

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 6 ว

การควบคุมปริมาณเกลือละลายน้ำซัลเฟตในดินราชบุรี

ของ

นางชลีย์ ศรีสุข
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

ผู้ร่วมดำเนินการ

นางสาวอรรวรรณ ไพบูลย์วัฒนผล
นักวิทยาศาสตร์ 5

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการผลิตเซรามิก

สำนักเทคโนโลยีชุมชน
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ. 2547

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 6 ว

การควบคุมปริมาณเกลือละลายน้ำซัลเฟตในดินราชบุรี

เลขที่	๑๗ ๗๘
	๑๐๒
เลขทะเบียน	๑๒๓๑๔
วันที่	๑๗ / ๕.๑. / ๕๕

ของ

นางชลีย์ ศรีสุข
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

ผู้ร่วมดำเนินการ

นางสาวอรรวรรณ ไพบูลย์วัฒนผล
นักวิทยาศาสตร์ 5

ด้วยอภิเนทนการ
จาก
..... ก.ศ.

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการผลิตเซรามิก
สำนักเทคโนโลยีชุมชน
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
พ.ศ. 2547

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรี เป็นการศึกษาเพื่อหาวิธีควบคุมปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำในเนื้อดินราชบุรี เนื่องจากเกลือดังกล่าวทำให้เกิดตำหนิบนผลิตภัณฑ์ จึงนำเนื้อดินที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตของโรงโองราชบุรีมาทดสอบเพื่อหาปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำ และทำการทดลองควบคุมปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำโดยใช้สารแบเรียมคาร์บอเนต ($BaCO_3$) และแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) เติมลงในดินร้อยละ 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 ของน้ำหนักดิน พบว่าเนื้อดินราชบุรีที่ผ่านการหมัก 2-3 วัน สภาวะเหมาะสมที่สามารถจะควบคุมปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำได้โดยไม่มีผลกระทบคือ การเติมแบเรียมคาร์บอเนตร้อยละ 1 หรือการเติมแบเรียมคลอไรด์ร้อยละ 0.75 ของน้ำหนักดิน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญรูป	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 สภาพปัญหาและที่มาของการศึกษาวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ระยะเวลาการดำเนินการ	2
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	3
บทที่ 3 การดำเนินการศึกษาวิจัย	10
3.1 วัตถุประสงค์	10
3.2 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์	10
3.3 สารเคมี	10
3.4 วิธีดำเนินการ	11
บทที่ 4 ผลการทดลอง	13
บทที่ 5 วิจัยสรุปลง ข้อเสนอนั้น	20
5.1 วิจัยสรุปลง	20
5.2 สรุปลง	22
5.3 ข้อเสนอนั้น	22
กิตติกรรมประกาศ	23
เอกสารอ้างอิง	24

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. จุดสลายตัวและผลผลิตที่เกิดขึ้นจากเกลือซัลเฟต	4
2. องค์ประกอบของเกลือละลายน้ำ (Soluble salts) ที่วิเคราะห์ได้จากจุดจี้เกลือบนผิวโอง	7
3. แสดงการแบ่งเกรดดินตามปริมาณคาร์บอนและซัลเฟต	9
4. องค์ประกอบเคมีของเนื้อดินราชบุรี	13
5. ข้อมูลการดูดกลืนแสง ของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต	14
6. ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำ	15
7. ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตหลังจากเติม BaCO_3	16
8. ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตหลังจากเติม BaCl_2	17

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. แสดงการสลายตัวของเกลือซัลเฟตในดิน (a) และ (b)	5
2. เวลาในการเก็บดินที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเกลือละลายน้ำซัลเฟต	6
3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของซัลเฟต	14
4. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ SO_4^{2-} และ BaCO_3 ที่เติม	16
5. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ SO_4^{2-} และ BaCl_2 ที่เติม	17
6. ชั้นทดสอบของเนื้อดินที่มีปริมาณซัลเฟตสูง	18
7. ชั้นทดสอบของเนื้อดินหลังจากเติมสารแบเรียมคาร์บอเนต	18
8. ชั้นทดสอบของเนื้อดินหลังจากเติมสารแบเรียมคลอไรด์	19

บทที่ 1

บทนำ

1.1 สภาพปัญหา และ ที่มาของการศึกษาวิจัย

จากการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก ได้เข้าไปศึกษาหาข้อมูลเพื่อช่วยแก้ปัญหา การสูญเสียของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตของ โรง โอง์ราชบุรีตาม โครงการพัฒนา ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรี โดยการเข้าไปเก็บข้อมูลการผลิตการศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ ที่นำมาใช้ ขั้นตอนกระบวนการผลิตเพื่อหาทางแก้ปัญหาการสูญเสียของผลิตภัณฑ์ให้น้อยลง พบว่า สาเหตุสำคัญหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียเกิดจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตนั่นเอง จากการเก็บตัวอย่างดินจาก โรงงานที่เข้าร่วม โครงการมาศึกษาหาค่าประกอบทางเคมี พบว่าองค์ประกอบทางเคมี ของดินแต่ละ โรงงานมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากผู้ประกอบการ โรง โอง์ราชบุรีนำดินมาจากแหล่ง เดียวกัน ซึ่งแหล่งดินที่ โรง โอง์ราชบุรีนำมาใช้เป็นวัตถุดิบนั้นเป็นดินเหนียวจากท้องนา ซึ่งเป็นชั้น ตะกอนที่เกิดจากการสะสมตัวโดยทางน้ำบนแผ่นดิน ดินเหล่านี้จะมีส่วนผสมของเปลือกหอย เม็ดหินปูน และเกลือละลายน้ำมากมายปะปนกันอยู่ ซึ่งมลทินเหล่านี้เป็นสาเหตุให้เกิดตำหนิบน ผลิตภัณฑ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก ได้พยายามศึกษาหาทางแก้ปัญหาโดยปรับปรุง วิธีการเตรียมเนื้อดินใหม่ จากเดิมที่ โรงงาน ใช้ดินดิบราชบุรีมาผสมกับทรายแม่น้ำและน้ำ หมักรวม กัน 2-3 วันแล้วนำมาผ่านเข้าเครื่องโม่ หลังจากนั้นนำมาผ่านเครื่องรีดดินแล้วจึงนำมาใช้ได้เลย มี การเปลี่ยนวิธีเตรียมดินใหม่ โดยการนำดินมาตากแห้งและบดย่อยก่อนนำมาผสมกับทรายที่คัด ขนาดแล้วผสมกันแบบแห้ง แล้วนำส่วนผสมที่ได้มาผสมน้ำ หมักทิ้งไว้ก่อนแล้วจึงนำมาผ่านเครื่อง รีดก่อนนำดินมาใช้ วิธีการดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาตำหนิบนผิวผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากหินปูนเศษ เปลือกหอยที่ปะปนมาในวัตถุดิบ สามารถลดการสูญเสียได้ระดับหนึ่งแต่ยังพบปัญหาเรื่องการ หลุดล่อนของเคลือบอยู่ และจากการสังเกตผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำดินราชบุรีมาทดลองขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์ที่ โรงงาน ของศูนย์ฯ พบว่าหลังจากผลิตภัณฑ์แห้งพบคราบเกลือขาวๆบนผิวผลิตภัณฑ์ ประกอบกับผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินที่นำมาจาก โรง โอง์ในราชบุรี พบว่าดินที่ใช้ เป็นวัตถุดิบของ โรง โอง์ราชบุรีส่วนใหญ่มีปริมาณของเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำ (soluble sulphate) อยู่ค่อนข้างสูง ซึ่งสารประกอบซัลเฟตเหล่านี้ จะมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เซรามิกอย่างมาก ดังนั้นศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก จึงได้ทำการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการเพื่อหาแนว ทางควบคุมปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำในดินราชบุรี

