

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(10)
บทที่ 1	
บทนำ	
บทนำค้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
ขอบเขตงานวิจัย	7
บทที่ 2	
เซรามิกส์และผลิตภัณฑ์พอร์ซเลน	
2.1 พอร์ซเลน	8
2.1.1 เนื้อดินปั้นชนิดพอร์ซเลน	8
วัตถุดิบ	9
(1)ดิน	9
(2)กลุ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นต่าง	11
การเตรียมเนื้อดินปั้น	13
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เนื้อดินปั้น	13
2.1.2 เคลือบพอร์ซเลน	15
วัตถุประสงค์ของการเคลือบผลิตภัณฑ์	15
วัตถุดิบที่ใช้ในการเคลือบ	15
(1) กลุ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นต่าง	15
(2) กลุ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง	20
(3)กลุ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกรด	21
การจำแนกชนิดของน้ำเคลือบ	22
การเตรียมน้ำเคลือบ	23
วิธีเคลือบผลิตภัณฑ์	24
2.2 กระบวนการทางความร้อนในการผลิตเซรามิกส์	
2.2.1 การอบผลิตภัณฑ์ให้แห้ง	25

กลไกการอบผลิตภัณฑ์ให้แห้ง	26
2.2.2 การเผาผลิตภัณฑ์	28
การเผาดิบ	29
อิทธิพลของพลังงานความร้อนที่มีต่อวัตถุดิบ	
พื้นฐาน	31
อิทธิพลของพลังงานความร้อนที่มีผลต่อดินขาว	
ซิลิกา	32
อิทธิพลของพลังงานความร้อนที่มีผลต่อหินฟีนมา	33
องค์ประกอบที่มีผลต่อการสุกตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์	35
การเผาเคลือบ	37
การเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการเผา	37
การควบคุมอุณหภูมิ	38
ลักษณะที่เป็นข้อตำหนิของเคลือบ	38
- การรานตัว	38
- การเกิดรูเข็ม	38
- ผิวผลิตภัณฑ์ถูกเคลือบเป็นหย่อมๆ	39
- ผิวผลิตภัณฑ์เป็นคลื่น	39
- การร่อนจากเนื้อดินปั้น	39
- ผิวเคลือบด้าน	39
การตรวจสอบคุณสมบัติของเคลือบ	39
2.3 สมดุลระหว่างวัฏภาค	41
สมดุลระหว่างวัฏภาค	42
ระบบโปแตสเซียมออกไซด์-อะลูมินา-ซิลิกา	42
ระบบโซเดียมออกไซด์-อะลูมินา-ซิลิกา	43
2.4 การกำหนดสูตรเนื้อดินปั้น	46
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	
3.1 การทดลองหาสูตรเนื้อดินปั้น	53
3.1.1 อุปกรณ์	53
3.1.2 วัตถุดิบ	53
3.1.3 การดำเนินการทดลอง	53
3.1.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพหลังแยกเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	59

1. การหา %water absorption	59
2. การหา % loss on drying และ % loss on ignition	60
3. การหา % firing shrinkage	60
4. การทดสอบแรงต้านทานตามขวาง (MOR)	62
3.1.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	64
1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและการคัดเลือกชนิด ของวัสดุคิบ	64
2. ส่วนผสมของเนื้อผลิตภัณฑ์ที่คำนวณได้	66
3. คุณสมบัติต่างๆของเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่างๆ	70
3.1.6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	86
3.2 การทดลองหาสูตรเคลือบพอร์ซเลน	88
3.2.1 วัสดุคิบ	88
1. เนื้อดินปั้น	89
1.1 การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการขึ้น รูปแบบอัดแห้ง	89
1.2 การหาค่าการหดตัว การสูญเสียน้ำหนัก การดูดซึมน้ำและความต้านทานแรงตาม ขวางของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผา	90
2. เคลือบ	92
2.1 การเตรียมเนื้อดินปั้นสำหรับการทดลองสูตร เคลือบ	92
2.2 การหาสูตรเคลือบที่เหมาะสม	92
3. การปรับปรุงสูตรเคลือบ	94
3.1 การปรับปรุงเคลือบโดยใช้แคลเซียม คาร์บอเนต	94
3.2 การปรับปรุงเคลือบโดยการใช้ซิงค์ออกไซด์ และโคโลไมด์	95
3.3 การปรับปรุงเคลือบโดยใช้แบเรียมคาร์บอเนต	97
3.4 การปรับปรุงเคลือบโดยใช้โปแตสเซียมเฟลด์ สปาร์แทนโซเดียมเฟลด์สปาร์บางส่วนในเคลือบ สูตรที่ 54	97

