

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาระบบวิธีการผลิตโยเกิร์ตชนิดผงโดยวิธีการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง



เลขที่.....
เลขทะเบียน..... 61878
วัน,เดือน,ปี..... 24 ก.ค. 2549

๖ 1160200

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on the Production of Yoghurt Powder by Freeze-Drying Process



**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science**

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ เรื่อง การศึกษาการผลิตโยเกิร์ตชนิดผง โดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
นักศึกษา นายไกรวุฒิ นุชประมุข
 นายนรากร ศรีสุข
ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์
สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดินจง สุขสำภู

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อนุมัติให้โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

	คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ. สุขใจ ชูจันทร์	
กรรมการ	รศ. ดวงใจ โอชัยกุล	
กรรมการ	ผศ. ดินจง สุขสำภู	

.....
 (รศ.ดร. นवलพรรณ ณ ระนอง)

หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การศึกษาการผลิตโยเกิร์ตชนิดผงโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
นักศึกษา	นายไกรวุฒิ นุชประมุข นายนรากร ศรีสุข
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลินจง สุขล้ำ

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ที่จะยึดยุทธการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตให้นานขึ้น โดยใช้เทคนิคการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเพื่อให้ได้โยเกิร์ตในรูปแบบผง จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ตโดยเติมหางนมผงเพื่อปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมเป็นร้อยละ 18 21 และ 24 โดยน้ำหนักพบว่าโยเกิร์ตที่ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นร้อยละ 24 จะให้คุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุดจากการที่มีเนื้อสัมผัสที่เนียน มีความหนืดที่เหมาะสมรวมทั้งไม่มีการแยกตัวของน้ำหางนม นำโยเกิร์ตที่ได้มาเตรียมเป็นโยเกิร์ตรสชาติเขียวโดยผสมโยเกิร์ตธรรมชาติเข้ากับขมิ้นผงร้อยละ 0.05 แอสพาแตมร้อยละ 0.016 สีร้อยละ 0.1 กลิ่นขมิ้นร้อยละ 0.2 จากนั้นนำส่วนผสมของโยเกิร์ตที่ได้ไปผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 48 ชั่วโมงเพื่อให้ได้เป็นโยเกิร์ตชนิดผง บรรจุโยเกิร์ตผงในถุงโพลีเอทิลีนภายใต้สุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการประเมินคุณภาพของโยเกิร์ตชนิดผงและโยเกิร์ตหลังการคืนรูปในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งจากการศึกษาพบว่าค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของโยเกิร์ตชนิดผงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และโยเกิร์ตชนิดผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 และ 8 สัปดาห์มีการจับตัวเป็นก้อนและมีกลิ่นรสไม่เป็นที่ยอมรับ สำหรับโยเกิร์ตคืนรูปเตรียมโดยการผสมโยเกิร์ตผงกับน้ำอุ่นในอัตราส่วน 1:2 และจากการศึกษาคุณภาพของโยเกิร์ตหลังการคืนรูปในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าคุณภาพทางเคมี กายภาพรวมทั้งจุลินทรีย์ของโยเกิร์ตคืนรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และจากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีทดสอบความแตกต่าง พบว่าโยเกิร์ตคืนรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีความแตกต่าง ($P \leq 0.05$) จากโยเกิร์ตที่ไม่ได้ผ่านการคืนรูป (ตัวอย่างควบคุม) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 เป็นต้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Study on the Production of Yoghurt Powder by Freeze Drying Process.

Name Mr. Kraiwut Nuchpramool
Mr. Narakorn Srisuk

Department Applied Biology

Program Biotechnology

Academic Year 2004

Special Project Advisor Asst. Prof. Linchong Suklumphoo

Abstract

The objective of this study was to prolong the shelf-life of yoghurt by using freeze dried technique to produce yoghurt in a powder form. The physical properties of yoghurt by adding skim milk to achieve a final total solid at 18, 21 and 24% (w/v) were evaluated. The results showed that yoghurt with 24% total solid gave the most desirable physical properties with smoothness texture, optimum viscosity and no serum separation. Green tea flavoured yoghurt was prepared by gentle mixing plain yoghurt with 0.05% green tea powder, 0.016% aspartem, 0.1% color and 0.2% green tea flavor. Then, the mixed yoghurt was freeze dried for 48 hours to powder form. The powder yoghurt was packed in polyethylene bags under vacuum and stored at 4°C and room temperature (32°C) for 8 weeks. The qualities of powder yoghurt and rehydrated yoghurt during storage were evaluated. Water activity of powder yoghurt increased when storage time was prolonged. Powder yoghurt stored at room temperature for 6 and 8 weeks showed caking and undesirable flavors. The qualities of rehydrated yoghurt, prepared from mixing powder yoghurt and warm water in the ratio of 1:2, showed that physio-chemical and microbiological qualities of rehydrated yoghurt prepared from powder yoghurt stored at room temperature had more change than powder yoghurt stored at 4°C and sensory evaluation by using different test found that rehydrated yoghurt prepared from powder yoghurt stored at 4°C had differ ($P \leq 0.05$) from non-rehydrated yoghurt (control) up to 6 weeks.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเรื่องการศึกษาการผลิตโยเกิร์ตชนิดผงโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะสำเร็จลงไปไม่ได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ ความร่วมมือ และให้คำปรึกษาจากบุคคลต่าง ๆ ดังกล่าวนี้

1. ผศ.ลินจง สุขคำภู ที่ได้ทำหน้าที่อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษด้วยความอุตสาหะตลอดจนให้คำแนะนำปรึกษาเป็นอย่างดี
2. รศ.สุขใจ ชูจันทร์ และ รศ.ดวงใจ โอชัยกุล ประธานกรรมการ และ กรรมการที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำโครงการพิเศษ
3. คุณพยอม เกียรติกำจร คุณอนิทัต ทองจันทร์ คุณประสิทธิ์ แผ้วบาง และ คุณวิทยา เขียวเงินและนักวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ที่ให้ความกรุณาเบิกอุปกรณ์และให้ความรู้ในการใช้เครื่องมือ
4. เพื่อน ๆ นักศึกษาชั้นปี 4 และที่ ๆ นักศึกษาระดับปริญญาโททุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส รอยยิ้มที่มีให้กัน และคอยแบ่งปันความรู้ดี ๆ และทุกซ์ยามพบเจอกับอุปสรรคและปัญหานานาประการ
5. บริษัท Firmenich Thailand Private Limited จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์กลิ่นรสชาเขียวในการจัดทำโครงการพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอย่างสูง
นายไกรวุฒิ นุชประมุล
นายนรากร ศรีสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญ/ ที่มาของ โครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ	3
1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	31
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	39
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก ก	59
ภาคผนวก ข	60
ภาคผนวก ค	62
ภาคผนวก ง	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมจากสัตว์ชนิดต่าง ๆ	6
ตารางที่ 2	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในน้ำนมที่ผ่าน การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน	8
ตารางที่ 3	เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนมที่ ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ต	11
ตารางที่ 4	คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตและน้ำนม	18
ตารางที่ 5	อุณหภูมิที่เกิดการยุบสลายของ โครงสร้างของสารละลาย ในกระบวนการอบแห้งแบบเยือกแข็ง	27
ตารางที่ 6	การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของน้ำนมที่ปรับปริมาณ ทั้งหมดเป็นร้อยละ 18 21 และ 24 ทุก 2 ชั่วโมงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง	40
ตารางที่ 7	คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตรสชาติเชียวชนิดผง	44
ตารางที่ 8	คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตรสชาติเชียวก่อนการ แปรรูปและโยเกิร์ตรสชาติเชียวหลังการคืนรูป	45
ตารางที่ 9	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโยเกิร์ตรสชาติเชียวชนิดผงใน ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 8 สัปดาห์	47
ตารางที่ 10	คุณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ตรสชาติเชียวหลังการคืนรูปที่ เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	50
ตารางที่ 11	คุณภาพทางเคมีของโยเกิร์ตรสชาติเชียวคืนรูปที่เตรียมจาก โยเกิร์ตผงเก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	51
ตารางที่ 12	การตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตรสชาติเชียวหลังการ คืนรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	52
ตารางที่ 13	คะแนนเฉลี่ยความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหลังการคืนรูป ที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็น ระยะเวลาต่าง ๆ	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 ค่าความดันไอของน้ำแข็ง	24
รูปที่ 2 แผนผังเครื่องอบแห้งแบบระเหิด	25
รูปที่ 3 ความร้อนของการระเหิดและความดันไอของน้ำเหนือน้ำแข็ง	26
รูปที่ 4 กรรมวิธีการเตรียมโยเกิร์ต	34
รูปที่ 5 กรรมวิธีการเตรียมโยเกิร์ตรสชาเขียว	35
รูปที่ 6 กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตรสชาเขียวชนิดผง	36
รูปที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการบ่มโยเกิร์ตที่ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 18 21 และ 24	42
รูปที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดในรูปกรดแลคติกระหว่างการบ่มโยเกิร์ตที่ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 18 21 และ 24	42
รูปที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดระหว่างการบ่มโยเกิร์ตที่ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 18 21 และ 24	43
รูปที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกทีวิตีของโยเกิร์ตรสชาเขียวชนิดผงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมที่หมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เชื้อจุลินทรีย์ส่วนมากที่ใช้ คือเชื้อแลคโตบาซิลลัส บุลการิกัส (*Lactobacillus bulgaricus*) และสเตรปโตค็อกคัส เทอร์โมฟิลัส (*Streptococcus thermophilus*) และทำการหมักในสภาวะที่เหมาะสม จะได้นมที่มีลักษณะที่เหนียว ชื่น มีรสเปรี้ยว โดยรสเปรี้ยวที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากหมักนมด้วยจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์จะเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติก โดยกรดแลคติกนี้จะมีประโยชน์ต่อร่างกายในการช่วยย่อยอาหาร การขับถ่าย ลดกรดในกระเพาะอาหาร ช่วยบำรุงผิวพรรณ จุลินทรีย์เหล่านี้ยังมีผลทำให้ระดับโกลสเตอรอลในเลือดลดลง และถ้าบริโภคโยเกิร์ตเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอจะช่วยลดการเกิดมะเร็งบริเวณลำไส้ใหญ่หรือบริเวณเนื้อเยื่อกระดูกอีกด้วย นอกจากนี้โยเกิร์ตยังมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับนม เป็นแหล่งที่อุดมด้วยโปรตีน และเกลือแร่แคลเซียมรวมทั้งวิตามินต่างๆ นับได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพสามารถบริโภคได้ทุกเพศ ทุกวัยจึงทำให้โยเกิร์ตได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากและความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้การขยายตัวด้านการตลาด โดยมูลค่ารวมสูงถึงปีละ 150 ล้านบาท นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตออกมาให้มีหลากหลายรวมทั้งพัฒนาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพื่อให้สะดวกต่อการเก็บรักษา การขนส่งของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

เนื่องจากโยเกิร์ตเป็นอาหารหมักชนิดหนึ่งที่มีแบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่มากถึงประมาณ 10 cfu / ml ดังนั้นในการเก็บรักษาโยเกิร์ตนั้นจะต้องเก็บที่อุณหภูมิต่ำ คืออุณหภูมิแช่เย็น คือประมาณ 2-5 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ก็มีอายุการเก็บรักษาที่สั้น คือประมาณ 2-3 สัปดาห์ ซึ่งลักษณะการเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษาที่สั้นทำให้เป็นปัญหาต่อการเก็บรักษา การขนส่งและการจำหน่าย จึงได้มีการจัดสถานะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้มีความเหมาะสม การแปรรูปโยเกิร์ตเป็นผงก็เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถจะยืดอายุการเก็บรักษาและลดปัญหาการขนส่งได้ แต่การแปรรูปโยเกิร์ตผงก็ยังคงคงลักษณะของโยเกิร์ตที่ดีหลังการคืนรูปด้วย จึงเป็นแนวทางที่ดีในการเก็บรักษาโยเกิร์ตทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปรรูปโยเกิร์ตโดยวิธีการทำแห้งให้เป็นโยเกิร์ตผงนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตากแดด (sun-drying) โดยวิธีนี้มักทำในแถบชนบท เช่น ในตะวันออกกลาง การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) เป็นการทำให้โยเกิร์ตโดยจะนำโยเกิร์ตผ่านเข้าเครื่องแล้วพ่นออกมาเป็นฝอยในที่ที่มีอุณหภูมิร้อนจึงทำให้โยเกิร์ตเป็นผง การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) เป็นวิธีการทำแห้งโดยไม่ใช้ความร้อน จึงทำให้รักษาคุณภาพของอาหารไว้ได้ดี หลักการทำแห้งคือ จะทำการแช่เยือกอาหารก่อนเพื่อทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งก่อน จากนั้นนำอาหารเข้าเครื่อง freeze dryer ที่เป็นระบบสูญญากาศ น้ำแข็งบนอาหารจะระเหิดไปเป็นไอจึงทำให้อาหารแห้งได้ ทุกวิธีต่างก็มีหลักการเดียวกันคือ การกำจัดน้ำออกจากผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อที่จะให้ได้โยเกิร์ตผงออกมาซึ่งวิธีการกำจัดน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ในแต่ละวิธีนั้นก็จะมีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ตผงและอัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ด้วยดังนั้นในการเลือกวิธีการทำแห้งจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ด้วย นอกจากนี้วิธีการทำแห้งมีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ตผงด้วย สภาพจะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก็ยังมีผลต่อคุณภาพและอัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียของผลิตภัณฑ์ด้วย โดยการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษานั้นจะขึ้นอยู่กับ ปริมาณเชื้อเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ สภาพในการเก็บรักษา และปริมาณความชื้นที่เหลือในผลิตภัณฑ์

ได้มีการศึกษาวิธีการแปรรูปโยเกิร์ตผงที่มีผลกระทบต่อจำนวนจุลินทรีย์น้อย ได้แก่ การทำแห้งแบบพ่นฝอย และ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากการศึกษาพบว่า การทำแห้งแบบพ่นฝอยนั้นพบว่าโยเกิร์ตผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยวิธีนี้จะทำให้มีสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังมีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ส่วนการทำแห้งโยเกิร์ตโดยวิธี การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าสีของโยเกิร์ตผงไม่เกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และเมื่อทำการคืนรูปโยเกิร์ตผงนั้นโยเกิร์ตที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับโยเกิร์ตก่อนทำแห้ง และวิธีการดังกล่าวยังมีผลกระทบต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกน้อยกว่าการทำแห้งแบบการทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วย

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาการผลิตโยเกิร์ตผงโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยทำการผลิตโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพที่ผสมซาเชียวและสารให้ความหวานที่มีแคลอรีต่ำ แล้วนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปให้เป็นโยเกิร์ตผงโดยใช้วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผงที่สะดวกต่อการใช้ประโยชน์และการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่เหมาะสมในน้ำนมต่อคุณภาพของ โยเกิร์ต
2. ศึกษาผลของการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อคุณภาพของ โยเกิร์ตผงที่นำมาคั้นรูป
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาโยเกิร์ตผงที่ผ่านการทำแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง

ขอบเขตของโครงการพิเศษ

ทำการศึกษการผลิตโยเกิร์ตที่เหมาะสมต่อการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากนั้นทำการศึกษาวิธีการผลิตโยเกิร์ตและการแปรรูปเป็น โยเกิร์ตผง และนำโยเกิร์ตผงที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์และทดสอบผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัสรวมทั้งทดสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพสำหรับผู้บริโภค
2. เป็นวิธีที่สามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ได้ระยะเวลา นานกว่าเดิม และสามารถลดปัญหาการขนส่งและการเก็บผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตได้
3. ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผงที่ได้สามารถนำมารับประทานได้โดยง่ายและสามารถใช้กับอุตสาหกรรมอื่นๆได้
4. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ในระดับอุตสาหกรรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

1. โยเกิร์ต

โยเกิร์ต เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักซึ่งมีแหล่งกำเนิดในแถบย่านภูเขาคอเคซัสตุรกี เกาะในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน และกลุ่มประเทศตะวันออกบริเวณคาบสมุทรบอลข่าน ซึ่งเตรียมจากนํ้านม อาจเป็นนมสด นมพร่องมันเนย นมกึ่งรูปจากนมผงพร่องมันเนย ส่วนผสมของนํ้านมผ่านการโฮมจีไนซ์หรือไม่ผ่านก็ได้ แล้วทำการฆ่าเชื้อโรคโดยการพาสเจอร์ไรซ์หรือสเตอริไลซ์ จากนั้นหมักด้วยจุลินทรีย์หรือเอนไซม์ โยเกิร์ตที่ได้ทำให้เย็นและบรรจุในภาชนะที่ปราศจากเชื้อ ปัจจุบันมีการใช้กรดแลคติกบริสุทธิ์ในการทำให้นมตกตะกอน ซึ่งใช้ในการผลิตโยเกิร์ตชนิดเหลวและมีการปรุงแต่งรสชาติ

ประโยชน์ของโยเกิร์ตต่อสุขภาพ

1. แคลที่เรียแลคติกผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก เหมาะสำหรับผู้ที่ปัญหาที่ไม่สามารถย่อยแลคโตสจากถั่วหรือโยเกิร์ต นมธรรมชาติทำให้ท้องอืดและท้องเฟ้อ
2. โยเกิร์ตรักษาอาการท้องเสีย ในลำไส้มีแบคทีเรียก่อโรคลดลงชนิด บางชนิดมีประโยชน์ เช่น ช่วยสร้างวิตามินเค แต่บางชนิดก็เป็นโทษ เช่น ทำให้เกิดอาการท้องเสีย เชื้อโรคเหล่านี้จะควบคุมกันอยู่ในสภาพสมดุล หากลำไส้เสียสมดุลเชื้อโรคก็จะทำให้เกิดอาการท้องเสียทันที โดยเฉพาะเชื้ออีโคไล ในเด็กทารก และเมื่อทานโยเกิร์ต จุลินทรีย์ในโยเกิร์ตจะช่วยปรับสมดุลให้กลับคืนมา และโยเกิร์ตยังสามารถป้องกันอาการท้องเดินได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กทารก
3. โยเกิร์ตช่วยยกระดับภูมิคุ้มกันโรค โยเกิร์ตไม่เพียงป้องกันและรักษาโรคได้ด้วยฤทธิ์ที่เป็นยาฆ่าเชื้อเท่านั้น แต่ยังมีคุณสมบัติกระตุ้นภูมิคุ้มกันในร่างกายให้สูงขึ้นด้วย และโยเกิร์ตยังช่วยกระตุ้นการสร้างแอนติบอดีและสารต้านโรคอื่น ๆ เพิ่มปริมาณอินเตอร์เฟอรอนให้เป็น 3 เท่า (อินเตอร์เฟอรอนเป็นสารเคมีที่ร่างกายสร้างโดยธรรมชาติซึ่งช่วยต่อสู้กับโรคติดเชื้อหลายชนิด)
4. ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดมะเร็งบริเวณเนื้อเยื่อกระดูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. โยเกิร์ตกับแผลในกระเพาะ โยเกิร์ตอุดมด้วยสารไขมันธรรมชาติที่มีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนที่เรียกพรอสตาแกลนดิน อี 2 (Prostaglandin E2) ซึ่งทำหน้าที่ช่วยปกป้องผนังกระเพาะจากสารกระตุ้นหลายตัว เช่น แอลกอฮอล์และบุหรี่ ปัจจุบันพรอสตาแกลนดิน อี 2 ดังเคราะห์ทำหน้าที่เป็นยารักษาโรคแผลในกระเพาะอาหาร การรับประทานโยเกิร์ตขณะท้องว่างจะมีประโยชน์สำหรับคนที่มีแผลในกระเพาะอาหาร
6. ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด

ชนิดของโยเกิร์ต

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้บริโภคทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีหลายชนิด สามารถแบ่งชนิดโดยอาศัยหลักการต่อไปนี้

