



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ "การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา"

Product Development of Germinated Chaiya Brown

Rice Yogurt

โดย นายกฤตภาส จินาภาค

ธันวาคม ๒๕๕๖

สัญญาเลขที่ RDG5420074

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ "การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา"

Product Development of Germinated Chaiya Brown

Rice Yogurt

โดย

นายกฤตภาส จินาภาค

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ชุดโครงการความร่วมมือ สกว.-มรส. การพัฒนางานวิจัย และการสนับสนุน
งานวิจัยเชิงพื้นที่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี รุ่นที่ 2 ประจำปีงบประมาณ 2554

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ปัจจุบันนี้อาหารเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคในปัจจุบันหันมาใส่ใจในเรื่องของสุขภาพกันมากขึ้น ซึ่งน้ำข้าวกล้องงอกก็เป็นอาหารที่ประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยสารอาหารสำคัญที่ได้จากน้ำข้าวกล้องงอก คือ โยอาหาร (Fiber) ไขมันที่เป็นประโยชน์ วิตามินต่างๆ ได้แก่ วิตามิน บี 1 บี 2 บีรวม วิตามินเอ วิตามินอี แร่ธาตุต่างๆ คือ เหล็ก สังกะสี ซีลีเนียม แคลเซียม และอื่นๆ คาร์โบไฮเดรต สารต้านอนุมูลอิสระบางกลุ่ม เช่น Gamma-oryzanol ประโยชน์ที่ได้จากการรับประทานข้าวกล้องงอกนั้น นอกจากจะเป็นประโยชน์ที่ได้รับจากสารกาบา (Gamma aminobutyric acid; GABA) ไม่ว่าจะเป็นช่วยให้สมองผ่อนคลาย ป้องกันโรคอัลไซเมอร์ บำรุงระบบประสาท หรือลดความดันโลหิตแล้ว การรับประทานข้าวกล้องงอกยังช่วยลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็ง โรคเบาหวาน ช่วยระบบย่อยอาหาร ช่วยให้สมองผ่อนคลาย นอนหลับสบาย และช่วยควบคุมน้ำหนักตัวได้ด้วย แถมยังช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของเซลล์ ไม่ให้แก่ก่อนวัยได้ ข้าวหอมไชยา (Chaiya rice) เป็นข้าวหอมพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกมากที่อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี แต่ปัจจุบันพื้นที่ปลูกข้าวหอมไชยาในทุ่งไชยาลดลง เนื่องจากคนไชยาไม่นิยมรับประทานเพราะข้าวหุงไม่ขึ้นหม้อ จากเดิมทราบว่าเป็นข้าวอายุหนัก แต่ปัจจุบันที่ปลูกอยู่เป็นพันธุ์ข้าวที่อายุค่อนข้างเบา โดยมีกลุ่มชาวนาที่อำเภอไชยา ยังคงปลูกอยู่บ้างเล็กน้อย ปัจจุบันมีชาวบ้าน กลุ่มข้าวกล้องสุรินทร์ ซึ่งเป็นสินค้า OTOP ตำบลเลม็ด อำเภอไชยา ผลิตข้าวกล้องหอมไชยาจำหน่ายรูปแบบเดียว ซึ่งหากมีการนำข้าวหอมไชยามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายจำหน่ายจะเป็นการเพิ่มอาชีพ และสร้างรายได้ให้กับกลุ่มดังกล่าวได้ ดังนั้นหากสามารถศึกษาวิธีการนำข้าวกล้องพันธุ์หอมไชยาไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารในรูปแบบที่หลากหลายขึ้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาจะเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าแก่ผลิตภัณฑ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองของอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเป็นการนำข้าวที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการอนุรักษ์ข้าวหอมท้องถิ่นให้คงอยู่สืบไป นอกจากนี้ยังช่วยทำให้ผู้ที่รับประทานอาหารประเภทนี้ได้รับคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นและเป็นการเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคในการบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้อีกด้วย และสามารถทำการส่งเสริมการตลาดโดยการเน้นเรื่องอาหารเพื่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ในท้องตลาดให้เป็นทางเลือกที่มากขึ้นสำหรับผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา และผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณภาพโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา ปริมาณการเติมข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เหมาะสมที่สุดและปริมาณสารอาหารในโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา การยอมรับของผู้บริโภคและอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาจาก

การศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา พบว่า ผลิตภัณฑ์มีสีขาว ค่าพีเอช เท่ากับ 4.44 ความหนืดเท่ากับ 448.89 cp ค่า TSS และ TS มีค่าเท่ากับร้อยละ 12.30 และ 14.91 ตามลำดับ คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบของผลิตภัณฑ์ พบว่า ด้านลักษณะปรากฏมีคะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อย ด้านสีให้คะแนนในระดับชอบปานกลาง ด้านกลิ่นรส ให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ด้านรสชาติผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในโยเกิร์ต ที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาระดับเฉย ๆ ส่วนด้านความชอบรวมผู้ทดสอบชิมให้คะแนน ความชอบในระดับชอบเล็กน้อย โดยชอบโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามากกว่า โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า ($P < 0.05$)

ศึกษาสารให้ความคงตัวที่เหมาะสมต่อโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา โดยนำโยเกิร์ตมา เติมสารให้ความคงตัว คือ เจลาติน เพคตินและแป้งข้าวโพด ที่ระดับแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 (w/v) ตามลำดับ พบว่า เมื่อปริมาณสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า ความหนืด TSS และ TS เพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ค่า TSS และ TS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารให้ ความคงตัวที่ใช้เพิ่มขึ้น การใช้เจลาตินที่ระดับร้อยละ 0.6 ให้ความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการ ค้า ความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวไม่มีผลต่อค่า pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และการ ใช้เจลาตินร้อยละ 0.6 (w/v) ให้ค่าสี กลิ่นข้าวกล้องงอก รสหวาน รสเปรี้ยว ความหนืดและความ เรียบเนียน มีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติมเมล็ดข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ ระดับร้อยละ 15 (w/v) มีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ ลักษณะ ปรากฏของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้มีสีขาว เนื้อโยเกิร์ตมีลักษณะข้น ปริมาณเม็ดข้าวกระจายตัวทั่ว เคิร์ดที่ได้มีความคงตัวสูง เนื้อโยเกิร์ตแน่นและเนียนดี ลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม กลิ่นรสดี มีกลิ่นหอมของ ข้าวกล้องงอก ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกที่มีการเติมข้าวกล้องงอกใน ผลิตภัณฑ์ที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) ในด้านต่าง ๆ สูงสุด เมื่อนำชุดการทดลองที่มีการเติมเมล็ดข้าว กล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) มาวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร พบว่า มีปริมาณสารกาบา 1.32 mg/100g ปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.52 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.74 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 0.24 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.35 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 7.20 พลังงานที่ได้จากไขมัน 6.66 Kcal/100g และพลังงานทั้งหมด 41.54 Kcal/100g นำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอม ไชยาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวมกับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป (Consumer) จำนวน 200 คน พบว่า ส่วน ใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 154 คน (ร้อยละ 77) อยู่ในช่วงอายุ 25 - 29 ปี (ร้อยละ 68.5) ผู้บริโภค ทั่วไปให้การยอมรับ ในด้านลักษณะปรากฏในระดับชอบมาก ด้านสีในระดับชอบมาก ด้านกลิ่นรสใน ระดับชอบมาก ด้านรสชาติในระดับชอบปานกลาง และด้านความชอบรวมในระดับชอบปานกลาง

เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่า ไม่พบยีสต์และราตลอดอายุการเก็บรักษา และพบจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดแลคติกมีจำนวน 7.4×10^7 CFU/g คุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงการเก็บรักษา 15 วัน ($p > 0.05$)

หัวข้อวิจัย	การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา
ผู้ดำเนินการวิจัย	นายกฤตภาส จินาภาค
หน่วยงาน	สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีขาว ค่า pH เท่ากับ 4.44 ค่าความหนืดเท่ากับ 448.89 cp ค่า TSS และ TS มีค่าร้อยละ 12.30 และ 14.91 ตามลำดับ ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะปรากฏระดับเฉยๆ ด้านสีในระดับชอบปานกลาง ด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวมระดับชอบเล็กน้อย โดยชอบโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามากกว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า ($p < 0.05$) เมื่อใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวพบว่า ที่ระดับร้อยละ 0.6 ให้ความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า ความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวไม่มีผลต่อค่า pH ($p > 0.05$) เมื่อปริมาณสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืด TSS และ TS เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) ค่า TSS และ TS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้น และการใช้เจลาตินร้อยละ 0.6 (%w/v) ให้ค่าความหนืดสูงกว่าการใช้สารให้ความคงตัวชนิดอื่นที่ระดับเดียวกัน ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า การใช้เจลาตินร้อยละ 0.6 (%w/v) ให้ค่าสี กลิ่น ข้าวกล้องงอก รสหวาน รสเปรี้ยว ความหนืดและความเรียบเนียน มีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ ปริมาณการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกที่มีการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์ที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) ในทุกด้านในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร พบว่า มีปริมาณสารกาบา 1.32 mg/100g โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.52, 0.74, 0.24, 0.35 และ 7.20 ตามลำดับ พลังงานที่ได้จากไขมัน 6.66 Kcal/100g และพลังงานทั้งหมด 41.54 Kcal/100g ผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาในด้านลักษณะปรากฏ ด้านสีและกลิ่นรสในระดับชอบมาก ด้านรสชาติและความชอบรวมในระดับชอบปานกลาง เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่า ไม่พบยีสต์และราตลอดอายุการเก็บรักษา และพบจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดแลคติกมีจำนวน 7.4×10^7 CFU/g คุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงการเก็บรักษา 15 วัน ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก โยเกิร์ต สารให้ความคงตัว

Research Title Product Development of Germinated Chaiya Brown Rice Yogurt

Researcher Mr. Krittabhart Chinabhark

Organization Food Science and Technology Program,
 Science and Technology Faculty, Suratthani Rajabhat University

Academic Year 2012

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the production of germinated Chaiya brown rice yogurt. From the result, yogurt product has white color, pH 4.44, viscosity 448.89 cp, total soluble solid (TSS) and total solid (TS) was 12.30 % and 14.91 %, respectively. The quality determine by sensory evaluation found that the germinated Chaiya brown rice yogurt had the greater acceptance than that commercial germinated rice water. The addition of stabilizers increased viscosity the germinated Chaiya brown rice yogurt than that the control sample. The germinated Chaiya brown rice yogurt prepared with 0.6 % (w/v) gelatin was higher in viscosity than those prepared with any levels and types of stabilizers ($P < 0.05$). Based on sensory test, the optimum of 0.6% (w/v) gelatin in the yogurt was ideal. The addition of Chaiya brown rice germinated at 15% (w/v) gave good acceptability for the yogurt product, which contained GABA 1.32 mg/100g and protein, fat, fiber, ash and carbohydrate were 1.52 %, 0.74 %, 0.24 %, 0.35 % and 7.20 %, respectively. Total calories and calories from fat were 41.54 Kcal/100g and 6.66 Kcal/100g, respectively. Consumer accepted yogurt product in term of appearance, color and flavor like very much, taste and overall acceptability like moderately. The germinated Chaiya brown rice yogurt maintained chemical, microbiology and sensory qualities when stored 4°C for 15 days. From the result, mold and yeast were not found. The total count of lactic acid bacteria in the germinated Chaiya brown rice yogurt was 7.4×10^7 CFU/g. The qualities of germinated Chaiya brown rice yogurt product showed a little change.

Keywords: Brown rice germinated, yogurt, stabiliz

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความร่วมมือหลายฝ่าย ทั้งผู้ทดสอบชิม ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ข้อเสนอแนะและแนะนำเพื่อให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ จึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้ด้วย

กฤตภาส จินาภาค

พฤษจิกายน 2556

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
Abstract	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ณ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี แนวคิด และการทดลองที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	35
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	40
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	62
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา	

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก จ บทความสำหรับการเผยแพร่

ภาคผนวก ฉ ภาพกระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

ภาคผนวก ช ต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ซ ข้อมูลโภชนาการ

ภาคผนวก ฌ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

ภาคผนวก ญ ตารางเปรียบเทียบวัตถุดิบประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรม

ที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

ภาคผนวก ฎ ตารางเปรียบเทียบ out put ที่เสนอโครงการและที่ได้จริง

ภาคผนวก ฏ ประวัตินักวิจัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องและข้าวขาว	10
2.2 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบในระหว่างการหมักโยเกิร์ต	25
2.3 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ต	29
4.1 แสดงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่างๆ	39
4.2 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่างๆ	40
4.3 แสดงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอก	43
พันธุ์หอมไชยาที่เติมสารให้ความคงตัวระดับต่างๆ	
4.4 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอก	46
พันธุ์หอมไชยาที่มีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกที่ระดับต่างๆ	
4.5 แสดงปริมาณสารอาหารในโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	47
4.6 แสดงระดับการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอก	48
พันธุ์หอมไชยา	
4.7 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	49
ในระหว่างเก็บรักษา	

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 กระบวนการผลิตน้ำข้าวกล้องงอก	36
4.1 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา ที่เติมเจลาตินที่ระดับต่างๆ	43
4.2 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา ที่เติมเพคตินที่ระดับต่างๆ	43
4.3 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา ที่เติมแป้งข้าวโพดที่ระดับต่างๆ	44
4.4 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี QDA ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอก พันธุ์หอมไชยาที่มีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกที่ระดับต่างๆ	45
4.5 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอก พันธุ์หอมไชยา	50
4.6 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	51

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันนี้อาหารเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคหันมาใส่ใจในเรื่องของสุขภาพกันมากขึ้น ซึ่งน้ำข้าวกล้องงอกก็เป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยสารอาหารสำคัญที่ได้จากน้ำข้าวกล้องงอก คือ โยอาหาร (Fiber) ไขมันที่เป็นประโยชน์ วิตามินต่าง ๆ ได้แก่ วิตามิน บี 1 บี 2 บีรวม วิตามินเอ วิตามินอี และแร่ธาตุต่าง ๆ คือ เหล็ก สังกะสี ซีลีเนียม แคลเซียม และอื่น ๆ คาร์โบไฮเดรต สารต้านอนุมูลอิสระบางกลุ่ม เช่น แกมมา-ออริซานอล (Gamma-oryzanol) ประโยชน์ที่ได้จากการรับประทานข้าวกล้องงอกนั้น พบว่า สารกาบาช่วยให้สมองผ่อนคลาย ป้องกันโรคอัลไซเมอร์ บำรุงระบบประสาท หรือลดความดันโลหิต (นิคตา, 2552) การรับประทานข้าวกล้องงอกยังช่วยลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็ง โรคเบาหวาน ช่วยระบบย่อยอาหาร นอนหลับสบาย ช่วยควบคุมน้ำหนักตัวได้ และช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของเซลล์ไม่ให้แก่ก่อนวัยได้ (กล้า, 2552)

ข้าวหอมไชยา (Chaiya rice) เป็นข้าวหอมพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกมากที่อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ปัจจุบันไม่ค่อยเป็นที่รู้จักกันทั่วไป แต่มีหลักฐานเป็นเอกสารอ้างอิงได้ว่าพันธุ์ข้าวชื่อหอมไชยา มีมานานแล้ว (สำเริง, 2542) ข้าวหอมไชยา เป็นข้าวที่มีชื่อเสียงมาก่อนในท้องทุ่งไชยา ซึ่งเป็นที่ราบลุ่มอุดมสมบูรณ์ ปลูกข้าวได้งอกงาม เนื่องจากมีน้ำท่าจากคลองไชยาไหลผ่าน สมบูรณ์ตลอดปี การปลูกข้าวพันธุ์ที่นิยมกันมากที่ทุ่งไชยา คือ ข้าวหอม จนเรียกติดปากทั่วไปว่า “ข้าวหอมไชยา” ซึ่งเล่าขานกันว่า เวลาข้าวออกรวงจะหอมไปทั้งทุ่ง เวลาหุงจะหอมไปทั่วบ้าน แต่ปัจจุบันพันธุ์ข้าวหอมไชยา ที่มีปลูกอยู่ในทุ่งไชยามีพื้นที่ปลูกน้อยลง เนื่องจากคนไชยาจะไม่ใช้กินตลอดปี เพราะเป็นข้าวที่หุงแล้วไม่ค่อยขึ้นหม้อ กินแล้วเปลือง จากเดิมทราบว่า เป็นข้าวอายุสั้น แต่ปัจจุบันที่ปลูกอยู่เป็นพันธุ์ข้าวที่อายุค่อนข้างเบา โดยมีกลุ่มชาวนาที่อำเภอไชยา ยังคงปลูกอยู่บ้างเล็กน้อย (สำเริง, 2542) ปัจจุบันมีชาวบ้าน กลุ่มข้าวกล้องลุงริน ซึ่งเป็นสินค้า OTOP ตำบลเลม็ด อำเภอไชยา ผลิตข้าวกล้องหอมไชยาจำหน่ายรูปแบบเดียว ซึ่งหากมีการนำข้าวหอมไชยามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายจำหน่ายจะเป็นการเพิ่มอาชีพ และสร้างรายได้ให้กับกลุ่มดังกล่าวได้

ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์อาหารว่างเกิดขึ้นมากมาย ได้แก่ ขนมขบเคี้ยว ไอศกรีม โยเกิร์ต เป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวส่วนใหญ่ให้สารอาหารหลักประเภทคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ หากรับประทานในปริมาณมากอาจมีผลกระทบต่ออาหารมื้อหลัก โดยเฉพาะเด็กวัยเรียนจะทำให้ได้รับสารอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ซึ่งผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยมบริโภคโดยทั่วไปทั่วโลก เนื่องจากลักษณะความคงตัว กลิ่นรสที่ดีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคในด้านต่าง ๆ (อุราภรณ์, 2547) ซึ่งโยเกิร์ตโดยทั่วไปมีการเติมผลไม้

ธัญชาติเป็นส่วนผสมเพื่อให้โยเกิร์ตมีรสชาติอร่อยขึ้น เป็นที่ดึงดูดใจผู้บริโภคมากขึ้น แต่เนื่องจากปัจจุบันการผลิตโยเกิร์ตจากวัตถุดิบที่ไม่ใช่นมได้รับความสนใจจากผู้บริโภคที่สนใจในเรื่องของสุขภาพมากขึ้น เนื่องจากในนมมีโคเลสเตอรอลและกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูง หากมีการนำน้ำข้าวกล้องจากข้าวหอมไชยามาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ของเมืองไชยา และสามารถบริโภคได้ทุกเพศทุกวัย จึงมีความเหมาะสมกับยุคสมัยใหม่ที่ผู้คนให้ความสำคัญในการดูแลสุขภาพของตนเองและให้ความสนใจต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

ดังนั้นถ้าสามารถศึกษาวิธีการนำข้าวกล้องพันธุ์หอมไชยาไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปอาหารในรูปแบบที่หลากหลายขึ้น เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์แก่ข้าวพันธุ์พื้นเมืองของอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเป็นการนำข้าวที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการอนุรักษ์ข้าวหอมท้องถิ่นให้คงอยู่สืบไป นอกจากนี้ยังช่วยทำให้ผู้ที่รับประทานอาหารประเภทนี้ได้รับคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นและเป็นการเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคในการบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้อีกด้วย และสามารถทำการส่งเสริมการตลาดโดยการเน้นเรื่องอาหารเพื่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ในท้องตลาดให้เป็นทางเลือกที่มากขึ้นสำหรับผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาและผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณภาพโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา
2. เพื่อศึกษาปริมาณการเติมข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เหมาะสมที่สุดและปริมาณสารอาหารในโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ข้าวกล้องพันธุ์หอมไชยาได้จากกลุ่มข้าวกล้องลุงริน ตำบลเสม็ด อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระยะเวลาดำเนินการโครงการ 12 เดือน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกจากข้าวพันธุ์หอมไชยาซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
2. ได้โยเกิร์ตจากธัญพืชชนิดใหม่ที่มีรสชาติดี และมีคุณค่าทางโภชนาการ
3. ช่วยเพิ่มการนำข้าวพันธุ์หอมไชยาไปใช้ประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป

4. สามารถนำเทคโนโลยีการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกจากข้าวพันธุ์หอมไชยาไปถ่ายทอดให้กับกลุ่มแม่บ้าน เกษตรกรผลิตเป็นอาชีพเสริม เพื่อให้ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้นและสามารถพึ่งตนเองได้
5. เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพในระดับอุตสาหกรรม

บทที่ 2

ทฤษฎี แนวคิด และการทดลองที่เกี่ยวข้อง

ข้าวหอมพันธุ์ไชยา

ข้าวมี่ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* Linn. เป็นพืชในวงศ์ *Gramineae* ใช้เมล็ดเป็นอาหารหลัก (ราชบัณฑิตยสถาน, 2525) คนไทยได้ใช้ข้าวเป็นอาหารหลักมาช้านาน และประเทศไทยในอดีตก็มีลักษณะเป็นอู่น้ำ อุ่น้ำ ที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวที่ดีที่สุดแห่งหนึ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พันธุ์ข้าวหอมในประเทศไทย มีมากมายหลายพันธุ์ แต่ถ้าเอ่ยถึงข้าวหอม คนส่วนใหญ่จะนึกถึง “ข้าวหอมมะลิ” หรือ “ข้าวขาวดอกมะลิ 105” ซึ่งเป็นข้าวที่มีชื่อเสียงของประเทศไทย เป็นที่นิยมทั้งในและต่างประเทศ แต่ความจริงแล้วข้าวหอมในประเทศไทยยังมีพันธุ์อื่น ๆ อีกที่ปลูกอยู่กระจายไปตามภูมิภาคต่าง ๆ ซึ่งเป็นข้าวพื้นเมืองที่ชาวนาได้ปลูกรักษพันธุ์ไว้ เป็นมรดกตกทอด

ข้าวหอมไชยา เป็นชื่อพันธุ์ข้าวที่มีแหล่งปลูกในท้องทุ่งไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นข้าวพื้นเมืองที่มีชื่อมาดั้งเดิม ปัจจุบันไม่ค่อยเป็นที่รู้จักกันทั่วไป แต่มีหลักฐานเป็นเอกสารอ้างอิงได้ว่าพันธุ์ข้าวชื่อ หอมไชยา มีมานานแล้ว จากรายงานทดลองของสถานีทดลองควนกุฎ บันทึกว่า เมื่อปี พ.ศ. 2496 ได้ปลูกข้าวขยายพันธุ์โดยแบ่งการทดลองเป็น j แปลงขยายพันธุ์ และ k แปลงทดลองผลผลิตต่อไร่ ซึ่งทั้ง 2 งาน มีชื่อพันธุ์ข้าวหอมไชยา ปรากฏอยู่เป็น 1 ใน 12 พันธุ์ ที่ปลูกในแปลงทดลองสมัยนั้น และทราบว่า ข้าวหอมไชยา เป็นข้าวที่มีชื่อเสียงมาก่อนในท้องทุ่งไชยา ซึ่งเป็นที่ราบลุ่มอุดมสมบูรณ์ ปลูกข้าวได้งอกงาม เนื่องจากมีน้ำท่าจากคลองไชยาไหลผ่าน สมบูรณ์ตลอดปี ทำให้มีการปลูกข้าวพันธุ์ที่นิยมกันมากที่ทุ่งไชยา คือ ข้าวหอม จนเรียกติดปากทั่วไปว่า “ข้าวหอมไชยา ” ซึ่งเล่าขานกันว่า เวลาข้าวออกรวงจะหอมไปทั้งทุ่ง เวลาหุงจะหอมไปทั่วบ้าน แต่ปัจจุบันพันธุ์ข้าวหอมไชยาที่มีปลูกอยู่ในทุ่งไชยามีพื้นที่ปลูกน้อยลง และพันธุ์ข้าวเดิมก็อาจปรับเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมจากเดิมทราบว่า เป็นข้าวอายุหนัก แต่ปัจจุบันที่ปลูกอยู่เป็นพันธุ์ข้าวที่อายุค่อนข้างเบา โดยมีกลุ่มชาวนาที่อำเภอไชยา ยังคงปลูกอยู่บ้างเล็กน้อย เพื่อให้พันธุ์สูญหายไป เมื่อปี พ.ศ. 2549 ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง รับผิดชอบพันธุ์จากแปลงปลูกของเกษตรกร นำมาปลูกเพื่อคัดเลือกให้ได้สายพันธุ์บริสุทธิ์ที่จะรักษาพันธุ์ ให้ชาวนารุ่นปัจจุบัน (สำเร็จ, 2542)

ข้าวกล้อง (Brown rice)

ข้าวกล้อง คือ ข้าวที่ผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือก (แกลบ) ออกเพียงเท่านั้น ไม่ได้ผ่านกระบวนการขัดสี ยังมีจมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวหรือรำข้าวอยู่ ส่วนสีของข้าวกล้องจะแสดงออกที่เยื่อหุ้มผล โดยจะมีสีต่าง ๆ กัน ตั้งแต่น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทา และม่วงเกือบดำ ข้าวกล้องที่มีสีแดงและม่วงจะมีสารพวกเม็ดสีแอนโทไซยานินอยู่ จึงทำให้ข้าวกล้องมีคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอยู่สูงกว่าข้าวกล้องทั่วไป (นิตดา, 2552)

ส่วนประกอบของข้าวกล้อง

ข้าวกล้องมีส่วนประกอบดังนี้ (วีระศักดิ์, 2543)

1. เยื่อหุ้มผล (Pericarp หรือ fruit coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ epicarp, mesocarp และ endocarp เยื่อหุ้มผลมีลักษณะเป็นเส้นใย ผนังเซลล์ประกอบด้วยโปรตีน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส
2. เยื่อหุ้มเมล็ด (Tegmen หรือ seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้าไป เยื่อหุ้มเมล็ดประกอบด้วยเนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถว ในส่วนของเนื้อเยื่อทั้งสองชั้นนี้ประกอบด้วยโปรตีน แร่ธาตุ แพนโตแทน เซลลูโลส และไขมัน

3. เยื่ออัลลูโรน (Aleurone layer) อยู่ถัดมาจากเยื่อหุ้มเมล็ด ห่อหุ้มในส่วนของเนื้อเมล็ดของข้าวสารและคัพพะ (Embryo) เยื่ออัลลูโรนมีโปรตีนสูง นอกจากนี้ประกอบด้วยน้ำมัน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส
4. ส่วนที่เป็นแป้ง (Starchy endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร จะอยู่ชั้นในสุดของเมล็ด ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ และมีโปรตีนอยู่บ้าง
5. คัพพะ (Embryo) อยู่ติดกับเนื้อเมล็ดทางด้านเลมมา เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป คัพพะประกอบด้วยต้นอ่อน (Plumule) รากอ่อน (Radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (Coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (Coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (Epiblast) และใบเลี้ยง (Scutellum) คัพพะเป็นส่วนของโปรตีนและไขมัน

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวจะมีคาร์โบไฮเดรตอยู่เป็นองค์ประกอบหลัก โดยจะอยู่ในรูปของแป้ง (Starch) นอกจากนี้ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ วิตามินต่าง ๆ ดังนี้

1. แป้ง (Starch)

เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนในอัตราส่วน 6: 10: 5 มีสูตรเคมีโดยทั่วไป คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งเป็นโพลิเมอร์ของกลูโคส ประกอบด้วยโมเลกุลของ Anhydroglucose unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (Glucosidic bond) ของคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 แป้งประกอบด้วยโพลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ

1.1 อะไมโลส (Amylose) เป็นโพลิเมอร์ที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย มีการจัดโครงสร้างเป็นลักษณะแนวยาว (Linear fraction) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4-glucosidic พบอะไมโลสมากในส่วนที่เป็นผลึก (Crystalline) แต่ก็มีบางส่วนที่กระจายอยู่ในส่วนอสัณฐาน (Amorphous) (ณรงค์, 2538)

1.2 อะไมโลเพกติน (Amylopectin) เป็นโพลิเมอร์ที่เกิดจากการรวมตัวกันของกลูโคส มีการจัดเรียงโครงสร้างเป็นลักษณะที่เป็นกิ่งก้าน (Branched fraction) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6-glucosidic โดยส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4-glucosidic และส่วนที่เป็นกิ่งก้านที่เป็นโพลิเมอร์กลูโคสสายสั้นมีระดับของการเชื่อมสายยาว (Degree of polymerization, DP) อยู่ในช่วง 10-60 หน่วย