	3.5 การปรับปรุงเคลือบโดยการลดขนาดอนุภาคของ วัตถุคิบ	99
	3.6 การปรับปรุงเคลือบโดยการเพิ่มอุณหภูมิในการเผา เคลือบ	99
บทที่ 4	การวิเคราะห์ผลการทดลอง	
	4.1 ผลและวิเคราะห์ผลการหาสูตรเนื้อคิบบนสำหรับเคลือบและ สูตรเคลือบ	101
	1. เนื้อคิบบนสำหรับเคลือบ	101
	วิเคราะห์ผลการทดลอง	102
	2. ผลและการวิเคราะห์ของเคลือบ	
	111	
	วิเคราะห์ผลการทดลอง	113
	3. ผลและการวิเคราะห์ของการปรับปรุงเคลือบ	116
	3.1 โดยการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต	116
	3.2 โดยการเติมซิงค์ออกไซด์และโคโกลไมต์	117
	3.3 โดยการเติมแบเรียมคาร์บอเนต	126
	3.4 โดยการใส่โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์แทนโซเดียม เฟลด์สปาร์บางส่วน	
	127	
	3.5 โดยการลดขนาดอนุภาควัตถุคิบ	129
	3.6 โดยการเพิ่มอุณหภูมิ	130
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย	138
	บรรณานุกรม	168 48
	ภาคผนวก	144

	หน้า	
สารบัญดาราง		
ตารางที่ 1.1	สูตรเนื้อดินปั้นของสุรพล (2535)	2
ตารางที่ 1.2	สูตรเนื้อดินปั้นพอร์ซเลนของพัชรี (2535)	3
ตารางที่ 1.3	สูตรเนื้อดินปั้นพอร์ซเลนของอัมรินทร์ (2530)	3
ตารางที่ 1.4	สูตรน้ำเคลือบของอัมรินทร์ (2530)	3
ตารางที่ 1.5	สูตรเนื้อดินปั้นและเคลือบพอร์ซเลนของวิภูล (2529)	5
ตารางที่ 1.6ก.	สูตรเนื้อดินปั้นพอร์ซเลนของสมโชคและกิตติพร (2536)	6
ตารางที่ 1.6 ข.	สูตรน้ำเคลือบพอร์ซเลนของสมโชคและกิตติพร (2536)	6
ตารางที่ 2.1	คุณสมบัติต่างๆของเฟลด์สปาร์	12
ตารางที่ 2.2	ส่วนประกอบของเนื้อดินปั้นชนิด triaxial ที่อุณหภูมิต่างๆ	30
ตารางที่ 3.1	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบ	64
ตารางที่ 3.2	ส่วนผสมของเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่างๆ	66
ตารางที่ 3.3	ส่วนผสมของเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรที่ 7	88
ตารางที่ 3.4	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย ¹	89
ตารางที่ 3.5	อัตราส่วนของเนื้อดินปั้นที่ใช้ในการวิจัย	89
ตารางที่ 3.6	สูตรเคลือบที่ประกอบด้วย โซเดียมเฟลด์สปาร์ดินผสมและทรายแก้ว	93
ตารางที่ 3.7	ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เติมลงในแต่ละส่วน	94
ตารางที่ 3.8	ปริมาณซิงค์ออกไซด์และโคโลไมด์ที่เติมลงในแต่ละส่วน ชุดที่ 1	95
ตารางที่ 3.9	ปริมาณซิงค์ออกไซด์และโคโลไมด์ที่เติมลงในแต่ละส่วน ชุดที่ 2	96
ตารางที่ 3.10	ปริมาณซิงค์ออกไซด์และโคโลไมด์ที่เติมลงในแต่ละส่วน ชุดที่ 3	96
ตารางที่ 3.11	ปริมาณแบเรียมคาร์บอเนตที่เติมลงในแต่ละส่วน	97
ตารางที่ 4.1	อิทธิพลของปริมาณน้ำในการขึ้นรูปแบบอัดแห้งต่อคุณภาพเนื้อดินปั้น หลังการเผา	101
ตารางที่ 4.2	การหาชิ้นงานเสียเมื่อใช้ปริมาณน้ำร้อยละ 3	102
ตารางที่ 4.3	ผลการหดตัวของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,250°ซ.	103
ตารางที่ 4.4	ผลการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,250°ซ.	105
ตารางที่ 4.5	ผลการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,250°ซ.	107
ตารางที่ 4.6	ผลการทดสอบความต้านทานแรงตามขวางของเนื้อดินปั้นภายหลัง การเผาที่ อุณหภูมิ 1,250°ซ.	109
ตารางที่ 4.7	ผลการทดสอบหาสูตรเคลือบ	111
ตารางที่ 4.8	ผลการปรับปรุงสูตรเคลือบ โดยการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO ₃)	116
ตารางที่ 4.9	ผลการสรุปสูตรเคลือบโดยการเติมซิงค์ออกไซด์และโคโลไมด์ชุดที่ 1	117

