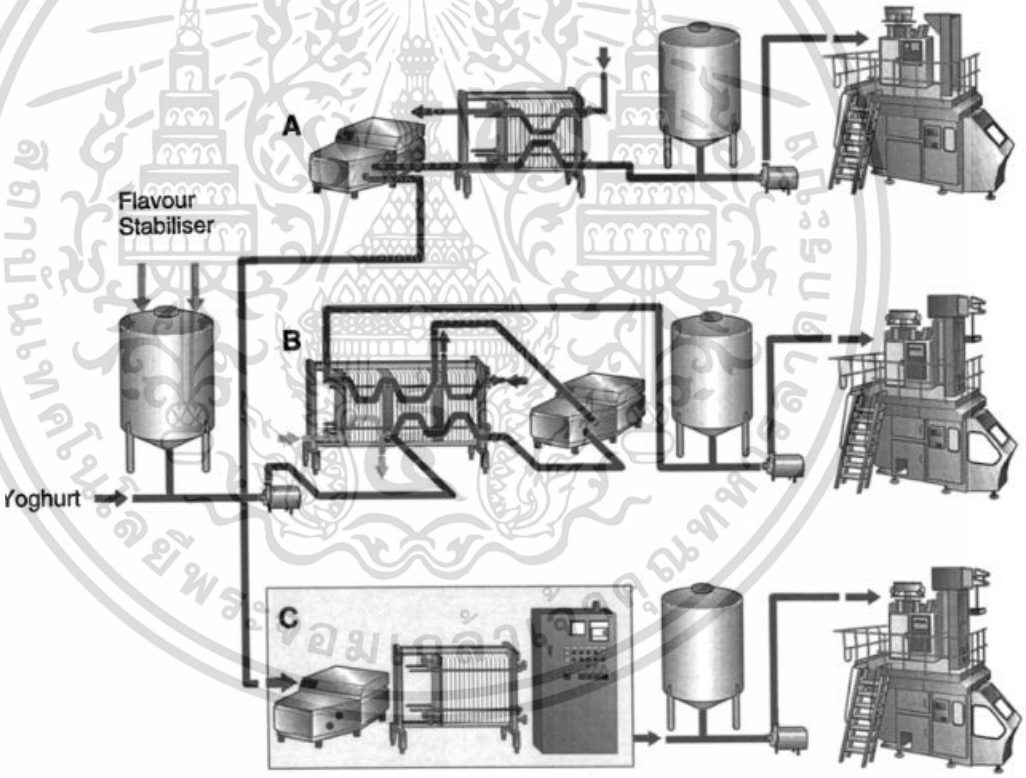
นมเปรี้ยวที่ผ่านกระบวนการหมัก ที่ผ่านการเจือจางและปรุงแต่ง กลิ่นรส สี หรือวัตถุอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น น้ำผลไม้ น้ำผึ้ง เป็นต้น เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม และมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักยังมีชีวิตเหลืออยู่

Tamime และ Robinson (1999) กล่าวว่า นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทสเตอร์โยเกิร์ตชนิดความหนืดต่ำและมีลักษณะการปริโภคเหมือนนมสด ดังนั้นวิธีการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มจึงมีกระบวนการเหมือนการผลิตสเตอร์โยเกิร์ตจนกระทั่งการหมักสิ้นสุด จากนั้นหากต้องการผลิตเป็นนมเปรี้ยวพร้อมดื่มจะปั๊มสเตอร์โยเกิร์ตด้วยปั๊มระบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal pumps) เพื่อนำสเตอร์โยเกิร์ตที่หมักได้เข้าสู่ถังทำความเย็น จากนั้นเติมน้ำร้อยละ 35 เกลือร้อยละ 0.01 สารให้กลิ่นรสและสารให้ความคงตัว แล้วกวนด้วยความเร็วสูง เพื่อให้เคิร์ดของโยเกิร์ตแตกและผสมกับน้ำ เกลือและสารให้ความคงตัวด้วยเครื่องโฮโมจิไนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มในอุตสาหกรรมสามารถจำแนกได้อีก 3 ประเภท ตามวิธีการฆ่าเชื้อภายหลังการหมัก ดังภาพที่ 2.7 ซึ่งส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของนมเปรี้ยวดังนี้

1) นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ไม่ผ่านความร้อน
โดยการนำสเตอร์โยเกิร์ตและส่วนผสมอื่นมาโฮโมจิไนซ์ แล้วทำให้เย็นลงจากนั้นทำการบรรจุลงภาชนะบรรจุ
2) นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์
นำสเตอร์โยเกิร์ตและส่วนผสมอื่นมาโฮโมจีไนซ์ตามด้วยการพาสเจอไรส์ชนิดใช้อุณหภูมิต่ำ จากนั้นบรรจุด้วยระบบปลอดเชื้อ
3) นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรส์
นำสเตอร์โยเกิร์ตและส่วนผสมอื่นมาโฮโมจีไนซ์ตามด้วยการให้ความร้อนในระบบ ยู เอช ที จากนั้นบรรจุแบบปลอดเชื้อ



ภาพที่ 2.7 กระบวนการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มระดับอุตสาหกรรมจำแนกตามวิธีการฆ่าเชื้อภายหลักการหมัก

หมายเหตุ A = กระบวนการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ไม่ผ่านความร้อน
B = กระบวนการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรส์
C = กระบวนการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผ่านกระบวนการยู เอช ที

ที่มา : Tamime และ Robinson (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติและมาตรฐานของนมเปรี้ยว

สมบัติและมาตราฐานนมเปรี้ยวที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทยมีข้อกำหนดจาก 2 หน่วยงาน คือ กระทรวงสารธรณสุข (2548) ซึ่งกำหนดสมบัติและมาตรฐานนมเปรี้ยวตามชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก ไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 289 พ.ศ. 2548 เรื่องนมเปรี้ยว และ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546) ซึ่งกำหนดสมบัติและมาตราฐานนมเปรี้ยวตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ไว้ในมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมเปรี้ยว มอก. 2146-2546

ตารางที่ 2.1 สมบัติและมาตรฐานนมเปรี้ยวที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข (2548)

รายการ	โยเกิร์ต	นมเปรี้ยวแอซิโดฟิลัส	นมเปรี้ยวคีเฟอร์	นมเปรี้ยวคูมิส	นมเปรี้ยวที่หมักด้วยจุลินทรีย์อื่น
โปรตีน ไม่น้อยกว่า (ร้อยละของน้ำหนัก)	2.7	3	1.5	1.5	1.5
มันเนย ไม่น้อยกว่า (ร้อยละของน้ำหนัก)	15	15	10	10	10
ความเป็นกรด ไม่น้อยกว่า (ร้อยละของน้ำหนัก)	0.6	0.6	0.6	0.7	0.3
จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักคงเหลือ กรณีผ่านการฆ่าเชื้อหลังจากการหมัก					
แบคทีเรีย ไม่น้อยกว่า (โคโลนีต่อกรัม)	10^7	10^7	10^7	10^7	10^7
ยีสต์ ไม่น้อยกว่า (โคโลนีต่อกรัม)	10^4	10^4	10^4	10^4	10^4
จุลินทรีย์ก่อโรค	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
โคลิฟอร์ม น้อยกว่า (โดยวิธี MPN/ตัวอย่าง 1 กรัมหรือลูกบาศก์เซนติเมตร)	3	3	3	3	3
เชื้อรา ไม่เกิน (โคโลนีต่อกรัม) กรณีไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ หลังการหมัก	100	100	100	100	100
ยีสต์ ไม่เกิน (โคโลนีต่อกรัม) กรณีไม่ได้ใช้ยีสต์ในการหมักและไม่ผ่าน การฆ่าเชื้อหลังการหมัก	100	100	100	100	100
ยีสต์และเชื้อรา ไม่เกิน (โคโลนีต่อกรัม) กรณีผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก	10	10	10	10	10
วัตถุกันเสีย	ห้ามใช้	ห้ามใช้	ห้ามใช้	ห้ามใช้	ห้ามใช้

หมายเหตุ นมเปรี้ยวที่ปรุงแต่งต้องมีนมเป็นส่วนผสมไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนัก

ที่มา: ปิยวรรณ (2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 สมบัติและมาตรฐานนมเปรี้ยวโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546)

รายการ	โยเกิร์ต	โยเกิร์ตปรุงแต่ง	นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม	นมเปรี้ยวพร้อมดื่มพาสเจอไรส์	นมเปรี้ยวพร้อมดื่มยู เอช ที
โปรตีน ไม่น้อยกว่า (ร้อยละ)	2.7	3	1.5	1.5	1.5
ความเป็นกรด (คำนวณเป็นกรดแลคติก) ไม่น้อยกว่าร้อยละ	0.6	0.6	0.6	0.7	0.3
จุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรด ไม่น้อยกว่า (โคโลนรต่อกรัมหรือโคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	10^7	10^7	10^7	10^7	10^7
โคลิฟอร์ม น้อยกว่า (โดยวิธี MPN/ตัวอย่าง 1 กรัมหรือลูกบาศก์เซนติเมตร)	3	3	3	3	3
Staphylococcus aureus น้อยกว่า (โดยวิธี MPN/ตัวอย่าง 1 กรัมหรือลูกบาศก์เซนติเมตร)	3	3	3	3	3
Salmonella ในตัวอย่าง 25 กรัมหรือลูกบาศก์เซนติเมตร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
วัตถุกันเสีย (ยกเว้นวัตถุกันเสียที่ติดมากับวัตถุดิบในกระบวนการผลิต ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ห้ามใช้	ห้ามใช้	ห้ามใช้	ห้ามใช้	ห้ามใช้

หมายเหตุ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวใช้ปริมาตร

ที่มา: ปิยวรรณ (2555)

การเก็บรักษานมเปรี้ยว

จากที่กล่าวแล้วในเบื้องต้นว่าผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยววสามารถจำแนกประเภทตามกระทรวงสาธารณสุข (2548) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546) เป็น 2 ประเภทใหญ่ ดังนั้นจะกล่าวถึงการเก็บรักษาโยเกิร์ตและนมเปรี้ยวดังนี้

1. การเก็บรักษาโยเกิร์ต

   โยเกิร์ตต้องบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิทและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า 8 องศาเซลเซียส และมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 30 วัน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546; Tamime และ Robinson, 1999)

2. การเก็บรักษานมเปรี้ยวพร้อมดื่ม

   อภิญญา เจริญกูล (2553) กล่าวถึงการเก็บรักษานมเปรี้ยวพร้อมดื่มไว้ดังนี้

   2.1 นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ไม่ผ่านความร้อน มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 2-3 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรส์ มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสนาน 1-2 เดือน

2.3 นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผ่านกระบวนการยู เอช ที มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นานหลายเดือน

2.2.2 **กลุ่มเครื่องดื่มจากแบคทีเรียแลคติก (lactic acid bacteria beverages)**

เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ไม่ได้ใช้นมเป็นวัตถุดิบในการหมัก เช่น ใช้น้ำผัก ผลไม้ น้ำจากธัญพืชชนิดต่าง ๆ เป็นวัตถุดิบในการหมัก การเตรียมส่วนผสมในการหมักจะใช้พืชชนิดเดียวหรือใช้หลายชนิดร่วมกัน และใช้น้ำตาลซูโครสเป็นส่วนผสมในสูตรให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมต่อการหมัก จากนั้นนำมาผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่เหมาะสมแล้วเติมด้วยหัวเชื้อแบคทีเรียแลคติก ปล่อยให้เกิดการหมักเป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของอุณหภูมิและชนิดของวัตถุดิบในการหมัก เมื่อหมักได้ที่แล้วจะมีรสเปรี้ยว เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย มีสีตามธรรมชาติของวัตถุดิบ และมีกลิ่นเฉพาะของเครื่องดื่มที่ผ่านการหมัก นอกจากนั้นในการหมักอาจจะใช้กล้าเชื้อเพียงแบคทีเรียกรดแลกติกชนิดเดียวหรืออาจจะใช้แบคทีเรียกรดแลคติกร่วมกับยีสต์ก็ได้ (ปิ่นมณี, 2516)

2.2.2.1 **เครื่องดื่มแลคติกจากพืช**

เครื่องดื่มโพรไบโอติกจากพืช (plant probiotic beverages) เป็นเครื่องดื่มที่ได้จากการนำวัตถุดิบจากพืชที่บริโภคได้ โดยนำส่วนต่าง ๆ เช่น ใบ ราก ผล ส่วนเดียวหรือหลายส่วนรวมกัน นำมาสกัดน้ำก่อนหรือไม่ก็ได้ จากนั้นนำมาผ่านขั้นตอนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งการหมักอาจจะเป็นการหมักตามสภาพธรรมชาติโดยไม่มีการเติมกล้าเชื้อ เช่น น้ำหมักชีวภาพ หรือเป็นการหมักโดยการเติมหัวเชื้อเพื่อควบคุมคุณภาพให้คงที่ การใช้วัตถุดิบจากพืชในการผลิตเครื่องดื่มโพรไบโอติกเป็นทางเลือกของผู้บริโภคที่ไม่ดื่มนม เนื่องจากเครื่องดื่มโพรไบโอติกส่วนใหญ่จะผลิตมาจากนมเป็นหลัก เครื่องดื่มโพรไบโอติกจากพืชอาจได้จากการนำเอาวัตถุดิบจากพืชชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่ว ผัก และผลไม้ที่มีคุณสมบัติในการใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค (Vasudha, S. and Mishra H.N., 2013) การนำพืชมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักจะได้ประโยชน์จากสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) เช่น ไฟโทเคมีคัล แคโรทีนอยด์ ฟลาวโวนอยด์ และพรีไบโอติก ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีองค์ประกอบและปริมาณแตกต่างกัน ปัจจุบันเครื่องดื่มในลักษณะนี้กำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคโดยเฉพาะผู้ที่มีภาวะร่างกายไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโทสได้

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ (2562) กล่าวว่า ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ผู้บริโภคออสเตเรียได้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมบริโภคและหันมาให้ความสนใจในการดื่มนมที่ผลิตมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากพืช (Alt-milks) เพื่อทดแทนการดื่มนมที่ผลิตจากสัตว์ (Daily milk) เพิ่มมากขึ้น แนวโน้มการบริโภคอาหารมังสวิรัติในออสเตเรียเพิ่มขึ้น โดยมาจากแนวคิดที่เชื่อว่า การบริโภคโปรตีนที่ไม่ได้ทำมาจากสัตว์เป็นทางเลือกและส่งผลดีต่อสุขภาพ ทำให้เกิดรูปแบบการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มที่เป็นแหล่งโปรตีนจากพืชแทน

ผลิตภัณฑ์นมที่ผลิตจากพืชกำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคจำนวนมาก และเริ่มเข้ามาแบ่งสัดส่วนการตลาดผลิตภัณฑ์นม ทำให้ผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์นมจากสัตว์ในออสเตรเลียต้องดำเนินการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิตสินค้า ให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการและความนิยมของผู้บริโภคในปัจจุบัน และกระแสการบริโภคอาหารแบบ Plant-based เป็นเรื่องที่ผู้ประกอบการในไทยควรให้ความสำคัญในการเรียนรู้และนำไปปรับใช้พัฒนา เพื่อเพิ่มโอกาสที่จะเปิดตลาดออสเตเลียและประเทศอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

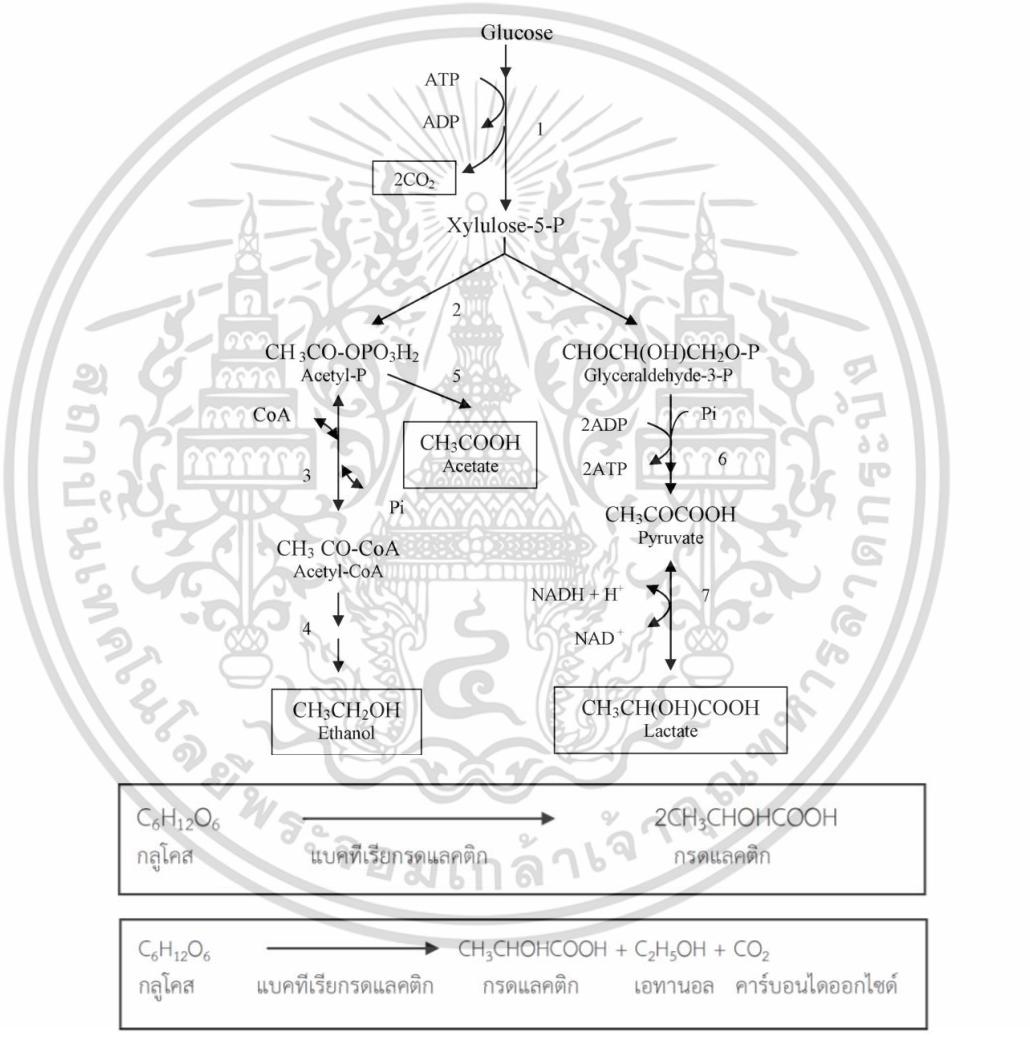
2.3 แบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria)

