

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 อุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	50
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	115
เอกสารอ้างอิง	119
ภาคผนวก	126
ประวัติผู้เขียน	165

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved

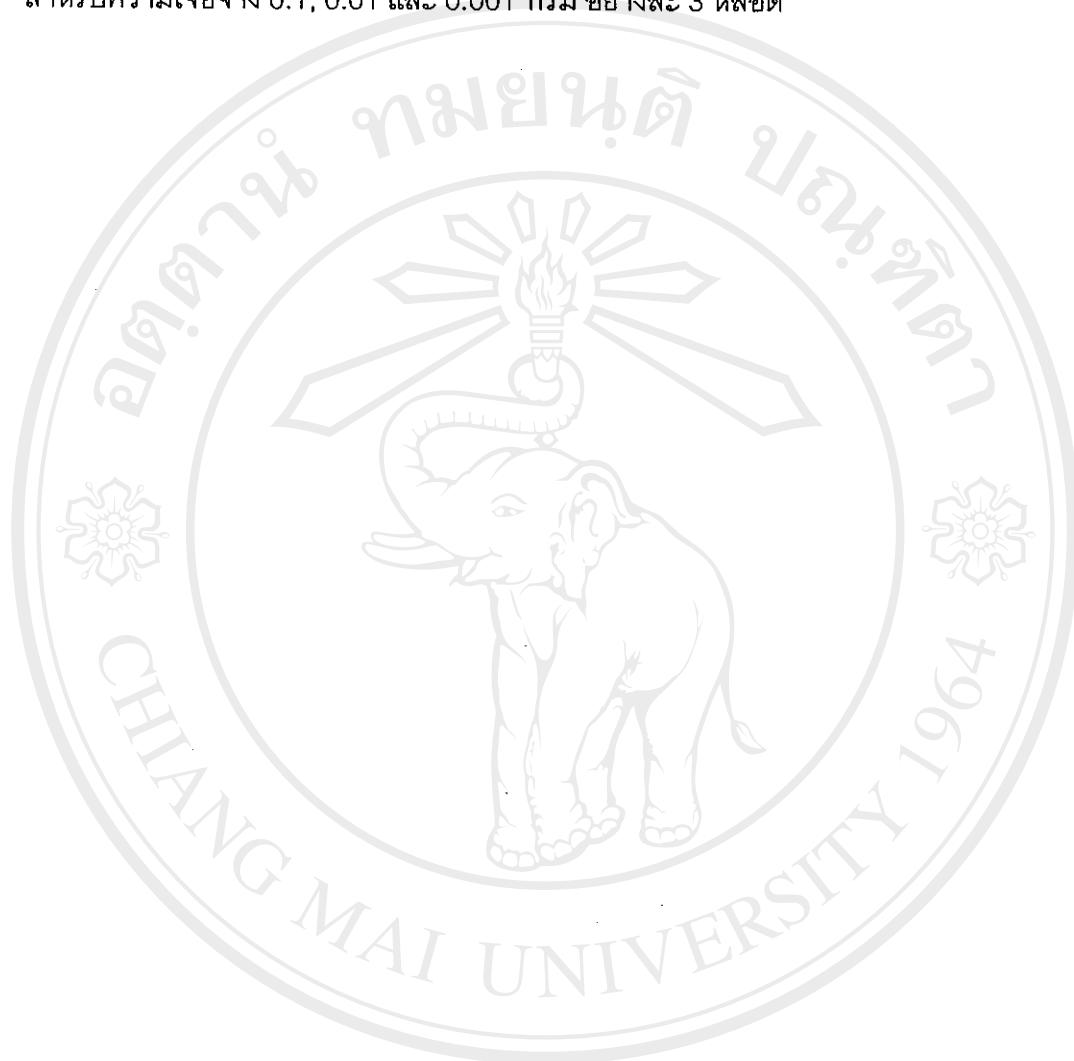
## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
1	คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตและนม	7
2	เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมัก	10
3	เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของข้าวกล้องและข้าวขาว	15
4	การหมักคาร์โบไฮเดรตและแอลกอฮอล์ของเชื้อ Bifidobacteria	19
5	การสังเคราะห์วิตามินของ <i>Bifidobacterium</i> spp.	20
6	ผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีการใช้เชื้อ Bifidobacteria	22
7	ผลิตภัณฑ์นมหมักในประเทศต่างๆ	28
8	ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีจำหน่ายในประเทศไทย	32
9	ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่มีจำหน่ายในประเทศไทย	32
10	สูตรพื้นฐานโยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง	38
11	แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design (N = 8) ที่ใช้ในการกักนํกรองปัจจัยทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีความสำคัญ ต่อคุณภาพของโยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก	43
12	ระดับสูงและระดับต่ำของแต่ละปัจจัยเป็นร้อยละ	44
13	คุณภาพของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เป็น Intermediate starter บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	50
14	ลักษณะโคโลนี ลักษณะเซลล์และการติดสีแกรมของเชื้อเริ่มต้นที่ใช้ในการผลิต โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก	52
15	ผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ต้นแบบโยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก	55
16	คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบโยเกิร์ต ข้าว กล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก	57