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อหาวิธีควบคุมปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำในเนื้อดินราชบุรี

1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำของดินราชบุรี
- 1.3.2 ศึกษาทดลองลดปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำในเนื้อดินราชบุรีโดยการเติมแบเรียมคาร์บอเนต หรือแบเรียมคลอไรด์
- 1.3.3 ศึกษาทดลองนำดินที่ผสมเกลือแบเรียมในปริมาณที่เหมาะสมทั้ง 2 ชนิด ทำจั่นทดสอบเปรียบเทียบผลกับดินที่ไม่ได้ใส่สารควบคุม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้สารที่เป็นตัวควบคุมปริมาณเกลือซัลเฟตในดิน
- 1.4.2 ได้วิธีการลดปริมาณเกลือซัลเฟตในดิน
- 1.4.3 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงเนื้อดินของโรงงานที่มีปัญหาคราบขาวบนผลิตภัณฑ์

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

กุมภาพันธ์ 2544 – กรกฎาคม 2544 (6 เดือน)

บทที่ 2 วารสารปริทัศน์

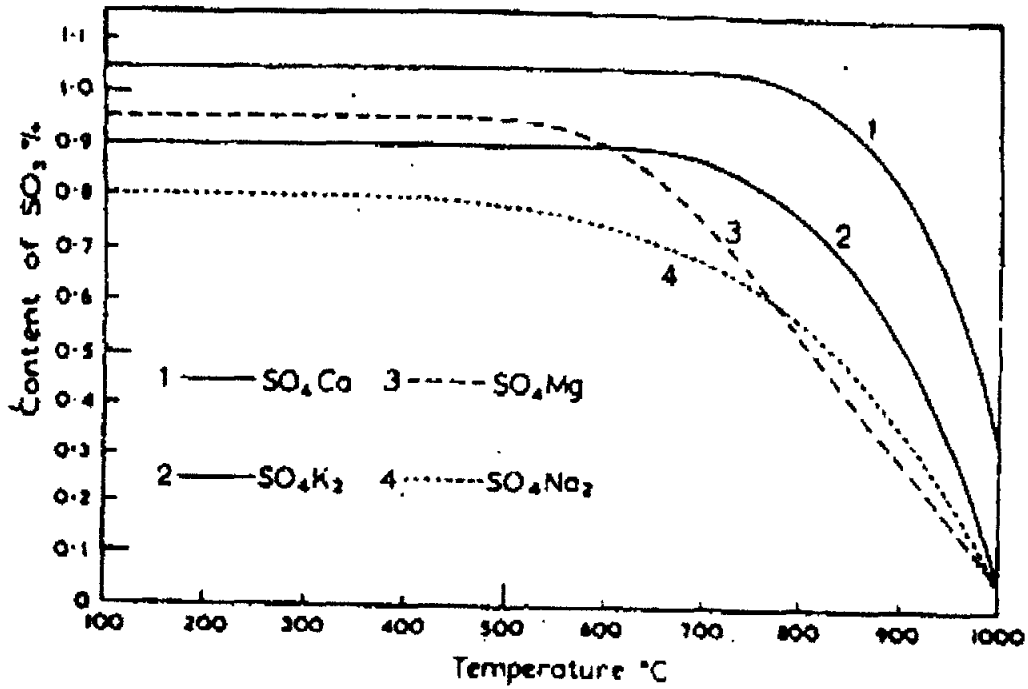
ดินเป็นวัตถุดิบที่สำคัญมากที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิก ดินเป็นสารประกอบ Hydrrous aluminium silicate มีสูตร $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ มีส่วนประกอบ และโครงสร้างของผลึกแน่นอน แต่เนื่องจากดินเกิดจากการแปรสภาพมาจากหินทำให้มีมลทินติดมาด้วยจากแหล่งกำเนิด เช่น อินทรีย์วัตถุ เหล็ก ดินาเนียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม คาร์บอนेट และซัลเฟต มลทินเหล่านี้มีผลต่อสมบัติของดินที่นำไปใช้ในงานเซรามิก และบางชนิดอาจเป็นสาเหตุให้เกิดตำหนิขึ้นในผลิตภัณฑ์ ซัลเฟตเป็นมลทินหนึ่งที่ปะปนมาในวัตถุดิบที่นำมาใช้ใน อุตสาหกรรมเซรามิก ซึ่งจะมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก สารประกอบซัลเฟตที่ปะปนมาในวัตถุดิบนั้นมาจาก 2 แหล่ง แหล่งแรกคือดินที่ใช้เป็นวัตถุดิบ แหล่งที่สองคือน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ดิน ดินเหนียวที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกนั้น มักจะมีสารประกอบซัลเฟตปะปนอยู่ เช่น แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) ซึ่งเมื่อดอกแห้ง ผลิตภัณฑ์เกลือเหล่านี้จะเคลื่อนมาอยู่ตามผิวของผลิตภัณฑ์เป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์มีคราบขาว ภายหลังจากเผา สารประกอบซัลเฟตเหล่านี้เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะสลายให้ออกไซด์ของโลหะนั้นกับก๊าซต่างๆ (ตารางที่ 1) ก๊าซที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะมีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบและเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดตำหนิต่างๆ บนเคลือบ ปฏิบัติการสลายตัวของสารประกอบซัลเฟตที่มีในเนื้อดินเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของการเผา อย่างเช่นในกรณีของแมกนีเซียมซัลเฟต ซึ่งเป็นอันตรายต่อเคลือบอย่างมากรุน ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส จะเกิดการสลายตัวเมื่อมีการเผาอย่างรวดเร็ว แต่จะไม่สลายตัวเมื่อการเผาเป็นไปอย่างช้า ๆ ในทำนองเดียวกันที่อุณหภูมิดังกล่าว ถ้าในบรรยากาศของเตามีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ และการเผาเป็นไปอย่างช้า ๆ จะเป็นอันตรายต่อเคลือบของผลิตภัณฑ์มากกว่าการเผาแบบเร็ว เนื่องจากออกซิเจนภายในเตาจะทำปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์มากขึ้น ก๊าซที่เกิดขึ้นไม่สามารถระบายได้ดีในเตาเผาที่กำลังเผาผลิตภัณฑ์ซึ่งวัตถุดิบยังไม่หลอม บรรยากาศในเตายังมีไอน้ำอยู่ ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์จะรวมตัวกับน้ำกลายเป็นกรดซัลฟูริก กรดนี้จะทำปฏิกิริยากับด่างในส่วนประกอบของเคลือบเกิดเป็นเกลือซัลเฟตต่าง ๆ และคงสภาพอยู่กับผลิตภัณฑ์จนอุณหภูมิสูงขึ้นจะสลายตัวทำให้เกิดฟองก๊าซเป็นแผลพุพอง เคลือบไม่มีความมัน ทำให้เกิดเคลือบด้าน

