

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ต
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การใช้สีธรรมชาติเพื่อเติมแต่งในอาหาร	4
2.2 ประวัติความเป็นมาของข้าวแดง	5
2.3 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราโมแนสคัส	6
2.4 สายพันธุ์ต่างๆ ของเชื้อราโมแนสคัส	7
2.5 คุณสมบัติและ โครงสร้างของรงควัตถุจากเชื้อราโมแนสคัส	7
2.6 ประโยชน์ของสารที่สร้างจากเชื้อราโมแนสคัส	12
2.7 ซิตรีนิน (Citrinin)	16
2.8 การหมักเชื้อราโมแนสคัสบนข้าว	22
2.9 การหมักเชื้อราโมแนสคัสในอาหารเหลว	27
2.10 งานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง	31
บทที่ 3 อุปกรณ์ สารเคมีและวิธีทดลอง	
3.1 วัสดุสำหรับการเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัส	36
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยงเชื้อราโมแนสคัส	37
3.3 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์กระบวนการเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัส	38

	3.4 แผนการทดลอง	39
บทที่ 4	ผลการทดลองและวิจารณ์	
	4.1 ผลของกลูโคส และ/หรือ แลคโตส และ โมโนโซเดียมกลูตาเมท (monosodium glutamate) หรือฮีสติดีน (L- histidine) ในอาหารเหลวสังเคราะห์ (Chemically Defined Medium) ต่อการผลิตรงควัตถุสีแดงและซีทรินิน โดยเชื้อรา <i>Morascus purpureus</i> FTCMU และ <i>Morascus ruber</i> TISTR 3006	50
	4.2 ผลของโมโนโซเดียมกลูตาเมท (monosodium glutamate) หรือฮีสติดีน (L- histidine) ในข้าว ต่อการผลิตรงควัตถุสีแดงและซีทรินิน โดยเชื้อรา <i>Morascus purpureus</i> FTCMU และ <i>Morascus ruber</i> TISTR 3006	65
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
	5.1 สรุปผลการทดลอง	80
	5.2 ข้อเสนอแนะ	81
เอกสารอ้างอิง		82
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก รูปภาพประกอบในการทดลอง	88
	ภาคผนวก ข วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี	97
	ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบ และตัวอย่าง	107
ประวัติผู้เขียน		125

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ชนิดและจำนวนของแหล่งสีที่มีการขจัดตะเข็บนลิขสิทธิ์	4
2.2 สายพันธุ์ต่างๆ ของเชื้อราโมแนสคัส	7
2.3 สารเมตาโบไลต์ที่มีประโยชน์จากเชื้อราโมแนสคัส	13
3.1 สูตรอาหารเหลวสังเคราะห์ตามแผนการทดลอง	39
3.2 ตารางการคำนวณปริมาณซิทรีนิน	46
3.3 สูตรข้าวตามแผนการทดลอง	47
4.1 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุ สีแดง และปริมาณซิทรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคส 20 กรัม/ลิตร และโมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย <i>M. purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	51
4.2 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุ สีแดง และปริมาณซิทรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคส 20 กรัม/ลิตร และซีสดีดิน 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย <i>M. purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	53
4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุ สีแดง และปริมาณซิทรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีแลคโตส 40 กรัม/ลิตร และ โมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย <i>M. purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	55

ลิขสิทธิ์ในเอกสารฉบับนี้สงวนลิขสิทธิ์ใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

- 4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุ สีแดง และปริมาณซิติรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีแลคโตส 40 กรัม/ลิตร และฮีสติดีน 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย *M. purpureus* FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 57
- 4.5 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุ สีแดงและปริมาณซิติรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคสและแลคโตส ชนิดละ 20 กรัม/ลิตร และ โมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย *M. purpureus* FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 58
- 4.6 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุ สีแดงและปริมาณซิติรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคสและแลคโตส ชนิดละ 20 กรัม/ลิตร และฮีสติดีน 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย *M. purpureus* FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 60
- 4.7 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุ สีแดงและปริมาณซิติรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคส 45 กรัม/ลิตร และ โมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 61
- 4.8 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุ สีแดงและปริมาณซิติรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคส 45 กรัม/ลิตร และฮีสติดีน 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 63
- 4.9 เปรียบเทียบคุณภาพของข้าว 3 สูตร ก่อนใช้ในการหมัก 65
- 4.10 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิติรีนิน ของข้าวที่เติมโมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/กิโลกรัม หมักโดย *M. purpureus* FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 67

