รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยที่ ๒ เรื่อง

ต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำ

Prototype Beverage Products of Fermented Purple Rice Grains

จัดทำโดย

๑. รองศาสตราจารย์ ดร.ดำเนิน กาละดี

๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเทือง โชคประเสริฐ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๔

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำ ที่เหมาะสมจากเมล็ดข้าวก่ำ 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ดอยสะเก็ด พันธุ์ดอยมูเซอ และพันธุ์พะเยา ทำการเพาะงอกและหุงสุก จากนั้นปั่นผสมจนละเอียดด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำโดยน้ำหนักเป็น 4 ระดับ คือ 25:75, 30:70, 35:65, และ 40:60 เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 และน้ำตาลแลคโตสร้อยละ 5 เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbruckii* ssp. *Bulgaricus*; YC-380- YO-FLEX® หมักบ่มที่ 42 °ซ 18 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบความคงตัวโดยวัดการตกตะกอนในเวลา 15 วัน พบว่า ที่อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำ 40:60 มีความคงตัวในการเก็บรักษาโดยไม่ตกตะกอน และได้ใช้อัตราส่วนดังกล่าวทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากข้าวก่ำทั้ง 3 พันธุ์ ในที่นี้จะเรียกว่าโยเกิร์ตข้าวก่ำ นำไปทดสอบความชอบ/การยอมรับของผู้บริโภค ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (nine-box hedonic scale) ผลปรากฏว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย 7.37 (ชอบปานกลาง) และผู้บริโภคมีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 72 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อไย และคาร์โบไฮเดรท ร้อยละ 3.32, 1.09, 0.87, 0.73 และ 19.1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 4.26 ปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.63 ค่า pH 3.9 ปริมาณโคริฟอร์มแบคทีเรียน้อยกว่า 3 MPN/g และปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 100 CFU/g ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์มีคุณภาพ มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 289) พ.ศ. 2548 เรื่องนมเปรี้ยว และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวก่ำยังคงมีปริมาณจุลินทรีย์แลคติกตามมาตรฐาน (มากกว่า 7 log CFU/g) ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 15 วัน ที่อุณหภูมิ 4°ซ

คำสำคัญ: จุลินทรีย์แลคติก, YC-380, โยเกิร์ตข้าวก่ำ, น้ำตาลแลคโตส

Abstract

The objective of this research aimed to study the optimum ratio of grain to water in fermented purple rice grains for beverage products. Three purple rice varieties; Kum doisaket, Kum doimusir and Kam phayao were experimented. Germinated grains were cooked then blended under ratio of grain to water as 25:75, 30:70, 35:65, and 40:60. Afterward 5% sucrose, 5% lactose and a commercial yogurt starter cultures; *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbruckii* ssp. *Bulgaricus*; YC-380-YO-FLEX® were added. Then fermented at 42°C for 18 hours. The product stability was examined in 15 days. Results show that purple rice yogurt made from 40:60 ratio had consistent during the storage without syneresis during 15 days indicated that the ratio was suitable to ferment the yogurt produced from 3 purple rice grains. The yogurt products were tested for consumer acceptability using nine-box hedonic scale. Sensory evaluation revealed that yogurt from Kum doisaket scored 7.37 (moderately prefer), 72% of the consumer were of interest to purchase. The product contained 3.32% protein, 1.09% fat, 0.87% ash, 0.73% fiber, 19.1% carbohydrate, 4.26% reducing sugar, 0.63% lactic acid, pH 3.9, with less than 3 MPN/g of coliforms bacteria counted. Yeasts and moulds count were less than 100 CFU/g. The yogurts were within the specification of fermented milk product of the Ministry of Public Health of Thailand No. 289-2548 and the number of lactic acid bacteria in yogurt products were higher than the minimum requirement (> 7 log CFU/g) more than 15 days at 42°C.

Key words: Lactic acid bacteria, YC-380, purple rice yogurt, lactose.

โครงการวิจัยที่ 2 ต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำ

Prototype Beverage Products of Fermented Purple Rice Grains

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ดำเนิน กาละดี
ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์/โทรสาร 053-944045 / 053-944666

ลักษณะและสัดส่วนของงาน : รวบรวมพันธุ์และผลิตเมล็ดของข้าวก่ำพันธุ์พื้นเมืองหรือพันธุ์กรรมใหม่เพื่องานวิจัย เป็นสัดส่วน 40% ของปริมาณงาน

ผู้ร่วมงานวิจัย

ผศ.ดร.ประเทือง โชคประเสริฐ
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
โทรศัพท์/โทรสาร 054-648593-5 / 054-648596

ลักษณะและสัดส่วนของงาน : รับผิดชอบการวิเคราะห์ในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อหาสูตรเบื้องต้นสำหรับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในสัดส่วน 60% ของปริมาณงาน

หน่วยงานหลัก

หน่วยวิจัยข้าวก่ำ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โทรศัพท์/โทรสาร 053-942456 / 053-94247

หน่วยงานสนับสนุน

1. ห้องปฏิบัติการกลาง
   คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาพืชไร่
   ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. แปลงทดลองสาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์แลทรัพยากรธรรมชาติ
   คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การอาหาร
   สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
   มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ทดลองพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำ
2. ทดสอบความคิดเห็นของผู้บริโภคโดยวิธี focus group discussion นำข้อคิดเห็นมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้ใกล้เคียงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด
3. ทำต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำที่มีภาชนะบรรจุที่เหมาะสม

ขอบเขตและรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยของโครงการวิจัย

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำหมักจะใช้เชื้อแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลคติก (lactic acid bacteria)

1. วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล มี 2 แห่ง คือ 1)โรงงานนำร่อง และอาคารปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่เฉลิมพระเกียรติ ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ. แพร่ เป็นสถานที่ทำงานประจำของผู้ร่วมวิจัยจะใช้ทำการทดลองในภาคปฏิบัติการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ และ 2) สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นสถานที่ทำงานประจำของหัวหน้าโครงการวิจัย ซึ่งเป็นสถานที่สำหรับผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวก่ำ และตรวจสอบคุณภาพแป้งในเมล็ดพันธ์ข้าวก่ำก่อนนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนรายละเอียด ดังนี้

1. ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้ตัวอย่างข้าวก่ำ 3 ถึง 5 สายพันธุ์ คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีเหมาะสมต่อการขยายกำลังการผลิตในเชิงการค้า เริ่มต้นด้วยการปลูกข้าวก่ำ 3-5 พันธุ์ เพื่อผลิตเมล็ดสำหรับงานทดลอง (ใช้แปลงขยายพันธุ์ของสาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)
2. วิเคราะห์สารอาหารและคุณภาพแป้งในเมล็ดของแต่ละพันธุ์เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น (ใช้ห้องปฏิบัติการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)
3. กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำ (ใช้ห้องปฏิบัติการของโรงงานอุตสาหกรรมวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่เฉลิมพระเกียรติ) มีขั้นตอนดังนี้
   - 3.1 นำข้าวก่ำที่ผ่านการขัดสีเอาเปลือกออกแล้ว มาแช่น้ำช่วงเวลาหนึ่ง จากนั้นนำขึ้นมาให้ความร้อนด้วยไอน้ำเพื่อให้เมล็ดข้าวเปลี่ยนเป็นเจลใส
   - 3.2 นำข้าวก่ำที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นลงมาเติมเอ็นไซม์แอลฟ่าอะไมเลส และไกลโคอะไมเลส เพื่อเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล หลังจากผ่านการย่อยด้วยเอ็มไซม์แล้วจะได้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหลวข้น
   - 3.3 นำไปสเตอริไลซ์เพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอ็นไซม์รวมทั้งทำให้ปลอดเชื้อ

3.4 นำน้ำข้าวก่ำที่ปลอดเชื้อแล้วมาเติมจุลินทรีย์สกุล *Streptococcus* และ *Lactobacillus* และทำการหมักน้ำข้าวก่ำจนกระทั่งได้กรดแลคติกจะทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำข้าวก่ำมีรสเปรี้ยวจากกรดแลคติกและรสหวานจาก oligosaccharides และ monosaccharides เชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus spp.* ที่ทดลอง คือ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus spp.* ที่ทดลอง คือ *Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus bulgaricus, และ Lactobacillus plantarum* โดยใช้ผสมกันระหว่าง สกุล *Streptococcus* และ *Lactobacillus* ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 เมื่อหมักจนได้ที่แล้วนำไปผ่านเครื่องโฮโมจีไนซ์

3.5 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปสอบถามความคิดเห็นจากที่ประชุมกลุ่มย่อย (Focus group discussion) ในด้านต่าง ๆ เช่น ความชอบ ความพอใจและความต้องการของผู้บริโภค ด้าน สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส โดยเลือกผู้บริโภคที่รับประทานผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากน้ำข้าวเป็นประจำ มีอายุระหว่าง 18 – 55 ปี จำนวน 8 คน

3.6 นำข้อสรุป ข้อเสนอแนะที่ได้มาทำการปรับสูตรส่วนผสม ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 หรือจนได้สูตรที่เหมาะสมจำนวน 3 สูตร