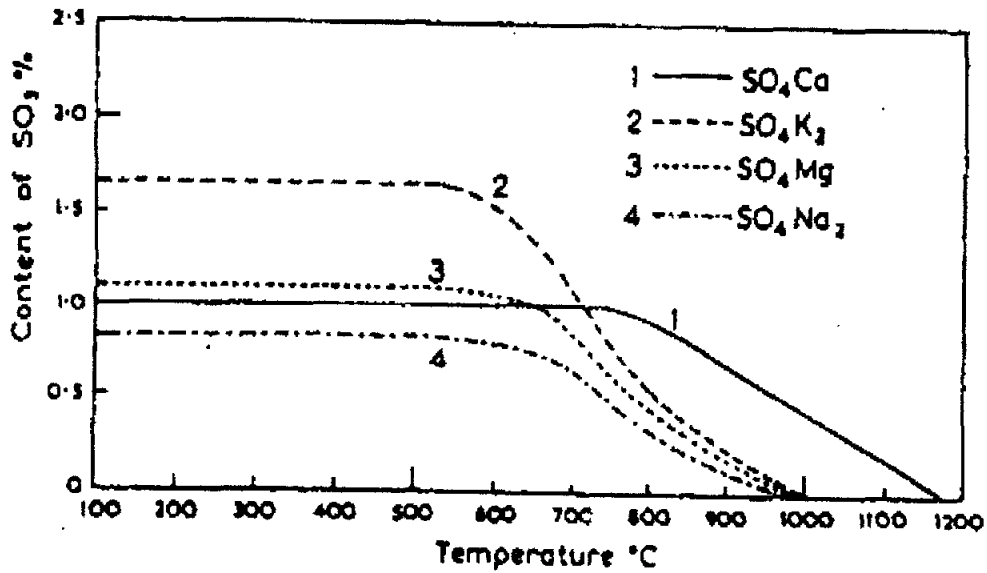
ตารางที่ 1 จุดสลายตัวและผลผลิตที่เกิดขึ้นจากเกลือซัลเฟต

Sulphate	Decomposition begins at	Rapid decomposition	Product of decomposition	Colour of product
	°C	°C		
FeSO ₄	167	480	Fe ₂ O ₃ .2SO ₃	Yellow brown
Fe ₂ O ₃ .2SO ₃	492	560	Fe ₂ O ₃	Red
Al ₂ (SO ₄) ₃	590	639	Al ₂ O ₃	White
CuSO ₄	653	670	2CuO.SO ₃	Orange
MnSO ₄	699	790	Mn ₃ O ₄	Red
ZnSO ₄	702	720	3ZnO.2SO ₃	White
2CuO.SO ₃	702	736	CuO	Black
NiSO ₄	702	764	NiO	Green
CoSO ₄	720	770	CoO	Brown
3ZnO.2SO ₃	755	767	ZnO	White
MgSO ₄	890	972	MgO	White
CaSO ₄	1200	-	CaO	White
BaSO ₄	1510	-	BaO	White

การสลายตัวของสารประกอบซัลเฟตในเนื้อดินแต่ละชนิดที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตนั้น จะสลายตัวได้เร็วหรือช้าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของดินชนิดนั้นๆ เช่น แมกนีเซียมซัลเฟตในดินเคโอลินที่ไม่มีหินปูนจะสลายตัวได้เร็วกว่าในดินเคโอลิน (รูปที่ 1) ถ้าการสลายตัวของสารประกอบซัลเฟตเกิดขึ้นหลังจากที่ผลิตภัณฑ์เกิดการสุกตัว (vitrification) จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการบวม (bloating) และเคลือบพอง (blister)



(a) a kaolin without lime

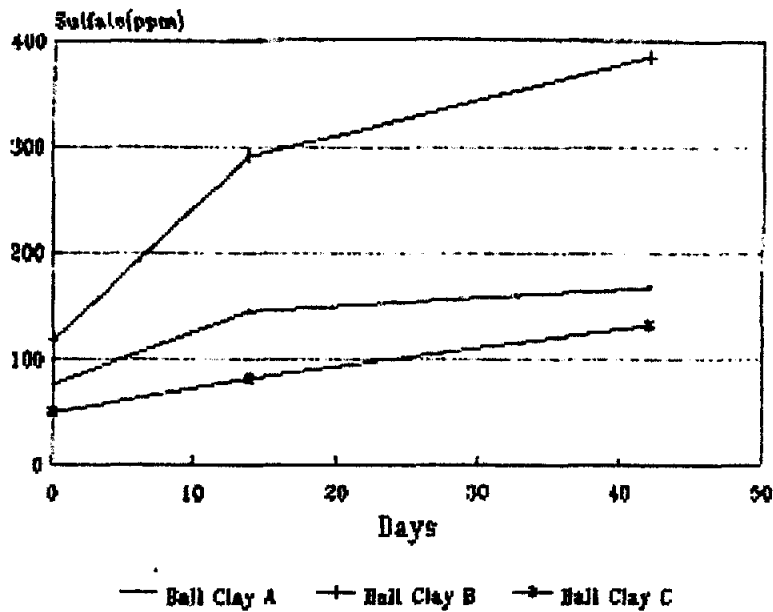


(b) a kaolin

รูปที่ 1 แสดงการสลายตัวของเกลือซัลเฟตในดิน (a) และ (b)

จากหนังสือ Industrial ceramic by Sonja S. Singer

นอกจากนี้เกลือซัลเฟตของแคลเซียมและแมกนีเซียม ยังมีสมบัติในการละลายน้ำได้ดี ปริมาณของเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำ ที่พบในดินแต่ละแหล่งจะมีมากน้อยแตกต่างกัน การขุดดินจากแหล่งดินขึ้นมาเก็บไว้นานๆ สารประกอบซัลไฟด์ในดินจะถูกออกซิเจนในอากาศออกซิไดซ์ให้เป็นสารประกอบซัลเฟตของเหล็ก แคลเซียม และแมกนีเซียมเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เวลาในการเก็บดินมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณซัลเฟต

ปริมาณซัลเฟตที่จะละลายออกมาจากเนื้อดินนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ระยะเวลาที่ซัลเฟตสามารถละลายออกมาได้ อุณหภูมิของน้ำที่เป็นส่วนผสม ความรุนแรงของการกวน เป็นต้น

น้ำ เป็นวัตถุดิบที่สำคัญมากเช่นกันในกระบวนการผลิตเซรามิก น้ำที่ใช้อาจเป็นน้ำบาดาล น้ำจากแม่น้ำ ทะเลสาบ แหล่งน้ำบาดาลจะมีปริมาณเกลือละลายน้ำที่ค่อนข้างคงที่ และไม่ค่อยพบสารแขวนลอยอยู่ เนื่องจากแนวทางการไหลของน้ำไปยังลำธารใต้ดินไม่ถูกผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมบนดิน น้ำจากบ่อตื้น แม่น้ำ จะมีปริมาณแร่ธาตุที่พบไม่คงที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล และมีสารแขวนลอยปนอยู่ด้วยเสมอ การนำน้ำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างมากคือความกระด้าง (hardness) ความกระด้างของน้ำมาจากแมกนีเซียมหรือแคลเซียมของซัลเฟต-คลอไรด์ หรือไบคาร์บอเนต การที่น้ำมีไอออนของแคลเซียมและซัลเฟตสูง จะมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์เซรามิกเป็นอย่างมากเช่นกัน

ผลกระทบของปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำในวัตถุดิบที่มีต่อผลิตภัณฑ์เซรามิกนั้น ถ้าในวัตถุดิบมีปริมาณของเกลือซัลเฟตปะปนอยู่ หลังจากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์และผ่านการอบแห้งระหว่างการอบแห้งนั้น น้ำจะเคลื่อนที่ไปที่ผิวของผลิตภัณฑ์โดย capillary action จึงมีการสะสมของเกลือซัลเฟตที่ผิวของผลิตภัณฑ์ขณะที่น้ำระเหยออกไป ทำให้เกิดคราบสีขาวบนผิวผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเกิดขึ้นมากบริเวณมุมและขอบของผลิตภัณฑ์เมื่อทำการเผาดิบ (biscuit firing) ความพรุนตัวบริเวณนี้จะน้อยลง ทำให้การเคลือบบริเวณนี้เคลือบไม่ค่อยติด หรือผลิตภัณฑ์ที่มีการเคลือบหลังจากอบแห้งและเผาผลิตภัณฑ์พร้อมเคลือบ (one firing) จะพบฟองอากาศขนาดเล็ก ๆ และแผลมาก

