



ศึกษาการคายซับของเถ้าแกลบที่อ้อมตัว
ด้วยสีย้อมผสมโลหะหนักที่มีพิษบางตัว
(Desorption study of rice husk ash laden dyes
containing some toxic heavy metals)

- รศ.รัตนา มหาชัย
- ทิพย์วัลย์ คำเหม็ง
- ปริญา จินดาประเสริฐ
- สำเร้ง รักซ้อน



ศึกษาการคายซับของเถ้าแกลบที่อ้อมตัว ด้วยสีผสมผสมโลหะหนักที่มีพิษบางตัว (Desorption study of rice husk ash laden dyes containing some toxic heavy metals)

• รศ.รัตนา มหาชัย¹, ทิพย์วัลย์ คำเหม็ง¹, ปริญา จินดาประเสริฐ², สำเริง รักซ้อน²

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือเพื่อศึกษาเถ้าแกลบอ้อมตัวด้วยสีผสมโลหะหนักที่มีพิษบางตัว ได้แก่ โครเมียม แคดเมียม ตะกั่ว และแมงกานีส ที่ใช้แล้วจากระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อนำมาใช้ผสมเป็นมอร์ตาร์แทนปูนซีเมนต์ได้ร้อยละ 20 และทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเถ้าแกลบอ้อมตัวที่บดแล้ว ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะมีค่า 2.25 ปริมาตรร้อยละการค้ำบนตะแกรง 20-25 ค่าความละเอียด 8765-9050 ตารางเซนติเมตร/กรัม ความต้องการน้ำของมอร์ตาร์ร้อยละ 112-114 และทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์มีค่า 250-255 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร คิดเป็นร้อยละของกำลังอัดเมื่อเวลา 7 และ 28 วันเท่ากับ 79-83 ผลทดสอบการคายซับจากเถ้าแกลบอ้อมตัวด้วยสารละลายกรดไนตริก 0.1 โมลาร์ จำนวน 15 ครั้ง พบว่าอัตราการคายซับจะลดลงตามจำนวนครั้งและมีค่ามากที่สุดครั้งแรก ให้ค่าปริมาณสีลดลงร้อยละ 4.32 โดยมวล และโลหะลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 0.37-0.95 โดยมวล และเมื่อทดสอบการคายซับของมอร์ตาร์ด้วยสารละลาย 8 ชนิด พบว่าค่าการคายซับมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลา และสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 3 โดยมวลต่อปริมาตร มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ทำให้สารหลุดออกมามากที่สุด ค่าปริมาณสี 0.92 มิลลิกรัม/ลิตร โลหะโครเมียม 0.28 มิลลิกรัม/ลิตร แคดเมียม 0.16 มิลลิกรัม/ลิตร ตะกั่ว 0.87 มิลลิกรัม/ลิตร และแมงกานีส 0.07 มิลลิกรัม/ลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 1.07, 0.014, 0.008, 0.044 และ 0.004 ตามลำดับ ค่าสารที่หลุดออกมามากกว่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม

¹ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



Abstract

The objective of this work was to study the reuse of rice husk ash laden dye containing some toxic heavy metals such as chromium cadmium lead and manganese (laden RHA) from the dyeing treatment plant to replace 20% of ordinary Portland cement for making mortar. The grinding laden RHA was tested for physical properties. Specific, sieve analysis(%), fineness and water absorption were investigated with the results of 2.25, 20-25%, 8765-9050 cm²/g and 112-114% respectively. The strength of mortar was 250-255 Kg/cm² or 79-83% of compressive strength for 7 and 28 days. The desorption process of laden RHA was investigated by using 0.1 nitric acid over 15 cycles. The rate of dye and metals which progressively declined in the subsequent batch cycles. It was concluded that the desorption efficiency at the first cycle decreased 4.32% for dye and 0.37-0.95% for metals. The desorption behavior from mortar containing laden-RHA was tested by eight desorbing agents. The quality of desorpted dye and metals increased with increasing times. The 3% sodium chloride showed high efficiency for desorption of 0.92 mg/l (1.07%) for dye, 0.28 mg/l (0.014%) for chromium, 0.16 mg/l (0.08%) for cadmium, 0.87 mg/l (0.044%) for lead and 0.07 mg/l (0.004%) for manganese. It can be concluded that the data was not over the standard of industrial regulations.