3.7 นำสูตรที่เหมาะสม ทั้ง 3 ไปทดสอบการยอมรับ กับผู้ทดสอบ 50 คน

3.8 ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ คุณค่าทางโภชนาการ ตรวจคุณภาพด้านจุลินทรีย์

4. ทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (Prototype) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวก่ำ

5. รายงานความก้าวหน้า (Progress Report)

6. รายงานฉบับสมบูรณ์(Final Report)

บทที่ 1

คำนำ

มีนักวิจัยหลายท่านศึกษาเกี่ยวกับถั่วเหลืองหมักด้วยจุลินทรีย์กลุ่มแลคติก และพัฒนาเป็นเครื่องดื่มน้ำหมักจากถั่วเหลืองโดยไม่ใช้นม (Mital and Steinkraus, 1974; Wang et al. 1974) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมามีการบริโภคโยเกิร์ตและเครื่องดื่มโยเกิร์ตกันอย่างกว้างขวางมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมนี้อย่างรวดเร็ว (Birollo et al., 2000; Park et al., 2005) เนื่องจากมีได้รับคุณค่าทางโภชนาการสูงจากน้ำนมและยังมีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ มีการใช้เชื้อจุลินทรีย์ผสมกันระหว่างสกุล *Streptococcus, Lactobacillus และ Leuconostoc* เพื่อหมักน้ำข้าวหรือพืชอื่น ๆ ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายโยเกิร์ต (Shin, 1989; Supavititpatana et al., 2010) นอกจากนั้นยังมีการใช้ข้าวผสมกับถั่วเหลืองหมักเป็นผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้านองค์ประกอบของกรดอมิโนที่จำเป็น (Lee et al., 1988; Souane and Lee, 1992; Mok et al., 1991)

ข้าวก่ำมีสารประกอบฟีนอลิคซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารแอนโทซัยยานินในเยื่อหุ้มเมล็ด (Abdel-Aal et al., 2006; Ryu et al., 1998; Yawadio et al., 2007).

อย่างไรก็ตามยังไม่พบรายงานการใช้ข้าวก่ำมาทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากจุลินทรีย์กลุ่มแลคติก แม้ว่าข้าวก่ำจะมีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพมากมายแต่การบริโภคข้าวก่ำดูจะยังมีน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสีของข้าวก่ำเมื่อหุงสุกมีสีเข้มไม่น่ารับประทาน การนำข้าวก่ำไปหุงร่วมกับข้าวชนิดอื่นจะเกิดการตกสีซึ่งมีลักษณะทางประสาทสัมผัสดูไม่น่ารับประทาน และประการสำคัญคือเมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออกแล้ว จะเกิดมอดและแมลงทำลายอย่างรวดเร็วจึงไม่มีคนซื้อเข้ามาเก็บไว้ทำอาหาร ผู้จำหน่ายก็ไม่อยากเอามาจำหน่ายเพราะเกิดทำลายของมอดและแมลงได้ง่าย

แนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคข้าวก่ำมากขึ้น คือ ทำการปรับปรุงคุณภาพ ข้าวก่ำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น โดยผ่านกระบวนการเพาะงอกและทำแห้งอีกครั้งจะทำให้ข้าวปลอดมอดแมลงได้ หรือใช้วิธีถนอมและแปรรูปข้าวก่ำให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายเก็บรักษาได้นาน รับประทานง่าย เช่น ทำน้ำข้าวก่ำงอก ทำโยเกิร์ต หรือใช้กระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพทำเป็นน้ำข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการหมักจากเชื้อจุลินทรีย์และใช้เป็นเครื่องดื่มบำรุงสุขภาพ

งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำ โดยทำการศึกษาถึงกรรมวิธีการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของเครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำ เช่น การเพาะงอกข้าวก่ำ การเตรียมกล้าเชื้อโยเกิร์ต และระยะเวลาในการผลิต

บทที่ 2

วิธีดำเนินงานวิจัย

1. วัตถุดิบ

1.1 ข้าวก่ำ

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้าวก่ำ จากแปลงปลูกของหน่วยวิจัยข้าวก่ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวก่ำดอยสะเก็ด ข้าวก่ำดอยมูเซอ และ ข้าวก่ำพะเยา ในฤดูกาลเก็บเกี่ยวปี 2553 ปริมาณความชื้นวัดโดย Sartorius MA35 moisture analyzer มีร้อยละ 14.6-16.3 ปริมาณอะไมโลสวัดโดยการใช้สารละลายอะไมโลส 5 มิลลิลิตร ผสมไอโอดีน 1 มิลลิลิตรทิ้งไว้ 20 นาที วัดปริมาณอะไมโลสโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 nm คำนวณเปรียบเทียบกับสารละลายอะไมโลสมาตรฐาน (Fluka biochemika) พบปริมาณอะไมโลสในข้าวก่ำดอยสะเก็ด ข้าวก่ำดอยมูเซอ และ ข้าวก่ำพะเยา ร้อยละ 10.77, 12.74 และ 10.30 ตามลำดับ น้ำตาลแลคโตสโมโนไฮเดรท ซื้อจากบริษัท ยูเนี่ยน ซายน์ จำกัด จังหวัดเชียงใหม่ และน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ตรามิตรผลซื้อจากห้างสรรพสินค้าในท้องถิ่นจังหวัดเชียงใหม่

1.2 เชื้อจุลินทรีย์

ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มแลคติกที่ทำโยเกิร์ตทางการค้า YC-380 (Yogurt culture FD-DVS YC-380 - YO-FLEX®, CHR HANSEN, Denmark) ในรูปแบบ Freeze dried ซึ่งเป็นหัวเชื้อผสมระหว่าง *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbruckii* ssp. *Bulgaricus* ซื้อจากบริษัท เบลล์ด๊าส จำกัด กรุงเทพฯ

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมข้าวก่ำเพาะงอก

นำเมล็ดข้าวก่ำพันธุ์ดอยสะเก็ด พันธุ์ดอยมูเซอ และพันธุ์พะเยา ล้างน้ำ 2 ครั้งเพื่อทำความสะอาดและแช่น้ำไว้ 4-6 ชั่วโมง แล้วล้างน้ำอีก 2 ครั้ง เทข้าวใส่ถาดสแตนเลสห่อด้วยผ้าขาวบาง 3 ชั้น เพาะในตู้บ่มโด (OFM, Bangkok) ควบคุมอุณหภูมิ 35°ซ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (1 คืน) เพื่อให้เมล็ดข้าวงอกแล้วนำมานึ่งไอน้ำด้วยรังถึงเป็นระยะเวลา 10 นาที เพื่อหยุดกระบวนการงอกและยับยั้งเอ็นไซม์ แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ โดยเกลี่ยข้าวสูงไม่เกิน 1 นิ้ว ใช้เวลา ประมาณ 16 ชั่วโมง จนเหลือความชื้นร้อยละ 14 เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทดลองทำเครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำต่อไป

2.2 การเตรียมหัวเชื้อ (Starter)

นำข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกและอบแห้งในขั้นตอนข้างต้นมาทำการแช่น้ำเป็นเวลา 5±1 ชั่วโมง และหุงสุกในอัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ 1:1 โดยปริมาตร ด้วยโปรแกรมการหุงข้าวเหนียว/ข้าวกล้องด้วยหม้อหุงข้าวชนิดไมโครคอมพิวเตอร์ (Sharp model KS-ZT10) จนข้าวสุกดีแล้วปั่นด้วยเครื่องบดปั่นผสม (Panasonic, MX-795N) เป็นเวลา 2 นาทีจนละเอียดด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 4 : 6 โดยน้ำหนัก เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 และน้ำตาลแลคโตสร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำข้าว คนให้เข้ากัน ใส่หม้อสแตนเลสปิดฝานำไปวางใส่ในหม้อใบใหญ่กว่าที่มีน้ำหล่อเลี้ยงและตั้งอยู่บนเตาไฟเพื่อพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิใจกลางของน้ำข้าวก่ำ 75°ซ เป็นเวลา 5 นาที แล้วทำเย็นให้อุณหภูมิใจกลางของน้ำข้าวก่ำได้ 42 °ซ เติมผงเชื้อจุลินทรีย์ YC-380 ปริมาณ 0.02 กรัมต่อน้ำข้าวก่ำ 1,000 มล. คนให้เข้ากันดีและปิดฝาให้มิดชิดบ่มในตู้ควบอุณหภูมิที่ 42 °ซ ใช้แท่งแก้วที่ผ่านการสเตอร์ไลน์แล้วทำการคนน้ำข้าวก่ำให้เชื้อจุลินทรีย์แลคติกกระจายทั่วกันที่เวลา 6 และ 12 ชั่วโมง และเมื่อครบเวลา 18 ชั่วโมง หรือมีค่า pH 4.0 ± 0.1 ซึ่งมีปริมาณเซลของเชื้อจุลินทรีย์แลคติก ระหว่าง 10^7 ถึง 10^8 CFU/g จะนำไปใช้เป็นกล้าเชื้อทันที หรือเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2°ซ ภายในเวลาไม่เกิน 72 ชม. เพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์แลคติกสำหรับการทดลองตอนต่อไป