จากประวัติของอาหารและเครื่องดื่มจะพบว่ามนุษย์มีการนำเอาจุลินทรีย์ที่ดีมาใช้ในกระบวนการหมักอาหารมีความเป็นมามากกว่า 3,000 ปีก่อนคริสตกาล โดยมีการบันทึกเป็นภาพวาดบนแผ่นหินที่คาดว่าเกินในยุคเมโสโปเตเมีย เมื่อมีการทำการศึกษาและวิจัยแล้วจะพบว่าจุลินทรีย์ที่ใช้ในอาหารจะคล้ายกับจุลินทรีย์ที่พบในทางเดินอาหารของมนุษย์ (normal flora) โดยเฉพาะในกลุ่ม lactic acid bacteria (LAB) มีหลายชนิด ได้แก่ แลคโตบาซิลลัส (Lactobacillus), วาโกคอกคัส (Vagococcus), แลคโตคอกคัส (Lactococcus), เอนเทอโรคอกคัส (Enterococcus), พีดิโอคอกคัส (Pediococcus), ลูโคนอคทอค (Leuconostoc) เอโรคอกคัส (Aerococcus), ไวสเซลลา (Weissella), ออยโนคอกคัส (Oenococcus), สเตรปโตคอกคัส (Streptococcus) และกลุ่มบิฟิโดแบคทีเรียม (Bifidobacterium) อาหารและเครื่องดื่มที่มีการใช้ LAB จะเป็นกลุ่มอาหารที่ผ่านการหมัก ในกระบวนการหมักนั้นจุลินทรีย์มีหน้าที่ทำการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสและกลูโคสซึ่งเป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในน้ำนมทำให้มีการผลิตกรดแลคติก ซึ่งกรดชนิดนี้เป็นกรดที่มีรสเปรี้ยว นอกจากนี้ในระหว่างการหมักยังมีการสร้างกรดไขมันสายสั้น (Short Chain Fatty acid) เป็นสารที่ช่วยในการเจริญเติบโต และเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ และการหมักยังส่งผลต่อกลิ่นและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อีกด้วย จากการศึกษาหลายการศึกษาพบว่าจุลินทรีย์เหล่านี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการ ได้แก่ ช่วยรักษาสมดุลในระบบทางเดินอาหาร เช่น ช่วยลดการเกิดอาการการแพ้น้ำตาลแลคโตส (lactose intolerance) โดยผู้ที่มีอาการนี้ร่างกายจะไม่สามารถผลิตเอนไซม์แลคเตส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยน้ำตาลแลคโตส ส่งผลให้เมื่อดื่มนมจะทำให้เกิดอาการท้องเสีย แต่เมื่อดื่มนมที่มีการหมักด้วย LAB อาการแพ้นมจะลดน้อยลงเนื่องจากมีการเพิ่มการทำงานของเอนไซม์กาแลคโตซิเดส (galactosidase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยน้ำตาลแลคโตสทำให้กลายเป็นกรดแลคติกที่ย่อยได้ง่ายและดูดซึมได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค (pathogenic micro-organism) ในระบบทางเดินอาหาร โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันการสัมผัสระหว่างเชื้อก่อโรคกับผนังลำไส้ และยังช่วยสร้างสารที่ยับยั้งการเจริญเติบโต เช่น กรดแลคติก กระอะซิติก คาร์บอนไดออกไซด์ กรดไขมันสายสั้น ไฮโดรเจนเปออกไซด์ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยระบุถึงคุณสมบัติของการบริโภค LAB ต่อการช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันการช่วยลด ระดับคลอเรสเตอรอลรวมในเลือก การช่วยลดความดันโลหิต รวมถึงลดการเกิดอาการท้องเสีย (ฉัตรภา, 2557)

การหมักกรดแลคติก (lactic acid fermentation) เป็นกระบวนการทางชีวเคมีซึ่งน้ำตาล เช่น กลูโคส ฟรุกโทส และ ซูโครสถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานในเซลล์ และเป็นสารเมแทบอไลท์ เช่น กรดแลคติกเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับในเซลล์แบคทีเรียหรือในเซลล์สัตว์ เช่น เซลล์กล้ามเนื้อ ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ



ภาพที่ 2.8 สมการแสดงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากกลูโคสเป็นกรดแลคติก แบบ Homofermentative และ Heterofermentative

ที่มา: V.A. Boumba และคณะ (2008)

โดยจะแบ่งกลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria) และ กลุ่มแบคทีเรียแลคติกที่เป็นโปรไบโอติก (Probiotics)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กลุ่มแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria) แบ่งตามประเภทของการหมักได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่
    1) Homofermentative เป็นกลุ่มแบคทีเรียทีหมักย่อยน้ำตาลให้กลายเป็นสารอื่น ได้แก่ กรดแลคติกประมาณ 95% กรดอะซิติกประมาณ 5% และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
    2) Heterofermentative เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่หมักย่อยน้ำตาลได้เป็นกรดแลคติกประมาณ 50% และสารอื่น ๆ อีก 50% เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก เอทนอล และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณของอากาศที่แบคทีเรียต้องการใช้เพื่อผลิตกรดแลคติกสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามชนิดของแบคทีเรีย คือ แบคทีเรียที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (Microaerophile) และแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศอย่างยิ่ง (Strickly anaerobe) เนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่ได้พลังงานจากการหมักน้ำตาลโดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน แบคทีเรียประเภทนี้ต้องการอาหารค่อนข้างซับซ้อนและอุดมสมบูรณ์ (Complex and enrichment media) โดยจะใช้กรดอะมิโนเป็นแหล่งไนโตรเจนและจะเติบโตได้ในอาหารที่มีปัจจัยการ เจริญเติบโต (Growth factor) และวิตามินหลายชนิด เช่น ไบโอติน (Biotin) ริโบฟลาวิน (Riboflavin) และ ส่วนใหญ่ต้องการสารอนินทรีย์ในปริมาณค่อนข้างสูง เช่น แมงกานีส แมกนีเซียม และ ฟอสฟอรัสเป็นต้น

2. กลุ่มแบคทีเรียแลคติกที่เป็นโปรไบโอติก (Probiotics)

แบคทีเรียกรดแลคติกชนิดที่เป็นโพรไบโอติก เป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติกได้ สามารถพบได้ในทางเดินอาหารของคน สัตว์และในอาหารหมักดองชนิดต่าง ๆ สกุล (genus) ที่ได้มีการศึกษาและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกมากที่สุด ได้แก่ แลกโตบาซิลัส (Lactobacillus) และไบฟิโดแบคทีเรียม (Bifidobacterium) โดยแลกโตบาซิลัสมักจะอาศัยอยู่ในร่างกายมนุษย์บริเวณลำไส้เล็กตั้งแต่วัยแรกเกิดซึ่งอาจถูกส่งผ่านมาทางแม่ ส่วนไบฟิโดแบคทีเรียมมักอาศัยอยู่ในเด็กที่ดื่มน้ำนมมารดาตั้งแต่อายุ 7 วันขึ้นไป จึงเป็นผลทำให้ทารกที่ดื่มน้ำนมมารดาตั้งแต่แรกคลอดมีสุขภาพแข็งแรง และมีระบบภูมิคุ้มกันที่ดีกว่าทารกที่ดื่มนมขวดหรือนมกระป๋อง เนื่องจากในลำไส้ของทารกที่ดื่มน้ำนมมารดามีแบคทีเรียทั้งสองสกุลนี้ ซึ่งแบคทีเรียทั้งสองมีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียชนิดก่อโรค เช่น โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และเอนเทอโรคอคคัส สายพันธุ์ของแบคทีเรียทั้งสองสายพันธุ์ที่นำมาใช้อาหารของมนุษย์ (ปิ่นมณี, 2516) แสดงในตารางที่ 2.3 และ 2.4

จุลินทรีย์โปรไบโอติก เป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งเมื่อร่างกายได้รับในปริมาณที่เพียงพอจะทำให้เกิดผลที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ทั้งนี้ไม่รวมถึงจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นสารชีวบำบัด (Biotherapeutic agents), จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่ไม่ใช้ในอาหาร, จุลินทรีย์ดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically modified microorganism, GMM), และจุลินทรีย์แบคทีเรียหรือยีสต์ที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข (กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 346, 2555) ในอุตสาหกรรมอาหารโปรไบโอติกมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทบาทสำคัญในอาหารหลายประเภท เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต นมหมัก แหนมเป็นต้น โปรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร เช่น *Lactobacillus* sp. สามารถผลิตเอนไซม์ อะไมเลส (amylase) สามารถสร้างสารต่อต้านแบคทีเรียเทอริโอซิน (Mead, 2000) ซึ่งสามารถทำลายหรือยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ และสร้างสารเมตาบอไลท์ที่ยับยั้งปฏิกิริยาการสร้างสารพิษหรือสารที่ก่อมะเร็ง และยังกระตุ้นการทำงานของเอไซม์ในปฏิกิริยาสารพิษ เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างแบคทีเรียกรดแลกติกแลคโตบาซิลลัส ที่มีรายงานว่าสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์สำหรับเป็นอาหารมนุษย์

สายพันธุ์	ผลิตภัณฑ์และการนำไปใช้ประโยชน์
Lactobacillus delbrueckii subsp. *delbrueckii*	โยเกิร์ตและผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดอื่น ๆ
Lactobacillus delbrueckii subsp. *lactis*	ผลิตภัณฑ์นมหมักและเนยแข็ง
Lactobacillus acidophilus	ผลิตภัณฑ์นมหมักและโพรไบโอติก
Lactobacillus kefirgranum	ผลิตภัณฑ์นมหมัก (คีเฟอร์) และช่วยลดความ
Lactobacillus kefiri	ขมในน้ำผลไม้ตระกูลส้ม
Lactobacillus plantarum	กระบวนการหมักดองผักและกระบวนการหมักแบบมาโลแลกติก
Lactobacillus fermentum	ผลิตภัณฑ์นมหมัก
Lactobacillus salivariuc	กระบวนการหมักเนยแข็ง และโพรไบโอติก

ที่มา: ปิ่นมณี (2016)

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างแบคทีเรียกรดแลกติกบิฟิโดแบคทีเรียม ที่มีรายงานว่าสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์สำหรับเป็นอาหารมนุษย์

สายพันธุ์	ผลิตภัณฑ์และการนำไปใช้ประโยชน์
Bifidobacterium bifidum	โพรไบโอติกที่เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์นมหมัก
Bifidobacterium animals	ผลิตภัณฑ์นมหมักและโพรไบโอติก
Bifidobacterium breve	โพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์นมหมัก และ
Bifidobacterium infantis	ผลิตภัณฑ์สำหรับทารก
Bifidobacterium longum	ผลิตภัณฑ์นมหมักที่เป็นโพรไบโอติก

ที่มา: ปิ่นมณี (2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ข้าว (Rice)

ข้าวหรือชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Oryza sativa* เป็นพืชในวงศ์หญ้า (Family : poaceae) สำนักวิจัยและพัฒนาข้าวกรมการข้าว (2549) กล่าวว่า ข้าวเป็นพืชที่เป็นอาหารหลักของคนทั่วโลก โดยเฉพาะในทวีปเอเชีย และยังเป็นพืชที่เกี่ยวข้องกับประเพณี วัฒนธรรม และวิถีการดำรงชีวิตของคนไทยมาอย่างยาวนานปัจจุบันประเทศไทยมีการบริโภคข้าวภายในประเทศปีละประมาณ 21 ล้านตัน และเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่อันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศอินเดีย นอกจากการบริโภคภายในประเทศและส่งออกข้าวยังถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เช่น แป้งข้าว สตาร์ชจากข้าว ผลิตภัณฑ์น้ำมันรำข้าว โปรตีนข้าว กระดาษผลิตภัณฑ์หมักดอง และอาหารเส้นชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าว

เนื่องจากภายในเมล็ดข้าวมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก และมีโปรตีน ประมาณ 5-14 % (ข้าวส่วนใหญ่มีโปรตีน 6-8 %) ทำให้ข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณภาพข้าวสุกแตกต่างกัน แป้งข้าวมีส่วนประกอบย่อย 2 ส่วน คือ

- อะไมโลเพคติน (amylopectin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของกลูโคสเป็นโมเลกุลใหญ่มีโครงสร้างเชื่อมต่อกันแบบแยกเป็นกิ่งก้านสาขา (branched chain) อะไมโลเพคตินเมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีน จะเป็นสีน้ำตาลแดง และเป็นส่วนที่ทำให้ข้าวสุกเหนียวติดกัน
- อะไมโลส (amylose) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของกลูโคสจำนวนมากเช่นกัน แต่มีโครงสร้างต่อกันเป็นแนวยาว (Linear chain) เมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะมีสีน้ำเงินและมีผลให้การเกาะตัวหรือความเหนียวของข้าวสุกลดลง เมื่ออะไมโลสเพิ่มขึ้น

การแบ่งข้าวแบ่งตามประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ดข้าวสาร โดยแบ่งได้เป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ซึ่งมีลำต้นและลักษณะอย่างอื่นเหมือนกันทุกอย่าง ที่แตกต่างกันคือประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ด เมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยอะไมโลส ประมาณร้อยละ 15 ถึง 30 ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยอะไมโลเพคติน เป็นส่วนใหญ่และมีอะไมโลสเพียงเล็กน้อยประมาณร้อยละ 5 ถึง 7 เท่านั้น โดยประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวเหนียวมากที่สุดในอาเซียนหรือคิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 16 ล้านไร่ โดยผลผลิตข้าวเหนียวประมาณร้อยละ 94 ใช้สำหรับบริโภคภายในประเทศ ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 6 ของผลผลิตทั้งหมดหรือประมาณสองแสนตันต่อปีจะถูกส่งออกไปขายตลาดต่างประเทศ เช่น จีน เกาหลี มาเลเซีย ไต้หวัน และสหรัฐอเมริกา (อรวรรณ และทัตพิชา, 2557) นับเป็นประเทศที่ส่งออกข้าวเหนียวมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ข้าวในตลาดโลกมีการแข่งขันกันอย่างรุนแรง ทั้งด้านราคาและคุณภาพ โดยเฉพาะการส่งออกข้าวของประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เวียดนามที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังมีราคาจำหน่ายต่ำกว่า ประกอบกับการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนที่ทำให้มาตรการด้านภาษีถูกขจัดไป ส่งผลกระทบต่อการส่งออกของไทยและการไหลเข้าของข้าวเหนียวราคาถูกจากประเทศเพื่อนบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงเป็นแรงผลักดันให้ประเทศไทยต้องปรับปรุงและพัฒนาทั้งด้านคุณภาพและกระบวนการผลิต รวมทั้งการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าข้าว

โดยสำนักวิจัยและพัฒนาข้าวกรมการข้าว (2549) กล่าวว่าคุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมีเป็นคุณสมบัติที่ไม่สามารถพิจารณาจากลักษณะภายนอกได้ จะต้องวิเคราะห์จากคุณภาพทางเคมี เมล็ดข้าวเมื่อนำไปหุงต้ม ข้าวแต่ละพันธุ์จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันได้แก่

1. ปริมาณอะไมโลส (Apparent amylose - content) แป้งข้าวจะมีอะไมโลเพคตินเป็นองค์ประกอบหลักและอมิโลสเป็นองค์ประกอบรอง แต่โดยทั่วไปมักนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยกล่าวถึงอะไมโลสเป็นหลักสำคัญอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ข้าวที่มีอะไมโลสสูงในระหว่างการหุงต้มจะดูดน้ำได้มากกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ปริมาณอะไมโลสทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลง หรือร่วนมากขึ้น ข้าวที่มีอะไมโลสสูงเมื่อหุงต้มสุกจึงร่วนกว่าและแข็งกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (0-2%) เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะเหนียวมาก ข้าวนั้นเมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะแตกต่างกัน ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้
   1.1 ข้าวอะไมโลสต่ำ เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส 10-19% เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะนุ่มเหนียว
   1.2 ข้าวอะไมโลสปานกลาง เป็นข้าวที่มีอะไมโลส 2 -25% เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกค่อนข้างนุ่มเหนียวเล็กน้อย
   1.3 ข้าวอะไมโลสสูง เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสมากกว่า 25% เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะร่วนค่อนข้างแข็ง
2. ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันเมื่อหุงต้มอาจจะมีความแข็งของข้าวสุกแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกันดังนั้น ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน เมื่อหุงต้มข้าวสุกที่ได้จะมีความนุ่มกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง ถ้าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณอะไมโลสใกล้เคียงกัน การวิเคราะห์ค่าความคงตัวของแป้งสุกวัดได้จากระยะทางที่แป้งสุกเย็นไหล แบ่งออกได้ 3 ประเภทดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงค่าความคงตัวของแป้งสุกวัดจากระยะทางที่แป้งสุกเย็นไหล

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร)
แข็ง (Hard)	26-40
ปานกลาง (Medium)	41-60
อ่อน (Soft)	61-100

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

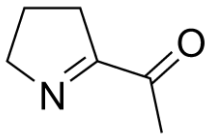
3. อุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization temperature) เป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจล อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้ม โดยทั่วไป การหุงต้มข้าวจะใช้เวลา 13-24 นาที ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ข้าวแบ่งออกได้ 3 ประเภท ตามลำดับอุณหภูมิแป้งสุกดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงอุณหภูมิแป้งสุก

ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก	อุณหภูมิแป้งสุก (องศาเซลเซียส)	การสลายเมล็ดใน KOH 1.7%
ต่ำ	ต่ำกว่า 70	6-7
ปานกลาง	70-74	4-5
สูง	74.5-79	1-3

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

4. อัตราการยืดตัวของข้าวสุกต่อข้าวดิบ (Elongation ratio) ในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบโดยเฉพาะด้านยาว ข้าวบางพันธุ์สามารถยืดตัวได้มาก การที่เมล็ดข้าวขยายตัวได้มากทำให้เนื้อภายในโปร่งขึ้น ไม่อัดแน่นและช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น
5. กลิ่นหอม (Aroma) เป็นลักษณะประจำพันธุ์ ข้าวที่มีกลิ่นหอมเนื่องจากภายในเมล็ดมีสาร 2-acetyl-1-pyrroline ในข้าวหอมพันธุ์ต่าง ๆ จะมีสารนี้ประมาณ 0.04-0.09 ไมโครกรัม/กรัม



ภาพที่ 2.9 สูตรโครงสร้างทางเคมีของสารให้ความหอม 2-acetyl-1- pyrroline

ที่มา: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bc/2-Acetyl-1-pyrroline.png/330px-2-Acetyl-1-pyrroline.png

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปริมาณโปรตีน (Protein content) โปรตีนจะเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว และมีส่วนทำให้ระยะเวลาการหุงต้มข้าวให้สุกนานขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เมล็ดแกร่งขึ้น ขัดสีออกได้ยาก ข้าวที่มีโปรตีนสูงอาจจะมีสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ ข้าวที่มีโปรตีนสูงจะทำให้ความเหนียวของข้าวลดลงด้วย

2.5 ผลิตภัณฑ์จากข้าว

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (2549) กล่าวว่า ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ และเป็นอาหารหลักของประชากรภายในประเทศ ส่วนใหญ่ใช้สำหรับบริโภคโดยการหุงต้มและเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าข้าวให้สูงขึ้น เมล็ดข้าวสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลายการแปรรูปข้าวนั้นคุณภาพเมล็ดข้าวในการหุงต้มทำให้สุกและการทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะต้องเป็นที่ยอมรับและเป็นที่ชอบของผู้บริโภคด้วย ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น เนื่องจากข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณภาพเมล็ดทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากข้าวแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ใช้บริโภคเป็นอาหาร และกลุ่มผลิตภัณฑ์พลอยได้จากข้าว

2.5.1 ผลิตภัณฑ์จากข้าวที่ใช้บริโภคเป็นอาหาร

1.) กลุ่มผลิตภัณฑ์แป้งข้าว

1.1.) แป้งข้าว (Rice flour)

มีทั้งชนิดแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คือ ข้าวหักหรือปลายข้าว กรรมวิธีการผลิตมี 3 วิธี คือ วิธีโม่แห้ง (dry milling) วิธีโม่น้ำหรือโม่เปียก (wet milling) และวิธีผสม (wet and dry milling) ดังภาพที่ 2.9

แป้งที่ได้จากการโม่แห้งมีคุณภาพต่ำ เพราะผงแป้งค่อนข้างหยาบและมีสิ่งเจือปนสูง อายุการเก็บรักษาสั้น เพราะเกิดกลิ่นหื่นและถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย สำหรับวิธีการโม่น้ำหรือโม่เปียก เป็นวิธีการผลิตแป้งที่แพร่หลายในปัจจุบัน แป้งมีคุณภาพดี มีความละเอียดและสิ่งเจือปนน้อย พันธุ์ข้าวไทยดั้งเดิม ส่วนใหญ่มีอมิโลสสูง ดังนั้นแป้งที่ผลิตจึงเป็นแป้งข้าวที่มีอมิโลสสูง การผลิตแป้งข้าววิธีผสมแป้งชนิดนี้เป็นแป้งคุณภาพสูงและสุกแล้วนิยมนำไปทำขนมเฉพาะอย่างเช่น ขนมโก๋จากแป้งข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

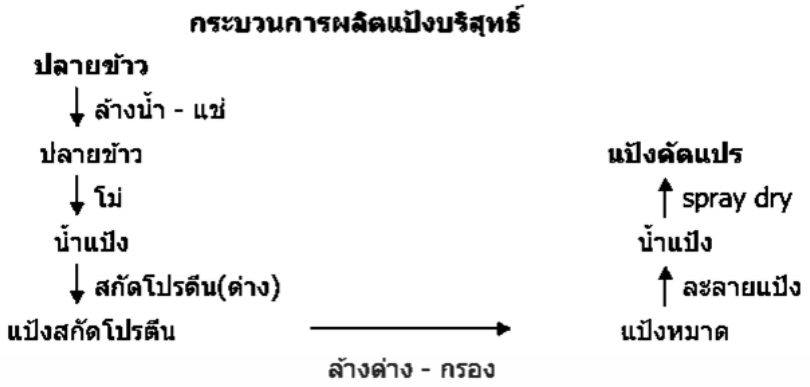
ภาพที่ 2.10 กระบวนการทำแป้งข้าว

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

1.2.) แป้งบริสุทธิ์ (Starch)

เป็นแป้งที่ผ่านการแยกส่วนของโปรตีนออกจนมีความบริสุทธิ์ของแป้งสูงมาก การแยกโปรตีนมักใช้แยกด้วยสารละลายของด่างโซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์หลายๆ ครั้ง และล้างด่างออกด้วยน้ำ หลังจากนั้นจึงแยกน้ำออกและอบแห้ง จากแป้งบริสุทธิ์ที่ได้อาจนำมาผลิตเป็นแป้งดัดแปร (Modified starch) เช่น กรรมวิธีในการผลิตแป้งดัดแปรประเภท Pregelatinized starch ของข้าว เพื่อให้รูปทรงของเมล็ดแป้งมีรูปทรงกลม ทำให้แป้งมีคุณสมบัติการไหลดี แป้งประเภทนี้สามารถใช้ในทางเภสัชกรรม เช่น เป็นส่วนประกอบในการผลิต ยาเม็ด หรือมีการดัดแปรโดยใช้สารเคมี เช่น starch phosphate และ starch acetate สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ทำให้อาหารข้นขึ้น (food thickening) หรือใช้เป็น emulsifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 กระบวนการทำแป้งบริสุทธิ์

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

2.) กลุ่มผลิตภัณฑ์หมักดอง

ผลิตภัณฑ์ประเภทหมักดอง (Fermented food & beverage) อาจแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

2.1.) ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง

ได้แก่ หัวเชื้อ (Starters) หรือลูกแป้งของไทย หัวเชื้อเหล่านี้มีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยแป้งสุกได้ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นเชื้อรา เช่น Rhizopus spp. และ Aspergillus oryzae ผลิตภัณฑ์ หัวเชื้อ นี้ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มต่าง ๆ ข้าวแดง (Angkak) เป็นการผลิตสีแดงจากเชื้อจุลินทรีย์ สีแดงนี้สามารถใช้เป็นสีผสมอาหาร เช่น เหล้าแดง (rad wine) ผสมในผักดอง และเนื้อหมักรวมทั้งเต้าหู้ยี้ เชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตสีแดงนี้ คือ Monascus purpurens went.

