

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	54
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผล	75
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	169
5.2 ข้อเสนอแนะ	171
เอกสารอ้างอิง	173
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ภาพผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด	179
วัตถุดิบและเครื่องมือการผลิต	
ภาคผนวก ข. แบบสอบถาม	183
ภาคผนวก ค. วิเคราะห์ภาพต่าง ๆ	190
ภาคผนวก ง. ตัวอย่างการคำนวณ	205
ภาคผนวก จ. ข้อกำหนดทางกฎหมาย	210
ประวัติผู้เขียน	216

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
2.1	กระบวนการหมัก และจุลินทรีย์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดต่างๆ	7
2.2	ผลิตภัณฑ์นมหมัก แหล่งกำเนิด และชนิดของเชื้อเริ่มต้น	21
2.3	ผลิตภัณฑ์นมที่เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตโยเกิร์ต	25
2.4	ผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีจำหน่ายในประเทศไทย	27
2.5	ชนิด และหน้าที่ของกัมชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต	29
2.6	เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่นมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต	37
2.7	ปริมาณของสารประกอบคาร์บอนิล(พีพีเอ็ม)ที่สร้างขึ้นจากหัวเชื้อโยเกิร์ต	47
3.1	จำนวนปัจจัย และระดับของการใช้ปัจจัยต่างๆ ในการทดลอง Plackett and Burman	62
3.2	แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design; N=12	62
3.3	ระดับการใช้นมผงขาดมันเนย หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น น้ำตาลซูโครส และระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพด	65
3.4	สูตร และส่วนผสมของการศึกษาระดับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพด	65
3.5	แผนการทดลอง 2^2 factorial desing with 2 centerpoints ของการศึกษาระดับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพด	66
3.6	สูตร และส่วนผสมของการศึกษาระดับของนมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส	68
3.7	แผนการทดลอง 2^2 factorial desing with 2 centerpoints ของการศึกษาระดับการใช้นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส	68
3.8	สูตรการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด	70
3.9	การกำหนดระดับการใช้สมุนไพรในสูตรน้ำสมุนไพรผสม	73
3.10	แผนการทดลองแบบ Mixture Design	74
4.1	ค่า Ideal ratio score ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	77

ตาราง	หน้า	
4.2	การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และทางเคมีของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	79
4.3	ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าว โปดจากการทดลอง P&B โดยวิธี Ideal ratio profile technique ในรูปของ Mean ideal ratio score	81
4.4	การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี และทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าว โปดในการทดลองแบบ Plackett and Burman	83
4.5	ค่า t ที่วิเคราะห์ได้จากผลการทดลอง P&B และระดับนัยสำคัญทางสถิติของส่วนผสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าว โปด	84
4.6	ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าว โปดจากการศึกษาระดับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมัก	88
4.7	การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี และทางกายภาพ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าว โปดจากการศึกษาระดับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมัก	89
4.8	ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าว โปดจากการศึกษาระดับการใช้นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส	109
4.9	การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี และ ทางกายภาพ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าว โปดจากการศึกษาระดับการใช้นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส	110
4.10	คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าว โปดที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม	133
4.11	คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าว โปดที่ผลิต โดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม	133
4.12	คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าว โปดที่ผลิต โดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม	134
4.13	ค่า Mean ideal ratio score ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าว โปด ที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม	134
4.14	ทำการเปรียบเทียบปริมาณกรดที่สามารถไตเตรทได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง น้ำตาลซูโครส น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ค่าสี L ค่าสี a ค่าสี b ความหนืด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น ในช่วงระยะเวลาการหมัก	137

ตาราง	หน้า
4.15 การเปรียบเทียบ ปริมาณกรดทั้งหมด ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง น้ำตาล- ซูโครส น้ำตาลรีดิวิซ์ น้ำตาลทั้งหมด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 4 สัปดาห์	143
4.16 การเปรียบเทียบ ค่าความหนืด และ ค่าสี Hunter ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต- นมข้าวโพดเก็บ รักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	145
4.17 การเปรียบเทียบค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	149
4.18 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และทางเคมีของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม จากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรร ที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture Design	152
4.19 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยวพร้อมดื่มจาก นมข้าวโพดผสมสมุนไพรร ที่ได้จาก Mixture Design	157
4.20 อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมน้ำสมุนไพรร ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม เชิงเส้น (Linear Programming; POM)	163
4.21 สูตรน้ำสมุนไพรรผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม จากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรร	164
4.22 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพด- ผสมสมุนไพรรที่ผลิต โดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม	164
4.23 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพด- ผสมสมุนไพรรที่ผลิต โดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม	165
4.24 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพด- ผสมสมุนไพรรที่ผลิต โดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม	165
4.25 ค่า Mean ideal ratio score ของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจาก นมข้าวโพดผสมสมุนไพรรที่ผลิต โดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม	166