2.3 การเตรียมเครื่องดื่มน้ำหมักจากข้าวก่ำ

เพื่อศึกษาอัตราส่วนความเข้มข้นของข้าวก่ำต่อน้ำที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ โดยนำข้าวก่ำทั้ง 3 พันธุ์ที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกและอบแห้งในขั้นตอนข้างต้นมาทำการแช่น้ำเป็นเวลา 5±1 ชั่วโมง และหุงสุกในอัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ 1:1 โดยปริมาตร ด้วยโปรแกรมการหุงข้าวเหนียว/ข้าวกล้องด้วยหม้อหุงข้าวชนิดไมโครคอมพิวเตอร์ จนข้าวสุกดีแล้วปั่นด้วยเครื่องบดปั่นผสม เป็นเวลา 2 นาทีจนละเอียดด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำโดยน้ำหนักเป็น 4 ระดับ คือ 25:75, 30:70, 35:65, และ 40:60 (หากใช้อัตราส่วนข้าวที่มากกว่านี้จะเกิดความข้นหนืดสูงไม่สะดวกต่อการบดปั่น) เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 และน้ำตาลแลคโตสร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำข้าว คนให้เข้ากัน ใส่หม้อสแตนเลสปิดฝานำไปวางใส่ในหม้อใบใหญ่กว่าที่มีน้ำหล่อเลี้ยงและตั้งอยู่บนเตาไฟเพื่อพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิใจกลางของน้ำข้าวก่ำ 75°ซ เป็นเวลา 5 นาที แล้วทำเย็นให้อุณหภูมิใจกลางของน้ำข้าวได้ 42 °ซ จากนั้นจึงเติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้ในปริมาณร้อยละ 3 คนให้เข้ากันดีและปิดฝาให้มิดชิดบ่มในตู้ควบอุณหภูมิที่ 42 °ซ เมื่อครบเวลา 18 ชั่วโมง หรือวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วย pH meter มีค่า pH 4.0 ± 0.1 ซึ่งมีปริมาณเซลของเชื้อจุลินทรีย์แลคติก ระหว่าง 10^7 ถึง 10^8 CFU/g จะได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำมีลักษณะคล้ายโยเกิร์ตนำไปบรรจุกระบอกตวงแบบปริมาตร (cylinder) 100 มล. แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°ซ ทำการตรวจสอบความ

คงตัวโดยวัดการตกตะกอนในวันที่ 1, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่หมักเป็นผลิตภัณฑ์แล้วตกตะกอนน้อยที่สุดโดยไม่ต้องใช้สารเพิ่มความคงตัวในกระบวนการผลิต

จากนั้นจึงเลือกอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่มีความคงตัวในการเก็บรักษาดีที่สุดมาทดลองทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากข้าวก่ำทั้ง 3 พันธุ์ โดยมีการเตรียมทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากข้าวก่ำดังที่กล่าวข้างบนและเมื่อหมักจนได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำที่มีลักษณะคล้ายโยเกิร์ตแล้วนำไปใส่ถ้วยพลาสติกโพลีโพพีลีน ขนาดบรรจุ 110 มล. ผนึกฝาถ้วยด้วยความร้อน (Manual seal machine, ET-D6, Eton standard Co, Ltd., Samutprakarn) แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°ซ ใช้ประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ/การยอมรับกับผู้บริโภคภายในเวลาไม่เกิน 3 วัน

2.4 การประเมินทางประสาทสัมผัส

เพื่อทำการทดสอบความชอบ/การยอมรับของผู้บริโภคในคุณลักษณะด้านสีกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากเมล็ดข้าวก่ำ 3 พันธุ์ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (nine-box hedonic scale) ในแบบฟอร์มการให้คะแนนโดยแต่ละตัวอย่างมีช่องให้ขีดเครื่องหมาย 9 ช่อง ๆ ซ้ายมือสุด คือไม่ชอบมากที่สุด ช่องกลาง คือบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ และช่องขวามือสุด คือชอบมากที่สุด (Meilgaard, 1999) ใช้ผู้บริโภคจำนวน 100 คนที่บริโภคผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเป็นประจำไม่น้อยกว่าสัปดาห์ละครั้งซึ่งส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 70 เพศชายร้อยละ 30 อายุ 20-50 ปี จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ และในกรมการข้าว บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ผู้ทดสอบจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวก่ำ 3 ตัวอย่างปริมาณตัวอย่างละ 30 มล.ในถาดพลาสติกสีขาวพร้อมแก้วน้ำดื่มคั่นระหว่างตัวอย่าง ดินสอและแบบฟอร์มการให้คะแนน แต่ละตัวอย่างติดเลขรหัส 3 หลักในถ้วยพลาสติกสีขาวแบบใช้แล้วทิ้ง จัดตำแหน่งวางตัวอย่างในถาดแบบสุ่ม เสิร์ฟตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4-8 °ซ ในคูหา (Booth) แบบพับเก็บได้ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างในคุณลักษณะต่าง ๆ ระหว่างตัวอย่างด้วยโปรแกรม SPSS for windows version 11.5 และจำแนกความแตกต่างด้วยวิธี DMRT ในตอนท้ายของแบบฟอร์มการให้คะแนนมีการสอบถามเพิ่มเติมว่าหากมีผลิตภัณฑ์นี้จำหน่ายในท้องตลาดราคาใกล้เคียงกับนมโยเกิร์ตทั่วไปนั้นมีความสนใจที่จะซื้อหรือไม่โดยมีคำตอบให้เลือกคือ จะซื้อแน่นอน ไม่แน่ใจ และไม่ซื้อ

2.5 วิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ปริมาณยีสต์ รา และ โคริฟอร์มด้วยวิธีการตาม AOAC (2002) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณเยื่อใย และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ใช้วิธีการตาม

AOAC (2002) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วย pH meter (Esydo pen tester 6011, Taiwan) ปรับเทียบค่าโดยใช้สารละลายมาตรฐานที่ pH 4 และ pH 7 ก่อนการใช้งาน วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid) โดย manual refractometer#1, Atago Tokyo การวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter lab digital color difference meter, COLORFLEX 4510 ประเมินค่าสีในระบบ Hunter L* แสดงค่าความสว่าง-มืด a* แสดงค่าความเป็นสีเขียว (-) ถึง สีแดง (+) และ b* แสดงค่าความเป็นสีน้ำเงิน (-) ถึง ค่าความเป็นสีเหลือง (+) ค่า browning index (BI) คำนวณโดย $BI = [100(x - 0.31)]/0.172$ เมื่อ $x = (a+1.75L^*)/(5.645L^* + a^*-3.012b^*)$ เป็นค่าที่บอกความบริสุทธิ์ของสีน้ำตาลและยังบอกถึงปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในกระบวนการผลิต (Palou et al., 1999) การวัดค่าความหนืดโดยใช้ Brookfield viscometer (Model RVT, Brookfield Engineering Labolatories, USA)

บทที่ 3

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 การตกตะกอนของข้าวก่ำหมัก

จากการหมักข้าวก่ำด้วยจุลินทรีย์แลคติกโดยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่ใช้ในการปั่นผสมต่างกันและตรวจสอบการตกตะกอนของผลิตภัณฑ์ในกระบอกตวง 100 มล. เมื่อเก็บรักษาไว้ที่เวลาต่าง ๆ ได้ผลดังตาราง 1 พบว่าที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 25:75 มีการแยกชั้นถึงร้อยละ 66 และอัตราส่วน 30:70 มีการแยกชั้นถึงร้อยละ 45 เมื่อเก็บนาน 15 วัน สำหรับอัตราส่วนผสมข้าวต่อน้ำ 40:60 ในข้าวก่ำพันธุ์ดอยสะเก็ดและข้าวก่ำพะเยายังไม่เกิดการแยกชั้นเมื่อเก็บไว้นาน 15 วัน ส่วนข้าวก่ำพันธุ์ดอยมูเซอจะเกิดการแยกชั้นเพียงร้อยละ 8 จากข้อมูลดังกล่าวจึงกล่าวได้ว่าแป้งจากข้าวก่ำเป็นสารให้ความคงตัวได้เมื่อใช้ในอัตราส่วนความเข้มข้นที่เหมาะสม และในการทำเครื่องดื่มน้ำหมักจากข้าวก่ำสามารถใช้อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำในการปั่นผสมที่ 40:60 ได้โดยไม่ต้องมีการเติมสารให้ความคงตัว (Stabilizer) ชนิดอื่น เป็นการลดการใช้วัตถุปรุงแต่งอาหารในกระบวนการผลิต กรณีที่จะใช้ข้าวก่ำพันธุ์ดอยมูเซอเป็นวัตถุดิบก็อาจต้องเพิ่มความเข้มข้นของข้าวมากขึ้นอีกเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการใช้อัตราส่วนของข้าวก่ำสูงเกินไปจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบดปั่นอีกทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจมีความข้นหนืดสูงเกินไปไม่สะดวกในการรับประทาน

ตาราง 1 การตกตะกอนของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากข้าวก่ำเมื่อใช้อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำในการปั่นผสมต่างกัน