2.2.) ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งกึ่งเหลว

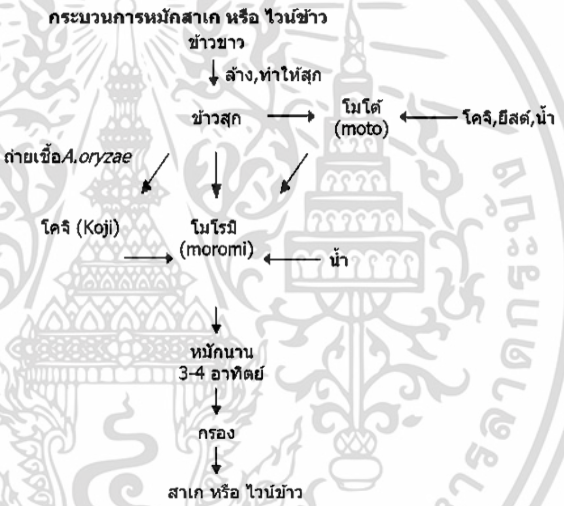
ได้แก่เต้าเจี้ยวญี่ปุ่น (Miso) ที่ใช้ในการปรุงอาหาร ผลิตมาจากถั่วเหลือง ข้าว และเกลือ ความเข้มข้นของเกลือ จะเป็นปัจจัยในการเลือกชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักเต้าเจี้ยวมี Aspergillus oryzae ที่เลี้ยงในข้าวขาวนึ่งสุกเพื่อผลิต (Koji) เชื้อราที่ใช้มักมีหลายสายพันธุ์เพื่อสร้างเอนไซม์ย่อย โปรตีน ไขมัน และแป้ง นอกจากนี้ ยังอาจพบยีสต์ เช่น Saccharomyces rouxii และ lactic acid bacteria ข้าวหมาก จัดเป็นอาหารหวานชนิดหนึ่งของคนไทยที่มีมาแต่โบราณ ซึ่งต้องผ่านกระบวนการหมัก โดยนำข้าวเหนียว มาล้างน้ำให้สะอาด แช่น้ำค้างคืน นำไปนึ่งให้สุก แล้วล้างน้ำให้หมดยางด้วยน้ำฝน หรือน้ำสะอาด ใส่น้ำปูนใสหรือสารส้ม เพื่อให้เมล็ดข้าวแข็งรัดตัว ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฉะ ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ จึงผสมลูกแป้งข้าวหมากให้ทั่ว บรรจุใส่ใบตอง หรือถ้วยพลาสติก ทิ้งไว้ 2-3 วัน ได้ข้าวหมากเนื้อนุ่ม รสหวาน และมีกลิ่นแอลกอฮอล์เล็กน้อย

2.3.) ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์

ประเทศที่ผลิตข้าวจะมีการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบ เช่น กระแช่ของไทยที่ผลิตจากข้าวเหนียวShao-shing wine ของจีนผลิตจาก หัวเชื้อ ที่ทำจากข้าวขาวและข้าวสาลี และนำหัวเชื้อนี้ไปผลิตเหล้าต่อ โดยใช้ข้าวเหนียว สำหรับ สาเก (Sake) ของญี่ปุ่นนั้น จัดเป็นไวน์ข้าวชนิดหนึ่งผลิตจากข้าวเจ้า japonicaการผลิต สาเกของญี่ปุ่น ข้าวขาวที่ใช้ในการหมักได้ผ่านการขัดสีเอาผิวนอกออกมากกว่า 20-30%ของน้ำหนักข้าวกล้อง โดยเฉพาะสาเกคุณภาพสูง การขัดสีอาจสูงถึง 40-50% หรือเหลือเป็นเนื้อข้าว 50-60% แล้วนำไปผ่านกระบวนการหมัก



ภาพที่ 2.12 กระบวนการผลิตสาเก ไวน์ข้าว

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

3.) กลุ่มผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์

ข้าวสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการได้เช่น น้ำนมข้าวยาคู เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ทำมาจากข้าวอ่อน หรือข้าวในระยะน้ำนม แล้วนำมาบีบเอาน้ำนมข้าว จากนั้นนำไปกวน เติมน้ำตาล และกะทิ จะได้เป็นเครื่องดื่มน้ำนมข้าวยาคูที่มีสารอาหารสูง รวมทั้งวิตามิน และเกลือต่าง ๆ นอกจากนี้ทางศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ได้พัฒนาเครื่องดื่มข้าวยาคู โดยใช้แป้งจากเมล็ดข้าวกล้องงอก ที่มีอายุ 24 ชั่วโมง ซึ่งสามารถใช้แป้งข้าวกล้องงอกสด หรือแห้งก็ได้ ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวยาคู ที่ใกล้เคียงกับ การใช้ข้าวในระยะน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ยังได้ทำการพัฒนาเครื่องดื่มน้ำข้าวกล้อง ซึ่งจัดเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ เพราะให้พลังงานต่ำ สามารถผลิตได้จากข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี1 โดยมีการนำส่วนรวงข้าวกับใบธงในระยะน้ำนมของข้าวทั้ง 2พันธุ์ มาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ มีสีและกลิ่นดีขึ้น โดยนำน้ำคั้นรวงข้าวกับใบธง มาดื่มกับแป้งข้าวกล้อง โดยใช้แป้งข้าวกล้องตั้ง ในอัตราส่วน 1:20 เท่า ต้มนาน 20 นาที ทำการกรอง ปรุงรสด้วย น้ำตาล และเกลือ และมีการเติมสารคาราจีแนนในปริมาณร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เพื่อป้องกันการตกตะกอนหรือแยกชั้นของน้ำข้าวกล้อง

เครื่องดื่มน้ำข้าวกล้อง

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

ชาเขียวจากต้นอ่อนข้าวหอม ทางศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวโดยใช้ต้นอ่อนของข้าวขาวดอกมะลิ105พบว่าต้นอ่อนที่มีอายุ 14-21วัน เหมาะสมในการทำชา โดยนำใบอ่อนมาหั่น แล้วคั่วด้วยไฟอ่อน หรืออบที่อุณหภูมิ 80องศาเซลเซียส จะได้ใบชา จากการวิเคราะห์ พบว่าในชาเขียว มีวิตามินอี คลอโรฟิลล์ และเบต้ากลูแคน

ชาเขียวจากต้นอ่อนข้าวหอม

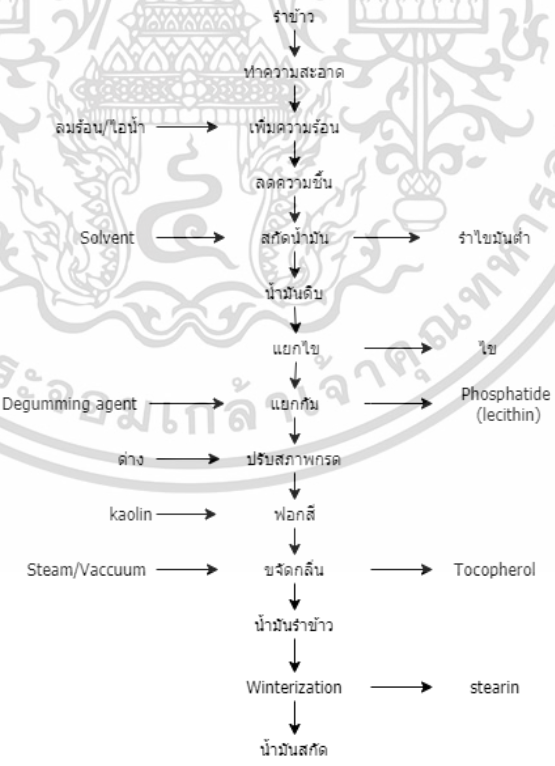
ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 กลุ่มผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากข้าว

1.) ผลิตภัณฑ์รำข้าว

รำข้าว คือ ส่วนที่ได้จากการขัดข้าวกล้องให้เป็นข้าวสาร ซึ่งประกอบด้วยชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด และคัพภะ เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งได้จากกระบวนการสีข้าว โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รำหยาบ (bran) ซึ่งได้จากการขัดผิวเมล็ดข้าวกล้อง และรำละเอียด (polish) ได้จากการขัดขาวและขัดมัน นอกจากนี้รำข้าวยังมีคุณค่าทางอาหารสูง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า วิตามิน และเกลือแร่ต่าง ๆ ดังนั้นจึงมีการนำรำข้าวมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ น้ำมันรำข้าว เป็นน้ำมันสำหรับบริโภคที่มีคุณภาพดี เนื่องจากมี Cholesterol ต่ำ จัดเป็นน้ำมันบริโภคที่มีคุณภาพดี เนื่องจากมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจำนวนมากถึง 77% โดยในจำนวนนี้เป็นกรดไขมันที่จำเป็น 31.7% เป็นแหล่งที่ดีของวิตามินอี และยังมีสาร oryzanol มีสมบัติเป็นสารกันหืน และมีประโยชน์ในการช่วยเร่งการเจริญเติบโตรวมทั้งช่วยให้ระบบการหมุนเวียนของเลือดดีขึ้น น้ำมันรำข้าว เมื่อนำมาปรับปรุงคุณสมบัติด้วยกระบวนการเคมีฟิสิกส์ สามารถผลิตเป็นกะทิแปลงไขมัน ผลิตสบู่และเนยขาวเอนกประสงค์ โดยมีขั้นตอนการสกัดน้ำมันรำข้าวดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.13 กระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) ผลิตภัณฑ์แกลบ

แกลบ (Rice hull) คือ ผลพลอยได้จากการสีข้าว เป็นส่วนผสมของเปลือกเมล็ด กลีบเลี้ยง ฟาง และขั้วเมล็ด ประมาณ 20-24% ของข้าวเปลือก องค์ประกอบส่วนใหญ่ของแกลบได้แก่ เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ประมาณ 68% ลิกนิน 19.2-24.5% เถ้า 13.2-29.0% (ประกอบด้วยซิลิก้า 86.9-97.3%) โดยโรงสีสามารถนำแกลบมาใช้ประโยชน์ได้หลายลักษณะ เช่น นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงหรือแปรรูปเป็นพลังงานที่มีมูลค่าเพิ่มได้ เช่น การอัดให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งเพื่อใช้แทนฟืนหรือถ่าน การแปรรูปโดยกรรมวิธีที่เรียกว่าการกลั่นสลาย (pyrolysis) เพื่อให้ได้ก๊าซและน้ำมัน การแปรรูปเป็นก๊าซเชื้อเพลิง (gasifieation)แกลบเป็นสารอินทรีย์อย่างหนึ่งที่ไม่เน่าสลาย และมีค่าความร้อนสูงพอที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดี ในการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงมีข้อเสียเพียงเล็กน้อย เช่น เมื่อทำการเผาไหม้แล้วแกลบจะให้ปริมาณใช้สกัดสารซิลิก้าเถ้าสูงถึงร้อยละ 16-20 แต่เถ้าจากแกลบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ผลิตวัสดุก่อสร้างหรือผงอัด เป็นต้น

3.) ผลิตภัณฑ์ฟางข้าว

ฟางข้าว มีองค์ประกอบหลัก คือ เซลลูโลส และลิกนิน การใช้ประโยชน์จากฟางข้าวได้คำนึงถึงการนำองค์ประกอบดังกล่าว เพื่อผลิตเป็นสารที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้นโดยวิธีการทางเคมีหรือวิธีทางชีวภาพ การใช้ประโยชน์จากส่วนของเฮมิเซลลูโลสมีองค์ประกอบหลัก คือน้ำตาลไซโลส (Xylose) เป็นการหมักน้ำตาลไซโลสเพื่อผลิตเป็นแอลกอฮอล์โดยใช้จุลินทรีย์ แต่มียีสต์หลายชนิดที่สามารถเปลี่ยนไซโลส เป็นน้ำตาลที่เป็นสารให้ความหวาน คือ ไซลิทอล (xylitol) มีคุณสมบัติเฉพาะที่เหมาะสมสามารถใช้ทดแทนการใช้น้ำตาลได้ ข้อดีของการใช้ไซลิทอล คือการแก้ปัญหาฟันผุ เนื่องจากจุลินทรีย์ในช่องปาก ไม่สามารถใช้ไซลิทอลเป็นแหล่งอาหารได้ มีจุลินทรีย์น้อยชนิดที่สามารถใช้ไซลิทอลได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหาร มีองค์ประกอบของไซลิทอลไม่เสื่อมเสียง่าย สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน มีแนวโน้มในการใช้ไซลิทอลในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ ขนมอบ แยม หมากฝรั่งและของหวาน เป็นสารที่ดีมากสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน เพราะไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 การผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด (2546)

นวลนภา (2546) ได้ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด ประกอบด้วยน้ำนมข้าวโพด (อัตราส่วนข้าวโพดต่อน้ำเป็น 1 : 2) และนมผงขาดมันเนยปริมาณร้อยละ 88 และ 12 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตชนิด YC-350 ปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก บ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 - 4 ชั่วโมง ทำการพัฒนาสูตรการผลิตโดยการเติมน้ำตาลและวุ้นมะพร้าว และพบว่า ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีปริมาณน้ำตาลและวุ้นมะพร้าวปริมาณร้อยละ 5 และ 15 โดย น้ำหนัก ตามลำดับ ได้รับการยอมรับสูงที่สุด

2.6.2 การพัฒนาโยเกิร์ตน้ำนมถั่วเหลืองโดยแบคทีเรียกรดแลกติก (2548)

จิราพัชร และ วิเชียร (2548) ได้พัฒนาโยเกิร์ตน้ำนมถั่วเหลืองยูเอชทีโดยใช้เชื้อแบคทีเรีย กรดแลกติก เป็นหัวเชื้อเริ่มต้น พบว่าการใช้หัวเชื้อเริ่มต้นผสมระหว่าง P. pentosaceus KUC1 และ L. plantarum KUC7 ร้อยละ 5 หมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ให้ ลักษณะโยเกิร์ตที่ดีที่สุด ปริมาณกรดแลกติกที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสูงถึง 0.63 เปอร์เซ็นต์ ค่า pH เท่ากับ 4.05 มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติก 9.81 log CFU/ml มีค่าความหนืด 1,176 เซนติพอยต์ ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณของโปรตีน ร้อยละ 22.14 และ 4.10 ตามลำดับ

2.6.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากแป้งข้าว (2561)

พรรษพร และ ปรางอทิตา (2561) ได้พัฒนาเครื่องดื่มจากแป้งข้าว โดยจะช่วยลดระยะเวลาในการผลิตน้ำนมข้าวและยังมีคุณค่าทางโภชนาการให้เทียบเท่ากับน้ำนมวัวให้มากที่สุดและเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ในการผลิตได้นำแป้งข้าวไปผสมกับน้ำร้อนในปริมาณแป้ง 12 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตรและนำแป้งข้าวที่ให้ความร้อนแล้วมาผสมกับ สารให้ความคงตัว น้ำตาล น้ำมันรำข้าว โปรตีนจากข้าว และสภาวะที่เหมาสมที่สุดในการผลิตน้ำนมข้าวคือความเร็วในการโฮโมจิไนซ์เซอร์ที่ 8000 rpm เวลา 8 นาที ปริมาณแคลเซียมแลคเตท 1 กรัม เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบยอมรับได้และได้ทำการศึกษาวิเคราะห์หาโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น ปริมาณเยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต พบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับน้ำนมวัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1	แป้งข้าวเจ้า	ตรา เหรียญทองคู่	ตลาดหัวตะเข้
3.1.2	แป้งข้าวเหนียว	ตราเหรียญทองก้าวหน้า	ตลาดหัวตะเข้
3.1.3	โปรตีนข้าว		บริษัท Fenchem
3.1.4	น้ำมันรำข้าว	ตรา King	ทอปซุปเปอร์มาร์เก็ต
3.1.5	แซนแทนกัม		บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด
3.1.6	กลูโคสผง		บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด
3.1.7	เกลือ		
3.1.8	น้ำ		

3.2 เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า

3.2.1 DANISCO ® VEGE 033 LYO หรือ B บริษัท เบอร์ลี่ ยุคเกอร์ จำกัด (มหาชน) จำกัด
ประกอบด้วย *Streptococcus thermophilus*
Lactobacillus delbrueckii subsp. *Bulgaricus*

3.3 สารเคมี

3.3.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
3.3.2 เอทานอลเข้มข้น 95%
3.3.3 Peptone Water
3.3.4 สารละลายอินดิเคเตอร์ฟีนอฟทาลีน
3.3.5 อาหารเลี้ยงเชื้อ Lactobacillus MRS Agar
3.3.6 อาหารเลี้ยงเชื้อ M17 Agar Base

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 อุปกรณ์

3.4.1 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

3.4.2 ช้อนตักสาร (Spatula)

3.4.3 กระบอกตวง (Cylinder)

3.4.4 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 250 ml

3.4.5 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 500 ml

3.4.6 ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 500 ml

3.4.7 บีกเกอร์ (Beaker)

3.4.8 ไมโครปิเปต (Micropipette)

3.4.9 กระดาษกรอง (Whatman No.1)

3.4.10 เครื่องให้ความร้อน (Hotplate)

3.4.11 โถดูดความชื้น (desiccator)

3.4.12 ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminum can)

3.4.13 ที่คีบ (Tong)

3.4.14 บิวเรต (burette)

3.4.15 หลอดใส่ตัวอย่างวัดสี ขนาด 40 มิลลิลิตร

3.4.16 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์

3.4.17 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

3.4.18 เตาแก๊ส

3.4.19 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง : METTLER TOLEDO PB1502-L, Switzerland

3.4.20 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง : METTLER TOLEDO ML204/01, Switzerland

3.4.21 เครื่อง Homoginizer (IKA T25 DIGITAL ULTRA TURRAX t18)

3.4.22 เครื่องวัดค่าความหนืด (Viscosity) : Brookfield Viscometer รุ่น DV-III Ultra

3.4.23 เครื่องวัดค่าสี : ColorQuest EX, USA

3.4.24 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง : PH Meter, METTLER TOLEDO InLab ® Expert Pro-ISM

3.4.25 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) : MP 0006/01, Thailand