ตาราง	หน้า	
17	คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้อง เต็มเชื้อโพรไบโอติกก่อนการพัฒนาที่หมักนาน 16 ชั่วโมง โดยอัตราส่วน ข้าวกล้องสุกต่อน้ำที่แตกต่างกัน	60
18	ผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก ก่อนการพัฒนาที่หมักนาน 16 ชั่วโมง โดยอัตราส่วนข้าวกล้องสุกต่อน้ำที่แตกต่างกัน	61
19	คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้อง เต็มเชื้อโพรไบโอติกก่อนการพัฒนาที่มีส่วนประกอบแตกต่างกัน ที่หมักนาน 16 ชั่วโมง	62
20	ผลทางประสาทสัมผัสของของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก ก่อนการพัฒนาที่มีส่วนประกอบแตกต่างกัน ที่หมักนาน 16 ชั่วโมง	64
21	อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ของโยเกิร์ต ข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก ที่หมักนาน 16 ชั่วโมง	66
22	อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ต ข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก ที่หมักนาน 16 ชั่วโมง	67
23	สิ่งทดลองของแผนการทดลอง $2^2$ Factorial experiment with center points โดยมี นมผงขาดมันเนยและคาราจีแนนเป็นปัจจัยที่ศึกษา	72
24	ระดับการใช้นมผงขาดมันเนย และคาราจีแนน ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็ม เชื้อโพรไบโอติก	72
25	คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้อง เต็มเชื้อโพรไบโอติกก่อนการพัฒนาที่มีส่วนประกอบนมผงขาดมันเนยและ คาราจีแนนแตกต่างกัน	73
26	ผลทางประสาทสัมผัสของของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก ก่อนการพัฒนาที่มีส่วนประกอบนมผงขาดมันเนยและ คาราจีแนนแตกต่างกัน	74
27	ค่าเฉลี่ยของปริมาณนมผงขาดมันเนยและคาราจีแนน	88
28	คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็ม เชื้อโพรไบโอติกที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน	90

ตาราง	หน้า	
29	ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็ม เชื้อโพรไบโอติกที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน	91
30	สูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง	97
31	คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติกที่ ได้รับการพัฒนาแล้ว	98
32	คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติกที่ ได้รับการพัฒนาแล้ว	99
33	คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติกที่ ได้รับการพัฒนาแล้ว	101
34	Mean ideal ratio score ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก ที่ได้รับการพัฒนาแล้วจากผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน	103
35	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกที่โตเตรทได้และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส 30 วัน	106
36	การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นหนืด (เซนติพอยส์) และค่าสีที่มีการวัดระบบ Hunter ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติกเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส 30 วัน	108
37	เปรียบเทียบค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติกที่เก็บรักษา อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส 30 วัน	109
38	การเปลี่ยนแปลงจำนวนของเชื้อเริ่มต้นรวม เชื้อโยเกิร์ต และเชื้อ <i>B. longum</i> (log CFU/g) ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติกที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	111
39	การเปลี่ยนแปลงจำนวนของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/g) และปริมาณยีสต์และรา (log CFU/g) ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติกที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	114

ค-1	การประมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 95 สำหรับความเจือจาง 0.1, 0.01 และ 0.001 กรัม อย่างละ 3 หลอด	157
-----	--	-----