2. ปริมาณความชื้น

เมล็ดข้าวควรมีความชื้นประมาณร้อยละ 14 หากความชื้นน้อยกว่านี้จะมีผลต่ออายุการเก็บรักษา คือ จะส่งผลให้ไม่สามารถเก็บรักษาได้นาน นอกจากนี้จะมีผลต่อคุณภาพต่อแบ่งในการทำ

ผลิตภัณฑ์ ถ้ามีความชื้นสูงจะทำให้เม็ดแป้งสามารถดูดซับน้ำได้เพิ่มขึ้น ทำให้มีลักษณะเป็นก้อน มีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ เมื่อนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่ดี เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ (อรอนงค์, 2547)

3. แร่ธาตุ (Minerals)

ในเมล็ดข้าว แร่ธาตุต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณผิวนอกของเมล็ด และจะแตกต่างกันไปตามความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ที่ใช้ปลูก

4. เส้นใยอาหาร (Fiber)

เส้นใยอาหารเป็นส่วนของอาหารจากพืชที่ไม่สามารถถูกย่อยด้วยน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหารของคนได้ แต่อาจถูกย่อยได้ด้วยแบคทีเรียบางชนิดในลำไส้ใหญ่ เส้นใยของพืชยังคงอยู่ในบริเวณลำไส้หลังจากอาหารอื่น ๆ ถูกดูดซึมแล้ว เส้นใยไม่จัดเป็นสารอาหารเพราะจะไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเหมือนคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ เส้นใยอาหารแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (นิธิยา, 2545) ดังนี้

4.1 เส้นใยอาหารประเภทที่ละลายในน้ำ เส้นใยอาหารกลุ่มนี้เช่น เพคติน กัม ส่วนยางพืช พบในผักผลไม้ต่าง ๆ และอาหารประเภทถั่วบางชนิด และเส้นใยจากพืชก็จัดอยู่ในประเภทใยอาหารที่ละลายในน้ำ เส้นใยในกลุ่มนี้มีประโยชน์ต่อร่างกายคือ ช่วยให้ระดับไขมันและน้ำตาลในกระแสเลือดอยู่ในระดับปกติ

4.2 เส้นใยอาหารประเภทที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารกลุ่มนี้เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน พบในพืชและธัญพืชต่าง ๆ รวมทั้งผิวของผลไม้ เส้นใยอาหารในกลุ่มนี้จะช่วยให้ลำไส้ใหญ่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำนี้จะพบในข้าวกล้องมากกว่าข้าวขาว

5. โปรตีน (Protein)

โปรตีนเป็นสารองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ และมีปริมาณมากรองจากคาร์โบไฮเดรต โดยไม่คิดปริมาณน้ำในเมล็ดข้าว ปริมาณโปรตีนจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ข้าว และโดยทั่วไปข้าวจะมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าธัญชาติชนิดอื่น โปรตีนที่มีมากในข้าวนี้เกิดขึ้นตามส่วนต่าง ๆ ของเมล็ด โดยมีมากในชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด และเนื้อเมล็ดด้านนอกจะมีโปรตีนมากกว่ากลางเมล็ด (อรอนงค์, 2547) โปรตีนจากส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวมีอยู่ไม่เท่ากัน โปรตีนอัลบูมินและโกลบูลินจะพบมากในข้าวกล้อง (ณรงค์, 2538)

6. กรดอะมิโน (Amino acid)

กรดอะมิโนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลประกอบด้วยหมู่อะมิโน ($-NH_2$) และหมู่คาร์บอกซิล ($-COOH$) และมีสายแขนง (R) ต่ออยู่กับคาร์บอนอะตอม ซึ่งหมู่ R จะแตกต่างกันไปตามหมู่ของกรดอะมิโน ในข้าวกล้องจะมีไลซีนสูง แต่มีกลูตามิกต่ำกว่าในข้าวขาว (ณรงค์, 2538)

7. สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds)

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นสารที่มีอยู่ในธรรมชาติ สามารถพบได้ในอาหารทั่วไป มีคุณสมบัติเชิงออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ เสริมสร้างระบบคุ้มกัน สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในเมล็ดข้าว ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก วิตามินอี แกมมาออริซานอล (Azrina *et al.*, 2008)

คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้อง

เมล็ดข้าวกล้องมีองค์ประกอบคุณค่าทางด้านอาหารและโภชนาการอยู่มากมาย เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และเถ้า คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาวแสดงดังตารางที่ 2.1 นอกจากนี้ยังมีวิตามิน ซึ่งวิตามินที่พบในข้าวกล้อง ได้แก่ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินบี 5 แร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แมกนีเซียม แมงกานีส สังกะสี โคบอลต์ ทองแดง ซีลีเนียม ไอโอดีน กรดแพนโทธิค และกรดโฟลิก (เยาวภา และวราพร, 2542; อรอนงค์, 2538)

1. คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตที่พบในข้าวกล้องแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แป้ง เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และน้ำตาลอิสระ โดยที่แป้งมีปริมาณสูงสุดประมาณร้อยละ 77-78 เฮมิเซลลูโลส พบมากในรำละเอียด รำข้าวขาว และจมูกข้าว พบเล็กน้อยในข้าวขาว ข้าวกล้องมีเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 1.43-2.08 รำละเอียดมีร้อยละ 8.59-10.90 นอกจากนี้ยังพบเพนโตแซนในจมูกข้าวร้อยละ 4.80-7.40 เซลลูโลส ส่วนใหญ่อยู่ในชั้นที่เป็นรำ ปริมาณที่พบในชั้นรำละเอียดร้อยละ 62 จมูกข้าวร้อยละ 4 รำข้าวขาวร้อยละ 7 และข้าวขาวร้อยละ 27 ส่วนน้ำตาลอิสระพบมากในจมูกข้าวและเนื้อแป้ง ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส ราฟิโนส กลูโคส มอลโตส และฟรุคโตสเล็กน้อย ข้าวกล้องมีน้ำตาลอิสระร้อยละ 0.83-1.36 และข้าวขาวมีร้อยละ 0.09-0.13 คาร์โบไฮเดรตมีหน้าที่ให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย ส่วนใยอาหารพวกเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสช่วยป้องกันท้องผูกและโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (เยาวภา และวราพร, 2542)

2. โปรตีน

ในข้าวกล้องจะมีโปรตีน อยู่หนาแน่นบริเวณชั้นนอกของเมล็ดและบริเวณคัพพะ (Embryo) มากกว่าที่ส่วนอื่น ๆ ของเมล็ด โปรตีนมีหน้าที่ช่วยเสริมสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ปกติข้าวกล้องจะมีปริมาณโปรตีนตั้งแต่ร้อยละ 4.3-18.2 หรือประมาณร้อยละ 9.5 โดยเฉลี่ย ข้าวกล้องแม้จะมีโปรตีนน้อยกว่าธัญชาติอื่น ๆ แต่โปรตีนที่มีอยู่ก็มีคุณค่าทางชีวภาพ และมีค่า NPU (Net protein utilization) สูงกว่าโปรตีนของธัญชาติอื่นอีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถย่อยโปรตีนได้

อย่างสมบูรณ์ การที่โปรตีนของข้าวย่อยได้ดี อาจเนื่องจากข้าวมีแทนนินต่ำ (เยาวภา และวราพร, 2542)

3. ไขมัน

ข้าวกล้องมีไขมันประมาณร้อยละ 1.6-2.8 และในส่วนของไขมันนี้ประมาณร้อยละ 80 อยู่ในรำข้าว ไขมันจากทุกส่วนของเมล็ดจะมีองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน ไม่ว่าจะเป็นสกัดจากข้าวเหนียว หรือข้าวเจ้า กรดไขมันส่วนใหญ่ในข้าวกล้องเป็นกรดโอเลอิก (Oleic) ลิโนเลอิก (Linoleic) และพาล์มมิติก (Palmitic) ไขมันของข้าวมีสารแอนติออกซิแดนท์อยู่ คือ โอริซานอล (Oryzanol) และโทโคฟีรอล (Tocopherol) ซึ่งช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน ทำให้น้ำมันที่สกัดได้มีความคงตัวหรืออยู่ได้นานโดยไม่หืน นอกจากนี้ทั้งโอริซานอลและโทโคฟีรอลยังช่วยเร่งการเจริญเติบโต การไหลเวียนของโลหิตและการหลั่งฮอร์โมนของร่างกาย (เยาวภา และวราพร, 2542)

4. วิตามิน

ส่วนใหญ่จะพบบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดชั้นในสุดและคัพพะ จึงเป็นสาเหตุให้ข้าวสารที่ขัดสีจนขาวมีวิตามินเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับข้าวกล้องที่มีวิตามินอยู่ในปริมาณที่สูงกว่ามาก วิตามินที่พบในข้าวกล้อง ได้แก่ กรดนิโคตินิก (Nicotinic acid) หรือไนอะซิน (Niacin) ไทอะมิน (Thiamine) หรือวิตามินบี 1 ซึ่งจะมีมากกว่าข้าวขาวประมาณ 4 เท่า ดังนั้นถ้ารับประทานข้าวกล้องเป็นประจำจะป้องกันโรคเหน็บชา ไรโบฟลาวิน (Riboflavin) หรือวิตามินบี 2 ช่วยป้องกันโรคปากนกกระบอก วิตามินซี (Ascorbic acid) วิตามินดี และวิตามินบี12 (Cobalamin) นอกจากนี้ยังพบวิตามินเอ (พบเฉพาะในข้าวเหนียวดำ) วิตามินในเมล็ดข้าวอาจสูญเสียไปได้ง่ายเมื่อเก็บข้าวไว้ในรูปข้าวสารในโรงเก็บที่มีอุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงควรเก็บไว้ในรูปของข้าวเปลือกในโรงเก็บที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี หรือมีอุณหภูมิต่ำ นอกจากนั้นวิธีการหุงข้าวก็ยังเป็นองค์ประกอบสำคัญในการทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินไปด้วย พบว่าการหุงข้าวทำให้สูญเสียวิตามินบี 1 ปร้อยละ 20 (เยาวภา และวราพร, 2542)

5. แร่ธาตุ

แร่ธาตุส่วนใหญ่จะพบที่บริเวณผิวนอกของเมล็ด ปริมาณแร่ธาตุของเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับปริมาณของแร่ธาตุที่มีอยู่ในดิน ปริมาณแร่ธาตุที่ได้จากปุ๋ย และสภาพแวดล้อมซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว ชนิดของแร่ธาตุที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวค่อนข้างมาก ได้แก่ ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และโพแทสเซียม สำหรับฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวส่วนใหญ่มักจะอยู่ในรูปที่ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้ยาก นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุอื่น ๆ อีก ได้แก่ แคลเซียม คลอรีน ซิลิคอน เหล็ก อะลูมิเนียม แมงกานีส โซเดียม และสังกะสี ในปริมาณเล็กน้อย (เยาวภา และวราพร, 2542)

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องและข้าวขาว

สารอาหาร	ข้าวกล้อง (100 กรัม)	ข้าวขาว (100 กรัม)
----------	----------------------	--------------------

โปรตีน (กรัม)	7.6	6.4
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	75.1	79.4
ไขมัน (กรัม)	2.0	0.8
วิตามิน		
บี 2 (มิลลิกรัม)	0.34	0.07
บี 3 (มิลลิกรัม)	0.05	0.03
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	0.62	0.62
กรดเพนโทธินิก (มิลลิกรัม)	1.5	0.22
กรดโฟลิก (มิลลิกรัม)	20	0.36
เกลือแร่		
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.6	0.8
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	32	24
แมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	52	14
แมงกานีส (มิลลิกรัม)	1.5	0.9
สังกะสี (ไมโครกรัม)	1.9	1.5
โคบอลต์ (ไมโครกรัม)	4.2	0.9
ทองแดง (ไมโครกรัม)	360	230
ซีลีเนียม (ไมโครกรัม)	38.8	31.8
ไอโอดีน (ไมโครกรัม)	2.2	2.0

ที่มา : กองโภชนาการ (2535)

ประโยชน์ของข้าวกล้อง

การบริโภคข้าวกล้องจะได้คุณค่าทางอาหารหลายอย่าง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ให้พลังงานแก่ร่างกาย โปรตีน ช่วยเสริมสร้างซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ได้ไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัวที่ให้พลังงาน และความอบอุ่นแก่ร่างกาย นอกจากนี้ยังได้รับประโยชน์จากสารอาหารอื่น ซึ่งเป็นสารอาหารที่มีอยู่มาก เป็นส่วนใหญ่ในข้าวคือ วิตามินต่าง ๆ ได้แก่ วิตามินบี 1 (Thiamin) ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา ช่วยในกระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกายให้เป็นพลังงานและช่วยในการทำงานของระบบประสาท ในการบังคับกล้ามเนื้อ วิตามินบี 2 (Riboflavin) ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก และช่วยในการเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงาน ไนอาซิน ช่วยในการทำงานของระบบผิวหนังและระบบประสาท นอกจากนี้ได้วิตามินแล้ว ข้าวกล้องยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย คือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ส่วน

ในจมูกข้าวยังมีวิตามินอี ซีลีเนียม และแมกนีเซียม ประกอบอยู่ด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ช่วยเสริมสร้างการทำงานในระบบต่าง ๆ ของร่างกาย

ส่วนเส้นใยอาหารซึ่งเป็นสารประกอบน้ำตาลโมเลกุลใหญ่เชิงซ้อน (Polysaccharides) ที่มีอยู่ในผนังเซลล์ของพืช มีอยู่มากในเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวของข้าวกล้อง เมื่อบริโภคเข้าไปแล้วจะผ่านกระเพาะและลำไส้เล็กได้ง่าย เนื่องจากน้ำย่อยไม่สามารถย่อยเส้นใยอาหารได้ทั้งหมด จึงถูกขับออกมาและช่วยพาสิ่งที่ตกค้างอยู่ในลำไส้ออกไปเป็นกากอาหาร ทำให้ขับถ่ายสะดวก ป้องกันอาการท้องผูกและช่วยป้องกันการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ด้วย

โรคและอาการต่าง ๆ ที่เกิดจากการไม่บริโภคข้าวกล้อง

1. โรคเหน็บชา เพราะขาดวิตามินบี 1
2. โรคปากนกกระจอก เพราะขาดวิตามินบี 2 ข้าวกล้องมีวิตามินบี 2 มากกว่าข้าวขาว ร้อยละ 66
3. โรคโลหิตจาง เพราะขาดธาตุเหล็ก เนื่องจากข้าวกล้องมีธาตุเหล็กมากกว่าข้าวขาว 2 เท่า
4. โรคผิวหนังกระเพาะปัสสาวะ (พบมากทางภาคเหนือและภาคอีสาน โดยเฉพาะในเด็กอายุต่ำกว่า 6 ปี) เกี่ยวเนื่องจากการขาดธาตุฟอสฟอรัส และอื่น ๆ ซึ่งมีในข้าวกล้อง นอกจากนั้น ฟอสฟอรัสยังช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน
5. โรคท้องผูก เพราะมีกากอาหารน้อย (ข้าวกล้องช่วยป้องกันท้องผูก และมะเร็งลำไส้ใหญ่)
6. โรคทางระบบประสาทบางชนิด และโรคปลายประสาทอักเสบ เพราะขาดวิตามินบีรวม ซึ่งมีมากในข้าวกล้อง (วิตามินบีรวม ช่วยบำรุงสมอง ทำให้เรียนเก่งขึ้น และเจริญอาหาร) อารมณ์เสียง่ายกว่า หงุดหงิดเพราะขาดวิตามินบีรวม ซึ่งเป็นวิตามินที่เสริมสร้างระบบประสาทของร่างกาย และถ้าระบบประสาทของเราไม่ดี ทำให้เราควบคุมอารมณ์ได้ไม่ดีนักเบื่ออาหาร เพราะขาดวิตามินบีรวม ซึ่งข้าวกล้องมีมากกว่าข้าวขาว
7. โรคขาดโปรตีน ข้าวกล้องมีโปรตีน ร้อยละ 7-12 (เด็กไทยประมาณร้อยละ 40-60 เป็นโรคขาดโปรตีนและพลังงาน) ข้าวกล้องมีโปรตีนมากกว่าข้าวขาว 20-30%
8. โรคผิวหนังบางชนิด ขาดวิตามินบีบางตัวอ่อนเพลีย รู้สึกเหนื่อยกว่าปกติ ปวดเมื่อยตามตัว และขา เพราะขาดวิตามินบีรวม

ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice หรือ “GABA-rice”)

ข้าวกล้องงอก ถือเป็นนวัตกรรมหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากข้าวกล้องงอก ได้จากการนำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการงอก ซึ่งโดยปกติแล้วในตัวข้าวกล้องเอง ประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เช่น โยอาหาร กรดไฟติก (Phytic acid) วิตามินซี วิตามินอี และ กาบ (Gamma aminobutyric acid; GABA) ซึ่งช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน และช่วยในการควบคุมน้ำหนักตัว เป็นต้น เมื่อนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเพื่อทำให้งอก จะทำให้ข้าวกล้องมีสารอาหาร โดยเฉพาะ GABA เพิ่มขึ้น ซึ่งนอกจากจะได้ประโยชน์จากการที่มีปริมาณสารอาหารที่สูงขึ้นแล้ว ยังทำให้ข้าวกล้องงอกที่หุงสุกมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม รับประทานได้ง่ายกว่าข้าวกล้องธรรมดา จึงง่ายแก่การหุงรับประทานได้โดยไม่ต้องผสมกับข้าวขาวตามความนิยมของผู้บริโภค (Komatsuzaki *et al.*, 2005) จากการศึกษาทางกายภาพและทางชีวเคมีพบว่า “เมล็ดข้าว” ประกอบด้วยเปลือกหุ้มเมล็ด หรือกลีบ (Hull หรือ Husk) ซึ่งจะหุ้มข้าวกล้อง ในเมล็ดข้าวกล้องประกอบด้วย จมูกข้าว หรือคัพพะ (Germ หรือ Embryo) รำข้าว (เยื่อหุ้มเมล็ด) และเมล็ดข้าวขาวหรือเมล็ดข้าวสาร (Endosperm) สารอาหารในเมล็ดข้าวประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบหลัก โดยมีโปรตีน วิตามินบี วิตามินอี และแร่ธาตุที่แยกไปอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าว นอกจากนี้ ยังพบสารอาหารประเภทไขมันซึ่งพบได้ในรำข้าวเป็นส่วนใหญ่

ข้าวเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีการเจริญเติบโตจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี การเปลี่ยนแปลงจะเริ่มขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าว โดยจะกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเกิดการทำงาน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก (Malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการทางชีวเคมีจนเกิดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็ก (Oligosaccharide) และน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) นอกจากนี้โปรตีนภายในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยให้เกิดเป็นกรดอะมิโน และเปปไทด์ รวมทั้งยังพบการการสะสมสารเคมีสำคัญต่าง ๆ เช่น แกมมาออริซานอล (Gamma-oryzanol) โทโคฟีรอล (Tocopherol) โทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) และโดยเฉพาะสารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด (Gamma aminobutyric acid) หรือเรียกว่า “สารกาบา”(GABA) (Komatsuzaki *et al.*, 2005)

โยเกิร์ต

โยเกิร์ต เป็นภาษาตุรกี มีหลักฐานปรากฏว่าโยเกิร์ตมีต้นกำเนิดในราชสำนักของกษัตริย์ฟรานซิสแห่งฝรั่งเศส ตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 16 จนเมื่อ ค.ศ. 1907 นักวิทยาศาสตร์ชื่อดังของโลกเขียนถึงโยเกิร์ตคืออายุวัฒนะสำหรับมนุษย์ คนยุโรปจึงหันมารับประทานโยเกิร์ตกันมากขึ้นเรื่อย ๆ จนมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ในปี ค.ศ. 1919 ในกรุงบาร์เซโลนา ประเทศสเปน ปัจจุบันมีประชาชนทั่วโลกรับประทานโยเกิร์ตกันเป็นประจำกว่าร้อยละ 30 (ภคินางค์, 2542) โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นม

หมักจากจุลินทรีย์ (Culture product) ผลิตจากนํ้านมสด นมพร่องมันเนย หรือนมคั้นรูป จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักโยเกิร์ตส่วนใหญ่จะมีบทบาทในระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยจุลินทรีย์จะใช้นํ้าตาลแลคโตสที่มีอยู่ในนํ้านมเพื่อการเจริญเติบโต สร้างกรดแลคติกออกมา ทำให้โปรตีนในนํ้านมตกตะกอนทำให้มีลักษณะเป็นลิ่มที่มีลักษณะนุ่ม (Soft curd) มีเนื้อสัมผัสกึ่งแข็งกึ่งเหลว ตะกอนที่ได้นี้จะมีสีขาวถึงสีขาวนวล มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว รสชาติค่อนข้างเปรี้ยว ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจะมีปริมาณกรดค่อนข้างสูงและมีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่ในปริมาณสูง (Tamine and Robinson, 1999)

โยเกิร์ตที่ผลิตจากนมสดจะมีคุณค่าทางโภชนาการเทียบเท่านมสด โปรตีนที่ได้จากโยเกิร์ตคือเคซีน (Casein) เป็นโปรตีนคุณภาพสูง เพราะมีสารที่จำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้มากมาย ได้แก่ กรดอะมิโนที่จำเป็น อันมีส่วนสำคัญต่อระบบต่าง ๆ ในร่างกายมีสารอาหารที่มีคุณค่ามากมาย ทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามินเอ วิตามินบี แร่ธาตุสำคัญ ๆ เช่น แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส และเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus* spp. ช่วยให้ระบบทางเดินอาหารทำงานเป็นปกติ ดังงานวิจัยในหลายประเทศพบว่าโยเกิร์ตสามารถป้องกันอาการท้องอืด อาหารไม่ย่อยหรือท้องเดินเมื่อตื่นนอน ซึ่งเกิดจากการขาดน้ำย่อยที่ใช้ในการย่อยนํ้าตาลแลคโตสที่อยู่ในนมสด ในโยเกิร์ตมีจุลินทรีย์ *Lactobacillus* spp. ช่วยย่อยนํ้าตาลให้เปลี่ยนเป็นกรดจึงช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้สำหรับผู้ที่หยุดตื่นนอนเป็นระยะเวลานาน (โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา, 2543) มีการศึกษาทั้งในญี่ปุ่น อิตาลี และสวีตเซอร์แลนด์ พบว่าการรับประทานโยเกิร์ต หรือนมเปรี้ยวเป็นประจำ จะช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันโรคในร่างกาย เนื่องจากช่วยเพิ่มการสร้างสารอินเตอร์เฟอรอน (Interferon) ถึง 3 เท่า ซึ่งปกติสารตัวนี้ เป็นสารเคมีที่ร่างกายสร้างขึ้นเองได้โดยธรรมชาติเพื่อช่วยต่อสู้กับเชื้อโรคหลายชนิด ไม่ทำให้โคเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้น และยังอุดมไปด้วยไขมันธรรมชาติ มีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมน ซึ่งทำหน้าที่ปกป้องผนังกระเพาะอาหารจากสารกระตุ้นต่าง ๆ เช่น แอลกอฮอล์ บุหรี่ ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคมะเร็งและเนื้องอกในลำไส้ใหญ่ (จารุวรรณ, 2543)

มาตรฐานกฎหมายของโยเกิร์ต (Legal standard of yogurt)

ในระยะแรกยังไม่มีมาตรฐานสำหรับโยเกิร์ต ต่อมาเมื่อมีการแข่งขันโยเกิร์ตเป็นโยเกิร์ตชนิดคงตัว (Set yogurt) และ โยเกิร์ตชนิดคน (Stirred yogurt) ขึ้น หรืออาจแบ่งออกตามลักษณะของปริมาณไขมัน เช่น ไขมันเต็ม, ไขมันปานกลางและไขมันต่ำ โยเกิร์ตทุกชนิดจะต้องมีปริมาณกรดและจุลินทรีย์ ดังนั้นคือค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ต้องต่ำกว่า 4.5 ไม่มีนํ้าย่อยฟอสฟาเทสเหลืออยู่เลย ไม่มีเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ใน 0.1 มิลลิลิตร และจำนวนของยีสต์ รา แบคทีเรียต้องต่ำกว่า 100 โคโลนีต่อ CFU มาตรฐานกฎหมายของโยเกิร์ตขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เช่นค่าร้อยละของ

ไขมัน ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (Solid-not-fat; SNF) หรือปริมาณของแข็งทั้งหมด ตามมาตรฐานของ FAO/WHO กำหนดให้แบ่งชนิดของโยเกิร์ตตามปริมาณไขมันดังนี้โยเกิร์ตไขมันเต็มมีปริมาณไขมันสูงกว่าร้อยละ 3.0 โยเกิร์ตไขมันปานกลางมีปริมาณไขมันร้อยละ 0.5 -3.0 และโยเกิร์ตไขมันต่ำมีปริมาณไขมันต่ำกว่าร้อยละ 0.5 (FAO/WHO, 1984)

ชนิดโยเกิร์ต (Types of yogurt)

ชนิดของโยเกิร์ตสามารถแบ่งได้หลายแบบ ไม่ว่าจะเป็นการแบ่งตามกรรมวิธีการผลิต และการแบ่งตามกลิ่นรส ดังนี้

1. แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต (Methods of production)

การผลิตโยเกิร์ตในอุตสาหกรรมมี 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ โยเกิร์ตชนิดคงตัวและโยเกิร์ตชนิดคน (อุราภรณ์, 2547)

1.1 โยเกิร์ตชนิดคงตัว (Set yogurt)

เป็นการผลิตโยเกิร์ตโดยเพาะเชื้อในน้ำนม แล้วบรรจุลงในภาชนะบ่มจนมีลักษณะแข็งเป็นก้อน ถ้าคนจะกลายเป็นของเหลวไประยะหนึ่งและในที่สุดจะแข็งตัวตามเดิม เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการหมักขึ้นในภาชนะบรรจุ (สำหรับจำหน่ายปลีก) ลักษณะของมวลตะกอน ที่ได้เป็นมวลเนื้อเดียวกันที่ต่อเนื่องและมีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลว

ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตชนิดคงตัว เริ่มจากการพาสเจอร์ไร้นมแล้วทำให้เย็นลงที่ 45 องศาเซลเซียส โดยไม่มีฟองอากาศ ให้เติมหัวเชื้อลงไปทันที (ร้อยละ 2.5 เท่ากับ 2.5 ลิตร ต่อ 100 ลิตรของนม) คนให้เข้ากันแล้วจึงบรรจุในถ้วยพลาสติกขนาด 110 มิลลิลิตร ถึง 250 มิลลิลิตร เก็บไว้ 2.5 ชั่วโมงถึง 3 ชั่วโมงเพื่อให้ได้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 4.6 แล้วทำให้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส ตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแยกตัวออกจากโครงสร้างของโปรตีน และเพื่อให้ได้ค่าความหนืดสูงสุด ภายหลังที่ผลิตแล้วควรเก็บไว้ 24 ชั่วโมง ก่อนนำออกจำหน่ายเพื่อให้โยเกิร์ตที่ได้มีความแน่นเนื้อ (Firmness) ที่ดี

1.2 การผลิตโยเกิร์ตชนิดคน (Stirred yogurt)

เป็นการผลิตโยเกิร์ตโดยเติมเชื้อในนมแล้วบ่มในถังหมักเมื่อนมแข็งตัวเป็นก้อนแล้วทำการปั่นเพื่อทำลายในโครงสร้างตะกอนนม แล้วจึงบรรจุลงในภาชนะทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลว ถ้าคนมากความหนืดจะลดลง เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิต่ำ ความหนืดจะกลับคืนมา โยเกิร์ตชนิดคนนี้ทำได้ง่าย ลักษณะของมวลตะกอนที่ได้จะแตกหรือแยกกันก่อนที่จะนำไปทำความเย็นหรือบรรจุตัวอย่างเช่น นมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตชนิดเหลวซึ่งมีปริมาณของแข็งเพียงร้อยละ 11 หรือน้อยกว่า