3.4.26 เครื่องนึ่งความดันไอน้ำ Tomy, ES-315 ญี่ปุ่น

3.4.27 ตู้ปลอดเชื้อ : Laminar Air Flow

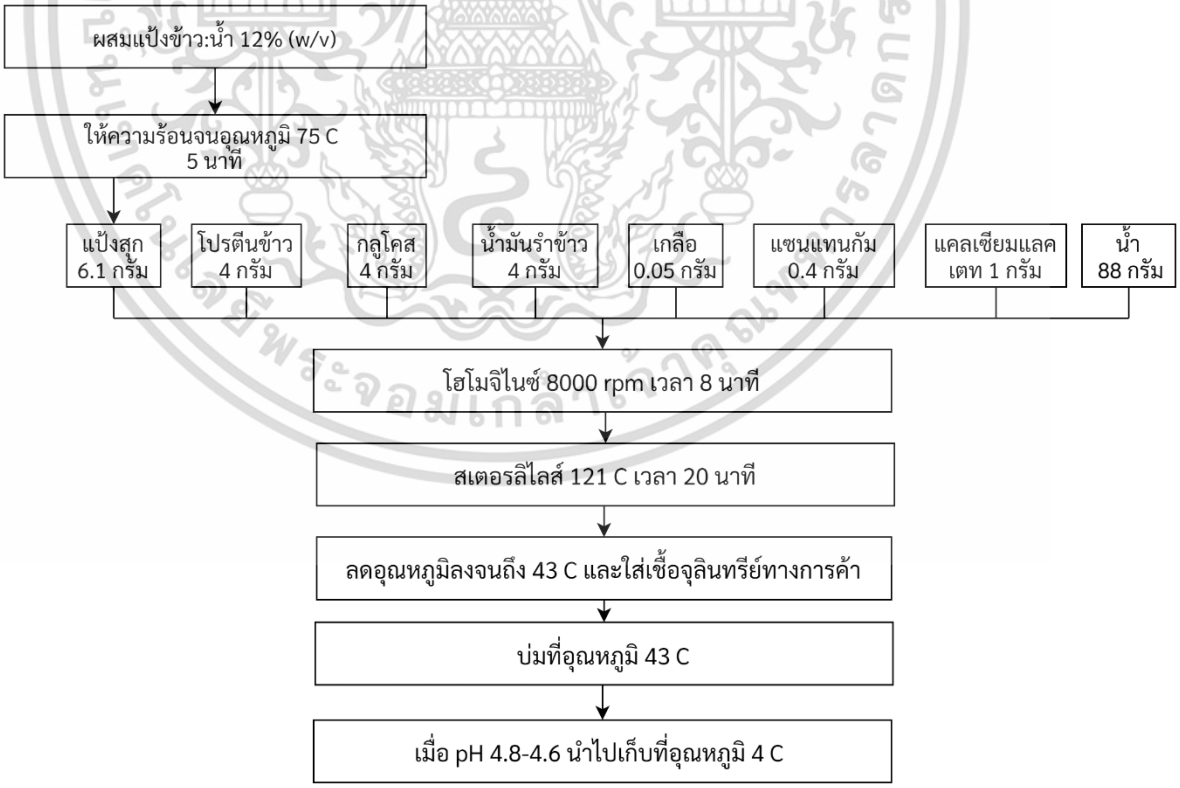
3.4.28 ตู้บ่มเชื้อ (incubator) Kendro, Heraeus เยอรมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.5.1 วิธีการผลิตเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว

โดยการผลิตเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว ได้สูตรที่เหมาะสมอ้างอิงมาจากรายงานของพรรษพร เปล่งแสงศรี (2561) โดยสูตรที่เหมาะสมที่สุดของการนำน้ำนมข้าวเจ้ามาทำเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มโดยเตรียมแป้งสุกโดย ชั่งปริมาณแป้งข้าวเจ้าหรือแป้งข้าวเหนียวปริมาณ 12 กรัม ต่อน้ำ 88 กรัม (w/v) นำมาให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสคงอุณหภูมิไว้เป็นเวลา 5 นาที จนแป้งมีลักษณะเป็นเจลเหนียวข้น ชั่งแป้งปริมาณ 6.1 กรัม ผสมกับน้ำมันรำข้าว 4 กรัม กลูโคส 4.5 กรัม โปรตีนข้าว 4 กรัม แซนแทนกัม 0.4 กรัม แคลเซียมแลคเตท 1 กรัม เกลือ 0.05 กรัม และน้ำ 86 กรัม จากนั้นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้โฮโมจิไนซ์เซอร์ (IKA T25 DIGITAL ULTRA TURAX t28) ความเร็ว 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที จนเป็นเนื้อเดียวกัน และนำไปฆ่าเชื้อด้วยวิธีการสเตอริไลส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาใส่กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกทางการค้า ได้แก่ DANISCO ® VEGE 033 LYO นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียสในอ่างควบคุมอุณหภูมิ หลังจากนั้นตัวอย่างถูกนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ หลังจากกระบวนการหมักแล้วจะนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากน้ำนมข้าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 ± 1 องศาเซลเซียส ขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มแลกติกจากแป้งข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 **การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวให้เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติกทางการค้า**

โดยมีการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวให้เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าเพื่อลดระยะเวลาในการหมักโดยพัฒนาจากสูตรพื้นฐาน อธิพลที่ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญได้แก่ อัตราส่วนของแป้งและน้ำตาล โดยทำการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งสุก 4 ระดับ ได้แก่ 10 30 50 และ 70 และเพิ่มอัตราส่วนของน้ำตาล 3 ระดับ ได้แก่ 5 10 และ 15 โดยมีทั้งหมด 12 สูตร (โดยอัตราส่วนของแป้งสุก:กลูโคส) ดังตารางที่ 3.1 และทำตามขั้นตอน 3.5.1 หลังจากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี (AOAC, 2016) ได้แก่ วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดแลคติก ทุกชั่วโมงที่ 0 6 12 15 18 21 และ 24 และคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า

ตารางที่ 3.1 รูปแบบการทดลอง (Treatment combination)

สิ่งทดลอง	ส่วนประกอบ* (กรัม)						
	แป้งข้าวสุก	กลูโคส	โปรตีน	น้ำมันรำข้าว	แซนแทนกัม	แคลเซียมแลคเตท	น้ำ
1	10	5	4	4	0.4	1	86
2	10	10	4	4	0.4	1	86
3	10	15	4	4	0.4	1	86
4	30	5	4	4	0.4	1	66
5	30	10	4	4	0.4	1	66
6	30	15	4	4	0.4	1	66
7	50	5	4	4	0.4	1	46
8	50	10	4	4	0.4	1	46
9	50	15	4	4	0.4	1	46
10	70	5	4	4	0.4	1	26
11	70	10	4	4	0.4	1	26
12	70	15	4	4	0.4	1	26

* แสดงส่วนประกอบ (กรัม) ต่อปริมาตร 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 **ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของส่วนประกอบในเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว**

ตัวอย่างเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวจะถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.5.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

อบถ้วยอลูมิเนียมในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ทำให้เย็นใน desiccator นำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างใส่ปริมาณ 10 กรัม ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมที่อบแห้ง และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน นำถ้วยอลูมิเนียมที่บรรจุตัวอย่างเข้าอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3ชั่วโมงของตัวอย่างแห้ง ถ้าตัวอย่างเป็นของเหลวเข้าอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 ชั่วโมง นำเอามาใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องและจดบันทึกค่าที่ได้ และนำมาคำนวณหาร้อยละความชื้นจากสมการ ดังนี้

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมรวมตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมรวมตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}} \times 100$$

3.5.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl

ชั่งตัวอย่าง 0.5-5 กรัมถ้าตัวอย่างที่เป็นของเหลวประมาณ 2 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีนโดยอย่าให้เปื้อนข้างหลอดย่อยโปรตีน เติมตัวเร่ง (Catalyst) คือ คอปเปอร์ซัลเฟต และโพแทสเซียมซัลเฟตในปริมาณ 1:9 กรัม เติมกรดซัลฟูริก 25 มิลลิลิตร และใส่ลูกแก้วกันเดือด 2-3 ลูก นำหลอดย่อยโปรตีนประกอบเข้าเครื่องย่อยอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 380-400 องศาเซลเซียส ย่อยจนได้สารละลายใสสีฟ้า ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด ทิ้งไว้ให้เย็น นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน ใช้กรดบอริก 2 % เป็นตัวจับแอมโมเนีย เติมกรดบอริกเข้มข้น 2 % ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ใส่ใน ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ 1 หยด จะได้สารสีชมพูม่วง วาง Erlenmeyer flask ลงในชุดกลั่นเกิดเครื่องให้ทำงานและรอจนกลั่นเสร็จ นำสารละลายที่กลั่นได้ทั้งหมดไปไตเตรทกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.01 N จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูม่วง บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่างและให้ทำ blank ควบคู่กัน คำนวณหาร้อยละโปรตีนจากสมการ

ร้อยละโปรตีน = ร้อยละไนโตรเจน x 6.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างจากสมการ ดังนี้

$$\text{ร้อยละไนโตรเจน} = \frac{14.01 \times (V_1 - V_2) \times N}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)} \times 10}$$

V_1= ปริมาณกรดที่ใช้กับตัวอย่าง

V_2 = ปริมาณกรดที่ใช้กับ blank

N = ความเข้มข้นของกรด

3.5.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

อบบีเกอร์ไขมันที่มีลูกแก้วกันเดือด 2-3 ลูกที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมงนำตัวอย่างที่หาความชื้นแล้วประมาณ 3 กรัม ใส่บนกระดาษกรองและห่อให้มิดชิด นำตัวอย่างที่ห่ออยู่ในกระดาษกรองใส่ลงในทิมเบิล และนำทิมเบิลใส่ในบีเกอร์ไขมันที่อบแล้วเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในบีเกอร์ไขมันที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 150 มิลลิลิตร ประกอบเครื่อง Soxhlet เข้าด้วยกันทำการสกัดไขมันนาน 2-3 ชั่วโมง ระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ที่ยังระเหยไม่หมดบน hotplate จดหมด นำบีเกอร์ไขมันที่มีไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสมการ ดังนี้

$$\text{ร้อยละไขมัน} = \frac{(\text{น้ำหนักบีกเกอร์ไขมันรวมไขมันหลังอบ} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์ไขมัน})}{\text{น้ำนักตัวอย่าง}} \times 100$$

3.5.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร

นำตัวอย่างที่สกัดเอาไขมันออกแล้วมาหาปริมาณเส้นใย โดยนำตัวอย่างใส่ลงใน crucible ต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร เติมสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.225 N จำนวน 150 มิลลิลิตร เติม n-octanol 2-3 หยดเพื่อป้องกันฟองล้น แล้วต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นกรองเอากรดออก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 รอบ ครั้งละ 30 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.313 โมลาร์ จำนวน 150 มิลลิลิตร และเติม n-octanol 2-3 หยด เพื่อป้องกันฟองล้นแล้วต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที ครบแล้วกรองออก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 รอบ ครั้งละ 30 มิลลิลิตร ล้างกากด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก 1 % แล้วล้างตามด้วยน้ำร้อนจนหมด นำกากล้างด้วยอะซิโตน 25 มิลลิลิตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำกากไปเผาให้เป็นเถ้าในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นใน desiccator ชั่งหาน้ำหนักเถ้าที่ได้ การคำนวณหาร้อยละเส้นใยจากสมการ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ร้อยละใยอาหาร} = \frac{(\text{น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

3.5.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

อบ Crucible ที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างประมาณ 3-5 กรัม ชั่งใส่ Crucible ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้วนำไปเผาบนเตาไฟฟ้าจนหมดควัน นำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 8-10 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว นำออกมาใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอนคำนวณหาร้อยละเถ้าจากสมการ ดังนี้

$$\text{ร้อยละเถ้า} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วยที่มีตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักถ้วยเปล่า})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

3.5.3.6 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

โดยวิธีการคำนวณจากสูตรเมื่อทราบว่า%ความชื้น%โปรตีน%ไขมัน%เถ้าและ%เส้นใย นำค่าดังกล่าวนี้มาคำนวณตามสมการ ดังนี้

ร้อยละคาร์โบไฮเดรต = 100 - (% ความชื้น+ %โปรตีน + % ไขมัน+ % เถ้า+ %เส้นใย)

3.5.4 **การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี**

3.5.4.1 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำนมข้าวและตัวอย่างโยเกิร์ตจะวัดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดด่างแบบดิจิตอล (pH Meter, METTLER TOLEDO InLab ® Expert Pro-ISM)

3.5.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติก (titratable Acidity)

ตัวอย่างโยเกิร์ตน้ำนมข้าวเหนียว 10 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เติม 0.1% ฟีนอฟทาลีน 1 มิลลิลิตร และไตรเตรตด้วยสารละลายมาตราฐานโซเดียมดรอกไซด์ (NaOH) 1 N จนค่าความเป็นกรดด่าง 8.2 ปริมาณร้อยละของกรดแลคติกสามารถคำนวณได้ดังสามการสมการ (Olugbuyiro, J. A., 2011) ดังนี้

$$\%\ \text{กรดแลคติก} = \frac{[(\text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้})\ (\text{ความเข้มข้น NaOH}) \times 9]}{\text{ปริมาณตัวอย่าง (กรัม)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total soluble solid)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดวัดได้โดยการนำตัวอย่าง 10 กรัม บรรจุลงในถ้วยอะลูมิเนียมที่ชั่งน้ำหนักแน่นอน และอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และนำถ้วยอะลูมิเนียมที่มีตัวอย่างไปชั่ง สามารถคำนวณปริมาณของแข็งที่ได้ตามสมการ (Olugbuyiro, J. A., 2011) ดังนี้

$$\%\ \text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม}+\text{น้ำหนักแห้งโยเกิร์ต})-(\text{น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

3.5.5 **คุณลักษณะทางกายภาพ**

3.5.5.1 วิเคราะห์ค่าสี

ตัวอย่างโยเกิร์ตแต่ละตัวอย่างโดยการแสดงค่าความสว่าง (L*) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ด้วยเครื่องวัดสี Colour Quest II, Hunterlab, Reston, USA (Liu และคณะ 2012)

3.5.5.2 การวิเคราะห์ความหนืด

ตัวอย่างโยเกิร์ตทำการวัดความหนืดโดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DV-III Ultra และอ่านค่าความหนืดที่ได้มีหน่วยเป็นเซนติพ้อยส์

3.5.6 **คุณลักษณะทางจุลินทรีย์**

3.5.6.1 การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียแลคติก

การตรวจปริมาณกรดแลคติกโดยวิธีการ pour plate โดยนำตัวอย่างโยเกิร์ต 25 กรัม เจือจางด้วยเปปโตน 0.1% จนถึงระดับเจือจางที่ต้องการ จากนั้นดึงตัวอย่างออกมา 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิดได้แก่ De Man Rogosa and sharpe (MRS) สำหรับเชื้อ *L.delbrueckii subsp. Bulgaricus* และ อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด M17 สำหรับเชื้อ *S. thermophiles* ทำการหมุนจานเพาะเชื้อวนไปมาจนตัวอย่างผสมเข้ากับอาหารเลี้ยงเชื้อ ตั้งทิ้งไว้จนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว คว่ำจานเพาะเชื้อและนำ MRS agar ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงที่สภาวะไร้ออกซิเจน ส่วน M17 agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมงที่สภาวะปกติ และทำการตรวจนับจำนวนโคโลนีช่วง 30 – 300 โคโลนี และรายงานปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในหน่วย CFU/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.7 **การวิเคราะห์ทางสถิติ**

การทดสอบทางสถิติวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS เปรียบเทียบแต่ละคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของเครื่องดื่มแลคติกแต่ละชนิดด้วยสถิติ ANOVA Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาการผลิตเครื่องดื่มแลกติกสูตรพื้นฐานจากแป้งข้าว

4.1.1 **องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคล้ายนมจากแป้งข้าวและเครื่องดื่มแลคติกสูตรพื้นฐาน**

องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มคล้ายนมจากแป้งข้าวเจ้าในปริมาณ 100 กรัม ประกอบด้วย ปริมาณของแข็งทั้งหมด 15.12 ความชื้นร้อยละ 84.87 โปรตีนร้อยละ 3.50 ไขมันร้อยละ 3.66 เถ้าร้อยละ 0.42 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5.34 และใยอาหารร้อยละ 0.40 ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มคลายนมจากแป้งข้าวเหนียวในปริมาณ 100 กรัม ประกอบด้วย ปริมาณของแข็งทั้งหมด 13.64 ความชื้นร้อยละ 86.36 โปรตีนร้อยละ 3.74 ไขมันร้อยละ 4.71 เถ้าร้อยละ 0.36 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 3.99 และใยอาหารร้อยละ 0.85 เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีในนมวัว จะเห็นได้ดังตารางที่ 4.1 ทั้งสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวมีความใกล้เคียงกับนมวัว ยกเว้นเถ้าและใยอาหารที่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวมีปริมาณเถ้าร้อยละ 0.42 และ 0.36 ตามลำดับ และสูตรของนมวัวจะมีปริมาณเถ้าร้อยละ 0.80 โดยเถ้าของนมเป็นส่วนที่เหลืออยู่จากการเผาประกอบด้วย ออกไซด์ของโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ และคลอไรด์ (รัชนี, 2547) เถ้าในนมจึงมีปริมาณมากกว่าสูตรเครื่องดื่มคล้ายนมจากแป้งข้าว และในนมวัวจะไม่พบใยอาหาร เนื่องจากแหล่งของเส้นใยอาหารนั้นจะมาจากผัก ผลไม้ และเมล็ดธัญพืช (พิมพ์เพ็ญ, ม.ป.ป)

เครื่องดื่มแลคติกสูตรพื้นฐานจากแป้งข้าวคือนำเครื่องดื่มคล้ายนมจากแป้งข้าวมาหมักตามกระบวนการดังภาพที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มแลคติกสูตรพื้นฐานจากแป้งข้าวเจ้าในปริมาณ 100 กรัม ประกอบด้วย ปริมาณของแข็งทั้งหมด 11.94 ความชื้นร้อยละ 88.06 โปรตีนร้อยละ 2.46 ไขมันร้อยละ 3.50 เถ้าร้อยละ0.32 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5.00 และใยอาหารร้อยละ 0.36 ส่วนองค์ประกอบของเครื่องดื่มแลคติกสูตรพื้นฐานจากแป้งข้าวเหนียวในปริมาณ 100 กรัม ประกอบด้วย ปริมาณของแข็งทั้งหมด 12.95 ความชื้นร้อยละ 87.05 โปรตีนร้อยละ 2.38 ไขมันร้อยละ 4.01 เถ้าร้อยละ 0.30คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5.37 และใยอาหารร้อยละ 0.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเทียบกับองค์ประกอบในนมวัว (100 กรัม) และองค์ประกอบเครื่องดื่มแลคติกแป้งข้าวเจ้าเทียบกับแป้งข้าวเหนียว

องค์ประกอบทางเคมี	เครื่องดื่มคล้ายนมจากแป้งข้าว			เครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว**	
(%)	แป้งข้าวเจ้า	แป้งข้าวเหนียว	นมวัว*	แป้งข้าวเจ้า	แป้งข้าวเหนียว
ปริมาณของแข็งทั้งหมด	15.12^{a}±0.13	13.64^{a}±0.86	13.00^{a}±2.00	11.94^{b}±0.59	12.95^{a}±0.16
ความชื้น	84.87^{c}±0.02	86.36^{b}±0.86	87.50^{a}±2.00	88.06^{a}±0.59	87.05^{b}±0.16
โปรตีน	3.50^{a}±0.00	3.74^{a}±1.07	3.40^{a}±1.00	2.46^{a}±0.07	2.38^{a}±0.70
ไขมัน	3.66^{a}±0.01	4.17^{a}±0.93	3.90^{a}±1.00	3.50^{b}±0.15	4.01^{a}±0.03
เถ้า	0.42^{b}±0.00	0.36^{b}±0.01	0.80^{a}±0.20	0.32^{a}±0.06	0.30^{a}±0.09
คาร์โบไฮเดรต	5.34^{a}±0.02	4.99^{a}±1.12	4.80^{a}±1.00	5.00^{a}±0.69	5.37^{a}±1.32
ใยอาหาร	0.40^{b}±0.01	0.85^{a}±0.19	0.00^{c}±0.00	0.36^{a}±0.39	0.81^{a}±1.44

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนภายในเครื่องดื่มชนิดเดียวกัน (P≤0.05)

