

การพัฒนานมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลินาเสริมพรีไบโอติกส์

Development of *Spirulina* sp. Drinking Yoghurt Supplemented with Prebiotics

เจนจิรา เดตรักษา¹ ณฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์² และดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์^{2*}

Janejira Detraksa¹, Nathapong Matintaranson², and Duangduan Wattanuruk^{2*}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

*ผู้เขียนหลัก (Corresponding Author) E-mail: duangduan@vru.ac.th

Received: January 18,2023

Revised: February 22,2023

Accepted: March 17,2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนานมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลินาเสริมพรีไบโอติกส์ โดยทำการศึกษาโยเกิร์ตที่มีปริมาณสาหร่ายสไปรูลินาที่แตกต่างกันร้อยละ 2, 4 และ 6 ผลการทดลองพบว่าหลังจากหมักเป็นเวลา 6 ชั่วโมง โยเกิร์ตแต่ละสูตรมีค่าความเป็นกรด – ด่างลดลงในช่วง 4.37-4.41 และมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นในช่วง (ร้อยละ) 1.30-1.04 โดยเนื้อโยเกิร์ตมีสีเขียวเข้ม มีการจับตัว และมีการตกตะกอนของสาหร่ายสไปรูลินา มีค่าสี (L*) ในช่วง 37.68-49.94 มีค่า (a*) ในช่วง -6.56 - (-6.81) และมีค่า (b*) ในช่วง 11.90 - 12.24 มีความหนืดเพิ่มขึ้นในช่วง 2653.33 - 3113.33 และมีการแยกตัวของน้ำในช่วง 3.42 - 1.50 (กรัม) โดยโยเกิร์ตสูตรที่มีปริมาณสาหร่ายร้อยละ 2 มีผลทดสอบความพึงพอใจด้านประสาทสัมผัสโดยรวมมากที่สุด โดยนำมาพัฒนานมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลินาที่มีชนิดของพรีไบโอติกส์แตกต่างกัน ได้แก่ อินนูลิน และฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ ผลการทดลองพบว่านมเปรี้ยวที่เสริมอินนูลินมีผลทดสอบความพึงพอใจด้านประสาทสัมผัสโดยรวมมากที่สุด ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีโปรตีน ไขมัน เกล็ด และไฟเบอร์ (ร้อยละ) เท่ากับ 1.17, 0.01, 14.99 และ 0.30 ตามลำดับ มีค่าของแข็งที่ละลายได้ 16.70 องศาบริกซ์ เมื่อนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาพบว่าภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน นมเปรี้ยวมีสีเขียวย่อมน มีกลิ่นเปรี้ยว มีการแยกชั้น และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.28 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 3.35×10^3 (CFU/ml)

คำสำคัญ: นมเปรี้ยว, สาหร่ายสไปรูลินา, พรีไบโอติกส์

Abstract

The objective of this research was to develop *Spirulina* sp. drinking yogurt fortified with prebiotics. The *Spirulina* sp. concentration varied, including 2, 4 and 6 %. Results showed that after 6 hours all of yogurt fermentation, pH value decreased in the range of 4.37- 4.41 and lactic acid increased in the range (%) of 1.30-1.04. Physical characteristics of *spirulina* sp. yogurt were dark green color with curd and precipitation, color values (L*) in the range of 37.68-49.94, (a*) in the range of -6.56 - (-6.81) and (b*) in the range of 11.90 - 12.24, viscosity increased in the range of 2653.33 - 3113.33, and syneresis in the range of 3.42 - 1.50 (g). The sensory characteristics of 2 % *Spirulina* sp. concentration was the highest testing consumer satisfaction. The development of *Spirulina* sp. drinking yogurt supplemented with different prebiotics such as inulin and fructo-oligosaccharides. The results showed that drinking yogurt supplemented with inulin, exhibited the highest overall satisfaction. Chemical composition was examined protein, fat, ash and fiber (percent) were 1.17, 0.01, 14.99 and 0.30, respectively, total soluble solids was 16.70 °Brix. Storage studies were carried out for 5 days. Results revealed that drinking yogurt was a light green color, sour odor, separation of layers, pH was 3.28 and viable cell counts were 3.35×10^3 (CFU/ml).