เป็นต้น (Rousseau, 1974) โยเกิร์ตชนิดคนจะใช้เชื้อในการหมักน้อยกว่าโยเกิร์ตชนิดคงตัว (ร้อยละ 0.025 หรือเท่ากับ 25 มิลลิลิตร ต่อ 100 ลิตรของน้ำนม) โดยทำการหมักที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส หลังจากเติมเชื้อในการหมักแล้วคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 16 -18 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ค่าความเป็นกรดที่ระดับ 4.6 จะได้มวลตะกอน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเวย์ ไขมัน แลคโตสและอื่น ๆ ในระหว่างการทำเย็น หรือทำให้เย็นควรคนเบา ๆ ไปเรื่อย ๆ พวกโพลีแซคคาไรด์จะเกิดขึ้นในระหว่างที่เติมเชื้อในการหมัก และจะรวมกับโครงสร้างของโปรตีนทำให้ได้โครงสร้างของโยเกิร์ตที่มีความหนืด และเนื้อเนียนเรียบในระหว่างการบรรจุควบคุมอุณหภูมิที่ระดับ 25 องศาเซลเซียส และเก็บไปไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส ถ้าสูงกว่านี้จะมีรสเปรี้ยว โยเกิร์ตควรผลิตภายใน 48 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำออกไปจำหน่าย เพื่อให้ได้ความหนืดที่พอเหมาะ

2. กลิ่นรสและการปรุงแต่ง

สามารถแบ่งโยเกิร์ตตามกลิ่นรสและการปรุงแต่งได้เป็น 4 แบบ คือ

1) โยเกิร์ตแบบธรรมดา (Plain หรือ natural yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ผลิตได้ตามวิธีดั้งเดิม มีรสชาติเปรี้ยว ไม่มีการเติมกลิ่นรสหรือผลไม้ลงไป

2) โยเกิร์ตรสผลไม้ (Fruit หรือ flavored yoghurt) เป็นโยเกิร์ตแบบหนึ่ง อาจมีการเติมผลไม้และสารให้ความหวาน หรือมีการเติมกลิ่นรสและสี แทนส่วนของผลไม้ แบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบสวิส (Swiss style) ซึ่งเป็นโยเกิร์ตที่มีเนื้อผลไม้ผสมรวมกระจายอยู่ในเนื้อโยเกิร์ต อีกแบบ คือ แบบซันเด (Sundae style) ซึ่งมีเนื้อผลไม้อยู่บริเวณก้นภาชนะเช่น ส้ม สับปะรด สตอเบอร์รี่ เป็นต้น การเติมผลไม้ชนิดต่าง ๆ นอกจากเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคแล้ว ยังทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีปริมาณแร่ธาตุแตกต่างกันไป ซึ่งโดยทั่วไปพบ ทองแดง เหล็ก และแมงกานีส (Segarra *et al.*, 2000)

3) โยเกิร์ตที่ผสมน้ำตาล (Sweetened yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่มีน้ำตาลผสมอยู่ด้วย เพื่อให้เกิดรสหวานชวนรับประทาน

4) โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (Drinking yoghurt) เกิดจากการนำโยเกิร์ตผสมกับน้ำผลไม้ในอัตราส่วน 1:1 แล้วนำมาผ่านการฆ่าเชื้อ โยเกิร์ตชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นน้ำสะดวกต่อการดื่มมีรสเปรี้ยวตามธรรมชาติ ส่วนสีและกลิ่นจะเป็นไปตามน้ำผลไม้ที่ผสมอยู่

3. องค์ประกอบทางเคมี ชนิดของโยเกิร์ตอาจขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์นั้น เช่น ปริมาณไขมัน (Fat) ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (Solid-non-fat หรือ SNF) หรือปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid หรือ TS) ตามมาตรฐานของ FAO/WHO ซึ่งกำหนดให้แบ่งชนิดของโยเกิร์ตตามปริมาณไขมัน (FAO/WHO, 1984; Tamime and Robinson, 1999) คือ

3.1 Full yoghurt/yoghurt หมายถึง โยเกิร์ตที่มีปริมาณไขมันสูงกว่าร้อยละ 3.0

3.2 Medium yoghurt/partially skimmed yoghurt หมายถึง โยเกิร์ตที่มีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 3.0 - 5.0

3.3 Low yoghurt/skimmed yoghurt หมายถึง โยเกิร์ตที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าร้อยละ 0.5

กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ต (Production of yogurt)

กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตนั้นในขั้นต้นน้ำนมดิบจะต้องทำการปรับมาตรฐานเสียก่อน เพื่อให้ได้ร้อยละของไขมันและของแข็งไม่รวมไขมันได้ตามต้องการ ถ้ามีร้อยละของไขมันสูงจะทำให้กลิ่นและรสชาติดีขึ้น ตามกฎหมายค่าร้อยละของของแข็งไม่รวมไขมัน จะต้องมียังน้อยร้อยละ 8.1 เพื่อให้มีความหนืดพอเหมาะจะต้องเพิ่มของแข็งไม่รวมไขมันของน้ำนมประมาณร้อยละ 12- 16 ซึ่งได้จากการระเหยเอาน้ำออกจากน้ำนม หรือเติมนมผงร้อยละ 3-4 หรือผงเวย์ร้อยละ 1-2 หรือ ผงเคซีนร้อยละ 1-2 นมผงเหล่านี้จะต้องเป็นนมผงที่มีคุณภาพดี และละลายในน้ำนมได้ดี ในขบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยกรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตทั่วไปมีดังนี้ (Tamime and Robinson, 1999)

1. การเตรียมส่วนผสมเบื้องต้น

เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำนมแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำมาผ่านการหมักจะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีคุณภาพแตกต่างกัน เช่น เมื่อไขมันในนมมีปริมาณสูงกว่า จะให้โยเกิร์ตที่มีความเป็นครีมสูงตามไปด้วย เป็นต้น นอกจากนี้แล้วน้ำตาลแลคโตสที่มีอยู่ในนมจะถูกใช้เป็นแหล่งอาหารของหัวเชื้อโยเกิร์ต ส่วนโปรตีนก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นมวลตะกอน ซึ่งมีผลต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์ สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน ได้แก่ น้ำตาลแลคโตส โปรตีนและเกลือแร่ในนมที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต จะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกายภาพและกลิ่นรสของโยเกิร์ต โดยเฉพาะความหนืดของมวลตะกอน โดยทั่วไปปริมาณของแข็งในของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตยิ่งสูงในผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จะมีความหนืดสูงตามไปด้วย โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีได้จากนมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid หรือ TS) เท่ากับร้อยละ 15-16 ถ้าปริมาณของแข็งทั้งหมดในของผสมที่เตรียมโยเกิร์ตสูงกว่าร้อยละ 25 ขึ้นไปจะทำให้ความชื้นลดลงและมีผลต่อกิจกรรมของเชื้อลดลงด้วย การเพิ่มปริมาณของแข็งอาจจะกระทำได้โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เช่น การให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความเข้มข้น การเติมนมผง เคซีนอื่น ผงเวย์หรือ ผงเนยจากนม เป็นต้น

นอกจากนี้อาจจะมีการเติมสารให้ความคงตัวและสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต วัตถุประสงค์หลักในการเติมสารคงตัว (Stabilizers) ในส่วนผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตคือ เพื่อรักษาให้ลักษณะเฉพาะตัวที่ต้องการในโยเกิร์ตให้คงอยู่หรือเพิ่มขึ้น เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด (Viscosity/consistency) ลักษณะปรากฏด้านโครงสร้างของเจล และช่วยลดปัญหาการแยกชั้นของหางนม (Syneresis) เป็นต้น นอกจากนี้สารคงตัวยังช่วยเพิ่มอายุการเก็บ และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความ

สม่ำเสมอ โดยทำให้เจลในน้ำมีปริมาณน้ำอิสระสำหรับการเกิดการแยกชั้นของทางนมลดลง คุณสมบัติที่ดีของสารคงตัวคือ ไม่มีกลิ่น มีประสิทธิภาพสูงในช่วงความเป็นกรดต่ำ และกระจายตัวได้ดีในอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนม สำหรับสารเคมีที่นิยมใช้เป็นสารคงตัว เช่น เจลาติน กัมจากธรรมชาติ ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โลคัสปิ่นกัม กัวร์กัม และซีวีดกัม (Seaweed gums) ได้แก่ แอลจิเนตและคาราจีแนน เป็นต้น สารคงตัวเหล่านี้อาจใช้เพียงสารประกอบชนิดเดียว หรือสารประกอบผสมหลายตัวซึ่งสารประกอบแบบหลังจะเป็นที่นิยมในการค้ามาก เนื่องจากสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหลายชนิดนั่นเอง ส่วนสารให้ความหวาน (Sweetener) มักเติมในการผลิตโยเกิร์ตชนิดปรุงแต่งด้วยผลไม้และสารปรุงแต่งกลิ่นรสโดยการเติมสารให้ความหวานลงไปผสมในของผสมโยเกิร์ต หรือเติมผลไม้ที่มีความหวานลงไป ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดความเปรี้ยวในโยเกิร์ต (นิตยสาร, 2544) อย่างไรก็ตามควรคำนึงปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดของสารให้ความหวานที่ใช้ ความชอบของผู้บริโภค ชนิดของผลไม้ที่ใช้ซึ่งอาจส่งผลต่อการยับยั้งหิวเชื้อในการหมัก ข้อกำหนดตามกฎหมายอาหาร และอื่น ๆ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วผลไม้และสารปรุงแต่งกลิ่นรสโยเกิร์ต อาจมีคาร์โบไฮเดรตจากน้ำตาลสูงถึงร้อยละ 20 ซึ่งอาจมีผลยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อในการหมักได้ เนื่องจากผลของแรงดันออสโมติกของสารที่ถูกละลายในน้ำในโยเกิร์ต โดยทั่วไปปริมาณน้ำตาลที่เติมลงในโยเกิร์ตไม่ควรเกินร้อยละ 10 สารให้ความหวานที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส น้ำตาลข้าวโพด กลูโคส/กลูโคสไซรัป ซอร์บิทอล และแซคคาริน เป็นต้น

2. การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization)

หลังการปรับส่วนผสมของนมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการแล้ว จะต้องนำมาผ่านกระบวนการที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยให้เกิดระบบอิมัลชัน ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวสามารถกระทำได้โดยการให้นมผ่านเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ด้วยความเร็วสูงโดยผ่านช่องเปิดเล็ก ๆ ภายใต้ความดันสูง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของนมด้านเคมีและกายภาพที่จะนำไปเตรียมโยเกิร์ต การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายหลังการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันมีผลทำให้เนื้อสัมผัสที่ได้หลังการหมักมีเนื้อเนียนมากขึ้น มีกลิ่นรสที่เป็นครีม และช่วยลดการเกิดครีมที่ผิวหน้า หรือการแยกชั้นของน้ำหางนม

3. การให้ความร้อน (Heat treatment)

การให้ความร้อนเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง นอกจากเพิ่มความเข้มข้นของนมแล้วยังมีผลต่อส่วนผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตดังต่อไปนี้ (นิตยสาร, 2544)

- 1) ทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคหรือจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่ไม่ต้องการ ซึ่งความร้อนที่ใช้มักเพียงพอต่อการทำลายเซลล์จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่อยู่ในนมดิบเท่านั้น แต่สปอร์ หรือเอนไซม์ที่ทนความ

ร้อนได้ยังคงมีเหลืออยู่ในนม อย่างไรก็ตาม นมที่ผ่านความร้อนจะเป็นแหล่งเจริญเติบโตที่ดีของหัวเชื้อโยเกิร์ต

2) กำจัดอากาศที่มีอยู่ในนม เพื่อให้สภาวะแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียมากยิ่งขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดนี้ต้องการอากาศในปริมาณน้อย

3) เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของนม โดยทำให้โปรตีนของน้ำหางนมที่มีอยู่ในนมซึ่งได้แก่ พวกลูบูมิน และโกลบูลินที่เสียสภาพธรรมชาติแล้วตกตะกอน นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลเคซีนอื่นเกิดเป็นร่างแหในลักษณะสามมิติขึ้นมา โดยร่างแหนี้จะจับโปรตีนของน้ำหางนมแล้วทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีความหนืดมากกว่าเดิม

4) มีความเหมาะสมสำหรับการเจริญของหัวเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย ที่มีกิจกรรมหลักที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง (40-50 องศาเซลเซียส)

5) ทำให้โปรตีนในนมถูกทำลายให้สลายย่อย ๆ ที่เป็นโมเลกุลเล็กลง ซึ่งอาจเป็นสารที่เร่งกิจกรรมของหัวเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

การให้ความร้อนแก่นมสามารถเร่ง หรือยับยั้งกิจกรรมของหัวเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียได้ ทั้งนี้ขึ้นกับช่วงของอุณหภูมิและเวลาดังนี้ (Tamine and Robinson, 1999)

1) นมที่ผ่านการให้ความร้อนในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 62 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที จะช่วยเร่งการเจริญของหัวเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

2) นมที่ผ่านการให้ความร้อนในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และ 82 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-120 นาที และที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-45 นาที ด้วยจะส่งผลยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

3) นมที่ผ่านการให้ความร้อนถึง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-180 นาที หรือภายใต้ความดันที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-30 นาที จะช่วยเร่งการเจริญของหัวเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

4) นมที่ผ่านการให้ความร้อนภายใต้ความดันที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานกว่า 30 นาที จะส่งผลยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

ตามปกติอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่นมโยเกิร์ต อาจใช้ตั้งแต่ระดับอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์ (72 องศาเซลเซียส 15 วินาที) จนถึงอุณหภูมิยูเอชที (133 องศาเซลเซียส 1 วินาที)

4. กระบวนการหมัก (Fermentation process)

นมที่ผ่านการให้ความร้อน จะต้องทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้วจึงส่งไปยังถังหมักเพื่อทำการหมักด้วยหัวเชื้อที่เตรียมขั้นตอนต่อไป หัวเชื้อโยเกิร์ตจะประกอบด้วยหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophilus* ในอัตราส่วนที่เท่ากัน โดยทั่วไปหัวเชื้อจะใช้ประมาณร้อยละ 0.5-2 หลังการถ่ายเชื้อแล้วจะทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37-44

องศาเซลเซียส 4-6 ชั่วโมง หรือที่ 32 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตาม สภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมคือ การหมักที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส (วรารุณี และ รุ่งนภา, 2532)

ขั้นตอนของการหมักจะเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะคือ ในกรณีที่ผลิตโยเกิร์ตชนิดคงตัวจะเกิดการหมักในภาชนะบรรจุที่จะจำหน่ายปลีกหรือในกรณีของโยเกิร์ตชนิดคนจะเกิดการหมักขึ้นในถังหมักใหญ่ จนกระทั่งการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว จึงนำไปบรรจุเพื่อวางจำหน่ายต่อไป อย่างไรก็ตามไม่ว่าลักษณะการผลิตโยเกิร์ตจะเป็นลักษณะใดก็ตาม การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของการเกิดเจลของมวลตะกอนจะมีลักษณะเหมือนกัน จะแตกต่างกันเพียงคุณสมบัติของการไหลของมวลตะกอนซึ่งลักษณะเนื้อของโยเกิร์ตที่ได้จากโยเกิร์ตชนิดคงตัวจะไม่ถูกรบกวน เจลที่ได้จึงเป็นมวลของแข็งกึ่งเหลวตลอดทั้งภาชนะบรรจุ ในขณะที่โยเกิร์ตชนิดคนจะเป็นเจลที่มีลักษณะแตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการหมักก่อนที่จะทำให้เย็น (อุราภรณ์, 2547)

5. การทำให้เย็น

เนื่องจากการผลิตโยเกิร์ตเป็นกระบวนการทางชีวภาพ การทำให้เย็นจึงเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการควบคุมกิจกรรมของหัวเชื้อและเอนไซม์ การให้ความเย็นแก่มวลตะกอน จะเริ่มตั้งแต่ผลิตภัณฑ์มีระดับความเป็นกรดตามต้องการประมาณ 4.6 หรือความเข้มข้นของกรดแลคติกมีประมาณร้อยละ 0.9 แต่ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดของโยเกิร์ตที่ผลิต วิธีให้ความเย็น และประสิทธิภาพของการถ่ายเทความร้อนประกอบด้วยจุดประสงค์หลักของการทำให้มวลตะกอนเย็นลงทันทีจากอุณหภูมิ 30-45 องศาเซลเซียส ให้เหลือต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส (ดีที่สุดประมาณ 5 องศาเซลเซียส) เพื่อควบคุมระดับความเป็นกรดสุดท้ายในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากที่อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียสสามารถยับยั้งกิจกรรมของหัวเชื้อโยเกิร์ตได้ (วันเพ็ญ, 2542)

6. การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรสและสี

การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรสและสี เพื่อเพิ่มความนิยมให้แก่ผู้บริโภคขึ้นกับชนิดของโยเกิร์ตที่ต้องการ สารที่ใช้เติมเพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวในอุตสาหกรรมการผลิตโยเกิร์ต ได้แก่ ผลไม้ สารให้กลิ่น สี และสารประกอบอื่น ๆ เช่น น้ำผึ้ง ถั่วต่าง ๆ มะเขือเทศ กาแฟ เป็นต้น ในทางอุตสาหกรรมนิยมทำให้โยเกิร์ตเย็นลงที่อุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะนำไปผสมกับผลไม้หรือกลิ่นรส จากนั้นจึงบรรจุเก็บไว้ห้องเย็นเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป อย่างไรก็ตาม แม้ว่ากรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตจะมีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ตแต่ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกันคือ จุลินทรีย์ที่ใช้ในโยเกิร์ต (นิตยกันต์, 2544)

จุลินทรีย์ในโยเกิร์ต

ในการผลิตโยเกิร์ต หัวเชื้อเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ลักษณะที่ต้องการของหัวเชื้อโยเกิร์ตคือ ปลอดภัยจากการปนเปื้อน เจริญได้ดีในส่วนผสมของนมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต ให้กลิ่นรสที่ต้องการ โครงสร้างลักษณะเนื้อดี โดยทั่วไปนิยมใช้หัวเชื้อผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophilus* การเจริญของจุลินทรีย์ในหัวเชื้อโยเกิร์ตมีลักษณะการเจริญที่พึ่งพากัน (Protocooperation) (Meyer *et al.*, 1975) คือ ที่อุณหภูมิการหมัก 40 องศาเซลเซียส เชื้อ *Streptococcus* จะเจริญได้ดีและสร้างไดอะเซทิล (Diacetyl) และสารประกอบที่คล้ายกัน ซึ่งมีผลต่อกลิ่นรสของโยเกิร์ต เชื้อ *S. thermophilus* จะเติบโตได้ดีในระยะแรกของการหมัก จะมีการสร้างกรดแลคติกขึ้นเป็นจำนวนมาก และยังสร้างกรดฟอร์มิกเพื่อไปกระตุ้นการเติบโตของเชื้อ *L. bulgaricus* (Walstra *et al.*, 1999) โดยเชื้อ *L. bulgaricus* จะนำกรดฟอร์มิกนี้ไปใช้ในการสร้างสารให้กลิ่นรส ได้แก่ ไดอะเซทิล (Diacetyl) และอะเซทิลดีไฮด์ (Acetyldehyde) ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นรสเฉพาะของโยเกิร์ต (Murti *et al.*, 1992) นอกจากนั้นเชื้อ *S. thermophilus* ยังช่วยกำจัดออกซิเจนออกจากนม ซึ่งหากเหลืออยู่อาจก่อให้เกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตได้ การเจริญของเชื้อ *S. thermophilus* จะดำเนินต่อไปจนกระทั่ง pH เท่ากับ 5.5 จะผลิตสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อ *Lactobacillus* spp. เช่น กรดอะมิโน และกรดฟอร์มิก เป็นต้น ไปช่วยในการเจริญของเชื้อ *Lactobacillus* ให้เจริญต่อจาก *S. thermophilus*

ในช่วงหลังของการผลิตโยเกิร์ต เชื้อ *Lactobacillus* spp. มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตที่ 45 องศาเซลเซียส และให้ปริมาณกรดแลคติกในปริมาณที่มากพอที่จะสร้างอะเซทิลดีไฮด์ (Acetaldehyde) ซึ่งให้กลิ่นรสเฉพาะตัวของโยเกิร์ตได้ โยเกิร์ตที่มีกลิ่นรสดีจะมีปริมาณของอะเซทิลดีไฮด์ เท่ากับ 23–41 ส่วนในล้านส่วน (ppm) คิดเป็นร้อยละ 90 ของสารประกอบที่ให้กลิ่น (Volatile flavour compound) ทั้งหมด อย่างไรก็ตาม เชื้อ *S. thermophilus* ก็สามารถสร้างสารให้กลิ่นรสพวกอะซีตัลดีไฮด์ได้เช่นกัน แต่ปริมาณที่ได้จากเชื้อ *S. thermophilus* จะน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ *Lactobacillus* spp. (วรารุณี และรุ่งนภา, 2532)

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของการหมักโยเกิร์ต

แนวทางการเปลี่ยนแปลง (Metabolic pathway) ที่เกิดขึ้นในจุลินทรีย์ ประกอบด้วยปฏิกิริยาหลายชนิด ซึ่งควบคุมโดยเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ การย่อยสลายสารอาหารที่อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และสารอื่น ๆ ให้มีโมเลกุลเล็กลง ก็จัดว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อจึงมีส่วนสำคัญต่อการเจริญและการแบ่งตัวของหัวเชื้อ

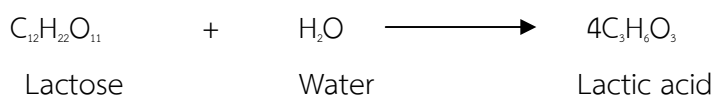
S. thermophilus และ *L. bulgaricus* รวมทั้งกลิ่นรสและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังนั้น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นโดยหัวเชื้อทั้งสองนี้ย่อมนำไปสู่การผลิตโยเกิร์ตที่มีคุณภาพสูง ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตที่เกิดขึ้นเท่านั้น (Tamime and Robinson, 1999)

1. แนวทางการเปลี่ยนแปลง (Metabolic pathways)

จุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติกได้รับพลังงานจากการหมักคาร์โบไฮเดรต ซึ่งได้แก่ น้ำตาลแลคโตสที่มีอยู่ในนม ซึ่งการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสจะเกิดขึ้นภายในเซลล์ของหัวเชื้อทั้งสอง ในกรณีนี้สันนิษฐานว่าจะอาศัยเอนไซม์กาแลคโตไซด์ เพอร์มีเอส (galactoside permease) จากนั้นเอนไซม์บีตา-ดี-กาแลคโตไซด์ (β-D-galactosides) จะย่อยน้ำตาลแลคโตสภายในเซลล์นี้ให้เป็นน้ำตาลดี-กลูโคส (D-glucose) และบีตา-ดี-กาแลคโตส (β-D-galactose) น้ำตาลดี-กลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกภายในเซลล์ของหัวเชื้อทั้งสอง นอกจากนี้ เอนไซม์อีกชนิดหนึ่งคือ บีตา-ดี-ฟอสโฟกาแลคโตไซด์ (β-D-phosphogalactosidase) ก็ย่อยน้ำตาลแลคโตสให้น้ำตาลดี-กลูโคสด้วยเช่นเดียวกัน (Tamime and Robinson, 1999)

2. การสร้างกรดแลคติก (Production of lactic acid)

หัวเชื้อ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* จะย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสให้เป็นกรดแลคติก ได้ดังนี้



กรดแลคติกที่ได้มีความสำคัญต่อโยเกิร์ตคือ ย่อยสลายอนุภาคเคซีนและตกตะกอนเคซีนที่พีเอช 4.6-4.7 รวมทั้งทำให้เกิดเจลของโยเกิร์ต กรดแลคติกจะให้รสชาติที่เฉพาะคือ รสเปรี้ยวและแหลม (Sharp and acidic taste) ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ทำให้ได้กลิ่นรสที่หอม เชื้อแลคติกจะมีเอนไซม์แลคเตท ดีไฮโดรจีเนส (Lactate dehydrogenase: LDH) สำหรับสร้างกรดแลคติกจากกรดไพรูวิกที่ได้ในระหว่างการหมักนม กรดแลคติกที่ได้จะมีรูป (Isomers) ที่แตกต่างกันคือเป็น L(+) หรือ D(-) ซึ่งมีโครงสร้างของอะตอมแตกต่างกันเฉพาะอะตอมคาร์บอนที่สอง

โดยทั่วไปในการหมักโยเกิร์ต *S. thermophilus* จะให้กรดแลคติกในรูป L(+) ซึ่งจะเจริญได้เร็วกว่าเชื้อ *L. bulgaricus* ดังนั้นกรดแลคติกในรูปของ L(+) จะเกิดขึ้นก่อน แล้วจึงเกิดกรดแลคติกในรูป D(-) ภายหลังถ้าโยเกิร์ตมีกรดแลคติกในรูป L(+) มากกว่าร้อยละ 70 แสดงว่าหัวเชื้อโยเกิร์ตส่วนใหญ่เป็นพวก *S. thermophilus* หรืออุณหภูมิการหมักเกิดขึ้นที่ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส (ซึ่งเป็นอุณหภูมิการหมักที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *S. thermophilus*) หรือโยเกิร์ตจะถูกทำให้

เย็นในขณะที่ความเป็นกรดต่ำประมาณร้อยละ 0.8 หรือน้อยกว่า ถ้าโยเกิร์ตที่ได้มีกรดแลคติกในรูป D(-) มากกว่ากรดแลคติกในรูป L(+) แสดงว่าการบ่มหัวเชื้อกระทำที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงคือ 45 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า หรือหมักเป็นเวลานานเกินไปทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีความเป็นกรดสูง หรือมีหัวเชื้อ *L. bulgaricus* มากกว่าเชื้อ *S. thermophilus* โดยทั่วไปโยเกิร์ตมักจะมีกรดแลคติกในรูป L(+) ประมาณร้อยละ 45-60 และกรดแลคติกในรูป D(-) ประมาณร้อยละ 40-55 ซึ่งอัตราส่วนของ L(+):D(-) จะใช้ในการประเมินคุณภาพของโยเกิร์ต ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่จำหน่ายในท้องตลาด พบว่ามีค่าตั้งแต่ร้อยละ 0.35 (เปรี้ยวมาก) ถึง 8.28 (กรดแลคติกในรูป L(+) เด่น) แต่โยเกิร์ตที่ดีควรมีอัตราส่วนดังกล่าวประมาณ 2.0 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภคแต่ละท้องถิ่นด้วย (Tamime and Robinson, 1999)

3. การเกิดสารให้กลิ่นรส

หัวเชื้อจะสร้างสารประกอบที่ให้กลิ่นรสต่าง ๆ ในโยเกิร์ตได้แก่ กรดแลคติกและสารประกอบคาร์บอนิล พวกอะซิโตนัลไฮด์ อะซิโตน หรือไดอะซิโตนัล การสร้างกลิ่นรสของหัวเชื้อของโยเกิร์ตเกิดจากอะซิโตนัลไฮด์ และสารประกอบอื่น ๆ ที่ยังแยกไม่ได้ และยังพบอีกว่าระดับของอะซิโตนัลไฮด์ในโยเกิร์ตจะสูงขึ้นเมื่อใช้หัวเชื้อผสมของเชื้อ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* โยเกิร์ตที่มีกลิ่นรสที่ดีต้องมีปริมาณอะซิโตนัลไฮด์และไดอะซิโตนัลรวมอยู่ด้วยซึ่งพบว่าโยเกิร์ตที่มีอะซิโตนัลไฮด์เพียง 7 ส่วนในล้านส่วน (พีพีเอ็ม, ppm) ไม่เพียงพอต่อการให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตที่ต้องการและระดับของไดอะซิโตนัลในนมหมักจะสูงขึ้นได้เมื่อมีเชื้อ *Streptococcus lactis* var. *diacetylactis* ผสมอยู่ ปริมาณอะซิโตนัลไฮด์ ที่มีในโยเกิร์ตจะขึ้นกับชนิดของนมที่ใช้ เช่น นมอุดมไขมันหรือนมขาดไขมัน การให้ความร้อน และชนิดของนมที่ได้จากสัตว์ต่าง ๆ กัน โดยนมวัวจะให้ปริมาณของอะซิโตนัลไฮด์มากที่สุด หัวเชื้อ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* จะสร้างสารให้กลิ่นรสในระหว่างการหมัก และระดับของสารต่าง ๆ ที่ได้ จะขึ้นอยู่กับเอนไซม์ที่ใช้สังเคราะห์สารประกอบคาร์บอนิลจากองค์ประกอบที่มีอยู่ในนม ซึ่งองค์ประกอบของนมที่สำคัญในการสร้างอะซิโตนัลไฮด์คือน้ำตาลแลคโตส (โดยเฉพาะในส่วน of น้ำตาลกลูโคส) กรดอะมิโนพวกทรีโอนีน (Threonine) และเมไทโอนีน (Methionine) จะแสดงปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในการผลิตอะซิโตนัลไฮด์ โดยที่หัวเชื้อทั้งสองจะสร้างสารอะซิโตนัลไฮด์และเอธานอลจากกลูโคส ด้วยเอนไซม์อัลดีไฮด์ ดีไฮโดรจีเนส และแอลกอฮอล์ ดีไฮโดรจีเนสตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของทรีโอนีนเกิดจากเอนไซม์ทรีโอนีนอัลโลส ซึ่งจะเกิดใน *L. spp.* มากกว่า *S. spp.* และการเปลี่ยนแปลงของเมไทโอนีนไปเป็นอะซิโตนัลไฮด์และจะเกิดขึ้นในเชื้อ *S. thermophilus* เท่านั้น (Tamime and Robinson, 1999)