1. กรรมวิธีการผลิต

การผลิตโยเกิร์ตในอุตสาหกรรมมี 2 ลักษณะ คือ set yoghurt และ stirred yoghurt โดยที่ set yoghurt เป็นผลิตภัณฑ์ที่การหมักเกิดขึ้น ในภาชนะบรรจุทำให้ตะกอนนม (coagulum) มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วน stirred yoghurt เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการหมักที่เกิดขึ้นในถังหมักเรียบร้อยแล้วทำให้ตะกอนนมมีลักษณะแตกหรือแยกออกจากกันก่อนให้ความเย็นหรือบรรจุ เช่น นมเปรี้ยว หรือ fluid yoghurt ซึ่งมีปริมาณของแข็งเพียงร้อยละ 11 หรือน้อยกว่า

2. กลิ่นรสและการปรุงแต่ง

2.1 โยเกิร์ตชนิดธรรมดา (Plain หรือ Natural Yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ผลิตได้ตามวิธีดั้งเดิม มีรสเปรี้ยว เป็นโยเกิร์ตธรรมดาที่ไม่มีการเติมกลิ่นรสหรือผลไม้ลงไป

2.2 โยเกิร์ตที่ปรุงแต่งด้วยผลไม้ (Fruit Yoghurt) โยเกิร์ตชนิดนี้จะได้จากการเติมผลไม้ต่างๆ และสารให้ความหวานลงไปโยเกิร์ตชนิดธรรมดา

2.3 โยเกิร์ตที่ปรุงแต่งด้วยสารสังเคราะห์ (Flavoured Yoghurt) ได้จากการเติมกลิ่นรสและสีแทนส่วนของผลไม้ ซึ่งอาจแบ่งได้อีก 2 แบบ คือ แบบสวิส (Swiss style) ซึ่งเป็นโยเกิร์ตที่มีเนื้อผลไม้ซึ่งอาจแบ่งได้อีก 2 แบบ คือ แบบสวิสซึ่งเป็นโยเกิร์ตที่มีเนื้อผลไม้ผสมรวมกระจายอยู่ในเนื้อโยเกิร์ต มีการปรุงแต่งสี เนื้อ ให้เกิดรสชาติที่ดีและสวยงาม และแบบซันเด (Sundae style) จะมีเนื้อผลไม้อยู่บริเวณก้นภาชนะ เช่น ส้ม สับปะรด สตรอเบอร์รี่ ลิ้นจี่ แอปเปิ้ล ลูกพีช เวลารับประทานจะต้องคนให้เนื้อผลไม้และโยเกิร์ตเข้ากันเสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 กระบวนการหลังการหมัก

เมื่อกระบวนการหมักเสร็จสิ้นแล้ว โยเกิร์ตที่ได้สามารถนำไปผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การให้ความร้อน (Pasteurized yoghurt, U.H.T.) การแช่แข็ง (Frozen yoghurt) การทำแห้ง (Powder dried yoghurt) หรือวิธีอื่น ๆ และสามารถเติมสารให้ความคงตัว สารให้กลิ่นรส และสารให้ความหวานลงในผลิตภัณฑ์

2. กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ต

การผลิตโยเกิร์ตในอุตสาหกรรมแบบ Set yoghurt และ Stirred yoghurt มีขั้นตอนการผลิตประกอบด้วย

2.1 การเตรียมส่วนผสม

วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตโยเกิร์ต คือ น้านมและเชื้อเริ่มต้น น้านมคุณภาพดีจะต้องไม่มีจุลินทรีย์หรือมีจุลินทรีย์ในปริมาณต่ำ ปราศจากเอนไซม์ สารเคมี และยาปฏิชีวนะ และฟาจก์ (phage) เนื่องจากองค์ประกอบของน้านมจากสัตว์ชนิดต่าง ๆ แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) และมีความผันแปรตามระยะการให้นมและฤดูกาล จึงจำเป็นต้องปรับคุณภาพของน้านมก่อนการหมักเพื่อให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีคุณภาพตามมาตรฐาน

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของน้านมจากสัตว์ชนิดต่าง ๆ

สปีชีส์	องค์ประกอบทางเคมี				
	น้ำ	ไขมัน	โปรตีน	แลคโตส	เถ้า
Ass	89.00	2.3	2.0	6.0	0.5
Buffalo	82.4	8.0	4.2	4.9	0.8
Camel	87.1	4.2	3.7	4.1	0.9
Cow	87.6	3.8	3.3	4.7	0.6
Goat	87.0	4.5	3.3	4.7	0.6
Mare	89.0	1.5	2.6	6.2	0.7

ที่มา : Tamine and Robinson (1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การปรับปริมาณไขมันในนํ้านม

ไขมันนมมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของโยเกิร์ตแง่ของความรู้สึกเมื่อรับประทาน (Mouthfeel) วิธีการปรับมาตรฐานปริมาณไขมันในนํ้านมทำได้โดยการกำจัดไขมันออกบางส่วน การเติมครีมหรือนมอุดมไขมัน หรือการผสมนํ้านมอุดมไขมันกับหางนมผง โดยอาศัยหลักการของเพียสันส์สแควร์ (Pearson's square method) ในการคำนวณส่วนผสม

2.1.2 การปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (Solid not fat : SNF) ในนํ้านม

ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในนํ้านมได้แก่ น้ำตาลแลคโตส โปรตีน และเกลือแร่มีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกายภาพและกลิ่นรสของโยเกิร์ต โดยเฉพาะอย่างยิ่งความหนืดและความสม่ำเสมอ (Viscosity/ Consistency) ของตะกอนนม ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของแข็งในนํ้านม โยเกิร์ตที่ผลิตจากส่วนผสมที่มีปริมาณของแข็งสูงจะมีความหนืดสูงด้วย โยเกิร์ตคุณภาพดีควรมีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 14-15 ซึ่งได้จากนํ้านมที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15-16 อย่างไรก็ตามถ้าปริมาณของแข็งในส่วนผสมมากกว่าร้อยละ 25 จะทำให้ปริมาณความชื้นในส่วนผสมลดลงและมีผลต่อเชื้อเริ่มต้น การเพิ่มปริมาณของแข็งในส่วนผสมสำหรับโยเกิร์ตทำได้โดยการทำให้เข้มข้นโดยใช้ความร้อนในการระเหยน้ำ การใช้เมมเบรนแยกน้ำออกจากรนํ้า การเติมนมผงเคซีน Butter milk powder เป็นต้น (Tamime and Robinson, 1985)

2.1.3 การเติมสารคงตัว (Stabilizer)

การเติมสารคงตัวในการเตรียมส่วนผสมสำหรับผลิตโยเกิร์ตมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด ลักษณะปรากฏด้านโครงสร้างของเคิร์ดและป้องกันการแยกชั้นของเวย์ สารคงตัวที่ดีต้องไม่มีกลิ่น มีประสิทธิภาพในช่วงระดับความเป็นกรดต่างค่า กระจายตัวได้ดีในอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนม สารคงตัวที่นิยมใช้ได้แก่ เจลาติน อัลจิเนต คาราจีแนน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เดกซ์แทรน แซนแทน เป็นต้น ปกติปริมาณที่ใช้อยู่ในช่วงร้อยละ 0.3-0.5 ขึ้นกับชนิดของสารคงตัวและปริมาณของแข็งทั้งหมดในส่วนผสม

2.1.4 การเติมสารให้ความหวาน

การเติมสารให้ความหวานมีจุดประสงค์เพื่อลดความเปรี้ยวใน โยเกิร์ตชนิดที่มีการเติมผลไม้หรือปรุงแต่งกลิ่นรส ซึ่งต้องคำนึงถึงชนิดของสารให้ความหวานและผลไม้ ความชอบของผู้บริโภค ผลที่อาจยับยั้งการเจริญของเชื้อเริ่มต้น กฎหมาย และต้นทุนการผลิต โดยปกติปริมาณน้ำตาลที่เติมในส่วนผสมโยเกิร์ตไม่ควรเกินร้อยละ 10 เนื่องจากความหวานในผลิตภัณฑ์มาจากน้ำตาลในน้ำนมที่เหลือจากการหมัก น้ำตาลที่มีในผลไม้และน้ำตาลที่เติมในส่วนผสม ถ้าความเข้มข้นของน้ำตาลสูงเกินไปอาจมีผลในการยับยั้งเชื้อเริ่มต้น เนื่องจากผลของ Adverse osmotic ของสารให้ความหวานในน้ำนมและผลของวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity) สารให้ความหวานที่นิยมใช้ ได้แก่ ซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส กลูโคส/กาแลคโตสซีรัป คอรันซีรัป เป็นต้น

2.2 การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization)

กระบวนการทำให้น้ำนมเป็นเนื้อเดียวกันมีผลต่อคุณภาพของน้ำนมในด้านการเป็นอิมัลชันโดยนำน้ำนมที่ผ่านการปรับส่วนผสมไปผ่านเข้าสู่เครื่องโฮโมจีไนเซอร์แบบ 1 Stage ที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส ภายใต้อัตราความดัน 100-200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ทำให้คุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำนมเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 2) เป็นผลให้โยเกิร์ตมีเนื้อสัมผัสเนียนขึ้นและลดการเกิดครีมที่ผิวหน้าหรือการแยกชั้นของเวย์

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในน้ำนมที่ผ่านการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

ผลหลังการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับ โยเกิร์ต
ลักษณะที่เพิ่มขึ้น	
- ความหนืด	การลดขนาดลงของเม็ดไขมันเพราะเพิ่มการดูดซับกับอนุภาคของโปรตีนเคซีน ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณอนุภาคแขวนลอย (suspended matter)
- เอนไซม์แซนทีน ออกซิเดส (Xanthine oxidase enzyme)	เนื่องจากการเกิดการถูกทำลายของเยื่อหุ้มของเม็ดไขมันซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ชนิดนี้อยู่
- สี (ขาวขึ้น)	ประมาณครึ่งหนึ่งที่พบในน้ำนม เม็ดไขมันที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการกระจายแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผลหลังการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโยเกิร์ต

- ลิโปไลซิส (Lipolysis)	เนื่องจากพื้นที่ผิวของไขมันที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้น โดยเยื่อหุ้มของเม็ดไขมันที่ถูกทำลาย ส่งผลให้เกิดการแตกสลายของไขมัน โดยหิวเชื่อมมากขึ้น
- การจับตัวรวมกัน	โดยเฉพาะน้ำมันที่มีนมผงเป็นส่วนผสม
- ฟอสโฟลิปิดในนมผงขาดมันเนย	ปริมาณของฟอสโฟลิปิดที่มีอยู่ที่เยื่อหุ้มเม็ดไขมันจะกระจายตัวอยู่ในนมผงขาดมันเนยมากขึ้น
- การเกิดฟอง	เนื่องจากแรงกระทำที่เกิดขึ้นในการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน
ลักษณะที่ลดลง	เป็นผลจากปริมาณของฟอสโฟลิปิดในนมผงขาดมันเนยเพิ่มขึ้น
- ขนาดของเม็ดไขมัน	ช่วยป้องกันการเกิดชั้นครีมในโยเกิร์ตระหว่างการบ่ม
- เสถียรภาพของโปรตีน	การเปลี่ยนแปลงแรงระหว่างโปรตีนกับโปรตีน มีผลจากการเสื่อมสภาพของโปรตีนและสมดุลของเกลือ
- การรวมตัวและผลต่อการลอยตัว	เนื่องจากการดูดซับเม็ดไขมันด้วยโปรตีนเลซิ่น ส่งผลให้การรวมตัวกันของไขมันลดลง
- Oxidised flavour	เนื่องจากปริมาณฟอสโฟลิปิดเพิ่มขึ้นในส่วน ของนมผงขาดมันเนย ประกอบกับการเกิดสารประกอบจำพวกซัลไฟด์ลิด (sulphydryl) ซึ่ง เป็นแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผลหลังการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโยเกิร์ต

- | | |
|------------------------------------|--|
| - เคซีนในชั้นนมผงขาดมันเนย | เกิดการเคลื่อนย้ายของ โปรตีนเคซีนบางส่วน จากนมผงขาดมันเนย และจับตัวกับเยื่อหุ้มของเม็ดไขมันเล็ก ๆ ที่เกิดขึ้น จากการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน |
| - การแยกตัวของน้ำหางนม (Syneresis) | การเพิ่มความสามารถในการสร้างพันธะกับน้ำ เนื่องจากแรงปฏิกิริยาของเคซีนที่เยื่อหุ้มของเม็ดไขมันและแรงปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีน |

ที่มา : Tamine and Robinson (1985)

2.3 การให้ความร้อน (Heat treatment)

การให้ความร้อนแก่ส่วนผสมน้ำนมเป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตโยเกิร์ต นอกจากนี้ผลต่อการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำนมแล้วยังมีผลต่อปัจจัยอื่น ได้แก่

2.3.1 ทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคหรือจุลินทรีย์อื่นที่ไม่ต้องการระดับความร้อนที่ให้แก่น้ำนมสำหรับการผลิตโยเกิร์ต คือ อุณหภูมิ 85-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 นาที ซึ่งสามารถทำลาย จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำนมดิบเป็นส่วนใหญ่ แคลสปอร์หรือเอนไซม์ที่ทนต่อความร้อนยังคงเหลืออยู่ ระดับความร้อนและเวลาที่ใช้

2.3.2 ผลิตสารกระตุ้นและสารยับยั้ง การให้ความร้อนแก่น้ำนมมีผลในการปลดปล่อยเคซีนซึ่งสามารถกระตุ้นหรือยับยั้งกิจกรรมของเชื้อเริ่มต้นขึ้นกับระดับอุณหภูมิและเวลา

2.3.3 ผลของความร้อนจะช่วยกำจัดอากาศที่มีอยู่ในน้ำนม ทำให้สภาวะแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมากยิ่งขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียผลิตแลคติกมากยิ่งขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกต้องการอากาศในปริมาณเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำนมเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยทำให้โปรตีนที่มีอยู่ในน้ำนม ได้แก่ แอลบูมิน (albumin) และ โกลบูลิน (globulin) ที่เสียสภาพธรรมชาติแล้วตกตะกอน และ โมเลกุลเคซีนเกิดการรวมตัวกันเกิดเป็นร่างแหในลักษณะสามมิติ โดยร่างแหนี้จะจับกับโปรตีนเวย์ ทำให้ความหนืดของโยเกิร์ตมากกว่าเดิม

ตารางที่ 3 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนมที่ใช้ในการเตรียม โยเกิร์ต

เวลา	อุณหภูมิ(°ซ)	กระบวนการ	ผลที่ได้
30 นาที	65	Low temperature long time (Holder method)	ทำลายจุลินทรีย์ได้ร้อยละ 99
15 นาที	72	High temperature short time (HTST)	
30 นาที	85	High temperature long time (HTST)	ทำลายเซลล์ทั้งหมดและ สปอร์บางส่วน
5 นาที	90-95	Very high temperature short time (VHTST)	
3 วินาที	115	Low temperature UHT (GEA Ahiborn Gimbh)	ทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ได้ ทั้งหมดยกเว้นกระบวนการ ฆ่าเชื้อแบบยูเอชทีที่อุณหภูมิ ต่ำ
16 วินาที	135	Long time UHT (Stork- Amsterdam) UHT	
1-2 วินาที	140	UHT	

ที่มา : Tamine and Robinson (1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กระบวนการหมัก

หลังจากส่วนผสมสำหรับโยเกิร์ตผ่านการให้ความร้อน และ ทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้ว ทำการหมักต่อด้วยกล้าเชื้อโยเกิร์ตซึ่งประกอบด้วยสายพันธุ์ผสมของแลคโตแบซิลลัส บัลแกริกัส และ สเตรปโตคอคคัส เทอร์โมฟิลัส ในอัตราส่วนที่เท่ากัน โดยทั่วไปใช้เชื้อเริ่มต้นประมาณ ร้อยละ 0.5-2.0 หลังจากถ่ายเพื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42-44 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง

2.5 การทำความเย็น (Cooling)

การทำความเย็นกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหลังกระบวนการหมักเป็นการควบคุมกิจกรรมและเอนไซม์ของกล้าเชื้อเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีระดับความเป็นกรดต่างต่ำเกินไป ซึ่งจะทำเมื่อโยเกิร์ตมีระดับความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4.6 หรือมีปริมาณกรดแลคติกประมาณร้อยละ 0.9 โดยการลดอุณหภูมิของตะกอนนมจาก 30-45 องศาเซลเซียส ให้ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส หรือประมาณ 5 องศาเซลเซียส

2.6 การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรสและสี

การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรสและสีในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความนิยมให้แก่ผู้บริโภค ขึ้นกับชนิดของโยเกิร์ตที่ต้องการ องค์ประกอบที่นิยมใช้ ได้แก่ ผลไม้ สารให้กลิ่นรส สี และสารประกอบอื่น เช่น น้ำผึ้ง มะเขือเทศ กาแฟ และถั่วต่าง ๆ เป็นต้น โดยการทำให้โยเกิร์ตเย็นลงที่อุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส แล้วนำไปผสมกับผลไม้หรือสารให้กลิ่นรส จากนั้นจึงบรรจุและเก็บในหีบห่อเย็นเพื่อรอจำหน่าย

2.7 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

ปกติโยเกิร์ตเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 10 วัน หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ตเพิ่มขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีในโยเกิร์ต แม้ว่ากิจกรรมของกล้าเชื้อดังกล่าวต่ำมาก แต่ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นมีผลให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเกิดการแยกชั้นของเคิร์ดและเวย์ (syneresis) มีผลให้จุลินทรีย์อื่น เช่น ยีสต์และราเจริญได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบคทีเรียกรดแลคติกในนํ้านมดิบ

นํ้านมโคดิบที่ได้จากโคสุขภาพดีมีสารต้านจุลินทรีย์ซึ่งทำหน้าที่เป็นภูมิคุ้มกันสำหรับลูกโคอ่อน ได้แก่ โลโซไซม์ ลิวโคไซค์ อิมมูโนโกลบูลิน ระบบแลคโตเพอร์ออกซิเดส/ ไซโอไซยานเพท/ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ทำให้นํ้านมดิบมีจุลินทรีย์ในปริมาณต่ำ อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในนํ้านมดิบเกิดได้เสมอ อาจมาจากภายในและบริเวณเต้านม การรีดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการรีดนม เนื่องจากนํ้านมมีองค์ประกอบของสารอาหารค่อนข้างสมบูรณ์และจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมีกิจกรรมการย่อยสลายโปรตีนและไขมันทำให้มีการผลิตสารอาหารซึ่งกันและกัน จึงสามารถขยายจำนวน และมีความหลากหลายของกลุ่มจุลินทรีย์ โดยส่วนใหญ่พบแบคทีเรียที่มีรูปร่างกลมคือ *Micrococcus* และ *Streptococcus* ร้อยละ 30-90 และร้อยละ 0-5 ตามลำดับ และแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างท่อนประมาณ ร้อยละ 10 (Bramely and McKinnon 1990)

แบคทีเรียกรดแลคติกเป็นกลุ่มแบคทีเรียสร้างกรดและเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้นํ้านมมีประโยชน์ในอุตสาหกรรมนมหมักชนิดต่าง ๆ ในนํ้านมดิบส่วนใหญ่พบแบคทีเรียที่มีรูปร่างกลมคั้งนั้น นํ้านมดิบจึงเป็นแหล่งหนึ่งของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมนมหมัก ปัจจุบันมีการใช้เป็นกล้าเชื้อ 5 สกุล (Cogan, 1996) ได้แก่