4.11	การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิทรีนิน ของข้าวที่เติมฮีสติดีน 12.5 กรัม/กิโลกรัม หมักโดย <i>M purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	68
4.12	การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิทรีนิน ของข้าวหมักโดย <i>M purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	70
4.13	การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิทรีนิน ของข้าวที่เติมโมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/กิโลกรัม หมักโดย <i>M ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	71
4.14	การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิทรีนิน ของข้าวที่เติมฮีสติดีน 12.5 กรัม/กิโลกรัม หมักโดย <i>M ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	72
4.15	การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิทรีนิน ของข้าวหมักโดย <i>M ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	74
4.16	การเปรียบเทียบการสังเคราะห์รงควัตถุสีแดง สัม และเหลืองของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมัก โดยเชื้อรา <i>M purpureus</i> FTCMU และ <i>M ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	77
ค-1	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวพันธุ์ชัยนาท	108
ค-2	ส่วนประกอบสำหรับอาหารเหลวสังเคราะห์	108
ค-3	แสดงการคำนวณสัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน แต่ละสูตรอาหาร	109
ค-4	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณซิทรีนินของอาหารเหลวสังเคราะห์	110
ค-5	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณซิทรีนินของข้าวแดง	113
ค-6	การเปรียบเทียบค่าพีเอชของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M purpureus</i> FTCMU และ <i>M ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	115

ค-7	การเปรียบเทียบค่ามวลชีวภาพ (biomass) ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	115
ค-8	การเปรียบเทียบค่าการละลายของออกซิเจน (Dissolve Oxygen) ของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	116
ค-9	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลในอาหารเหลวสังเคราะห์ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	116
ค-10	การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	117
ค-11	การเปรียบเทียบสัดส่วน คาร์บอน/ไนโตรเจน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	117
ค-12	การเปรียบเทียบค่าสีแดงของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	118
ค-13	การเปรียบเทียบค่าสี L (ความสว่าง) ของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	118
ค-14	การเปรียบเทียบค่าสี a ของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	119
ค-15	การเปรียบเทียบค่าสี b ของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	119
ค-16	การเปรียบเทียบค่าพีเอชของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	120
ค-17	การเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรต (as glucose) ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	120
ค-18	การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	121

ค-19	การเปรียบเทียบสัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจนของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมัก โดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	121
ค-20	การเปรียบเทียบค่าสีแดงของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	122
ค-21	การเปรียบเทียบค่าสี L (ความสว่าง) ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	122
ค-22	การเปรียบเทียบค่าสี a ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	123
ค-23	การเปรียบเทียบค่าสี b ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	123
ค-24	การเปรียบเทียบค่าสี Hue ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	124
ค-25	การเปรียบเทียบค่าสี Chroma ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา <i>M. purpureus</i> FTCMU และ <i>M. ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน	124

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 แสดงวงจรชีวิตของเชื้อราโมแนสคัส	7
2.2 โครงสร้างของรงควัตถุที่ผลิตโดยเชื้อราโมแนสคัส	8
2.3 กลไกการสังเคราะห์รงควัตถุสีแดงที่ละลายน้ำได้ โดยเชื้อรา <i>Morascus ruber</i>	9
2.4 โครงสร้างของซิทรีนิน	17
2.5 กลไกการสังเคราะห์ซิทรีนิน โดยเชื้อรา <i>Morascus ruber</i>	19
2.6 กลไกการสังเคราะห์ซิทรีนินและรงควัตถุสีแดง โดยเชื้อรา <i>Morascus ruber</i>	20
2.7 แสดงแผนผังการทำข้าวแดง	23
3.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายซิทรีนินมาตรฐาน	46
4.1 แสดงค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง และปริมาณซิทรีนินของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคส 20 กรัม/ลิตร และโมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย <i>M. purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	51
4.2 แสดงค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง และปริมาณซิทรีนินของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคส 20 กรัม/ลิตร และ ฮีสติดีน 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย <i>M. purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	53
4.3 แสดงค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง และปริมาณซิทรีนินของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีแลคโตส 40 กรัม/ลิตร และโมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย <i>M. purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	54