ตารางที่ 4.10	ผลการสรุปสูตรเคลือบโดยการเติมซิงค์ออกไซด์และโคโโตไมด์ซุดที่ 2	119
ตารางที่ 4.11	ผลการสรุปสูตรเคลือบโดยการเติมซิงค์ออกไซด์และโคโโตไมด์ซุดที่ 3	122
ตารางที่ 4.12	ผลการทำซ้ำสูตรเคลือบที่ 52-57 ¹	123
ตารางที่ 4.13	ผลเคลือบสูตรที่ 54-57 วันที่ 2 ¹	124
ตารางที่ 4.14	ผลการปรับปรุงเคลือบโดยการเติมแบเรียมคาร์บอเนต ¹	125
ตารางที่ 4.15	แสดงการปรับปรุงเคลือบโดยใช้แคลเซียมเฟลด์สปาร์แทน โซเดียมเฟลด์สปาร์บางส่วน ¹	126
ตารางที่ 4.16	แสดงการลดขนาดอนุภาคของเคลือบสูตร จากเล็กกว่า 195 ไมครอนเป็น เล็กกว่า 74 ไมครอน	128
ตารางที่ 4.17	ผลการปรับปรุงสูตรเคลือบที่ 54 โดยการเผาที่ 1,270°ซ.	129
ตารางที่ 4.18	ผลการปรับปรุงสูตรเคลือบที่ 54 โดยการเผาที่ 1,300°ซ.	130
ตารางที่ 4.19	ผลการปรับปรุงสูตรเคลือบที่ 54 โดยการเผาที่ 1,310°ซ.	131
ตารางที่ 4.20	ผลการปรับปรุงสูตรเคลือบที่ 54 โดยการเผาที่ 1,330°ซ.	132
ตารางที่ 4.21	ผลการทดสอบการรานตัวด้วยออโตกราฟ	133
ตารางที่ 4.22	ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ	133
ตารางที่ 4.23	ผลการทดสอบการทนทานต่อสารเคมี	134
ตารางที่ 4.24	ผลการทดสอบการทนทานต่อการขัดสี	135
ตารางที่ 4.25	ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำเฉพาะเคลือบ	136
ตารางที่ a.1	ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ	144
ตารางที่ a.2	ผลการทดสอบการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบและหลังการเผาของเนื้อผลิตภัณฑ์ สูตรต่าง ๆ	144
ตารางที่ a.3	ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังการอบและหลังการเผาของเนื้อผลิตภัณฑ์ สูตรต่าง ๆ	150
ตารางที่ a.4	ผลการทดสอบ modulus of rupture ของเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ	152
ตารางที่ a.5	แสดง m.o.r. เทียบกับเปอร์เซ็นต์ของธาตุต่าง ๆ ในส่วนผสมของเนื้อผลิตภัณฑ์	157
ตารางที่ a.6	แสดง firing schedule	158
ตารางที่ a.7	สรุปข้อมูลน้ำหนักก่อนและหลังการเผาเนื้อดินปั้น	165