1. *Lactobacillus* นิยมใช้เป็นกล้าเชื้อเพื่อปรับปรุงกลิ่นรสและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต นมเปรี้ยว เนยแข็ง ครีมเปรี้ยว ได้แก่ *Lb. delbrueckii* subsp. *Lactis*, *Lb. delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*, *Lb. acidophilus*, *Lb. casei* subsp. *casei*, *Lb. dextranicum*, *Lb. kefiranoferiens* และ *Lb. helveticus*
2. *Lactococcus* ใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์นมหมักและเนยแข็ง คือ *Lac. Lactis* มี 2 subspecies คือ *Lac. Lactis* subsp. *cremoris* และ *Lac. Lactis* subsp. *Lactis*, *Lac. lactis* subsp. *Lactis* var. *diacetylactis*
3. *Leuconostoc* นิยมใช้เป็นกล้าเชื้อร่วมเพื่อปรับปรุงกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์นมหมัก เนื่องจากความสามารถในการเมแทบอลิซึม (metabolise) ซีเตรต บางสายพันธุ์สามารถผลิตเคอซึ แทรนทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะจำเพาะ สปีชีส์ที่ใช้ในการผลิตเนยแข็ง ครีมเปรี้ยว คือ *Leuc. mesenteroides*, *Leuc. dextranicum* และ *Leuc. cremoris*
4. *Streptococcus* นิยมใช้เป็นกล้าเชื้อในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต เนยแข็ง ได้แก่ *Streptococcus thermophilus* มีลักษณะเด่น คือ เจริญที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ไม่เจริญที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ระดับความเป็นกรดค่า 9.6 และเจริญได้ในโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 6.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. *Enterococcus* เป็นแบคทีเรียกรดแลคติกชนิดใหม่เริ่มมีการใช้เป็นกล้าเชื้อในผลิตภัณฑ์นมหมักและเนยแข็ง แต่ยังมีข้ออภิปรายถึงแหล่งที่พบและความปลอดภัย เนื่องจากบางสายพันธุ์ก่อให้เกิดโรค สายพันธุ์ที่มีการใช้เป็นกล้าเชื้อร่วมในการผลิตเนยแข็งและใช้เป็นโพรไบโอติก คือ *Enterococcus faecium* ในประเทศเดนมาร์กอนุญาตให้ใช้เป็นกล้าเชื้อมาประมาณ 4 ปี คือ *Enterococcus faecium* K77D

4. บทบาทของแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

4.1 แบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีลักษณะข้นหนืดเกิดจากการตกตะกอนของเคซีนเนื่องจากกรดแลคติกซึ่งเป็นผลมาจากการหมักน้ำตาลแลคโตสของกล้าเชื้อ โยเกิร์ตและผลของเอนไซม์โปรติเอส โยเกิร์ตมีความเป็นกรดค่อนข้างสูงและมีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่ในปริมาณสูง (Tamine and Robinson 1985) แบคทีเรียกรดแลคติกที่ใช้ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเป็นเชื้อผสม (Mixed cultures) ระหว่าง *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ในอัตราส่วนเท่ากัน กล้าเชื้อผสมเจริญร่วมกันในลักษณะซิมไบโอซิส (symbiosis) โดย *Strep. thermophilus* มีการเจริญและสร้างกรดในช่วงแรก เนื่องจากทนต่อออกซิเจนได้ดีกว่า *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* เมื่อระดับออกซิเจนลดลงประกอับกับกรดฟอร์มิกที่ *Strep. thermophilus* สร้างขึ้นจะกระตุ้นการเจริญของ *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และมีการย่อยสลายเคซีนได้ กรดอะมิโนวาเลอีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน และฮิสทีดีน ซึ่งช่วยเร่งการเจริญของ *Strep. thermophilus* การที่เชื้อโยเกิร์ตเจริญร่วมกันได้ดีเนื่องจากการสร้างสารกระตุ้นซึ่งกันและกันทำให้การผลิตกรดเกิดเร็วขึ้น หลังการบ่มเป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง ระดับความเป็นกรดต่างลดลงจาก 6.4 เป็น 4.2-4.4 น้ำตาลแลคโตสประมาณร้อยละ 90 จะเปลี่ยนเป็นไพรูเวตและกรดแลคติกต่อไป ไพรูเวตบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นอะเซตัลดีไฮด์และไดอะซิติลซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้อะเซตัลดีไฮด์บางส่วนมาจากการเปลี่ยนกรดอะมิโนไทโรซีนโดย *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Tamine and Robinson 1985)

ปัจจุบันผู้ผลิตและผู้บริโภคให้ความสนใจโยเกิร์ตที่เสริมจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกเพื่อทำหน้าที่ป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์อื่นที่บุกรุก เสริมสร้างหรือซ่อมแซมระบบทางเดินอาหาร ส่วนที่บกพร่องของผู้บริโภค สายพันธุ์ที่ใช้เป็นโพรไบโอติกส่วนใหญ่พบในลำไส้ตอนปลายของคนหรือสัตว์ ซึ่งมีความจำเพาะและยึดเกาะเยื่อผิวของเนื้อเยื่อและมีปฏิริยาออกฤทธิ์ได้เฉพาะที่ดีกว่า จุลินทรีย์จากแหล่งอื่น เรียกผลิตภัณฑ์ที่ใช้จุลินทรีย์จากแหล่งดังกล่าวว่า Beverage of the third generation ลักษณะของสายพันธุ์ที่พิจารณาว่าเป็นโพรไบโอติก คือ สามารถยึดเกาะกับเยื่อผิวภายใน

ลำไส้และเจริญเติบโตขยายจำนวนได้ ทนต่อสภาวะความเป็นกรดของน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและทนต่อน้ำดีในลำไส้เล็ก มีศักยภาพในการผลิตสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่บุกรุกหรือก่อให้เกิดโทษ ส่งเสริมโภชนาการของผู้บริโภคได้ในทางใดทางหนึ่ง และต้านทานต่อยาปฏิชีวนะซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญในทางการแพทย์ (วิชาวิทย์ , 2545)

ชนิดของแบคทีเรียที่ใช้เป็นโพรไบโอติกในโยเกิร์ต แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. แบคทีเรียกรดแลคติก นิยมใช้เป็นโพรไบโอติก เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของแบคทีเรียที่พบในลำไส้และยอมรับให้ใช้ในอุตสาหกรรมนม โดย *Strep.thermophilus* และ *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ที่ใช้เป็นก้ำเชื้อมีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกแต่ทนกรดและน้ำดีได้ต่ำ สายพันธุ์ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ได้แก่ *Enterococcus faecium* S68, *Lb. acidophilus*, *Lb. casei* shirota และ *Lb. rhamnosus* นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่แสดงถึงการใช้ *Enterococcus faecium* เป็นโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ซึ่งศึกษาถึงอาหารที่เหมาะสมในการนับจำนวนแบคทีเรียจากผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่ใช้ก้ำเชื้อผสมระหว่าง *Bifidobacterium bifidum*, *Ent. Faecium* และ *Lb. acidophilus* การที่นิยมใช้ *Ent. Faecium* เป็นโพรไบโอติกเนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่ใช้เวลาในการเพิ่มจำนวนสั้น มีความคงตัวต่อสภาพแวดล้อมที่ระดับความเป็นกรดได้ดีกว่า *Lb. acidophilus*

2. *Bifidobacterium* เป็นจุลินทรีย์ที่พบในระบบทางเดินอาหาร สายพันธุ์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตต้องเจริญในน้ำนมและมีความคงตัว ได้แก่ *Bifidobacterium bifidum*, *Bif. longum*, *Bif. adolescentis*

4.2 บทบาทของแบคทีเรียกรดแลคติกต่อการถนอมรักษาผลิตภัณฑ์

การเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถป้องกันกรปนเปื้อน และการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์อื่น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยและมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ความสามารถในการถนอมรักษาผลิตภัณฑ์เกิดจากเมแทบอลิท์ของ *Strep.thermophilus* และ *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* คือ กรดแลคติก ไดอะเซติก และแบคเทอริโอซิน (Mogensen, 1993 ; Coffey; et al. 1994)

กรดแลคติกมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น คือ ทำให้ระดับความเป็นกรดต่างลดลงซึ่งไม่เหมาะสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ทนกรด และการปล่อยสารพิษที่มีฤทธิ์ยับยั้งรวมทั้งการลดระดับความเป็นกรดต่างในไซโตพลาสซึม (Russell, 1992) โดยที่ระดับความเป็นกรดต่างต่ำ กรดแลคติกอยู่ในสภาพที่ไม่แตกตัวและสามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้ระดับความเป็นกรดต่างของอาหารเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันภายในเซลล์ กรดแตกตัวเนื่องจากมีระดับความเป็น

กรดต่างสูง ดังนั้นจุลินทรีย์จึงจำเป็นต้องปรับความเป็นกรดภายในเซลล์ และปล่อยสารพิษที่มีประจุลบซึ่งมีผลยับยั้งการสังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่ของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

โคอะเซติลที่ได้จากการใช้ชีตรดของแบคทีเรียกรดแลคติก มีสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายชนิด เช่น *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Yersinia enterocolitica* โดยปกติโคอะเซติลที่ได้จากการหมักมีความเข้มข้นต่ำ (น้อยกว่า 10 พีพีเอ็ม) แต่การทำหน้าที่ยับยั้งจุลินทรีย์ร่วมกับปัจจัยอื่น เช่น กรดอินทรีย์ แบคเทอริโอซิน และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีผลให้การยับยั้งโดยรวมมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

แบคเทอริโอซิน เป็นโปรตีนหรือโปรตีนเชิงซ้อนซึ่งมีศักยภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่นในกลุ่มที่ใกล้เคียงกับสายพันธุ์ที่ผลิต บางชนิดสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรคและแบคทีเรียแกรมลบได้ ดังนั้นสายพันธุ์ที่ผลิตแบคเทอริโอซินจะช่วยป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นในขณะเก็บรักษาทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีอายุการเก็บนานขึ้น

4.3 ผลต่อการส่งเสริมคุณภาพ

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตเหลืออยู่หลังการหมัก ยกเว้นชนิดที่มีการพาสเจอร์ไรซ์เพื่อยืดอายุการเก็บ ในสถานะที่เหมาะสมจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตสามารถทำหน้าที่และก่อให้เกิดผลดีแก่ผู้บริโภคจึงจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพชนิดหนึ่ง ซึ่งข้อดีของแบคทีเรียแลคติก คือ ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ การย่อยสลายแลคโตส ลดอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ต่อต้านมะเร็งบางชนิด เพื่อภูมิคุ้มกัน และการลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด

4.3.1 การปรับปรุงการย่อยสลายแลคโตส

การใช้จุลินทรีย์โยเกิร์ตซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์ β -galactosidase เป็นแนวทางหนึ่งที่จะลดปัญหาการย่อยและการดูดซึมน้ำตาลแลคโตสบกพร่อง เนื่องจากการบริโภคผลิตภัณฑ์นมโดยจุลินทรีย์โยเกิร์ตขับเอนไซม์ออกมาในลำไส้และย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสเป็นกลูโคสและกาแลคโทสซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่ลำไส้เล็กและช่วยลดอาการท้องร่วง ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซับเข้าสู่ปอดและขับออกจากร่างกายทางลมหายใจออก วิไล (2536) ได้ทำการศึกษาการใช้น้ำตาลแลคโตสในนมและโยเกิร์ตในผู้ใหญ่ไทย เพื่อดูว่าน้ำตาลแลคโตสในโยเกิร์ตสามารถถูกย่อยสลายได้ดีกว่าน้ำตาลแลคโตสในนมหรือไม่ โดยมีอาสาสมัครเป็นผู้ใหญ่ทั้งหมด 61 คน พบว่า จากการเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรเจนในลมหายใจ พบว่าภายหลังจากการบริโภคโยเกิร์ตค่าไฮโดรเจนในลมหายใจทั้งหมดลดลงเป็นปริมาณ 1 ใน 3 หรือน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดังกล่าวภายหลังการดื่มนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การปรับปรุงสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้

แบคทีเรียกรดแลคติกมีส่วนช่วยปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ โดยการลดแบคทีเรียที่ก่อโรคซึ่งเป็นผลจากสารเมแทบอลิท์ การผลิตสารยับยั้งและการปรับปรุงการเคลื่อนที่ของลำไส้ โดยกรดแลคติกจะลดและทำลายแบคทีเรียที่ไม่ทนกรดและแบคทีเรียก่อโรค เช่น *Salmonella* spp., *E. coli*, *Mycobacterium tuberculosis* ซึ่งสามารถเจริญได้ดีที่ระดับความเป็นกรดต่ำเป็นกลางและผลิตสารที่ก่อให้เกิดอันตราย ได้แก่ เอมีน ฟีนอล อินโดล และไฮโดรเจนซัลไฟด์ การสร้างสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่นของจุลินทรีย์โยเกิร์ต เช่น bulgarin ซึ่งผลิตโดย *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Strep. thermophilus* สามารถผลิตเมธานอลและอะซีโตนซึ่งทำหน้าที่ต่อต้าน *E. coli*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp. และ *Pseudomonas* spp. ช่วยเสริมการแก่งแย่งและยึดติดกับผนังลำไส้ได้ดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตต้องทนต่อกรดและเกลือจึงสามารถมีชีวิตรอดในขณะผ่านทางเดินอาหาร และมี กิจกรรมในลำไส้ได้

4.3.3 การปรับปรุงการเคลื่อนที่ของอวัยวะภายใน

การเคลื่อนที่ของอวัยวะภายในเกิดจากการจัดระบบของลำไส้ใหญ่ เป็นผลจากอาการท้องผูกและท้องร่วงมักเกิดกับเพศหญิงและผู้สูงอายุ โดยอาการท้องผูกทำให้ความถี่ของการเคลื่อนที่ของอวัยวะภายในลดลงและจะเป็นปกติเมื่ออุจจาระผ่านไป 3-4 วัน ผู้สูงอายุที่มีการเคลื่อนที่ของอวัยวะภายในผิดปกติเมื่อดื่มนมที่มี *Strep. thermophilus* วันละ 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 วัน มีการขับอุจจาระเป็นปกติและการเคลื่อนที่ของลำไส้ใหญ่เพิ่มขึ้นจากก่อนได้รับเชื้อถึง 5-7 เท่า ในทางกลับกันเชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตสามารถป้องกันอาการท้องร่วงและปัญหาของลำไส้ที่เกิดจากกลไกการควบคุมสารอาหารไม่มีประสิทธิภาพและสารอาหารไม่สมดุล นั่นคือการที่จุลินทรีย์โยเกิร์ตสามารถลดอาการท้องผูกและท้องร่วงเป็นผลให้การเคลื่อนที่ของอวัยวะภายในดำเนินไปได้ตามปกติ

4.3.4 การปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของน้ำนม

การปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเกี่ยวข้องกับโปรตีน ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการผลิตโยเกิร์ตและช่วยในการทำงานของระบบย่อยอาหาร คือ ทำให้ร่างกายสามารถย่อยสลายและดูดซึมสารอาหารในน้ำนมไปใช้ได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สูงอายุที่มีกรดในกระเพาะอาหารน้อย การรับประทานโยเกิร์ตเป็นการเพิ่มกรดแลคติกเพื่อแทนที่กรดในกระเพาะอาหารที่ขาดไป ทำให้การย่อยอาหารดีขึ้นและการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสของร่างกายสูงขึ้น กล้าเชื้อ

โยเกิร์ตบางชนิดจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของวิตามินบี 1 ไรโบฟลาวิน ไทอะมิน กรดนิโคตินิก กรดโฟลิก กรดแพนโทธิก และไบโอติน การที่ปริมาณวิตามินชนิดต่าง ๆ สูงขึ้นจะช่วยให้เมแทบอลิซึมและการได้รับสารอาหารของร่างกายเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ต และน้ำนม

องค์ประกอบ (หน่วย/ 100กรัม)	น้ำนม		โยเกิร์ต		
	ธรรมดา	พร่องไขมัน	ไขมันเต็ม	ไขมันต่ำ	รสผลไม้
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	66	33	79	56	90
โปรตีน (กรัม)	3.2	3.3	5.7	5.1	4.1
ไขมัน (กรัม)	3.9	0.1	3.0	0.8	0.7
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	4.8	5.0	7.8	7.5	17.9
แคลเซียม (กรัม)	115	120	200	190	150
ฟอสฟอรัส (กรัม)	92	95	170	160	120
โซเดียม (มิลลิกรัม)	55	55	80	83	64
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	140	150	280	250	210

ที่มา : Tamine and Robinson (1999)

5. ชาเขียว (คาเรศ, 2547)

5.1 ข้อมูลด้านพฤกษศาสตร์

ต้นชา (tea) เป็นพืชในวงศ์ Theaceae มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* L. มี 2 สายพันธุ์หลัก คือสายพันธุ์ของจีนที่ใบมีขนาดเล็ก และสายพันธุ์อัสสัมที่ใบมีขนาดใหญ่กว้าง ต้นชามีใบเรียวยาวแหลมลักษณะเป็นรูปไข่ มีสีเขียวเข้ม ชาเป็นไม้ยืนต้นที่สูงได้ถึง 10-15 เมตร หากปล่อยให้โตตามธรรมชาติ แต่ชาวสวนชามักตัดแต่งต้นชาให้เป็นพุ่มเตี้ยสูงประมาณ 1-1.5 เมตรเพื่อความสะดวกในการเก็บใบชา ต้นชาเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิระหว่าง 10 ถึง 30 องศาเซลเซียส มีฝนตกกระจายสม่ำเสมอตลอดทั้งปีและดินมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมของชาอยู่ในทวีปเอเชียบนเขตที่ราบสูงบริเวณรอยต่อระหว่างประเทศจีน อินเดีย และพม่า การขยายพันธุ์ชาใช้เมล็ด ปัจจุบันขยายพันธุ์โดยใช้วิธีปักชำยอดชาเพื่อให้มีผลผลิตมากและผลิตชาได้คุณภาพดี หลังจากปลูกได้ 4 ปีก็เริ่มเก็บใบชาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ประเภทของชา

ชาที่ดื่มกันทั่วไปในบ้านเราแบ่งตามกรรมวิธีการผลิตอย่างกว้าง ๆ ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

5.2.1 ชาดำ (Black tea หรือ fully-fermented tea) เป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักแบบเต็มรูปแบบ ทำให้ใบชาเปลี่ยนเป็นสีดำ น้ำชาจะมีสีเข้มและมีกลิ่นรสเข้มข้น ขั้นตอนการผลิตประกอบด้วย การผึ่ง (withering) การนวดคลึง (rolling) การหมัก (fermentation) และการอบแห้ง (drying หรือ firing)

5.2.2 ชาเขียว (Green tea หรือ non-fermenting tea) เป็นชาที่ไม่ผ่านขั้นตอนการหมัก ทำให้ใบชายังคงมีสีเขียว น้ำชาจากชาเขียวจะมีสีเขียวอ่อน กลิ่นหอมอ่อน ๆ รสชาตินุ่มนวล

5.2.3 ชาอูหลง (Oolong tea หรือ semi-fermented tea) เป็นชาที่ผลิตโดยประกอบด้วยขั้นตอนการผลิตเหมือนชาดำ แต่ผ่านกระบวนการหมักเพียงบางส่วน กล่าวคือจะมีการหมักโดยใช้เวลาค่อนข้างสั้นก่อนหยุดปฏิกิริยาด้วยความร้อน ชาประเภทนี้จะมีสีและกลิ่น อยู่ระหว่างชาเขียวและชาดำ น้ำชาจากชาอูหลงจะมีกลิ่นหอม รสชาติขมคอ

5.3 กรรมวิธีการผลิตชาเขียว

ชาเขียวผลิตมากในประเทศญี่ปุ่นและจีน ประเทศจีนผลิตชาเขียวร้อยละ 50 ส่วนประเทศญี่ปุ่นผลิตเฉพาะชาเขียว โดยชาเขียวที่มีคุณภาพดีที่สุดผลิตจากใบชาที่เก็บในฤดูใบไม้ผลิ ในการเก็บใบชาต้องเก็บยอดชาอ่อนอย่างระมัดระวังเพื่อมิให้ใบชาช้ำ ใบชาคุณภาพดีจะเป็นส่วนยอดอ่อนที่มีวันตัวอยู่ที่ปลายกิ่งแต่ละกิ่งของต้นชา และใบอ่อน 2 ใบแรกเท่านั้น นอกนั้นจะเป็นใบที่แก่ จัดว่าเป็นใบชาที่มีคุณภาพด้อย การเก็บใบชาให้ได้ภาชนะโปร่ง ๆ ไม่ใส่อัดแน่นเพื่อมิให้เกิดความร้อนซึ่งจะทำให้ใบชาบูด หลังจากเก็บใบชาแล้วต้องนำส่งโรงงานอย่างรวดเร็วเพื่อจะได้คัดเลือกสิ่งที่ไม่ต้องการที่ปะปนอยู่ออกไปก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป หลังจากเก็บใบชาแล้ว จะไม่มีการผึ่งใบชาหรือผึ่งเพียงชั่วระยะเวลาสั้น ๆ แล้วให้ความร้อนทันทีเพื่อทำลายเอนไซม์ในใบชาป้องกันการเกิดออกซิเดชัน และเป็นการรักษาความสดของใบชา

กรรมวิธีการผลิตชาเขียวประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1. การให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ (steaming) หรือคั่วในกระทะให้ร้อน (pan-firing) เพื่อหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชันในใบชา 2. การนวดคลึง (rolling) เพื่อให้เนื้อเยื่อของใบชาถูกทำลายทำให้สารต่าง ๆ ในใบชาแตกคั่งง่ายในขณะที่ชงน้ำชา 3. การอบแห้ง (drying) เพื่อนำความชื้นออกจากใบชา ชาเขียวของจีนและญี่ปุ่นมีกรรมวิธีการผลิตแตกต่างกัน การผลิตของจีน ในขั้นตอนการให้ความร้อนนั้นจะให้ความร้อนโดยตรง โดยการคั่วใบชาในกระทะแล้วนวดคลึงด้วยมือเป็นรูปร่างต่าง ๆ ตามต้องการ ส่วนการผลิตชาเขียวของญี่ปุ่น ในขั้นตอนการให้ความร้อนจะใช้วิธีให้ความร้อนโดยไอน้ำแล้วจึงนวดคลึงด้วยมือหรือใช้เครื่องนวดคลึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้มีรูปร่างตามต้องการก่อนนำไปอบแห้ง ในการผลิตชาเขียวเพื่อสามารถยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้นาน ๆ นั้น จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการนวดคลึงและการอบแห้งหลาย ๆ ครั้ง

การผลิตชาเขียวญี่ปุ่น (Sencha) เริ่มต้นจากใบชาสดที่เก็บมาจะถูกนำมายังโรงงานทันที รอเข้ากระบวนการผลิตโดยเก็บใบชาซึ่งมีลมพัดผ่านตลอดเวลา เพื่อให้เกิดการออกซิเดชันได้น้อยที่สุด จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการผลิตโดยให้ความร้อนโดยให้ความร้อนด้วยไอน้ำ โดยใช้เครื่องจักร (steaming machine) ซึ่งใช้เวลาตั้งแต่ 20 วินาทีจนถึง 2 นาที จากนั้นเป็นการทำใบชาให้เย็น (cooling) โดยทำให้อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องอย่างรวดเร็วและทั่วถึงแล้วจึงทำการอบแห้งครั้งที่ 1 (primary tea rolling dryer) ใช้เวลา 48 นาที การนวดคลึง (rolling) ใช้เวลา 24 นาที การอบแห้งครั้งที่ 2 (secondary tea rolling dryer) ใช้เวลา 40 นาที และการอบแห้งครั้งสุดท้าย (final tea rolling dryer) ใบชาจะถูกนวดคลึงให้มีรูปร่างผอมและยาวเหมือนเข็ม อันเป็นลักษณะพิเศษของชาเขียวญี่ปุ่น ในขั้นตอนนี้ความชื้นในใบชาจะถูกสกัดออกมาจนเกือบหมดใช้เวลา 40 นาที จากนั้นจึงทำการอบแห้ง (drying) อีกครั้งหนึ่งใช้เวลา 30 นาที เพื่อให้สามารถเก็บใบชาเขียวได้นาน หลังจากการอบแห้งแล้วความชื้นในใบชาจะเหลือประมาณร้อยละ 5

หลังจากการอบแห้งจะเป็นการคัดเลือกเศษกิ่งก้านของใบชาและสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกจากใบชาซึ่งใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะเป็นการคัดเลือกราชาจากแหล่งต่าง ๆ จัดทำเป็นชาผสม (blended tea) เพื่อให้ได้รสชาติตามความต้องการของผู้บริโภค จัดเก็บไว้ชั่วคราว แล้วส่งตัวอย่างชาแก่พ่อค้าชา

5.4 ชนิดและชั้นคุณภาพของชาเขียว

การกำหนดชนิดและชั้นคุณภาพของชาเขียวนั้นยังไม่เป็นปรกติฐานที่แน่นอน แต่ละประเทศมีการกำหนดชนิด ชั้นคุณภาพ หรือชื่อของชาเขียวแตกต่างกันออกไป พิจารณาจากแหล่งของชาเขียว กรรมวิธีการผลิต คุณภาพของชาเขียว ขนาดและความสมบูรณ์ของใบชา ตลอดจนรูปร่างของใบชา หลังผ่านการนวดคลึง ชาเขียวที่รู้จักกันแพร่หลายมีดังนี้

5.4.1 Sencha เป็นชาเขียวที่ผลิตและคั้นกันทั่วไปในญี่ปุ่น เป็นชาผลิตจากต้นชาที่ปลูกโดยไม่มีการเงา Sencha มีทั้งชนิดที่มีชั้นคุณภาพสูงที่นวดด้วยมือ และชั้นคุณภาพต่ำลงมานที่นวดด้วยเครื่องจักร

5.4.2 Gyokuru เป็นชาเขียวที่มีคุณภาพสูงมีราคาแพง ผลิตจากต้นชาที่มีการให้ร่มเงาก่อนการเก็บเกี่ยวในฤดูใบไม้ผลิประมาณ 3 สัปดาห์ การลดการสังเคราะห์แสงในช่วงนี้ทำให้สารเพลโวนอยด์ กรดอะมิโน น้ำตาลและสารอื่น ๆ ในใบชา มีสัดส่วนที่พอเหมาะ ทำให้ได้ชาที่มีกลิ่นหอม รสหวาน ชาชนิดนี้จะนวดด้วยมือ

5.4.3 Maccha หรือ Matcha เป็นชาผง ใช้ชงน้ำชาดื่มในงานพิธีของญี่ปุ่น ผลิตโดยคัดเลือกยอดอ่อนสำหรับการผลิต Gyokuru นำมาผ่านขั้นตอนการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ แล้วอบแห้ง โดยไม่มีขั้นตอนการนวดคลึง จากนั้นนำมาบดเป็นผงละเอียด

5.4.4 Bancha เป็นชาเขียวญี่ปุ่น ที่มีชั้นคุณภาพต่ำที่สุด มีราคาดู และมึรชาติพื้น ๆ นิยมดื่มหลังอาหารหรือขณะกระหายน้ำ

5.4.5 Lung Ching หรือ Dragon Well เป็นชาเขียวชั้นเลิศของจีน มีกลิ่นรสประณีตนุ่มนวล และมีสีเขียวเหมือนมรกต ชาชนิดนี้ผลิตจากยอดอ่อนใบชาที่เก็บเกี่ยวในฤดูใบไม้ผลิ

5.4.6 Gunpowder เป็นชาเขียวของจีน ผลิตจากยอดชาและใบอ่อน ในขั้นตอนการนวดคลึงใบชา จะถูกนวดคลึงให้ม้วนตัวเป็นก้อนกลมแน่นเหมือนดินปั้นในสมัยก่อน เพื่อรักษากลิ่นและรสของใบชา คุณภาพของชาชนิดนี้ได้จากขนาดก้อนของใบชา ยิ่งเล็กยิ่งมีคุณภาพดีและมีราคาแพง เนื่องจากขนาดเล็กที่เล็กกว่าแสดงถึงใบชาที่อ่อนกว่า

5.4.7 Young Hyson เป็นชาเขียวของจีน ผลิตจากใบชาที่เป็นใบอ่อนจนถึงระดับกลาง ๆ มีรูปร่างผอมยาวบิดเป็นเกลียว มีหลายระดับชั้นคุณภาพ

5.4.8 Imperial เป็นชาเขียวของจีนที่ผลิตจากใบชาที่แก่กว่าชาชนิด Gunpowder หลังจากที่ใบชาอ่อนถูกคัดเลือกไปผลิตเป็น Gunpowder แล้วผลิตตามรูปแบบเดียวกับ Gunpowder

5.4.9 Hysan เป็นชาเขียวของจีนที่ผลิตจากใบแก่กว่า Yong Hyson และ Imperial โดยผลิตตามรูปแบบของ Young Hyson หรือ Imperial

5.4.10 Twankey เป็นชาเขียวของจีนที่ผลิตจากใบชาแก่ที่เป็นเศษชามีคุณภาพต่ำ

5.5 หลักเกณฑ์การพิจารณาคุณภาพของชาเขียว

ชาเขียวที่มีคุณภาพดีนั้นลักษณะชาจะต้องสะอาดและมียอดอ่อนและใบอยู่ในชั้นส่วนเดียวกัน คุณภาพของชาขึ้นอยู่กับจำนวนใบที่ติดอยู่กับยอดอ่อน โดยจำนวนใบยิ่งน้อยยิ่งดี ใบชาที่ไม่สมบูรณ์หรือแตกหัก เป็นใบชาที่มีคุณภาพต่ำกว่าใบชาที่มีลักษณะใบสมบูรณ์ สีของใบชาจะต้องสดใส ไม่หมอง เมื่อชงน้ำชา จะได้น้ำชาที่มีสีเขียวอมเหลือง สีสดใส ไม่ขุ่น

5.6 สารเคมีในชาเขียวและผลต่อสุขภาพ

ชาเขียวมีส่วนประกอบของสารเคมีต่าง ๆ อาทิ

5.6.1 คาเทชิน (Catechins) เป็นสารฟเลโวนอยด์ (flavonoids) ที่พบมากในชาเขียว มีคุณสมบัติละลายได้ดีในน้ำ อยู่ในกลุ่มสารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenols) สารเคเทชินที่พบในชาเขียวมีหลายประเภท ประเภทที่พบมากที่สุดคือ เอพิกัลโลคาเทชิน แกลเลต-อีจิจีจี (epigallocatechin gallate-EGCG) คาเทชินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง มีประโยชน์มากมายต่อสุขภาพ อาทิ ลดปัจจัยเสี่ยงของการเป็นโรคมะเร็งในอวัยวะต่าง ๆ ตลอดจนยับยั้งการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และกำจัดแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโทษบางชนิด เช่น แบคทีเรียในช่องปาก และแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเป็นพิษ

5.6.2 คาเฟอีน (Caffeine) เป็นสารกระตุ้นอย่างอ่อน มีฤทธิ์ในการกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางของระบบหมุนเวียนโลหิต กระตุ้นการเต้นของหัวใจ เพิ่มการทำงานของไต เพิ่มการเผาผลาญพลังงาน และมีฤทธิ์ขับปัสสาวะ

5.6.3 แทนนิน (Tannin) เป็นสารมีรสฝาด ให้รสขมของน้ำชา มีสรรพคุณในการบรรเทาอาการท้องเสีย

5.6.4 ฟลูออไรด์ (Fluoride) ช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง ป้องกันฟันผุ

5.6.5 ฟเลโวนอยด์ (Flavonoids) ทำให้ผนังหลอดเลือดแข็งแรงป้องกันโรคความดันโลหิตสูง

5.6.6 กรดอะมิโนบิวทิริก (Amino butyric acid) ทำให้ความดันเลือดลดลง

5.6.7 เธานีน (Theanine) ช่วยให้นอนหลับ ยับยั้งการกระตุ้นของสารคาเฟอีน

5.6.8 กลอโรฟิลล์ ช่วยป้องกันไม่ให้ลมหายใจมีกลิ่น ช่วยในการสร้างเลือด และป้องกันเนื้องอก

5.6.9 โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ลดน้ำตาลในเลือด

5.6.10 วิตามินต่าง ๆ เช่น วิตามินเอ วิตามินบี และวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความแก่และป้องกันโรคมะเร็ง วิตามินบีรวม ช่วยเสริมการทำงานในกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร

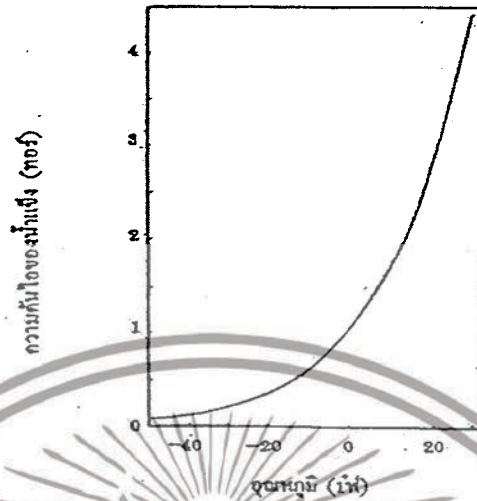
5.7 ประโยชน์ของชาเขียว

การที่ชาเขียวมีสารเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เป็นส่วนประกอบหลายชนิด โดยเฉพาะสารคาเทชินซึ่งมีมากในชาเขียว ทำให้ชาเขียว มีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายในด้านต่าง ๆ ตามข้อมูลจากการศึกษาวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ อาทิ

1. ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
2. ช่วยป้องกันโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดและโรคหัวใจ
3. ช่วยควบคุมระดับคอเลสเตอรอลในเลือด
4. ช่วยควบคุมความดันเลือด
5. ช่วยควบคุมน้ำตาลในเลือด
6. ช่วยป้องกันฟันผุและดับกลิ่นปาก
7. ช่วยบรรเทาอาการท้องร่วง
8. มีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อไวรัสบางชนิด
9. ช่วยชะลอความแก่
10. ช่วยให้สดชื่น แจ่มใส กระปรี้กระเปร่า

6. หลักการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freezed Drier)

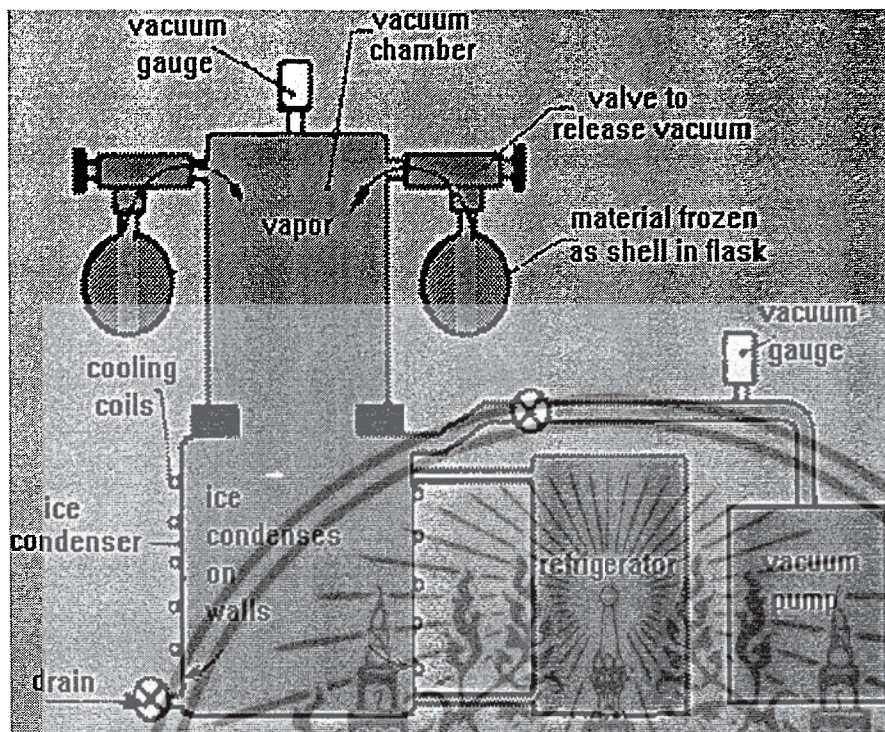
ในการอบแห้งอาหารด้วยวิธีอื่น ๆ มักจะมีปัญหาในเรื่องการใช้ความร้อนที่ทำให้อาหารแห้ง ทำให้คุณภาพที่ได้ลดลงหรือสูญเสียคุณค่าทางอาหารบางอย่างไป โดยเฉพาะวิตามิน ดังนั้น จึงได้มีการพัฒนาการกำจัดความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการอบแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze Drying หรือ Sublimation Drying หรือ Lyophilization) ซึ่งเป็นกระบวนการระเหิดน้ำในสถานะแช่แข็งโดยตรงไปเป็นไอ เมื่อความดันไอและอุณหภูมิที่ผิวหน้าแช่แข็งมีค่าต่ำกว่าจุดซึ่งวัฏภาคของก๊าซและของเหลว และของแข็งอยู่ในสภาวะสมดุล (จุดทรีปเปิล คือ 4.58 ทอร์และ 0 องศาเซลเซียส) ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอของน้ำแข็งและอุณหภูมิของน้ำแข็งที่ต่ำกว่าจุดทรีปเปิลแสดงได้ในรูปที่ 1 และจากรูปนี้ยังแสดงให้เห็นว่าความดันไอของน้ำในอาหาร เยือกแข็งเป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิ เมื่ออยู่ในสภาวะน้ำแข็ง (ไพบูลย์, 2532)



รูปที่ 1 แสดงค่าความดันไอของน้ำแข็ง
ที่มา : ไพบูลย์ (2532)

ข้อดีของกระบวนการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งคือ การกำจัดความชื้นสามารถกระทำได้โดยไม่ต้องให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับอุณหภูมิสูงเกินไป นอกจากนี้ยังสามารถรักษาโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ในสภาพที่เป็นที่ยอมรับ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง โดยทั่วไปกระบวนการนี้ประกอบด้วย การแช่แข็งก่อนแล้วจึงให้ความร้อนแก่ผิวของผลิตภัณฑ์ ทำให้น้ำแข็งระเหย ณ จุดนั้นแล้วไอจะถูกกำจัดออกไปทันที การระเหยและกำจัดไอน้ำจะทำให้ผิวหนังของน้ำแข็ง (ice front) ลดน้อยลง ขณะที่ ice front เคลื่อนห่างผิว ผลิตภัณฑ์จะมีการถ่ายเทความร้อนและการแพร่กระจายของไอ ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกอัตราการอบแห้งแบบระเหยของผลิตภัณฑ์

องค์ประกอบพื้นฐานของเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งได้แก่ เครื่องระเหยความร้อนที่เกิดขึ้นจะใช้เป็นแหล่งพลังงานของการอบแห้ง และเครื่องคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะรวบรวมไอที่ได้จากผลิตภัณฑ์ ทั้งเครื่องระเหยและเครื่องคอนเดนเซอร์จะวางอยู่ในห้องสุญญากาศ และสภาวะสุญญากาศเกิดขึ้นโดยการใช้ปั๊มสุญญากาศ



รูปที่ 2 แผนผังเครื่องอบแห้งแบบระเหิด

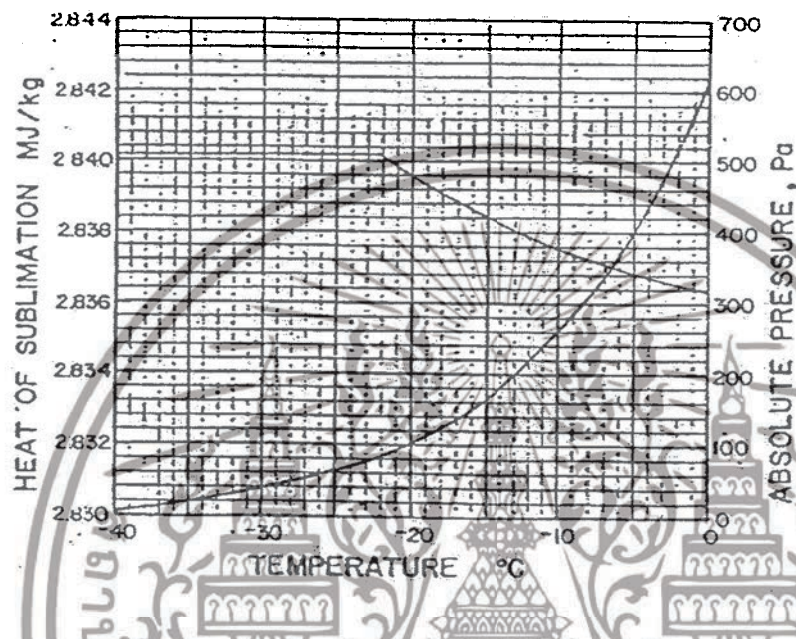
ที่มา : www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/DOWNSTREAM/fig5.htm