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 การเกิดกรดแลคติกและสารให้กลิ่นและสารให้กลิ่นรสที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของเชื้อแลคติกในนม	10
2.2 ขั้นตอนการผลิต set และ stirred yoghurt ประเภทที่มีไขมันต่ำ	18
2.3 ขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตชนิดไขมันต่ำที่มีการเติมกลิ่น และผลไม้	19
2.4 กระบวนการต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตชนิดต่างๆ	20
2.5 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบดั้งเดิม และกระบวนการผลิตในปัจจุบัน	23
2.6 ปฏิกริยาของเคซีนกับกรดแลคติกในการตกตะกอน	26
2.7 พังกรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตชนิด set และ/หรือ stirred	33
2.8 หัวเชื้อ โยเกิร์ตประกอบด้วย <i>Streptococcus thermophilus</i> และ <i>Lactobacillus Bulgaricus</i>	40
2.9 อัตราการสร้างกรดของเชื้อโยเกิร์ตสายพันธุ์เดี่ยว และสายพันธุ์ผสมเมื่อบ่มที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในนมขาคมันเนย(10%TS) และใช้หัวเชื้อ 2%	42
2.10 อัตราการผลิตกรดแลคติกของหัวเชื้อสายพันธุ์เดี่ยว และสายพันธุ์ผสมที่ อุณหภูมิการหมักต่างๆ กัน	43
2.11 แนวทางการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลแลคโตสของหัวเชื้อ <i>Streptococcus thermophilus</i> และ <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	46
2.12 แผนภูมิของปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องในการสร้างสาร acetaldehyde	47
2.13 แนวทางการเปลี่ยน methionins ไปเป็น acetaldehyde ของเชื้อ <i>Streptococcus Thermophilus</i>	48
2.14 ข้าวโพดหวานพันธุ์สองสี	49
2.15 ต้น และดอกคาโมมาย (Chamomile)	51
2.16 ต้นทาร์ม์ (Thyme)	52

ภาพ	หน้า	
2.17	ดัชนีเอสเอมินต์ (USA. Mint)	53
4.1	เค้าโครงผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	78
4.2	เค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแผนการทดลองแบบ P&B; N=12	82
4.3	เค้าโครงผลิตภัณฑ์จากการศึกษาระดับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมัก	90
4.4	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะความขุ่นหนืด	93
4.5	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะกลิ่นนมผง	94
4.6	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะกลิ่นข้าว โปด	95
4.7	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะกลิ่นกรด	96
4.8	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะรสเปรี้ยว	97
4.9	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะรสหวาน	98
4.10	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะการยอมรับโดยรวม	99
4.11	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้	101
4.12	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	102
4.13	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของค่าปริมาณน้ำตาลซูโครส	103
4.14	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์	104

ภาพ	หน้า
4.15 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	105
4.16 ค่าโครงสร้างผลิตภัณฑ์จากการศึกษาระดับการใช้นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส	111
4.17 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะความขุ่นหนืด	114
4.18 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะกลิ่นนมผง	115
4.19 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะกลิ่นข้าวโพด	116
4.20 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะกลิ่นกรด	117
4.21 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะรสเปรี้ยว	118
4.22 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะรสหวาน	120
4.23 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะ การยอมรับโดยรวม	121
4.24 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของปริมาณของแข็งทั้งหมด	123
4.25 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของปริมาณกรดทั้งหมด	124
4.26 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	125
4.27 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของปริมาณน้ำตาลซูโครส	126
4.28 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์	127

ภาพ	หน้า	
4.29	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	128
4.30	ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของค่าความหนืด	129
4.31	แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดก่อนการพัฒนาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดหลังทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้ว	135
4.32	การเปลี่ยนแปลง ความเป็นกรดเป็นด่าง น้ำตาลซูโครส น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด และเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น ระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง	138
4.33	การเปลี่ยนแปลงของ ค่าความหนืด ระหว่างกระบวนการหมัก ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง	139
4.34	การเปลี่ยนแปลงของ ค่าสี L ระหว่างกระบวนการหมัก ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง	139
4.35	การเปลี่ยนแปลงของ ค่าสี a ระหว่างกระบวนการหมัก ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง	140
4.36	การเปลี่ยนแปลงของ ค่าสี b ระหว่างกระบวนการหมัก ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง	140
4.37	แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง	141
4.38	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี และจุลชีวะวิทยาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	144
4.39	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	145
4.40	การเปลี่ยนแปลงของความหนืดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	147
4.41	การเปลี่ยนแปลงของค่าสี L ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	147

ภาพ	หน้า
4.42 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี a ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	148
4.43 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี b ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	148
4.44 ค่าโครงผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	150
4.45 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของความหนืด (viscosity)	154
4.46 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของค่าสี L	155
4.47 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของค่าสี a	155
4.48 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของค่าสี b	156
4.49 ค่าโครงผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพร สิ่งทดลองที่ 1-4 ที่ได้จากการทดลองแบบ Mixture design	158
4.50 ค่าโครงผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพร สิ่งทดลองที่ 5-8 ที่ได้จากการทดลองแบบ Mixture design	150
4.51 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้ จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะสี	161
4.52 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะกลิ่นสมุนไพร	161
4.53 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากการถดถอย (Regression equation) ของลักษณะการยอมรับโดยรวม	162
4.54 แผนภาพค่าโครงผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพร หลังทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้ว	167