พันธุ์ข้าวก่ำ	อัตราส่วนข้าว:น้ำ	ปริมาตรการเกิดตะกอนแยกชั้น (มล./100 มล.) ในระยะเวลาต่าง ๆ ที่ 4 °ซ					
		1 วัน	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
ดอยสะเก็ด	25:75	0	30	52	67	68	70
	30:70	0	14	38	52	52	53
	35:65	0	6	14	22	25	25
	40:60	0	0	0	0	0	0
ดอยมูเซอ	25:75	0	46	58	73	74	77
	30:70	0	21	47	60	62	66
	35:65	0	14	29	38	38	40
	40:60	0	0	0	0	5	8
พะเยา	25:75	0	34	46	55	58	66
	30:70	0	16	35	43	45	45
	35:65	0	11	17	25	28	28
	40:60	0	0	0	0	0	0

3.2 เครื่องดื่มน้ำหมักจากข้าวก่ำ

จากข้าวก่ำ 3 พันธุ์ที่เตรียมจากข้าวก่ำหุงสุกและบดปั่นให้ละเอียดด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 40:60 ผ่านกรรมวิธีการหมักด้วยแลคติกแบคทีเรียจนได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักจากข้าวก่ำในที่นี้จะเรียกว่าโยเกิร์ตข้าวก่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะปรากฏเป็นของเหลวข้นหนืดสามารถไหลได้เองมีรสชาติอมเปรี้ยวอมหวานกลมกล่อม มีกลิ่นหมักของจุลินทรีย์แลคติกคล้ายกลิ่นโยเกิร์ตผสมผสานกับกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของข้าวก่ำมีสีใกล้เคียงกับสีของชอคโกแลต ในระหว่างการหมักมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ดังตาราง 2 และการเปลี่ยนแปลงค่า pH ดังตาราง 3 จากการวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ระหว่างการหมักทุก ๆ 3 ชั่วโมงมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยบางครั้งลดลด 0.5°บริกซ์ บางครั้งเพิ่มขึ้น 0.5°บริกซ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์ได้ย่อยน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติกจึงทำให้ของแข็งที่ละลายได้มีค่าลดลงและระหว่างกระบวนการหมักนั้นกรดแลคติกยังเกิดการย่อยสลายแป้งข้าวให้

กลายเป็นน้ำตาลด้วยจึงทำให้ของแข็งที่ละลายได้มีค่าเพิ่มขึ้นอีกได้ ส่วนค่า pH ที่มีค่าลดลงตลอดช่วงของการหมักนั้นเป็นผลมาจากจุลินทรีย์กลุ่มแลคติกทำหน้าที่ย่อยน้ำตาลไปเป็นกรดแลคติก ช่วงแรกของการหมักนั้นค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็ว และเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ แล้วค่อย ๆ คงที่ ในช่วงท้ายของกระบวนการหมักซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มี 3 ระยะ ในช่วง 1-3 ชั่วโมงแรกเป็นการปรับตัว (lag phase) ช่วง 3-6 ชั่วโมงจะเจริญอย่างรวดเร็ว (log phase) และหลังจากนั้นเจริญช้าลง (slow-down) เมื่อมีปริมาณกรดมากขึ้นในระดับหนึ่งเซลของจุลินทรีย์จะชะลอหรือหยุดการเจริญเติบโต (Soukoulis et al, 2007)

ตาราง 2 การเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งที่ละลายได้ของน้ำข้าวก่ำขณะหมักด้วยแบคทีเรียแลคติก

พันธุ์ข้าวก่ำ	**ค่าของแข็งที่ละลายได้ (°บริกซ์) ที่ระยะเวลาในการหมัก (ชั่วโมง)**				
	0	3	6	9	12
ดอยสะเก็ด	17.0	17.0	16.5	17.0	16.5
ดอยมูเซอ	15.5	15.0	15.0	15.5	15.5
พะเยา	16.0	16.0	16.5	16.0	16.5

ตาราง 3 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำข้าวก่ำขณะหมักด้วยแบคทีเรียแลคติก

พันธุ์ข้าวก่ำ	**ค่า pH ที่ระยะเวลาในการหมัก (ชั่วโมง)**				
	0	3	6	9	12
ดอยสะเก็ด	6.5	4.8	4.2	4.0	3.9
ดอยมูเซอ	6.4	4.8	4.1	3.9	3.7
พะเยา	6.4	5.0	4.2	3.9	3.8

เมื่อวัดค่าสีและค่าความข้นหนืดมีค่าแสดงในตาราง 4 จากการสังเกตสีด้วยสายตาและวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter lab digital color difference meter กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวก่ำทั้ง 3 พันธุ์ พบว่ามีความใกล้เคียงกันมากจนไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ และค่า Browning index ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวก่ำทั้ง 3 พันธุ์ มีค่า 62.79 เท่ากัน ด้านความหนืดของโยเกิร์ตที่ทำจากข้าวก่ำดอยสะเก็ดและข้าวก่ำพะเยาจะมีความหนืดสูงและใกล้เคียงกัน แต่ข้าวก่ำดอยมูเซอมีความหนืดน้อยกว่าอีกสองพันธุ์อย่างชัดเจน เนื่องจากปริมาณแป้งอะไมโลสในข้าวก่ำดอยสะเก็ดและข้าวก่ำพะเยา มีปริมาณต่ำกว่า กล่าวอีกนัยหนึ่งคือมีปริมาณแป้งอะไมโลเพคตินสูงกว่าข้าวก่ำดอยมูเซอ

ทำให้โมเลกุลของแป้งอะไมโลเพคตินแตกสลายออกมาอยู่ในสารละลายมีมากการพองตัวเพิ่มขึ้นจึงมีความหนืดมากขึ้น

ตาราง 4 ค่าสีและค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวก่ำจาก 3 พันธุ์

พันธุ์ข้าวก่ำ	ค่าสี			Browning index	ค่าความหนืด (cps)
	L*	a*	b*		
ดอยสะเก็ด	31	7.9	11.4	62.79	1673
ดอยมูเซอ	33	8.6	12.0	62.79	851
พะเยา	29	8.1	10.3	62.79	1676

3.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส

การทดสอบความชอบ/การยอมรับของผู้บริโภคในคุณลักษณะด้านสีกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากเมล็ดข้าวก่ำ 3 พันธุ์ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ได้ผลดังตาราง 3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในแต่ละคุณลักษณะโดยทั่ว ๆ ไปจะได้รับการยอมรับในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวก่ำทั้ง 3 พันธุ์ไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามมีบางคุณลักษณะจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ของแต่ละพันธุ์ เช่น โยเกิร์ตจากข้าวก่ำพันธุ์ดอยสะเก็ดจะได้รับคะแนนความชอบด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าข้าวก่ำพันธุ์มูเซอและพันธุ์พะเยา คุณลักษณะด้านกลิ่นในโยเกิร์ตข้าวก่ำนี้เมื่อผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์แลคติกแล้วจะเกิดกลิ่นหมักเล็กน้อยผู้ไม่เคยดื่มโยเกิร์ตอาจบอกว่าเป็นกลิ่นแปลก ๆ แต่ผู้ที่ดื่มโยเกิร์ตเป็นประจำแล้วถือว่าเป็นกลิ่นที่เกิดขึ้นจากการหมักคล้ายกลิ่นโยเกิร์ตทั่วไปและมีกลิ่นหอมของข้าวก่ำที่เป็นลักษณะเฉพาะของข้าวชนิดนี้ผู้ที่ทดสอบผลิตภัณฑ์นี้คัดเลือกเฉพาะผู้ที่ดื่มโยเกิร์ตเป็นประจำดังนั้นจึงให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนคุณลักษณะด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ได้คะแนนการยอมรับเฉลี่ยใกล้เคียงกันมากกับด้านกลิ่น ผู้ประเมินให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติเฉลี่ยในระดับปานกลาง สำหรับคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวก่ำนั้นผู้ประเมินให้คะแนนต่ำกว่าคุณลักษณะด้านอื่นเล็กน้อย เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดและไม่เกาะตัวเหมือนโยเกิร์ตจากนม อย่างไรก็ตามคุณลักษณะข้นหนืดนี้ทำให้สามารถบริโภคได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้ช้อนตัก และความข้นหนืดในตัวอย่างโยเกิร์ตข้าวก่ำดอยมูเซอมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าพันธุ์ดอยสะเก็ดและพะเยาอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และ

สำหรับความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า 7 (ชอบปานกลาง) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่ามีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า พันธุ์ดอยมูเซอและพันธุ์พะเยาอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบโดยรวมของโยเกิร์ตจากข้าวก่ำพันธุ์ดอยมูเซอและพันธุ์พะเยาก็สูงกว่า 6 (ชอบเล็กน้อย)

จากการสอบถามผู้บริโภคเพิ่มเติมว่าหากมีผลิตภัณฑ์นี้จำหน่ายในท้องตลาดราคาใกล้เคียงกับนมโยเกิร์ตทั่วไปนั้นมีความสนใจที่จะซื้อหรือไม่ มีผู้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 72 บอกว่าจะซื้อแน่นอน; ร้อยละ 24 บอกว่าไม่แน่ใจ; และมีเพียงร้อยละ 4 บอกว่าไม่ซื้อ

ตาราง 5 ผลการทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวก่ำจาก 3 พันธุ์