Keywords: Drinking Yoghurt, *Spirulina* sp., Prebiotics

บทนำ

นมเปรี้ยว (Fermented Milk) หมายถึง ผลิตภัณฑ์นมที่ได้จากนํ้านมสัตว์ที่นำมาบริโภคนได้ หรือ ส่วนประกอบของนมที่ผ่านการทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคแล้วหมักด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค หรืออันตราย ทำให้มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นและอาจปรุงแต่งกลิ่น รส สี หรือเติมวัตถุเจือปนอาหาร สารอาหารหรือส่วนประกอบอื่นที่ไม่ใช่ไขมัน ทั้งนี้รวมถึงนมเปรี้ยวที่นำมาผ่านการฆ่าเชื้อ (Thermal Processing) การแช่เยือกแข็ง (Freezing) หรือการทำให้แห้ง (Dehydration) (กระทรวงสาธารณสุข, 2548) ช่วยให้เกิดสมดุลในลำไส้ ช่วยเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันโรค ช่วยรักษาแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ (จารุวรรณ มณีศรี, 2551) นอกจากนี้ยังช่วยแก้ปัญหาให้กับผู้บริโภคที่ไม่มีเอนไซม์แลคเตสสำหรับย่อย น้ำตาลแลคโตสในนม เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตนมเปรี้ยวเปลี่ยนแลคโตส ให้เป็นกรดแลคติก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวจึงมีแลคโตสเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 50 ของที่มีอยู่เดิมในนมเท่านั้น เป็นผลให้ผู้บริโภคที่ไม่มีเอนไซม์แลคเตสสามารถรับประทานนมเปรี้ยวได้โดยไม่ต้องมีอาการแพ้แลคโตส คือ

ไม่เกิดอาการปวดท้อง ท้องเสีย หรืออาเจียน (Tamime and Robinson, 1999; Supavititpatana, 2007) โดยนมเปรี้ยวในปัจจุบันได้มี การพัฒนาผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบ มีการเสริมคุณค่าทางโภชนาการ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางสารอาหารให้มากขึ้น เช่น การเติมน้ำผัก หรือผลไม้ รวมทั้งสารอาหารบางชนิดที่มี ประโยชน์ นอกจากนั้นยังพบว่า การเสริมจุลินทรีย์ที่รับประทาน ได้บางชนิด เช่น สหรัย จะทำให้ช่วย เพิ่มคุณค่าโภชนาการมากยิ่งขึ้น เนื่องจากสหรัยเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ โดยเฉพาะสหรัยสหรัยส ไปรูลิน่า (*Spirulina* sp.) ซึ่งเป็นกลุ่มของสหรัยสีเขียวแกมน้ำเงินที่ไม่มีนิวเคลียส เช่นเดียวกับแบคทีเรีย แต่ภายในเซลล์ซึ่งมีคลอโรฟิลล์จึงสามารถสังเคราะห์แสงได้ นอกจากนี้ยังมีไฟโคไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุสี น้ำเงิน มีรายงานว่าสหรัยสไปรูลิน่าเป็นแหล่งสารอาหารที่ดีที่สุดแหล่งหนึ่ง เนื่องจากมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 70 โดยน้ำหนักแห้ง มีกรดอะมิโนมากถึง 18 ชนิด ซึ่งโปรตีนของสหรัยสไปรูลิน่ามีปริมาณสูงกว่า เนื้อสัตว์ มีวิตามินที่มีคุณค่าต่าง ๆ มากมาย เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 บี 2 บี 12 และวิตามินอี (กระทรวง สาธารณสุข, 2561) นอกจากนี้สหรัยสไปรูลิน่ามีผนังเซลล์ที่นิ่ม อ่อนบาง จึงดูดซึม และย่อยง่ายกว่า สหรัยสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดอื่น ๆ ซึ่งมีผนังเป็นเซลล์ulos ทำให้ย่อยยากกว่า สหรัยสไปรูลิน่าได้รับการ ยอมรับในวงการแพทย์ว่ามีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี เป็นแหล่งอาหาร เพื่อสุขภาพเพิ่มภูมิคุ้มกัน และฟื้นฟู ระบบการทำงานของร่างกายส่งเสริมให้สุขภาพดีขึ้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนพานนท์, 2564)

พรีไบโอติกส์ (Prebiotics) คือ สารอาหารจากธรรมชาติชนิดหนึ่ง ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อย และ ดูดซึมได้ถ้าลำไส้เล็ก สารอาหารเหล่านี้จึงสามารถเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ได้ในรูปไม่เปลี่ยนแปลง และจะถูกย่อย สลายโดยแบคทีเรีย โปรไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์ทำหน้าที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่เฉพาะเจาะจงกับ จุลินทรีย์ ที่มีผลดีต่อสุขภาพ (Probiotics) ชนิดของพรีไบโอติกส์มีหลายชนิด เช่น อินนูลิน (Inulin) และฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructo Oligosaccharides) เป็นต้น (ประกานต์ ฤติกุลธารง และ จารุณี ควรพิบูลย์, 2555) โดยอินนูลิน (Inulin) เป็นสารพอลิแซคคาไรด์ที่สามารถละลายน้ำได้ และมีความคง ตัวที่อุณหภูมิสูง โดยทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตให้กับพืช พบในพืชมากกว่า 36, ชนิด เช่น 000 ชิคอรี่ เห็ด หัวหอม หัวกระเทียม และกล้วย เป็นต้น (ชยาภรณ์ วงศ์ศิริเดชชัย, 2560) และฟรุคโตโอลิโก แซคคาไรด์ (Fructo Oligosaccharides) จัดเป็นสารให้ความหวาน (Sweetener) ทดแทนน้ำตาล (Sugar Substitute) ช่วยยับยั้งอาการท้องเสีย อันเนื่องมาจากยาปฏิชีวนะ ช่วยเพิ่มปริมาณบีฟิโดแบคทีเรีย ซึ่งส่งผล ให้ช่วยลดปริมาณแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหาร ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิด โรคกระเพาะลำไส้ใหญ่ (Roberfroid, 2005)