- 4.4 แสดงค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง และ ปริมาณ ซิตรีนินของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีแลคโตส 40 กรัม/ลิตร และ ฮีสติดีน 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย *M. purpureus* FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 56
- 4.5 แสดงค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง และ ปริมาณซิตรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคสและแลคโตส ชนิดละ 20 กรัม/ลิตร และ โมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย *M. purpureus* FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 58
- 4.6 แสดงค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง และ ปริมาณซิตรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคสและแลคโตส ชนิดละ 20 กรัม/ลิตร และ ฮีสติดีน 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย *M. purpureus* FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 59
- 4.7 แสดงค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง และ ปริมาณซิตรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคส 45 กรัม/ลิตร และ โมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 61
- 4.8 แสดงค่าพีเอช มวลชีวภาพ ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง และ ปริมาณซิตรีนิน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่มีกลูโคส 45 กรัม/ลิตร และ ฮีสติดีน 12.5 กรัม/ลิตร หมักโดย *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 62
- 4.9 แสดงค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิตรีนิน ของข้าวที่เติมโมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/กิโลกรัม หมักโดย *M. purpureus* FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน 66

4.10	แสดงค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิทรีนิน ของข้าวที่เติมฮีสติดีน 12.5 กรัม/กิโลกรัม หมักโดย <i>M purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	68
4.11	แสดงค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิทรีนิน ของข้าวหมักโดย <i>M purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	69
4.12	แสดงค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิทรีนิน ของข้าวที่เติมโมโนโซเดียมกลูตาเมต 12.5 กรัม/กิโลกรัม หมักโดย <i>M ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	71
4.13	แสดงค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิทรีนิน ของข้าวที่เติมฮีสติดีน 12.5 กรัม/กิโลกรัม หมักโดย <i>M ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	72
4.14	แสดงค่าพีเอช ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน ปริมาณรงควัตถุสีแดง ค่าสี hue และปริมาณซิทรีนิน ของข้าว หมักโดย <i>M ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน	73
ก-1	เชื้อรา <i>Monascus purpureus</i> FTCMU บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่ 30 ^o ซ นาน 8 วัน	89
ก-2	อาหารเหลวสังเคราะห์ อ้างอิงจาก Blanc และคณะ (1995a) โดยเชื้อรา <i>Monascus ruber</i> TISTR 3006 เขย่า 300 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 วัน	89
ก-3	ข้าวแดงสูตร 3 หมักโดยเชื้อรา <i>M purpureus</i> FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 วัน	90
ก-4	ข้าวแดงสูตร 6 หมักโดยเชื้อรา <i>M ruber</i> TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 วัน	90
ก-5	ข้าวแดง 6 สูตร หมักที่อุณหภูมิห้อง ระยะ 20 วัน	91
ก-6	เครื่อง Automatic TLC Sampler III Version 2.72 (CAMAG, Switzerland)	91
ก-7	เครื่องควบคุมการไหลของน้ำยาบนแผ่น TLC อัตโนมัติ (Automatic Development Chamber ADC 20x20, Switzerland)	92
ก-8	เครื่อง Scanner 3 (CAMAG, Switzerland)	92

ก-9	เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่อง Scanner 3 (CAMAG, Switzerland)	93
ก-10	TLC ที่จุดซิริทินมาตรฐานและตัวอย่าง ภายใต้แสงยูวี 365 นาโนเมตร ก่อนการแยกด้วยเครื่องควบคุมการไหลของน้ำยาบนแผ่น TLC อัตโนมัติ	93
ก-11	TLC ที่จุดซิริทินมาตรฐานและตัวอย่าง ภายใต้แสงยูวี 365 นาโนเมตร ภายหลังการแยกเครื่องควบคุมการไหลของน้ำยาบนแผ่น TLC อัตโนมัติ สำหรับอาหารเหลวสังเคราะห์	94
ก-12	TLC ที่จุดซิริทินมาตรฐานและตัวอย่าง ภายใต้แสงยูวี 365 นาโนเมตร ภายหลังการแยกเครื่องควบคุมการไหลของน้ำยาบนแผ่น TLC อัตโนมัติ สำหรับตัวอย่างที่มีการเติมซิริทินมาตรฐาน โดยวิธีการ spike	94
ก-13	TLC ที่จุดซิริทินมาตรฐานและตัวอย่าง ภายใต้แสงยูวี 365 นาโนเมตร ภายหลังการแยกเครื่องควบคุมการไหลของน้ำยาบนแผ่น TLC อัตโนมัติ สำหรับสภาวะการแยกที่ไม่เหมาะสม	95
ก-14	ตำแหน่งการเกิด peak ของซิริทินมาตรฐานปริมาณต่างๆ กัน ผ่านเครื่อง Scanner 3 (CAMAG, Switzerland)	95
ก-15	ตำแหน่งการเกิด peak ของอาหารเหลวสังเคราะห์ ผ่านเครื่อง Scanner 3 (CAMAG, Switzerland)	96
ก-16	ตำแหน่งการเกิด peak ของข้าวแดง ผ่านเครื่อง Scanner 3 (CAMAG, Switzerland)	96