พันธุ์ข้าวก่ำ	คะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ*				
	สี^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ดอยสะเก็ด	7.25±1.60	7.69±1.58^{a}	7.61±2.02^{a}	7.06±1.95^{a}	7.37±1.83^{a}
ดอยมูเซอ	6.80±2.12	6.54±1.98^{b}	6.42±1.67^{b}	6.12±2.30^{c}	6.32±2.33^{b}
พะเยา	6.69±1.50	7.11±1.43^{ab}	7.18±2.29^{ab}	6.51±2.01^{b}	6.64±1.82^{b}

*ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ประเมินจำนวน 100 คน ให้ระดับคะแนนแต่ละคุณลักษณะ 1=ไม่ชอบมากที่สุด; 2=ไม่ชอบมาก; 3=ไม่ชอบปานกลาง; 4=ไม่ชอบเล็กน้อย; 5=บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่; 6=ชอบเล็กน้อย; 7=ชอบปานกลาง; 8=ชอบมาก; 9=ชอบมากที่สุด

-ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกต่างกันในคอลัมน์หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

-ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (not significant, $p\geq0.05$)

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวก่ำทั้ง 3 พันธุ์มีลักษณะปรากฏที่ไม่แตกต่างกันและมีกรรมวิธีการผลิตเหมือนกันจึงเลือกผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวก่ำดอยสะเก็ดมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามี ปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 3.32 ปริมาณไขมันร้อยละ 1.09 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.87 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 0.73 ปริมาณคาร์โบไฮเดรทร้อยละ 19.1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 4.26 ปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.633 ค่า pH 3.9 ปริมาณโคริฟอร์มแบคทีเรียน้อยกว่า 3 MPN/g และปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 100 cfu/g ซึ่งปริมาณโปรตีน ไขมัน ปริมาณกรดแลคติก ปริมาณโคริฟอร์ม และปริมาณยีสต์และรามีคุณภาพหรือมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 289) พ.ศ. 2548 เรื่องนมเปรี้ยว และมีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2146-2546 เรื่องนมเปรี้ยว

3.5 อายุการเก็บรักษา

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวก่ำ พบว่าสามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน

สรุปผลการทดลอง

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวก่ำทั้ง 3 พันธุ์มีลักษณะปรากฏที่ไม่แตกต่างกันและมีกรรมวิธีการผลิตเหมือนกันจึงเลือกผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวก่ำดอยสะเก็ดมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 3.32 ปริมาณไขมันร้อยละ 1.09 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.87 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 0.73 ปริมาณคาร์โบไฮเดรทร้อยละ 23.1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 4.26 ปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.633 ค่า pH 4.0 ปริมาณโคริฟอร์มแบคทีเรียน้อยกว่า 3 MPN/g และปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 10 cfu/g
2. อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวก่ำสามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน

ซึ่งผลจากงานวิจัยครั้งนี้น่าจะเป็นแนวทางเลือกหนึ่งในการแปรรูปเมล็ดข้าวก่ำ ให้กับเกษตรกรและผู้ประกอบการที่สนใจในการพัฒนาต่อยอด เพื่อการผลิตเชิงพานิชของระดับอุตสาหกรรมขนาดต่างๆ ได้เป็นอย่างดี นอกจากจะเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่แล้ว ยังมีคุณประโยชน์ต่อผู้บริโภคอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

Abdel-Aal, E. M., J. C. Young, and I.Rabalski. 2006. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. J. of Agri. and Food Chem. 54: 4696–4704.

AOAC. 2002. Official Method of Analysis of AOAC International. 17th Ed. Virginia : AOAC International.

Birollo, G.A., J.A. Reinheimer, and C.G. Vinderola. 2000. Viability of lactic acid microflora in different types of yoghurt. Food Research Int. 33: 799–805

Lee, C.H., M. Souane, and K.H. Rhu. 1988. Effects of prefermentation and extrusion cooking on the lactic fermentation of rice-soybean base beverage. Korean J. of Food Sci. Technol. 20 : 666–673.

Meilgaard, M. 1999. Sensory Evaluation Techniques. 3rd Edition. CRC Press. New York. 387p.

Mital, B.K. and K.H. Steinkraus. 1974. Growth of lactic acid bacteria in soy milks. J. Food Sci. 39 : 1018.

Mok C., J. Han, Y.J. Kim, N. Kim, D.Y. Kwon and Y.J. Nam. 1991. Risogurt, a mixture of lactic acid fermented rice and soybean protein: development and properties. Korean J. of Food Sci. Technol. 23 : 745–749.

Palou E., A. Lopes-Malo, G. Barbosa-Canovas, J. Chanes-Welti, and W. Swanson. 1999. Polyphenoloxidase and colour of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. J. Food Sci. 64: 42–45.

Park, D.J., S. Oh, K.H. Ku, C. Mok, S.H. Kim, and J.Y. Imm. 2005. Characteristics of yogurt-like products prepared from the combination of skim milk and soymilk containing saccharified-rice solution. Int. J. of Food Sci. and Nutrition. 56(1): 23–24.

Ryu, S. N., S. Z.Park, and C.-T.Ho, 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. J. of Food and Drug Analysis. 6: 729–736.

Shin, D.H. 1989. A yogurt like product development from rice by lactic acid bacteria. Korean J. Food Sci. Technol. 21: 686–690.

Soukoulis C., P. Panagiotidis, R . Koureli, and C. Tzia. 2007. Industrial yogurt manufacture: monitoring of fermentation process and improvement of final product quality. J. Dairy Sci. 90(6): 2641–54.

Souane, M. and C.H. Lee. 1992. Production of high protein content lactic beverage from rice soymilk mixture, pp. 26–47. *In* UNIDO International workshop on lactic acid fermentation of non–dairy food and beverage proceedings. June 25–27, 1992. Korea Food Research Institute, Songnam, Korea.

Supavititpatana, S., T.I. Wirjantoro, and P. Raviyan. 2010. Characteristic and shelf–life of corn milk yogurt. CMU. J. Nat. Sci. 9(1) ; 133–149.

Wang, H.L., L., Kraidej and C.W. Hesseltine. 1974. Lactic acid fermentation of soybean milk. J. Milk Food Technol. 37 : 71.

Yawadio, R., S. Tanimori, and N.Morita, 2007. Identification of phenolic compounds isolated from pigmented rices and their aldose reductase inhibitory activities. Food Chemistry. 101, 1616–1625.

บทสรุปขบวนการผลิตโยเกิร์ตข้าวก่ำ

โดย ผศ. ดร. ประเทือง โชคประเสริฐ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่

<u>สิ่งที่ต้องเตรียม</u>

การทำโยเกิร์ตนั้น เราสามารถทำได้ง่ายด้วยตัวเอง โดยก่อนที่เราจะทำโยเกิร์ตนั้นจะต้องเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น ซึ่งมีดังนี้

ข้าวก่ำ (ข้าวเหนียวดำ) หุงสุก 400 กรัม

หัวเชื้อโยเกิร์ต (starter) 30 กรัม

น้ำตาลแลคโตส 50 กรัม และน้ำตาลทราย 70 กรัม

หม้อต้ม หรือ บีกเกอร์ (ถ้ามี)

หม้อหุงข้าว เครื่องปั่น ช้อน และเทอร์โมมิเตอร์ 1 อัน

Note : ปริมาณของส่วนผสมอาจขึ้นอยู่กับปริมาณที่เราต้องการทำ และอุปกรณ์บางชนิดที่ใช้ เช่น ช้อน ต้องเป็นช้อนแสตนเลส เพราะสามารถใช้ในการสเตอริไรซ์ได้

<u>ขั้นตอนที่ 1 หุงข้าวก่ำ</u>

ก่อนอื่นเราจะต้องเตรียมข้าว หม้อหุงข้าว และน้ำ สำหรับหุงข้าว โดยมีขั้นตอนดังนี้

ล้างทำความสะอาดข้าว และ แช่น้ำไว้ 4-6 ชั่วโมง (ถ้าต้องการเพาะงอกให้นำข้าวใส่กะละมังปิดฝาไว้ 12 ชั่วโมงจะเห็นตุ่มงอก)

หุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ประมาณ 1 ชั่วโมง 15 นาที ด้วยอัตราส่วน ข้าว ต่อ น้ำ 2 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก

Note : การแช่ข้าวไม่ควรเกิน 6 ชั่วโมง เพราะจะทำให้เกิดการหมักโดยจุลินทรีย์ ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติเปรี้ยว หลังจากที่แช่ข้าวมาแล้วควรใช้ปริมาณน้ำหุงเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณข้าว

ขั้นตอนที่ 2 ปั่นข้าวก่ำหุงสุกให้เป็นน้ำข้าว

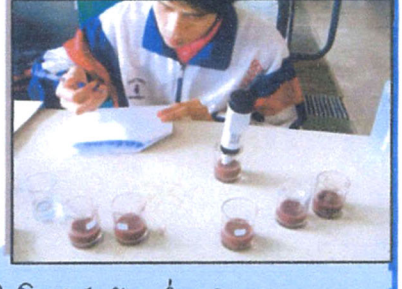
หลังจากที่หุงข้าวสุกแล้วให้เตรียมอุปกรณ์สำหรับชั่งข้าว เตรียมเครื่องปั่น (blender) และทำตามขั้นตอนดังนี้