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักสามารถแบ่งเป็นส่วนประกอบที่เพิ่มขึ้นและลดลงได้แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบในระหว่างการหมักโยเกิร์ต

ส่วนประกอบที่ลดลง	ส่วนประกอบที่เพิ่มขึ้น
แลคโตส	กรดแลคติก กาแลคโตส กลูโคส โพลีแซคคาไรด์
โปรตีน	เพปไทด์ กรดอะมิโนอิสระ
ยูเรีย	แอมโมเนีย
ไขมัน	กรดไขมันอิสระ
วิตามินต่าง ๆ (เช่น วิตามินบี 12 วิตามินซี)	วิตามินบางชนิด เช่น กรดโฟลิก
กรดอินทรีย์บางชนิด เช่น อิบพริก ไอโรติก	กรดอินทรีย์บางชนิด เช่น ซักซินิก ฟูมาริก เบนโซอิก นิวคลีโอไทด์บางชนิด เช่น CMP AMP UMP GMP NAD สารประกอบในกลีเซอรอล เช่น อะซีตัล ดีไฮด์ อะซิโตน ไดอะซีตัล เอนไซม์ เช่น ปีตา-กาแลคโตซิเดส โปรตีนเอส มวลแบคทีเรีย (ซึ่งประกอบด้วยกรด นิวคลีอิก ลิพิด คาร์โบไฮเดรต โปรตีน)

ที่มา : วราวุฒิ และรุ่งนภา (2532)

การเก็บรักษาคุณภาพของโยเกิร์ต

ปกติโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บประมาณ 10 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ตจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของหัวเชื้อที่มีอยู่ในโยเกิร์ตนั่นเอง แม้ว่ากิจกรรมดังกล่าวจะต่ำมากก็ตาม ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้กลีเซอรอลของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไปและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สุดท้ายหัวเชื้อแบคทีเรียจะถูกทำลายและโยเกิร์ตจะเกิดการแยกชั้นของไขมันและเวย์ซึ่งมีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ เช่น ยีสต์และราเจริญได้ ดังนั้นในการผลิตจึงควรระมัดระวังในเรื่องการปนเปื้อนของเชื้อราและยีสต์ในหัวเชื้อโยเกิร์ต รวมทั้งในระหว่างกระบวนการจัดจำหน่าย (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532)

ในปัจจุบันโยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นล้วนมีการพัฒนาปรับปรุงรสชาติ และเนื้อสัมผัสเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น ดังนั้นในการใช้วัตถุดิบต่าง ๆ ที่มีคุณภาพ การควบคุมกรรมวิธีการผลิตให้เป็นไปตามที่กำหนด รวมทั้งการใช้หัวเชื้อที่มีคุณภาพ ล้วนมีผลให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับและเพิ่มความนิยมในโยเกิร์ตด้วย

ในระหว่างการเก็บรักษาโยเกิร์ตมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่า pH และการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ จากกิจกรรมของเอนไซม์อย่างช้า ๆ ในระหว่างการเก็บรักษาแม้ว่าจะเก็บในตู้เย็นก็ตาม (Walstra *et al.*, 1999) การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษามีดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบที่ให้กลิ่นที่ดีของโยเกิร์ต เช่น อะซิทิลดีไฮด์ เอธิลอะซีเตต ไดอะซีติลและเมธานอล โดยปริมาณอะซิทิลดีไฮด์ เอธิลอะซีเตตและไดอะซีติล ในโยเกิร์ตน้ำนมแพะจะลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำนมวัวจะมีเพียงปริมาณอะซิทิลดีไฮด์เท่านั้นที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษานาน 10 วัน ที่อุณหภูมิ 4 หรือ 10 องศาเซลเซียส ในขณะที่ปริมาณอะซีติลและเมธานอลเพิ่มขึ้น (Tamine and Robinson, 1999)
2. อัตราการย่อยสลายโปรตีนเพิ่มขึ้น (Tamine and Robinson, 1999) โยเกิร์ตอาจมีรสขมเนื่องจากเกิดการย่อยสลายของโปรตีนมากเกินไป
3. ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาโยเกิร์ต 5 วันแรก ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะคงที่ แม้ว่าจะเก็บไว้นานถึง 35 วันก็ตาม (Dave and Shah, 1997)
4. ค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือค่า pH ลดลง ตามปกติค่า pH ของน้ำนมวัวมีค่าเท่ากับ 6.55-6.62 จากนั้นจะลดลงเป็น 4.33-4.64 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักโยเกิร์ต และจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ ในระหว่างการเก็บรักษาโยเกิร์ตเป็นเวลา 35 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยที่เวลาการเก็บรักษา 35 วัน โยเกิร์ตมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.16-4.40 โยเกิร์ตจะมีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น (Dave and Shah, 1997)
5. จำนวนแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกที่รอดชีวิตลดลง จำนวนเชื้อ *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *S. thermophilus* จะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาโยเกิร์ต โดยหลังจากการผลิตโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3.5-4.0 ชั่วโมง ปริมาณ *S. thermophilus* จะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 25-38 ระหว่างการเก็บรักษา 5 วันแรก ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และยังคงมีกิจกรรมอยู่ตลอดช่วงระยะเวลาดังกล่าว แต่หลังจากนั้นจำนวน *S. thermophilus* ที่รอดชีวิตจะลดลงประมาณร้อยละ 9.5-61.8 ในช่วงเวลาการเก็บอีก 30 วันที่เหลือ ส่วนจำนวนของ *L. bulgaricus* จะเพิ่มขึ้นจากจำนวนเริ่มต้น $1.20-3.00 \times 10^7$ โคโลนี/มิลลิลิตร ประมาณ 12-22 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการหมักโยเกิร์ต และระหว่างการเก็บรักษาพบว่า จำนวน *L. bulgaricus* ลดลงประมาณร้อยละ 50 ระหว่างการเก็บรักษา 5 วันแรก ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังจากนั้นจะมีปริมาณลดลงอีกเล็กน้อยในช่วง 5 วันถัดไป และอีก

5 วันต่อมาจะมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว จนในที่สุดเมื่อเก็บรักษาครบ 35 วัน พบว่า จำนวนเชื้อ *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* มีจำนวนน้อยกว่า 10^5 โคโลนี/มิลลิลิตร จึงกล่าวได้ว่าจำนวน *S. thermophilus* ที่รอดชีวิตมีมากกว่า *L. bulgaricus* เนื่องจากจำนวน *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ที่รอดชีวิตมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วและลดลงมากกว่า 4 log cycle (Dave and Shah, 1997)

6. เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Off-flavors) เนื่องจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์โดยเฉพาะยีสต์ และรา จุลินทรีย์จะทำให้เกิดกลิ่นยีสต์ กลิ่นผลไม้ กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นเนย หรือรสขม โดยผู้บริโภคจะสามารถรับรู้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้เมื่อยีสต์และรามีจำนวนประมาณ 10^4 โคโลนี/มิลลิลิตร ขึ้นไป นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเมื่อมีออกซิเจนอยู่ในบรรจุภัณฑ์ ฉะนั้นการบรรจุควรให้มีช่องว่างภายในภาชนะบรรจุน้อยที่สุดและวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุควรมีคุณสมบัติให้อากาศผ่านได้น้อย ขอบกพร่องนี้ยังอาจมีสาเหตุจากการใช้อุณหภูมิในการหมักต่ำ หรืออาจเกิดจากนํ้ามันดิบที่ใช้มีการปนเปื้อนของเพนิซิลินจึงทำให้จุลินทรีย์เริ่มต้นไม่สามารถเจริญเติบโตและผลิตกรดได้ รวมไปถึงอาจเกิดจากนํ้ามันดิบที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จึงทำให้มีกลิ่นดังกล่าวในผลิตภัณฑ์สุดท้ายก็ได้ (สุมาลี, 2541; Harrigan, 1998; Walstra *et al.*, 1999)

นวนลภา (2546) ศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตนํ้านมข้าวโพด โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำและเข้มขึ้นเมื่อเก็บนานขึ้น และโยเกิร์ตมีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ไม่พบเชื้อยีสต์และราตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เก็บไว้ได้นานเป็นเวลา 21 วัน

Katsiari *et al.* (2002) ศึกษาคุณภาพของโยเกิร์ตที่ผลิตจากนํ้านมแกะที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ต ด้านลักษณะปรากฏและสี โครงสร้างเจลและเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวมของโยเกิร์ตที่ผลิตจากนํ้านมแกะแช่เยือกแข็ง ไม่แตกต่างทางสถิติกับโยเกิร์ตตัวอย่างควบคุมที่ผลิตจากนํ้านมสด

ประโยชน์ของโยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตในผลิตภัณฑ์หลังเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต จุลินทรีย์โยเกิร์ตต้องยังคงมีชีวิตอยู่และสามารถดำเนินกิจกรรมต่อไปได้ (FAO/WHO, 1984) ในสภาวะที่เหมาะสมจุลินทรีย์โยเกิร์ตสามารถทำหน้าที่และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของผู้บริโภค จึงส่งผลให้โยเกิร์ตได้ชื่อว่า “อาหารมหัศจรรย์ (Miracle food)” สำหรับเด็กวัยรุ่น ผู้สูงอายุ ผู้รักสุขภาพหรือผู้ที่สนใจอาหารธรรมชาติ (Fuller,

1995) ข้อดีของแบคทีเรียกรดแลคติกคือ ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ การย่อยสลายแลคโตส ลดอาการท้องร่วงรุนแรง ปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ ต่อต้านมะเร็งบางชนิด เพิ่มภูมิคุ้มกัน และการลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด (Gilland, 1990)

1. คุณค่าทางโภชนาการ (Nutrition value)

โยเกิร์ตเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่มีพลังงานและไขมันต่ำ (จำแนกตามปริมาณไขมันนม) อุดมด้วยแคลเซียม และโปรตีนนมคือ เคซีน (Casein) และโปรตีนเวย์ (Whey protein) ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็น และกรดอะมิโนอิสระหลายชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนม พบว่า โยเกิร์ตมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าน้ำนม เนื่องจากส่วนประกอบที่เติมลงในน้ำนมที่ใช้ผลิตหรือในโยเกิร์ตโดยตรง และผลอันเกิดจากการหมักของจุลินทรีย์โยเกิร์ต (Deeth and Tamine, 1981) คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ต

สารอาหาร (หน่วย/100 กรัม)	โยเกิร์ต		
	ไขมันเต็ม	ไขมันต่ำ	ผลไม้/ไขมันต่ำ
ความชื้น (กรัม)	81.9	84.9	77.0
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	79	56	90
โปรตีน (กรัม)	5.7	5.1	4.1
ไขมัน (กรัม)	3.0	0.8	0.7
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	7.8	7.5	17.9
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	200	190	150
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	170	160	120
โซเดียม (มิลลิกรัม)	80	83	64
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	280	250	210
สังกะสี (มิลลิกรัม)	0.7	0.6	0.5

ที่มา: ดัดแปลงจาก Tamine and Robinson (1999)

2. ความสามารถในการย่อย (Digestibility)

การบริโภคโยเกิร์ตแล้วพบว่า ย่อยได้ง่ายกว่าน้ำนม เนื่องจากอนุภาคของเคิร์ดจะไปกระตุ้นการหลั่งเอนไซม์ในการย่อยของต่อมลาย อีกทั้งในโยเกิร์ตมีปริมาณเปปไทด์ (Peptide) และกรดอะมิโนอิสระมากกว่าในน้ำนม เนื่องมาจากการย่อยของแบคทีเรียกรดแลคติกและผลจากการให้ความร้อน นอกจากนั้น ในระหว่างกระบวนการผลิต แบคทีเรียกรดแลคติกได้ย่อยแลคโตสไปก่อนแล้วเกือบครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมดให้เป็นกรดแลคติก ส่วนที่เหลือจุลินทรีย์ก็ทำการย่อยแลคโตส

ต่อจนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว หรือกลูโคส และกาแลคโตส ซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่ลำไส้เล็กได้ (Deeth and Tamine, 1981)

3. การใช้ทางด้านโภชนาบำบัด (Therapeutic use)

การนำโยเกิร์ตมาใช้ในการบำบัดมีได้หลายกรณี เช่น

3.1 การปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้

แบคทีเรียกรดแลคติกมีส่วนช่วยปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ โดยการลดแบคทีเรียที่ก่อโทษซึ่งเป็นผลจากสารเมแทบอลิซึม การผลิตสารยับยั้ง และการปรับปรุงการเคลื่อนที่ของลำไส้ (Alander *et al.*, 1999; Holzapfel *et al.*, 1998) โดยกรดแลคติกจะลดและทำลายแบคทีเรียที่ไม่ทนกรดและแบคทีเรียก่อโรค เช่น *E. coli*, *Mycobacterium tuberculosis* และ *Salmonella* spp. ซึ่งสามารถเติบโตได้ดีที่ระดับความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง และผลิตสารที่ก่อให้เกิดอันตรายได้แก่ เอมีน ฟีนอล อินโดล และไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น การสร้างสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่นของโยเกิร์ต เช่น บัลการิน (Bulgarin) ซึ่งผลิตจาก *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* สามารถผลิตเมธานอลและอะซิโตนซึ่งยับยั้งการเจริญของ *E. coli*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp. และ *Pseudomonas* spp. ช่วยส่งเสริมการแก่งแย่งและยึดติดกับผนังลำไส้ได้ดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น (Yukuchi *et al.*, 1992)

3.2 บำบัดระบบทางเดินอาหารผิดปกติ

โยเกิร์ตมีผลป้องกันและรักษาโรคทั้งในคนและสัตว์ที่มีความผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องร่วง ท้องผูก ระบบทางเดินอาหารอักเสบของเด็กทารก เนื่องจากโยเกิร์ตเป็นอาหารที่ย่อยง่ายและเป็นผลมาจากการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ (Deeth and Tamine, 1981)

3.3 บำบัดโรคแพ้น้ำตาลแลคโตส (Lactose intolerance)

ผู้ที่ขาดน้ำย่อยแลคเตสมาแต่กำเนิด หรือผู้ที่ไม่ได้ดื่มนมมาเป็นเวลานาน เมื่อดื่มนมทำให้เสี่ยงต่ออาการท้องแน่น (Fluctulence) ท้องเสีย (Diarrhea) แต่เมื่อบริโภคโยเกิร์ตแล้วอาการเหล่านี้จะไม่เกิดขึ้น เนื่องจากหลังจากบริโภคโยเกิร์ตแล้วจุลินทรีย์โยเกิร์ตยังคงทำหน้าที่ย่อยน้ำตาลแลคโตสต่อไป เมื่อเข้าถึงส่วนของลำไส้เล็กปริมาณแลคโตสที่เหลืออยู่จึงมีปริมาณน้อยและลักษณะลิ้นนมของโยเกิร์ตยังอยู่อย่างสมบูรณ์หลังจากบริโภคแล้วทำให้การกระจายตัวของแลคโตสเข้าสู่ผนังลำไส้เป็นไปอย่างช้า ๆ ผลเสียที่จะเกิดขึ้นจากการย่อยแลคโตสจึงเกิดขึ้นน้อย ถ้ามีก็ไม่รุนแรงมากนัก โยเกิร์ตจึงเป็นอาหารที่เหมาะสมกับกลุ่มคนที่แพ้น้ำตาลแลคโตส (Suarez and Savaiano, 1997) รวมถึงผู้ป่วย

ที่มีน้ำตาลในเลือดสูงด้วยแต่โยเกิร์ตนั้นต้องไม่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่สูงมาก หรือมีรสหวานจัด (จารุวรรณ, 2543)

3.4 บำบัดโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis)

โยเกิร์ตเป็นอาหารที่อุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งที่ดีของแคลเซียม ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน โรคกระดูกเสื่อมในหญิงวัยหมดประจำเดือน และผู้สูงอายุ (Deeth and Tamine, 1981) โดยเฉพาะแคลเซียมที่อยู่ในโยเกิร์ตจะถูกดูดซึมไปใช้ได้ดีกว่าในรูปอื่น ๆ เนื่องจากการรับประทานโยเกิร์ตเป็นการเพิ่มกรดแลคติกเพื่อแทนที่กรดในกระเพาะอาหารที่ขาดไป ทำให้การย่อยอาหารดีขึ้นและช่วยให้ร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้สูงขึ้น และยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดูกและฟันอีกด้วย

3.5 ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

เชื้อ *Lactobacillus* spp. ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจที่เกิดจากระดับคอเลสเตอรอลสูง ซึ่งเป็นผลจากสารไฮดรอกซีเมทิลกลูตาเรต (Hydroxy methylglutarate) ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย (O'Sullivan *et al.*, 1992)

3.6 ต่อต้านมะเร็ง

สารในโยเกิร์ตที่ทำหน้าที่ต่อต้านมะเร็งสามารถแยกได้จากโยเกิร์ตส่วนที่เป็นของแข็งด้วยวิธีแยกลำดับส่วน (fractionation) (Ayebo *et al.*, 1981) บนเรซินแบบแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange resin) ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการผลิต หรือการเก็บโยเกิร์ต (Reddy *et al.*, 1983) ซึ่งมีผลยับยั้งการเติบโตของมะเร็งในระยะเริ่มต้น

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ไม่ได้ผลิตจากนมวัว

ปกติโยเกิร์ตทำจากนมวัวเพียงอย่างเดียว แต่ในช่วงหลังพบว่ารัฐชาติมีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของใยอาหาร (Dietary fiber) ซึ่งนมวัวไม่มี จึงมีการใช้ธัญชาติชนิดต่าง ๆ เป็นส่วนผสมในการทำโยเกิร์ต ได้แก่ ข้าว ถั่วเหลือง ข้าวโพด และข้าวโอ๊ต เป็นต้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและเพิ่มชนิดของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดให้หลากหลายขึ้น

จารุวรรณ และคณะ (2543) ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตจากกะทิ โดยใช้มะพร้าวทึนทึกมาคั้นน้ำกะทิ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วตักไขส่วนผิวหน้าออก นำมาผสมกับหางนมความเข้มข้นร้อยละ 15 ในอัตราส่วนของน้ำกะทิกับสารละลายหางนมเท่ากับ 1 ต่อ 1.25 เติมเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตซึ่งเป็นเชื้อผสมระหว่าง *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ปริมาณร้อยละ 4 แล้วบ่ม

ที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ได้โยเกิร์ตกะทิที่มีเนื้อสัมผัสเนียน มีความข้นหนืดสูงและมีปริมาณไขมันต่ำ โยเกิร์ตกะทิที่ได้สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส

จิรากร (2546) ทำการผลิตโยเกิร์ตจากนํ้านมข้าวโพด โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตชนิดผงที่จำหน่ายในทางการค้า ซึ่งเป็นเชื้อผสมระหว่าง *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ปริมาณร้อยละ 3 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง พบว่าโยเกิร์ตจากนํ้านมข้าวโพดที่ได้มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี ความเรียบเนียน การแยกตัวของน้ำ ความข้นหนืด กลิ่นนมผง กลิ่นข้าวโพด กลิ่นกรด รสเปรี้ยว รสหวาน และการยอมรับรวม โดยใช้วิธีประเมินแบบ Mean Ideal Ratio Scores มีจำนวนจุลินทรีย์โยเกิร์ตเท่ากับ 7.10×10^9 โคโลนี/กรัม ค่าความเป็นกรดโดยคำนวณเป็นกรดแลกติกร้อยละ 1.11 ของน้ำหนัก ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.97 ปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 20.56 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) และค่าความหนืดเท่ากับ 17,500 เซนติพอยส์ เมื่อทำการวัดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer ใช้เข็มวัดเบอร์ 4 ที่ความเร็วรอบ 2.5 รอบ/นาที

อำพรพรณ และอรชุล (2552) ผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากข้าวกล้อง โดยเตรียมโยเกิร์ตจากนํ้านมข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ พันธุ์มันปู และเส้าให้ ใช้อัตราส่วนข้าวแต่ละสายพันธุ์ต่อนํ้า 1: 3, 1: 4 และ 1: 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) พบว่า สูตรที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตแล้วได้เคิร์ดเนื้อเนียนที่สุด ได้แก่ ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ พันธุ์มันปู และเส้าให้ในอัตราส่วน 1: 3 1: 4 และ 1: 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ มาผลิตเป็นนมเปรี้ยวแล้วนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่านมเปรี้ยวที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือนมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนํ้านมข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ จากนั้นนำมาศึกษาปริมาณคาร์ราจีแนนที่เหมาะสมต่อความคงตัวของนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม พบว่าที่ระดับร้อยละ 0.60 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ให้ผลดีที่สุด

นอกจากนี้ในการผลิตโยเกิร์ตจากธัญชาติ ได้แก่ นํ้านมถั่วเหลืองมีการใช้จุลินทรีย์ในการหมักโยเกิร์ตเช่นเดียวกับที่ใช้ในนํ้านมวัว ซึ่งได้แก่เชื้อ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* พบว่าจุลินทรีย์โยเกิร์ตดังกล่าวสามารถหมักนํ้านมถั่วเหลืองได้ เมื่อมีการเติมนํ้าตาลแลคโตสร้อยละ 2-5 และเวย์โปรตีนเข้มข้น (Whey protein concentrate) หรือนมผงขาดมันเนย (Non fat dry milk) ร้อยละ 3-5 โดยการหมักที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง ค่า pH นํ้านมถั่วเหลืองลดลงจนถึง 4.5 เนื่องจากจุลินทรีย์โยเกิร์ตผลิตกรดแลกติก ทำให้โปรตีนนํ้านมถั่วเหลืองเกิดการตกตะกอน อย่างไรก็ตามพบว่าโยเกิร์ตจากนํ้านมถั่วเหลืองที่ได้ไม่มีกลิ่นรสที่ดีของโยเกิร์ตเหมือนกับโยเกิร์ตจากนํ้านมวัว (Cheng *et al.*, 1990; Lee *et al.*, 1998; Karleskind *et al.*, 1991) โดยโยเกิร์ตจากนํ้านมถั่วเหลืองยังคงมีกลิ่นรสของถั่ว หรือกลิ่นสาบหยาบ ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเมื่อทำการ

เติมโซเดียมเคซีเนตร้อยละ 0.25 พบว่า สามารถปรับปรุงกลิ่นรสของโยเกิร์ตน้ำนมถั่วเหลืองได้ โยเกิร์ตน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้มีกลิ่นรสดี ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (Granata and Morr, 1996)

สารให้ความคงตัว (Stabilizer)

การใช้สารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น เพื่อช่วยเพิ่มความข้นหนืด ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต ทำให้เนื้อเนียน และคงตัว (Hassan *et al.*, 1996) วัตถุประสงค์หลักในการเติมสารให้ความคงตัว (Stabilizers) ในส่วนผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตคือ เพื่อรักษาให้ลักษณะเฉพาะตัวที่ต้องการในโยเกิร์ตให้คงอยู่หรือเพิ่มขึ้น เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด (viscosity/consistency) ลักษณะปรากฏด้านโครงสร้างของเจล และช่วยลดปัญหาการแยกชั้นของหางนม เป็นต้น (Sayed *et al.*, 2002; Younus *et al.*, 2002) นอกจากนี้ สารให้ความคงตัวยังช่วยเพิ่มอายุการเก็บและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ โดยทำให้เจลในน้ำมีปริมาณน้ำอิสระสำหรับการเกิดการแยกชั้นของหางนมลดลง คุณสมบัติที่ดีของสารคงตัวคือ ไม่มีกลิ่น มีประสิทธิภาพสูงในช่วงความเป็นกรดต่ำ และกระจายตัวได้ดีในอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนม สำหรับสารเคมีที่นิยมใช้เป็นสารคงตัว เช่น เจลาติน กัมจากธรรมชาติ ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โคล์สปินกัม กัวร์กัม และ ซีวีดกัม (Seaweed gums) ได้แก่ อัลจิเนตและคาราจีแนน เป็นต้น สารคงตัวเหล่านี้อาจใช้เพียงสารประกอบชนิดเดียว หรือสารประกอบผสมหลายตัว ซึ่งสารประกอบแบบหลังจะเป็นที่นิยมในการค้ามาก เนื่องจากสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหลายชนิดนั่นเอง สารให้ความคงตัวที่ใช้ได้แก่

1. โซเดียมอัลจิเนต (Sodium alginate) เป็นสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดได้จากสาหร่ายสีน้ำตาล เมื่อเติมโซเดียมอัลจิเนตลงในส่วนผสมทั้งหมดแล้ว จำเป็นต้องให้ความร้อนส่วนผสมจนถึง 68.3-71.1 องศาเซลเซียส เพื่อให้ละลาย

2. คาราจีแนน (Carrageenan) เป็นสารประกอบคอลลอยด์อีกชนิดหนึ่งที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง (De Ruiter and Rudolph, 1997) มักใช้ร่วมกับสารคงตัวชนิดอื่นโดยใช้ประมาณร้อยละ 0.02 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ในการใช้ควรให้ความร้อนถึง 70 องศาเซลเซียส ในระหว่างการผลิตจึงจะได้ผลดี

3. โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Sodium carboxyl methyl cellulose) ใช้กันมากในปัจจุบัน สามารถละลายได้ง่ายในน้ำเย็น ซึ่งการใช้สารดังกล่าวจะมีผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีลักษณะเหนียว (Marshall and Arbuckle, 1996) ปริมาณที่ใช้ผันแปรระหว่างร้อยละ 0.15-0.20 นิยมใช้ร่วมกับคาราจีแนน โคล์สปินกัม กัวร์กัม (Fedderson and Trop, 1993)

4. สารให้ความคงตัวประเภทกัม (Gum-type stabilizers) เช่น โคล์สปินกัม (Locust bean gum) และกัวร์กัม (Guar gum) เป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ที่ได้จากพืช โดยกัวร์กัมจะมีข้อ

ได้เปรียบกว่าคือ ละลายได้ดีในน้ำเย็น แต่โลคัสปีนกันนั้นจะต้องให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส 15 นาที จึงจะละลาย

5. เจลาติน (Gelatin) เป็นสารให้ความคงตัวชนิดแรกที่เกิดขึ้นในทางการค้า ปริมาณของเจลาตินที่ใช้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่น แหล่งที่มาของเจลาติน ความแข็งแรงของเจล ค่าความหนืด เป็นต้น

6. เอกา (Agar) เป็นสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง มักใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมเชอร์เบตและไอศ โดยใช้ร่วมกับกัม และเจลาติน ปกติจะไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะละลายได้ดีในน้ำร้อนอุณหภูมิตั้งแต่ 85 องศาเซลเซียส ขึ้นไป (Marshall and Arbuckle, 1996.)