*ที่มา: Gösta Bylund, M.Sc. (Dairy Techn.) (1995)

**เครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวที่ผ่านการหมัก 24 ชั่วโมง

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดแลคติกในระหว่างการหมักของเครื่องดื่มแลคติกสูตรพื้นฐานจากแป้งข้าว

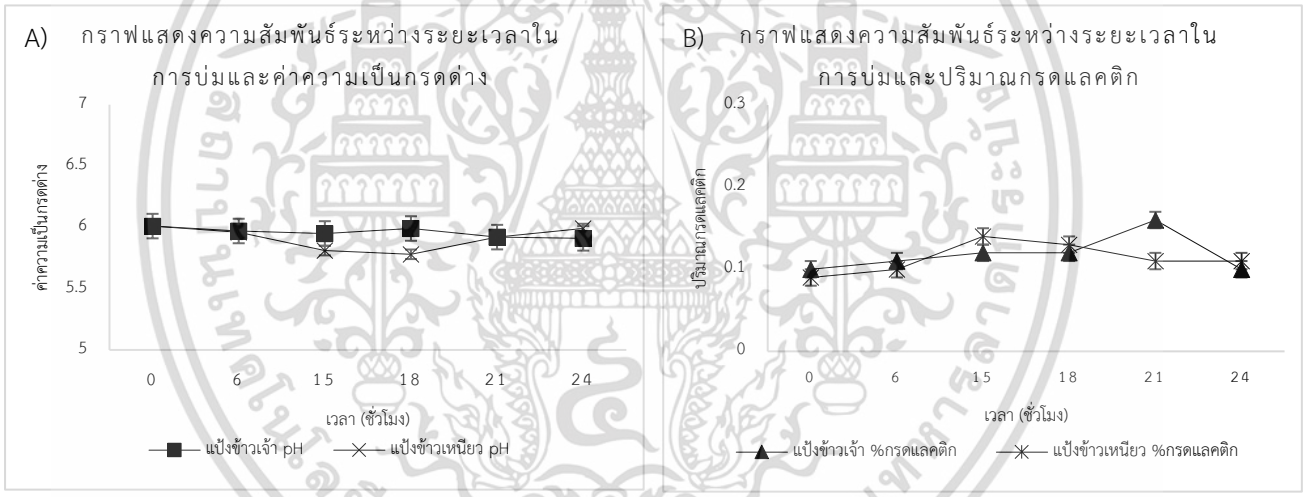
จากการศึกษาการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มคล้ายนมจากแป้งข้าวสำหรับการหมักเครื่องดื่มแลคติก โดยนำเครื่องดื่มแลคติกสูตรพื้นฐานจากแป้งข้าวไปบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียสในอ่างควบคุมอุณหภูมิจนกระทั่งค่า pH 4.6-4.8 โดยทำการดึงตัวอย่างมาวิเคราะห์ผลค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดแลคติกในชั่วโมงที่ 0 6 15 18 21 และ 24 ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1 ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเริ่มต้นที่ 6.1 และ 6.1 ตามลำดับ เมื่อทำการหมักและระยะเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรดด่างของสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวลดลงไปที่ 5.91 และ 5.99 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) และปริมาณกรดแลคติกของสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเริ่มต้นที่ 0.1% และ 0.09% ตามลำดับ เมื่อทำการหมักและระยะเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ปริมาณกรดแลคติกของสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวอยู่ที่ 0.1% และ 0.11% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) แสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นกรดด่างไม่ลดลงตามระยะเวลาในการหมัก และไม่เห็นความแตกต่างระหว่างสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว จึงต้องมีการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวให้เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ปริมาณกรดแลคติก (%กรด) สูตรพื้นฐานจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	แป้งข้าวเจ้า		แป้งข้าวเหนียว	
	pH	% กรดแลคติก	pH	% กรดแลคติก
0	6.01^{a}±0.01	0.10^{c}±0.01	6.01^{a}±0.01	0.09^{c}±0.01
6	5.97^{ab}±0.01	0.11^{bc}±0.01	5.96^{ab}±0.03	0.10^{c}±0.01
15	5.95^{ab}±0.06	0.12^{b}±0.00	5.81^{c}±0.06	0.14^{a}±0.00
18	5.99^{ab}±0.10	0.12^{b}±0.01	5.78^{c}±0.10	0.13^{ab}±0.03
21	5.92^{b}±0.06	0.16^{a}±0.01	5.92^{b}±0.06	0.11^{c}±0.00
24	5.91^{b}±0.10	0.10^{bc}±0.01	5.99^{ab}±0.13	0.11^{bc}±0.04

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)



ภาพที่ 4.1 A) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการหมักและค่าpH B) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการหมักและปริมาณกรดแลคติก ; (■)ค่าความเป็นกรดด่างแป้งข้าวเจ้า (╳)ค่าความเป็นกรดด่างแป้งข้าวเหนียว (▲)ปริมาณกรดแลคติกแป้งข้าวเจ้า (✳)ปริมาณกรดแลคติกแป้งข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 **คุณลักษณะทางกายภาพของเครื่องดื่มแลคติกสูตรพื้นฐานจากแป้งข้าว**

4.1.3.1 ลักษณะความหนืด และค่าสี

ลักษณะของความหนืดที่แตกต่างกันของสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว ดังตารางที่ 4.3 ความหนืดเป็นสมบัติที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของแป้ง จากผลการทดลองพบว่า สูตรแป้งข้าวเจ้าที่ 0 ชั่วโมง มีความหนืดมากที่สุดคือ 467 เซนติพอยส์ รองลงมาคือสูตรแป้งข้าวเหนียวที่ 0 ชั่วโมง มีค่าความหนืด 385 เซนติพอยส์ ในส่วนของทั้งสองสูตรไม่พบความแตกต่างระหว่างชั่วโมงที่ 0 และชั่วโมงที่ 24 ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์สี ค่า L* แสดงถึงความสว่างของผลิตภัณฑ์โดยมีค่าตั้งแต่ 0 หมายถึงตัวอย่างที่มีความสว่างน้อยจนเป็นสีคล้ำ จนถึง 100 หมายถึงตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาในการหมักไม่มีผลต่อค่า L* ($p \leq 0.05$) ค่า a* แสดงถึงค่าความเป็นสีแดง(+) และสีเขียว(-) ของผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเป็นสีแดง ทั้งสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวไม่มีความแตกต่างกัน และระยะเวลาในการหมักไม่มีผลต่อค่า a* ($p \leq 0.05$) และค่า b* แสดงถึงค่าความเป็นสีเหลือง(+) และสีน้ำเงิน(-) จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเป็นสีเหลือง ทั้งสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวไม่มีความแตกต่างกัน และระยะเวลาในการหมักไม่มีผลต่อค่า b* ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3 แสดงคุณลักษณะทางกายภาพของเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวก่อนหมักและหลังหมัก (24 ชั่วโมง)

คุณลักษณะทางกายภาพ		**แป้งข้าวเจ้า**		**แป้งข้าวเหนียว**	
		0 ชั่วโมง	**24 ชั่วโมง**	**0 ชั่วโมง**	**24 ชั่วโมง**
ความหนืด (เซนติพอยส์)		$467^{a}\pm38$	$372^{a}\pm79$	$385^{a}\pm76$	$382^{a}\pm28$
สี	**L***	$0.38^{b}\pm0.07$	$0.41^{b}\pm0.13$	$0.60^{a}\pm0.09$	$0.68^{a}\pm0.15$
	a*	$0.04^{a}\pm0.18$	$0.48^{a}\pm0.36$	$0.28^{a}\pm0.25$	$0.28^{a}\pm0.10$
	b*	$0.12^{a}\pm0.20$	$0.22^{a}\pm0.24$	$0.06^{a}\pm0.26$	$0.24^{a}\pm0.26$

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

L* แสดงถึงความสว่างของผลิตภัณฑ์โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100

a* แสดงถึงค่าความเป็นสีแดง(+) และสีเขียว(-)

b* แสดงถึงค่าความเป็นสีเหลือง(+) และสีน้ำเงิน(-)

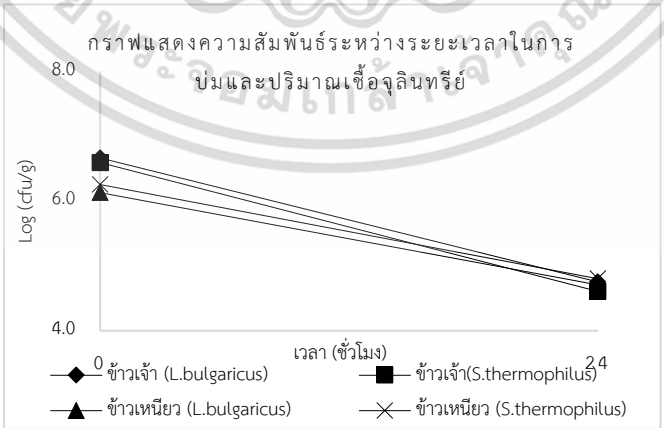
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 **คุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มแลคติกสูตรพื้นฐานจากแป้งข้าว**

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มแลคติกสูตรพื้นฐานจากแป้งข้าวเจ้าพบว่าปริมาณเชื้อ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* เริ่มต้น 4.63×10^6 โคโลนีต่อกรัม และ 3.93×10^6 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อทำการหมักระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลงเหลือ 5.67×10^4 โคโลนีต่อกรัม และ 4.05×10^4 โคโลนีต่อกรัม และสูตรแป้งข้าวเหนียวปริมาณเชื้อ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* เริ่มต้นอยู่ที่ 1.35×10^6 โคโลนีต่อกรัม เมื่อทำการหมักระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลงเหลือ 5.2×10^4 โคโลนีต่อกรัม และ *Streptococcus thermophilus* เริ่มต้นอยู่ที่ 1.8×10^6 โคโลนีต่อกรัม และลดลงเหลือ 6.7×10^4 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณของจุลินทรีย์ที่ไม่มีการเจริญและมีแนวโน้มลดลงอาจเนื่องจากปริมาณของสารอาหารอาจไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ หรือปริมาณของแหล่งคาร์บอนคือแป้งสุก 6.1 กรัม และกลูโคส 4.5 กรัม ไม่เพียงพอต่อการเจริญของจุลินทรีย์ Tamime และ Robinson (1999) กล่าวว่าองค์ประกอบของตัวกลาง (medium) ได้แก่ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการสร้างเซลล์และการเจริญของจุลินทรีย์ จึงต้องมีการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวให้เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์สูตรพื้นฐานจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

จุลินทรีย์	แป้งข้าวเจ้า		แป้งข้าวเหนียว	
(CFU/g)	0 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
L. bulgaricus	4.63×10^6	5.67×10^4	1.35×10^6	5.2×10^4
S. thermophilus	3.93×10^6	4.05×10^4	1.8×10^6	6.7×10^4



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ 0 และ 24 ชั่วโมงในการหมักปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ; (◆)ปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* ของสูตรแป้งข้าวเจ้า (■)ปริมาณเชื้อ *S. thermophilus* ของสูตรแป้งข้าวเจ้า (▲)ปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* ของแป้งข้าวเหนียว (×)ปริมาณเชื้อ *S. thermophilus* ของแป้งข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มแลคติก

4.2.1 การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติกทางการค้า

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติกทางการค้า DANISCO ® VEGE 033 LYO พบว่าแหล่งคาร์บอนที่แบคทีเรียนำไปใช้ในการเจริญได้แก่ แป้งข้าวสุก และกลูโคส จึงได้ทำการศึกษาแต่ละปัจจัย ได้แก่ ร้อยละแป้งสุกเพียงอย่างเดียวที่ร้อยละ 10 30 50 และ 70 ร้อยละกลูโคสเพียงอย่างเดียวที่ร้อยละ 5 10 และ 15 และศึกษาปัจจัยร่วมได้แก่ ร้อยละแป้งสุกต่อกลูโคส เพื่อใช้ในการช่วยลดระยะเวลาในกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ จากตารางที่ 4.5 ถึง 4.6 จะเห็นได้ว่าปัจจัยเดี่ยวคือการเพิ่มปริมาณแหล่งแป้งสุกเพียงอย่างเดียว หรือการเพิ่มปริมาณกลูโคสเพียงอย่างเดียว ไม่ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลงต่ำกว่า 4.8 ได้ จึงมีการศึกษาปัจจัยร่วมเพื่อพัฒนาเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวให้เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ทางการค้าต่อไป

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และร้อยละกรดแลคติกของปัจจัยของกลูโคสที่ร้อยละ 5 10 และ 15

เวลาในการบ่ม (ชั่วโมง)	คุณลักษณะ	ร้อยละกลูโคส		
		5	10	15
0	pH	5.68^{aB}±0.02	5.33^{bA}±0.08	5.45^{bA}±0.13
	%กรดแลคติก	0.12^{aC}±0.01	0.14^{aB}±0.01	0.13^{aB}±0.01
6	pH	5.67^{aBC}±0.08	5.47^{abA}±0.16	5.39^{bA}±0.07
	%กรดแลคติก	0.13^{aBC}±0.01	0.14^{aB}±0.02	0.15^{aAB}±0.03
12	pH	5.75^{aA}±0.04	5.48^{bA}±0.13	5.38^{bA}±0.11
	%กรดแลคติก	0.16^{aAB}±0.06	0.16^{aAB}±0.03	0.16^{aAB}±0.10
18	pH	5.61^{aC}±0.04	5.35^{aA}±0.20	5.31^{aA}±0.19
	%กรดแลคติก	0.13^{aBC}±0.01	0.15^{aB}±0.03	0.16^{aAB}±0.01
24	pH	5.63^{aBC}±0.06	5.34^{bA}±0.16	5.26^{bA}±0.12
	%กรดแลคติก	0.17^{aA}±0.01	0.19^{aA}±0.05	0.20^{aA}±0.05

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)

ตัวอักษร A, B, C แสดงความแตกต่างของชั่วโมงโดยเทียบภายในคุณลักษณะเดียวกัน (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และร้อยละกรดแลคติกของปัจจัยของแป้งสุกที่ร้อยละ 10 30 50 และ 70 (แป้งข้าวเจ้า)

เวลาในการบ่ม (ชั่วโมง)	คุณลักษณะ	ร้อยละแป้งข้าวเจ้า			
		10	30	50	70
0	pH	5.99^{aA}±0.05	6.00^{aA}±0.02	5.95^{aA}±0.05	5.98^{aA}±0.05
	%กรดแลคติก	0.13^{aA}±0.02	0.13^{aBC}±0.02	0.10^{aB}±0.02	0.12^{aA}±0.03
6	pH	5.88^{cB}±0.01	5.93^{bB}±0.02	5.94^{bA}±0.02	5.98^{aA}±0.02
	%กรดแลคติก	0.12^{aA}±0.02	0.12^{aBC}±0.01	0.10^{bB}±0.01	0.09^{bA}±0.01
12	pH	5.85^{aB}±0.01	5.91^{bBC}±0.02	5.92^{bA}±0.02	5.97^{cA}±0.01
	%กรดแลคติก	0.14^{aA}±0.07	0.10^{aC}±0.01	0.08^{aB}±0.01	0.08^{aA}±0.01
18	pH	5.74^{bC}±0.04	5.89^{aBC}±0.06	5.84^{bB}±0.01	5.86^{abB}±0.06
	%กรดแลคติก	0.13^{aA}±0.01	0.13^{aB}±0.02	0.09^{aB}±0.03	0.12^{aA}±0.04
24	pH	5.74^{bC}±0.05	5.86^{aC}±0.03	5.83^{aB}±0.01	5.89^{aB}±0.05
	%กรดแลคติก	0.14^{abA}±0.01	0.16^{aA}±0.02	0.13^{abA}±0.25	0.11^{bA}±0.03

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)

ตัวอักษร A, B, C แสดงความแตกต่างของชั่วโมงภายในคุณลักษณะเดียวกัน (P≤0.05)

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และร้อยละกรดแลคติกของปัจจัยของแป้งสุกที่ร้อยละ 10 30 50 และ 70 (แป้งข้าวเหนียว)

เวลาในการบ่ม (ชั่วโมง)	คุณลักษณะ	ร้อยละแป้งข้าวเหนียว			
		10	30	50	70
0	pH	5.89^{aB}±0.01	5.89^{aB}±0.01	5.89^{aAB}±0.01	5.90^{aA}±0.01
	%กรดแลคติก	0.12^{aA}±0.03	0.10^{aC}±0.01	0.14^{aA}±0.07	0.10^{aA}±0.01
6	pH	6.03^{aA}±0.01	6.00^{aA}±0.01	5.94^{bA}±0.02	5.84^{cABC}±0.02
	%กรดแลคติก	0.12^{aA}±0.02	0.11^{aC}±0.01	0.13^{aA}±0.01	0.13^{aA}±0.03
12	pH	5.99^{aA}±0.04	5.99^{aA}±0.02	5.91^{bAB}±0.02	5.86^{cAB}±0.01
	%กรดแลคติก	0.12^{aB}±0.01	0.12^{aBC}±0.01	0.12^{aA}±0.01	0.11^{aA}±0.02
18	pH	5.87^{aB}±0.03	5.86^{aC}±0.01	5.80^{aBC}±0.01	5.79^{aBC}±0.08
	%กรดแลคติก	0.11^{bA}±0.01	0.13^{aAB}±0.01	0.12^{abA}±0.02	0.12^{abA}±0.01
24	pH	5.91^{aB}±0.03	5.90^{aB}±0.01	5.75^{bB}±0.13	5.78^{bB}±0.03
	%กรดแลคติก	0.15^{aA}±0.06	0.14^{aA}±0.02	0.14^{aA}±0.01	0.12^{aA}±0.01

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)

ตัวอักษร A, B, C แสดงความแตกต่างของชั่วโมง ภายในคุณลักษณะเดียวกัน (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 **การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของเครื่องดื่มสูตรที่เหมาะสมจากแป้งข้าว**

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานในการหมักเครื่องดื่มแลคติก จะเห็นได้ว่าภายใน 24 ชั่วโมงค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ไม่ลดลงจนอยู่ในระดับที่ต้องการ และจากการศึกษาปัจจัยเดี่ยวจะเห็นได้ว่า แป้งสุกหรือกลูโคสอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ค่าความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ลดลงถึงระดับที่ต้องการได้ จึงมีการศึกษาปัจจัยร่วมเพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสม โดยการศึกษาปัจจัยร้อยละแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวสุก 10 30 50 และ 70 (w/v) และ ปัจจัยของร้อยละกลูโคส 5 10 และ 15 (w/v) ทั้งหมด 12 สูตร (แสดงอัตราส่วนของแป้งสุกต่อกลูโคส ได้แก่ 10:5, 10:10, 10:15, 30:5, 30:10, 30:15, 50:5, 50:10, 50:15, 70:5, 70:10 และ 70:15) จากตารางที่ 4.5-4.6 และภาพที่ 4.3-4.5 แสดงให้เห็นถึงค่าความเป็นกรดด่างและร้อยละของกรดแลคติกของสูตรแป้งข้าวเจ้าที่ 0 ชั่วโมง ของทั้ง 12 สูตรไม่มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) และสูตรแป้งข้าวเหนียว จากตารางที่ 4.7-4.8 และภาพที่ 4.6-4.8 แสดงให้เห็นถึงค่าความเป็นกรดด่าง และร้อยละของกรดแลคติกที่ 0 ชั่วโมง ของทั้ง 12 สูตรไม่มีความตากต่างกันเช่นเดียวกันสูตรแป้งข้าวเจ้า ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อเข้าสู่กระบวนการหมักและระยะเวลาผ่านไป ร้อยละความเป็นกรดและร้อยละของกรดแลคติก เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมัก ($p \leq 0.05$) โดยจะเห็นได้ชัดในสูตรแป้งสุกร้อยละ 50 และ 70 ของแป้งทั้งสองชนิด โดยที่ชั่วโมงที่ 15 จะพบว่าค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 4.8 และร้อยละกรดแลคติกอยู่ที่ประมาณ 0.2 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของร้อยละกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นได้แก่สูตรที่ใช้แป้ง ร้อยละ 50 และ ร้อยละ 70 ทำให้สันนิษฐานได้ว่าการเพิ่มร้อยละของแป้งสุกส่งผลให้จุลินทรีย์นำไปสร้างกรดแลคติกได้ดี และทำให้ค่าความเป็นกรดสูงขึ้น เนื่องมากจากเมื่อเข้าสู่กระบวนการหมักและระยะเวลาผ่านไป โมเลกุลของกลูโคสจะผ่านวถีไกลโคไลซิส โดยจุลินทรีย์ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ใช้ในการเจริญและได้เป็นกรดแลคติก (Tamime และ Robinson ,1999) แต่ในขณะเดียวกันจากกราฟจะเห็นถึงผลของร้อยละกลูโคสที่แตกต่างกัน โดยกลูโคสร้อยละ 5 และ 10 ไม่มีความต่างกันทางสถิติ แต่กลูโคสร้อยละ 15 ส่งผลให้การผลิตกรดแลคติกลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของปราณี (2529) ได้ทำการทดลองใช้กากน้ำตาลสำหรับผลิตกรดแลคติก โดยการนำกากน้ำตาลมาเตรียมเป็นอาหารเหลวที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ระดับต่าง ๆ ดังนี้ 1%, 5%, 7%, 10% และ 15% พบว่าปริมาณการผลิตกรดแลคติกจะสูงสุดเมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเหลวไม่สูงกว่า 5 กรัม/100 ซีซี หากสูงกว่านี้น้ำตาลจะไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และยับยั้งการผลิตกรดแลคติก และระยะเวลาที่ร้อยละกรดแลคติกสูงจะเริ่มต้นที่ชั่วโมงที่ 15 เป็นต้นไป จากตารางที่ 4.9 จะเห็นได้ชนิดของแป้งไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติก ร้อยละกรดแลคติกและค่าความเป็นกรดของชั่วโมงที่ 15 และ 18 ไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) และแป้งสุกร้อยละ 50 และ 70 ไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) จึงเลือกตัวอย่างของแป้งสุกร้อยละ 50 และชั่วโมงที่ 15 และ 24 มาประเมินองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางกายภาพและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์เพื่อเปรียบเทียบความต่างระหว่างสูตรพื้นฐานและสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว