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนานมเปรี้ยวจากสหรัยสไปรูลิน่าเสริมพรีไบโอติกส์ที่ช่วยเพิ่มความ หลากหลายของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภค นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มคุณค่า ทางโภชนาการของนมเปรี้ยวให้สูงขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต
2. เพื่อศึกษาชนิดของพรีไบโอติกส์ที่เหมาะสมในการผลิตนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่า

วิธีการวิจัย

1. การศึกษาปริมาณสาหร่ายที่เหมาะสมของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า

การทดลองได้เตรียมโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า (ดัดแปลงจาก อำพรธนะ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และ ปิยะมากรณ์ เอมเสมอ, 2550; เทพอนันต์ สมานวงศ์ และคณะ, 2559) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่าที่แตกต่างกัน

สูตร	นมจืด (มิลลิลิตร)	ผงสาหร่ายสไปรูลิน่า (กรัม)	นมผง (กรัม)	ผงเจลาติน (กรัม)	โยเกิร์ตธรรมชาติ (กรัม)
1	100	2	12	0.5	12
2	100	4	12	0.5	12
3	100	6	12	0.5	12

ทำการทดลองโดยนำนมจืดพาสเจอร์ไรส์ เต็มสาหร่าย นมผง และเจลาตินตามปริมาณดังตารางที่ 1 มาที่ ทั้งไว้ให้เย็น เต็มหัวเชื้อโยเกิร์ต 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส 45 ธรรมชาติ จากนั้นนำไปใส่โหลแก้วที่ผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุกวันเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ และความพึงพอใจต่อผู้บริโภคหลังการหมัก

2. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ต

2.1 วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) โดยชั่งโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน วัดค่าความเป็นกรด 100 ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH Meter)

2.2 วัดปริมาณกรดแลคติก โดยชั่งโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า 2 กรัม แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีนที่ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ 3 - 5 หยด แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนถึงจุดยุติบันทึกปริมาตรของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าความเป็นกรดจากสูตรโดยคำนวณเทียบกับกรดแลคติก (AOAC, 2000) ดังสมการด้านล่าง

$$\text{กรดแลคติก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของกรดแลคติก} \times \text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้} \times \text{ความเข้มข้น NaOH} \times 100}{1000 \times \text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้}}$$

3. การศึกษาคุณสมบัติกายภาพของโยเกิร์ต

3.1 วิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตด้วยเครื่องควบคุมคุณภาพด้านสี (Colorimeter) ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CR-400 โดยค่า L^* คือ ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 - 100 โดยค่า 0 คือ สีดำ และ 100 คือ ค่าสีขาว, a^* (-) คือ ค่าสีเขียว a^* (+) คือ ค่าสีแดง, b^* (-) คือ ค่าสีน้ำเงิน b^* (+) คือ ค่าสีเหลือง

3.2 ตรวจสอบความหนืดของโยเกิร์ตหลังการหมักด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer) ยี่ห้อ Brook field รุ่น Halipath stand D โดยเตรียมโยเกิร์ตใส่ภาชนะทรงสูงปริมาตร 250 มิลลิลิตร ใช้หัววัดเบอร์ 3 ความเร็วรอบ 30 rpm อ่านผลการทดลองที่เวลา 30 วินาที

3.3 วัดค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (Syneresis) โดยชั่งตัวอย่างโยเกิร์ตจำนวน 20 กรัม นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักน้ำที่แยกตัวออกมา จากตัวอย่างโยเกิร์ตแล้วคำนวณหาการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต ตามวิธีคำนวณ ดังสมการด้านล่าง (Cheng et al., 2017)

$$\text{Syneresis (\%)} = W_1 \times 100 / W_0$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของน้ำที่แยกออกจากโยเกิร์ต

W_0 = น้ำหนักของโยเกิร์ตเริ่มต้น

4. การศึกษาสูตรนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่เหมาะสม

นำโยเกิร์ตจากสาหร่ายสไปรูลิน่าสูตรที่เหมาะสมที่สุด จากข้อ มาผลิตเป็นนมเปรี้ยวโดยการ 1 เสริมพรีไบโอติกส์ที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำตาลฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ และอินนูลิน โดยมีวิธีการทดลอง คือ นำโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า 50 กรัม เติมน้ำหวาน 70 มิลลิลิตร (เตรียมโดยน้ำหวาน 0.5 กรัม ต้มในน้ำ 70 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น) เติมพรีไบโอติกส์ 10 กรัม จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดที่ได้ปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุลงในภาชนะปิดฝา และเก็บไว้ในที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (โดยดัดแปลงตามวิธีของเอกพล ชัยศรีนันทนกุล, 2548) จากนั้นนำไปทดสอบความพึงพอใจต่อผู้บริโภค

5. การทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบ เพื่อทดสอบด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบ คน ที่ไม่ 30 ผ่านการฝึกฝน ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วย วิธี 9 – Point Hedonic Scale (9 = ชอบมากที่สุด และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ผู้ทดสอบชิมมีความพึงพอใจมากที่สุด จะนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษาและองค์ประกอบทางเคมีต่อไป

6. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่า

ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่า ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ องศาเซลเซียส 5 ในภาชนะแก้ว และเก็บตัวอย่างทุกวันจนกว่านมเปรี้ยวจะเกิดการแยกชั้นอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และความคงตัว ศึกษาค่าความกรด – ด่าง (pH) และตรวจสอบหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ รา โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA) และ Potato Dextrose Agar (PDA) ด้วยเทคนิค pour plate technique คำนวณตามสูตร (Harrigan, 1998)

$$\text{CFU/ml} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีที่นับได้} \times \text{อัตราการเจือจาง}}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างในจานเพาะเชื้อ (ml)}}$$

7. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่า

นำนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ผลิตได้คะแนนความชอบสูงที่สุดจากข้อมาวิเคราะห์ Proximate Analysis ทดลอง 3 ซ้ำ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เกลือ และไฟเบอร์ วิเคราะห์ค่าของแข็งที่ละลายได้ของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่าด้วยเครื่องหาปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำแบบดิจิตอล (Digital Brix)

8. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) โดยใช้ Complete Block Design (CBD) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ และใช้ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ผลการทดสอบความพึงพอใจด้านประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 0.05

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต

จากการศึกษาปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เหมาะสมของโยเกิร์ตที่แตกต่างกัน 3 สูตร โดยศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทดสอบความพึงพอใจทางด้านประสาทสัมผัส ผลการทดลองดังนี้

1.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่าที่หมักโดยเชื้อจากธรรมชาติ โดยการศึกษาค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) และปริมาณกรดแลคติก ผลจากการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรด - ด่างของโยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่าที่มีปริมาณสำหรับสไปรูลิน่าแตกต่างกัน

ปริมาณสำหรับ (ร้อยละ)	ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)		ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)	
	ก่อนหมัก ^{ns}	หลังหมัก ^{ns}	ก่อนหมัก ^{ns}	หลังหมัก ^{ns}
2	6.90	4.41	0.696	1.301
4	6.86	4.39	0.817	1.210
6	6.70	4.37	0.847	1.044

สัญลักษณ์ ns หมายถึง ในแต่ละคอลัมน์นี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

จากตารางที่ 2 จากการศึกษาความเป็นกรด - ด่างและปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่า พบว่าในสูตรที่ 1 มีค่าความเป็นกรด - ด่าง ก่อนหมัก และหลังหมักเท่ากับ 6.90 และ 4.41 สูตรที่ 2 มีค่าความเป็นกรด - ด่างก่อนหมัก และหลังหมักเท่ากับ 6.86 และ 4.39 และสูตรที่ 3 มีค่าความเป็นกรด - ด่างก่อนหมัก และหลังหมักเท่ากับ 6.70 และ 4.37 ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าหลังหมัก 37.4 และ 70.6 โยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่าทั้ง 3 สูตร ค่าความเป็นกรด - ด่าง ของโยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่ามีค่าลดลง

จากการศึกษาปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่า จากผลการทดลองพบว่า หลังการหมักโยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่าทั้ง 3 สูตร ปริมาณกรดแลคติกสำหรับสายสไปรูลิน่ามีค่าเพิ่มขึ้น โดยสูตรที่ 1 มีปริมาณกรดแลคติก ก่อนหมัก และหลังหมักสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ 0.696 และ 1.301 สูตรที่ 2 มีปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่าก่อน และหลังหมักสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ 0.817 และ 1.210 สูตรที่ 3 มีปริมาณกรดแลคติกก่อนหมัก และหลังหมักสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ 0.847 และ 1.044

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความเป็นกรด - ด่าง ของโยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่า ก่อนหมัก และหลังหมัก มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน และปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่า ทั้ง 3 สูตร ก่อนหมัก และหลังหมักมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน โดยผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีส่วนประกอบหลัก คือ นม ซึ่งในนมมีน้ำตาลแลคโตสที่เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ รวมทั้งสารที่ให้กลิ่นรสออกมา โดยจุลินทรีย์จะมีการสร้างกรดแลคติกที่ได้จากกระบวนการทางเมตาบอลิซึม การที่กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ลดลง (วรารุณี ครูสง และรุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิต, 2532)

1.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่า

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่า ที่หมักโดยเชื้อจากธรรมชาติโดยการใช้ประสาทสัมผัสในการมองด้วยตาเปล่า ศึกษาค่าสี ความหนืดและการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตสำหรับสายสไปรูลิน่า ผลการทดลองดังตารางที่ 4 และตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่าที่มีปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าแตกต่างกัน

สูตร	ลักษณะทางกายภาพของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า					
	ก่อนหมัก			หลังหมัก		
	สี	การจับตัว	การตกตะกอน	สี	การจับตัว	การตกตะกอน
1	สีเขียวอ่อน	ไม่มีการจับตัว	ไม่มีการตกตะกอน	สีเขียวอ่อน	มีการจับตัว	มีการตกตะกอน
2	สีเขียวเข้ม	ไม่มีการจับตัว	ไม่มีการตกตะกอน	สีเขียวเข้ม	มีการจับตัว	มีการตกตะกอน
3	สีเขียวเข้ม	ไม่มีการจับตัว	ไม่มีการตกตะกอน	สีเขียวเข้ม	มีการจับตัว	มีการตกตะกอน

จากตารางที่ 3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า หลังหมักที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าหลังหมักโยเกิร์ตสาหร่าย สไปรูลิน่า ทั้ง 3 สูตรมีการจับตัว มีสีเขียวเข้มเพิ่มขึ้นจากสาหร่ายสไปรูลิน่า และมีการตกตะกอนของสาหร่าย สไปรูลิน่าที่บริเวณก้นภาชนะหมัก ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่าก่อนหมัก (ภาพบน) และหลังหมัก (ภาพล่าง)

ตารางที่ 4 ค่าสี ความหนืด และน้ำหนักน้ำที่แยกตัวของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่าที่มีปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าที่แตกต่างกัน

สูตร	L* ^{ns}	a* ^{ns}	b* ^{ns}	ค่าความหนืด ^{ns} (cP)	น้ำหนักน้ำ ที่แยกตัว (กรัม)
1	49.94 $\pm$ 0.35	-6.56 $\pm$ 0.16	11.90 $\pm$ 0.51	2653.33 $\pm$ 61.28	3.42 ^c
2	43.97 $\pm$ 2.01	-6.65 $\pm$ 0.43	12.12 $\pm$ 0.24	2975.66 $\pm$ 90.31	2.28 ^b
3	37.68 $\pm$ 1.58	-6.81 $\pm$ 0.09	12.24 $\pm$ 0.50	3113.33 $\pm$ 196.12	1.50 ^a

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ ns หมายถึง ในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

: อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

จากตารางที่ 4 การศึกษาค่าสีของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่าแต่ละสูตร โดยศึกษาค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว (-a*) และค่าสีเหลือง (b*) พบว่าทั้ง 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยค่าความสว่าง (L*) สูตรที่ 1 มีค่าความสว่างอยู่ที่ 49.94 สูตรที่ 2 มีค่าความสว่างอยู่ที่ 43.97 และสูตรที่ 3 มีค่าความสว่าง อยู่ที่ 37.68 พบว่าค่าความสว่างของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่าทั้ง 3 สูตร มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าในแต่ละสูตร ค่าสีเขียว (-a*) สูตรที่ 1 มีค่าสีเขียวอยู่ที่ -6.56 สูตรที่ 2 มีค่าสีเขียวอยู่ที่ 6.65 และสูตรที่ 3 มีค่าสีเขียวอยู่ที่ -6.81 พบว่าค่าสีเขียวของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า ทั้ง 3 สูตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าในแต่ละสูตร และค่าสีเหลือง (b*) สูตรที่ 1 มีค่าสีเหลืองอยู่ที่ 11.90 สูตรที่ 2 มีค่าสีเหลืองอยู่ที่ 12.12 และสูตรที่ 3 มีค่าสีเหลืองอยู่ที่ 12.24 โดยค่าสีเหลือง ทั้ง 3 สูตรมีความใกล้เคียงกัน

การศึกษาค่าความหนืดของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า ทั้ง 3 สูตร ซึ่งมีส่วนผสมที่เหมือนกัน แต่มีความแตกต่างกันที่ปริมาณของสาหร่ายสไปรูลิน่าในแต่ละสูตร ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของสาหร่ายสไปรูลิน่าในแต่ละสูตร ทำให้ค่าความหนืดเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยสูตรที่ 1 มีค่าความหนืด 2653.33 สูตรที่ 2 มีค่าความหนืด 2975.66 และสูตรที่ 3 มีค่าความหนืด 3113.33 เนื่องจากเกิดการเพิ่มปริมาณสาหร่ายทำให้เกิดการต้านการเสียดสีของของเหลวซึ่งมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น

การศึกษากการแยกชั้นของน้ำจากโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า ที่กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยน้ำที่ได้จากการกรองมีลักษณะสีเหลืองใส น้ำหนักน้ำที่แยกตัวจากโยเกิร์ตสาหร่าย สไปรูลิน่า สูตรที่ 1 มีน้ำหนักอยู่ที่ 3.42 กรัม สูตรที่ 2 มีน้ำหนักอยู่ที่ 2.28 กรัม และสูตรที่ 3 มีน้ำหนักอยู่ที่ 1.50 กรัม ซึ่งพบว่าปริมาณน้ำที่ได้จากการกรองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 เนื่องจากโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า มีปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าในแต่ละสูตรที่แตกต่างกัน

กัน ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนืด ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำหนักน้ำที่แยกตัวลดลง