Belgin *et al.* (2003) ได้ทำการศึกษาการใช้โลคัสปีนกัน (locust bean gum) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำชนิดคงตัว (set yogurt) พบว่า ช่วยลดค่าการแยกตัวของน้ำในโยเกิร์ตเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ใช้นมผงเป็นส่วนผสมหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

Fizman *et al.* (1999) ทำการทดลองเติมเจลาตินลงในส่วนผสมนํ้านมสำหรับผลิตโยเกิร์ต ทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีลักษณะเจลแข็งแรงปานกลาง ระดับการแยกชั้นของนํ้าหางนมลดลง แต่เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตที่ได้นี้ค่อนข้างแข็งกว่าโยเกิร์ตที่ไม่เติมเจลาติน

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

1. ข้าวกล้องพันธุ์หอมไชยา
2. โยเกิร์ตธรรมชาติ ยี่ห้อ ดัมมิลล์ (Plain yogurt)
3. เจลาติน
4. เพคติน
5. แป้งข้าวโพด
6. ขวดพลาสติก
7. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ สารละลาย 0.1% peptone water, อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป MRS Agar (Merck, Germany) เป็นต้น

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดพีไอเอช ชั่ง รุ่น cyberscan 510 ยี่ห้อ EUTECH INSTRUMENTS
2. เครื่องชั่ง รุ่น N 28110 ยี่ห้อ OHAUS
3. เครื่องวัดความหนืด รุ่น RVDV II ยี่ห้อ Brookfield
4. อุปกรณ์เครื่องครัวต่าง ๆ
5. อุปกรณ์เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. เครื่องวัดของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด รุ่น HRN32 ยี่ห้อ Hambrug
8. อุปกรณ์เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

วิธีการ

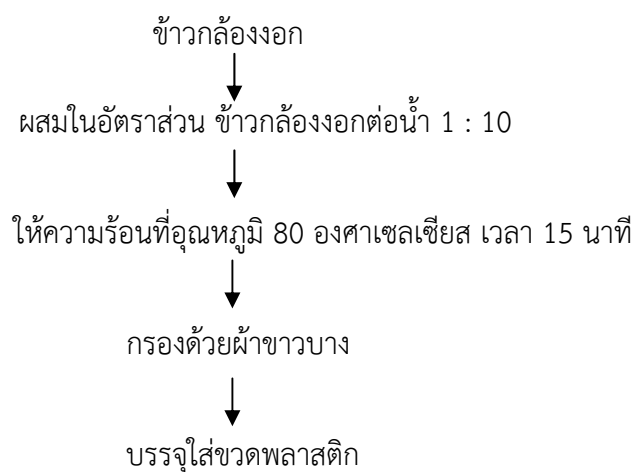
1. ศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

1.1 การเตรียมข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

เป็นการเตรียมข้าวก่อนนำไปทำเป็นข้าวงอก (นิดดา, 2552) โดยนำข้าวมาล้าง แขน้ำสูงประมาณ 1 นิ้ว 1 คืบ นำข้าวมาห่อด้วยผ้าขาวบางพรมน้ำใช้ซุ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงได้ข้าวกล้องงอก

1.2 การผลิตน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

การผลิตน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามีวิธีการผลิตแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตน้ำข้าวกล้องงอก

ที่มา : ดัดแปลงจากนิตดา (2552)

1.3 การผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

นำน้ำข้าวกล้องงอกจากข้อ 1.2 มาผลิตโยเกิร์ต (ดัดแปลงจากอำพรพรณ และอรชูล, 2552) ตามขั้นตอนดังนี้

1.3.1 เติมนมขาดมันเนยร้อยละ 10 ในน้ำข้าวกล้องงอก แล้วนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที พักให้อุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 45 องศาเซลเซียส

1.3.2 เติมหั้วเชื้อ (โยเกิร์ตธรรมชาติ ยี่ห้อ ดัชมิลล์) (Plain yogurt) ปริมาตรร้อยละ 10 (ปริมาตรต่อปริมาตร)

1.3.3 บ่มที่อุณหภูมิ 42 - 45 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง

นำโยเกิร์ตที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH meter สี ด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐานแบบ R.H.S Colour Chart ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) โดยใช้ Hand refractometer ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) (A.O.A.C., 2000) วางแผนการทดลองแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบระดับความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวม ใช้ผู้ชิมที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA : Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีดันแคน (DMRT : Duncan's Multiple Range Test) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

2. ศึกษาผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณภาพโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

ศึกษาสารให้ความคงตัวที่เหมาะสมต่อคุณภาพโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา โดยนำโยเกิร์ตจากข้อ 1 มาเติมสารให้ความคงตัว คือ เจลาติน เพคตินและแป้งข้าวโพด โดยใช้สารปริมาณให้ความคงตัวที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 (w/v) ตามลำดับ

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาประเมินคุณภาพด้านความหนืด สี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมด วางแผนการทดลองแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีการทดสอบประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Qualitative descriptive analysis; QDA) ทำการฝึกและคัดเลือกผู้ประเมินคุณภาพ (Panelist Training and Screening) จำนวน 6 คน ซึ่งทั้งหมดเป็นผู้ที่มีประสบการณ์การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมาก่อนและทำการฝึก 3 ครั้ง ในระหว่างการประชุมการฝึกผู้ประเมินเป็นการฝึกเพื่อหาคุณลักษณะ (attributes) กำหนดคุณลักษณะกลิ่น และกลิ่นรสต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพอสังเขป คือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นข้าวกล้องงอก รสชาติ ความหนืด ความเรียบเนียน จากนั้นฝึกให้ผู้ประเมินคุ้นเคย กับ คุณลักษณะด้านกลิ่น กลิ่นรส และคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสที่ได้จากการฝึกครั้งที่

1 และจากนั้นจะใช้โยเกิร์ตจำนวน 6 ตัวอย่าง เป็นตัวแทนที่ให้คุณลักษณะระดับสูง (extreme properties) ในการทดสอบผู้ประเมิน และบรรยายลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างตัวอย่างรวมถึงความหมาย และคำจำกัดความของคุณลักษณะให้ผู้ทดสอบเข้าใจตรงกัน ดังภาคผนวก ง ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยการให้คะแนนบนเส้นคะแนนที่มีความยาว 10 เซนติเมตร ซึ่งมีช่วงคะแนนเท่ากับ 0-10 (แผ่นคะแนนในภาคผนวก ง) ผู้ทำการประเมินจะได้รับตัวอย่างโยเกิร์ตซึ่งติดรหัสเป็นตัวเลข 3 หลัก คนละ 4 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างบรรจุอยู่ในถ้วยพลาสติกปิดฝา ขนาด 100 มิลลิลิตร และควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 4 องศาเซลเซียส ก่อนการเสิร์ฟ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA : Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีดันแคน (DMRT : Duncan's Multiple Range Test) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3. ศึกษาผลของการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

ศึกษาผลของการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยนำเมล็ดข้าวกล้องงอกไปต้มให้มีลักษณะเหมือนข้าวต้มและนำไปสะเด็ดน้ำ แล้วนำเมล็ดข้าวที่ได้ไปผสมในโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 15 และ 20 (w/v)

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีทดสอบระดับความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวมให้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA : Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีดันแคน (DMRT : Duncan's Multiple Range Test) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

4. ศึกษาปริมาณสารอาหารในโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

นำชุดการทดลองที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากข้อ 3 มาวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบา (Park and Oh, 2007) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังนี้ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี A.O.A.C. (2000) วางแผนการทดลองแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD)

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไผ่ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวมกับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป (Consumer) จำนวน 200 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA : Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีดันแคน (DMRT : Duncan's Multiple Range Test) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

6. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไผ่

ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไผ่ที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากข้อ 3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 3 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยทำการศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยาโดยการหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่ทำให้เกิดการดัดแปร (Kristo *et al.*, 2003) และปริมาณยีสต์และรา (Harrigan, 1998) ประเมินคุณภาพทางเคมีโดยวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง วางแผนการทดลองแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีการทดสอบประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Qualitative descriptive analysis; QDA) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 6 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA : Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีดันแคน (DMRT : Duncan's Multiple Range Test) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

1. ศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไผ่

จากการศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา โดยนำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา มาผลิตเป็นน้ำข้าวกล้องงอก เพื่อใช้ผลิตโยเกิร์ต ในการศึกษา นำน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า มาผลิตเป็นโยเกิร์ตเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านความหนืดด้วยเครื่อง brookfield viscometer ความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH meter สี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) โดยใช้ Hand refractometer ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) (A.O.A.C., 2000) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจำนวน 30 คน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	pH	ความหนืด	TSS (°Brix)	TS (%)	สี
1	4.39±0.02 ^{a*}	280.00±23.09 ^a	12.30±0.10 ^a	15.21±0.19 ^a	D White group 155
2	4.44±0.02 ^b	448.89±7.70 ^b	12.30±0.90 ^a	14.91±0.77 ^a	B White group 155
3	4.40±0.01 ^a	4324.44±15.40 ^c	18.33±0.58 ^b	23.54±0.99 ^b	A White group 155

หมายเหตุ : *อักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

1 = โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า

2 = โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

3 = โยเกิร์ตทางการค้า

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าคุณภาพทางด้านกายภาพของโยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ ที่ได้ พบว่า สีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ มีสีขาว ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอม ไชยามีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ (P<0.05) ด้านความหนืด โยเกิร์ตทางการค้ามีค่าความหนืดสูงสุด (P<0.05) โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา จะมีความหนืดสูงกว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า (P<0.05) เนื่องจากน้ำข้าวกล้องงอกประกอบของสตาร์ชอยู่เมื่อนำไปให้ความร้อนในขั้นตอนฆ่าเชื้อ สตาร์ชจะดูดซึมน้ำและเกิดการพองตัวได้มากขึ้นจนในที่สุดเม็ดสตาร์ชแตกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืด (อรอนงค์, 2538) ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ในโยเกิร์ตทางการค้าจะมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า และโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา (P<0.05)

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบรวม
----------	-------------	----	---------	--------	------------

1	8.47±1.62 ^{a*}	7.53±0.71 ^a	6.67±1.81 ^a	8.70±1.93 ^a	8.22±1.68 ^a
2	6.03±1.45 ^b	7.47±0.68 ^a	6.63±1.27 ^a	5.70±1.64 ^c	6.07±1.46 ^c
3	8.50±1.56 ^c	7.13±1.14 ^b	6.63±0.89 ^a	6.47±1.36 ^b	6.37±1.59 ^b

หมายเหตุ : *อักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

1 = โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า

2 = โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

3 = โยเกิร์ตทางการค้า

จากตารางที่ 4.2 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ พบว่าในด้านลักษณะปรากฏ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนอยู่ในระดับชอบมากในตัวอย่างโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า และให้คะแนนในระดับชอบเล็กน้อยในโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา ด้านสีให้คะแนนในระดับชอบปานกลางทุกตัวอย่าง ด้านกลิ่นรสให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยในตัวอย่างโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า และในโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา ด้านรสชาติผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาระดับเฉยๆ และให้คะแนนในระดับชอบมากในโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า ส่วนด้านความชอบรวมผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อย โดยชอบโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามากกว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า (P<0.05) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบเสนอแนะว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามีความหนืดต่ำ ควรจะเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์มีลักษณะใกล้เคียงกับโยเกิร์ตทางการค้า

2. ศึกษาผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณภาพโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

ศึกษาสารให้ความคงตัวที่เหมาะสมต่อโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา โดยนำโยเกิร์ตจากข้อ 1 มาเติมสารให้ความคงตัว คือ เจลาติน เพคตินและแป้งข้าวโพด โดยใช้สารให้ความคงตัวที่ระดับแตกต่างกัน 5 ระดับ คือร้อยละ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 (w/v) ตามลำดับ เมื่อนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ได้มาประเมินคุณภาพด้านความหนืด สี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) (ตารางที่ 4.3) พบว่า เมื่อปริมาณสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืด TSS และ TS เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ค่า TSS และ TS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารให้ความคงตัวที่ใช้เพิ่มขึ้น โยเกิร์ตที่ใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวจะมีสีขาวมากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ปริมาณเจลาตินที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพคตินและแป้งข้าวโพดเป็นสารให้ความคงตัวมีสีขาวน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัว การใช้เจลาตินที่

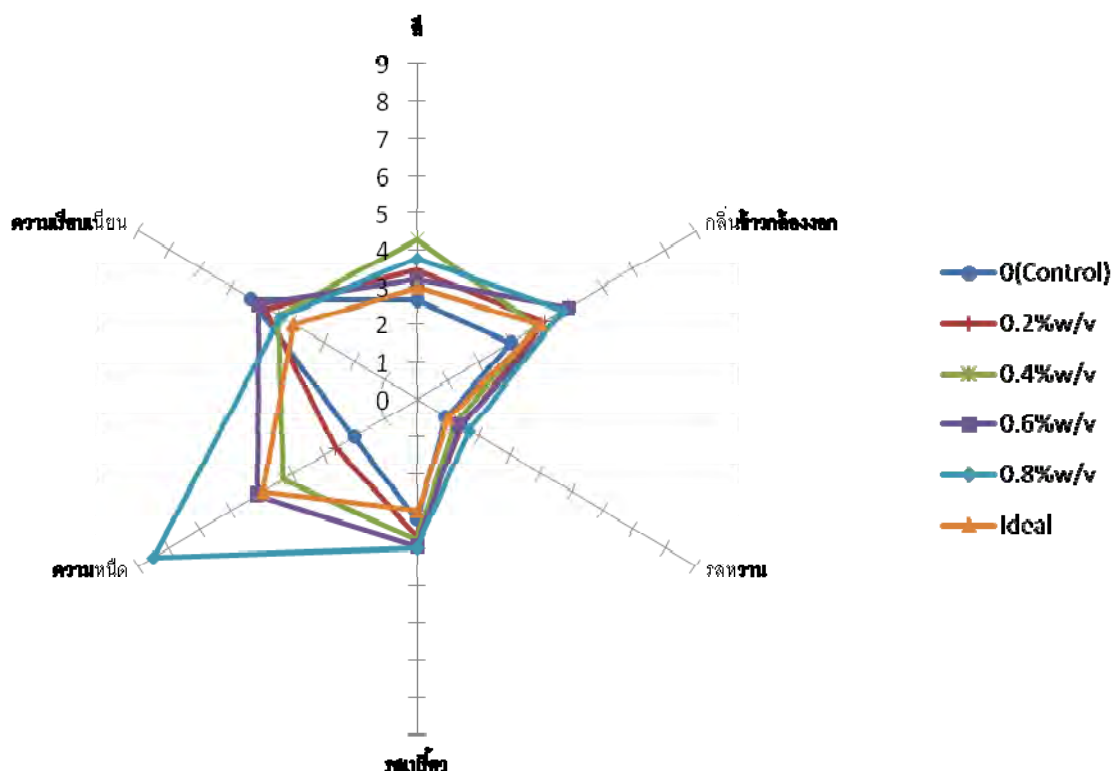
ระดับร้อยละ 0.6 ให้ความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า (ตารางที่ 4.1) เนื่องจากเจลาตินจะไปช่วยเพิ่มความหนืดและความแน่นเนื้อของโยเกิร์ตจึงทำให้โยเกิร์ตที่ใช้เจลาตินมีค่าความหนืดสูงกว่าการใช้เพคตินและแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้นระดับเดียวกัน (Fizman *et al.*, 1999) การใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวจะทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเกิดเคิร์ดที่ดีและช่วยลดการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ (Jawalekar *et al.*, 1993) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ความเข้มข้นของระดับเจลาติน เพคติน และแป้งข้าวโพดที่ใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โยเกิร์ตจะมีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายอยู่ในช่วง 3.8-4.2 (Tamime and Robinson, 1999) สอดคล้องกับ Kumar and Mishra (2004) ผลิตภัณฑ์เสริมถั่วเหลือง มะม่วง โดยใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดคือ เจลาติน เพคตินและโซเดียม อัลจิเนตในระดับต่าง ๆ คือ ร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.8 (w/w) เป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตโยเกิร์ต พบว่า การใช้เจลาตินที่ระดับร้อยละ 0.4 (w/w) ทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ สี รูปร่าง เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบรวมที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เพคตินและโซเดียมอัลจิเนตเป็นสารให้ความคงตัว

ตารางที่ 4.3 แสดงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติมสารให้ความคงตัวระดับต่าง ๆ

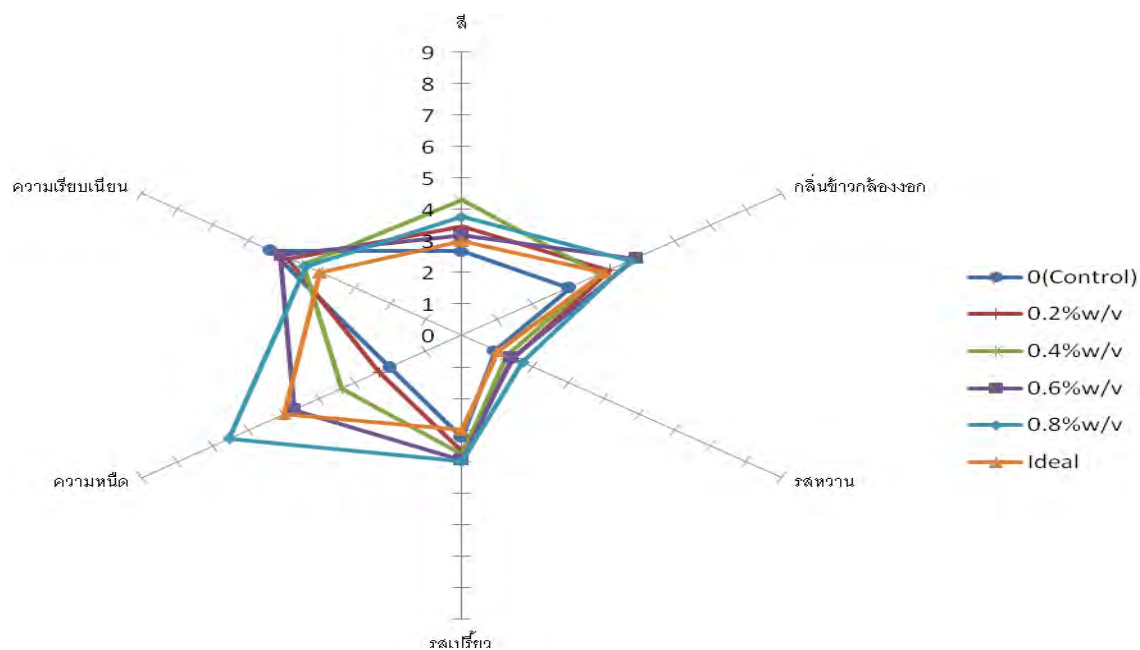
Stabilizers (% w/v)	pH	ความหนืด (Cp)	TSS (°Brix)	TS (%)	สี
เจลาติน					
0	4.39±0.01 ^{a*}	286.00±1.70 ^e	12.30±0.10 ^a	15.31±0.25 ^a	B White group 155
0.2	4.38±0.03 ^a	1547.39±0.86 ^d	12.30±0.90 ^a	15.53±0.09 ^{ab}	B White group 155
0.4	4.42±0.03 ^a	3213.27±1.90 ^c	18.33±0.58 ^a	15.70±0.23 ^{bc}	A White group 155
0.6	4.41±0.03 ^a	4332.14±1.40 ^b	18.33±0.58 ^a	15.96±0.12 ^c	A White group 155
0.8	4.41±0.02 ^a	7874.52±0.25 ^a	18.33±0.58 ^a	15.97±0.04 ^c	A White group 155
เพคติน					
0.2	4.37±0.03 ^a	1043.42±0.93 ^b	12.30±0.72 ^c	13.53±0.11 ^{ab}	B White group 155
0.4	4.38±0.02 ^a	1213.27±1.70 ^b	13.33±0.81 ^b	13.70±0.25 ^{bc}	B White group 155
0.6	4.40±0.03 ^a	2332.14±1.20 ^{cd}	14.33±0.47 ^b	13.96±0.17 ^c	B White group 155
0.8	4.41±0.12 ^a	3874.52±1.02 ^c	14.33±0.70 ^b	13.97±0.14 ^c	B White group 155
แป้งข้าวโพด					
0.2	4.39±0.03 ^a	247.39±1.54 ^e	11.30±0.66 ^c	11.53±0.25 ^{ab}	B White group 155
0.4	4.40±0.03 ^a	1313.17±1.30 ^b	11.33±0.93 ^c	11.70±0.18 ^{bc}	B White group 155
0.6	4.41±0.02 ^a	1532.31±1.13 ^b	12.33±0.84 ^c	11.96±0.19 ^c	B White group 155
0.8	4.41±0.05 ^a	2263.14±0.22 ^{cd}	13.33±0.76 ^b	11.97±0.14 ^c	B White group 155

หมายเหตุ : *อักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

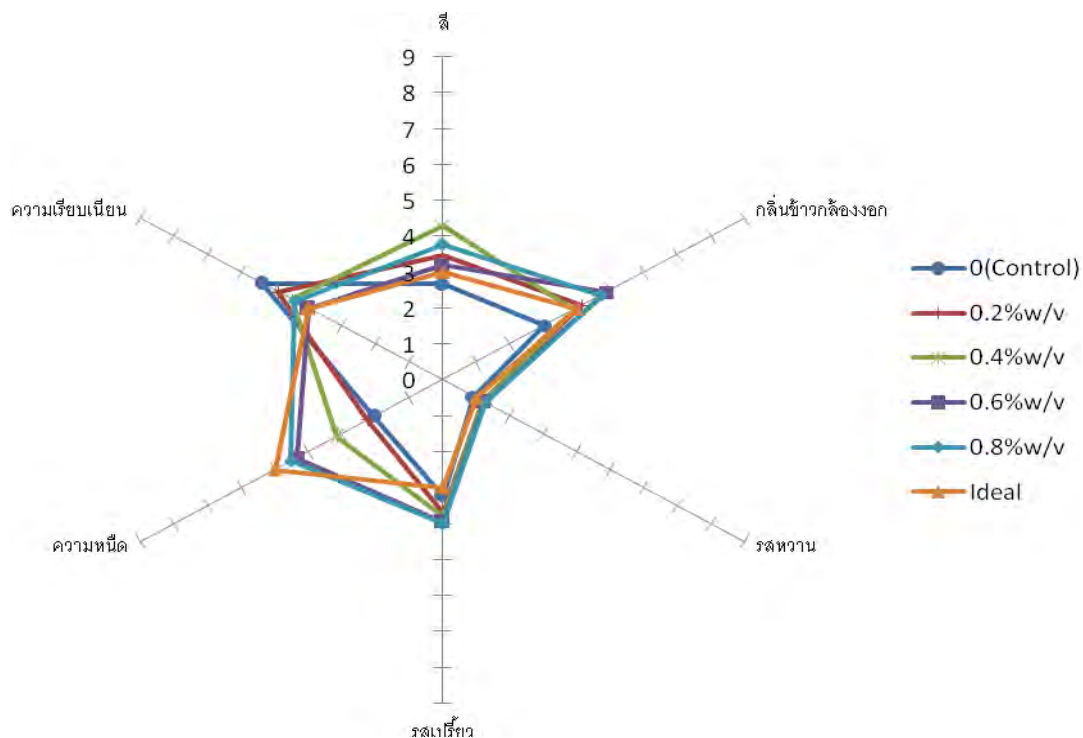
เมื่อนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ใช้เจลาติน เพคติน และแป้งข้าวโพด เป็นสารให้ความคงตัวที่ระดับต่าง ๆ คือ ร้อยละ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 (w/v) มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี QDA ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน 6 คน ได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 พบว่า จากผลการทดลองการใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวที่ระดับร้อยละ 0.6 (w/v) ให้ค่าสี กลิ่นข้าวกล้องงอก รสหวาน รสเปรี้ยว ความหนืดและความเรียบเนียน มีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เพคตินและแป้งข้าวโพดที่ระดับเดียวกัน ดังนั้นจึงเลือกชุดการทดลองที่ใช้สารให้ความคงตัวที่ระดับเจลาตินร้อยละ 0.6 (w/v) เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป



ภาพที่ 4.1 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติมเจลาตินที่ระดับต่าง ๆ



ภาพที่ 4.2 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติม เพคตินที่ระดับต่าง ๆ

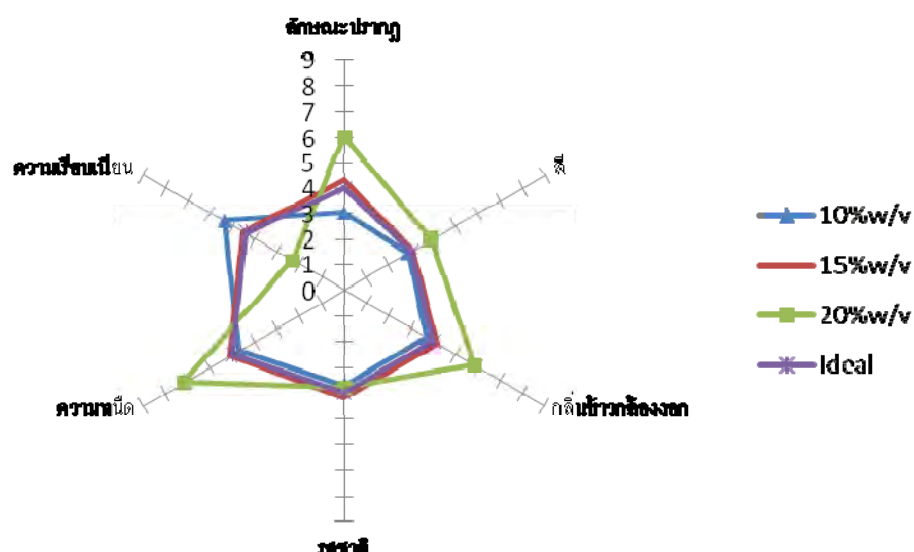


ภาพที่ 4.3 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติม แป้งข้าวโพดที่ระดับต่าง ๆ

3. ศึกษาผลของการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

ศึกษาผลของการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยนำเมล็ดข้าวกล้องงอกไปต้มให้มีลักษณะเหมือนข้าวต้มและนำไปสะเด็ดน้ำ แล้วนำเมล็ดข้าวที่ได้ไปผสมในโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 15 และ 20 (w/v)

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี QDA โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน 6 คน ได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.4 พบว่า ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติมเมล็ดข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) มีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้มีสีขาว เนื้อโยเกิร์ตมีลักษณะข้น ปริมาณเม็ดข้าวกระจายตัวทั่ว เคี้ยวที่มีความคงตัวสูง เนื้อโยเกิร์ตแน่นและเนียนดี ลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม กลิ่นรสดี มีกลิ่นหอมของข้าวกล้องงอก เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีทดสอบความชอบ 9 ระดับคะแนน ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจำนวน 30 คน พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกที่มีการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์ที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) สูงสุด ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์ที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) ในด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และด้านความชอบรวมสูงสุด ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ในด้านสีและด้านกลิ่นรส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนในระดับชอบมากในทุกชุดการทดลอง ($P > 0.05$) จากการทดลองพบว่า เมื่อมีการเติมข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้นในระดับร้อยละ 15 (w/v) จะส่งผลให้การยอมรับเพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีการเติมข้าวกล้องงอกมากกว่าในระดับนี้จะส่งผลให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ลดลง โดยระดับข้าวกล้องงอกที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด สอดคล้องกับผลการทดลองของ Hui (1993) รายงานว่า การเติมผลไม้ลงไปโยเกิร์ตนั้น ถ้าเติมปริมาณมากเกินไป (excess fruit) จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงมากขึ้น และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ได้เกิดรอยแยกบริเวณผิวหน้าของโยเกิร์ต (cut surface) เนื่องจากขึ้นของผลไม้ที่มีมากเกินไป นอกจากนี้ยังทำให้ระดับสีของโยเกิร์ตไม่เหมาะสม รวมทั้งมีลักษณะโครงสร้างที่ไม่ค่อยอยู่ตัว (Weak body) เกิดขึ้นได้ ดังนั้นจึงเลือกเติมวันมะพร้าวในปริมาณร้อยละ 15 จะเหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 4.4 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี QDA ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่มีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกที่ระดับต่าง ๆ

ตารางที่ 4.4 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่มีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณเมล็ดข้าวกล้องงอก	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบรวม
0	5.15±0.93 ^{c*}	8.11±1.28 ^a	7.87±1.53 ^a	5.68±1.66 ^c	5.79±1.45 ^c
10	5.17±0.91 ^c	8.13±1.31 ^a	7.90±1.49 ^a	5.70±1.64 ^c	5.83±1.42 ^c
15	8.13±0.57 ^a	8.30±1.01 ^a	7.93±1.57 ^a	7.47±1.36 ^a	8.23±0.68 ^a
20	7.37±1.35 ^b	8.37±1.16 ^a	8.03±1.79 ^a	6.42±1.53 ^b	6.87±0.82 ^b

หมายเหตุ : *อักษรในแนวดิ่งที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

4. ศึกษาปริมาณสารอาหารในโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

นำชุดการทดลองที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากข้อ 3 คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) มาวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ปริมาณสารกาบา และวิตามินซี