มาได้เคลือบของผลิตภัณฑ์ที่เผาแล้ว เหตุที่เกิดเช่นนี้เนื่องจากการสะสมของเกลือละลายน้ำที่ผิวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งในขณะที่เผาเกิดการแตกสลายตัวของเกลือคาร์บอเนต เกลือซัลเฟต และอื่นๆ ทำให้เกิดก๊าซ ประกอบกับการเชื่อมตัวที่ผิวของผลิตภัณฑ์ทำให้ก๊าซออกไม่ได้จึงเกิดการปูดบวมและเคลือบพอง

จากรายงานการศึกษาคราบสีขาวหรือซีเกลือบนผิวผลิตภัณฑ์ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากอบแห้งหรือผ่านการเผาแล้ว พบว่าคราบเกลือเหล่านี้เป็นผลมาจากเกลือละลายน้ำที่ปะปนอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาใช้ ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2

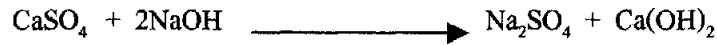
ตารางที่ 2 องค์ประกอบของเกลือละลายน้ำ (Soluble salts) ที่วิเคราะห์ได้จากจุดซีเกลือบนผิวโอง

องค์ประกอบ	ปริมาณองค์ประกอบโดยน้ำหนัก	
	ppm	ร้อยละ
โซเดียม (Na)	0	0
โพแทสเซียม (K)	6,800	0.70
แคลเซียม (Ca)	27,000	2.70
แมกนีเซียม (Mg)	85,000	8.50
คลอไรด์ (Cl)	3,000	0.30
ซัลเฟต (SO ₄)	4×10^5	40
ไนเตรต (NO ₃)	0	0
ไนไตรต์ (NO ₂)	120	0.01
Total Hardness as CaCO ₃	42×10^4	42

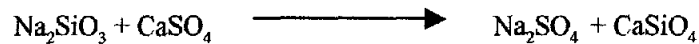
* ที่มา กลุ่มวิจัยแร่อุตสาหกรรม กองการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี

ปริมาณซัลเฟตที่มีอยู่ในวัตถุดิบ นอกจากจะมีผลกระทบต่อเคลือบและการตกแต่งผลิตภัณฑ์แล้ว ยังมีผลต่อการเกาะตัวกันของอนุภาคในน้ำดิน โดยปกติสมบัติของอนุภาคของดินที่ผิวจะมีพันธะไม่สมบูรณ์ จึงสามารถดูดซับไอออนบวกไว้ที่ผิวของมัน โดยไอออน +3, +2, +1 จะถูกดูดซับที่ผิวดินได้จากมากไปหาน้อยเรียงตามลำดับ ถ้าในเนื้อดินมีเกลือที่ละลายน้ำปะปนอยู่และเป็นไอออนบวกสอง เช่น Ca⁺² เมื่อเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ลงไปจะไม่สามารถทำให้กลุ่มดินเหล่านี้กระจาย

ตัวได้ แต่ถ้าเติม โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) จะทำให้เนื้อดินกระจายตัวได้ดีขึ้น เพราะเมื่อเติม NaOH ลงไป Ca^{+2} จะทำปฏิกิริยากับ NaOH ได้ Na_2SO_4 และ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ดังสมการ



$\text{Ca}(\text{OH})_2$ มีสมบัติในการละลายน้ำ จึงไม่สามารถจับไอออนบวกสองออกไปได้จากสารละลาย ไอออนบวกสองจึงยังคงเป็นตัวขัดขวางการกระจายตัวของกลุ่มดิน แต่เมื่อเติมสาร โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) หรือ โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ลงไปจะทำให้อนุภาคของดินกระจายตัวได้ดีเพราะ Ca^{+2} จะทำปฏิกิริยากับ Na_2SiO_3 เกิดเป็น CaSiO_3 ซึ่งไม่ละลายน้ำและ Na_2SO_4 ซึ่งละลายน้ำได้ดังสมการ



ดังนั้นในน้ำดินจะไม่มีไอออนบวกสองเหลืออยู่ การกระจายตัวของกลุ่มดินจึงเป็นไปด้วยดี แต่ยังมี Na_2SO_4 ซึ่งเป็นเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำปะปนอยู่ในเนื้อดิน เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของเกลือซัลเฟตมาผ่านการอบแห้ง จะพบว่าส่วนบนของผิวผลิตภัณฑ์มีปริมาณของโซเดียมซัลเฟตเกิดขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่อตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเอนโกบ (engobe) และทำให้การเคลือบไม่ค่อยติด

การแก้ไขหรือลดปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำสามารถทำได้โดยใช้สารประกอบของแบเรียมเติมเข้าไปเพื่อเปลี่ยนให้เป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำอย่างเช่นในกรณีของเกลือ โซเดียมซัลเฟตในน้ำดิน เมื่อเติมสารแบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3) ลงไปผสมในน้ำดิน โซเดียมซัลเฟตจะทำปฏิกิริยากับแบเรียมคาร์บอเนตได้แบเรียมซัลเฟตซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำและและ โซเดียมคาร์บอเนต ดังสมการ



โซเดียมคาร์บอเนตที่ได้จะช่วยทำให้น้ำดินมีการกระจายตัวเพิ่มมากขึ้นและยังช่วยเพิ่มความเหนียวให้กับผลิตภัณฑ์ที่เทแบบได้เป็นอย่างดี

จากข้อมูลของบริษัท เคลย์ แอนด์ มิเนอร์รัล (ประเทศไทย) จำกัด ได้แบ่งเกรดดินที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์เซรามิก เป็น 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการแบ่งเกรดดินตามปริมาณคาร์บอนและซัลเฟต

	% total Carbon	Soluble SO ₄ ⁻ (ppm)
ดินเกรดกระเบื้อง	0.3-0.8	400-500
ดินเกรดสุขภัณฑ์	0.8-1.8	600-1100
ดินเกรดถ้วยชาม	1.8-3.6	900-1400

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้เป็นแนวทางหนึ่งในการพิจารณาเลือกซื้อดินจากแหล่งต่างๆ ที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ ถ้าดินแหล่งใดวิเคราะห์พบปริมาณซัลเฟตสูงกว่าเกณฑ์มากจนคิดว่าจะทำให้เกิดความเสียหายในการผลิตก็ควรหลีกเลี่ยงหรือหาวิธีการควบคุมปริมาณซัลเฟตให้อยู่ในช่วงที่จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อการผลิตผลิตภัณฑ์

บทที่ 3

การดำเนินการศึกษาวิจัย

3.1 วัตถุประสงค์

จัดเก็บดินตัวอย่างที่โรงโองราชบุรีใช้เป็นวัตถุประสงค์ในการผลิต มาศึกษาหาปริมาณองค์ประกอบเคมี รวมทั้งปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำ เพื่อเก็บข้อมูลเปรียบเทียบว่าวัตถุประสงค์ของแต่ละโรงงานมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณเกลือละลายน้ำซัลเฟต แตกต่างกันมากน้อยอย่างไร

3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

- 3.2.1 เครื่องบดตัวอย่าง (Mortar grinder RM. 100) ยี่ห้อ Retsch รุ่น RMO ประเทศเยอรมนี
- 3.2.2 ตู้อบความร้อน (Oven) ยี่ห้อ Blue M ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.2.3 เครื่องชั่งไฟฟ้า (Analytical balance) ที่ละเอียดถึง 0.1 มิลลิกรัม ยี่ห้อ Sartorius รุ่น 4200S ประเทศเยอรมนี
- 3.2.4 เครื่องปั่น high speed ประเทศเกาหลี
- 3.2.5 เครื่องกรองอัด (filter press) ประเทศไทย
- 3.2.6 เครื่องกวนไฟฟ้าชนิดแม่เหล็ก (Magnetic stirrer) ยี่ห้อ PMC รุ่น 721 C-2 ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.2.7 เครื่อง UV / VIS Spectrophotometer ยี่ห้อ Perkin elmer รุ่น Lambda 6 ประเทศเยอรมนี