1.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า

จากการศึกษาสูตรโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า 3 สูตร โดยการทดสอบความพึงพอใจทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งสูตรโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่าทั้ง 3 สูตร ผลการทดลองดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่าที่มีปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าแตกต่างกัน

คุณลักษณะ ทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบเฉลี่ย		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ	6.57 $\pm$ 1.41 ^a	5.57 $\pm$ 1.48 ^b	5.17 $\pm$ 1.53 ^b
สี	6.47 $\pm$ 1.09 ^a	5.10 $\pm$ 1.16 ^b	4.80 $\pm$ 1.42 ^b
กลิ่น	6.50 $\pm$ 1.99 ^a	4.80 $\pm$ 0.87 ^b	4.07 $\pm$ 0.93 ^c
รสชาติ	7.10 $\pm$ 1.08 ^a	4.40 $\pm$ 1.72 ^b	2.77 $\pm$ 1.45 ^c
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5.33 $\pm$ 1.82 ^a	4.83 $\pm$ 0.82 ^b	4.77 $\pm$ 0.80 ^b
ความชอบโดยรวม	7.72 $\pm$ 1.00 ^a	4.87 $\pm$ 1.67 ^b	3.10 $\pm$ 1.62 ^c

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า ที่มีความแตกต่างกัน 3 สูตร โดยทำการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผู้บริโภคจำนวน 30 คน และผู้ทดสอบต้องไม่ได้ผ่านการทดสอบมาก่อนด้วยวิธี 9 – Point hedonic scale จากผลการทดลองพบว่าในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรที่ 2 และ 3 ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมของสูตรที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 7.72, 4.87 และ 3.10 ตามลำดับ ส่วนในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส ของสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 มีสีเขียวเข้ม มีรสชาติเปรี้ยว และมีรสเผื่อน และลักษณะสัมผัสมีความเข้มข้นมากกว่าสูตรที่ 1 เนื่องจากสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 มีปริมาณสาหร่ายสไปรูลินามากกว่าสูตรที่ 1 สรุปได้ว่าสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากที่สุด ดังนั้นจึงได้นำโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า สูตรที่ 1 มาใช้ในการผลิตนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่าเสริมพรีไบโอติกส์

1.4 ผลการศึกษานิตของพรีไบโอติกส์ที่เหมาะสมในการผลิตนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่า

จากการศึกษาสูตรนมเปรี้ยวที่ได้จากโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่าสูตรที่ดีที่สุด โดยการทดสอบความพึงพอใจทางด้านประสาทสัมผัส ทำการศึกษานมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ผสมพรีไบโอติกส์

กษัตริย์ต่างๆ โดยสูตรนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่าทั้ง 2 สูตร จะใช้โยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า และน้ำหวานหวานในปริมาณที่เท่ากัน แต่จะมีส่วนผสมที่แตกต่างกัน คือ ชนิดของพรีไบโอติกส์ สูตรที่ 1 จะใช้อินนูลิน และสูตรที่ 2 จะใช้ ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ เป็นส่วนผสม ผลการทดลองดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่าที่มีพรีไบโอติกส์แตกต่างกัน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบเฉลี่ย	
	น้ำตาลอินนูลิน	น้ำตาลฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์
ลักษณะปรากฏ	7.13 $\pm$ 1.38 ^a	6.80 $\pm$ 1.33 ^a
สี	6.13 $\pm$ 1.48 ^a	5.97 $\pm$ 1.45 ^a
กลิ่น	6.70 $\pm$ 1.29 ^a	6.37 $\pm$ 1.20 ^a
รสชาติ	8.00 $\pm$ 0.89 ^a	6.36 $\pm$ 1.10 ^b
ลักษณะเนื้อสัมผัส	6.37 $\pm$ 1.08 ^a	5.77 $\pm$ 1.05 ^b
ความชอบโดยรวม	8.27 $\pm$ 0.57 ^a	6.40 $\pm$ 0.99 ^b

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่าที่มีชนิดของพรีไบโอติกส์ที่ต่างกัน จากผลการทดลองพบว่าในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของสูตรที่ใช้น้ำตาลอินนูลินมีค่าเฉลี่ยร้อยละสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.13, 6.13, 6.70, 8.00, 6.37 และ 8.27 ตามลำดับ ส่วนในด้านสี รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส ของน้ำตาลฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ มีสีเขียวเข้ม มีรสชาติเปรี้ยว และลักษณะสัมผัสมีความเข้มข้นน้อยกว่า จึงทำให้ค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมน้อยกว่าสูตรอินนูลิน ดังนั้นจึงได้นำสูตรนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เสริมอินนูลิน มาใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ โดยการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และศึกษาอายุการเก็บรักษา

1.5 ผลการศึกษากายภาพของนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่า

จากการศึกษาลักษณะทางเคมีของนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่า โดยการ วิเคราะห์ Proximate Analysis ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เกลือ และไฟเบอร์ ของนมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่า ผลการทดลองดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของนมเปรี้ยวสำหรับาสไปรูลิน่า

ลักษณะทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
โปรตีน	1.17 $\pm$ 0.13
ไขมัน	0.01 $\pm$ 0.00
เถ้า	14.99 $\pm$ 0.85
ไฟเบอร์	0.30 $\pm$ 0.17

จากตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ไฟเบอร์ และความหวานของนมเปรี้ยวสำหรับาสไปรูลิน่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่านมเปรี้ยวสำหรับาสไปรูลิน่า มีปริมาณโปรตีนที่ใกล้เคียงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2146 - 2546 ทั้งนี้อาจเกิดจากส่วนผสม และปริมาณส่วนผสมที่เติมลงไป และมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และไฟเบอร์ 1.17, 0.01, 14.99 และ 0.30 ตามลำดับ มีค่าของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 16.70 องศาบริกซ์ และเมื่อเทียบปริมาณไขมันของนมเปรี้ยวสำหรับาสไปรูลิน่ากับปริมาณไขมันของนมเปรี้ยวตามท้องตลาด ซึ่งพบว่านมเปรี้ยวสำหรับาสไปรูลิน่ามีปริมาณไขมันต่ำกว่านมเปรี้ยวตามท้องตลาด

1.6 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของนมเปรี้ยวสำหรับาสไปรูลิน่า

ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของนมเปรี้ยวสำหรับาสไปรูลิน่า ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ องศาเซลเซียส 5 และเก็บตัวอย่างทุกวันจนกว่านมเปรี้ยวจะเกิดการแยกชั้นอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และความคงตัว ศึกษาค่าความกรด - ด่าง และศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ ผลการทดลองดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการเปลี่ยนแปลงของนมเปรี้ยวสำหรับาสไปรูลิน่าหลังการเก็บรักษา

วัน	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงนมเปรี้ยวสำหรับาสไปรูลิน่า				ปริมาณ	ปริมาณ
	สี	กลิ่น	การแยกชั้น	pH	จุลินทรีย์ (CFU/ml)	ยีสต์/รา (CFU/ml)
1	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นหอมของนมจืด	ไม่แยกชั้น	4.33	5.43 $\times 10^2$	ไม่พบ
2	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นหอมของนมจืด	ไม่แยกชั้น	4.32	8.83 $\times 10^2$	ไม่พบ
3	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นเปรี้ยว	ไม่แยกชั้น	4.30	1.66 $\times 10^3$	ไม่พบ
4	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นเปรี้ยว	ไม่แยกชั้น	4.28	3.02 $\times 10^3$	ไม่พบ
5	สีเขียวอ่อน	มีกลิ่นเปรี้ยว	แยกชั้น	3.32	3.35 $\times 10^3$	ไม่พบ
6	สีเขียวอ่อน	มีกลิ่นเปรี้ยว	แยกชั้น	3.30	-	-
7	สีเขียวอ่อน	มีกลิ่นเปรี้ยว	แยกชั้น	3.28	-	-

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง

จากตารางที่ 8 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ของนมเปรี้ยวสำหรับผู้ป่วยได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น การแยกชั้น ค่าความเป็นกรด - ด่าง และปริมาณจุลินทรีย์ เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อเวลาทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 วัน พบว่านมเปรี้ยวสำหรับผู้ป่วยไม่มีสีเขียวอ่อนลง เนื่องจากการตกตะกอนของสำหรับผู้ป่วยที่เป็นจากระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อเวลาทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 วัน พบว่านมเปรี้ยวสำหรับผู้ป่วยเริ่มเกิดการแยกชั้น และเริ่มมีกลิ่นเปรี้ยวมากขึ้นในวันที่ 3 การที่นมเปรี้ยวพร้อมดื่มเกิดการแยกชั้นนั้น อาจเป็นผลจากระยะเวลา ความเร็วในการปั่นนมเปรี้ยวที่ไม่เหมาะสม โดยถ้าปั่นนานเกินไป หรือปั่นน้อยเกินไปจะทำให้โปรตีน เกิดการสูญเสียสภาพและอิมัลชันภายในนมเปรี้ยวถูกทำลายลง ส่งผลทำให้เกิดการแยกชั้นระหว่างนม และน้ำ (อำพรพรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์, 2550) นอกจากนั้นจากการศึกษาค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของนมเปรี้ยวสำหรับ สผู้ป่วยลดลงตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในนมเปรี้ยวมีการเจริญเพิ่มขึ้นจนทำให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแยกชั้น ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ เกศรา แซกพุทรา (2557) ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรด - ด่างของนมเปรี้ยว พบว่าความเป็นกรด - ด่างของนมเปรี้ยวลดลง การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ของนมเปรี้ยวสำหรับผู้ป่วยพบว่าจุลินทรีย์มีปริมาณแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่ใกล้เคียงกัน และไม่พบปริมาณยีสต์/รา