องค์ประกอบทางเคมีได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่า โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่มีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) มีปริมาณสารกาบา 1.32 mg/100g ปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.52 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.74 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 0.24 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.35 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 7.20 พลังงานที่ได้จากไขมัน 6.66 Kcal/100g และพลังงานทั้งหมด 41.54 Kcal/100g โดยปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามีค่าใกล้เคียงกับโยเกิร์ตไขมันต่ำทั่วไป (ไขมันร้อยละ 0.8) (Tamine and Robinson, 1999) เมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) (ภาคผนวก ข) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรีกับผลิตภัณฑ์ทั่วไปในท้องตลาดโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาจะมีปริมาณต่ำกว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาทำจากน้ำข้าวกล้องงอกที่มีปริมาณไขมันน้อย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีไขมันในระดับต่ำ

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณสารอาหารในโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

ปริมาณสารอาหาร	โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา
GABA mg/100g	1.32
โปรตีน (%)	1.52
ไขมัน (%)	0.74
เยื่อใย (%)	0.24
เถ้า (%)	0.35
คาร์โบไฮเดรต (%)	7.20
Calories from fat (Kcal/100g)	6.66
Total Calories (Kcal/100g)	41.54

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา โดยนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกที่ใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวที่ระดับร้อยละ 0.6 (w/v) และมีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวมกับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป (Consumer) จำนวน 200 คน (ตารางที่ 4.6) เป็นเพศหญิงจำนวน 154 คน (ร้อยละ 77) เพศชายจำนวน 46 คน (ร้อยละ 23) และมีอายุอยู่ในช่วง 15 – 19 ปี (ร้อยละ 11.5) 20 – 24 ปี (ร้อยละ 20) ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 25 - 29 ปี (ร้อยละ 68.5)

ละ 68.5) เพศหญิงให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์มากกว่าเพศชาย อาจเนื่องจากมีความสนใจในการรักษาสุขภาพมากกว่าเพศชาย โดยกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวที่ระดับร้อยละ 0.6 (w/v) และมีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) ในด้านลักษณะปรากฏที่ระดับชอบมาก (8.11 ± 1.11) ด้านสีในระดับชอบมาก (8.26 ± 1.24) ด้านกลิ่นรสในระดับชอบมาก (8.03 ± 1.46) ด้านรสชาติในระดับชอบปานกลาง (7.30 ± 0.64) และด้านความชอบรวมในระดับชอบปานกลาง (7.63 ± 0.87)

ตารางที่ 4.6 แสดงระดับการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

คุณลักษณะ	ระดับการยอมรับ
ลักษณะปรากฏ	8.11±1.11
สี	8.26±1.24
กลิ่นรส	8.03±1.46
รสชาติ	7.30±0.64
ความชอบรวม	7.63±0.87

6. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

เมื่อนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่มีการเติมเจลาตินร้อยละ 0.6 (w/v) และเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษา ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 3 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยทำการศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยา คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางจุลชีววิทยา ทำการประเมินคุณภาพโดยการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดแลคติก ปริมาณยีสต์และรา ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่า จากการศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยา ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่มีการเติมเจลาตินร้อยละ 0.6 (w/v) และเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) ไม่พบยีสต์และราตลอดอายุการเก็บรักษา อาจเป็นเพราะโยเกิร์ตมีปริมาณกรดสูงและมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำซึ่งไม่เหมาะต่อการเติบโตของ

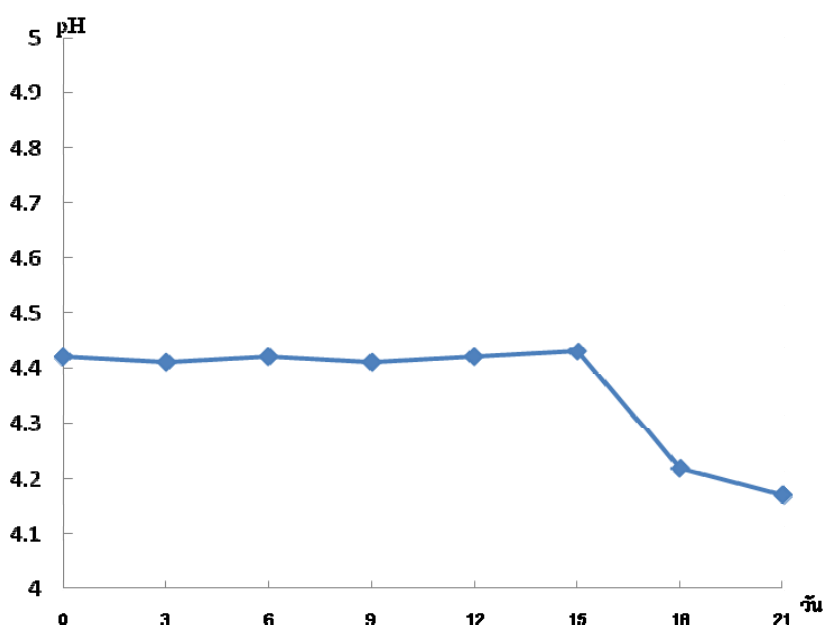
เชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ หรืออาจมีกลไกที่ทำให้เกิดการยับยั้งการเติบโตของเชื้อชนิดอื่นได้ (นวนลภา, 2546) พบจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดแลคติก 7.4×10^7 CFU/g ในช่วงการเก็บรักษา 21 วัน ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหากมีปริมาณของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกอยู่รอดอยู่สูงกว่า 10^5 - 10^6 CFU/g จะให้ประโยชน์ต่อผู้บริโภค (Dave and Shah, 1997) สอดคล้องกับนวนลภา (2546) ซึ่งศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำและเข้มข้นเมื่อเก็บนานขึ้น และโยเกิร์ตมีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ไม่พบเชื้อยีสต์และราตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เก็บไว้ได้นานเป็นเวลา 21 วัน โดยปกติ โยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บประมาณ 10 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ตจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของหัวเชื้อที่มีอยู่ในโยเกิร์ต แม้ว่ากิจกรรมของหัวเชื้อดังกล่าวจะต่ำมากก็ตามปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไปและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สุดท้ายเชื้อแบคทีเรียจะถูกทำลายและเกิดการแยกชั้นของ curd และ whey ซึ่งมีผลทำให้จุลินทรีย์อื่น ๆ เช่น ยีสต์และราเจริญได้ ดังนั้นการผลิตจึงต้องระวังเรื่องการปนเปื้อนของเชื้อราและยีสต์ในหัวเชื้อโยเกิร์ตรวมทั้งในระหว่างการผลิตด้วย (วรารุณี และรุ่งนภา, 2532)

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาในระหว่างเก็บรักษา

วัน	ยีสต์และรา (CFU/g)	แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก (CFU/g)
0	ND	7.5×10^7
3	ND	7.9×10^7
6	ND	8.1×10^7
9	ND	8.4×10^7
12	ND	8.7×10^7
15	ND	8.9×10^7
18	ND	7.6×10^7
21	ND	7.4×10^7

หมายเหตุ: ND = Not detect

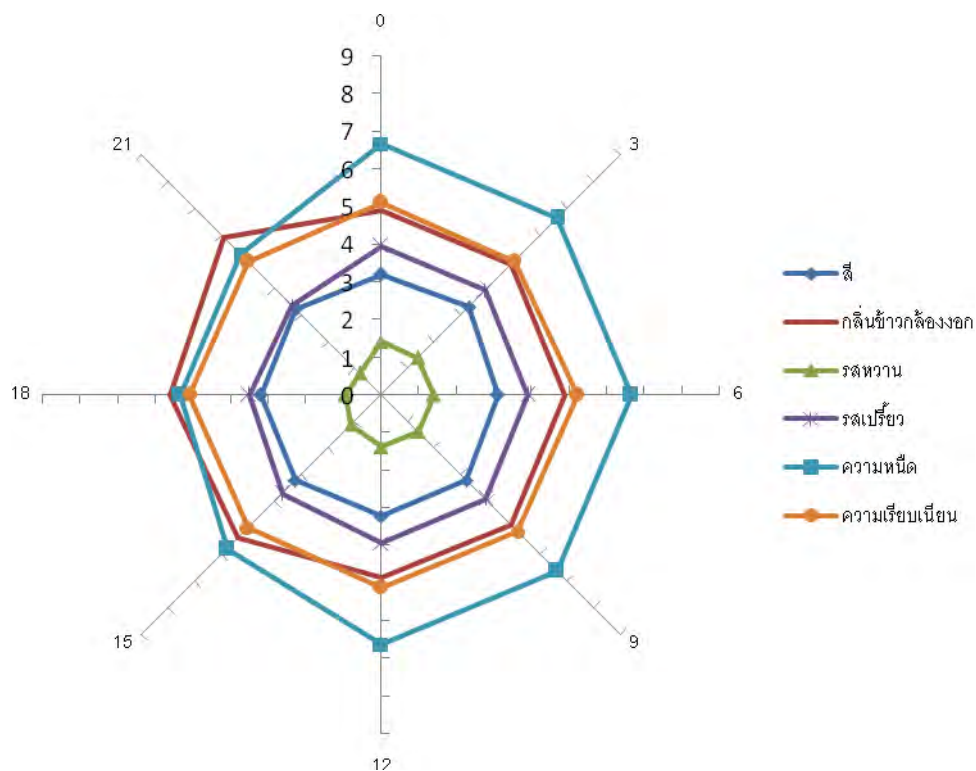
คุณภาพทางเคมีโดยวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.5 จากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่มีการเติมเจลาตินร้อยละ 0.6 (w/v) และเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 15 วัน แต่มีแนวโน้มลดลงหลังวันที่ 15 ($p < 0.05$) แสดงว่าจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตยังมีกิจกรรมอยู่ โดยมีการสร้างปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง สอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก เมื่อโยเกิร์ตมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาจะส่งผลให้จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกลดลงตามไปด้วยเมื่อโยเกิร์ตมีความเป็นกรดสูงขึ้น (Birolo *et al.*, 2000) สอดคล้องกับผลการตรวจสอบทางจุลินทรีย์ พบว่า จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาหลังวันที่ 15



ภาพที่ 4.5 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี QDA ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 6 คน ได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.3 จากผลการทดลองพบว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ของโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน

เนื่องจากการเก็บรักษาโยเกิร์ตที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่งผลให้ค่าที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกมีอายุการเก็บรักษา 21 วัน



ภาพที่ 4.6 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีขาว ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.44 ความหนืด 448.89 cp TSS และ TS มีค่าเท่ากับร้อยละ 448.89, 12.30 และ 14.91 ตามลำดับ คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ ในระดับชอบเล็กน้อย ด้านสีให้คะแนนในระดับชอบปานกลาง ด้านกลิ่นรสให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ด้านรสชาติผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาระดับเฉย ๆ ส่วนด้านความชอบรวมผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อย โดยชอบโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามากกว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า ($P < 0.05$)

2. ศึกษาสารให้ความคงตัวที่เหมาะสมต่อโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา โดยนำโยเกิร์ตจากข้อ 1 มาเติมสารให้ความคงตัว คือ เจลาติน เพคตินและแป้งข้าวโพด โดยใช้สารให้ความคงตัวที่ระดับแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 (w/v) ตามลำดับ พบว่า เมื่อปริมาณสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืด TSS และ TS เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ค่า TSS และ TS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารให้ความคงตัวที่ใช้เพิ่มขึ้น การใช้เจลาตินที่ระดับร้อยละ 0.6 ให้ความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า ความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวไม่มีผลต่อค่า pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และการใช้เจลาตินร้อยละ 0.6 (w/v) ให้ค่าสีกลิ่นข้าวกล้องงอก รสหวาน รสเปรี้ยว ความหนืดและความเรียบเนียน มีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ

3. ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติมเมล็ดข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) มีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้มีสีขาว เนื้อโยเกิร์ตมีลักษณะข้น ปริมาณเม็ดข้าวกระจายตัวทั่วเคิร์ดที่ได้มีความคงตัวสูง เนื้อโยเกิร์ตแน่นและเนียนดี ลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม กลิ่นรสดี มีกลิ่นหอมของข้าวกล้องงอก ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกที่มีการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์ที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) ในด้านต่าง ๆ สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองทั้งหมด

4. เมื่อนำชุดการทดลองที่มีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) มาวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร พบว่า มีปริมาณสารกาบา 1.32 mg/100g ปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.52 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.74 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 0.24 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.35 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 7.20 พลังงานที่ได้จากไขมัน 6.66 Kcal/100g และพลังงานทั้งหมด 41.54 Kcal/100g

5. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา โดยนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกที่ใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวที่ระดับร้อยละ 0.6 (w/v) และมีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวมกับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป (Consumer) จำนวน 200 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 154 คน (ร้อยละ 77) อยู่ในช่วงอายุ 25 - 29 ปี (ร้อยละ 68.5) ผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับ ในด้านลักษณะปรากฏที่ระดับชอบมาก (8.11 ± 1.11) ด้านสีในระดับชอบมาก (8.26 ± 1.24) ด้านกลิ่นรสในระดับชอบมาก (8.03 ± 1.46) ด้านรสชาติในระดับชอบปานกลาง (7.30 ± 0.64) และด้านความชอบรวมในระดับชอบปานกลาง (7.63 ± 0.87)

6. เมื่อนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่มีการเติมเจลาตินร้อยละ 0.6 (w/v) และเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) ศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่าไม่พบยีสต์และรา ตลอดอายุการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน แบคทีเรียทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดแลคติกมีจำนวน 7.4×10^7 cfu/g ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 14 วัน แต่มีแนวโน้มลดลงหลังวันที่ 15 คุณภาพทางประสาทสัมผัสมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

ข้อเสนอแนะ

1. โยเกิร์ตน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาสามารถพัฒนาเป็นโยเกิร์ตพร้อมดื่มได้
2. กากข้าวกล้องงอกที่ผ่านการกรองน้ำข้าวกล้องงอกออกแล้ว ควรมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากข้าวหอมพันธุ์ไชยาได้อย่างสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- กล้า เมธากานต์. 2552. ข้าวกล้องงอกมหัศจรรย์พันธุ์ข้าวไทย. แสปี้ ทู ดู. กรุงเทพฯ.
- กองโภชนาการ. 2535. คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา. 2543. โยเกิร์ตผสมจุลินทรีย์สุขภาพ อาหารนมตัวใหม่ล่าสุดที่เกิดจากพระประสงค์ของในหลวง. อุตสาหกรรมสาร. 43: 19-20.

- จารุวรรณ ศิริพรรณพร. 2543. โยเกิร์ต อาหารเพื่อสุขภาพ. วารสารอาหาร. 30(4): 292-297.
- จารุวรรณ ศิริพรรณพร, ปราโมทย์ ธรรมรัตน์ จิตติภา มาลีหวล และดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์. 2543. การผลิตโยเกิร์ตจากกะทิ. วารสารอาหาร. 30: 87-97.
- จิรากร ประเสริฐชีวะ. 2546. การพัฒนาโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นวลนภา อัครสินธวังกูร. 2546. การผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิตดา หงส์วิวัฒน์. 2552. ข้าวกล้อง ข้าวหอกร มหัศจรรย์อาหารต้านโรค. แสงแดด. กรุงเทพฯ.
- นิตยกันต์ บุญหมั่น. 2544. การปรับปรุงโยเกิร์ตเคลือบดำโดยใช้สารสกัดจากเห็ดเหี่ยวหวานเป็นสารให้ความหวานและเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการเติมลูกชิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. ธัญชาติและพืชหัว. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ภักดานงค์ ทองสุก. 2542. การผลิตโยเกิร์ต. วารสารอาหาร. 29(4): 296-298.
- เยาวภา สิริวัฒนากุล และวราพร พิชัยโรจน์รุ่ง. 2542. คุณก็ข้าวกล้อง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2525. พจนานุกรมฉบับบัณฑิตยสถาน. อักษรเจริญทัศน์. กรุงเทพฯ.
- วีระศักดิ์ หอมสมบัติ. 2543. ข้าวกล้อง. เอกสารประกอบการจัดงานอุตสาหกรรมข้าว ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. จันทบุรี.
- วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. โอ.เอส.พรีนติ้ง. เฮาส์. กรุงเทพฯ.
- วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2542. หลักการวิเคราะห์และคำนวณผลิตภัณฑ์นม. พิมพ์ครั้งที่ 2. เอสเซนเตอร์และลำปางการพิมพ์. ลำปาง.
- สุมาลี เหลืองสกุล. 2541. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. ชัยเจริญ. กรุงเทพฯ.
- สำเร็จ แซ่ตัน. 2542. ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. กรมการข้าว. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. ผลิตภัณฑ์จากข้าวกล้องและคุณค่าทางโภชนาการ. อุตสาหกรรมเกษตร. 2(2): 109-115.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. เคมีทางัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

- อุราภรณ์ เรืองวัชรินทร์. 2547. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา น้านมและผลิตภัณฑ์ คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.
- อำพรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และอรชุล กอสะเกต. 2552. การผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากข้าวกล้อง.
วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 4(1): 34-41.
- Alander, M., I. De Smet, L. Nollet, W. Verstraete, A. von Wright and T.M. Mattila-
Sandholm. 1999. The effect of probiotic strains on the microbiota of the
Simulator of the Human Intestinal Microbial Ecosystem (SHIME). *Int. J. Food
Microbiol.* 46: 71-79.
- A.O.A.C. 2000. Official method of analysis, 16th ed. Association of official chemists,
Washington, D.C.
- Azrina, A., Maznah, I. and Azizah, A. H. 2008. Extraction and Determination of
Oryzanol in Rice Bran of Mixed Herbarium UKMB; AZ 6807: MR 185, AZ 6808:
MR 211, AZ6809: MR 291. *J. ASEAN Food.* 15(1): 89-96
- Ayebo, A.D., K.M. Shahani and R. Dam. 1981. Antitumor component of yoghurt
fractionation. *J. Dairy. Sci.* 64: 2318-2324.
- Belgin, U., Selami, M. and Nursel, D.I. 2003. Use of response surface methodology to
describe the combined effect of storage time, locust bean gum and dry
matter of milk on the physical properties of lowfat set yoghurt. *International
Dairy Journal.* 13: 909–916.
- Biorollo, G.A., Reinheimer, J.A. and Vinderola, C. G. 2000. Viability of lactic acid
microflora in different types of yoghurt. *Food Res. Int.* 33: 799-805.
- Cheng, Y.J., Thomson, L.D. and Brittin, H.C. 1990. Yogurt, a yogurt like soybean
product: development and properties. *J. Food Sci.* 55: 1178-1179.
- Dave, R.I. and N.P. Shah. 1997. Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts
made from commercial starter culture. *Int. Dairy Journal.* 7: 31-41
- De Ruiter, G.A. and Rudolph, B. 1997. Carrageenan biotechnology. *Trends in Food Sci
Technol.* 8: 89-95
- Deeth, H.C. and A.Y., Tamine. 1981. Yoghurt: Nutritive and therapeutic aspects. *J.
Food Prot.* 44(1): 78-86.
- FAO/WHO. 1984. Codex Alimentarius. 1th ed. Joint FAO/WHO Food Standards
Programme, FAO, Rome.

- Fedderson, R. L. and Trop, S. N. 1993. Sodium carboxymethyl cellulose *in* industrial gums: polysaccharide and their derivatives. 172-173. Academic Press. New York.
- Fiszman, S. M., Lluch, M. A., and Salvador, A. 1999. Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. *Inter. Dairy J.* 9: 895-901.
- Fuller, L.K. 1995. Yoghurt, Youghourt An International Cookbook. Food Products Press, New york.
- Gilland, S.E. 1990. Health and nutritional benefits from lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.* 87: 175-188.
- Granata, L. A. and Morr, C. V. 1996. Improved acid, flavor and volatile compound production in a high protein and fiber soymilk yogurt-like product. *J. Food Sci.* 61: 331-336.
- Hassan, A. N., Frank, J. F., Schmidt, K. A. and Shalabi, S. I. 1996. Rheological properties of yogurt made with encapsulated nonropy lactic cultures. *J. Dairy Sci.* 79: 2091-2097.
- Harrigan, W.F. 1998. Laboratory Methods in Food Microbiology. 3nd ed. Academic Press Limited. London.
- Hui, Y.H. 1993. Dairy Science and Technology Handbook 1: Principle and Properties. VCH Published, Inc. California.
- Holzappel, W.H., P. Haberer, J. Snel, U. Schilinger and J. H. J. Huis in't Velg. 1998. Overview of gut flora and probiotics. *Int. Food Microbiol.* 41: 85-101.
- Jawalekar, S.D., Ingle, U.M., Waghmare, P.S. and Zanjad, P.N. 1993. Influence of hydrocolloids on rheological and sensory properties of cow and buffalo milk yoghurt. *Indian J. Dairy Sci.* 46(5): 217-219.
- Katsiari, M.C., Voutsinas, L.P., and Kondyli, E. (2002). Manufacture of yoghurt from stored frozen sheep's milk. *Food Chem.* 77:413-420.
- Karleskind, D., Laye, I., Halpin, E. and Morr, C.V. 1991. Improving acid production in soy based yogurt by adding cheese whey proteins and mineral salts. *J. Food Sci.* 56: 999-1001.

- Kristo, E., Biliaderis, C.G. and Tzanetakis, N. 2003. Modelling on the acidification process and rheological properties of milk fermented with a yoghurt starter culture using response surface methodology. *Food Chem.* 83: 437-446.
- Komatsuzaki, N., Shima, J., Kawamoto, S., Momose, H. and Kimura, T., 2005. Production of γ -aminobutyric acid (GABA) by *Lactobacillus paracasei* isolated from traditional fermented foods. *Food Micro.* 22 (6): 497-504.
- Kumar, P., Mishra, H. N. 2004. Mango soy fortified set yoghurt: effect of stabilizer addition on physicochemical, sensory and textural properties. *Food Chem.* 87: 501-507.
- Lee, S. Y. and Hildegarde, H. 1998. Sensory evaluation of food: principles and practices. Springer. 848p.
- Marshall, R.T. and Arbuckle, W.S. 1996. Composition and properties, stabilizers and emulsifiers *In* Industrial Ice-Cream. Chapman & Hall. New York.
- Meyer, J.S., H.M. Tsuchiya and A.G. Frederickson. 1975. Dynamics of mixed populations having complementary metabolisms. *Ann. Rev. Microbiol.* 19: 1065-1081.
- Murti, T.W., C. Bouillanne, M. Landon and M.J. Desmazeaud. 1992. Bacterial growth and volatile compounds in yoghurt-type products from soymilk containing *Bifidobacterium* ssp. *J. Food Sci.* 00: 153-163.
- O'Sullivan, M.G., G. Thomson, G.C. O'Sullivan and J.K. Collins. 1992. Probiotic bacteria: myth or reality. *Trends Food Sci. Technol.* 3: 309-314.
- Park, K.B. and Oh, S.H. 2007. Production of yogurt with enhanced levels of gamma-aminobutyric acid and valuable nutrients using lactic acid bacteria and germinated soybean extract. *Bio. Technol.* 98: 1675-1679.
- Reddy, G.V., B.A. Friend, K.M. Shahani and R.E. Farmer. 1983. Antitumor activity of yogurt components. *J. Food Prot.* 46 (1): 8-11.
- Rousseau, M.J. 1974. Fluid yogurt. *Dairy Sci. Abstr.* 36: 570.
- Sayed, E.M.E., I.A.A.E. Gawad, H.A. Murad and S.H. Salah. 2002. Utilization of laboratory-produced xanthan gum in the manufacture of yogurt and soy yogurt. *Eur. Food Res. Technol.* 215(4): 298-304.

- Segarra, P.J.S., M.G. Martínez, M.J. Gordillo-Otero, A.D. Varverde, M.A.A. Lopez and R.M. Rojas. 2000. Influence of the addition of fruit on the mineral content of yoghurts: nutritional assessment. *Food Chem.* 70: 85-89.
- Suarez, F. L. and D.A. Savaiano. 1997. Diet, genetics, and lactose intolerance. *Food Technology.* 51(3): 74-76.
- Tamine, A.Y. and R.K. Robinson. 1999. *Yoghurt: Science and Technology.* Pergamon press, Ltd., Great Britain.
- Walstra, P., T.J. Geurts, A. Noomen, A. Jellema, M.A.J.S. Van Boekel. 1999. *Dairy Technology.* New York: Marcel Dekker, Inc.,
- Younus, S., T. Masud and T. Aziz. 2002. Quality Evaluation of market yoghurt/dahi. *Pakistan J. Nutrition.* 1(5): 226-230.
- Yukuchi, H., T. Goto and S. Okonogi. 1992. The nutrition and physiological value of fermented milk and lactic acid milk drink, pp. 217-245. *In* Y. Nakazawa and A. Hosono. eds. Translate by B. W. Howells. *Functions of Fermented Milk.* Elsevier Applied Science, U.S.A.