ตารางที่4.8 ตารางแสดงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของสูตรแป้งข้าวเจ้าโดยเพิ่มอัตราส่วนของแป้งสุกร้อยละ 10 30 50 และ 70 และอัตราส่วนกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15 (12 สูตร)

ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)					
เวลาในการบ่ม (ชั่วโมง)	ร้อยละกลูโคส	ร้อยละแป้งข้าวเจ้า			
		10	30	50	70
0	5	5.99^{aA}±0.05	5.99^{aA}±0.02	5.95^{aA}±0.05	5.98^{aA}±0.05
	10	5.86^{aA}±0.17	5.96^{abA}±0.02	5.97^{abA}±0.03	5.96^{bA}±0.02
	15	5.92^{aA}±0.04	5.82^{aA}±0.16	5.88^{aA}±0.14	5.77^{aA}±0.16
6	5	5.99^{aA}±0.04	5.36^{bC}±0.02	5.26^{cB}±0.04	5.26^{cA}±0.04
	10	5.94^{aA}±0.04	5.43^{bB}±0.02	5.16^{bcC}±0.05	5.25^{cA}±0.18
	15	5.88^{aA}±0.12	5.60^{bA}±0.03	5.57^{bA}±0.02	5.44^{bA}±0.12
12	5	5.67^{aA}±0.09	5.03^{bB}±0.06	5.14^{bA}±0.07	5.68^{aB}±0.05
	10	5.90^{aA}±0.08	5.09^{bAB}±0.00	5.28^{bA}±0.16	5.54^{abAB}±0.2
	15	5.84^{aA}±0.13	5.25^{bA}±0.09	5.42^{bA}±0.2	5.32^{bA}±0.07
15	5	5.84^{aA}±0.07	4.92^{bB}±0.01	4.73^{cB}±0.10	4.72^{cA}±0.06
	10	5.89^{aA}±0.12	4.96^{bB}±0.03	4.80^{cB}±0.02	4.67^{dA}±0.04
	15	5.74^{aA}±0.09	5.10^{bA}±0.03	5.24^{bA}±0.14	4.80^{cA}±0.12
18	5	5.94^{aA}±0.05	4.94^{bB}±0.01	4.72^{cB}±0.09	4.67^{cA}±0.05
	10	5.87^{aA}±0.06	5.00^{bB}±0.02	4.78^{cB}±0.01	4.62^{dB}±0.01
	15	5.85^{aA}±0.1	5.12^{bA}±0.06	5.21^{bA}±0.14	4.7^{cB}±0.1
21	5	5.50^{aB}±0.12	4.65^{bB}±0.06	4.47^{cB}±0.03	4.68^{bB}±0.03
	10	5.83^{aA}±0.04	4.87^{bA}±0.03	4.45^{dB}±0.07	4.61^{cB}±0.02
	15	5.87^{aA}±0.15	4.95^{bA}±0.01	4.84^{bcA}±0.03	4.69^{cB}±0.1
24	5	5.48^{aB}±0.1	4.64^{bB}±0.05	4.50^{cB}±0.01	4.65^{bB}±0.07
	10	5.80^{aA}±0.05	4.85^{bA}±0.03	4.52^{cB}±0.07	4.53^{cB}±0.05
	15	5.84^{aA}±0.14	4.88^{bA}±0.11	4.88^{bA}±0.11	4.67^{bA}±0.11

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, d แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)
ตัวอักษร A, B, C, D แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)
ตัวอักษรแนวนอนและแนวตั้งเปรียบเทียบภายในชั่วโมงเดียวกันเท่านั้น

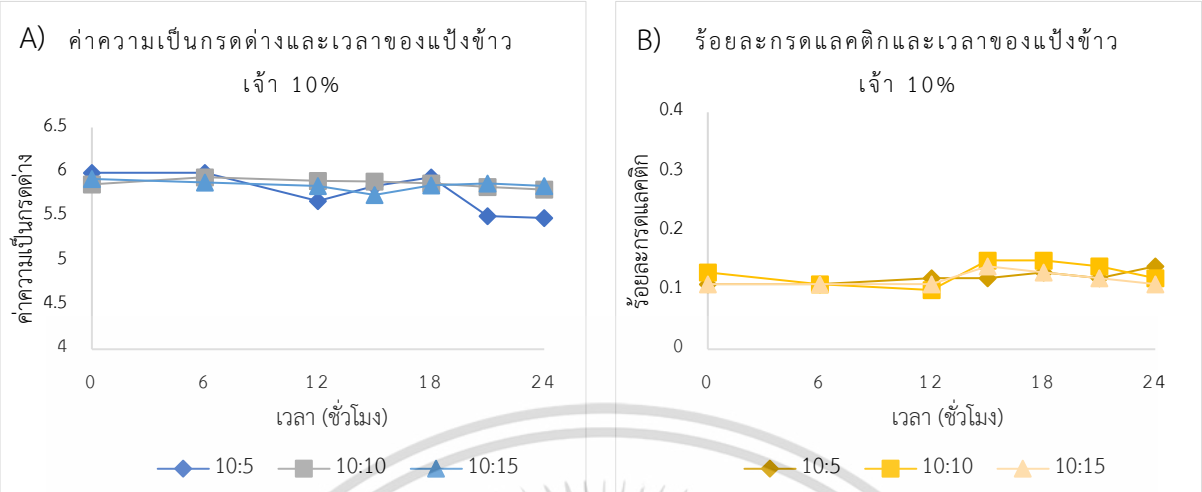
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.9 ตารางแสดงร้อยละปริมาณกรดแลคติก (%titratable Acidity) ของสูตรแป้งข้าวเจ้าโดยเพิ่มอัตราส่วนของแป้งสุกร้อยละ 10 30 50 และ 70 และอัตราส่วนกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15 (12 สูตร)

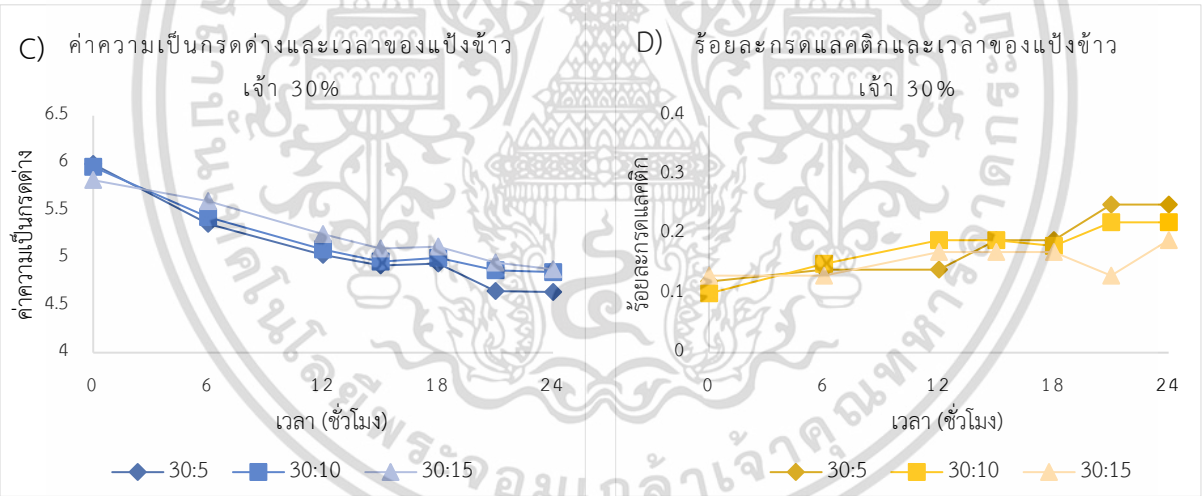
ร้อยละปริมาณกรดแลคติก (%titratable Acidity)					
เวลาในการบ่ม (ชั่วโมง)	**ร้อยละกลูโคส**	**ร้อยละแป้งข้าวเจ้า**			
		10	**30**	**50**	**70**
0	5	0.11^{aA}±0.02	0.12^{aAB}±0.01	0.12^{aA}±0.00	0.12^{aA}±0.01
	10	0.13^{aA}±0.02	0.10^{aB}±0.03	0.10^{aA}±0.02	0.09^{aA}±0.01
	15	0.11^{aA}±0.02	0.13^{aA}±0.02	0.13^{aA}±0.03	0.13^{aA}±0.01
6	5	0.11^{cA}±0.01	0.14^{abAB}±0.01	0.17^{aA}±0.01	0.15^{abA}±0.06
	10	0.11^{aA}±0.02	0.15^{aA}±0.01	0.17^{aA}±0.01	0.11^{aA}±0.06
	15	0.11^{bA}±0.01	0.13^{abB}±0.00	0.2^{aB}±0.02	0.12^{bA}±0.10
12	5	0.12^{abA}±0.02	0.14^{aA}±0.01	0.12^{abA}±0.01	0.10^{bA}±0.01
	10	0.10^{bA}±0.002	0.19^{aA}±0.04	0.14^{abA}±0.01	0.12^{bA}±0.02
	15	0.11^{aA}±0.05	0.17^{aA}±0.00	0.14^{aA}±0.03	0.12^{aA}±0.02
15	5	0.12^{bB}±0.01	0.19^{aA}±0.03	0.23^{aA}±0.03	0.22^{aA}±0.03
	10	0.15^{cA}±0.01	0.19^{bA}±0.01	0.22^{aA}±0.01	0.18^{bA}±0.02
	15	0.14^{bAB}±0.01	0.17^{abA}±0.01	0.19^{aA}±0.03	0.16^{abA}±0.03
18	5	0.13^{bA}±0.01	0.19^{abA}±0.04	0.25^{aA}±0.04	0.22^{aA}±0.05
	10	0.15^{cA}±0.01	0.18^{bA}±0.02	0.21^{abA}±0.01	0.21^{aA}±0.02
	15	0.13^{bA}±0.02	0.17^{aA}±0.02	0.20^{aA}±0.01	0.19^{aA}±0.01
21	5	0.12^{bA}±0.02	0.25^{aA}±0.01	0.27^{aA}±0.01	0.24^{aA}±0.04
	10	0.14^{bA}±0.05	0.22^{aB}±0.02	0.26^{aA}±0.02	0.25^{aA}±0.04
	15	0.12^{bA}±0.01	0.13^{bC}±0.02	0.24^{aA}±0.03	0.21^{aA}±0.01
24	5	0.14^{bA}±0.01	0.25^{aA}±0.01	0.29^{aA}±0.02	0.28^{aA}±0.03
	10	0.12^{cB}±0.01	0.22^{bB}±0.01	0.26^{bAB}±0.00	0.34^{aA}±0.08
	15	0.11^{bB}±0.01	0.19^{abC}±0.01	0.21^{aB}±0.04	0.27^{aA}±0.09

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, d แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)
ตัวอักษร A, B, C, D แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)
ตัวอักษรแนวนอนและแนวตั้งเปรียบเทียบภายในชั่วโมงเดียวกันเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

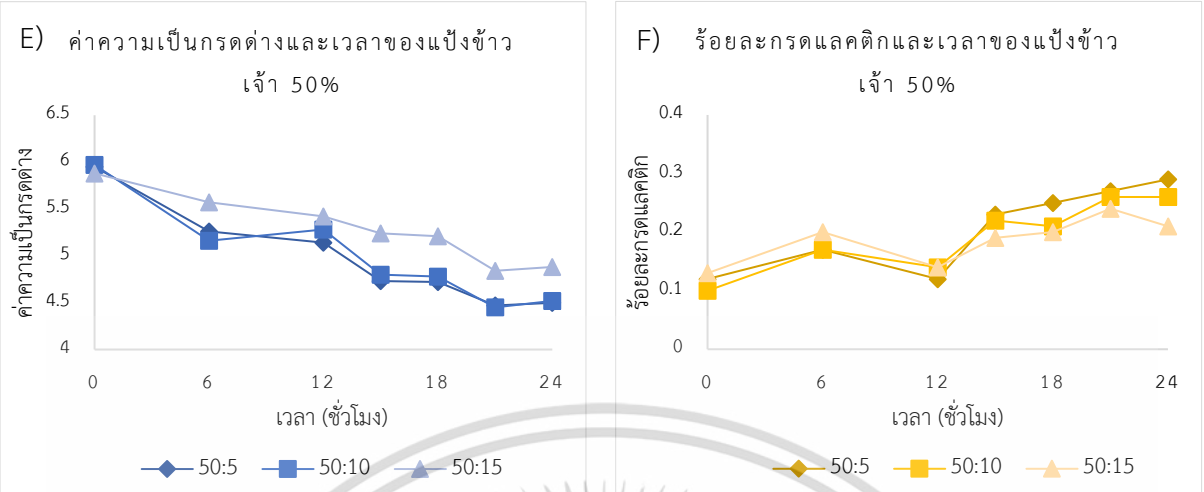


ภาพที่ 4.3 A) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และเวลาของแป้งข้าวเจ้า 10%
B) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเจ้า 10%
หมายเหตุ อัตราส่วนหมายถึง ร้อยละแป้งสุก:น้ำตาลกลูโคส



ภาพที่ 4.4 C) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเจ้า 30%
D) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเจ้า 30%
หมายเหตุ อัตราส่วนหมายถึง ร้อยละแป้งสุก:น้ำตาลกลูโคส

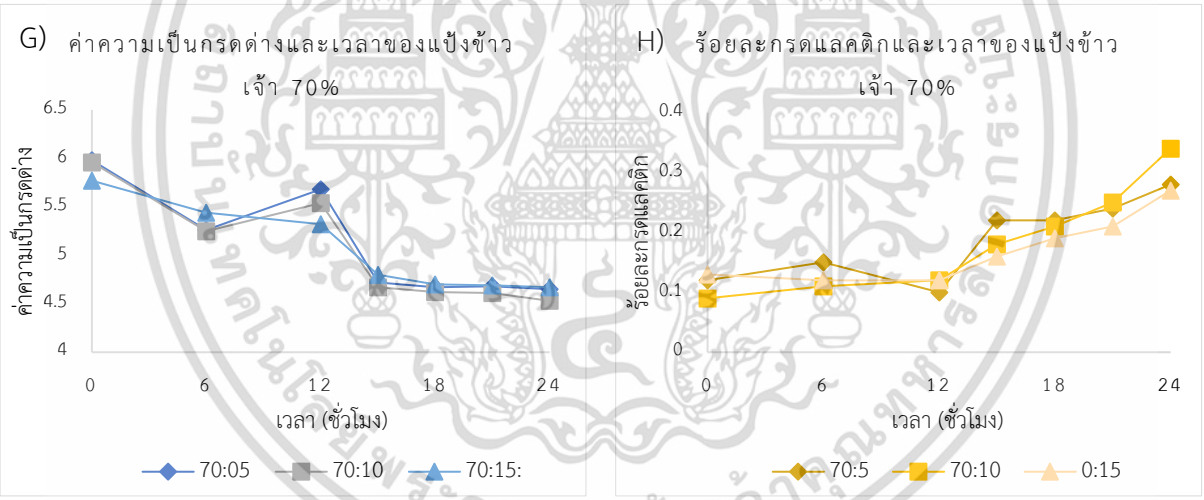
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 E) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเจ้า 50%

F) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเจ้า 50%

หมายเหตุ อัตราส่วนหมายถึง ร้อยละแป้งสุก:น้ำตาลกลูโคส



ภาพที่ 4.6 G) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเจ้า 70%

H) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเจ้า 70%

หมายเหตุ อัตราส่วนหมายถึง ร้อยละแป้งสุก:น้ำตาลกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.10 ตารางแสดงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของสูตรแป้งข้าวเหนียวโดยเพิ่มอัตราส่วนของแป้งสุกร้อยละ 10 30 50 และ 70 และอัตราส่วนกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15 (12 สูตร)

ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)					
เวลาในการบ่ม (ชั่วโมง)	ร้อยละกลูโคส	ร้อยละแป้งข้าวเหนียว			
		10	**30**	**50**	**70**
0	**5**	5.99^{aA}±0.05	5.99^{aA}±0.02	5.95^{aA}±0.05	5.98^{aA}±0.05
	10	5.86^{aA}±0.17	5.96^{abA}±0.02	5.97^{abA}±0.03	5.96^{bA}±0.02
	15	5.92^{aA}±0.04	5.82^{aA}±0.16	5.88^{aA}±0.14	5.77^{aB}±0.16
6	**5**	5.97^{aA}±0.01	5.89^{bA}±0.04	5.80^{cAB}±0.04	5.80^{dC}±0.05
	10	5.81^{aAB}±0.11	5.90^{aA}±0.06	5.86^{aA}±0.03	5.52^{bB}±0.05
	15	5.75^{aB}±0.13	5.84^{aA}±0.09	5.72^{aB}±0.07	5.73^{aA}±0.06
12	**5**	5.84^{aAB}±0.1	5.62^{bA}±0.17	5.79^{aA}±0.03	5.81^{aB}±0.05
	10	5.49^{bA}±0.05	5.80^{aA}±0.06	5.7^{aA}±0.07	5.77^{aAB}±0.03
	15	5.83^{aB}±0.13	5.82^{aA}±0.06	5.76^{aA}±0.06	5.70^{aA}±0.01
15	**5**	5.67^{bA}±0.06	5.99^{aA}±0.1	4.84^{cC}±0.04	4.80^{cA}±0.06
	10	5.66^{aA}±0.12	5.70^{aB}±0.12	5.15^{bB}±0.1	5.01^{bAB}±0.08
	15	5.44^{aB}±0.02	5.67^{aB}±0.1	5.47^{aA}±0.06	5.14^{bB}±0.21
18	**5**	5.64^{bA}±0.06	5.91^{aA}±0.57	4.83^{cC}±0.05	4.79^{cB}±0.06
	10	5.58^{bA}±0.08	5.69^{bB}±0.12	5.10^{aB}±0.06	4.97^{aAB}±0.07
	15	5.52^{abA}±0.22	5.63^{aB}±0.10	5.43^{abA}±0.05	5.20^{bB}±0.21
21	**5**	5.97^{aA}±0.04	5.12^{bC}±0.01	4.87^{cC}±0.04	4.66^{dA}±0.02
	10	5.74^{aB}±0.06	5.66^{aB}±0.16	5.18^{bB}±0.05	4.93^{cA}±0.16
	15	5.733^{aB}±0.12	5.90^{aA}±0.11	5.49^{bA}±0.04	4.87^{cA}±0.15
24	**5**	6.02^{aA}±0.02	5.15^{bB}±0.03	4.80^{cC}±0.03	4.60^{dC}±0.03
	10	5.79^{aB}±0.05	5.68^{aA}±0.17	5.17^{bB}±0.07	4.73^{cB}±0.01
	15	5.76^{aB}±0.10	5.88^{aA}±0.07	5.44^{bA}±0.03	5.01^{cA}±0.08