3.3 สารเคมีที่ใช้

- 3.3.1 แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) ชั้นคุณภาพ AR ของบริษัท Merck
- 3.3.2 โซเดียมอะซิเตด (CH_3COONa) ชั้นคุณภาพ AR ของบริษัท Merck
- 3.3.3 โพแทสเซียมไนเตรด (KNO_3) ชั้นคุณภาพ AR ของบริษัท Merck
- 3.3.4 แบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) ชั้นคุณภาพ AR ของบริษัท Merck
- 3.3.5 แบเรียมคาร์บอเนต ($BaCO_3$) ชั้นคุณภาพ AR ของบริษัท Merck
- 3.3.6 กรดอะซิติก (CH_3COOH) ชั้นคุณภาพ AR ของบริษัท Merck
- 3.3.7 แอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ชั้นคุณภาพ AR ของบริษัท Merck

3.4 วิธีดำเนินการ

3.4.1 การเตรียมสารละลาย

3.4.1.1 เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ โดยชั่งแมกนีเซียมคลอไรด์ 30 กรัม โซเดียมอะซิเตต 5 กรัม โพแทสเซียมไนเตรต 1 กรัม และกรดอะซิติก 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ละลายในน้ำกลั่น 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.4.1.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมซัลเฟต โดยชั่งแอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟต 0.1479 กรัม ลงในขวดปริมาตร 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรและเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตรได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เจือจางสารละลายมาตรฐานซัลเฟตให้ได้ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 มิลลิกรัม/ลิตร

3.4.2 การเตรียมดินเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี นำดินจากโรงงานโองราชบุรีมา ตุ่มตัวอย่างแล้วนำมาบดให้ละเอียด ร่อนผ่านร่อน 100 เมช อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่นำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบเคมีโดยวิธี wet analysis ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4

3.4.3 การเตรียมดินสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำ นำดินจาก 3.4.2 ที่ผ่านการอบแล้ว 100 กรัมผสมกับน้ำกลั่น 400 ลูกบาศก์เซนติเมตรนำเข้าเครื่องปั่น high speed เป็นเวลา 15 นาที นำดินเหลวที่ได้ใส่เครื่อง filter press อัดที่ความดัน 100 psi ทิ้งสารละลาย 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรแรกและนำสารละลายที่เหลือเก็บไว้วิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟต

3.4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำในดิน การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำของดินนั้นสามารถทำได้โดยวิธี Turbidimetric method โดยวัดความขุ่นของสารละลาย ซึ่งเกิดจากการเติมแบเรียมคลอไรด์มากเกินไป ลงในสารละลายที่ได้จากการกรองน้ำดินซึ่งมีซัลเฟตไอออนอยู่ แบเรียมคลอไรด์ละลายน้ำได้ก็จะแตกตัวให้แบเรียมไอออนและคลอไรด์ไอออน ซึ่งแบเรียมไอออนจะทำปฏิกิริยากับซัลเฟตไอออนในน้ำดินให้สารประกอบแบเรียมซัลเฟตซึ่งไม่ละลายน้ำ แต่จะแขวนลอยอยู่ในสารละลาย ซึ่งความขุ่นที่ได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของแบเรียมซัลเฟตที่เกิดขึ้นและสามารถวัดได้โดยใช้ UV/VIS Spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานที่ทำขึ้นระหว่างความเข้มข้นของซัลเฟต ในสารละลายที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนกับค่าการดูดกลืนแสง

- 3.4.4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน (calibration curve) การทำกราฟมาตรฐานโดยการเตรียมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 5,10,15,20,25,30,35 และ 40 มิลลิกรัม/ลิตร นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร โดยเทียบกับแบลนด์ และนำผลข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปริมาณซัลเฟตในสารละลายกับค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากเครื่องผลแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 3
- 3.4.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำในเนื้อดินราชบุรี นำดินราชบุรีชุดเดียวกับที่วิเคราะห์หาคาร์บอนทางเคมี (ข้อ 3.4.2) มาเตรียมตัวอย่างตามขั้นตอนข้อ 3.4.3 แล้วนำมาตรวจสอบค่าปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำโดยใช้ UV/VIS Spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (ข้อ 3.4.4.1) ได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 6
- 3.4.5 การทดลองเพื่อควบคุมปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำในเนื้อดินตัวอย่าง ทำการควบคุมปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำในดิน โดยเติมสารแบเรียมคาร์บอเนตหรือแบเรียมคลอไรด์ในอัตราส่วน ร้อยละ 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 ลงในดินหลังจากข้อ 3.4.2 เมื่อนำดินที่ผสมแล้วไปทำเป็นสารละลายตามขั้นตอนข้อ 3.4.3 แล้วนำไปวัดค่าปริมาณซัลเฟตที่เหลืออยู่ในสารละลายโดยใช้ UV/VIS Spectrophotometer เปรียบเทียบกับตอนที่ยังไม่ได้ใส่สารควบคุม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 7 และ 8
- 3.4.6 การเปรียบเทียบขั้นตอนทดสอบก่อน/หลังเติมแบเรียมคาร์บอเนตและแบเรียมคลอไรด์ ซึ่งเผาที่อุณหภูมิ 1,050 องศาเซลเซียส นำดินจากโรงงานสหศิลป์/2 ซึ่งวิเคราะห์พบปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำสูงถึง 1.5 % มาทดลองเนื่องจากจะให้เห็นความเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน มาทดลองใส่สารควบคุมปริมาณซัลเฟตในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง โดยส่วนหนึ่งใส่สารแบเรียมซัลเฟตร้อยละ 1 อีกส่วนใส่สารแบเรียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.75 และเนื้อดินอีกส่วนไม่ได้ใส่สารควบคุมมาทำขั้นตอนโดยนำดินส่วนผสมแต่ละชุดมาผสมน้ำป้อนให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำเข้าเครื่องกรองอัดและนำดินที่ได้มานวดให้เป็นเนื้อเดียวกันอัดในแบบพิมพ์ฝั่งให้แห้งแล้วนำขึ้นทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1,050 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์ที่ราชบุรีเปรียบเทียบผลการตรวจพินิจระหว่างรูปที่ 6,7 และ 8

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 องค์ประกอบเคมีของดินราชบุรี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของดินราชบุรีที่นำมาศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่ามีปริมาณองค์ประกอบเคมีไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละโรงงานเพราะเป็นแหล่งดินบริเวณเดียวกันในจังหวัดราชบุรียกเว้นดิน R7 ซึ่งโรงงานสหศิลป์นำมาให้วิเคราะห์เพิ่มเติมในภายหลังเนื่องจากพบว่าเมื่อเปลี่ยนดินวัตถุดิบชุดใหม่แล้วผลิตภัณฑ์ที่คบแต่งด้วยตัวมันกรเกิดการหลุดล่อนเสียหายหลังจากทำการวิเคราะห์ทดสอบแล้วพบว่าเนื้อดินมีปริมาณซัลเฟตปะปนสูงกว่าดินชุดเดิม