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การตรวจสอบความหนืด (Viscosity) (ดัดแปลงจากนวนิพนธ์ , 2546)

อุปกรณ์

1. Brookfield viscometer
2. ปีกเกอร์
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. หัวเข็มเบอร์ต่าง ๆ (Spindle Number)
5. Guardleg

วิธีการ

1. ปรับระดับลูกน้ำให้อยู่กึ่งกลางของกรอบเพื่อตั้งเครื่องให้สมดุล
2. ก่อนเปิดเครื่องให้ใส่หัวเข็มที่ต้องการ และ Guard log พร้อมทั้งตัวอย่างให้เรียบร้อย (การเตรียมตัวอย่างให้ใส่ปีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ให้ตัวอย่างมีปริมาณ 500 มิลลิลิตร เพื่อให้ตัวอย่างมีระดับสูงเกินขีดบนเข็ม)
3. เปิด Switch ซึ่งอยู่ด้านหลังเครื่องทางขวามือ รอจนหน้าจอขึ้น Autozero
4. กด Motor on/off รอจนหน้าจอขึ้น Autozero is complete...Next key และกด Next
5. กด Select SPDL ใส่ตัวเลขให้ตรงกับเบอร์เข็มที่ใช้ เช่น 0.1, 0.2 เป็นต้น
6. กด Select SPDL อีกครั้งเพื่อตอบตกลง และกลับไป Menu เดิม
7. ใส่ตัวเลขที่เป็นความเร็วรอบที่ต้องการลงไป โดยกดที่ตัวเลข 1-9 ในการใส่ความเร็วรอบจะต้องใส่ค่าเริ่มต้นที่เป็นค่าน้อย ๆ ก่อน เช่น 10, 20 เป็นต้น (ถ้าใส่ค่าผิดพลาดให้กดปุ่ม cancel)
8. กด Next เพื่อตอบตกลงความเร็วรอบที่ตั้งไว้ หลังจากนั้น Motor จะเริ่มทำงานโดยสังเกตหัวเข็มเริ่มต้น
9. กด Select DISP จะขึ้นค่า torque = 100%
10. เปลี่ยนความเร็วรอบโดยกลับไปหาตามข้อ 8 และ 9 ใหม่ การเปลี่ยนความเร็วรอบจะต้องเพิ่มค่าที่ละน้อย ๆ จนกว่าค่า Torque จะมีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 100% (ความเร็วรอบสูงสุดที่ใช้จะมีค่าไม่เกิน 250 rpm) ถ้า Torque ขึ้น error แสดงว่าใช้ความเร็วรอบมากเกินไปต้องลดความเร็วรอบลง ถ้า Torque มีค่าต่างทั้งที่ตั้งค่าความเร็วรอบ (RPM) สูงสุดแล้วแสดงว่าเข็มที่ใช้ไม่เหมาะสมให้เปลี่ยนหัวเข็มใหม่ โดยลดค่าความเร็วรอบลงทีละน้อย จนมีค่าความเร็วรอบต่ำแล้วทำการกด Motor on และทำตามขั้นตอนใหม่ต่อไป
11. เมื่อค่า Torque เข้าใกล้ 100% ให้กด Select DISP จนขึ้น VISC อ่านค่าความหนืดของตัวอย่างที่เครื่องวัดได้มีหน่วยเป็น Centipoises (cP)

12. เมื่อวัดค่าเสร็จแล้ว ทำการลดค่าความเร็วลงทีละน้อยจนมีค่าความเร็วรอบต่ำแล้วกดปุ่ม

Motor on/off ให้ Motor off หยุดทำงานและปิด switch

หรือจากสูตรการคำนวณ

$$\text{Viscosity (cP)} = 100 / \text{RPM} \times \text{TK} \times \text{SMC} \times \text{Torque}$$

RPM = ความเร็วรอบ

SMC = ขนาดเบอร์เข็ม (เข็มเบอร์ 5 SMC มีค่าคือ 40 นำไปคิดในสูตร)

TK = มีค่าคือ 0.09373

Torque = ค่าตามที่เครื่องวัดความหนืดวัดออกมา

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{Viscosity (cP)} &= 100 / \text{RPM} \times \text{TK} \times \text{SMC} \times \text{Torque} \\ &= 100 / 30 \times 0.09373 \times 40 \times 62.3 \\ &= 778.5 \text{ cP} \end{aligned}$$

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ย่อยโปรตีน ซึ่งประกอบด้วยเตาย่อย (Heat block) และเครื่องดักจับไอกรด (Scrubber)
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน
3. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิเมตร
4. ปิเปตแบบกระเปาะ ขนาด 5 และ 10 มิลลิเมตร
5. บิวเรตต์ขนาด 25 มิลลิลิตร

6. ลูกแก้ว (Glass bead)
7. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. ซีลีเนียมมิกซ์ (Selenium Mix) หรือสารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน 1 : 10 (w/w)
2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 60
4. กรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4
5. กรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.02 N เตรียมได้โดยตวงกรดเกลือเข้มข้น ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร ซึ่งมีน้ำกลั่นบรรจุอยู่บ้าง แล้วจึงเติมน้ำกลั่นลงไปให้ถึงขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายเข้มข้น 0.01 N จากนั้นเจือจางด้วยน้ำกลั่น 5 เท่า จะได้สารละลายเข้มข้น 0.02 N
6. อินดิเคเตอร์ ที่เป็นสารผสมระหว่าง เมทิลเรด เมทิลีนบลู และโบรโมครีซอลกรีน เตรียมได้โดยชั่งเมทิลเรด 0.125 กรัม และเมทิลีนบลู 0.082 กรัม ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ให้เป็นสารละลาย A จากนั้นชั่งโบรโมครีซอลกรีนละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ให้เป็นสารละลาย B ผสมกับสารละลาย A กับ B ในอัตราส่วน 5 : 2 (v/v)

ขั้นตอนการย่อย

1. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5-1 กรัม (ตัวอย่างของเหลวใช้ปริมาตร 10-15 มิลลิลิตร) ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีนและทำ Blank โดยใช้ น้ำกลั่น
2. เติมซีลีเนียมมิกซ์ หรือสารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตและโพแทสเซียมซัลเฟต ปริมาณ 5 กรัม
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
4. วางหลอดย่อยในเตาย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบ ขวดใส่สารละลายต่างและเครื่องดูดจับไอกรดให้เรียบร้อย
5. เปิดสวิทช์เครื่องดูดจับไอกรดและเตาย่อย แล้วตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที จากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิเป็น 350 องศาเซลเซียส ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใส
6. ปล่อยทิ้งให้เย็น

ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรต

1. จัดอุปกรณ์กลั่น แล้วปิดสวิทช์ให้ความร้อน และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่นด้วย

2. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุกรดบอริก (เข้มข้นร้อยละ 4) ปริมาณ 10 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ซึ่งเติมอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้
3. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 60 ลงไปปริมาณ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน
4. นำไปกลั่นประมาณ 3 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ (ขั้นตอนที่ 2-3 หากเป็นเครื่องกลั่นแบบอัตโนมัติให้ตั้งค่าให้เครื่องกลั่นทำงานตามนี้)
5. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง
6. คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีนคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{(A - B) \times N \times 1.4007 \times F}{W}$$

โดยที่

A = ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรตกับ Blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรด (นอร์มอล)

F = แฟกเตอร์

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

2. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกลม (สำหรับใส่สารตัวทำละลาย) ซอกเล็ต (Soxhlet) อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) และเตาให้ความร้อน (Heating mantle) (ในการทดลองนี้จะใช้เครื่องสกัดไขมันแบบอัตโนมัติ)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (Extraction thimble)
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. โถดูดความชื้น (Desicator)
6. กระดาษกรองเบอร์ 1
7. สำลี

สารเคมี

1. ปีโตรเลียมอีเทอร์ หรือเฮกเซน

วิธีการ

1. อบถั่วแกล้วสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 150 มิลลิลิตรในตู้ไฟฟ้าทิ้งให้เย็น ใน โถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ถ้าตัวอย่างเป็นอาหารชนิดที่มีไขมันมากให้ชั่ง 1-2 กรัม ถ้าเป็นชนิดที่มีไขมันน้อยให้ชั่ง 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิดตามวิธีการห่อ แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับ ใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยใยแก้วหรือสำลีเพื่อให้สารตัวทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในหลอดแก้ว แล้วนำเข้าประกอบในเครื่องจากนั้นกด thimble ให้ลงในตำแหน่งพร้อมที่จะสกัดแล้วหมุนเกลียวให้พอแน่น
4. เติมสารตัวทำละลายปีโตรเลียมอีเทอร์ หรือเฮกเซน ลงในถั่วแกล้วหาไขมันประมาณ 20 มิลลิลิตร
5. นำไปประกอบเข้าในเครื่องยกเตาล้าง (Heating element) ขึ้น พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ ควบแน่น

ขั้นตอนในการทำงานจนจบกระบวนการมีทั้งหมด 3 Step

Step 1 Extraction คือ ขั้นตอนในการสกัด อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

Step 2 Rinsing คือ ขั้นตอนในการชะล้าง อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

Step 3 Drying คือ ขั้นตอนการทำแห้ง อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

เมื่อตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้วให้กด Start เครื่องจะทำงานโดยอัตโนมัติจนหมดเวลา เครื่องก็จะหยุด

6. นำถั่วแกล้วที่มีไขมันไปอบต่อที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็น ลงในโถดูดความชื้น
7. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งไม่ต่างกันมากนัก
8. นำถั่วแกล้วดังกล่าวมาชั่งแล้วคำนวณค่า

$$\% \text{ Fat} = \frac{(B - A) \times 100}{C}$$

A = น้ำหนักถั่วแกล้วหลังอบ

B = น้ำหนักถั่วแกล้วและไขมันหลังอบ

C = น้ำหนักตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย (Crude fiber) (A.O.A.C., 2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถ้วยแก้ว (Glass Crucible) ชนิด Fritted Crucible มีรูพรุนเบอร์ 2 (ASTM) 40 – 60 ไมโครเมตร (μm) ที่สะอาด นำไปอบให้แห้งห้าน้ำหนักคงที่
2. ชุดวิเคราะห์หาปริมาณสารเยื่อใย
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)
5. เตาเผา
6. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. อะซิโตน
2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 1.25
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25

วิธีการใช้เครื่องสกัดสารเยื่อใย (VELP) และวิธีวิเคราะห์

1. บดตัวอย่างให้ละเอียด แต่ให้มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของ Fritted Crucible หากเป็นตัวอย่างเปียก ให้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ แล้วนำมาบดให้ละเอียด
2. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยแก้ว (Fo)
3. เอาถ้วยแก้วใส่ในเครื่องทุกหลุม โดยปรับคานด้านซ้ายของเครื่องขึ้นข้างบนก่อน เมื่อวางถ้วยแก้ว เรียบร้อยแล้ว กดคานลงจนสุดแล้วดันออกทางด้านนอกเพื่อล็อกคาน
4. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้วลงในท่อแก้ว คอนเดนเซอร์
5. เติมสาร Antifoam 3 – 5 หยด
6. เปิดน้ำหล่อเย็นให้มีอัตราการไหลประมาณ 2 ลิตรต่อนาที เปิดสวิตช์ใหญ่ (ไฟจะติด) และเปิดปั๊ม ให้ความร้อนตามเข็มนาฬิกาไปที่เลข 9
7. ต้มจนเดือดจึงลดไฟลง (ประมาณ 4 - 6) แล้วต้มต่อไปอีก 30 นาที ตั้งเวลาโดยหมุนปุ่มตั้งเวลา ตามเข็มนาฬิกาไปที่เลข 30
8. กรองเอาสารละลายออก โดยปิดสวิตช์ Vacuum และเปิดลิ้นไปที่ Vacuum กรองเสร็จแล้วปิดลิ้น และสวิตช์กลับมาที่ตำแหน่งเดิม
9. ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 30 มิลลิลิตร ให้ความดันเล็กน้อยทุกครั้ง โดยปิดสวิตช์ Pressure และเปิดลิ้นไปที่ Pressure เล็กน้อย เสร็จแล้วปิดลิ้นและสวิตช์กลับมาที่ตำแหน่งเดิม
10. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อน แล้วและเติม Antifoam 3 – 5 หยด

11. ทำตามขั้นตอนที่ 7 – 9 ข้าง
12. ล้างด้วยน้ำกลั่นเย็นอีก 1 ครั้ง ปริมาณ 30 มิลลิลิตร
13. ล้างด้วย Acetone 3 ครั้ง ครั้งละ 25 มิลลิลิตร ให้ความดันเล็กน้อยทุกครั้ง
14. ใช้ที่จับที่มีปากคิบบีบถ้วยแก้วทุกใบก่อนโยกคานขึ้น เพื่อไม่ให้ถ้วยแก้วตกหล่น แล้วจึงเอาถ้วยแก้วออก
15. อบให้แห้งที่ 105 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง และอบซ้ำจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่
16. ชั่งน้ำหนัก (F_1) เป็นน้ำหนักของสารเยื่อใยรวมกับน้ำหนักของถ้ำ
17. นำไปเผาที่ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นใน Desicator
18. ชั่งน้ำหนัก (F_2) เป็นน้ำหนักของถ้ำ
19. คำนวณหาปริมาณสารเยื่อใย (ร้อยละ) $= \frac{(F_1 - F_2) \times 100}{F_0}$

เมื่อ F_1	=	น้ำหนักถ้ำและเยื่อใย
F_2	=	น้ำหนักถ้ำ
F_0	=	น้ำหนักตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์ปริมาณถ้ำ (A.O.A.C., 2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เตาเผา (Muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucibles)
3. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)

การเตรียมตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วพักไว้ให้เย็นลงประมาณ 30 นาที ก่อนนำออกจากเตาเผา เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน หลังจากนั้นจึงนำออกจากเตาเผา ใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็น ควรเผาจนกระทั่งน้ำหนักของภาชนะคงที่ โดยเผาซ้ำอีกครั้ง ประมาณ 30 นาที แล้วกระทำเช่นเดิมจนมีน้ำหนักใกล้เคียงกันมากที่สุด
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอน ประมาณ 1 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแล้ว
3. นำตัวอย่างไปเผาในตู้ควันจนกว่าจะหมดควัน โดยใช้ตะเกียงเบนเสน หรือเตาไฟฟ้า จึงนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เผาจนกว่าตัวอย่างจะเป็นสีเทา (ใช้เวลาประมาณ 1-2

ชั่วโมง) พักไว้ในเตาประมาณ 30 นาที แล้วจึงนำมาใส่ในโถดูดความชื้น จนกว่าจะเย็น ชั่งน้ำหนัก ถั่วที่เหลืออยู่

4. คำนวณปริมาณถั่วจากสูตร

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณถั่วคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \end{aligned}$$

5. การคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในอาหาร มักไม่ใช้วิธีหาโดยตรง เนื่องจาก คาร์โบไฮเดรตมีหลายชนิด หลายประเภท จึงมีความยากในการตรวจวิเคราะห์ ดังนั้นจึงนิยมใช้การ คำนวณจากผลต่างของน้ำหนักแห้งทั้งหมดของตัวอย่างกับปริมาณส่วนประกอบอื่น ๆ

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (\%)} = 100 - (\text{โปรตีน} + \text{ถั่ว} + \text{เยื่อใย} + \text{ไขมัน})$$

6. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)

1. อบกระดาศกรองที่หุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง

2. นำมาใส่โถอบแห้ง ที่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเย็นนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่าง

ลงบนกระดาศกรองในปริมาณที่แน่นอน นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำมาใส่โถอบแห้ง ที่ไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่ คำนวณตามสูตร

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{w_2 - w}{w_1 - w} \times 100$$

โดย w คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียม (กรัม)

w₁ คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

w₂ คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก (Kristo *et al.*, 2003)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (petri dish)
2. หลอดทดลองขนาด 16 × 150 มิลลิเมตร
3. ปิเปต ขนาด 1 มิลลิลิตร
4. ตู้บ่มเชื้อ ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. สารละลาย 0.1% peptone water
2. อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป MRS Agar (Merck, Germany)

วิธีการวิเคราะห์

1. วิธีการเตรียมตัวอย่างโยเกิร์ต

ใช้ช้อนที่ปราศจากเชื้อตักตัวอย่างอาหารใส่ขวดที่มีสารละลาย 0.1% peptone water ปริมาตร 90 มิลลิลิตร บนเครื่องชั่ง ทำการชั่งจนได้น้ำหนัก 10 กรัม เขย่าขวดจนกระทั่งแน่ใจว่าตัวอย่างกระจายอย่างสม่ำเสมอ จะได้ตัวอย่างที่มีความเจือจาง 1:10 ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลาย 0.1% peptone water ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จะได้ตัวอย่างที่เจือจาง 1:100 (10^{-2}) เจือจางตัวอย่างจนได้ความเจือจาง 1:100,000,000 (10^{-10})

2. การเพาะเชื้อ

โดยใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร ทำการดูดสารละลายตัวอย่างอาหารที่ความเจือจาง 10^{-6} ถึง 10^{-10} ลงบนจานเพาะเชื้อ ทำการ pour plate สารละลายให้ทั่วจานอาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้อาหารสำเร็จรูป MRS Agar (Merck, Germany) ทำการควบคุมให้อยู่ในสภาวะปราศจากอากาศโดยใช้อาหารสำเร็จรูป MRS Agar (Merck, Germany) ปริมาณ 10 มิลลิลิตร เททับหน้าวุ้นที่แข็งแล้ว บ่มเชื้อในตู้บ่มเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส

3. การตรวจนับจำนวนโคโลนี และการรายงานผล

หลังจากบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ทำการตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยง

เชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30 – 300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยจากจำนวนโคโลนีในการทำซ้ำ รายงานผลการตรวจนับในรูปของจำนวนโคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม (CFU/กรัม)

การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา (Harrigan, 1998)

เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อทำการหลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) และทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มาทำ pour plate บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนยีสต์และราในรูปโคโลนีต่อกรัม

วัสดุและอุปกรณ์

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่เตรียมและผ่านการฆ่าเชื้อ
2. น้ำกลั่นหรือฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่เตรียมและผ่านการฆ่าเชื้อสำหรับเจือจางตัวอย่างอาหาร
3. จานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว
4. ปิเปตขนาด 10, 1 มิลลิลิตร
5. ตัวอย่างอาหาร
6. กรดทาร์ทริกเข้มข้น 10 %

วิธีการทดลอง

1. เจือจางตัวอย่างอาหาร 1 กรัม ในน้ำกลั่นหรือบัฟเฟอร์ 99 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำ 1 มิลลิลิตร ไปเจือจางต่อในน้ำกลั่นหรือบัฟเฟอร์ 9 มิลลิลิตร ทำต่อไปจนได้ความเข้มข้น 10^{-5}
2. ดูดตัวอย่างอาหารแต่ละความเจือจาง ๆ ละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อทุกความเจือจางทำ 2 ซ้ำ
3. เติมกรดทาร์ทริก 1 มิลลิลิตร ใน PDA 100 มิลลิลิตร ที่หลอมเหลวและปล่อยให้มียูณหภูมิลดลงจนถึง 45 องศาเซลเซียส
4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ในจานเพาะเชื้อทุกจานทันที เอียงจานไปมาให้อาหารเลี้ยงเชื้อกับตัวอย่างอาหารเข้ากันดีเป็นเนื้อเดียวกัน ปล่อยให้อาหารแข็ง
5. บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 2-5 วัน
6. นับจำนวนโคโลนีของราและยีสต์ที่เกิดขึ้นแล้วคำนวณเป็นจำนวนในอาหาร 1 กรัม

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (9-point hedonic scale)

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

ชื่อผู้ทดสอบ วันที่

คำแนะนำ ให้ชิมตัวอย่างที่ท่านได้รับตามลำดับแล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตตามคำอธิบายคะแนนข้างล่างนี้ (กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง)

- | | | |
|---------------------|--------------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 7 = ชอบปานกลาง |
| 2 = ไม่ชอบมาก | 5 = เฉย ๆ | 8 = ชอบมาก |
| 3 = ไม่ชอบปานกลาง | 6 = ชอบเล็กน้อย | 9 = ชอบมากที่สุด |

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....
คุณลักษณะ				

ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....
กลิ่นรส	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
ความชอบรวม	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

ขอขอบคุณ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสสำหรับการทดสอบ QDA

ชื่อ..... วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ : โยเกิร์ตข้าวกล้องงอก

คำอธิบาย : ให้ชิมตัวอย่างที่ท่านได้รับ แล้วกำหนดเครื่องหมายขีดค้น (|) ของแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างตามความรู้สึกของท่าน สำหรับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติที่ท่านต้องการให้เป็นให้ใช้ตัวอักษร **I** กำกับ

คุณลักษณะของโยเกิร์ต

สี

น้อย _____ มาก

กลิ่นข้าวกล้องงอก

น้อย _____ มาก

รสหวาน

น้อย _____ มาก

รสเปรี้ยว _____
 น้อย มาก

ความหนืด _____
 น้อย มาก

ความเรียบเนียน _____
 น้อย มาก

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสสำหรับการทดสอบ QDA

การเติมปริมาณข้าวกล็องงอกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล็องงอกพันธุ์หอมไชยา

ชื่อ..... วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ : โยเกิร์ตข้าวกล็องงอก

คำอธิบาย : ให้ชิมตัวอย่างที่ท่านได้รับ แล้วกำหนดเครื่องหมายขีดค้น (|) ของแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างตามความรู้สึกของท่าน สำหรับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติที่ท่านต้องการให้เป็นให้ใช้ตัวอักษร I กำกับ

คุณลักษณะของโยเกิร์ต

ลักษณะปรากฏ _____
 น้อย มาก

รส _____
 น้อย มาก

กลิ่นข้าวกล็องงอก _____
 น้อย มาก

รสชาติ _____
 น้อย มาก

ความหื่น

น้อย

มาก

ความเรียบเนียน

น้อย

มาก

แบบทดสอบชิมการยอมรับของผู้บริโภค

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (9-point hedonic scale) ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่มีข้อความตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ☐ 15 – 19 ปี ☐ 20 – 24 ปี
☐ 25 - 29 ปี ☐ มากกว่า 30 ปี

คำแนะนำ ให้ชิมตัวอย่างที่ท่านได้รับตามลำดับแล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตตามคำอธิบายคะแนนข้างล่างนี้ (กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง)

- | | | |
|---------------------|--------------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 7 = ชอบปานกลาง |
| 2 = ไม่ชอบมาก | 5 = เฉย ๆ | 8 = ชอบมาก |
| 3 = ไม่ชอบปานกลาง | 6 = ชอบเล็กน้อย | 9 = ชอบมากที่สุด |

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....
คุณลักษณะ	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....
กลิ่นรส	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
ความชอบรวม	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอขอบคุณ

ภาคผนวก จ
บทความสำหรับการเผยแพร่

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา
Product Development of Germinated Chaiya Brown Rice Yogurt

นายกฤตภาส จินาภาค¹
Krittabhart Chinabhark¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา เมื่อใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวพบว่า ที่ระดับร้อยละ 0.6 ให้ความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า ความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวไม่มีผลต่อค่า pH ($p>0.05$) เมื่อปริมาณสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืด TSS และ TS เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ค่า TSS และ TS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้น และการใช้เจลาตินร้อยละ 0.6 (%w/v) ให้ค่าความหนืดสูงกว่าการใช้สารให้ความคงตัวชนิดอื่นที่ระดับเดียวกัน และคุณภาพทางประสาทสัมผัสการใช้เจลาตินร้อยละ 0.6 (%w/v) ให้ค่าสี กลิ่น ข้าวกล้องงอก รสหวาน รสเปรี้ยว ความหนืดและความเรียบเนียน มีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ ปริมาณการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกที่มีการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์ที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) ในทุกด้านสูงสุดในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร พบว่า มีปริมาณสาร กาบ 1.32 mg/100g โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ธาตุ และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.52, 0.74, 0.24, 0.35 และ 7.20 ตามลำดับ พลังงานที่ได้จากไขมัน 6.66 Kcal/100g และพลังงานทั้งหมด 41.54 Kcal/100g ผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาในด้านลักษณะปรากฏ ด้านสีและกลิ่นรสในระดับชอบมาก ด้านรสชาติและความชอบรวมในระดับชอบปานกลาง เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่า ไม่พบยีสต์และราตลอดอายุการเก็บรักษา และพบจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดแลคติกมีจำนวน 7.4×10^7 CFU/g คุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงการเก็บรักษา 15 วัน ($p>0.05$)

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก โยเกิร์ต สารให้ความคงตัว

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the production of germinated Chaiba brown rice yogurt. The addition of stabilizers increased viscosity than that the control sample. The germinated Chaiba brown rice yogurt prepared with 0.6 % (w/v) gelatin was higher in viscosity than those prepared with any levels and types of stabilizers ($P<0.05$). Based on sensory test, the optimum of 0.6% (w/v) gelatin in the yogurt was ideal. The addition of Chaiba brown rice germinated at 15% (w/v) gave good acceptability for the yogurt product, which contained GABA 1.32 mg/100g and protein, fat, fiber, ash and carbohydrate 1.52 %, 0.74 %, 0.24 %, 0.35 % and 7.20 %, respectively. Total calories and calories from fat were 41.54 Kcal/100g and 6.66 Kcal/100g respectively. Consumer accepted yogurt product in term of appearance, color and flavor like very much, taste and overall acceptability like moderately. The germinated Chaiba brown rice yogurt maintained chemical, microbiology and sensory qualities when stored 4°C for 15 days. From the result, mold and yeast were not found. The total count of lactic acid bacteria in the germinated Chaiba brown rice yogurt was 7.4×10^7 CFU/g. The qualities of product showed a little change.

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี e-mail: krittabhart@yahoo.com
Food Science and Technology Program, Science and Technology Faculty, Suratthani Rajabhat University

หวัด

สุราษฎร์ธานี ปัจจุบันไม่ค่อยเป็นที่รู้จักกันทั่วไป แต่มีหลักฐานเป็นเอกสารอ้างอิงได้ว่าพันธุ์ข้าวชื่อ หอมไชยา มีมานานแล้ว (สำเร็จ, 2542) แต่ปัจจุบันพันธุ์ข้าวหอมไชยาที่มีปลูกอยู่ในทุ่งไชยามีพื้นที่ปลูกน้อยลง เนื่องจากคนไชยาจะไม่ใช้กินตลอดปี เพราะเป็นข้าวที่หุงแล้วไม่ค่อยขึ้นหม้อ กินแล้วเปลือง เดิมเป็นข้าวอายุหนัก แต่ปัจจุบันที่ปลูกอยู่เป็นพันธุ์ข้าวที่อายุค่อนข้างเบา โดยมีกลุ่มชาวนาที่อำเภอไชยา ยังคงปลูกอยู่บ้างเล็กน้อย (สำเร็จ, 2542)) ปัจจุบันมี

ชาวบ้านกลุ่มข้าวกล้องลุงริน ซึ่งเป็นสินค้า OTOP ตำบลเลม็ด อำเภอไชยา ผลิตข้าวกล้องหอมไชยาจำหน่ายรูปแบบเดียว หากมีการนำข้าวหอมไชยามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายจำหน่ายจะเป็นการเพิ่มอาชีพ และสร้างรายได้ให้กับกลุ่มดังกล่าวได้ หากมีการนำข้าวกล้องพันธุ์หอม ไชยาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ของเมืองไชยา และสามารถบริโภคได้ทุกเพศทุกวัย จึงมีความเหมาะสมกับยุคสมัยใหม่ที่ผู้คนให้ความสำคัญในการดูแลสุขภาพของตนเองและให้ความสนใจต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ดังนั้นถ้าสามารถศึกษาวิธีการนำข้าวกล้องพันธุ์หอมไชยาไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารในรูปแบบที่หลากหลายขึ้น เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าแก่ผลิตภัณฑ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองของอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเป็นการนำข้าวที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการอนุรักษ์ข้าวหอมท้องถิ่นให้คงอยู่สืบไป นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้ที่รับประทานอาหารประเภทนี้ได้รับคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นและเป็นการเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคในการบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้อีกด้วยและสามารถทำการส่งเสริมการตลาดโดยการเน้นเรื่องอาหารเพื่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ในท้องตลาดให้เป็นทางเลือกที่มากขึ้นสำหรับผู้บริโภค

วิธีการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

ทำการเพาะข้าวกล้องให้เป็นข้าวกล้องงอก จากนั้นการผลิตน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา (นิตดา, 2552) ผลิตโยเกิร์ตตามวิธีดัดแปลงจากอำพรณ และอรชุล, 2552 โดยเติมนมขาดมันเนยร้อยละ 10 แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที ตั้งให้อุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 45 องศาเซลเซียส เติมหั้วเชื้อ (Plain yogurt) ร้อยละ 10 (v/v) ปั่นที่อุณหภูมิ 42 - 45 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง นำโยเกิร์ตที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH meter สี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) โดยใช้ Hand refractometer ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) (A.O.A.C., 2000) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบระดับความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส รสชาติ และความชอบรวม ใช้ผู้ชิมที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA : Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีดีนแคน (DMRT : Duncan's Multiple Range Test) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

2. ศึกษาผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณภาพโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

นำโยเกิร์ตจากข้อ 1 มาเติมสารให้ความคงตัว คือ เจลาติน เพคตินและแป้งข้าวโพด ที่ความเข้มข้น 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 (w/v) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาประเมินคุณภาพด้านความหนืด สี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมด ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีการทดสอบประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Qualitative descriptive analysis; QDA) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 6 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีดีนแคน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3. ศึกษาผลของการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

นำเมล็ดข้าวกล้องงอกไปต้มให้มีลักษณะเหมือนข้าวต้มและนำไปสะเด็ดน้ำ แล้วนำเมล็ดข้าวที่ได้ไปผสมในโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 15 และ 20 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีทดสอบระดับความชอบ 9 ระดับ ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส รสชาติ และความชอบรวมใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีดีนแคน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

4. ศึกษาปริมาณสารอาหารในโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

นำชุดการทดลองที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากข้อ 3 มาวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบา (Park and Oh,

2007) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังนี้ โปรตีน (A.O.A.C., 2000) ไขมัน (A.O.A.C., 2000) เชื้อใย (A.O.A.C., 2000) เถ้า (A.O.A.C., 2000) และคาร์โบไฮเดรต (A.O.A.C., 2000)

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาด้วยวิธีทดสอบระดับความชอบ 9 ระดับ ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวมกับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป (Consumer) จำนวน 200 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

6. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

ทำการเก็บรักษาของโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากข้อ 3 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ทุก 3 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ทำการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์โดยหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดการดัดแปลง (Kristo *et al.*, 2003) และปริมาณยีสต์และรา (Harrigan, 1998) ประเมินคุณภาพทางเคมี โดยวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีการทดสอบประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 6 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

สีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ มีสีขาว (ตารางที่ 1) ค่าพีเอชของโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามีค่าสูงสุด ($P<0.05$) โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาจะมีความหนืดสูงกว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า ($P<0.05$) เนื่องจากน้ำข้าวกล้องงอกมีองค์ประกอบของสตาร์ชเมื่อนำไปให้ความร้อนในขั้นตอนฆ่าเชื้อ สตาร์ชจะดูดซึมน้ำและเกิดการพองตัวได้มากขึ้นจนในที่สุดเม็ดสตาร์ชแตกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืด (อรอนงค์, 2538) โยเกิร์ตทางการค้ามีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด ($P<0.05$)