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, d แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)
ตัวอักษร A, B, C, D แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)
ตัวอักษรแนวนอนและแนวตั้งเปรียบเทียบภายในชั่วโมงเดียวกันเท่านั้น

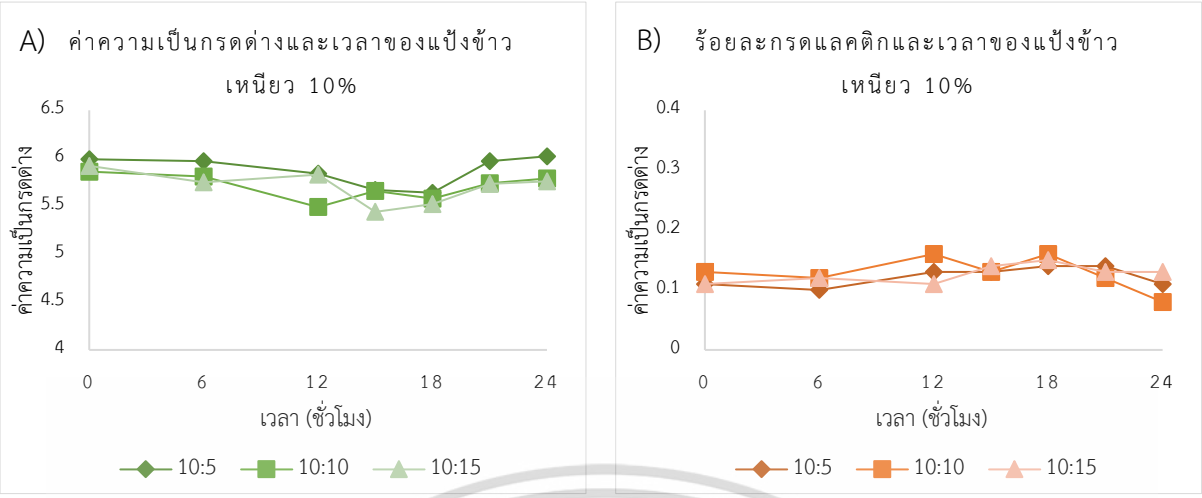
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.11 ตารางแสดงร้อยละปริมาณกรดแลคติก (%titratable Acidity) ของสูตรแป้งข้าวเหนียวโดยเพิ่มอัตราส่วนของแป้งสุกร้อยละ 10 30 50 และ 70 และอัตราส่วนกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15 (12 สูตร)

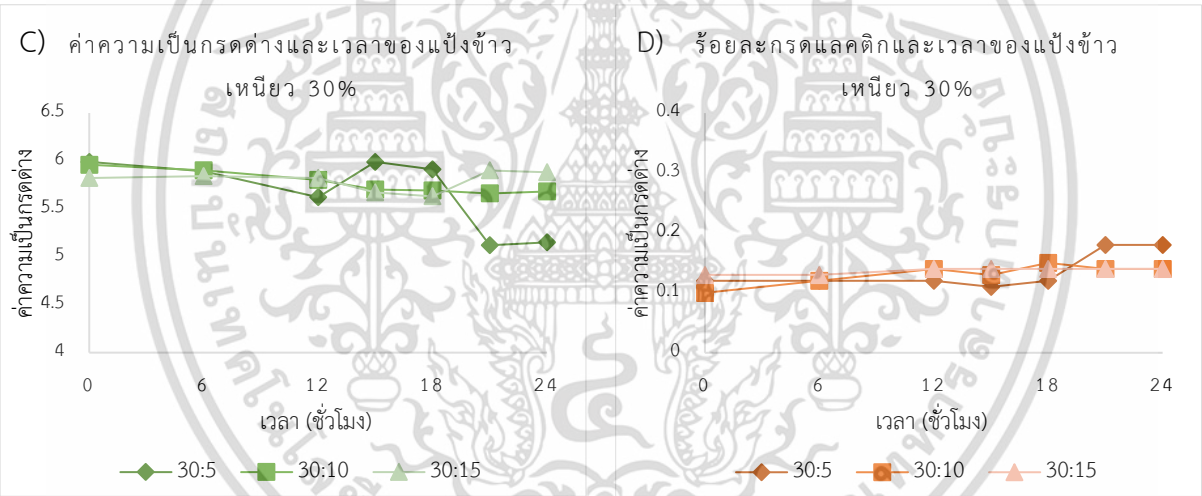
ร้อยละปริมาณกรดแลคติก (%titratable Acidity)					
เวลาในการบ่ม (ชั่วโมง)	ร้อยละ กลูโคส	ร้อยละแป้งข้าวเหนียว			
		10	**30**	**50**	**70**
0	**5**	0.11^{aA}±0.02	0.12^{aAB}±0.01	0.12^{aA}±0.00	0.12^{aA}±0.01
	10	0.13^{aA}±0.02	0.10^{aB}±0.03	0.10^{aA}±0.02	0.09^{aA}±0.01
	15	0.11^{aA}±0.02	0.13^{aA}±0.02	0.13^{aA}±0.03	0.13^{aA}±0.01
6	**5**	0.10^{bA}±0.04	0.12^{abA}±0.01	0.14^{abA}±0.02	0.16^{aA}±0.00
	10	0.12^{bA}±0.01	0.12^{bA}±0.02	0.12^{bA}±0.01	0.16^{aA}±0.02
	15	0.12^{bA}±0.02	0.13^{bA}±0.02	0.13^{bA}±0.01	0.17^{aA}±0.01
12	**5**	0.13^{aA}±0.02	0.12^{aA}±0.03	0.11^{aA}±0.04	0.16^{aA}±0.03
	10	0.16^{aB}±0.01	0.14^{aA}±0.02	0.16^{aA}±0.03	0.15^{aA}±0.02
	15	0.11^{aA}±0.01	0.14^{aA}±0.03	0.15^{aA}±0.04	0.12^{aA}±0.02
15	**5**	0.13^{cA}±0.01	0.11dB±0.01	0.18^{bAB}±0.01	0.24^{aA}±0.00
	10	0.13^{bA}±0.01	0.13^{bAB}±0.01	0.20^{aA}±0.02	0.22^{aA}±0.02
	15	0.14^{bA}±0.02	0.14^{bA}±0.01	0.17^{bB}±0.01	0.21^{aA}±0.02
18	**5**	0.14^{cA}±0.01	0.12^{cA}±0.02	0.18^{bAB}±0.01	0.23^{aA}±0.001
	10	0.16^{bA}±0.02	0.15^{bA}±0.03	0.19^{bA}±0.01	0.24^{aA}±0.02
	15	0.15^{bA}±0.02	0.14^{bA}±0.01	0.17^{bB}±0.01	0.22^{aA}±0.03
21	**5**	0.14^{dA}±0.01	0.18^{cA}±0.01	0.22^{bA}±0.01	0.26^{aA}±0.01
	10	0.12^{bA}±0.01	0.14^{bA}±0.003	0.19^{aB}±0.004	0.21^{aB}±0.03
	15	0.13^{bA}±0.02	0.14^{abA}±0.05	0.16^{abC}±0.02	0.19^{aB}±0.02
24	**5**	0.11^{cA}±0.01	0.18^{bA}±0.001	0.26^{aA}±0.01	0.21^{abA}±0.07
	10	0.08^{cA}±0.06	0.14^{bcB}±0.01	0.20^{abB}±0.01	0.27^{aA}±0.01
	15	0.13^{cA}±0.03	0.14^{cB}±0.02	0.19^{bC}±0.003	0.23^{aA}±0.02

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, d แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)
ตัวอักษร A, B, C, D แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)
ตัวอักษรแนวนอนและแนวตั้งเปรียบเทียบภายในชั่วโมงเดียวกันเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

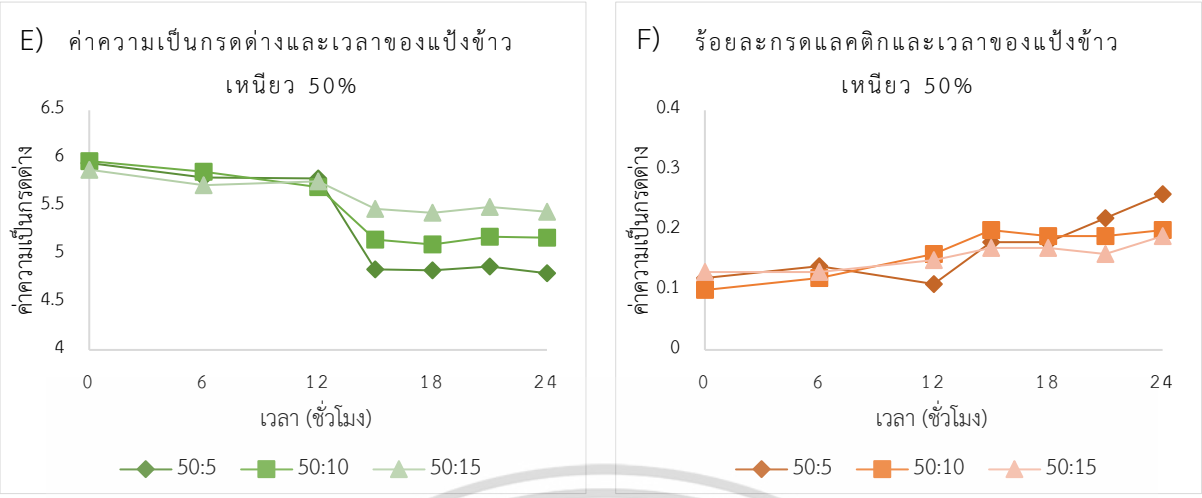


ภาพที่ 4.7 A) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเหนียว 10%
B) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเหนียว 10%
หมายเหตุ อัตราส่วนหมายถึง ร้อยละแป้งสุก:น้ำตาลกลูโคส

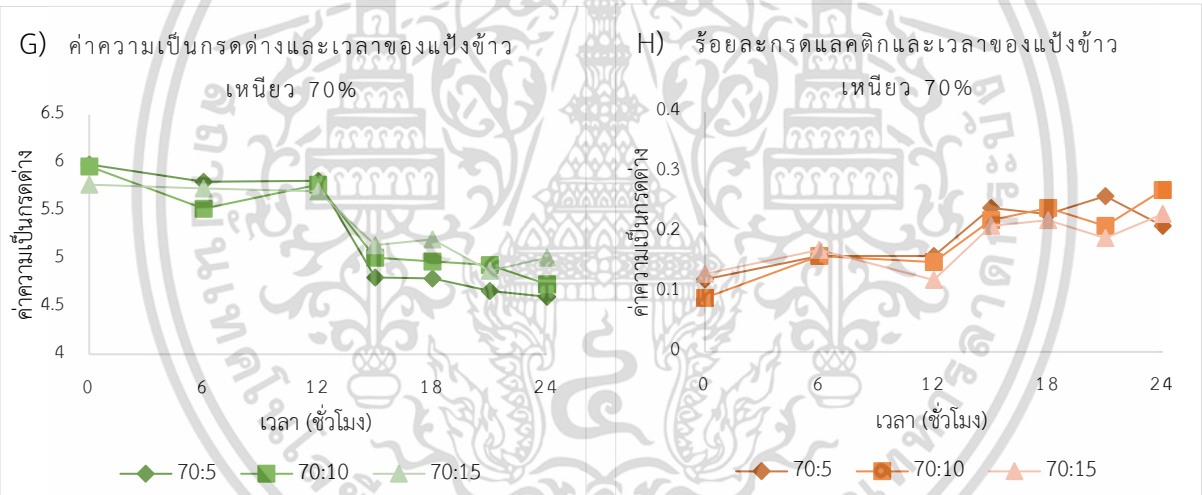


ภาพที่ 4.8 C) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเหนียว 30%
D) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเหนียว 30%
หมายเหตุ อัตราส่วนหมายถึง ร้อยละแป้งสุก:น้ำตาลกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 E) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเหนียว 50%
F) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเหนียว 50%
หมายเหตุ อัตราส่วนหมายถึง ร้อยละแป้งสุก:น้ำตาลกลูโคส



ภาพที่ 4.10 G) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าpH และเวลาของแป้งข้าวเหนียว 70%
H) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกรดแลคติกและเวลาของแป้งข้าวเหนียว 70%
หมายเหตุ อัตราส่วนหมายถึง ร้อยละแป้งสุก:น้ำตาลกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงผลร้อยละกรดแลคติกของสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเทียบแต่ละชั่วโมงของสูตร 50:5 และ 70:5 (ร้อยละแป้งสุก:ร้อยละกลูโคส)

ชั่วโมง	50:5*		70:5*	
	แป้งข้าวเจ้า^{NS}	แป้งข้าวเหนียว^{NS}	แป้งข้าวเจ้า^{NS}	แป้งข้าวเหนียว^{NS}
0	$0.12^{D}\pm0.00$	$0.12^{D}\pm0.00$	$0.15^{B}\pm0.01$	$0.16^{B}\pm0.00$
6	$0.17^{C}\pm0.01$	$0.14^{D}\pm0.02$	$0.15^{B}\pm0.06$	$0.16^{B}\pm0.00$
12	$0.12^{D}\pm0.01$	$0.11^{D}\pm0.04$	$0.09^{B}\pm0.01$	$0.16^{B}\pm0.02$
15	$0.23^{B}\pm0.03$	$0.18^{C}\pm0.01$	$0.22^{A}\pm0.03$	$0.24^{A}\pm0.00$
18	$0.25^{AB}\pm0.04$	$0.18^{C}\pm0.01$	$0.22^{A}\pm0.05$	$0.23^{A}\pm0.00$
21	$0.27^{A}\pm0.01$	$0.22^{B}\pm0.01$	$0.24^{A}\pm0.04$	$0.26^{A}\pm0.01$
24	$0.29^{A}\pm0.02$	$0.26^{A}\pm0.01$	$0.28^{A}\pm0.03$	$0.21^{A}\pm0.06$

หมายเหตุ ตัวอักษร NS หมายถึง ความไม่แตกต่างภายในสูตรเดียวกัน ชั่วโมงเดียวกัน เทียบแป้งสุกต่างชนิดกัน
ตัวอักษร A, B, C, D แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยของเวลาในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)
*อัตราส่วนแป้งสุก:กลูโคส

4.2.3 **องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มแลคติกสูตรที่เหมาะสมจากแป้งข้าวเทียบกับสูตรพื้นฐาน**

จากผลการทดลองข้างต้น พบว่าสูตรที่เหมาะสมคือ สูตร 50:5 (อัตราส่วนแป้งสุก:กลูโคส) จึงเลือกสูตร 50:5 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยเทียบสูตรพื้นฐาน และสูตรที่เหมาะสม (50:5) โดยเทียบเป็นระยะเวลาก่อนหมัก (0 ชั่วโมง) และหลังหมัก (24 ชั่วโมง) เพื่อทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมัก จากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าโปรตีนเป็นไปตามสมบัติและมาตรฐานนมเปรี้ยวที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข(2548) และมาตรฐานนมเปรี้ยวโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546) โดยเกล่าว่าโปรตีนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.7 และปริมาณของคาร์โบไฮเดรตมีค่าเพิ่มตามปริมาณของแป้งสุกและกลูโคสในผลิตภัณฑ์ โดยสูตรพื้นฐานมีปริมาณแป้งสุกเพียงร้อยละ 6.1 มีคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 3 ถึง 5 แต่สูตรที่เหมาะสมมีปริมาณของแป้งสุกร้อยละ 50 มีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 7 ถึง 8 เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งสุกทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าเทียบกับแป้งข้าวเหนียว ที่ระยะเวลาก่อนหมัก (0 ชั่วโมง) และหลังหมัก (24 ชั่วโมง)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ชั่วโมงที่ 0				ชั่วโมงที่ 24			
	แป้งข้าวเจ้า		แป้งข้าวเหนียว		แป้งข้าวเจ้า		แป้งข้าวเหนียว	
	สูตรพื้นฐาน	50:5	สูตรพื้นฐาน	50:5	สูตรพื้นฐาน	50:5	สูตรพื้นฐาน	50:5
ปริมาณของแข็งทั้งหมด	15.12^{b}	17.49^{a}	13.64^{c}	17.90^{a}	13.64^{d}	17.90^{a}	12.96^{c}	17.21^{a}
ความชื้น	86.68^{b}	82.51^{c}	86.36^{b}	82.05^{c}	86.36^{a}	82.05^{b}	87.05^{c}	82.80^{c}
โปรตีน	3.50^{ab}	3.06^{ab}	3.74^{a}	3.44^{ab}	3.74^{b}	3.44^{ab}	2.38^{b}	3.35^{ab}
ไขมัน	3.66^{bc}	2.73^{de}	4.71^{a}	2.80^{de}	4.71^{bc}	2.80^{e}	4.02^{b}	3.21^{cd}
เถ้า	0.42^{ab}	0.40^{bc}	0.36^{d}	0.48^{a}	0.36^{bcd}	0.48^{bc}	0.30^{cd}	0.38^{bc}
คาร์โบไฮเดรต	3.50^{c}	8.80^{a}	3.49^{c}	8.80^{a}	3.49^{bc}	8.80^{a}	3.49^{c}	7.80^{ab}
ใยอาหาร	0.41^{c}	2.52^{a}	0.85^{bc}	2.45^{a}	0.85^{bc}	2.45^{ab}	0.39^{c}	2.18^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

*อัตราส่วนแป้งสุก:กลูโคส

ตารางที่ 4.14 คุณลักษณะทางกายภาพของเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าเทียบกับแป้งข้าวเหนียว ที่ระยะเวลาก่อนหมัก (0 ชั่วโมง) และหลังหมัก (24 ชั่วโมง)

คุณลักษณะทางกายภาพ	ชั่วโมงที่ 0				ชั่วโมงที่ 24			
	แป้งข้าวเจ้า		แป้งข้าวเหนียว		แป้งข้าวเจ้า		แป้งข้าวเหนียว	
	50:5	70:5	50:5	70:5	50:5	70:5	50:5	70:5
ความหนืด	2414^{aA}±425	4843^{aA}±830	764^{bA}±136	1220^{bA}±234	1587^{aB}±274	3155^{aB}±576	213^{bB}±6.2	257^{bB}±31

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b แสดงความแตกต่างของที่ชั่วโมงเดียวกัน สูตรเดียวกัน แต่แป้งต่างชนิดกันด้วยการทดสอบแบบ T-test (P≤0.05)

ตัวอักษร A, B แสดงถึงความแตกต่างของสูตรเดียวกัน แป้งชนิดเดียวกัน แต่ต่างชั่วโมงกันด้วยการทดสอบแบบ T-test (P≤0.05)

คุณลักษณะทางกายภาพ		ชั่วโมงที่ 0				ชั่วโมงที่ 24			
		แป้งข้าวเจ้า		แป้งข้าวเหนียว		แป้งข้าวเจ้า		แป้งข้าวเหนียว	
		50:5	70:5	50:5	70:5	50:5	70:5	50:5	70:5
สี	**L***	0.22^{f}±0.06	0.39^{de}±0.02	0.76^{b}±0.04	1.05^{a}±0.07	0.49^{d}±0.07	1.14^{a}±0.11	0.42^{de}±0.02	0.64^{c}±0.07
	a*	0.26^{a}±0.09	0.48^{abc}±0.25	0.33^{bc}±0.14	0.59^{abc}±0.15	0.84^{a}±0.19	0.79^{a}±0.50	0.53^{abc}±0.15	0.69^{ab}±0.18
	b*	0.07^{de}±0.10	0.12^{cde}±0.07	0.01^{e}±0.22	0.36^{abcd}±0.04	0.40^{abc}±0.18	0.64^{a}±0.17	0.44^{abc}±0.21	0.48^{a}±0.09

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, ... แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)

L* แสดงถึงความสว่างของผลิตภัณฑ์โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100

a* แสดงถึงค่าความเป็นสีแดง(+) และสีเขียว(-)

b* แสดงถึงค่าความเป็นสีเหลือง(+) และสีน้ำเงิน(-)