ชั่งข้าวก่ำหุงสุก : น้ำ เป็น 400 กรัม : 600 กรัม

ปั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

เทใส่ในปีกเกอร์หรือหม้อต้มจะได้ประมาณ 1 ลิตร

Note : ถ้าปั่นข้าวกับน้ำด้วยอัตราส่วนที่ข้าวมากกว่าน้ำจะทำให้โยเกิร์ตหนืดเกินไป และควรปั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน อาจใช้เวลานานป้องกันการมีเศษเม็ดข้าวเล็ก ๆ ที่ปั่นไม่ละเอียด อย่างไรก็ตามการใช้อัตราส่วนของข้าวก่ำสูงเกินไปจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบดปั่นอีกทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจมีความข้นหนืดสูงเกินไปไม่สะดวกในการรับประทาน



ขั้นตอนที่ 3 เติมน้ำตาล

เมื่อปั่นเสร็จแล้ว ให้เตรียมน้ำตาลแลคโตสที่มีจำหน่ายตามร้านจำหน่ายอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และซูโครสหรือที่เรียกว่าน้ำตาลทราย ซึ่งหาซื้อได้ทั่วไป โดยมีขั้นตอนดังนี้

นำน้ำข้าวก่ำ 1 ลิตร คนให้เข้ากัน

เติมน้ำตาลแลคโตส ร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำข้าว และ

เติมน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำข้าว

คนให้เข้ากันให้น้ำตาลกระจายจนทั่ว แล้วใส่หม้อใบเล็ก

Note : การที่เติมน้ำตาลแลคโตสลงไปด้วยนั้นก็เพื่อให้จุลินทรีย์ในโยเกิร์ตข้าวก่ำผลิตกรดแลคติกได้เร็วขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์แลคโตบาซิลลัสจะกินน้ำตาลแลคโตสแล้วผลิตกรดแลคติก

ขั้นตอนที่ 4 พาสเจอร์ไรซ์ด้วยหม้อ 2 ชั้น

เตรียมหม้อต้มสแตนเลส เติมน้ำลงไปประมาณครึ่งหม้อ ตั้งด้วยไฟกลาง

แล้วจึงนำน้ำข้าวก่ำที่เตรียมไว้แล้วในหม้อใบเล็กวางลงไปใน

หม้อใบใหญ่ (เป็นหลักการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยหม้อสองชั้น)

วัดอุณหภูมิน้ำข้าวก่ำตลอดเวลาจนได้อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

หมั่นคนเป็นระยะ

เมื่อได้อุณหภูมิ ถึง 75 องศาเซลเซียส จับเวลาอีก 5 นาที จึงยกหม้อลง

Note : ถ้าอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์ไม่ถึงที่ระบุไว้ อาจมีจุลินทรีย์อื่น ปะปนมาด้วย และอาจทำให้โยเกิร์ตเสื่อมเสียได้

ขั้นตอนที่ 5 การทำเย็น

หลังจากพาสเจอร์ไรซ์แล้วควรรีบนำน้ำข้าวก่ำมาทำเย็น ในอ่างน้ำทำเย็น

ที่ได้เตรียมใส่น้ำเย็นไว้ก่อนแล้ว ควรจะเป็นอ่างน้ำขนาดใหญ่กว่าหม้อ

โดยมีวิธีปฏิบัติดังนี้

ปิดฝาหม้อน้ำข้าวก่ำให้มิดชิด ป้องกันการปนเปื้อน

นำน้ำข้าวก่ำวางลงไปในอ่างทำเย็น

เปลี่ยนน้ำตลอดหรืออาจหมุนเวียนน้ำ วัดอุณหภูมิเป็นระยะ จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 42 องศาเซลเซียส น้ำข้าวก่ำนี้มีของแข็งที่ละลายได้ประมาณ 18–22 ($^{\circ}$Brix) มีค่า pH ประมาณ 6.5

Note : หลังจากพาสเจอร์ไรซ์แล้วต้องรีบปิดฝาให้มิชิดตลอดเวลา เพื่อป้องกันจุลินทรีย์ในอากาศเข้าไปปนเปื้อนซ้ำ (recontamination) และการใช้ช้อนคนโยเกิร์ตควรลวกช้อนก่อนทุกครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 การเตรียมหัวเชื้อ (Starter)

นำข้าวก่ำหุงสุกมาปั่นกับน้ำ ด้วยข้าว 400 กรัม ต่อน้ำ 600 กรัม ปั่นให้เข้ากันแล้วเติมน้ำตาล 120 กรัม พาสเจอร์ไรซ์ และทำเย็นเช่นเดียวกับที่ทำน้ำข้าวก่ำ ในขั้นตอนที่ 1-5 จากนั้นเติมเชื้อผงสำเร็จรูป YC 380 (Yogurt culture FD-DVS YC-380 - YO-FLEX® , CHR HANSEN)ประมาณ0.02 กรัม ต่อน้ำข้าว 1 ลิตร คนให้เข้ากัน แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือมีค่า pH 4.0 ± 0.1 ต้องคนให้เชื้อกระจายตัวทุก 3 ชั่วโมง

Note : การชั่งเชื้อ 0.02 กรัม มีความจำเป็นต้องใช้ตาชั่งละเอียด ทศนิยม 2 หรือ 3 ตำแหน่ง, หลังจากที่บ่มหัวเชื้อจนได้ pH ประมาณ 4.0 ± 0.1 แล้วเก็บไว้ในตู้เย็น เพื่อชะลอการเจริญของเชื้อและคง pH เอาไว้ให้เหมาะสมไม่ให้ pH ลดลงต่ำเกินไป

หัวเชื้อนี้ต้องเตรียมไว้ก่อน 12 ชั่วโมง เป็นอย่างน้อย

ขั้นตอนที่ 7 เติมหัวเชื้อโยเกิร์ต

หลังจากที่ทำเย็นจนอุณหภูมิต่ำกว่า 42 องศาเซลเซียส ใส่หัวเชื้อโยเกิร์ตที่ได้เตรียมไว้แล้ว ในน้ำข้าวก่ำ 3%

ถ้าทำโยเกิร์ต 100 กรัม เติมหัวเชื้อ 3 กรัม ถ้าทำ 1000 กรัม เติมหัวเชื้อ 30 กรัม

Note : ถ้าอุณหภูมิในการทำเย็นสูงกว่า 42 องศาเซลเซียส อาจทำให้เชื้อโยเกิร์ตตาย ดังนั้นขณะทำเย็นควรเปลี่ยนน้ำหรือมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอด และวัดอุณหภูมิกลางภาชนะ

ขั้นตอนที่ 8 นำไปบ่มเชื้อ

ก่อนนำไปบ่มคนน้ำข้าวให้เข้ากันอีกครั้งเพื่อให้เชื้อกระจายตัวดีในน้ำข้าว แล้วจึงนำไปเข้าตู้บ่ม
ปิดฝาภาชนะที่ใส่น้ำข้าวก่ำให้มิดชิด

ปรับตั้งอุณภูมิตู้บ่มที่ 42 องศาเซลเซียส ถ้าไม่มีตู้บ่มให้ตั้งไว้ที่อุณภูมิห้องตั้งทิ้งไว้ และตรวจสอบเป็นระยะ

Note : ควรปิดฝาภาชนะน้ำข้าวก่ำให้มิดชิดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้ออื่น ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทำโยเกิร์ตนี้ จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ถ้าบ่มที่อุณหภูมิห้องต้องระมัดระวังเชื้อจุลินทรีย์คู่แข่งอื่น ๆ ในอากาศเจริญอย่างรวดเร็วทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียได้

ขั้นตอนที่ 9 การ ตรวจสอบผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

เมื่อบ่มเชื้อแลคโตบาซิลลัสไปได้สักระยะหนึ่ง น้ำข้าวก่ำจะเริ่มเปลี่ยนเป็นโยเกิร์ต (มีรสชาติอมเปรี้ยว) ข้นหนืดแต่ไม่ถึงกับเกาะตัวเป็นก้อน ทำการตรวจสอบโยเกิร์ต โดยตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ($^{\circ}$Brix) ถ้าไม่มีอุปกรณ์เหล่านี้สามารถใช้วิธีการชิม ถ้าเชื้อแลคโตบาซิลลัสเจริญได้ดีผลิตภัณฑ์ควรมีรสอมเปรี้ยวภายในเวลาประมาณ 6-10 ชั่วโมง หรือวัดด้วยเครื่องวัด pH หรือกระดาษวัดควรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 4.0 $\pm$ 0.1 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าประมาณ 18 $^{\circ}$Brix หรือดมกลิ่นด้วย จะมีกลิ่นหมักเล็กน้อย ควรทำการตรวจสอบเป็นระยะๆ โดยตรวจสอบที่เวลา 3, 6 และ 9 ชั่วโมง

Note : ในการตรวจสอบแต่ละครั้งควรรีบปิดฝาภาชนะและเก็บเข้าตู้บ่มทันที เพื่อให้อุณหภูมิในการเจริญของเชื้อโยเกิร์ตยังคงเหมาะสมอยู่ที่ 42 องศาเซลเซียส เสมอ