ตารางที่ 1 แสดงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	pH	ความหนืด	TSS ($^{\circ}$ Brix)	TS (%)	สี
1	4.39 $\pm$ 0.02 ^{a*}	280.00 $\pm$ 23.09 ^a	12.30 $\pm$ 0.10 ^a	15.21 $\pm$ 0.19 ^a	D White group 155
2	4.44 $\pm$ 0.02 ^b	448.89 $\pm$ 7.70 ^b	12.30 $\pm$ 0.90 ^a	14.91 $\pm$ 0.77 ^a	B White group 155
3	4.40 $\pm$ 0.01 ^a	4324.44 $\pm$ 15.40 ^c	18.33 $\pm$ 0.58 ^b	23.54 $\pm$ 0.99 ^b	A White group 155

หมายเหตุ : *อักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

, 1 = โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า, 2 = โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา และ 3 = โยเกิร์ตทางการค้า

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 2) พบว่า ด้านลักษณะปรากฏ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนในระดับชอบมากในโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า และชอบเล็กน้อยในโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา ด้านสีให้คะแนนในระดับชอบปานกลางทุกตัวอย่าง ด้านกลิ่นรสให้คะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อยในโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า และโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา ด้านรสชาติผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาระดับเฉยๆ และให้คะแนนในระดับชอบมากในโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า ส่วนด้านความชอบรวมผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อย โดยชอบโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามากกว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า ($P<0.05$) ผู้ทดสอบชิมเสนอแนะว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามีความหนืดต่ำ ควรจะเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์มีลักษณะใกล้เคียงกับโยเกิร์ตทางการค้า

ตารางที่ 2 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบรวม
1	8.47±1.62 ^{a*}	7.53±0.71 ^a	6.67±1.81 ^a	8.70±1.93 ^a	8.22±1.68 ^a
2	6.03±1.45 ^b	7.47±0.68 ^a	6.63±1.27 ^a	5.70±1.64 ^c	6.07±1.46 ^c
3	8.50±1.56 ^c	7.13±1.14 ^b	6.63±0.89 ^a	6.47±1.36 ^b	6.37±1.59 ^b

หมายเหตุ : *อักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

, 1 = โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกทางการค้า, 2 = โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา และ 3 = โยเกิร์ตทางการค้า

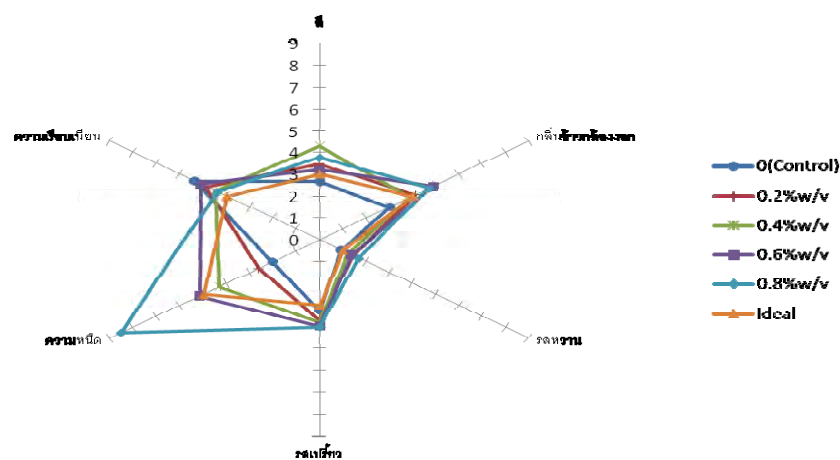
2. ศึกษาผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณภาพโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

เมื่อปริมาณสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืด TSS และ TS เพิ่มขึ้น (P<0.05) (ตารางที่ 3) โยเกิร์ตที่ใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวจะมีสีขาวมากที่สุด การใช้เจลาตินที่ระดับร้อยละ 0.6 ให้ความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า (ตารางที่ 1) เนื่องจากเจลาตินจะช่วยเพิ่มความหนืดและความแน่นเนื้อของโยเกิร์ตจึงทำให้มีค่าความหนืดสูงกว่าการใช้เพคตินและแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้นเดียวกัน (Fizman *et al.*, 1999) การใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวจะทำให้โยเกิร์ตเกิดครีมที่ดีและช่วยลดการแยกชั้น (Jawalekar *et al.*, 1993) ความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาไม่มีผลต่อค่า pH (P>0.05) สอดคล้องกับ Kumar and Mishra (2004) พบว่า การใช้เจลาตินที่ระดับร้อยละ 0.4 (w/w) ทำให้โยเกิร์ตมีคุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ สี รูปร่าง เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบรวมดีที่สุดในเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เพคตินและโซเดียมอัลจิเนตเป็นสารให้ความคงตัว จากการใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวที่ระดับร้อยละ 0.6 (%w/v) ให้ค่าสี กลิ่นข้าวกล้องงอก รสหวาน รสเปรี้ยว ความหนืดและความเรียบเนียน มีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เพคตินและแป้งข้าวโพดที่ระดับเดียวกัน (ภาพที่ 4.1, 4.2 และ 4.3) ดังนั้นจึงเลือกชุดการทดลองที่ใช้สารให้ความคงตัวที่ระดับเจลาตินร้อยละ 0.6 (%w/v) เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

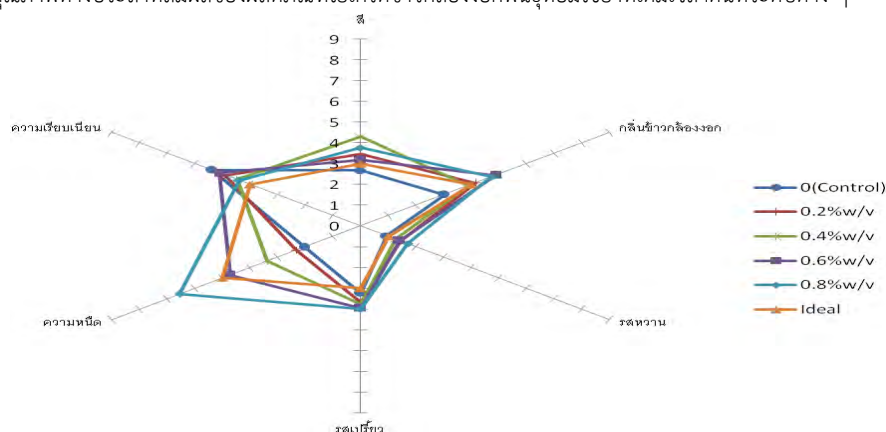
ตารางที่ 3 แสดงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติมสารให้ความคงตัวระดับต่าง ๆ

Stabilizers (%w/v)	pH	ความหนืด (Cp)	TSS (°Brix)	TS (%)	สี
เจลาติน					
0	4.39±0.01 ^{a*}	286.00±1.70 ^e	12.30±0.10 ^a	15.31±0.25 ^a	B White group 155
0.2	4.38±0.03 ^a	1547.39±0.86 ^d	12.30±0.90 ^a	15.53±0.09 ^{ab}	B White group 155
0.4	4.42±0.03 ^a	3213.27±1.90 ^c	18.33±0.58 ^a	15.70±0.23 ^{bc}	A White group 155
0.6	4.41±0.03 ^a	4332.14±1.40 ^b	18.33±0.58 ^a	15.96±0.12 ^c	A White group 155
0.8	4.41±0.02 ^a	7874.52±0.25 ^a	18.33±0.58 ^a	15.97±0.04 ^c	A White group 155
เพคติน					
0.2	4.37±0.03 ^a	1043.42±0.93 ^b	12.30±0.72 ^c	13.53±0.11 ^{ab}	B White group 155
0.4	4.38±0.02 ^a	1213.27±1.70 ^b	13.33±0.81 ^b	13.70±0.25 ^{bc}	B White group 155
0.6	4.40±0.03 ^a	2332.14±1.20 ^{cd}	14.33±0.47 ^b	13.96±0.17 ^c	B White group 155
0.8	4.41±0.12 ^a	3874.52±1.02 ^c	14.33±0.70 ^b	13.97±0.14 ^c	B White group 155
แป้งข้าวโพด					
0.2	4.39±0.03 ^a	247.39±1.54 ^e	11.30±0.66 ^c	11.53±0.25 ^{ab}	B White group 155
0.4	4.40±0.03 ^a	1313.17±1.30 ^b	11.33±0.93 ^c	11.70±0.18 ^{bc}	B White group 155
0.6	4.41±0.02 ^a	1532.31±1.13 ^b	12.33±0.84 ^c	11.96±0.19 ^c	B White group 155
0.8	4.41±0.05 ^a	2263.14±0.22 ^{cd}	13.33±0.76 ^b	11.97±0.14 ^c	B White group 155

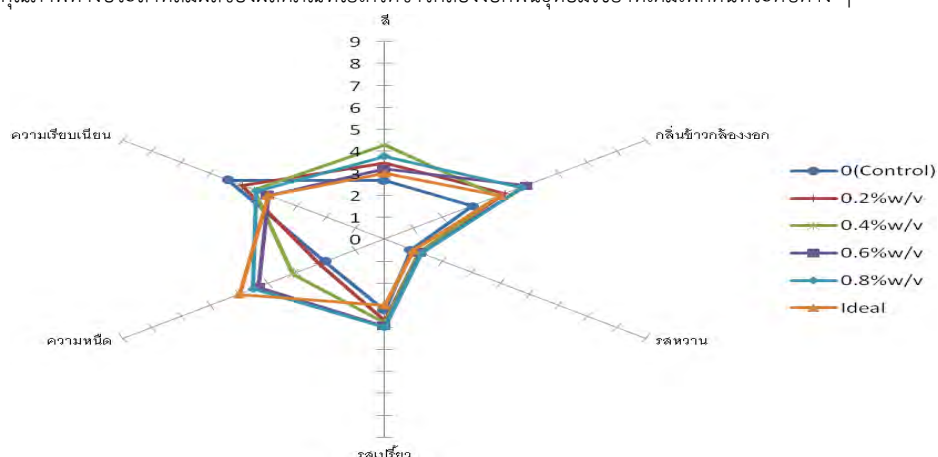
หมายเหตุ : *อักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)



ภาพที่ 1 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติมเจลาตินที่ระดับต่าง ๆ



ภาพที่ 2 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติมเพคตินที่ระดับต่าง ๆ

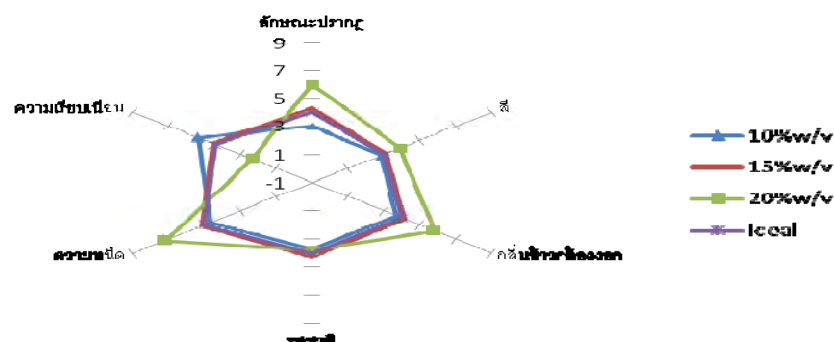


ภาพที่ 3 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติมแป้งข้าวโพดที่ระดับต่าง ๆ

3. ศึกษาผลของการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติมเมล็ดข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) มีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ (ภาพที่ 4) โยเกิร์ตที่ได้มีสีขาว เนื้อโยเกิร์ตมีลักษณะข้น ปริมาณเม็ดข้าวกระจายตัวทั่ว เคิร์ดที่ได้มีความคงตัวสูง เนื้อโยเกิร์ตแน่นและเนียนดี ลักษณะเนื้อสัมผัส

นุ่ม กลิ่นรสดี มีกลิ่นหอมของข้าวกล้องงอก ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกที่มีการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์ที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) สูงสุดในด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และด้านความชอบรวมสูงสุด ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ ในด้านสีและด้านกลิ่นรส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนในระดับชอบมากในทุกชุดการทดลอง ($P > 0.05$) จากการทดลองพบว่า เมื่อมีการเติมข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้นในระดับร้อยละ 15 (w/v) จะส่งผลให้การยอมรับเพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีการเติมข้าวกล้องงอกมากกว่าในระดับนี้จะส่งผลให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ลดลง



ภาพที่ 4 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี QDA ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่มีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกที่ระดับต่าง ๆ

ตารางที่ 4 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่มีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณเมล็ดข้าวกล้องงอก (w/v)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบรวม
0	5.15±0.93 ^{c*}	8.11±1.28 ^a	7.87±1.53 ^a	5.68±1.66 ^c	5.79±1.45 ^c
10	5.17±0.91 ^c	8.13±1.31 ^a	7.90±1.49 ^a	5.70±1.64 ^c	5.83±1.42 ^c
15	8.13±0.57 ^a	8.30±1.01 ^a	7.93±1.57 ^a	7.47±1.36 ^a	8.23±0.68 ^a
20	7.37±1.35 ^b	8.37±1.16 ^a	8.03±1.79 ^a	6.42±1.53 ^b	6.87±0.82 ^b

หมายเหตุ : *อักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

4. ศึกษาปริมาณสารอาหารในโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

นำชุดการทดลองที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากข้อ 3 คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) มาวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร พบว่า มีปริมาณสาร กาบา 1.32 mg/100g โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เล้า และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.52, 0.74, 0.24, 0.35 และ 7.20 ตามลำดับ พลังงานที่ได้จากไขมัน 6.66 Kcal/100g และพลังงานทั้งหมด 41.54 Kcal/100g โดยปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามีค่าใกล้เคียงกับโยเกิร์ตไขมันต่ำทั่วไป (ไขมันร้อยละ 0.8) (Tamine and Robinson, 1999) เนื่องจากผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาทำจากน้ำข้าวกล้องงอกที่มีปริมาณไขมันน้อย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีไขมันในระดับต่ำ

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 154 คน (ร้อยละ 77) เพศชายจำนวน 46 คน (ร้อยละ 23) และมีอายุอยู่ในช่วง 15 – 19 ปี (ร้อยละ 11.5) 20 – 24 ปี (ร้อยละ 20) ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 25 – 29 ปี (ร้อยละ 68.5) เพศหญิงให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์มากกว่าเพศชาย อาจเนื่องจากมีความสนใจในการรักษาสุขภาพมากกว่าเพศชาย โดยกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวที่ระดับร้อยละ 0.6 (w/v) และมีการเติมเมล็ดข้าวกล้องงอกร้อยละ 15 (w/v) ในด้านลักษณะปรากฏที่ระดับชอบมาก (8.11 ± 1.11) ด้านสีในระดับชอบมาก (8.26 ± 1.24) ด้านกลิ่นรสในระดับชอบมาก (8.03 ± 1.46) ด้านรสชาติในระดับชอบปานกลาง (7.30 ± 0.64) และด้านความชอบรวมในระดับชอบปานกลาง (7.63 ± 0.87)

6. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

จากการศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยาในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา ไม่พบยีสต์และรา ตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 7) อาจเป็นเพราะโยเกิร์ตมีปริมาณกรดสูงและมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำซึ่งไม่เหมาะต่อการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ หรืออาจมีกลไกที่ทำให้เกิดการยับยั้งการเติบโตของเชื้อชนิดอื่นได้ (นวลนภา, 2546) พบจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดแลคติก 7.4×10^7 CFU/g ในช่วงการเก็บรักษา 21 วัน ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหากมีปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกอยู่รอดอยู่สูงกว่า 10^5 - 10^6 CFU/g จะให้ประโยชน์ต่อผู้บริโภค (Dave and Shah, 1997) สอดคล้องกับนวนลภา (2546) ศึกษาอายุการเก็บรักษาโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำและเข้มข้นเมื่อเก็บนานขึ้น และโยเกิร์ตมีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ไม่พบเชื้อยีสต์และราตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เก็บไว้ได้นานเป็นเวลา 21 วัน ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 15 วัน (ภาพที่ 5) แต่มีแนวโน้มลดลงหลังวันที่ 15 ($p < 0.05$) แสดงว่าจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตยังมีกิจกรรมอยู่ โดยมีการสร้างปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง สอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก เมื่อโยเกิร์ตมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาจะส่งผลให้จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกลดลงตามไปด้วยเมื่อโยเกิร์ตมีความเป็นกรดสูงขึ้น (Birollo *et al.*, 2000) สอดคล้องกับผลการตรวจสอบทางจุลชีววิทยา พบว่า จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาหลังวันที่ 15 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ของโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ภาพที่ 6) เมื่อมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน เนื่องจากการเก็บรักษาโยเกิร์ตที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่งผลให้ค่าที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยามีอายุการเก็บรักษา 21 วัน

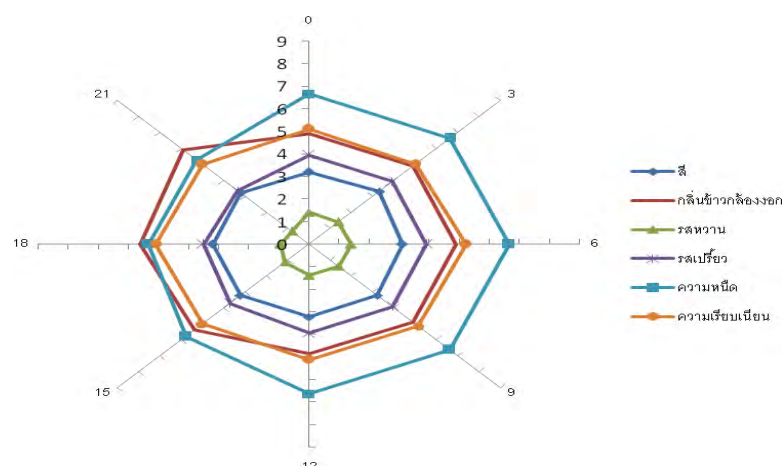
ตารางที่ 5 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาในระหว่างเก็บรักษา

วัน	ยีสต์และรา (CFU/g)	จุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติก (CFU/g)
0	ND	7.5×10^7
3	ND	7.9×10^7
6	ND	8.1×10^7
9	ND	8.4×10^7
12	ND	8.7×10^7
15	ND	8.9×10^7
18	ND	7.6×10^7
21	ND	7.4×10^7

หมายเหตุ: ND = Not detect



ภาพที่ 5 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา



ภาพที่ 6 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

สรุป

จากการศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา พบว่า เมื่อปริมาณสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืด TSS และ TS เพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) การใช้เจลาตินที่ระดับร้อยละ 0.6 ให้ความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า ความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวไม่มีผลต่อค่า pH ($P > 0.05$) และการใช้เจลาตินร้อยละ 0.6 (%w/v) ให้ค่าสี กลิ่นข้าวกล้องงอก รสหวาน รสเปรี้ยว ความหนืดและความเรียบเนียนใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่เติมเมล็ดข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยาที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) มีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอุดมคติที่ต้องการ ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้มีสีขาว เนื้อโยเกิร์ตมีลักษณะข้น ปริมาณเมล็ดข้าวกระจายตัวทั่ว เคิร์ดที่ได้มีความคงตัวสูง เนื้อโยเกิร์ตแน่นและเนียนดี ลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม กลิ่นรสดี มีกลิ่นหอมของข้าวกล้องงอก ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกที่มีการเติมข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์ที่ระดับร้อยละ 15 (w/v) ในด้านต่าง ๆ สูงสุด เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร พบว่า มีปริมาณสารคาบา 1.32 mg/100g โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เกลือ และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.52, 0.74, 0.24, 0.35 และ 7.20 ตามลำดับ พลังงานที่ได้จากไขมัน 6.66 Kcal/100g และพลังงานทั้งหมด 41.54 Kcal/100g ไม่พบยีสต์และราตลอดอายุการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน จุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดแลคติกมีจำนวน 7.4×10^7 cfu/g ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 14 วัน แต่มีแนวโน้มลดลงหลังวันที่ 15 คุณภาพทางประสาทสัมผัสมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความร่วมมือหลายฝ่าย ทั้งผู้ทดสอบชิม ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ข้อเสนอแนะ และแนะนำเพื่อให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ จึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- นวนลภา อัครสินธวัชร. 2546. การผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิตดา หงส์วิวัฒน์. 2552. ข้าวกล้อง ข้าวงอก มหัศจรรย์อาหารต้านโรค. แสงแดด. กรุงเทพฯ.
- สำเร็จ แซ่ตัน. 2542. ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. กรมการข้าว. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อรนงค์ นัยวิกุล. 2538. ผลิตภัณฑ์จากข้าวกล้องและคุณค่าทางโภชนาการ. อุตสาหกรรมเกษตร. 2(2): 109-115.

- อำพรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และอรชูล กอสะเกต. 2552. การผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากข้าวกล้อง. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 4(1): 34-41.
- AOAC. 2000. Official method of analysis, 16th ed. Association of official chemists, Washington, D.C.
- Biorollo, G.A., J.A. Reinheimer and C.G. Vinderola. 2000. Viability of lactic acid microflora in different types of yoghurt. Food Res. Int. 33: 799-805.
- Dave, R.I. and N.P. Shah. 1997. Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made from commercial starter culture. Int. Dairy Journal. 7: 31-41
- Fizman, S. M., Lluch, M. A., and Salvador, A. 1999. Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. Inter. Dairy J. 9: 895-901.
- Harrigan, W.F. 1998. Laboratory Methods in Food Microbiology. 3rd ed. London: Academic Press Limited, p.261.
- Jawalekar, S.D., Ingle, U.M., Waghmare, P.S. and Zanjad, P.N. 1993. Influence of hydrocolloids on rheological and sensory properties of cow and buffalo milk yoghurt. Indian Journal of Dairy Science. 46(5): 217-219.
- Kristo, E., Biliaderis, C. G. and Tzanetakis, N. 2003. Modelling on the acidification process and rheological properties of milk fermented with a yoghurt starter culture using response surface methodology. Food Chem. 83: 437-446.
- Kumar, P., Mishra, H. N. 2004. Mango soy fortified set yoghurt: effect of stabilizer addition on physicochemical, sensory and textural properties. Food Chem. 87: 501-507.
- Tamine, A.Y. and R.K. Robinson. 1999. Yoghurt: Science and Technology. Pergamon press, Ltd., Great Britain.

ภาคผนวก จ ภาพกระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องอกพันธุ์หอมไชยา



น้ำข้าวกล้องงอก



เทใส่ขวด



เติมหัวเชื้อ



บ่ม



โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา

ภาคผนวก ข ต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์

ต้นทุนราคาการผลิต

1. ข้าวกล้องพันธุ์หอมไชยา กิโลกรัมละ 48 บาท
2. Plain yogurt ถ้วยละ 13 บาท
3. Gelatin กิโลกรัมละ 450 บาท
4. น้ำตาล กิโลกรัมละ 17 บาท
5. ถ้วยขนาดบรรจุ 150 กรัม ถ้วยละ 1 บาท

ต้นทุนราคาผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นต่อ 1 บรรจุภัณฑ์เท่ากับ 9.80 บาท

ภาคผนวก ซ

ข้อมูลโภชนาการ

หนึ่งหน่วยบริโภค : 1 ถ้วย (140 กรัม)

จำนวนหน่วยบริโภคต่อถ้วย : 1

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค พลังงานทั้งหมด 42 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 7 กิโลแคลอรี)	
	ร้อยละของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน*
ไขมันทั้งหมด 1.04 กรัม	2%
โปรตีน 4 กรัม	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 10.08 กรัม	3%
ใยอาหาร 0.34 กรัม	1%
*ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี	

ภาคผนวก ณ

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

ภาพกิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา





ภาคผนวก ญ
ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการ
มาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลที่ได้รับ	หมายเหตุ
1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	1. ตรวจเอกสาร ศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	ได้ข้อมูลสำหรับกระบวนการผลิตโยเกิร์ตและได้กระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	กระบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	บรรลุตามแผน
2. เพื่อศึกษาผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณภาพโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	2. ศึกษาผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณภาพโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	ได้ชนิดและระดับปริมาณการใช้สารให้ความคงตัวที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต	ระดับสารคงตัวที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	บรรลุตามแผน
3. เพื่อศึกษาปริมาณการเติม	3. ศึกษาผลของการเติมข้าวกล้องงอกใน	ได้ปริมาณเมล็ดข้าวกล้องงอกที่เหมาะสม	ทราบปริมาณเมล็ดข้าวกล้องงอกที่	บรรลุตามแผน

ข้าวกล้องงอก พันธุ์หอมไชยาที่ เหมาะสมที่สุด	ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าว กล้องงอกพันธุ์หอม ไชยา	กับผลิตภัณฑ์	เหมาะสมในการ เติมในผลิตภัณฑ์	
4. เพื่อศึกษา ปริมาณ สารอาหารใน โยเกิร์ตข้าวกล้อง งอกพันธุ์หอมไช ยา	4. ศึกษาปริมาณ สารอาหารในโยเกิร์ต ข้าวกล้องงอกพันธุ์ หอมไชยา	ทราบปริมาณ สารอาหารใน ผลิตภัณฑ์	ทราบปริมาณ สารอาหารที่มีใน ผลิตภัณฑ์	บรรลุตามแผน
5. เพื่อศึกษาการ ยอมรับของ ผู้บริโภค	5. การทดสอบการ ยอมรับของผู้บริโภค	ทราบการยอมรับของ ผู้บริโภค	ทราบการยอมรับ ของผู้บริโภค	บรรลุตามแผน
6. เพื่อศึกษาอายุ การเก็บรักษาของ โยเกิร์ตข้าวกล้อง งอกพันธุ์หอม ไชยา	6. ศึกษาอายุการเก็บ รักษาของโยเกิร์ตข้าว กล้องงอกพันธุ์หอม ไช ยา	ได้ข้อมูลอายุการเก็บ รักษาของผลิตภัณฑ์	ทราบอายุการเก็บ รักษาของ ผลิตภัณฑ์	บรรลุตามแผน
	7. ประมวลผลและ สรุปผลงานวิจัย	ได้ผลการทดลองและ รูปเล่ม	ได้รูปเล่มงานวิจัย ฉบับสมบูรณ์	บรรลุตามแผน

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ ต่อ สกว.

.....

ลงนาม.....

(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

วันที่.....

ภาคผนวก ก
ตารางเปรียบเทียบ output ที่เสนอโครงการและที่ได้จริง

Output		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ทำนาระบุสาเหตุ และการแก้ไขที่ท่าน ดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ	ผลสำเร็จ (%)	
1. ตรวจเอกสาร ศึกษากระบวนการ ผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอม ไชยา	100 %	
2. ศึกษาผลของสารให้ความคงตัวต่อ คุณภาพโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์ หอมไชยา	100 %	
3. ศึกษาผลของการเติมข้าวกล้อง งอกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้อง งอกพันธุ์หอมไชยา	100 %	
4. ศึกษาปริมาณสารอาหารในโยเกิร์ต ข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	100 %	
5. การทดสอบการยอมรับของ ผู้บริโภค	100 %	
6. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของ โยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา	100 %	
7. ประมวลผลและสรุปผลงานวิจัย	100 %	

ลงนาม.....

(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

วันที่.....

ภาคผนวก ฎ ประวัตินักวิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายกฤตภาส จินาภาค
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Krittabhart Chinabhark

เพศ ชาย วันเดือนปีเกิด 8 พฤษภาคม 2524

ประวัติการศึกษา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลงานวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดัดแปลงน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมไชยา (*Oryza sativa* L.)

โครงการวิจัยการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้นักศึกษามีความสามารถสู่การประกอบ

อาชีพธุรกิจอาหาร กรณีการบริหารจัดการธุรกิจไข่เค็มไชยา ตลอดห่วงโซ่อุปทาน

สุภาพร อภิรัตน์นุสรณ์ และกฤตภาส จินาภาค. 2556. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์น้ำพริกพร้อมบริโภค.

ว. วิจัยและพัฒนา มจร. 36: 453

Chinabhark, K., Benjakul, S. and Prodpran, T. 2007. Effect of pH on the properties of protein-based film from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) surimi. Biores. Technol. 98: 221-225.

Chinabhark, K., Benjakul, S. and Prodpran, T. 2005. Effect of pH and protein content on the properties of protein-based film from bigeye snapper surimi. The 7th agro-industrial conference. Advancing food technology: bringing Thailand into the world kitchen. June 22-24. Bitec. Bangkok. Thailand.

Prodpran, T., Chinabark, K. and Benjakul, S. 2005. Study on the properties of composite film based on bigeye snapper surimi protein and lipids. Songklanakarin J. Sci. Technol. 27: 775-788.

สาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

การแปรรูปอาหาร เคมีอาหาร บรรจุภัณฑ์อาหาร