บทนำ

มีการนำเถ้าแกลบจากโรงสีมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดสีย้อมเส้นไหมในน้ำทิ้ง โดยทำการศึกษาหา ค่าการดูดซับสีย้อมด้วยวัสดุเถ้าแกลบมีค่า 18-30 mg/g (รัตนมาหัช และคณะ. 2550) ทำแบบต่อเนื่องให้น้ำทิ้ง ไหลขึ้น และได้มีการออกแบบและติดตั้งระบบบำบัดน้ำสีย้อมแบบถังเดียวฝังดิน ติดตั้งที่บ้านสวย อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ สามารถกำจัดสีและค่า COD ได้ร้อยละ 99.18 และ 98.40 จดอนุสิทธิบัตร เลขที่ 2873 วันที่ 29 กันยายน 2549 (รัตนมาหัช และคณะ. 2549) ต่อมาได้มีการพัฒนาระบบบำบัดเป็นแบบ 3 ถังฝังดิน ถังที่ 1 บรรจุตะกร้อพลาสติก ถังที่ 2 และ 3 บรรจุเถ้าแกลบ ติดตั้งที่อำเภอชนบท จังหวัดขอนแก่น จดอนุสิทธิบัตรเลขที่ 4160 วันที่ 4 เมษายน 2551 (รัตนมาหัช และคณะ. 2551) น้ำหลังบำบัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งทุก พารามิเตอร์ นอกจากนี้ยังได้นำวัสดุเถ้าแกลบมาศึกษาการกำจัดสารละลายคอปเปอร์(II) ในน้ำทิ้งมีค่าความจุ การดูดซับ 1.26 และ 3.45 mg/g แบบถังแช่และคอลัมน์ ตามลำดับ (รัตนมาหัช และคณะ. 2546) เถ้าแกลบ ที่ใช้จนหมดประสิทธิภาพการดูดซับแล้วจะอัดด้วยสีย้อมผสมโลหะหนักที่มีพิษที่เป็นองค์ประกอบในตัว สีย้อม จะต้องรื้อออกมาเพื่อบรรจุใหม่ ถ้าทิ้งลงดินจะเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ คณะวิจัยคิดว่าน่าจะมีการ นำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีกครั้งโดยการนำมาผสมปูนซีเมนต์ทำเป็นมอร์ต้าเพื่อใช้งานเทพื้นทางเดินหรือ บล็อกทำรั้วหรือกำแพงได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงเป็นการเตรียมมอร์ต้าร์จากเถ้าแกลบที่อัดด้วย สีผสมโลหะหนักที่มีพิษ แล้วทำการทดสอบกำลังอัดและการคายซับหลุดออกมาของสีและโลหะที่มีพิษ

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมเส้นแกลบอัดตัว

เส้นแกลบดูดซับสีย้อมเส้นไหมผสมโลหะต่าง ๆ ได้แก่ โครเมียม (Cr) แคดเมียม (Cd) แมงกานีส (Mn) และตะกั่ว (Pb) จำนวน 3 สูตร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เส้นแกลบสูตรต่างๆ

	เส้นแกลบผสม		สูตรก่อนบด	สูตรหลังบด
	ปริมาณสี (mg/l)	โลหะแต่ละตัว (mg/l)		
เส้นแกลบ 1	100	200	ORB1	RB1
เส้นแกลบ 2	100	1000	ORB2	RB2
เส้นแกลบ 3	100	2000	ORB3	RB3

