สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตงานวิจัย	2
การตรวจเอกสาร	3
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการหมัก	3
กระบวนการหมักแบบแห้ง	6
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรา	12
การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ	17
หลักการเบื้องต้นของการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์	30
ชนิดเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์	35
อุปกรณ์และวิธีการ	42
อุปกรณ์	42
วิธีการ	48
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	53
สรุป	74
ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	76
ภาคผนวก	83
ภาคผนวก ก กราฟมาตรฐาน	84
ภาคผนวก ข ตารางข้อมูลการทดลอง	85
ภาคผนวก ค วิธีการคำนวณ	90

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของประเทศในช่วงฤดูกาลต่างๆ	22
2	ระดับความชื้นที่เหมาะสมในกระบวนการต่างๆ	23
3	การเปรียบเทียบกระบวนการในเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แต่ละชนิด	41

ตารางผนวกที่

ก1	กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคซามีน	84
ข1	ความชื้นสัมพัทธ์ก่อนและหลังผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1, 2 และ3	85
ข2	อุณหภูมิในเบดบนและล่าง ในการหมักรา *R. oligosporus* ที่ใช้เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1, 2 และ3 ให้อากาศด้วยความเร็ว 0.1 เมตรต่อวินาที	85
ข3	ความชื้นในวัสดุหมัก ในการหมักรา *R. oligosporus* ที่ใช้เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1, 2 และ3 ให้อากาศด้วยความเร็ว 0.1 เมตรต่อวินาที	86
ข4	ปริมาณกลูโคซามีน ในการหมักรา *R. oligosporus* ที่ใช้เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1, 2 และ3 ให้อากาศด้วยความเร็ว 0.1 เมตรต่อวินาที	86
ข5	อุณหภูมิในเบดบนและล่าง และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศขาเข้าถังหมัก ในการหมักรา *R. oligosporus* ที่ใช้เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3 ให้อากาศด้วยความเร็ว 0.15 เมตรต่อวินาที	87
ข6	ความชื้นในวัสดุหมักและปริมาณกลูโคซามีน ในการหมักรา *R. oligosporus* ที่ใช้เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3 ให้อากาศด้วยความเร็ว 0.15 เมตรต่อวินาที	88
ข7	อุณหภูมิในเบด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศขาเข้าถังหมัก ความชื้นในวัสดุหมัก และปริมาณกลูโคซามีน ในการหมักรา *A. oryzae* ที่ใช้เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3 ให้อากาศด้วยความเร็ว 0.15 เมตรต่อวินาที	88