ตารางที่ 4 องค์ประกอบเคมีของดินราชบุรี

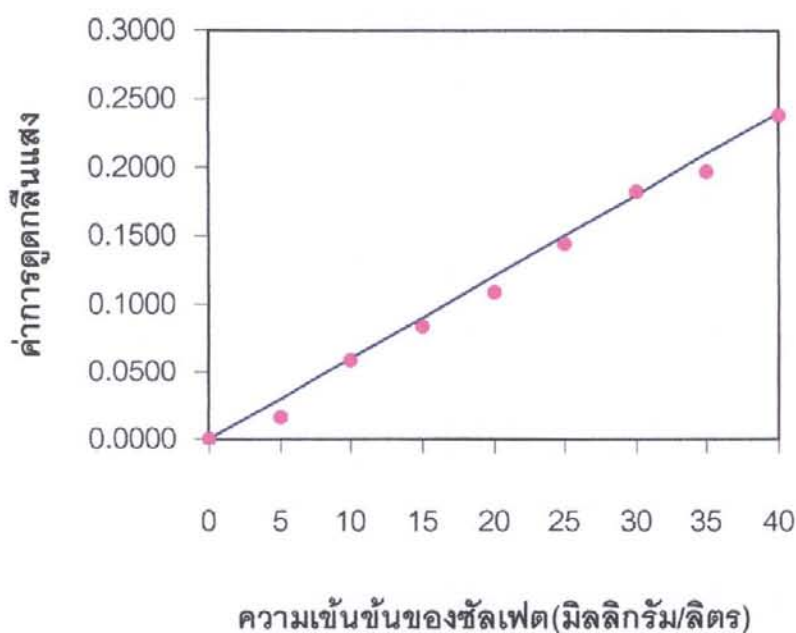
เนื้อดิน ราชบุรี	แหล่งที่เก็บ	องค์ประกอบเคมี ร้อยละ โดยน้ำหนัก									
		LOI	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₄ ²⁻
R1	เรื่องศิลป์2/1	8.0	64.1	19.6	4.8	1.1	0.5	0.4	0.1	1.0	0.4
R2	เรื่องศิลป์2/2	7.5	65.3	18.8	4.6	1.0	0.4	0.5	0.1	1.3	0.3
R3	สหศิลป์/1	6.7	68.1	16.0	4.8	1.0	0.6	0.6	0.1	1.4	0.5
R4	รุ่งศิลป์	8.6	61.5	22.1	4.2	1.1	0.6	0.4	0.4	0.7	0.4
R5	ท้องถิ่นราชบุรี	9.2	60.4	19.4	5.4	0.9	0.6	0.9	0.1	2.1	0.7
R6	เถ้ายงหญู	6.3	66.7	18.6	3.7	1.3	0.6	0.5	0.4	1.3	0.3
R7	สหศิลป์/2	7.9	60.4	22.4	3.8	1.3	0.1	0.9	0.5	1.2	1.5

4.2 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ของการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของปริมาณซัลเฟต

ผลการวัดค่าความดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซัลเฟตเข้มข้น 5,10,20,25,30,35 และ 40 ด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer ได้ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 5 และจากข้อมูลที่วัดได้สามารถนำมาสร้างกราฟมาตรฐานได้ดังรูป 3

ตารางที่ 5 ข้อมูลการดูดกลืนแสง ของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่อ่านได้จากเครื่อง
420	0	.0001
420	5.0	.0158
420	10.0	.0583
420	15.0	.0838
420	20.0	.1091
420	25.0	.1436
420	30.0	.1824
420	35.0	.1964
420	40.0	.2380



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของซัลเฟต

4.3 ปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำในดินราชบุรี

ผลจากการนำดินราชบุรีชุดเดียวกับที่นำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบเคมีมาทดสอบหาปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำโดยใช้ UV/VIS Spectrophotometer ได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำ

วัตถุคิ	ปริมาณ SO_4^{2-} (ppm)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย
R1	4886	4785	4655	4689	4753
R2	2559	2550	2650	2631	2597
R3	5429	5673	5122	5199	5356
R4	4049	4372	4288	4099	4202
R5	7095	7163	7514	7152	7231
R6	2981	2734	2896	2648	2815
R7	14865	14743	14060	14377	14511

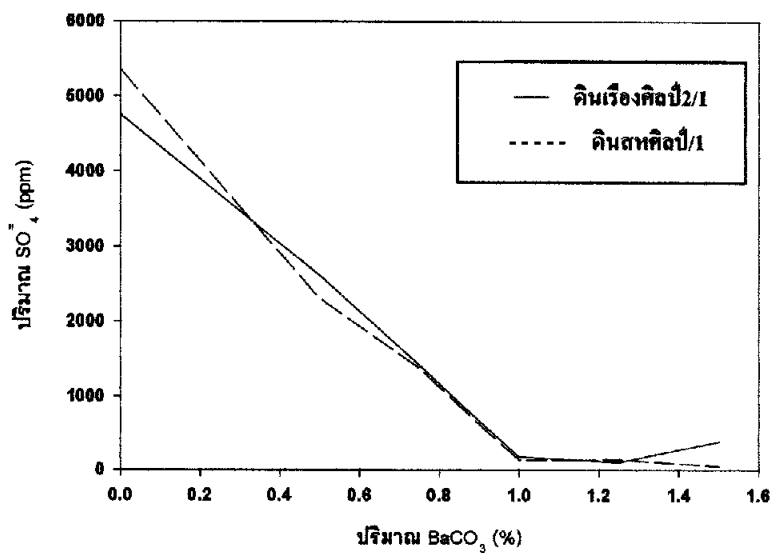
4.4 ผลวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตหลังเติมแบเรียมคาร์บอเนตในดินราชบุรี

จากการนำดินโรงงานเรืองศิลป์ 2/1 และ โรงงานสหศิลป์ 1 มาเติมแบเรียมคาร์บอเนตในปริมาณร้อยละ 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 ของน้ำหนักดินแล้วนำดินผสมไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตหลังจากเติม $BaCO_3$

ปริมาณ $BaCO_3$ (%)	ปริมาณ SO_4^{2-} (ppm)	
	ดินร่อนศิลป์ 2/1	ดินสทศิลป์ 1/1
0	4753	5356
0.5	2616	2308
0.75	1421	1377
1.0	177	127
1.25	102	138
1.5	388	49

ข้อมูลจากตารางที่ 7 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบเรียมคาร์บอเนต และปริมาณซัลเฟต ได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ SO_4^{2-} และ $BaCO_3$ ที่เติม

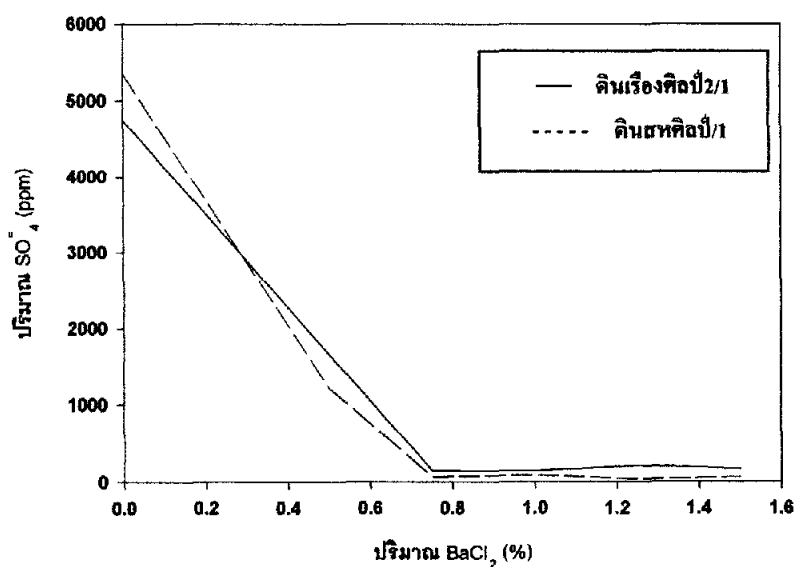
4.5 ผลวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตหลังเติมแบเรียมคลอไรด์ในดินราชบุรี