4.2.4 **คุณลักษณะทางกายภาพของเครื่องดื่มแลคติกสูตรที่เหมาะสมจากแป้งข้าว**

4.2.4.1 ลักษณะความหนืด และค่าสี

ลักษณะความหนืดที่ต่างกันของสูตรแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว โดยเปรียบเทียบสูตรพื้นฐานกับสูตรที่เหมาสม (50:5, 70:5) ดังตารางที่ 4.11 จากการวิเคราะห์ผลพบว่าความหนืดที่มากที่สุดคือสูตร 70:5 ของแป้งข้าวเจ้าที่ 0 ชั่วโมง มีค่า 4843 เซนติพอยส์ และระยะเวลาหลังหมักความหนืดมีค่า 3155 เซนติพอยส์ และภายในชั่วโมงเดียวกันจะเห็นได้ถึงความแตกต่างของสูตร 50:5 และ 70:5 อย่างเห็นได้ชัด จากแนวโน้มดังเกล่าจะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณแป้งสุกมีผลทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อระยะเวลาผ่านไปความหนืดของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง และความแตกต่างของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวที่สูตรเดียวกัน ($p \leq 0.05$) โดยแป้งข้าวเจ้าจะมีความหนืดมากกว่าเนื่องจากการคืนตัวของแป้ง(Retrogradation) โดยเมื่อแป้งสุกเย็นตัวลง ทำให้โมเลกุลของอะไมโลสจะมาเชื่อมต่อกันอีกครั้งด้วยพันธะไฮโดรเจน เกิดการจัดเรียงตัวขึ้นใหม่จึงทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น แป้งข้าวเจ้าจึงมีความหนืดมากกว่าแป้งข้าวเหนียวเพราะการมีอะไมโลเพคตินอยู่ด้วยทำให้อัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกช้าลง เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลเพคตินมีกิ่งก้านสาขาทำให้เกะกะ ยากที่โมเลกุลจะเคลื่อนที่เข้ามาจับกันใหม่ได้ ดังนั้นแป้งข้าวเหนียวจึงมีความหนืดที่ต่ำกว่า (Collison, 1968)

จากผลการวิเคราะห์สี ค่า L* แสดงถึงความสว่างของผลิตภัณฑ์โดยมีค่าตั้งแต่ 0 หมายถึงตัวอย่างที่มีความสว่างน้อยจนเป็นสีคล้ำ จนถึง 100 หมายถึงตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาในการหมักมีผลต่อค่า L* เมื่อระยะเวลาผ่านไปส่งผลให้ค่า L* เพิ่มมากขึ้น ($p \leq 0.05$) ค่า a* แสดงถึงค่าความเป็นสีแดง(+) และสีเขียว(-) ของผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเป็นสีแดง ทั้งสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวไม่มีความแตกต่างกัน และระยะเวลาในการหมักไม่มีผลต่อค่า a* ($p \leq 0.05$) และค่า b* แสดงถึงค่าความเป็นสีเหลือง(+) และสีน้ำเงิน(-) จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเป็นสีเหลือง ทั้งสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อระยะเวลาในการหมักผ่านไปส่งผลให้ค่า b* เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 **คุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มแลคติกสูตรที่เหมาะสมจากแป้งข้าว**

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มแลคติกจากสูตรที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับสูตรพื้นฐานแสดงดังตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าสูตรที่เหมาะสมมีการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกอย่างเห็นได้ชัด โดย *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* ของสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเริ่มต้นที่ $4.6x10^6$ cfu/g และ $1.4x10^6$ cfu/g ตามลำดับ เมื่อทำการหมักระยะเวลา 24 ชั่วโมง ปริมาณของ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* สูตรพื้นฐานของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวอยู่ที่ $5.7x10^4$ cfu/g และ $5.2x10^4$ cfu/g ตามลำดับ ส่วนสูตรที่เหมาะสมของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวจะอยู่ที่ $2.6x10^7$ cfu/g และ $1.4x10^7$ cfu/g ตามลำดับ และ *Streptococcus thermophilus* ของสูตรแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเริ่มต้นที่ $3.9x10^6$ และ $1.8x10^6$ตามลำดับ เมื่อทำการหมักระยะเวลา 24 ชั่วโมง ปริมาณของ *Streptococcus thermophilus* สูตรพื้นฐานของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวอยู่ที่ $1.3x10^5$ cfu/g และ $1.3x10^5$ cfu/g ตามลำดับ ส่วนสูตรที่เหมาะสมของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวจะอยู่ที่ $5.8x10^7$ cfu/g และ $2.2x10^7$ cfu/g ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดที่สูตร 50:5 และ 70:5 มีปริมาณ 10^7 cfu/g ซึ่งไม่แตกต่างกัน แต่จะเห็นความแตกต่างของสูตรพื้นฐานและสูตรที่เหมาะสมอย่างชัดเจน เนื่องจากความต้องการปริมาณสารอาหารที่เพิ่มขึ้นเมื่อจุลินทรีย์จำนวนเพิ่มขึ้น โดยจุลินทรีย์จะใช้แหล่งคาร์บอนที่ได้จากสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เพื่อให้ได้พลังงานและการสังเคราะห์เซลล์ และความต้องการคาร์บอนของจุลินทรีย์ที่ต่างกันจะขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ (วราวุฒิ, 2532) โดยจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกเริ่มต้นที่น้อยมี่สุดที่สามารถให้คุณประโยชน์แก่ร่างกายได้เท่ากับ 10^5 cfu/g (Dave และ Sha, 1996) และผลิตภัณฑ์ต้องมีจุลินทรีย์ปริมาณสูงเพียงพอที่จะก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพคือปริมาณ 10^7 ถึง 10^9 cfu/g (Dunne และคณะ 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์สูตรพื้นฐานเทียบกับสูตรที่เหมาะสมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวที่เวลา 0 15 และ 24 ชั่วโมง

จุลินทรีย์	ชนิดของแป้ง	ปริมาณจุลินทรีย์ (cfu/g)					
		สูตรพื้นฐาน		50:5		70:5	
		0 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	15 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	15 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
L. bulgaricus	แป้งข้าวเจ้า	$4.6\times10^{6}\pm1.64$	$5.7\times10^{4}\pm0.59$	$4.4\times10^{7}\pm 1.05$	$2.6\times10^{7}\pm 0.79$	$2.8\times10^{7}\pm1.13$	$2.2\times10^{7}\pm0.79$
	แป้งข้าวเหนียว	$1.4\times10^{6}\pm1.35$	$5.2\times10^{4}\pm1.11$	$2.2\times10^{7}\pm 0.81$	$1.4\times10^{7}\pm 0.40$	$3.0\times10^{7}\pm0.85$	$1.7\times10^{7}\pm0.91$
S. thermophilus	แป้งข้าวเจ้า	$3.9\times10^{6}\pm0.28$	$4.1\times10^{4}\pm4.38$	$5.4\times10^{7}\pm 1.49$	$5.8\times10^{7}\pm 1.95$	$4.2\times10^{7}\pm3.28$	$1.8\times10^{7}\pm1.41$
	แป้งข้าวเหนียว	$1.8\times10^{6}\pm0.27$	$6.7\times10^{4}\pm4.59$	$2.4\times10^{7}\pm 0.24$	$2.2\times10^{7}\pm 0.64$	$3.1\times10^{7}\pm0.84$	$1.1\times10^{7}\pm0.14$

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 เครื่องดื่มคล้ายนมจากแป้งข้าวสามารถนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มแลคติกได้ โดยทั้งเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสูตรที่เหมาะสมคือสูตร 50:5 ในเวลาการหมักที่ 15 ชั่วโมง โดยมีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 4.8 ปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.2 และปริมาณจุลินทรีย์แลคติกอยู่ที่ 10^7 cfu/g

5.2 จากการศึกษาพบว่าปริมาณของแป้งข้าวสุกและน้ำตาลกลูโคสส่งผลต่อการเจริญของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก โดยค่าความเป็นกรดด่างและร้อยละของกรดแลคติกมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแป้งข้าวสุกคือยิ่งเพิ่มปริมาณแป้งสุกร้อยละกรดแลคติกยิ่งเพิ่มขึ้น อีกทั้งการเพิ่มของปริมาณกลูโคสที่ร้อยละ 15 อาจส่งผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแลคติก

5.3 จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดพบว่า สูตรพื้นฐานมีความใกล้เคียงกับนมวัว และสูตรที่เหมาะสมคือสูตร 50:5 โดยองค์ประกอบของโปรตีนมีปริมาณ 3% ซึ่งเป็นไปตามสมบัติและมาตรฐานนมเปรี้ยวที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข (2548) และมาตรฐานนมเปรี้ยวโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546) โดยเกล่าว่าโปรตีนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.7 และยังมีใยอาหารที่มากกว่านมวัว

ข้อเสนอแนะ

1. ในการผลิตเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวกระบวนการผลิต ควรควบคุมอุณหภูมิทุกขั้นตอนเพื่อให้ได้มาตราฐานของเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว
2. ควรควบคุมการใช้ homogenizer ให้มีความเร็วรอบที่คงที่และมีระยะเวลาที่แน่นอนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการกระบวนการผลิต
3. ในการชั่งสารและส่วนผสมควรชั่งให้มีปริมาณที่แน่นอนตรงตามส่วนประกอบที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2562. แนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์นมจากพืช (Alt-milks) ในออสเตเรียลสูงขึ้น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.ditp.go.th/ditp_web61/article_sub_view.php?filename=contents_attach/577467/577467.pdf&title=577467&cate=413&d=0. 5 เมษายน 2563.

กองบรรณาธิการ HD. 2560. ภาวะย่อยน้ำตาลแลคโตสผิดปกติ (Lactose intolerance). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.honestdocs.co/what-is-lactose-intolerance. 23 กุมภาพันธ์ 2563.

จิราพัชร กงภูธร และ วิเชียร ลีลาวัชรมาศ. 2548. การพัฒนาโยเกิร์ตน้ำนมถั่วเหลืองโดยแบคทีเรียกรดแลกติก. งานวิจัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉัตรภา หัตถโกศล. 2556. ผลิตภัณฑ์จากนมหมักและคุณค่าทางอาหาร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://mgronline.com/qol/detail/9560000112142. 2 มีนาคม 2563.

ฉัตรภา หัตถโกศล. 2557. ประโยชน์ของเครื่องดื่มกรดแลคติกกับสุขภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.wongkarnpat.com/viewya.php?id=1038#.XuCnq0UzZPY. 10 มิถุนายน 2563.

ไชยวัฒน์ ไชยุต. โพรไบโอติก จุลินทรีย์ทางเลือกเพื่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : สำนักการแพทย์ทางเลือกกรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. 2556.

ณัฐฌา เหล่ากุลดิลก,สุวนันท์ คำปัน, ธัญเรศ พรมอินทร์, นภาพันธ์ โชคอำนวยพร, และ นันทินา ดำรงวัฒนกูล. (2019). สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการงอกของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ข้าวอบพอง. Journal of Agriculture, 34(2), 297-309.

ดุษฎี อุตภาพ. ม.ป.ป. Carbohydrate technology. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/refer.html. 19 มิถุนายน 2563.

นวลนภา อัคสินธวังกูร. 2546. การผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา. 2555. เทคโนโลยีนมและผลิตภัณฑ์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://elearning.psru.ac.th/index.php?mod=Courses&op=course_detail&cid=104&sid=. 24 กุมภาพันธ์ 2563.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2561. เครื่องดื่มโพรไบโอติกจากพืช : ทางเลือกเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ.วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 17(1), 212-221.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2529. การใช้กากน้ำตาลสำหรับหมักกรดแลคติก. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.11(1): 85-88.

ปานเทพ พัวพงษ์พันธ์. 2555. อันตรายจากนมวัว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://mgronline.com/daily/detail/9550000134270. 24 กุมภาพันธ์ 2563.

พรรษพร เปล่งแสงศรี. 2561. ผลของแบคทีเรียแลคติกและน้ำผลไม้เข้มข้นต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตน้ำนมข้าวพร้อมดื่ม. ปริญญาโท. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. อุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พิสมัย กุลกาญจนาธร. 2559. โรคกระดูกพรุน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/316/Osteoporosis/. 24 กุมภาพันธ์ 2563.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. ม.ป.ป. เส้นใยอาหาร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.foodnetwork solution.com. 30 พฤศจิกายน 2562.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. ม.ป.ป. แบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:www.foodnetwork solution.com. 16 พฤศจิกายน 2562.

รัชนี ตัณฑานิชกุล. 2547. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วราวุฒิ ครูส่งและรุ่งนภา พงสวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: โอเดียนโตร์.

ศัลยา คงสมบูรณ์เวช. บำบัดเบาหวานด้วยอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4 (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ : อัมรินทร์เฮลท์ อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2559. (12), 311.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2549. ผลิตภัณฑ์จากข้าวและบรรจุภัณฑ์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/product/index.php.htm. 5 เมษายน 2563.

Benjamin Caballelo PMFaFT. Yogurt: The Product and its Manufacture. The Encyclopedia of Food and Health. 2016;: p. 617-624.

Boumba, V. A., Ziavrou, K. S., and Vougiouklakis, T. (2008). Biochemical pathways generating post-mortem volatile compounds co-detected during forensic ethanol analyses. *Forensic science international*, *174*(2-3), 133-151.

Bylund, G. (1995). Dairy processing handbook. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB.

Dave, R. I., and Shah, N. P. (1996). Evaluation of media for selective enumeration of *Streptococcus thermophilus, Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus, Lactobacillus acidophilus,* and *bifidobacteria*. *Journal of Dairy Science*, *79*(9), 1529-1536.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dunne, C., O'Mahony, L., Murphy, L., Thornton, G., Morrissey, D., O'Halloran, S., ... and Kiely, B. (2001). In vitro selection criteria for probiotic bacteria of human origin: correlation with in vivo findings. *The American journal of clinical nutrition*, *73*(2), 386s-392s.

Elbagermi, M. A., Alajtal, A. I., & Edwards, H. G. M. (2014). A comparative study on the physicochemical parameters and trace elements in raw milk samples collected from Misurata-Libya. SOP transactions on analytical chemistry, 1(2), 15-23.

Olugbuyiro, J. A. (2011). Physico-chemical and sensory evaluation of market yoghurt in Nigeria. Pakistan Journal of Nutrition, 10(10), 914-918.

Tamime, A. Y., and Robinson, R. K. (1999). Yoghurt: science and technology. Woodhead Publishing.

USDA. n.d. FoodData Central Search Results. [online]. Available: https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/173441/nutrients. 29 June 2020.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ขั้นตอนการเตรียมเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว

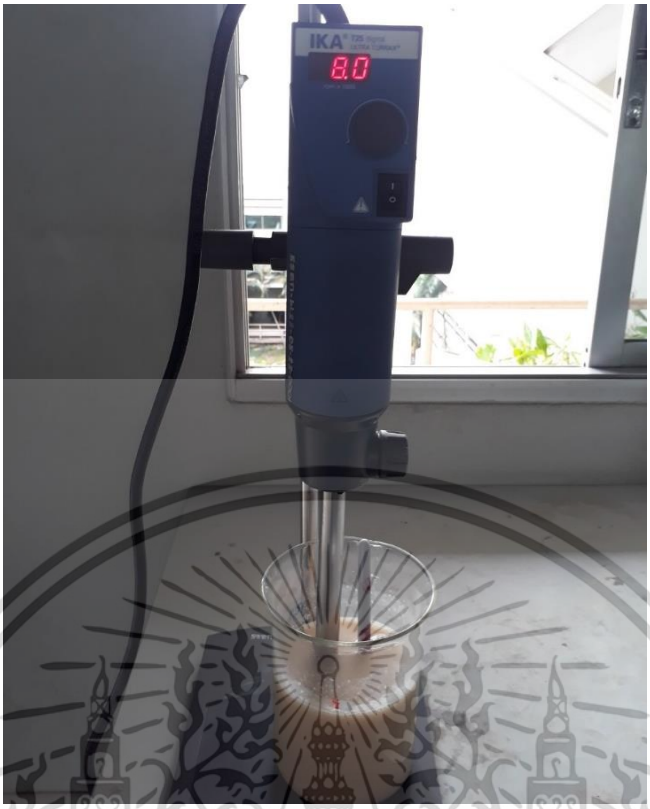
ชั่งแป้งข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียว 12 กรัม ผสม
กับน้ำดื่ม 88 กรัม คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน

นำไปให้ความร้อนจนอุณหภูมิถึง 75 องศา
เซลเซียส แล้วจับเวลาต่อ 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่งส่วนผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด
แล้วผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน

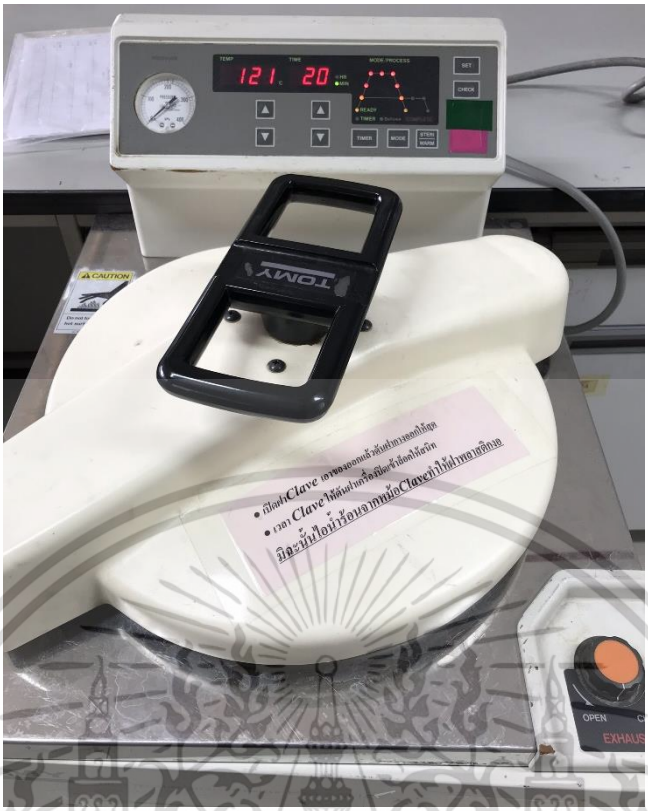
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



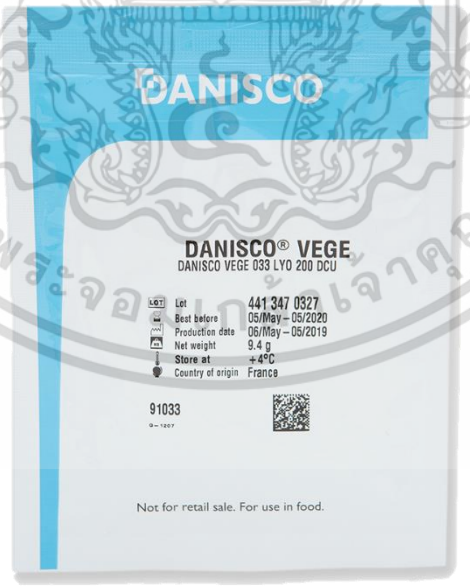
นำน้ำนมจากแป้งข้าวมาทำการโฮโมจิไนซ์ที่
ความเร็ว 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที

นำเครื่องดื่มคล้ายนมจากแป้งข้าวบรรจุลง
ขวดแก้วปริมาตร 200 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นำขวดน้ำนมจากแป้งข้าวฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแบบสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที



ขวดน้ำนมจากแป้งข้าวที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า 0.002 กรัม/100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำน้ำนมจากแป้งข้าว บ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส
จนค่าความเป็นกรดด่างอยู่ที่ 4.6-4.8

ภาพเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าวสูตรพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว โดยปริมาณแป้งสุกร้อยละ 10 และปริมาณกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15

ภาพเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว โดยปริมาณแป้งสุกร้อยละ 30 และปริมาณกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15

ภาพเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว โดยปริมาณแป้งสุกร้อยละ 50 และปริมาณกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15

ภาพเครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว โดยปริมาณแป้งสุกร้อยละ 70 และปริมาณกลูโคสร้อยละ 5 10 และ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า DANISCO® VEGE 022 LYO 200 DCU

Usage levels

Product	Dose
Vegetal/Plants	10 - 20 DCU / 100 l

The quantities of inoculation indicated should be considered as guidelines.
We do not accept any liability in case of undue application.
Supplement cultures may be required depending on technology, protein, fat content and product properties desired.

ปริมาณที่แนะนำให้ใช้คือ 20 DCU ต่อ 100 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ธันยพร พันทิม
วัน เดือน ปี เกิด	20 ตุลาคม 2540
ประวัติการศึกษา	2562 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมอาหาร
ประสบการณ์การทำงาน	ฝึกงานที่บริษัทพัฒน์กล จำกัด (มหาชน)
และผลงานวิจัย	งานวิจัยผลของแบคทีเรียแลคติกต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกจากแป้งข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้