รูปที่ 2 แสดงแผนผังของเครื่องทำแห้งด้วยการระเหิด ความดันสมบูรณ์ภายในห้องอบแห้งทราบได้จากอุณหภูมิตัวจับไอ (vapor trap) ความดันนี้จะตรงกับความดันไอเหนือน้ำแข็งที่อุณหภูมิตัวจับไอ ปัมป์สุญญากาศออกแบบมาเพื่อดูดอากาศจากห้องสุญญากาศให้หมดเมื่อเริ่มต้นการทำงาน และเพื่อกำจัดก๊าซที่ไม่ควบแน่น และอากาศที่อาจเล็ดลอดเข้าสู่ระบบ ปริมาณของน้ำที่กลายเป็นไอน้ำจะมีปริมาณมากที่ความดันต่ำในระบบการทำแห้งแบบเยือกแข็งนี้ ดังนั้นถ้ากำจัดไอน้ำโดยใช้ปั๊มสุญญากาศอย่างเดียวจำเป็นต้องใช้ปั๊มขนาดใหญ่ จึงใช้วิธีควบแน่นไอน้ำในรูปของน้ำแข็งในตัวจับไอ ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการลดปริมาณของก๊าซที่ต้องกำจัดออกจากระบบโดยใช้ปั๊มสุญญากาศ

ความร้อนที่ให้แก่อาหารเพื่อทำแห้งเป็นพลังงานความร้อนของการกลายเป็นไอโดยการใช้ชั้นกลางซึ่งมีของเหลวที่ถูกทำให้ร้อนหมุนเวียนอยู่ภายใน อุณหภูมิของชั้นนี้สามารถควบคุมได้ โดยการควบคุมอุณหภูมิหรือปริมาณของตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อน อาหารที่จะอบแห้งจะวางอยู่บนแผ่นที่ร้อนนี้ การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นได้ทั้งจากการนำความร้อนจากแผ่นร้อน การพาความร้อนจากอากาศภายในห้องอบแห้ง ไปยังผิวอาหารและการแผ่รังสีความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำแห้งจะต้องเกิดขึ้นที่ความดันต่ำ เพื่อให้ น้ำกลายเป็นไอจากสถานะของแข็ง รูปที่ 3 แสดงความดันไอของน้ำเหนือน้ำแข็งที่อุณหภูมิต่าง ๆ ซึ่งต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ เพื่อให้การทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งเกิดขึ้นได้ดี จะต้องรักษาความดันสมบูรณ์ภายในห้องอบแห้งให้ได้อย่างน้อย 620 kPa



รูปที่ 3 ความร้อนของการระเหิดและความดันไอของน้ำเหนือน้ำแข็ง
ที่มา : รุ่งนภา (2535)

6.1 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของอาหารระหว่างการอบแห้งแบบเยือกแข็งและปรากฏการณ์ยุบสลาย

ระหว่างการอบแห้งแบบเยือกแข็ง มีเหตุการณ์มากมายเกิดขึ้นซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องประเมินโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ได้ การแช่เยือกแข็งทำให้สารละลายที่มีอยู่ในอาหารแยกออกเป็นของผสม 2 ส่วน คือส่วนของผลึกน้ำแข็งและส่วนของสารละลายที่เข้มข้น คุณสมบัติของสารละลายที่เข้มข้นนี้ขึ้นกับ อุณหภูมิ ความเข้มข้น และองค์ประกอบ ถ้าการอบแห้งทำที่อุณหภูมิต่ำ สภาพการเคลื่อนที่ของสารละลายเข้มข้นสูง ๆ จะเกิดขึ้นช้ามาก จนไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเกิดขึ้นในระหว่างการอบแห้งจากผลดังกล่าวโครงสร้างที่ได้จึงประกอบด้วยรู ซึ่งเป็นบริเวณที่ผลึกน้ำแข็งเคยอยู่นั่นเอง ในทางตรงกันข้าม ถ้าอุณหภูมิจากการอบแห้งสูงกว่าระดับวิกฤติ สภาพการเคลื่อนที่ของสารละลายเข้มข้นอาจจะสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดการไหลและสูญเสียของโครงสร้างเดิม ของตัวถูกละลายที่แยกตัวซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการแช่เยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างการอบแห้งแบบเยือกแข็ง จะปรากฏความแตกต่างของอุณหภูมิและความแตกต่างของความชื้นในวัตถุที่อบแห้ง สภาพการเคลื่อนที่และการยุบสลายของสารละลายเข้มข้นจะแตกต่างจากแหล่งหนึ่งกับอีกแหล่งหนึ่ง การยุบสลายมีแนวโน้มเกิดที่บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงและปริมาณความชื้นสูง อย่างไรก็ตามเนื่องจากความแตกต่างของทั้งสองพารามิเตอร์ในการอบแห้งแบบเยือกแข็งจะมีลักษณะตรงข้ามกัน ดังนั้นการยุบสลายอาจจะเกิดขึ้นที่บริเวณกึ่งกลางของชิ้นแห้งมากกว่าที่จะเกิดขึ้นที่ผิวหน้า สำหรับอาหารที่ประกอบด้วยส่วนประกอบที่ละลายได้และส่วนที่ไม่ละลายได้ชนิดต่าง ๆ จำนวนมาก ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะชี้เฉพาะถึงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นอุณหภูมิและการสูญเสียโครงสร้าง และได้ มีการศึกษาถึงอุณหภูมิที่เกิดการยุบสลายของโครงสร้างในอาหารที่เป็นสารละลาย ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 อุณหภูมิที่เกิดการยุบสลายของ โครงสร้างของสารละลายในกระบวนการอบแห้งแบบเยือกแข็ง

ตัวถูกละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
เด็กซ์แทรน (น้ำหนัก โมเลกุล, 10,000)	-9
เจลาติน	-8
กลูโคส	-40
มอลโทส	-30 ถึง -35
ซูโครส	-32

ที่มา : ไพบูลย์ (2532)

การเคลื่อนที่ขององค์ประกอบที่ไม่ละลายในระหว่างการแช่เยือกแข็ง สามารถเกิดการรวมตัวเป็นชั้นที่ไม่ยอมให้มีการซึมผ่านได้ การเกิดลักษณะนี้จะมีผลต่ออัตราการอบแห้ง แบบของการแช่เยือกแข็งและอัตราการตกผลึกระหว่างกระบวนการแช่เยือกแข็งมีความสำคัญต่อ โครงสร้างของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอบแห้งแบบเยือกแข็ง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องนั้นค่อนข้างจะซับซ้อน เนื่องจากว่าการกระจายของขนาดของรูขึ้นกับขนาดของผลึกน้ำแข็งโดยทั่วไปจะพบว่า การแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วจะให้ผลึกขนาดเล็ก และอัตราการอบแห้งจะช้ากว่าของที่ได้จากการแช่เยือกแข็งแบบช้า อย่างไรก็ตาม ผลกระทบที่มีต่อปัจจัยคุณภาพเช่น สี และการเปลี่ยนแปลงผนังเซลล์อาจจะปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยการแช่เยือกแข็งแบบรวดเร็ว แต่ก็มียกเว้นกับอาหารบางชนิด เช่น กาแฟผง ซึ่งถ้าผลิตโดยกระบวนการนี้จะให้สีจางไม่น่าดู (ไพบูลย์, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การดูดซับน้ำกลับ (Rehydration)

การสูญเสียน้ำในอาหารที่ทำแห้งแบบเยือกแข็ง มักจะมีความสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณน้ำที่สามารถรับได้ โดยทั่วไปเชื่อว่าการเพิ่มขึ้นของโพลีเมอร์จะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการเก็บกักน้ำในโครงสร้างเจล ในวัสดุ ผลกระทบนี้จะมีผลสัมพันธ์กับการเพิ่มจำนวนผลึกของเซลลูโลสและแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะเป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มจำนวนผลึก โปรตีนจะเกี่ยวข้องกับการสูญเสียน้ำเนื่องจากการเพิ่มจำนวนผลึก โปรตีนจะเกี่ยวข้องกับการสูญเสียน้ำเนื่องจากการเพิ่มของการจับตัวกันของ myofibrillar proteins

ปฏิกิริยามิลลาร์ด (Maillard) ระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) อาจเป็นสาเหตุให้เกิดสีน้ำตาลในอาหาร หรืออาจเป็นสาเหตุของการสูญเสียการละลายของโปรตีน ปฏิกิริยาการควบแน่นของโปรตีนด้วยส่วนประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมันและน้ำตาลรีดิวซ์อาจเป็นส่วนสำคัญซึ่งเป็นสาเหตุของการลดลงของความสามารถในการเก็บกักน้ำ

เป็นการง่ายที่จะคืนสภาพผัก ที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ยกเว้นที่ผิวสัมผัสแตกต่างจากผักสดทั่วไป เนื่องจากการสูญเสียน้ำทั้งหลายโดยหลักแล้ว จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในวิธีการคืนสภาพและเงื่อนไขที่ใช้ในการคืนสภาพ

6.3 การพัฒนาอุตสาหกรรมกระบวนการอบแห้งแบบเยือกแข็ง

สถานะภาพการใช้ในอุตสาหกรรม ระหว่างปี พ.ศ.2530 (ค.ศ.1960) ได้มีบริษัทต่าง ๆ ทำการค้นคว้าเกี่ยวกับการใช้กระบวนการอบแห้งแบบเยือกแข็งกับอาหารชนิดต่าง ๆ จนมีการจดลิขสิทธิ์ และมีกระบวนการต่าง ๆ มากมายขึ้น แต่ในทางปฏิบัติโรงงานส่วนใหญ่ในขณะนั้นยังทำงานเป็นแบบกะ

ปัญหาที่สำคัญที่จำกัดการผลิตขนาดใหญ่ในอุตสาหกรรม ได้แก่เรื่องของต้นทุน ปัญหาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดออกซิเดชัน การสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อสัตว์ และการสูญเสียกลิ่นรสระหว่างการทำแห้ง

สำหรับการใช้กรรมวิธีอบแห้งแบบเยือกแข็งกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ นั้นยังไม่กว้างขวาง แต่ก็ยังมีผลิตภัณฑ์ เช่น ไข่ผงแห้ง ได้ใช้กรรมวิธีดังกล่าวในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ผัก ผลิตภัณฑ์นม และพวกส่วนประกอบของอาหารประเภทหุบต่าง ๆ กรรมวิธีการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งนี้ ยังใช้สำหรับผลิตอาหารสำหรับนักบินอวกาศของประเทศสหรัฐอเมริกา เช่นกัน

7. การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

ในปัจจุบันการผลิตโยเกิร์ตประสบกับปัญหาการผลิตและการตลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาน้ำนมดิบของไทยที่มีราคาสูงกว่านมผงที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศ และการผลิตน้ำนมดิบของไทยยังมีอัตราการขยายตัวที่ต่ำ ไม่เพียงพอกับความต้องการแปรรูป จำเป็นต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศให้ต้นทุนการผลิตโยเกิร์ตสูงขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้พยายามลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์นมโดยการนำวัตถุดิบอื่นมาทดแทน ตัวอย่างเช่น การนำน้ำนมถั่วเหลืองมาแทนน้ำนมโค (จารูวรรณ, 2540)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการผลิตโยเกิร์ตจากวัตถุดิบอื่นแทนน้ำนม ได้แก่

ลินจงและรุ่งนภา (2541) พบว่าการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองจากการบดส่วนผสมของถั่วเหลืองกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดกลิ่นถั่วได้

จารูวรรณและคณะ (2540) ได้ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตจากกะทิ โดยใช้กะทิที่เตรียมจากมะพร้าวที่นึ่งที่ซึ่งแยกไขส่วนผิวหน้าออกไป หลังจากนั้น และเก็บในตู้เย็นนาน 2 ชั่วโมงผสมกับสารละลายนมผงความเข้มข้นร้อยละ 15 (น้ำหนัก ปริมาตร) ในอัตราส่วน 1 : 1.25 หมักด้วยหัวเชื้อโยเกิร์ตปริมาณร้อยละ 4 บ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นโยเกิร์ตที่มีไขมันต่ำ เนื้อสัมผัสเนียน มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับโยเกิร์ตที่ทำจากน้ำนมวัว และผู้บริโภคให้การยอมรับในโยเกิร์ตกะทิและโยเกิร์ตกะทิเติมเนื้อมะพร้าวอ่อนหรือธัญชาติ และสามารถเก็บที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส ได้ไม่น้อยกว่า 14 วัน

นิตยกานต์ (2544) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงโยเกิร์ตแคลอรีต่ำโดยการใส่สารสกัดจากหญ้าหวานเป็นสารให้ความหวาน และเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการเติมลูกชิด และได้สูตรการผลิตโยเกิร์ตลูกชิดแคลอรีต่ำ ซึ่งประกอบด้วย น้ำนมขาดมันเนย, นมผงขาดมันเนย, หัวเชื้อโยเกิร์ตชนิด B-58 และสารสกัด stevioside ร้อยละ 94.06, 5.94, 2 และ 0.03 ตามลำดับ และมีการเติมลูกชิดลงไปร้อยละ 15 โยเกิร์ตแคลอรีต่ำให้พลังงานเพียง 716.25 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งน้อยกว่าโยเกิร์ตตามท้องตลาดถึง 308.20 แคลอรีต่อกรัม ส่วนผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตลูกชิดแคลอรีต่ำมีปริมาณพลังงานเท่ากับ 744.64 แคลอรีต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตวันมะพร้าวตามท้องตลาด จะมีปริมาณพลังงานน้อยกว่า 488.52 กรัม

นวนลภา (2546) ได้ทำการศึกษากาการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด โดยได้ทำการคัดเลือก พันธุ์ข้าวโพดหวานที่เหมาะสมจากข้าวโพดหวาน 3 สายพันธุ์ คือ เอทีเอส-2 ไฮบริค-10 และเอทีเอส-5 พบว่า พันธุ์ข้าวโพดที่เหมาะสมคือ เอทีเอส-2 จากนั้นทำการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิต พบว่า ประกอบด้วยน้ำนมข้าวโพด (อัตราส่วนข้าวโพดต่อน้ำเป็น 1:2) และนมผงขาดมันเนยปริมาณร้อยละ 88 และ 12 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตชนิด YC-350 ปริมาตรร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก บ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง ทำการพัฒนาสูตรการผลิตโดยเติมน้ำตาลและวุ้นมะพร้าว พบว่า ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีปริมาณน้ำตาลและวุ้นมะพร้าวปริมาณร้อยละ 5 และ 15 โดยน้ำหนักตามลำดับ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด

สุเมธและพรเทพ (2546) ได้ทำการศึกษาผลการทำแห้งแบบเยือกแข็งและแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของโยเกิร์ตคั้นรูป โดยนำโยเกิร์ตมาผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยให้อุณหภูมิลมออกอยู่ระหว่าง 60-90 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมออก ความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่ได้จะลดลง ในช่วงอุณหภูมินี้ได้โยเกิร์ตที่มีสีไม่ต่างกัน และมีปริมาณจุลินทรีย์เหลือในช่วงร้อยละ 50-60 ขณะที่แบบแช่เยือกแข็งที่ใช้อุณหภูมิการแช่แข็งและการทำแห้งต่างกัน ก็ให้โยเกิร์ตคั้นรูปที่มีสีไม่ต่างกัน แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการทำแห้งให้สูงขึ้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นน้อยลง แต่ปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตเหลือน้อยกว่า เมื่อเทียบการทำแห้งทั้งสองแบบโยเกิร์ตคั้นรูปที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งได้รับการยอมรับมากกว่า และมีปริมาณจุลินทรีย์รอดสูงถึงร้อยละ 80 นำโยเกิร์ตผงทำแห้งโดยวิธีการแช่แข็งมาเก็บภายใต้สภาวะสุญญากาศในถุงลามิเนต เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าโยเกิร์ตผงที่นำมาคั้นรูปไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านระดับด้านสี ระดับคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส แต่ปริมาณจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกลดลง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

- นมจืดพาสเจอร์ไรซ์ ตราโฟร์โมสต์
- นมผงขาดมันเนย (Skim Milk Powder)
- โมดิไฟด์สตาร์ช (Modified starch)
- แอสพาเต็ม (Aspartam)
- หัวเชื้อจุลินทรีย์ชนิด Freeze-dried lactic culture รหัส ABY2 (chr. Hansen)
- ผงชาเขียว
- สีผสมอาหาร
- กลิ่นชาเขียว (Firmenich Co.,Ltd.)

2. สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

- อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS (Merck, Darmstadt)
- อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Merck, Darmstadt)
- ฟีนอพทาลีน (Phenoptalein)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)
- ไอโอเอมิลแอลกอฮอล์ (Isoamyl Alcohol) (Malinkrodt Baker, Inc.)
- แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Amonium hydroxide)
- กรดซัลฟิวริก (Sulphuric acid) (BDH Laboratory Supplies)
- คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulfate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไดโปแทสเซียมซัลเฟต (Dipotassium Sulfate)
- กรดบอริก (Boric Acid)
- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric Acid)

3. อุปกรณ์

- เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (Homogenizer) amfield
- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Refractometer) Atago
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) ยี่ห้อ Memmert
- เครื่องแช่เยือกแข็ง (Freeze Dryer) ยี่ห้อ Sanyo
- เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze-Dryer) รุ่น Thermoconstanter
- เครื่องวัดสี Chromatometer รุ่น CR-300 Minolta
- เครื่องวัดความข้นหนืด (Viscometer) Brookfield Digital Viscometer Model DV
- เครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตี (Water activity) Thermoconstanter
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Schott
- เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (ชุดเครื่องมือ Kjeltac System I) Gerhardt Vodapest 30
- เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Babcock centrifuge) Turbosog
- เครื่องนับจำนวนโคโลนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

3.1 การศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เหมาะสมในน้ำนมต่อคุณภาพรวมของโยเกิร์ต

3.1.1 การเตรียมหัวเชื้อโยเกิร์ต

การเตรียมหัวเชื้อในการทดลองครั้งนี้ ใช้เชื้อโยเกิร์ตทางการค้า ABY2 (Chr.Hansen) เป็นเชื้อชนิดผง (freeze dried) ซึ่งเป็นเชื้อผสม 4 ชนิด ได้แก่ *Lactobacillus bulgaricus* *Streptococcus thermophilus* *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis* โดยใส่เชื้อโยเกิร์ตร้อยละ 0.1 ลงในอาหาร GYP broth ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเวลา 15 นาที บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง นำเอาแขวนลอยของเชื้อโยเกิร์ตที่ได้เจือจางให้ได้เชื้อเริ่มต้นเป็น 10^5 cfu/ml

3.1.2 การเตรียมโยเกิร์ต

นำนมพลาสเจอร์ไรส์มาให้ความร้อน ทำการปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดโดยทำการเติมนมผงพร่องมันเนยลงไปให้ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 18 21 และ 24 เติม Modified starch ลงไปร้อยละ 1 คนส่วนผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปผ่านการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องโฮโมจีไนส์ที่ความดัน 2000 ปอนด์/ตารางนิ้ว และนำส่วนผสมที่ได้มาฆ่าเชื้อที่ 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที ทิ้งส่วนผสมของนมให้มีอุณหภูมิลดลงประมาณ 43 องศาเซลเซียส เติมหัวเชื้อโยเกิร์ตที่เตรียมไว้ลงไปร้อยละ 4 บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของน้ำนมทุก ๆ 2 ชั่วโมงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ได้แก่ พีเอช ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความหนืด และลักษณะที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยสายตา



รูปที่ 4 กรรมวิธีการเตรียมโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การผลิตโยเกิร์ตรสชาเขียว

จากการศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เหมาะสม สามารถเลือกปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตคือ ร้อยละ 24 และเวลาที่ใช้ในการบ่มเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากผลการทดลองนี้ จะนำไปใช้ผลิตโยเกิร์ตรสชาเขียวเพื่อสุขภาพต่อไป



รูปที่ 5 กรรมวิธีการเตรียมโยเกิร์ตรสชาเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การผลิตโยเกิร์ตสาขาเขียวชนิดผง

นำโยเกิร์ตสาขาเขียวที่ได้จากขั้นตอน 3.2 มาแปรรูปเป็นโยเกิร์ตผงโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กรรมวิธีการผลิต โยเกิร์ตสาขาเขียวชนิดผง