1. การศึกษาและทดสอบสมบัติเส้นแกลบอัดตัว

เส้นแกลบ 1, 2 และ 3 นำมาบดให้มีสัดส่วนบนตะแกรงมาตรฐาน เบอร์ 325 ทดสอบปริมาณร้อยละ ค้างบนตะแกรง และความถ่วงจำเพาะตามมาตรฐาน ASTM C188

2. เตรียมมอร์ต้าร์

เตรียมมอร์ต้าร์ตามส่วนผสมดังตารางที่ 2 เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม โดยควบคุมการไหลแผ่ของ มอร์ต้าร์เท่ากับร้อยละ 110 ± 5 ตามมาตรฐาน ASTM C230

ตารางที่ 2 การเตรียมมอร์ต้าร์

Mix	Cement	ORB1	RB1	ORB2	RB2	ORB3	RB3	Sand
OPC	80	-	-	-	-	-	-	220
20-ORB1	64	16	-	-	-	-	-	220
20-RB1	64	-	16	-	-	-	-	220
20-ORB2	64	-	-	16	-	-	-	220
20RB2	64	-	-	-	16	-	-	220
20-ORB3	64	-	-	-	-	16	-	220
20RB3	64	-	-	-	-	-	16	220

หมายเหตุ OPC = ปูนซีเมนต์ หน่วยเป็นกรัม และขนาดมอร์ต้าร์ 1 ก้อน $50 \times 50 \times 10$ มม.



เมื่อได้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมแล้ว เตรียมตัวอย่างมอร์ตาร์โดยใช้เถ้าแกลบแทนปูนซีเมนต์ ปริมาณร้อยละ 20 และวัสดุประสานในอัตราส่วนวัสดุประสานต่อมวลละเอียดเท่ากับ 1 : 2.75 ทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ ตามมาตรฐาน ASTM C109

3. ศึกษาการคายซึบจากเถ้าแกลบอัดตัวและมอร์ตาร์

ทำการศึกษาการคายซึบจากเถ้าแกลบอัดตัวด้วยสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จำนวน 15 ครั้ง และศึกษาการคายซึบจากมอร์ตาร์ด้วยสารละลาย 8 ชนิด ได้แก่ สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3% (NaCl 3%) กรดไนตริก (HNO₃) pH 4 และกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) pH 2, 4 และ 6 น้ำประปา (pH 7) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) pH 8

ผลการทดลอง

เถ้าแกลบที่อัดตัวด้วยสปีผสมโลหะหนักที่มีพืชนำมาบดเป็นเวลา 90 นาที แล้วผ่านตะแกรงเบอร์ 325 พบว่า เถ้าแกลบหลังบด RB1, RB2 และ RB3 ปริมาณร้อยละค้ำบนตะแกรง 20-25 ไม่เกินร้อยละ 34 (ค่ามาตรฐาน) ความละเอียดโดยวิธีของเบลนมีค่า 8765, 9050 และ 8850 ตารางเซนติเมตร/กรัม แสดงว่ามีความละเอียดสูงขึ้น ความถ่วงจำเพาะมีค่า 2.26, 2.26 และ 2.25 ตามลำดับ ค่าความต้องการน้ำของมอร์ตาร์มาตรฐาน และมอร์ตาร์ที่ใช้เถ้าแกลบสูตรต่างๆ แทนปูนซีเมนต์ ร้อยละ 20 และ 40 สรุปผลข้อมูลได้ว่ามอร์ตาร์แทนที่ด้วยเถ้าแกลบอัดตัวบดแล้วร้อยละ 20 ทุกอัตราส่วนสามารถลดน้ำต่อวัสดุประสาน (W/B) จากมอร์ตาร์ผสมเถ้าแกลบอัดตัวก่อนบดจากค่า W/B 0.91-0.94 เป็น 0.68-0.73 ใกล้เคียงกับค่า W/B ของ OPC 0.68 และผลการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ ดังตารางที่ 3 ได้ข้อสรุปว่า มอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าแกลบอัดตัวบดแล้ว สูตร 20-RB1, 20-RB2 และ 20-RB3 มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 255, 252 และ 255 กิโลกรัม/ซม² หรือคิดเป็นร้อยละ 76, 77 และ 78 ตามลำดับ และค่าดังกล่าวเกินร้อยละ 75 ของมอร์ตาร์มาตรฐาน สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Rukzon S. Chindaprasirt P. Mahachai R. 2009)