ขั้นตอนที่ 10 จัดเก็บโยเกิร์ต

เมื่อ pH ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตได้ตามที่ต้องการ
ให้นำออกจากตู้บ่มและนำไปบรรจุใส่ขวดหรือภาชนะ
สำหรับใส่โยเกิร์ตที่เตรียมไว้แล้ว
ล้างขวดให้สะอาด
เทโยเกิร์ตใส่ขวดหรือภาชนะบรรจุ
ปิดฝาให้มิดชิดเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเก็บได้นาน 10-20 วันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เก็บ

Note : หากต้องการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบสเตอริไรซ์สามารถทำได้โดยนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตใส่ขวดแยมชนิดฝาเหล็กล็อค นึ่งไล่อากาศให้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปิดฝาแล้วฆ่าเชื้อโดยการต้มน้ำเดือด 20 นาทีแล้วทำเย็น จะสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานกว่า 6

การรับประทานโยเกิร์ต

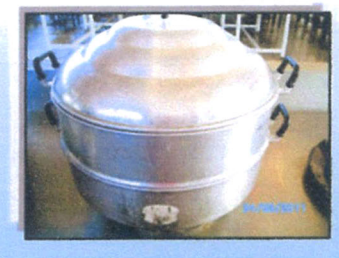
เมื่อผ่านการหมักเชื้อจุลินทรีย์แลคโตบาซิลลัสจนผลิตภัณฑ์มีรสอมเปรี้ยวแล้ว สามารถรับประทานได้เลย หรือสามารถแช่เย็นก่อนรับประทานได้ เพื่อเพิ่มรสชาติ
หากเก็บไว้หลายวันอาจเกิดการตกตะกอน
ก่อนรับประทานควรเขย่าขวดให้เข้ากันดี
และเพื่อเพิ่มรสชาติสามารถรับประทานกับของว่างอื่นๆได้
หรืออาจจะปรุงแต่งรสชาติเองตามใจชอบ

ขั้นตอนการผลิตข้าวก่ำเพาะงอก

<u>สิ่งที่เราต้องเตรียม</u>

การทำข้าวก่ำเพาะงอกสามารถทำได้ง่ายๆ อันดับแรกต้องเตรียมวัตถุดิบ และอุปกรณ์ ดังนี้

1. ข้าวก่ำ (ข้าวเหนียวดำ)
2. ผ้าขาวบาง
3. กะละมัง หรือถาด
4. หม้อนึ่ง



Note : ถ้าหากมีตู้บ่มหรือตู้อบ สามารถใช้ตู้บ่มได้ แต่ในการเพาะงอกสามารถบ่มที่อุณหภูมิห้องได้

<u>ขั้นตอนที่ 1 ทำความสะอาดข้าวก่ำ</u>

ขั้นแรกนี้ต้องคัดเลือกข้าวก่ำที่มีลักษณะดี

ชั่งน้ำหนัก ของข้าวก่ำ

แล้วหาหม้อ หรือกะละมัง สำหรับแช่ข้าว

เทข้าวลงไปและล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง

Note : ควรทำอย่างระมัดระวัง เพื่อป้องกันข้าวหก หรือตกหล่น อาจทำให้น้ำหนักของข้าวเปลี่ยนไปได้

ขั้นตอนที่ 2 การแช่ข้าว

หลังจากล้างทำความสะอาดแล้วนำข้าวมาแช่น้ำ
นำหม้อ หรือกะละมัง มาใส่ข้าวก่ำที่ล้างแล้ว
เติมน้ำลงไปให้ท่วมข้าวก่ำ ประมาณหนึ่งนิ้วครึ่ง
แช่ทิ้งไว้ประมาณ 4-6 ชั่วโมง
หลังจากที่แช่ข้าวเสร็จ ก็นำมาล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 2 ครั้ง
ชั่งน้ำหนักข้าว

Note : ถ้าหากแช่ข้าวไว้นานกว่า 6 ชั่วโมง อาจทำให้เกิดการหมักโดยจุลินทรีย์ได้ ซึ่งจะทำให้ข้าวมีรสและกลิ่นเปรี้ยวได้

ขั้นตอนที่ 3 การเพาะงอกข้าวก่ำ

การเพาะงอกข้าวก่ำ ต้องหาผ้าขาวบางมาห่อข้าวที่ได้แช่เอาไว้ เทข้าวก่ำทั้งหมดลงในผ้าขาวบาง
แล้ววางในถาดหรือกะละมัง พรมน้ำลงไปพอให้ชุ่ม
ปิดฝาถาดหรือกะละมังให้มิดชิด
อาจใช้ตู้บ่ม (ถ้ามี) หรือตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง
ทำการเพาะงอกเป็นเวลา 1 คืน

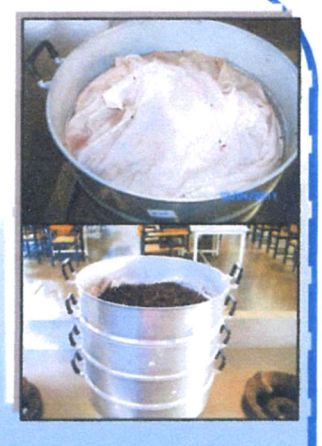
Note : ขณะที่เพาะงอกข้าวก่ำ ให้พรมน้ำตลอดทุกๆ 3 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดความชื้นที่เหมาะสมและเพื่อไม่ให้ข้าวแห้งมาก

ขั้นตอนที่ 4 การตรวจสอบข้าวก่ำเพาะงอก

เมื่อเพาะงอกข้าวก่ำได้ 1 คืน นำข้าวก่ำออกมาจากตู้บ่ม เปิดผ้าขาวบางออก สังเกตดูการงอกของข้าวก่ำ นำข้าวก่ำที่เพาะงอกแล้วมาชั่งน้ำหนัก

Note : ไม่ควรปล่อยให้ระยะเวลาในการเพาะงอกนานเกินไป หรือเกิน 1 คืน เพราะอาจทำให้ข้าวเกิดการงอกมากเกินไป

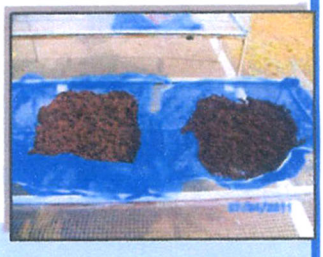
ขั้นตอนที่ 5 การนึ่งข้าวเพาะงอก



การนึ่งข้าวเป็นการให้ความร้อนกับข้าวก่ำหลังจากที่ได้ทำการเพาะงอก ทำโดยตั้งหม้อนึ่ง และนำข้าวก่ำเพาะงอกที่ห่อด้วยผ้าขาวบาง มาวางในหม้อนึ่ง ปาดข้าวก่ำเพาะงอกเพื่อให้กระจายทั่วหม้อนึ่ง ให้ความร้อนโดยการนึ่งเป็นเวลา 10 นาที

Note : ถ้าใช้เวลาในการนึ่งข้าวนานเกินไป หรือใช้ไฟแรงมากๆ อาจทำให้ข้าวสุกเกินไปไม่สามารถนำไปใช้ได้อีก

ขั้นตอนที่ 6 การตากแดดข้าวก่ำเพาะงอก



หลังจากนึ่งครบ 10 นาทีแล้ว ให้ยกข้าวก่ำเพาะงอกออกจากหม้อนึ่ง นำออกไปตากแดด โดยวางบนตะแกรง แผ่ข้าวก่ำเพาะงอกให้กระจายตากแดด ประมาณ 2-3 แดด
จากนั้นก็เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และเก็บไว้ใช้ทำโยเกิร์ตต่อไป

Note : การตากแดดเพื่อทำให้ข้าวก่ำเพาะงอกสามารถเก็บไว้ได้นานขึ้น ในสภาพที่แห้ง โดยที่ ข้าวก่ำเพาะงอกที่ผ่านการตากแดด ควรมีความชื้นต่ำกว่า 14%

ต้นทุนการผลิตโยเกิร์ต โดยประมาณ สำหรับผลิตเพื่อทดลอง 7 ส.ค. 54

ผลิต 750 ขวดแก้วขนาด 110 มล

			บาท
1.	ข้าวก่ำ 20 กก * กก ละ 35		700
2.	ขวดแก้วพร้อมฝาเหล็กล๊อค 750 ใบ * 6.5 บ		4850
3.	น้ำตาลแลคโตส 3 กก * 380 บ.		1140
4.	น้ำตาลซูโครส 10 กก. * 24		240
5.	ค่าแรง บดปั่น (blend) พาสเจอไรซ์ ต้ม ฆ่าเชื้อ 2 วัน * 6 คน * 300 บ.		3600
6.	เชื้อจุลินทรีย์		850
7.	แก๊ส พาสเจอไรซ์ ฆ่าเชื้อ 2 ถัง (ถังละ 15 กก.)		600
8.	ฉลาก กล่อง ประมาณ ขวดละ 2 บ.		1500
	รวม		13480

13480 / 750 = 18 บาทต่อขวด สำหรับการผลิตเพื่อการทดลอง

สำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์สามารถลดต้นทุนได้อีกมากมายโดยการบริหารจัดการค่าแรงงาน วัตถุดิบแต่ละตัวให้ถูกกว่านี้ ซึ่งต้นทุนไม่น่าจะต่างกับนมโยเกิร์ต