ทำการตรวจสอบคุณภาพของโยเกิร์ตสาขาเขียวชนิดผงดังนี้

- 3.3.1 นำโยเกิร์ตสาขาเขียวผงมาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ ได้แก่ ค่าสี $L^* a^* b^*$ ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี ปริมาณโปรตีน ไขมันและลักษณะที่ปรากฏ
- 3.3.2 ศึกษาคุณภาพของโยเกิร์ตสาขาเขียวหลังการคืนรูปโดยนำโยเกิร์ตสาขาเขียวผงมาผสมกับน้ำต้มสุก (อุณหภูมิประมาณ 37 องศาเซลเซียส) ในอัตราส่วน 1: 2 แล้วนำโยเกิร์ตที่ได้มาตรวจสอบทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ค่าสี $L^* a^* b^*$ พีเอช ปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติก ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณของแข็งทั้งหมด การแยกตัวของน้ำหางนม ความหนืด โปรตีน ไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาโยเกิร์ตสาขาเขียวชนิดผง

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสาขาเขียวชนิดผงทำโดยนำตัวอย่างโยเกิร์ตสาขาเขียวชนิดผงที่ได้เก็บในถุงโพลีเอทิลีนในสภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) นำโยเกิร์ตผงมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ดังนี้

3.4.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาโยเกิร์ตในรูปผง โดยวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี โดยใช้เครื่องวัด chromameter โดยวัดในหน่วยของ $L^* a^* b^*$ วัดค่าออกเตอร์แอกติวิตี (Water activity) โดยใช้ เครื่องวัดออกเตอร์แอกติวิตี

3.4.2 การศึกษาคุณภาพของโยเกิร์ตสาขาเขียวหลังการคืนรูปที่ได้จากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง และนำโยเกิร์ตหลังการคืนรูปมาทดสอบคุณภาพดังต่อไปนี้

1.) การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัด chromameter โดยวัดในหน่วยของ $L^* a^* b^*$ การตรวจสอบการแยกชั้นของน้ำหางนมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (syneresis) โดยใช้วิธีของ จงกลณี (2540) ความหนืดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยใช้เครื่อง brookfield viscometer ใช้ หัววัดหมายเลข 4 ความเร็วรอบ 2.5 รอบต่อนาที ที่ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้ hand refractometer และ ปริมาณของแข็งทั้งหมด

2.) การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่ พีเอช โดยใช้เครื่อง pH meter ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติก (Total titrable acidity) โดยวิธีการไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล ปริมาณความชื้นตามวิธีการ AOAC (2000) ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method ปริมาณไขมัน โดยวิธี Babcock method ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.) การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ตรวจสอบหาปริมาณแบคทีเรียแลคติกที่รอดชีวิตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสาขาเขียวหลังการคืนรูป โดยวิธีการ Pour plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะไร้ออกซิเจนนาน 72 ชั่วโมง และตรวจสอบหาปริมาณยีสต์และรา โดยวิธี spread plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสาขาเขียวหลังการคืนรูป ตามวิธีการ AOAC (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluations)

ทดสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสชาเขียวหลังการกินรูปโดยเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ไม่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยวิธี (difference analysis) ซึ่งใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ประเมินความแตกต่างทางด้าน สี กลิ่นรส ความเปรี้ยว และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยให้ 5 คะแนน เท่ากับไม่มีความแตกต่าง 1 คะแนนเท่ากับแตกต่างมากที่สุด นำคะแนนที่ได้มาทดสอบหาค่าความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่เหมาะสมในน้ำนมต่อคุณภาพรวมของโยเกิร์ต

จากการปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมโดยเติมนมผงพร้อมมันเนยให้ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 18 21 และ 24 แล้วนำไปผลิตโยเกิร์ต ทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 2 ชั่วโมงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6

เนื่องจากน้ำนมโดยทั่วไปมีปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ที่ร้อยละ 15-16 จึงจำเป็นที่จะต้องเพิ่มปริมาณของแข็งในน้ำนม โดยใช้วิธีเติมนมผงพร้อมมันเนยลงไปใบน้ำนม เนื่องจากเป็นกรรมวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว ในการผลิตโยเกิร์ตครั้งนี้ใช้กล้าเชื้อทางการค้า ซึ่งประกอบด้วยเชื้อผสม 4 ชนิดคือ *L. acidophilus* *L. bulgaricus* *S. thermophilus* และ *Bifidobacterium lactis* โดยในระหว่างกระบวนการหมัก เชื้อ *S. thermophilus* เจริญเติบโตได้ดีในระยะแรกของการหมัก และสร้างกรดแลคติกขึ้นเป็นจำนวนมาก และยังสร้างกรดฟอร์มิกเพื่อไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อ *L. bulgaricus* อีกด้วย โดยเชื้อ *L. bulgaricus* จะนำกรดฟอร์มิกไปใช้ในการสร้างสารให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตได้แก่ ไดอะเซทิล (diacetyl) และอะเซทัลดีไฮด์ (acetaldehyde) ส่วน *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis* เป็นโพรไบโอติก (Probiotic) ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย Tamine and Robinson (1985)

จากตารางที่ 6 พบว่าในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของการหมักของน้ำนม ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และลักษณะที่ปรากฏของน้ำนมจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเนื่องจากช่วงแรกของการหมักมีการปรับตัวของเชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของน้ำนม หลังจากชั่วโมงที่ 2 พบว่า หัวเชื้อโยเกิร์ตมีการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำนมถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญ มีผลทำให้ค่าพีเอชมีค่าต่ำลง ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติกจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาของการบ่ม การที่โยเกิร์ตมีรสเปรี้ยวมากขึ้นเนื่องจุลินทรีย์ในน้ำนมมีการเจริญเติบโตมากขึ้นและมีการสร้างกรดแลคติกที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

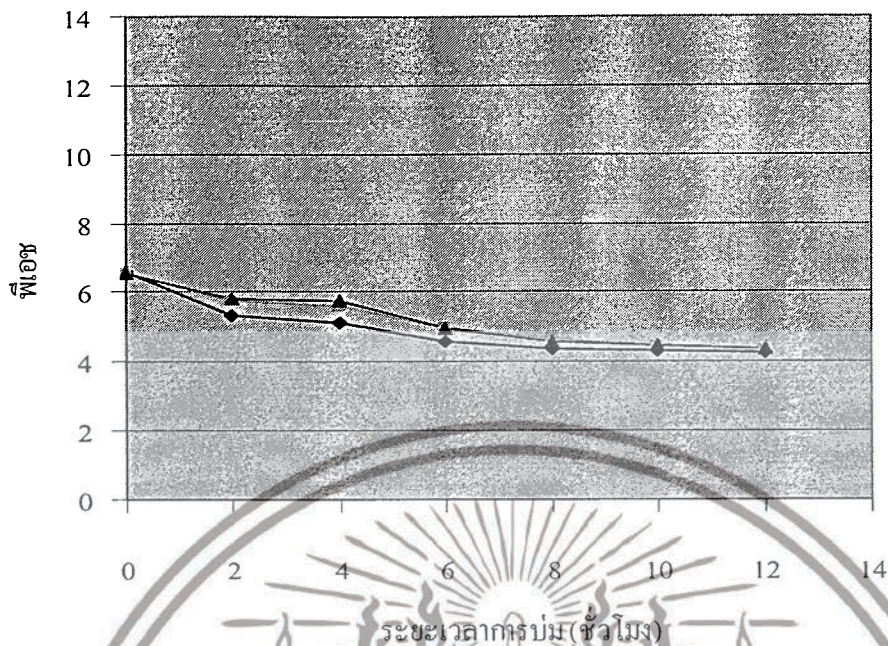
ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพของน้ำนมที่ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นร้อยละ 18 21 และ 24 ทุก 2 ชั่วโมงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

ระยะ เวลาปัม (ชั่วโมง)	ปริมาณของ แข็งทั้งหมด (องศาบริกซ์)	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำนม			ลักษณะที่ ปรากฏของน้ำนม
		ทีเอช	ปริมาณกรด ในรูปของกรดแลคติก	ปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ (องศาบริกซ์)	
0	18	6.58	0.54	17	เป็นของเหลว
	21	6.56	0.54	20	เป็นของเหลว
	24	6.50	0.54	23	เป็นของเหลว
2	17.36	5.36	0.73	16	ด้านบนเริ่มแข็งตัว
	21	5.76	0.72	20	เป็นของเหลว
	24	5.82	0.71	23	เป็นของเหลว
4	17.01	5.14	0.90	15	เกิดเคิร์ดเป็นก้อน
	21	5.61	0.75	20	เป็นของเหลว
	24	5.78	0.72	23	เป็นของเหลว
6	14.96	4.62	0.99	13	เกิดเคิร์ดเป็นก้อน
	18.56	4.96	0.88	17	เริ่มแข็งตัวเล็กน้อย
	21.64	4.99	0.88	20	เริ่มแข็งตัวเล็กน้อย
8	13.58	4.41	1.08	12	เกิดเคิร์ดเป็นก้อน
	17.36	4.68	0.94	16	เกิดเคิร์ดเนื้อเนียนดี
	21.64	4.59	1.03	20	เกิดเคิร์ดเนื้อเนียนดี
10	13.58	4.34	1.17	12	เคิร์ดเป็นก้อนแข็ง
	17.36	4.45	0.99	16	เกิดเคิร์ดเนื้อเนียนดี
	20.45	4.50	1.06	19	เกิดเคิร์ดเนื้อเนียนดี
12	13.58	4.27	1.21	12	เคิร์ดเป็นก้อนแข็ง
	17.36	4.32	1.17	16	เกิดเคิร์ดเนื้อเนียนดี
	20.45	4.41	1.08	19	เกิดเคิร์ดเนื้อเนียนดี

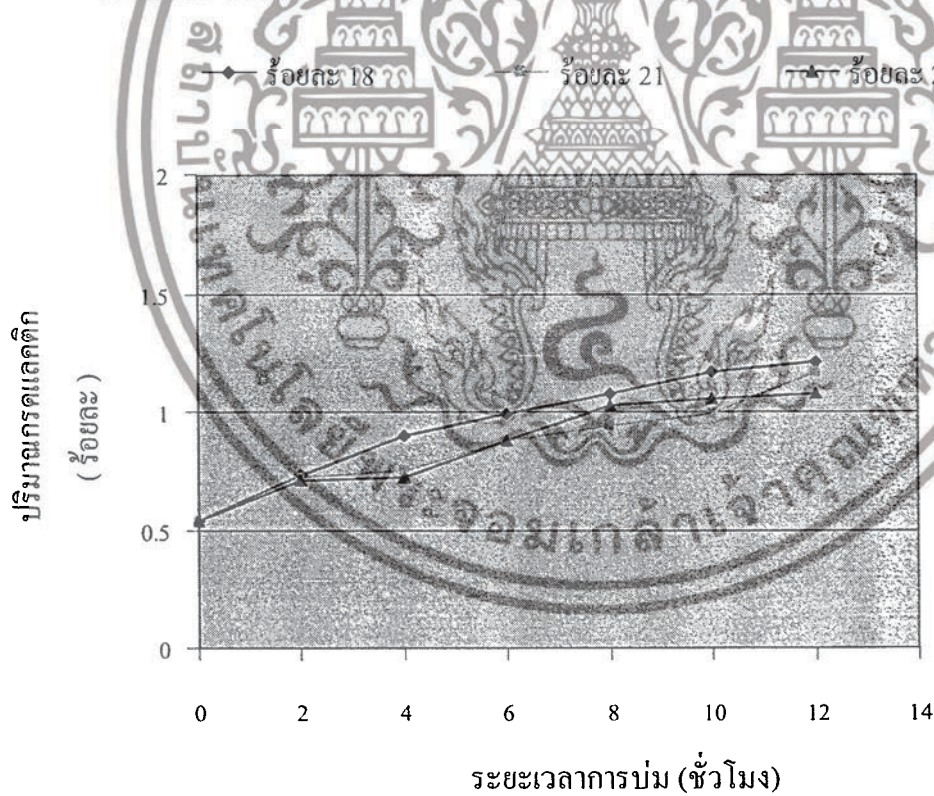
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อบ่มเป็นเวลา 8 ชั่วโมง น้ำนมที่มีของแข็งทั้งหมดเริ่มต้นร้อยละ 18 21 และ 24 พบว่าเกิดเคิร์ดทั่วทั้งถ้วยอย่างเห็นได้ชัดเจนแต่ลักษณะเคิร์ดของโยเกิร์ตที่มีของแข็งทั้งหมดเริ่มต้น ร้อยละ 18 เคิร์ดจะมีลักษณะที่สาก ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจาก การเติมนมพ่องมันเนยลงในน้ำนมในปริมาณที่น้อย มีผลทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีในน้ำนมสูง เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเชื้อแบคทีเรียในน้ำนม จึงทำให้มีการสร้างกรดอย่างรวดเร็วอีกทั้งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเหลือร้อยละ 13.58 ส่งผลให้เนื้อเคิร์ดที่ได้ไม่แน่นและเนื้อไม่เนียน ส่วนโยเกิร์ตที่มีของแข็งทั้งหมดเริ่มต้นร้อยละ 21 พบว่าเนื้อโยเกิร์ตที่ได้จะมีเนื้อเนียนดี ไม่หยาบ ค่าพีเอชลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลาบ่ม เมื่อบ่มเป็นเวลานานจะมีรสเปรี้ยวมาก ส่วนโยเกิร์ตที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเริ่มต้นร้อยละ 24 เคิร์ดที่ได้มีเนื้อแน่นและเนียนดี ซึ่งพบว่าเมื่อบ่มเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงเหลือปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นร้อยละ 21.64 และการเติมนมพ่องมันเนยในปริมาณมากจะส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญได้ซ้ำมีการสร้างกรดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามระยะเวลาการบ่ม แต่ถ้ายบ่มโยเกิร์ตนาน 10 - 12 ชั่วโมงพบว่า มีค่าพีเอชต่ำลงมาก ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติกมีค่าสูงชันมาก ส่งผลให้โยเกิร์ตที่ได้มีรสเปรี้ยวมากขึ้น ซึ่ง Tamine and Robinson (1985) กล่าวว่า โยเกิร์ตจะมีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับเมื่อค่าปริมาณกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงร้อยละ 0.9-1.2

การปรับปริมาณของแข็งในนม โดยการเติมนมพ่องมันเนย จะมีผลต่อความหนืด ปริมาณของแข็งในของผสมที่ใช้เตรียม โยเกิร์ตยิ่งสูงจะทำให้มีความหนืดมากตามไปด้วย เนื่องจาก ความหนืด และลักษณะโครงสร้างของเจล เกิดจากน้ำนมเมื่อให้ความร้อนจะทำให้โปรตีนพวก อัลบูมิน และ โกลบูลินเสียสภาพแล้วตกตะกอนเกิดการรวมตัวของโมเลกุลเกิดขึ้นอันเกิดเป็นร่างแหแล้วจับกับโปรตีนของน้ำหางนมทำให้โยเกิร์ตมีความหนืด สามารถช่วยลดปัญหาการแยกชั้นของน้ำหางนมจากการปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดเริ่มต้นในน้ำนมเป็นร้อยละ 18/21 และ 24 พบว่าในช่วงแรกของการหมักมีค่าความหนืดน้อยมากและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามระยะเวลาการหมักเนื่องจากเชื้อโยเกิร์ตมีการเจริญเติบโตและมีการสร้างกรดแลคติกขึ้น ซึ่งส่งผลให้อนุภาคเคซีนและสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนเสียสภาพ และเกิดการรวมตัว ตกตะกอน จนเป็นโครงสร้างของเจล (วราวุฒิ และ รุ่งนภา 2532) จากการทดลองพบว่าน้ำนมที่ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 24 มีค่าความหนืดมากกว่าน้ำนมที่ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 18 และ 21 ตามลำดับ ดังนั้นจากการทดลองจึงพบว่าโยเกิร์ตที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 24 บ่มเป็นเวลา 8 ชั่วโมงมีค่าพีเอช ความเป็นกรดในรูปกรดแลคติก ความหนืดที่เหมาะสมทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีคุณภาพเพื่อนำไปใช้ในการแปรรูปเป็นโยเกิร์ตชนิดผงต่อไป



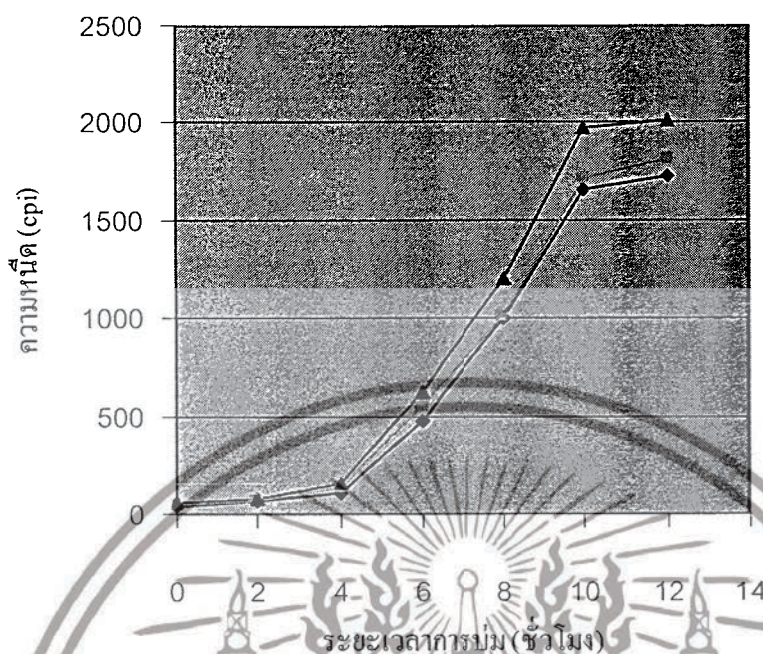
รูปที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการบ่มโยเกิร์ตที่ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นร้อยละ 18 21 และ 24



รูปที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดในรูปกรดแลคติกระหว่างการบ่มโยเกิร์ตที่ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นร้อยละ 18 21 และ 24

◆ ร้อยละ 18 ■ ร้อยละ 21 ▲ ร้อยละ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดในระหว่างการบ่ม โพลีเมอร์ที่ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นร้อยละ 18 21 และ 24

● ร้อยละ 18

■ ร้อยละ 21

▲ ร้อยละ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาผลของการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อคุณภาพของโยเกิร์ตผง

จากผลการทดลองที่ 4.1 ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เหมาะสมต่อคุณภาพของโยเกิร์ต แล้วทำการแปรรูปเป็นโยเกิร์ตรสชาเขียวชนิดผงโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของโยเกิร์ตรสชาเขียวชนิดผงได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7 จากนั้นนำโยเกิร์ตผงมาคืนรูปโดยผสมกับน้ำดื่มสุกที่มีอุณหภูมิประมาณ 37 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 1:2 แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ตรสชาเขียวชนิดผง

คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ

ค่าสี L*	83.34
a*	-9.01
b*	16.94
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี	0.094
โปรตีน (ร้อยละ)	13.96
ไขมัน (ร้อยละ)	1.56
ลักษณะที่ปรากฏ	เป็นผงแห้งสีเขียวอ่อน มีกลิ่นหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ตสดแช่เยือกก่อนการแปรรูปและโยเกิร์ตสดแช่เยือกหลังการคั้นรูป

คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ	ชนิดของโยเกิร์ต	
	NFY	FY
ค่าสี		
L*	79.35	78.82
a*	-6.91	-6.83
b*	16.20	16.27
พีเอช	4.49	4.30
ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติก	1.03	1.18
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	72.45	70.32
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องค์ประกอบ)	19	19
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	20.65	20.65
การแยกตัวของน้ำหางนม (ร้อยละ)	15.62	15.64
ความหนืด (cps)	2128	2293
โปรตีน (ร้อยละ)	13.98	13.84
ไขมัน (ร้อยละ)	1.52	1.47
หมายเหตุ NFY (Non – freeze dried Yoghurt)		
FY (Freeze dried Yoghurt)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 8 พบว่า ค่าสี ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และ ความหนืดของ โยเกิร์ตรสชาติเขียวที่ผ่านการทำให้มีค่าใกล้เคียงกับ โยเกิร์ตรสชาติเขียวที่ไม่ผ่านการทำให้แบบแช่เยือกแข็ง ส่วนค่าพีเอชของโยเกิร์ตที่ผ่านการทำให้มีค่าพีเอชต่ำกว่าโยเกิร์ตที่ไม่ผ่านการทำให้จึงมีผลต่อ ปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติกที่มีค่าสูงขึ้นหลังผ่านการทำให้ เนื่องมาจากกรดแลคติกใน โยเกิร์ต ที่ผ่านการทำให้เป็นผงจะมีความเข้มข้นสูงขึ้น นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ในการ คั้นรูปโยเกิร์ตผง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของสุเมธ (2546) พบว่าโยเกิร์ตที่ผ่านการทำให้จะมี รสเปรี้ยวมากกว่าโยเกิร์ตที่ไม่ผ่านการทำให้ ส่วนปริมาณโปรตีนและไขมัน พบว่า โยเกิร์ตรสชาติเขียว ที่ผ่านการทำให้แบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณ โปรตีนและไขมันลดลงเล็กน้อยจากโยเกิร์ตรสชาติเขียวที่ไม่ ผ่านกระบวนการทำให้ เนื่องมาจากการผ่านกระบวนการทำให้ทำให้โยเกิร์ตผงมีโครงสร้างที่มีรู พุนทำให้ออกซิเจนสามารถซึมผ่านได้ง่าย อาจมีผลทำให้ไขมันเกิดการเสื่อมสลายเนื่องจากปฏิกิริยา ออกซิเดชัน (วิไล, 2546)