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

## สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ลักษณะโครงสร้างของ $\beta$ -glucan	17
2	กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบโยเกิร์ตจากข้าวกล้อง	41
3	ลักษณะโคโลนีเพาะเลี้ยงบนอาหาร HHD agar บ่มในสภาพไร้อากาศ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง (1) <i>B. longum</i> (2) <i>L. bulgaricus</i> และ (3) <i>S. thermophilus</i>	51
4	ลักษณะรูปร่างเซลล์ที่ได้จากนมที่เตรียมสำหรับใช้ในการทดลองการผลิตโยเกิร์ต ข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก (1)เชื้อ <i>B. longum</i> (2) เชื้อ <i>L. bulgaricus</i> และ <i>S. thermophilus</i>	51
5	เค้าโครงผลิตภัณฑ์ต้นแบบของโยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก	56
6	พื้นที่การตอบสนองของค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (ค่าสี b) เมื่อมีการแปรผันระดับการใช้ นมผงขาดมันเนย	78
7	พื้นที่การตอบสนองของค่าสี เมื่อมีการแปรผันระดับการใช้ นมผงขาดมันเนย และคาราจีแนน	79
8	พื้นที่การตอบสนองของค่า peak force (นิวตัน) เมื่อมีการแปรผันระดับการใช้ นมผงขาดมันเนย	80
9	พื้นที่การตอบสนองของความเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อมีการแปรผันระดับการใช้ คาราจีแนน	81
10	พื้นที่การตอบสนองของความข้นหนืดเมื่อมีการแปรผันระดับการใช้ นมผงขาดมันเนย และคาราจีแนน	82
11	พื้นที่การตอบสนองของความเรียบเนียนกันเมื่อมีการแปรผันระดับการใช้ นมผงขาดมันเนย	83
12	พื้นที่การตอบสนองของค่าปริมาณกรดแลคติกที่โตเตรท (ร้อยละ w/v) ได้เมื่อมี การแปรผันระดับการใช้ นมผงขาดมันเนย	84

ภาพ		หน้า
13	พื้นที่การตอบสนองของกลิ่นนมเมื่อมีการแปรผันระดับการใช้นมผงขาดมันเนย	85
14	พื้นที่การตอบสนองของรสเปรี้ยวเมื่อมีการแปรผันระดับการใช้นมผงขาดมันเนย	86
15	พื้นที่การตอบสนองของค่าปริมาณเชื้อ <i>B. longum</i> (log CFU/g) เมื่อมีการแปรผันระดับการใช้นมผงขาดมันเนย	87
16	การเปลี่ยนแปลง pH ปริมาณกรดแลคติก และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก หมักที่ 37 องศาเซลเซียส	92
17	เค้าโครงผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติกก่อนและหลังการพัฒนาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ	104
18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกที่ไตเตรทได้ และค่าความเป็นกรดต่างหลังการผลิตและเมื่อเก็บรักษาอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ของโยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก	107
19	การเปลี่ยนแปลงจำนวนของเชื้อเริ่มต้นรวม เชื้อ <i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> และเชื้อ <i>B. longum</i> (log CFU/g) ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	112
ก-1	ส่วนผสมแห้งที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้อง	127
ก-2	ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเต็มเชื้อโพรไบโอติก	127
ก-3	อาหารเลี้ยงเชื้อ HHD agar และอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar	129
ก-4	ลักษณะการเจริญของ (1) เชื้อ <i>L. bulgaricus</i> (โคโลนีสีเขียวอ่อน) + <i>S. thermophilus</i> (โคโลนีสีเขียวเข้ม) และ (2) เชื้อ <i>B. longum</i> (โคโลนีสีขาว) บนอาหาร HHD agar บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง	129
ก-5	เชื้อเริ่มต้น <i>Bifidobacterium longum</i> Bb-46 กำลังขยาย 1,000 เท่า	130
ก-6	เชื้อเริ่มต้น <i>L. bulgaricus</i> และ <i>S. thermophilus</i> กำลังขยาย 1,000 เท่า	130
ง-1	แสดงภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 2D Contour plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของค่าสี b (เหลือง-น้ำเงิน)	161