สารบัญรูป	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะของน้ำในผลิตภัณฑ์	26
รูปที่ 2.2 การหดตัวของดินชนิดต่าง ๆ	27
รูปที่ 2.3 การประสานตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์ในการเผา	29
รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวของผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ กับอุณหภูมิการเผา	31
รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการพองตัวของผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ กับอุณหภูมิการเผา	31
รูปที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นและความพองของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	33
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อสารที่เกิดขึ้นโดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์ Triaxial	34
รูปที่ 2.8 การควบคุมอุณหภูมิตามความยาวของเตา	35
รูปที่ 2.9 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการเผาเซรามิกส์ต่อความพองและเปอร์เซ็นต์การหดตัว	36
รูปที่ 2.10 ระบบสมดุลระหว่างวิภาคของส่วนผสม K_2O , Al_2O_3 และ SiO_2	44
รูปที่ 2.11 ระบบสมดุลระหว่างวิภาคของส่วนผสม Na_2O , Al_2O_3 และ SiO_2	45
รูปที่ 2.12 การกำหนดสูตรเนื้อดินปั้น	
รูปที่ 3.1 ลักษณะของ Cone ในการคัดเลือกวัสดุดิบ	55
รูปที่ 3.2 เครื่อง atomic absorption	57
รูปที่ 3.3 การขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแบบ hydraulic pressure	58
รูปที่ 3.4 การทดสอบการหดตัวของชั้นทดสอบ	61
รูปที่ 3.5 การทดสอบความต้านทานแรงตามขวาง	63
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % water absorption กับ formula (base on firing)	70
รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % water absorption กับ formula (base on absorption)	71
รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % water absorption กับ formula (base on firing)	72
รูปที่ 3.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % water absorption กับ formula (base on absorption)	73
รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % loss on drying ของเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ (base on wet)	74
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % loss on drying ของเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ	

(base on drying)	75
รูปที่ 3.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % loss on ignition กับเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ (base on firing)	76
รูปที่ 3.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % loss on ignition กับเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ (base on drying)	77
รูปที่ 3.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % shrinkage กับเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ (base on wet)	78
รูปที่ 3.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % shrinkage กับเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ (base on drying)	79
รูปที่ 3.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % shrinkage กับเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ (base on drying)	80
รูปที่ 3.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % shrinkage กับเนื้อผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ (base on firing)	81
รูปที่ 3.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง m.o.r กับ formula	82
รูปที่ 3.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง m.o.r กับ silica oxide	83
รูปที่ 3.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง m.o.r กับ potassium oxide	84
รูปที่ 3.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง m.o.r กับ alumina	85
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสูตรเคลือบที่โซเดียมเฟลด์สปาร์คงที่ที่ 70 กรัมกับการ รานตัว	114
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสูตรเคลือบที่เดมซิงค์ออกไซด์ชุดที่ 2 กับการรานตัว	121
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสูตรเคลือบที่เดมซิงค์ออกไซด์ชุดที่ 2 กลุ่มที่ 3 กับการ รานตัว	121
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสูตรเคลือบที่เดมซิงค์ออกไซด์ชุดที่ 3 กับการรานตัว	123
รูปที่ a.1 กราฟแสดง firing curve เมื่อเผาที่ 1010° C	159
รูปที่ a.2 กราฟแสดง firing curve เมื่อเผาที่ 1210° C	160