4.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโยเกิร์ตรสชาติเขียวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส)

4.3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโยเกิร์ตรสชาติเขียวชนิดผง

การศึกษการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโยเกิร์ตผงที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการทำให้ แบบแช่เยือกแข็ง และเก็บผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผงในถุง โพลีเอทิลีน (PE) ปริมาณ 500 กรัม ในระบบ สูญญากาศ ที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส ทำการ ตรวจสอบคุณภาพของ โยเกิร์ตผงทุก 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโยเกิร์ตสซาเขียวชนิดผงในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

อุณหภูมิ	คุณลักษณะ	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
4 องศาเซลเซียส	ค่าสี L*	83.34 ^a	82.99 ^b	81.88 ^c	78.06 ^d	78.09 ^d
	a*	-9.01 ^c	-9.62 ^d	-9.82 ^c	-8.50 ^b	-8.22 ^a
	b*	16.94 ^c	19.91 ^d	24.49 ^b	23.51 ^c	24.87 ^a
	ค่าอัตรการแตกตัว	0.094 ^c	0.085 ^d	0.095 ^c	0.161 ^b	0.242 ^a
	ลักษณะปรากฏ	เป็นผงแห้ง สีเขียวอ่อน ไม่เป็นก้อน	เป็นผงแห้ง สีเขียวอ่อน ไม่เป็นก้อน	เป็นผงแห้ง สีเขียวอ่อน ไม่เป็นก้อน	เป็นผงแห้ง สีเขียวอ่อน ไม่เป็นก้อน	เป็นผงแห้ง สีเขียวอ่อน ไม่เป็นก้อน
อุณหภูมิห้อง	ค่าสี L*	83.34 ^a	82.05 ^b	81.90 ^c	78.10 ^d	77.12 ^c
	a*	-9.01 ^c	-9.72 ^d	-9.82 ^c	-8.41 ^a	-8.67 ^b
	b*	16.94 ^c	19.85 ^d	24.36 ^b	24.19 ^c	26.69 ^a
	ค่าอัตรการแตกตัว	0.094 ^c	0.225 ^d	0.232 ^c	0.366 ^b	0.404 ^a
	ลักษณะปรากฏ	เป็นผงแห้ง สีเขียวอ่อน	เป็นผงแห้ง สีเขียวอ่อน	เป็นผงแห้ง สีเขียวอ่อน	เริ่มจับตัวเป็นก้อน สีซีดลง มีกลิ่นหืน	จับเป็นก้อนแข็ง สีซีดลง มีกลิ่นหืนมาก

a, b, c... อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการศึกษาการเก็บผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสซาเขียวชนิดผงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า เมื่อเก็บโยเกิร์ตสซาเขียวชนิดผงในถุงโพลีเอทิลีนปริมาณ 500 กรัม ในระบบสุญญากาศพบว่า โยเกิร์ตสซาเขียวชนิดผงที่เก็บรักษาทั้งที่ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีไปในทางเดียวกันคือ ค่า L* เป็นค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ในขณะที่ ค่า b* มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าโยเกิร์ตผงมีความเป็นสีเหลืองมากยิ่งขึ้นและค่าสี a* มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผงมีค่าอัตรการแตกตัวเพิ่มสูงจึงส่งผลกระทบต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงค่าสีเนื่องจากปฏิกิริยาน้ำตาล (Millard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโนที่มีในผลิตภัณฑ์ซึ่งสอดคล้องกับค่า L* ที่ลดลง ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า การเก็บรักษาโยเกิร์ตรสชาติเยวชนิดผงที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีมากกว่าโยเกิร์ตรสชาติเยวชนิดผงที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส



รูปที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตีของโยเกิร์ตรสชาติเยวชนิดผงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์

สำหรับค่าวอเตอร์แอกติวิตีในผลิตภัณฑ์ของโยเกิร์ตรสชาติเยวชนิดผงพบว่า ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของโยเกิร์ตผงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้องมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีในผลิตภัณฑ์สูงกว่าโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 และ 8 สัปดาห์ พบว่าโยเกิร์ตผงมีการจับตัวเป็นก้อนและมีกลิ่นเหม็นหืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหลังการคืนรูปที่ได้จากโยเกิร์ตผงเก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่างๆ

นำโยเกิร์ตรสชาติเชียวชนิดผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยวิธีการแช่เยือกแข็งและบรรจุผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผงในถุงโพลีเอทิลีน (PE) ในระบบสุญญากาศ ซึ่งเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องมาคืนรูป แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติก ในทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

4.3.2.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของ โยเกิร์ตหลังการคืนรูป

จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสชาติเชียวหลังการคืนรูปที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส และที่ อุณหภูมิห้อง มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีไปในทางเดียวกันคือค่า L^* ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ในขณะที่ ค่า b^* มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ส่วนค่า a^* มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผงมีค่าวอเตอร์แอคทีวิตีที่เพิ่มสูงจึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Millard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโนที่มีในผลิตภัณฑ์ซึ่งสอดคล้องกับค่า L^* ที่ลดลงและจากผลการทดลองพบว่า การเก็บรักษาโยเกิร์ตรสชาติเชียวชนิดผงที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีมากกว่าโยเกิร์ตรสชาติเชียวชนิดผงที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส

จากการตรวจสอบค่าการแยกตัวของน้ำหางนมพบว่า โยเกิร์ตคืนรูปที่ได้มีการแยกตัวของน้ำหางนมสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และพบว่าโยเกิร์ตรสชาติเชียวหลังการคืนรูปที่ได้จากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการแยกตัวของน้ำหางนมสูงกว่าโยเกิร์ตรสชาติเชียวหลังการคืนรูปที่ได้จากโยเกิร์ตผงเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส และพบว่า มีค่าสูงมากในสัปดาห์ที่ 6 และ 8 เนื่องจากระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตีสูงขึ้นซึ่งมีผลต่อการจับตัวของน้ำกับร่างแหของเคซีนไมเซลล์กับสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนจึงทำให้โยเกิร์ตผงรวมตัวกับน้ำ ได้น้อยลงจึงส่งผลให้มีค่าการแยกตัวของน้ำหางนมสูงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 10 คุณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ตรสชาติเขียวหลังการคืนรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิที่เก็บรักษา	คุณลักษณะที่ตรวจวัด	ระยะเวลาเก็บรักษาโยเกิร์ตผง (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
4 องศาเซลเซียส	ค่าสี L*	78.82 ^a	77.99 ^b	77.01 ^c	74.47 ^c	75.06 ^d
	a*	-6.83 ^a	-7.62 ^c	-7.72 ^d	-7.95 ^c	-7.22 ^b
	b*	16.11 ^c	18.58 ^d	19.49 ^c	19.91 ^b	20.42 ^a
	การแยกตัวของน้ำหางนม	15.64 ^c	15.47 ^d	15.61 ^c	15.68 ^b	15.73 ^a
อุณหภูมิห้อง	ค่าสี L*	78.82 ^a	76.42 ^b	75.41 ^d	75.83 ^c	73.09 ^c
	a*	-6.83 ^a	-7.38 ^b	-7.89 ^c	-8.51 ^d	-8.94 ^c
	b*	16.11 ^c	19.09 ^d	20.15 ^c	20.58 ^b	21.42 ^a
	การแยกตัวของน้ำหางนม	15.64 ^d	15.67 ^d	15.96 ^c	16.98 ^b	17.73 ^a

a, b, c... อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3.2.2 คุณภาพทางด้านเคมีของโยเกิร์ตรสชาติเขียวหลังการคืนรูป

จากตารางผลการทดลอง พบว่าโยเกิร์ตรสชาติเขียวหลังการคืนรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงเก็บรักษา 4 องศาเซลเซียส มีค่าพีเอช ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติก มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ส่วนปริมาณโปรตีนและไขมันพบว่าลดลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ส่วนโยเกิร์ตรสชาติเขียวหลังการคืนรูปจากโยเกิร์ตผงเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าพีเอชสูงขึ้นทำให้ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติกมีค่าลดลง ส่วนปริมาณโปรตีนและไขมันมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับโยเกิร์ตคืนรูปจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 คุณภาพทางเคมีของโยเกิร์ตรสชาติเขียวคั้นรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงเก็บรักษาเป็น
ระยะเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ ที่เก็บรักษา	คุณลักษณะ ที่ตรวจวัด	ระยะเวลาเก็บรักษาโยเกิร์ตผง (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8
4 องศาเซลเซียส	พีเอช	4.30 ^c	4.35 ^a	4.29 ^c	4.34 ^{ab}	4.31 ^{bc}
	ปริมาณกรดใน	1.18 ^b	1.17 ^c	1.21 ^a	1.17 ^c	1.19 ^b
	รูปแลคติก (ร้อยละ)					
	โปรตีน (ร้อยละ)	13.84 ^a	13.75 ^b	13.66 ^c	13.63 ^c	13.64 ^c
	ไขมัน (ร้อยละ)	1.47 ^a	1.45 ^{ab}	1.43 ^{bc}	1.41 ^c	1.41 ^c
อุณหภูมิห้อง	พีเอช	4.30 ^d	4.39 ^b	4.35 ^c	4.38 ^{bc}	4.43 ^a
	ปริมาณกรดใน	1.18 ^a	1.09 ^b	1.17 ^a	1.18 ^a	0.83 ^c
	รูปแลคติก (ร้อยละ)					
	โปรตีน (ร้อยละ)	13.84 ^a	13.72 ^b	13.65 ^c	13.63 ^c	13.66 ^c
	ไขมัน (ร้อยละ)	1.47 ^a	1.43 ^a	1.44 ^{ab}	1.41 ^{bc}	1.40 ^c

a, b, c... อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($P \leq 0.05$)

4.3.2.3 คุณภาพทางค่านิจชีววิทยาของโยเกิร์ตรสชาติเขียวหลังการคั้นรูป

การตรวจนับปริมาณแบคทีเรียแลคติก ปริมาณยีสต์และราในโยเกิร์ตรสชาติเขียวคั้นรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องโดยวิธีการ Pour plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar และ บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะไร้ออกซิเจนนาน 72 ชั่วโมง โดยทำการตรวจสอบทุกๆ 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 การตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตสาขาเขียวหลังการคืนรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่างๆ

อุณหภูมิที่เก็บรักษา	ชนิดของจุลินทรีย์	โยเกิร์ตก่อนการทำแห้ง	โยเกิร์ตหลังการคืนรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษา				
			0	2	4	6	8
4 องศาเซลเซียส	จำนวนแบคทีเรียแลคติก	1.69×10^9	1.25×10^9	9.5×10^8	4.7×10^8	3.5×10^8	2.6×10^6
	จำนวนยีสต์และรา	-	-	-	-	-	-
อุณหภูมิห้อง	จำนวนแบคทีเรียแลคติก	1.69×10^9	1.25×10^9	9.2×10^8	3.5×10^8	4.3×10^6	<25
	จำนวนยีสต์และรา	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ - ตรวจไม่พบการเจริญ

จากการผลิตโยเกิร์ตสาขาเขียวโดยเชื้อแบคทีเรียแลคติกในรูป (freeze dry) ทางการค้า ABY 2 โดยมีเชื้อเริ่มต้น 10^7 ต่อมิลลิลิตร เมื่อทำการผลิตโยเกิร์ตสาขาเขียวพบว่าเชื้อแบคทีเรียแลคติกมีการเจริญเติบโตขึ้นเป็น 1.69×10^9 ต่อมิลลิลิตรและเมื่อโยเกิร์ตสาขาเขียวผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งพบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลคติกลดลง เป็น 1.25×10^9 ต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้เนื่องจากระหว่างการทำแห้งเชื้อแบคทีเรียแลคติกอาจได้รับการบาดเจ็บจึงมีจำนวนลดลงเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้ง จากการศึกษาคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของโยเกิร์ตหลังการคืนรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง พบว่าแบคทีเรียแลคติกมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และพบว่าโยเกิร์ตสาขาเขียวหลังการคืนรูปที่ได้จากการเก็บโยเกิร์ตผงที่ 4 องศาเซลเซียสมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกสูงกว่าโยเกิร์ตคืนรูปที่ได้จากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ส่วนยีสต์และราตรวจไม่พบการเจริญในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสาขาเขียวหลังการคืนรูปตลอดเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.4 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสชาติเขียวชนิดผงพบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดผง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้โยเกิร์ตชนิดผงมีคุณภาพดี มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจึงนำมาทดสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสชาติเขียวหลังการคืนรูปโดยเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ไม่ผ่านการทำแห้ง โดยวิธี (difference analysis) โดยให้ผู้ทดสอบ 20 คน ประเมินทางด้าน สี , กลิ่นรส , ความเปรี้ยว และลักษณะเนื้อสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คะแนนเฉลี่ยความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหลังการคืนรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

คุณลักษณะ	ระยะเวลาการเก็บรักษา(สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
สี	4.68 ^a	4.35 ^b	4.32 ^c	3.75 ^d	3.22 ^e
กลิ่นรส	4.78 ^a	4.61 ^b	4.33 ^c	2.27 ^d	2.08 ^e
ความเปรี้ยว	4.72 ^a	4.30 ^b	4.02 ^c	3.55 ^d	3.05 ^e
ลักษณะเนื้อสัมผัส	4.72 ^a	4.50 ^b	4.17 ^c	2.73 ^d	1.98 ^e

หมายเหตุ

- คะแนน 5 = ไม่แตกต่าง คะแนน 1 = แตกต่างมากที่สุด
- a, b, c... อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสชาติเขียวหลังการคืนรูป พบว่าโยเกิร์ตหลังการคืนรูปมีค่าความแตกต่างจากโยเกิร์ตที่ไม่ผ่านการทำแห้งมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างได้ชัดเจนในสัปดาห์ที่ 8

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เหมาะสมต่อคุณภาพของโยเกิร์ตพบว่า โยเกิร์ตที่เติมนมผงพร่องมันเนย ในน้ำนมเริ่มต้นให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 24 และบ่มเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะได้โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดี มีค่าพีเอช ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติก ลักษณะความหนืดที่เหมาะสม และมีเนื้อสัมผัสที่เนียน ไม่มีการแยกตัวของน้ำหางนม

เมื่อนำโยเกิร์ตสาขาเขียวมาทำแห้งเป็นโยเกิร์ตสาขาเขียวชนิดผงโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่า ค่าสี ปริมาณความชื้น ความหนืด ปริมาณของแข็งทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของโยเกิร์ตสาขาเขียวที่ผ่านการทำแห้งมีค่าใกล้เคียงกับ โยเกิร์ตสาขาเขียวที่ไม่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ส่วนค่าพีเอชมีค่าต่ำลง ปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติกที่มีค่าสูงขึ้นหลังผ่านการทำแห้ง ส่วนปริมาณโปรตีนและไขมันมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยหลังจากผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

การศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของโยเกิร์ตสาขาเขียวชนิดผง ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิเอทริลิน (PE) ในสภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ค่า L^* มีค่าลดลงตามระยะเวลาเก็บ ในขณะค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่า a^* มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ค่าออคเตอร์แอคทีวิตีในโยเกิร์ตสาขาเขียวชนิดผงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และพบว่าโยเกิร์ตสาขาเขียวชนิดผงที่เก็บที่อุณหภูมิห้องมีค่าออคเตอร์แอคทีวิตีสูงกว่าโยเกิร์ตผงที่ 4 องศาเซลเซียส

การศึกษาคูณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ตสาขาเขียวหลังการคืนรูป พบว่า ค่า L^* มีค่าลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาของโยเกิร์ตชนิดผง ในขณะที่ค่า b^* มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาของโยเกิร์ตชนิดผงที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่า a^* มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ การแยกตัวของน้ำหางนม มีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น การศึกษาคูณภาพทางเคมีพบว่าโยเกิร์ตสาขาเขียวหลังการคืนรูปจากโยเกิร์ตผง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีค่าพีเอช ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติกมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วนปริมาณโปรตีนและไขมันพบว่าลดลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ส่วนโยเกิร์ตสาขาเขียวหลังการคืนรูปจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าพีเอชสูงขึ้นทำให้ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติกมีค่าลดลง ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโปรตีนและไขมันมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับ โยเกิร์ต คีร์ทจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของโยเกิร์ตรสชาติเขียวหลังการคั้นรูป พบว่า โยเกิร์ตรสชาติเขียวที่ ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกลดลงเมื่อเทียบกับโยเกิร์ตที่ไม่ผ่าน การทำแห้ง และมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลาการเก็บรักษาของ โยเกิร์ตผง ทั้งที่อุณหภูมิ 4 องศา เซลเซียสและอุณหภูมิห้อง

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเพื่อประเมินความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสชาติเขียว หลังการคั้นรูปที่เตรียมจากโยเกิร์ตผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ พบว่า โยเกิร์ตหลังการคั้นรูปมีความแตกต่างจาก โยเกิร์ตที่ไม่ผ่านการทำแห้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บของ โยเกิร์ตผง โดยผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่าง ได้ชัดเจนในสัปดาห์ที่ 8

ข้อเสนอแนะ

1. การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสชาติเขียวชนิดผงเป็นเวลานาน อาจเก็บผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต รสชาติเขียวชนิดผงในถุงลามิเนตในสภาพสุญญากาศ เพื่อป้องกันความชื้น แสงสว่าง ที่มีผลทำให้ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผงเกิดการเปลี่ยนแปลงได้
2. สามารถปรับปรุงผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสชาติเขียวชนิดผงให้มีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้น โดยการ เติมธัญพืชลงไปด้วย เช่น ลูกเดือย