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรา *Rhizopus* spp	15
2	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรา *Aspergilus oryzae*	17
3	พลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ	19
4	โมเลกุลของน้ำในภาชนะ	19
5	กราฟแสดงปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศ 1 กิโลกรัมเกิดการอิ่มตัว	20
6	แผนภูมิความชื้น (psychrometric chart)	24
7	กระบวนการทำความร้อน	25
8	กระบวนการลดความชื้นโดยวิธีการเคมี	26
9	กระบวนการลดความชื้น	27
10	กระบวนการทำความเย็นและลดความชื้น	27
11	กระบวนการทำความเย็น	28
12	กระบวนการทำความเย็นและเพิ่มความชื้น	29
13	กระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้น	30
14	รูปแบบการกระจายตัวของไอน้ำ	31
15	รูปการกระจายไอน้ำในท่อส่งอากาศที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน แต่มีขนาดไม่เท่ากัน	32
16	อิทธิพลจากอุณหภูมิของอากาศที่ใช้เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์	32
17	อิทธิผลจากความเร็วอากาศในท่อส่ง	33
18	การแบ่งหัวพ่นออกเป็นชุดในท่อส่งขนาดใหญ่	33
19	รูปแสดงการติดตั้ง high-limit humidistat	34
20	การกระจายตัวของอากาศและละอองน้ำเมื่อมีแผ่นกั้นการไหลอากาศ	35
21	การเพิ่มขึ้นของความชื้นสัมพัทธ์เมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งคงที่	36
22	เครื่องเพิ่มความชื้นชนิดให้ไอน้ำโดยตรง	37
23	เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบไอน้ำสูงไอน้ำ	38
24	เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบไอน้ำชนิดไฟฟ้าไอออนนิคเบด	39
25	หัวพ่นละอองน้ำในเครื่องเพิ่มความชื้นระบบหมอก	40
26	การเพิ่มขึ้นของความชื้นสัมพัทธ์ในระบบหมอก	40
27	ระบบการหมักแบบแห้งพร้อมเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	รูประบบการหมักพร้อมเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์	43
29	ถังหมักแพคเบดแบบชั้นเดียว	44
30	ถังหมักแพคเบดแบบสองชั้น	45
31	ขนาดเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์	46
32	เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1	54
33	ผลการทดสอบเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1	54
34	เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 2	55
35	ผลการทดสอบเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 2	56
36	เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3	57
37	ผลการทดสอบเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3	58
38	การเปรียบเทียบการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1 2 และ3 รูปวัสดุหมักเบดบนและล่าง ชั่วโมงที่ 0	59
39	รูปวัสดุหมักด้านข้างในเบดบน และเบดล่าง ชั่วโมงที่ 96	60
40	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเบดบน ในการหมักรา *R. oligosporus* ใช้	60
41	อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1, 2 และ3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.1 เมตรต่อวินาที	
42	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเบดล่าง ในการหมักรา *R. oligosporus* ใช้อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1, 2 และ3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.1 เมตรต่อวินาที	61
43	การเปลี่ยนแปลงความชื้นในวัสดุหมักเบดบน ในการหมักรา *R. oligosporus* ใช้อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1, 2 และ3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.1 เมตรต่อวินาที	62
44	การเปลี่ยนแปลงความชื้นในวัสดุหมักเบดล่าง ในการหมักรา *R. oligosporus* ใช้อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1, 2 และ3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.1 เมตรต่อวินาที	63 64
45	ปริมาณกลูโคซามีนเบดบน ในการหมักรา *R. oligosporus* ใช้อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1, 2 และ3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.1 เมตรต่อวินาที	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
46	ปริมาณกลูโคซามีนเบดล่าง ในการหมักรา *R. oligosporus* ใช้อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 1, 2 และ3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.1 เมตรต่อวินาที	66
47	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเบดบนและล่าง ในการหมักรา *R. oligosporus* ใช้อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.15 เมตรต่อวินาที	67
48	การเปลี่ยนแปลงความชื้นในวัสดุหมักในเบดบนและล่าง และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศขาเข้าถังหมักแพคเบด ในการหมักรา *R. oligosporus* ใช้อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.15 เมตรต่อวินาที	68
49	ปริมาณกลูโคซามีนในเบดบนและล่าง ในการหมักรา *R. oligosporus* ใช้อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.15 เมตรต่อวินาที	69
50	รูปวัสดุหมักที่ชั่วโมงที่ 0, 24, 60 และ120	70
51	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเบด ในการเลี้ยงรา *A. oryzae* ใช้อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.15 เมตรต่อวินาที	71
52	การเปลี่ยนแปลงความชื้นในวัสดุหมักและความชื้นสัมพัทธ์ ในการเลี้ยงรา *A. oryzae* ใช้อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.15 เมตรต่อวินาที	72
53	ปริมาณกลูโคซามีน ในการเลี้ยงรา *A. oryzae* ใช้อากาศที่ผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3 ด้วยความเร็วอากาศ 0.15 เมตรต่อวินาที	73

ภาพผนวกที่

ก1	กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคซามีน	84
ค1	ถังหมักแพคเบดและพัดลมดูดอากาศ	90
ค2	ภายในเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบที่ 3	91