จากการนำดิน โรงงานเรืองศิลป์ 2 และ โรงงานสหศิลป์มาเติมแบเรียมคลอไรด์ในปริมาณร้อยละ 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 ของน้ำหนักดินแล้วนำดินผสมไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟต ได้ผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตหลังจากเติม BaCl₂

ปริมาณ BaCl ₂ (%)	ปริมาณ SO ₄ ⁻² (ppm)	
	ดินเรืองศิลป์2/1	ดินสหศิลป์/1
0	4753	5356
0.5	1661	1220
0.75	145	63
1.0	139	85
1.25	208	31
1.5	164	56

ข้อมูลจากตารางที่ 8 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบเรียมคลอไรด์ และปริมาณซัลเฟต ได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ SO₄⁻² และ BaCl₂ ที่เติม

4.6 ผลการเปรียบเทียบชั้นทดสอบก่อน/หลังเติมแบเรียมคาร์บอเนตและแบเรียมคลอไรด์ซึ่งเผาที่อุณหภูมิ 1,050 องศาเซลเซียส

ผลจากการนำดินปั้นโองโรงงานสหศิลป์/2 ซึ่งพบปัญหาการหลุดล่อนของตัวมังกรที่ตกแต่งผลิตภัณฑ์ (วิเคราะห์พบปริมาณซัลเฟตสูงถึง 14,511 ppm) มาทดลองเติมสารแบเรียมคาร์บอเนตร้อยละ 1 ของเนื้อดิน และแบเรียมคลอไรด์ร้อยละ 0.75 ของเนื้อดิน และทำชั้นทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1050°ซ เปรียบเทียบผลกับชั้นทดสอบที่ไม่ได้เติมสารควบคุมแบเรียมคาร์บอเนตหรือแบเรียมคลอไรด์ ผลการทดสอบหลังเผาพบว่าชั้นทดสอบที่ไม่ได้เติมสารควบคุมมีคราบสีขาวของเกลือซัลเฟต (รูปที่ 6) แต่ชั้นทดสอบที่ทำจากดินที่เติมแบเรียมคาร์บอเนต (รูปที่ 7) และแบเรียมคลอไรด์ (รูปที่ 8) ไม่ปรากฏคราบสีขาวของเกลือซัลเฟตเลย



รูปที่ 6 ชั้นทดสอบของเนื้อดินที่มีปริมาณซัลเฟตสูง



รูปที่ 7 ชั้นทดสอบของเนื้อดินหลังจากเติมสารแบเรียมคาร์บอเนต



รูปที่ 8 จันทดสอบของเนื้อดินหลังจากเติมสารแบเรียมคลอไรด์

บทที่ 5

วิจารณ์ผล สรุปผล ข้อเสนอแนะ

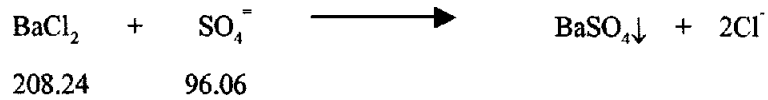
5.1 วิจารณ์ผล

5.1.1 ผลจากการทดลองนำดินจากโรงโม่ราชบุรีมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า องค์ประกอบเคมีของดินที่โรงโม่ราชบุรีนำมาใช้เป็นวัตถุดิบนั้นมีปริมาณองค์ประกอบเคมีไม่แตกต่างกันมากนักและพบว่าดินจากทุกโรงงานที่นำมาวิเคราะห์มีปริมาณซัลเฟตปะปนอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง (ตารางที่ 4) เมื่อนำดินดังกล่าวทำการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำพบว่า ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำของดินที่นำมาวิเคราะห์ (ตารางที่ 6) มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณซัลเฟตทั้งหมดที่พบในเนื้อดินแต่ละตัวอย่างแสดงว่าซัลเฟตที่วิเคราะห์พบในตัวอย่างดินของทุกโรงงานที่นำมาวิเคราะห์เป็นซัลเฟตที่ละลายน้ำได้เกือบทั้งหมด เมื่อพิจารณาปริมาณซัลเฟตที่พบเปรียบเทียบกับปริมาณซัลเฟตจากข้อมูลของบริษัทเคลย์ แอนด์ มินเนอรัล (ประเทศไทย) จำกัด (ตารางที่ 3) พบว่า ดินจากโรงงานราชบุรีมีปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำสูงกว่ามาตรฐานของดินที่นำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก การที่ดินจากโรงโม่ราชบุรีมีปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำปะปนอยู่มาก อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ของราชบุรีมีการสูญเสียค่อนข้างมาก

5.1.2 จากการตั้งสมมติฐานว่าซัลเฟตที่ละลายน้ำที่ปะปนอยู่ในดินราชบุรีเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีตำหนิ และได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้สารประกอบแบเรียมเติมเข้าไปผสมกับดินราชบุรีเพื่อเปลี่ยนซัลเฟตไอออนให้อยู่ในรูปของแบเรียมซัลเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ในการทดลองเลือกใช้ดินจาก 2 โรงงาน โรงงานเรืองศิลป์ 2/1 และ โรงงานสหศิลป์/1 โดยที่ค่าเฉลี่ยของปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำของโรงงานเรืองศิลป์ 2/1 เท่ากับ 4753 ppm ของโรงงานสหศิลป์/1 เฉลี่ยเท่ากับ 5356 ppm ในการทดลองเลือกใช้แบเรียมคาร์บอเนต และแบเรียมคลอไรด์เป็นตัวควบคุม โดยการคิดปริมาณการเติมจากสูตรการทำปฏิกิริยาพอดีมาเป็นฐานในการเติมสารควบคุมโดยใช้ค่าเฉลี่ยของปริมาณซัลเฟตที่วิเคราะห์ได้จากดินราชบุรี 4753 ppm และ 5356 ppm หรือประมาณร้อยละ 0.5 เป็นเกณฑ์



$$\begin{aligned} \text{ปริมาณ BaCO}_3 \text{ ที่ต้องเติมร้อยละ} &= 197.34/96.06 \text{ ของปริมาณ SO}_4^{2-} \text{ ในเนื้อดิน} \\ &= 2.05 \times 0.5 = 1.02 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{ปริมาณ BaCl}_2 \text{ ที่ต้องเติมร้อยละ} &= 208.24/96.06 \text{ ของปริมาณ SO}_4^{2-} \text{ ในเนื้อดิน} \\ &= 2.17 \times 0.5 = 1.08 \end{aligned}$$

สำหรับดินราชนบุรีซึ่งวิเคราะห์พบปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำร้อยละ 0.5 ควรเติมสารแบเรียมคาร์บอเนต หรือแบเรียมคลอไรด์ร้อยละ 1 ซึ่งเป็นการคิดคำนวณจากปฏิกิริยาเคมีทางทฤษฎี แต่การปฏิบัติจริง ไม่ได้ผลเช่นนั้น เนื่องจากความสามารถในการละลายน้ำของ BaCO_3 และ BaCl_2 ต่างกันมาก ความสามารถในการละลายน้ำของ BaCO_3 เท่ากับ 2.4×10^{-3} ซึ่งละลายได้น้อยมากเมื่อเทียบกับความสามารถในการละลายน้ำได้ของ BaCl_2 ซึ่งเท่ากับ 38.3 ดังนั้นเมื่อทำการทดลองโดยเติม BaCO_3 และ BaCl_2 ร้อยละ 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, และ 1.5 ผสมกับเนื้อดินเท่ากัน ผลที่ได้จึงแตกต่างกัน จึงจะเห็นจากผลการทดลองในตารางที่ 7 และ 8