เอกสารอ้างอิง

- จารุวรรณ ศิริพรรณพร, ปราโมทย์ ชรรมรัตน์, จุติภา มาลีหวล และ ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. 2540
 การผลิตโยเกิร์ตจากกะทิ. อาหาร. 47(169) : 23-35
- คารศ บรเรทิงวิจิตร. 2547. ชาเขียว. กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 52(164): 10-14
- ไพบุลย์ ชรรมรัตน์วาศิก. 2532. กรรมวิธีแปรรูปอาหาร : พิมพ์ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 นवलนภา อักสินชวังกูร. 2546. การผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- นิตยกันต์ บุญหมั่น. 2544. การปรับปรุงโยเกิร์ตเคลือบน้ำตาลโดยใช้สารสกัดจากเห็ดหวานเป็น
 สารให้ความหวานและเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการเติมลูกชิด. วิทยานิพนธ์ปริญญา
 โท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ภัทราพร สุบรรณกิจ. 2540. การศึกษาการทำแห้งผลไม้จาก Freeze Dryer. ปริญญาโท.
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กำแพงแสน), นครปฐม
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิจัยกรรมแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
 เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- ลินจง สุขล้ำ. 2540. การศึกษากรรมวิธีการทำโยเกิร์ตด้วยเครื่องเพื่อพัฒนาคุณภาพทางด้านกลิ่น
 รสและเนื้อสัมผัส. วิทยานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,
 กรุงเทพฯ.
- วราวุฒิ ครุสง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2534. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ :
 สำนักพิมพ์โอเดียนส ไตร์.
- วิลาวัลย์ เจริญจิระตระกูล. 2534. จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์
 โอเดียนส ไตร์.
- วีไล ฉญาณกิริติ. 2536. การศึกษาการใช้น้ำตาลแลคโตสในนมและโยเกิร์ตในผู้ใหญ่ไทย.
 วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- วีไล รังสาดทอง. 2546. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. คณะ
 วิทยาศาสตร์ประยุกต์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ.
- วรรณิยา ไสภักดี. 2544. การศึกษาอายุการเก็บรักษาถุงแห้งในถุงลามิเนตเพื่อการค้า. วิทยานิพนธ์.
 ปริญญา โท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สุชาดา อรุณ ไวกิจ. 2543. การคัดเลือก *Bifidobacteria* เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมักร่วมกับ จุลินทรีย์จากโยเกิร์ต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุรีย์ นานาสมบัติ .2538 . เทคโนโลยีของนมและผลิตภัณฑ์ของนม .ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์. สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , กรุงเทพฯ.
- สุเมธ ต้นตระกูล และ พรเทพ เมฆารักษ์ภิญโญ. 2546. ผลการทำแห้งแบบเยือกแข็งและแบบ ฟั่นฝอยต่อคุณภาพของโยเกิร์ตคั้นรูป. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- AOAC .2000. *Official methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Bramely, G.J. and McKinnon, G.R. 1990. Role of acetaldehyde in metabolism. *J. Dairy Sci.* 61: 1205-1209.
- Cogan, T.M. 1996. *Dairy starter cultures*. New York: VCH Publishers.
- Mogensen G. and Coffey T. 1998. Demonstration of safety of probiotics: a review . *Inter. J. Food. Micro.* 44 (1-2): 93-106.
- Gilliland, S.E. and Speck, M.L. 1977. Instability of *Lactobacillus acidophilus* in yoghurt. *J. Dairy Sci.* 60 : 1394-8.
- <http://www.dairythai.org>
- <http://www.doa.go.th>
- <http://www.nfe.go.th>
- <http://www.omx.co.th>
- <http://www.thaifitway.com>
- <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/DOWNSTREAM/fig5.htm>
- Nagendra, P.S., Warnakulasuriya, E., Eankaputhra., Margaret L. Britz., William S.A. Kyle. 1994. Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in commercial yoghurt during refrigerated storage. *Inter. Dairy. J.* 5 : 515-521.
- Pradyuman, K. 2003. Mango soy fortified set yoghurt: effect of stabilizer addition on physiochemical, sensory and textural properties. *Food Chem.* 8: 283-287.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Russel, E.F. 1992. Determination of organic acids during the fermentation and cold storage of yoghurt. *J. Dairy Sci.* 77: 2934-2539.
- Tamine, A.Y. and Robinson, R.K. 1985. Dairy microbiology of milk products. London: Applied Science Publisher.
- Tamine, A.Y. and Robinson, R.K. 1989. Yoghurt Science and Technology. Oxford: Pergamon Press.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

อาหารเลี้ยงเชื้อ1. MRS-Medium

Glucose	20.0	กรัม
Peptone	10.0	กรัม
Yeast extract	4.0	กรัม
Beef extract	8.0	กรัม
Sodium acetate	3.0	กรัม
Triammoniumcitrate	2.0	กรัม
Dipotassiumhydrogenphosphate	2.0	กรัม
20% MnSO ₄	1.0	กรัม
5% MgSO ₄ ·7H ₂ O	1.0	กรัม
Sorbitan monostearate	1.0	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	กรัม

ปรับ pH 6.2±0.05 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 25 เปอร์เซ็นต์ที่นิ่งมาเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. GYP-Medium

Glucose	10.0	กรัม
Yeast extract	10.0	กรัม
Peptone	10.0	กรัม

3. Plate Count Agar (PCA)

Tryptone	5.0	กรัม
Yeast extract	2.5	กรัม
Glucose	1.0	กรัม
Agar	15.0	กรัม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร pH 7.0-7.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นำไปนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

1. การวิเคราะห์จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด

เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 จนได้ความเจือจางที่

เหมาะสม ปิเปตต์สารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ ทำการหมอมอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS และทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มาทำ pour plate technique บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกนับเฉพาะโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในรูปโคโลนีต่อกรัม

การคำนวณ

จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก = จำนวน โคโลนีที่นับได้ \times dilution factor
(โคโลนีต่อกรัม)

2. การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตต์สารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ ทำการหมอมอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) และทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มาทำ pour plate technique บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในรูปโคโลนีต่อกรัม

การคำนวณ

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด = จำนวน โคโลนีที่นับได้ \times dilution factor
(โคโลนีต่อกรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา

เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตต์สารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อทำการหลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) และทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มาทำ pour plate technique บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนยีสต์และราในรูปโคโลนีต่อกรัม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น วิเคราะห์ตาม AOAC (2000)

อบจานอะลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง นำมาใส่โถอบแห้ง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเย็นนำไปชั่งเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างในจานอะลูมิเนียมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนปริมาณ 5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) นำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำมาใส่โถอบแห้ง ทิ้งไว้ให้เย็น นำมาชั่งน้ำหนัก แล้วนำตัวอย่างไปอบซ้ำอีก ซึ่งจนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณตามสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{100 (W_1 - W_2)}{W_1 - W}$$

โดย W	คือ	น้ำหนักของจานอะลูมิเนียม (กรัม)
W_1	คือ	น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
W_2	คือ	น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังจากอบแห้งแล้ว (กรัม)

2. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็ง วิเคราะห์ตาม AOAC (2000)

อบกระดาษกรองที่หุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง นำมาใส่โถอบแห้ง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเย็นนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างหรือบีเปดต์น้ำหนักบนกระดาษกรองในปริมาณที่แน่นอน นำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำมาใส่โถอบแห้ง ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่ คำนวณตามสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{W_2 - W}{W_1 - W} \times 100$$

โดย W	คือ	น้ำหนักของจานอะลูมิเนียม (กรัม)
W_1	คือ	น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
W_2	คือ	น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังจากอบแห้งแล้ว (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Titratable Acidity) วิเคราะห์ตาม AOAC (2000)

3.1 สารเคมี

- สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน เตรียมโดยละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1 กรัมในเอทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 95 จำนวน 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล ทีละหยดจนหยดแรกให้สีชมพู เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 200 มิลลิลิตร

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับน้ำในปริมาณเท่า ๆ กัน ใส่ขวดพลาสติกทิ้งไว้เป็นเวลา 3-4 วัน เพื่อให้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนที่ไม่ละลายตกตะกอน นำสารละลายส่วนใสมา 8 มิลลิลิตร มาปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น โทเทรตในสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (potassium hydrogen phthalate)

3.2 วิธีวิเคราะห์

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างจำนวน 10 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์แล้วจำนวน 30 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนประมาณ 3 หยด เขย่าให้เข้ากันนำไปโทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งถึงจุดยุติได้เป็นสารละลายสีชมพูอ่อน กำหนดตามสูตร

$$\text{ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)} = \frac{N \times V_1 \times 90.08 \times 100}{1000 \times V_2}$$

โดย N	คือ	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)
V_1	คือ	ปริมาณของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)
V_2	คือ	ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (กรัม)

4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยใช้ Soxhlet method

เตรียมตัวอย่าง นำไปใส่ในถาดอะลูมิเนียมฟอยด์ อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยโกร่ง จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 3 กรัม บนกระดาษกรอง (Whatman No.1) และห่อให้มีดชิด จากนั้นนำมาใส่ลงในทิมเบิล (thimbles 26×60 mm.) แล้วนำทิมเบิลไปใส่ใน soxtec system HT โดยใช้ adapter สวม เติมน้ำมันปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) ลงในถ้วยอะลูมิเนียม (extraction cups) ที่นำไปอบและชั่งน้ำหนักแล้วประมาณ 50-75 มิลลิลิตร นำเข้าไปใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

soxtec system HT พร้อมทั้งโยกคันโยกกลง เลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง boiling และสกดเป็นเวลา 15-20 นาที จากนั้นเลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง rinsing ทำการกลั้ว เป็นเวลา 30-45 นาที จากนั้นระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์พร้อมกับปิด condensers valve และเปิดสวิทช์ของอากาศ แล้วนำด้วยอะลูมิเนียมไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก คำนวณตามสูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{W_2 - W_1}{W} \times 100$$

โดย W	คือ	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)
W_1	คือ	น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม (กรัม)
W_2	คือ	น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมและไขมันที่สกัดได้จากตัวอย่าง (กรัม)

5. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน วิเคราะห์ตาม AOAC (2000) โดยใช้ Babcock method

ใช้ปิเปตต์มาตรฐานสำหรับนม (standard milk pipette) ปิเปตต์ตัวอย่างปริมาณ 17.6 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดเบ็บค็อก (babcock bottles) เติมน้ำไอโซโอมิลแอลกอฮอล์ 3 มิลลิลิตร และสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 28 จำนวน 2 มิลลิลิตรลงไป จากนั้นเติมน้ำละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางปริมาณ 17.5 มิลลิลิตร โดยค่อย ๆ เติมทีละน้อยพร้อมทั้งเขย่าให้เข้ากัน เพื่อให้กรดย่อยตัวอย่างจนหมดซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสารละลายสีค้ำ นำไปเข้าเครื่องเหวี่ยง (babcock centrifuge) ที่ความเร็ว 900 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส จนถึงระดับคอขวด นำไปเข้าเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็ว 900 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที เติมน้ำร้อนอีกครั้งจนถึงระดับปากขวดพอดี จะเห็นชั้นไขมันสีเหลืองลอยตัวขึ้นบริเวณด้านบนของคอขวด อ่านค่าปริมาณไขมัน (ร้อยละ) บนสเกลที่ขวด

6. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน วิเคราะห์ตาม AOAC (1990) โดยใช้ชุดเครื่องมือ Kjeltec system I

6.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

6.1.1 เครื่องย่อย (Digestion System 1007)

6.1.2 เครื่องกลั่น (Kjeltec 1026 distilling unit)

6.1.3 หลอดย่อย (digestion tube) ขนาด 250 มิลลิลิตร และ tube stand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 วิธีวิเคราะห์

6.2.1 วิธีการย่อย ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5 กรัม ใส่ในหลอดย่อย เติมสารคอปเปอร์ซัลเฟตและไดโพลเทสซีมซัลเฟตในอัตราส่วน 1 : 1 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นประมาณ 20 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ ตั้งหลอดย่อยบน stand สวมชุดชุดควันใส่ลงในเครื่องย่อยที่ตั้งอุณหภูมิ 520 องศาเซลเซียส ย่อยเป็นเวลา 30-45 นาที จนสารละลายใส ทิ้งให้เย็น

6.2.2 วิธีการกลั่น นำขวดแก้วรูปชมพู่ซึ่งบรรจุกรดบอริก 4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร หยดสารละลายอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด จนมีสีชมพู นำไปวางที่ตำแหน่งในเครื่องกลั่น และเลื่อนฐานขึ้นให้ปลายแท่งแก้วจุ่มในสารละลาย ใส่หลอดย่อยในเครื่องกลั่นปิดหน้าต่างป้องกัน และดึงคันโยกให้ต่ำลง เปิดไอน้ำโดยเลื่อนคันโยกของไอน้ำไปที่ตำแหน่งเปิด ตั้งเวลาที่ใช้ในการกลั่น เมื่อกลั่นเสร็จจะได้สารละลายซึ่งเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเขียวประมาณ 125-150 มิลลิลิตร เลื่อนคันโยกของไอน้ำไปอยู่ในตำแหน่งปิด เลื่อนหน้าต่างป้องกันขึ้น ถอดหลอดย่อยออก ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.2 นอร์มัล จนถึงจุดยุติซึ่งได้สารละลายสีชมพู

6.3 วิธีการคำนวณ

เปอร์เซ็นต์ในไตรเจน (ร้อยละ)

$$\frac{(A-B) \times 14 \times N \times 100}{1000 \times W}$$

เปอร์เซ็นต์โปรตีน

$$\text{เปอร์เซ็นต์ในไตรเจน} \times 6.38$$

โดย A

คือ ปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B

คือ ปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรตกับ blank (มิลลิลิตร)

N

คือ ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการไตเตรต (นอร์มัล)

W

คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

1. การวิเคราะห์ค่าสี L, a และ b

1.1 อุปกรณ์

เครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-300

1.2 วิธีการ

1.2.1 เทียบมาตรฐาน (standardize) เครื่อง โดยใช้ Standard white plate

1.2.2 วัดค่าตัวอย่างอ้างอิง และกำหนดค่าต่าง ๆ ของตัวอย่าง

1.2.3 นำตัวอย่างใส่ถ้วยแก้ว - นำมาวัดค่าสี โดยค่าที่ได้จะปรากฏให้ทราบบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นค่า L, a และ b

2. การวัดความหนืด

2.1 อุปกรณ์

- เครื่อง Brookfield Digital Viscometer Model DV-II+

2.2 วิธีการ ทำการติดตั้งเครื่องกับเสาแกนตั้ง ปรับห้องอากาศในช่องกระจกให้อยู่ตรงกลางโดยปรับที่ล้อหมุนใต้เสาแกนตั้ง นำตัวอย่างใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ให้มีปริมาณมากพอ ต่อ RTD Temperature probe เข้ากับตัวอย่างเพื่อวัดอุณหภูมิของตัวอย่างขณะทำการวัดความหนืด เปิดสวิทช์เครื่อง เลือกใส่หัวหมุน (spindle) ให้เหมาะสมกับตัวอย่าง ทำการใส่ค่าของขนาดหัวหมุน (select spindle) และค่าความเร็วที่ใช้ (select speed) จากนั้นกด select display เครื่องจะแสดงค่าความหนืดของตัวอย่าง และอุณหภูมิของตัวอย่างขณะนั้น อ่านค่าความหนืดเป็น % Viscometer Torque หรือ CP viscosity (centipoises, cp) โดยค่าที่ถูกต้อง % Viscometer Torque ควรเข้าใกล้ 100 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด เมื่อใช้หัวหมุน และความเร็วที่เหมาะสม กรณีที่บนจอภาพปรากฏ %EEE %? หรือ %- แสดงว่าใช้หัวหมุน และความเร็วไม่เหมาะสม ให้กด motor off แล้วรอให้เข็มหยุดหมุน แล้วจึงทำการเปลี่ยนหัวหมุนที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การตรวจสอบ Syneresis ของโยเกิร์ต (จกฉฉฉ, 2540)

การตรวจสอบ syneresis ที่เกิดขึ้นในโยเกิร์ต เป็นการตรวจสอบปริมาณน้ำที่แยกออกจากเนื้อโยเกิร์ตเมื่อผ่านกรวยที่มีกระดาษกรองภายในเวลาที่กำหนด ชั่งน้ำหนักโยเกิร์ตทั้งถ้วยและชั่งน้ำหนักขวดรูปชมพู่ จดบันทึกไว้จากนั้นใช้มีดปาดรอบด้วยโยเกิร์ต เทโยเกิร์ตลงในถ้วยที่ใส่กระดาษกรอง (Whatman No.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร) ไว้แล้ว ซึ่งอยู่บนขวดรูปชมพู่ที่รองรับน้ำที่แยกออกมา จับเวลา 1 ชั่วโมงแล้วยกกรวยออก ชั่งน้ำหนักขวดรูปชมพู่ซึ่งมีน้ำรวมอยู่ด้วยอีกครั้ง นำน้ำหนักขวดรูปชมพู่รวมมวลออก จะได้น้ำหนักน้ำที่แยกออกจากเนื้อโยเกิร์ต ชั่งน้ำหนักถ้วยโยเกิร์ตที่เทโยเกิร์ตออกไปแล้ว นำน้ำหนักถ้วยที่ได้ไปลบออกจากน้ำหนักถ้วยทั้งโยเกิร์ต กำหนดตามสูตร

$$\text{การเกิด syneresis (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่แยกออกจากเนื้อโยเกิร์ต}}{\text{น้ำหนักโยเกิร์ตที่ใช้}} \times 100$$

4. การตรวจวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ

การตรวจวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ ว.โดยเครื่อง Thermoconstanter

วิธีการ Set-up Calibration

ให้ทำการปรับ Calibrate โดยให้สังเกตดังนี้

- ให้ปรับ 1 ครั้ง ในตอนเช้าหรือตอนเริ่มต้น แล้วใช้ได้ทั้งวัน
- ถ้าเครื่องถึงไถนาน โดยไม่ได้ใช้ ให้ปรับทุกครั้งก่อนที่จะนำเครื่องมาใช้

วิธีปฏิบัติ

1. นำตลับ Salt Standard (ความชื้นมาตรฐาน) มาใส่ใน measuring chamber ให้เริ่มต้นด้วย Salt Standard SAL-90 (90.1% ERH)
2. ปิดฝาครอบให้เรียบร้อย
3. ให้หมุนปุ่มสี่เหลี่ยม ตรงด้านหน้าซ้ายมือของเครื่องไปยังหมายเลข 2
4. รอ 1 ถึง 2 นาที แล้วจึงค่อยกดปุ่มสี่เหลี่ยม Enter ด้านขวามือ กดจนกระทั่ง บนจอแสดงค่า (LCD) กระทบริบ ถ้าข้อความบนจออ่านคำว่า NO CAL ก็ให้รอนจนกว่าบนจอจะแสดงข้อความว่า 90 CAL พร้อม ๆ กับกระทบริบด้วย
5. ให้กดปุ่มสี่เหลี่ยม Enter อีกครั้งหนึ่งจนกระทั่งข้อความบนจอหยุดกระทบริบ
6. เครื่องจะทำการคาร์ิเบตจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. หลังจากเสร็จสิ้นการคาริบตแล้ว เครื่องจะคนสู่สภาพปกติคือพร้อมที่จะวัดและแสดงค่า อุณหภูมิและ %ERH ($Aw = ERH / 100$) ของตัวอย่าง
8. สำหรับค่าอื่น ๆ ให้ทำการ Calibrate ในทำนองเดียวกันกับค่า 90 ดังกล่าวข้างต้น

*หมายเหตุ

1. ต้องใช้ตลับ Salt Standard ให้ตรงกับค่าที่ต้องการ Calibrate เท่านั้น มิฉะนั้นแล้วจะเกิดความ เคลื่อนไหวในความแม่นยำของการวัดค่า ERH เช่น ถ้ากำลังทำการ Calibrate ที่ ERH 90 ก็ต้องใช้ ตลับ Salt Standard ที่เรียกว่า SAL -90 เท่านั้น
2. ห้ามกดปุ่มสี่ฟ้า Enter จนกว่าจะแน่ใจว่า ข้อความที่กำลังกระพริบบนจอ LCD เป็นค่าที่ต้องการ ทำการ Calibrate
3. ให้ทำการ Calibrate หลาย ๆ ค่าในคราวเดียวกันเป็นลำดับ เริ่มต้นจากค่ามากจนถึงค่าน้อยอย่าง น้อยสองค่าซึ่งสามารถคลุมถึงค่าของ AW ของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการวัดอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 0.70 ให้ ทำการ Calibrate โดยเริ่มต้นจากค่า 90, 75, 53 และ 33 ซึ่งเท่านี้ก็พอเพียงที่จะครอบคลุมได้เกือบ ทั้งหมด

วิธีการใช้เครื่องเพื่อทำการวัดสารตัวอย่าง

1. หมุนปุ่มสี่เหลี่ยมของเครื่อง Thermoconstanter ในตำแหน่งที่ (1)
2. นำตลับพลาสติก (Sample Cup) มาใส่สารตัวอย่างให้ได้ปริมาตรประมาณ 80-90%
3. นำตลับตัวอย่างมาใส่ไว้ใน Measuring Chamber
4. ปิดฝาให้เรียบร้อย
5. Set อุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการควบคุมตัวอย่างให้ได้ 25 องศาเซลเซียสก็ให้ ตั้งปุ่มสี่ค่าตรงขวามือให้ได้หมายเลข 190 เป็นต้น
6. จากนั้นรอนจนกระทั่งอ่านอุณหภูมิได้ตามที่ตั้งไว้ และ Relative Humidity ของอากาศที่วัดได้ อยู่ในสภาวะที่สมดุลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้