ภาคผนวก

รวมภาพกิจกรรมการผลิต

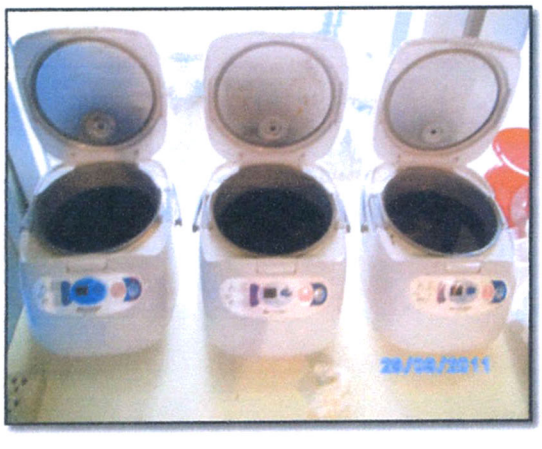
รูป 1-2 ตรวจดูพันธุ์ข้าวที่ใช้ในกระบวนการผลิต

รูป 3 ข้าวก่ำพะเยา

รูป 4 ข้าวก่ำดอยมูเซอ

รูป 5 ข้าวก่ำดอยสะเก็ด

รูป 6



รูป 7 หุงข้าวก่ำในหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ในอัตราส่วน 1: 1

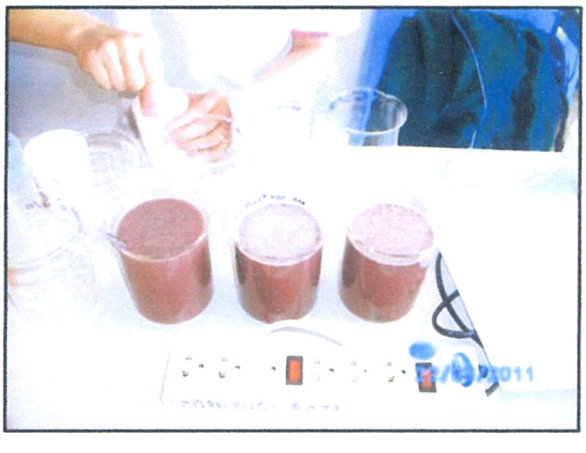
รูป 8 ข้าวก่ำที่หุงสุกเสร็จแล้วเปรียบเทียบกับข้าวที่ยังไม่ได้หุง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูป 9 ตักข้าวที่หุงเสร็จไปชั่ง

รูป 10 ชั่งข้าวให้ได้น้ำหนักประมาณ 300 กรัม

รูป 11 ทำการปั่นข้าวก่ำกับน้ำเปล่าจนให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน อัตราส่วน 1:4



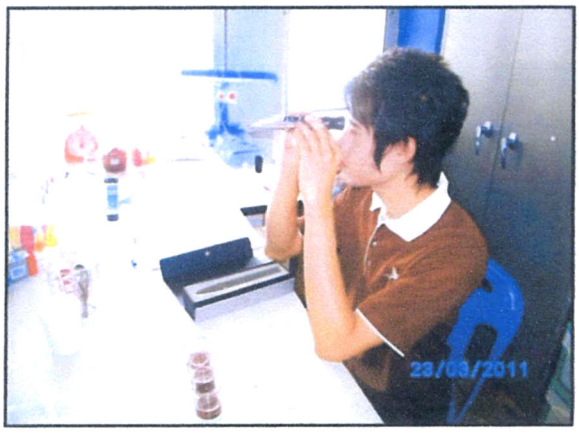
รูป 12 น้ำข้าวก่ำที่ได้จากการปั่น

รูป 13 น้ำตาลแลคโตส

รูป 14 น้ำตาลแลคโตส+น้ำตาลซูโครส

รูปที่ 15 ผสมน้ำข้าวกล้อง+น้ำตาล
แลคโตสในอัตราส่วนต่างๆ

รูปที่ 16 เครื่องแก้วที่ใช้ในการตรวจสอบ



รูปที่ 17 ทำการวัดค่าองศาบริกซ์และค่า pH

รูปที่ 18 พาสเจอร์ไรด์ที่ 80-85°C เป็นเวลา 5 นาที

รูป 19 ทำเย็นจนให้อุณหภูมิอยู่ที่ 37-43 °C

รูป 20 เติมหัวเชื้อโยเกิร์ตแล้ววัดค่าองศาบริกซ์และค่า pH

รูป 21 ปิดอะลูมิเนียมฟอล์ยเพื่อ
ป้องกันการปนเปื้อน

รูป 22 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 °C เป็น
เวลา9 ชั่วโมงและตรวจสอบทุกๆ 3 ชั่วโมง

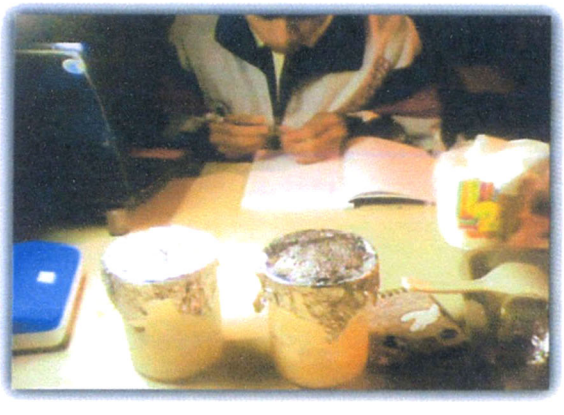
รูป 23 ขณะอยู่ในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 40 °C

รูป 24 ตรวจสอบผลทุกๆ 3 ชั่วโมง

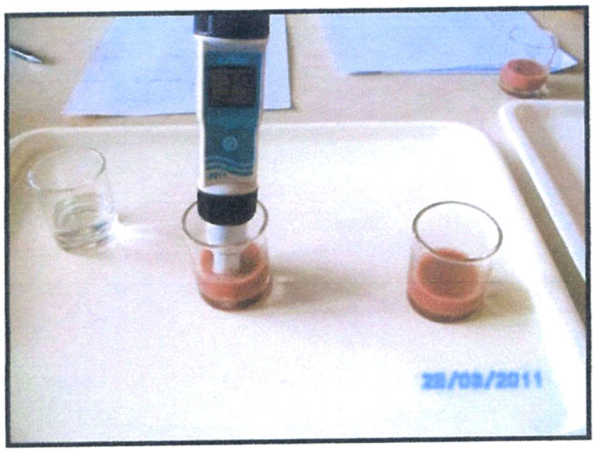
รูป 25 ทำการตรวจวัดค่าต่างๆภายหลังจากการบ่ม

รูป 26 ขั้นตอนการวัด pH หลังการบ่ม

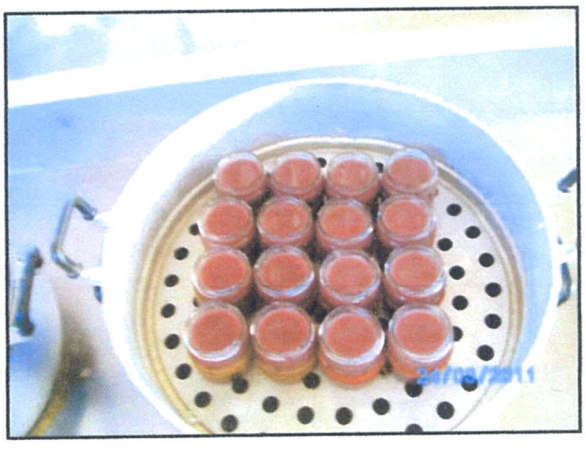
รูป 27 ขั้นตอนการตรวจวัดค่า °Brix หลังการบ่มในแต่ละระยะของการบ่ม



รูป 28 บันทึกข้อมูลตามระยะเวลาที่กำหนดจนค่า pH ที่ตรวจสอบได้ค่าประมาณ 4 ± 0.1

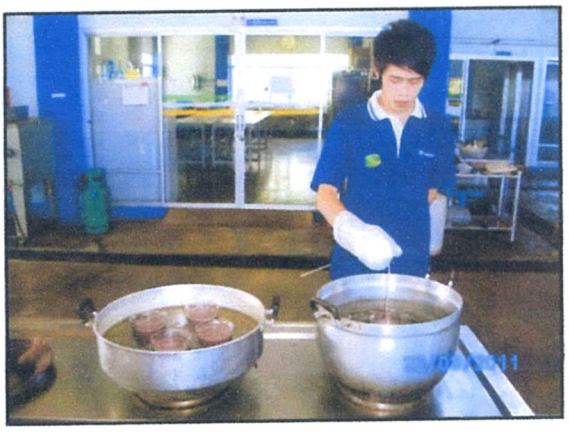


รูป 29 ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ได้ค่าตามกำหนด



รูป 30 บรรจุลงขวดแล้วนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 80-85 °C เป็นเวลา 5 นาที

รูป 31 นำไปต้มฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 90-95 °C เป็นเวลา 5 นาที



รูป 32 ตรวจดูอุณหภูมิในการต้มฆ่าเชื้อ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

รูป 33 ทดสอบทางประสาทสัมผัส

รูป 34 สรุปผลในแต่ละสูตรที่ทดลอง เพื่อเป็นแนวทางทดลองในครั้ง ต่อไป

รูป 35-36 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวก่ำ