5.1.3 จากการทดลองเติมสารแบเรียมคาร์บอเนตผสมกับดินในอัตราส่วนที่กำหนดคือ 0.5, 0.75, 1, 1.25, และ 1.5 นั้น เมื่อพิจารณาผลการทดสอบจากตารางที่ 7 และรูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแบเรียมคาร์บอเนตและปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำที่วิเคราะห์ได้ พบว่าการเติมแบเรียมคาร์บอเนตเข้าไปผสมกับเนื้อดินสามารถลดปริมาณซัลเฟตละลายน้ำที่ปะปนอยู่ในเนื้อดินได้จริงและปริมาณแบเรียมคาร์บอเนตที่ถูกเติมเข้าไปร้อยละ 1 นั้นสามารถควบคุมปริมาณซัลเฟตได้เกือบหมด ซึ่งเป็นไปตามสูตรปฏิกิริยาเคมี แต่ผลการทดลองที่เติมแบเรียมคาร์บอเนตร้อยละ 1.25 และ 1.5 ตามลำดับนั้น ซึ่งจัดว่าเป็นการเติมจนมากเกินไปแล้วแต่ปรากฏว่าผลการทดสอบยังพบว่ามีปริมาณซัลเฟตอยู่และค่าที่ได้ไม่ลดลงตามลำดับ ผลการทดลองของดินสองโรงงาน การลดลงของปริมาณซัลเฟตยังลดลงไม่เท่ากัน ที่ผลการทดลองเป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการเตรียมดินก่อนทำการวัดปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำนั้นต้องผ่านหลายขั้นตอน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ความแรงของการกวนดินเพื่อให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกันก่อนนำมากรองเพื่อเอาสารละลายมาวัด และปริมาณของแบเรียมคาร์บอเนตที่เติมเพิ่มขึ้นขณะที่ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในการกวนดินยังเท่าเดิม ซึ่งจะมีผลทำให้การละลายของแบเรียมคาร์บอเนตนั้นไม่เท่ากัน ทำให้ผลที่ได้เกิดการคลาดเคลื่อนบ้าง นอกจากนี้วิธีการวัดเพื่อหาปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำเป็นการวัดความขุ่นของสารละลายที่เกิดจากการตกตะกอนเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานที่ทำไว้ ถ้าเพียงมีปัจจัยอื่นเข้ามากระทบเพียงเล็กน้อยก็อาจทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนบ้างในระดับ ppm ซึ่งถือว่ามีผลกระทบต่อผลการทดลองน้อยมาก แต่เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบเรียมคาร์บอเนตและปริมาณซัลเฟตที่วิเคราะห์ได้จากกราฟพบว่าสถานะที่สามารถควบคุมปริมาณซัลเฟตได้ดีที่สุดคือการเติมแบเรียมคาร์บอเนตร้อยละ 1

5.1.4 ผลการทดลองเติมสารแบเรียมคลอไรด์ผสมกับเนื้อดินในอัตราส่วน 0.5, 0.75, 1, 1.25, และ 1.5 เมื่อพิจารณาผลการทดลองตารางที่ 8 และจากรูปที่ 5 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบเรียมคลอไรด์กับปริมาณซัลเฟตที่ปนอยู่ในดิน พบว่าจุดที่ควบคุมปริมาณซัลเฟตได้เกือบหมดคือ จุดที่เติมแบเรียมคลอไรด์ร้อยละ 0.75 ที่เป็นเช่นนั้นเพราะแบเรียมคลอไรด์มีความสามารถในการละลายได้ดีจึงทำปฏิกิริยากับซัลเฟตไอออนได้เร็วกว่าแบเรียมคลอไรด์ จึงมีความสามารถในการควบคุมปริมาณซัลเฟตได้ดีกว่า เมื่อกรองและนำสารละลายมาวัดปริมาณซัลเฟตจึงลดลงกว่าที่ใช้แบเรียมคาร์บอเนต ดังนั้นสำหรับดินราชบุรีที่มีปริมาณซัลเฟตร้อยละ 0.5 สถานะเหมาะสมที่สามารถควบคุมปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้โดยการเติมแบเรียมคลอไรด์ร้อยละ 0.75

5.2 สรุปผล

การควบคุมปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำในดินที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเซรามิกสามารถควบคุมได้โดยการใช้แบเรียมคาร์บอเนตและแบเรียมคลอไรด์เป็นตัวควบคุมและปริมาณการใช้สารควบคุมขึ้นกับปริมาณเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำที่วิเคราะห์ได้สำหรับดินจากโรงโองราชบุรีที่มีปริมาณเกลือละลายน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 0.5 สถานะเหมาะสมที่สามารถควบคุมปริมาณซัลเฟตได้คือ การเติมแบเรียมคาร์บอเนตร้อยละ 1 หรือเติมแบเรียมคลอไรด์ร้อยละ 0.75

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการพิจารณาเลือกใช้สารควบคุมปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำว่าควรใช้สารเคมีตัวใดนั้นขึ้นอยู่กับโรงงาน ถ้าโรงงานที่เตรียมดินแล้วใช้ได้แล้วก็ควรเลือกใช้แบเรียมคลอไรด์เป็นตัวควบคุมปริมาณซัลเฟต แต่ถ้าโรงงานที่มีที่เก็บหมักดินขนาดใหญ่เก็บพักดินได้ 2-3 วันก่อนนำไปใช้ก็ควรเลือกใช้แบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารควบคุมก็เพียงพอที่จะตกตะกอนซัลเฟตได้ นอกจากนี้ราคาของแบเรียมคาร์บอเนตก็ถูกกว่าแบเรียมคลอไรด์ ซึ่งราคาของแบเรียมคาร์บอเนตจากจีนกิโลกรัมละ 20 บาท ในขณะที่แบเรียมคลอไรด์กิโลกรัมละ 30 บาท สิ่งสำคัญที่สุดในการแก้ปัญหาเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียของผลิตภัณฑ์ คือการวิเคราะห์หาปริมาณเกลือละลายน้ำซัลเฟตทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนวัตถุดิบใหม่เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาว่าควรใช้สารควบคุมซัลเฟตในปริมาณเท่าใด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี ทำให้การศึกษามีความสำเร็จดู
สว่างไปด้วยดี ขอขอบคุณผู้บังคับบัญชาทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและให้ข้อเสนอแนะที่เป็น
ประโยชน์ต่อการวิจัย ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา และขอขอบคุณ
เจ้าหน้าที่ฝ่ายต่างๆที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการศึกษาวิจัยและจัดการทำรายงานฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. คุณสมบัติของดินเหนียวที่ใช้ทำโอ่งราชบุรี. กรุงเทพมหานคร: กรมฯ. 2542.

จาคินี เอี่ยมศิริ. เอกสารสัมมนาวิชาการเซรามิกเพื่ออุตสาหกรรม. ผลของปริมาณคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟตต่อคุณสมบัติของดิน. (กรุงเทพฯ:มปท). 2537. หน้า 1-15.

ชาญ จรรย์วานิชย์. เอกสารสัมมนาวิชาการเครื่องปั้นดินเผาราชบุรีปี 2000. วัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนค่าวัสดุโอกาส. (กรุงเทพฯ:มปท). 2542. หน้า 1-18.

คณีย์ อารยะพงษ์. เกลือละลายน้ำซัลเฟตผลกระทบในน้ำดินหล่อแบบ. วารสารเซรามิกส์. มีนาคม-มิถุนายน, 2539, ปีที่ 2, ฉบับที่ 4, หน้า 87-91.

The American Society for Testing and Materials. Standard test method for soluble sulfate in ceramic whiteware clays. (photometric method). **C867-77**.

In Annual book ASTM standards: section 15. Vol. 15.02, Analytical Chemistry for Glass, Ceramic whitewares. 1989. p.287-289.

Singer, Felix and Singer, Sonja S. **Industrial Ceramics**. London : Chapman and Hall, 1979. P.860-862.