ภาพที่ 2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของนมเปรี้ยวสำหรับผู้ป่วยสผู้ป่วยได้หลังจากการเก็บรักษา (ก) = 1 วัน
(ข) = 2 วัน (ค) = 3 วัน (ง) = 4 วัน (จ) = 5 วัน (ฉ) = 6 วัน และ (ช) = 7 วัน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตพบว่า ภายหลังการหมักทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงในช่วง 4.37-4.41 และมีปริมาณกรดแลกติกเพิ่มขึ้นในช่วง (ร้อยละ) 1.044-1.301 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ พบว่า มีค่าความสว่าง (L^*) ในช่วง 37.68- 49.94 ค่าสีเขียว ($-a^*$) ในช่วง -6.56-(-6.81) และค่าสีเหลือง(b^*) ในช่วง 11.90-12.24 มีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นและค่าน้ำหนักน้ำที่แยกตัวลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสาหร่าย จากการทดสอบการยอมรับด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่าด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าสูตรที่มีปริมาณสาหร่ายร้อยละ 2 มีค่าความชอบโดยรวมมากที่สุดจึงนั้มนำมาพัฒนานมเปรี้ยวสาหร่ายสไปรูลิน่าที่มีชนิดของพรีไบโอติกส์แตกต่างกัน จากการทดสอบการยอมรับด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคพบว่านมเปรี้ยวที่เสริมอินูลิน มีค่าความชอบโดยรวมมากที่สุด ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เกล็ด และไฟเบอร์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.17, 0.01, 14.99 และ 0.30 ตามลำดับ และมีค่าของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 16.70 องศาบริกซ์ จากนั้นนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษา ผลการทดลองพบว่า นมเปรี้ยวมีสีเขียวย่อย นมเปรี้ยว และมีการแยกชั้นในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา มีค่าความเป็นกรด - ด่าง ลดลง และมีปริมาณปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นแต่ไม่พบปริมาณยีสต์/รา

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2548). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2548 เรื่อง นมเปรี้ยว* (ฉบับที่ 289).
 นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข.
- กระทรวงสาธารณสุข. (2561). *คุณสมบัติของสาหร่ายสไปรูลิน่า Spirulina sp.* สืบค้นจาก <http://www.ku.ac.th/e-magazine/march48/know/spirulina.html>.
- เกศรา แซกพุทรา. (2557). *การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวและโยเกิร์ต*. (รายงานวิจัย). มหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพฯ
- ชยาภรณ์ วงศ์ศิริเดชชัย. (2560). *สมบัติการเป็นพรีไบโอติกของโพลิโกแซคาไรด์ที่ผลิตจากกากกาแฟด้วยเมนนานเนสจาก Bacillus sp* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). ปทุมธานี:มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- จารุวรรณ มณีศรี. (2551). *เทคโนโลยีอาหารหมัก* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โพธิ์เพชร.
- เทพอนันต์ สมานวงศ์. (2559). การรอดชีวิตของแบคทีเรียพรีไบโอติกที่ห่อหุ้มด้วยวิธีเอนแคปซูชันในโยเกิร์ตนมข้าวโพด โยเกิร์ตนมวัว และโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*. 2(1), 1 – 12.
- ประกานต์ ฤทธิกุลธารง และจารุณี ควรพิบูลย์. (2555). พรีไบโอติกส์. *วารสารธรรมศาสตร์เวชสาร*. 12(2), 1-8.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนูปนนท์. (2564). *สาหร่ายเกลียวทองหรือสาหร่ายสไปรูลิน่า*.

สืบค้นจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1948/spirulina>

วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิต. (2532). *เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ:

โอ. เอส. พรินตติ้งเฮาส์.

สุวรรณา กิจภากรณ์. (2525). *ผลิตภัณฑ์จากน้ำนม*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกพล ชัยศรีรัตนกุล. (2548). *การศึกษาการผลิตนมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้ง* (วิทยานิพนธ์

มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสยาม.

อำพรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์. (2555). การผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่เสริมด้วยฟักข้าว. *วารสารเทคโนโลยี*

การอาหาร. 7(1), 23-30

อำพรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และปิยมาภรณ์ เอ็มเสม. (2550). การผลิตโยเกิร์ตเสริมไข่น้ำ. *วารสารเทคโนโลยี*

การอาหาร. 3(1), 1 – 7.

AOAC. (2000). *Official Methods of AOAC International*. 17th Ed. AOAC International,

Gaithersburg, MD, USA. Off Official Methods 967.21.

Cheng, J., Xie, S., Yin, Y., Feng, X., Wang, S., Guoc M. and Ni, C. (2017). Physiochemical,

texture properties, and the microstructure of set yogurt using whey protein–

Sodium tripolyphosphate aggregates as thickening agents. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 97, 2819 – 2825.

Harrigan, W.F. (1998). *Laboratory Method in Food Microbiology*. USA: Academic Press.

Roberfroid, M.B. (2005). Introducing inulin-type fructan. *Journal of Nutrition*. 93(1), 13–25.

Supavititpatana, P. (2007). Effects of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii*

subsp. *bulgaricus* and yogurt ingredients on properties of corn milk yogurt.

Unpublished doctoral dissertation. Chiang Mai: Chiang Mai University.

Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. (1999). *Yoghurt science and technology*. 2nd ed.

England: TJ International.