ตารางที่ 3 กำลังอัดของมอร์ตาร์สูตรต่างๆ

Symbol	W/B	Retained on Sieve No. 325 (%)	Compressive Strength			
			7 - Days		28 - Days	
			(ksc)	(%)	(ksc)	(%)
OPC	0.68	-	284	100	350	100
20-ORB1	0.92	78	150	53	188	54
20-RB1	0.68	20 - 25	225	79	288	82
20-ORB2	0.91	80	148	52	193	55
20-RB2	0.73	20 - 25	228	80	290	83
20-ORB3	0.94	83	153	54	193	55
20-RB3	0.70	20 - 25	230	81	292	83



ผลการศึกษการคายซับ

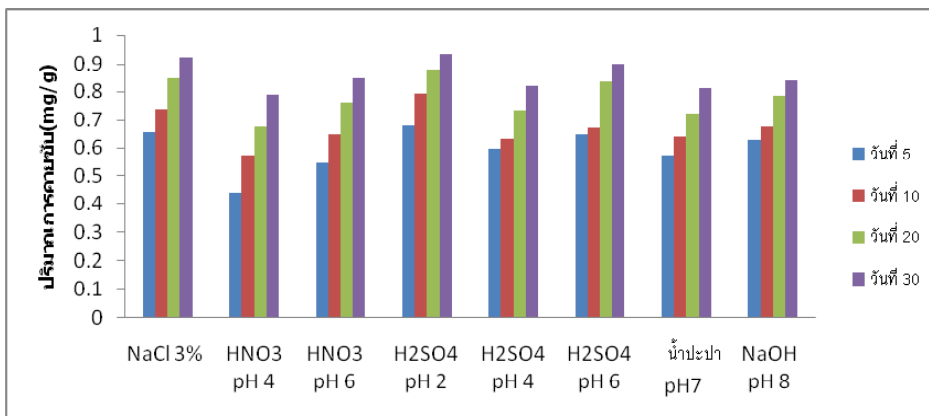
การศึกษการคายซับ นำเถ้าแกลบอัดตัวมาละลายด้วยสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จำนวน 15 ครั้ง ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4 เถ้าแกลบอัดตัวมีปริมาณการดูดซับสีย้อมมีค่า 86.15 mg/g วัสดุและคายซับหลุดออกมามากที่สุดครั้งที่ 1 มีค่า 0.34 mg/g และในครั้งต่อไปมีค่าลดลงเรื่อยๆ และครั้งที่ 9 และในเถ้าแกลบอัดตัวมีปริมาณการดูดซับโลหะ Cr^{3+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} และ Pb^{2+} มีค่า 1968.45, 1979.37, 1964.52 และ 1982.26 mg/l ตามลำดับ ปริมาณคายซับหลุดออกมาครั้งที่ 1 มีค่า 7.32, 10.90, 18.29 และ 7.53 mg/l ตามลำดับ และลดลงในครั้งต่อไป และครั้งที่ 14 การดูดซับสีย้อมและโลหะด้วยวัสดุเถ้าแกลบเป็นการดูดซับแบบกายภาพ (Physical adsorption) อาศัยสมบัติพื้นที่ผิวจำเพาะ และผิวหน้าของเถ้าแกลบเมื่ออยู่ในสารละลายจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (Si - OH) ^(1,4) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการคายซับหลุดออกมาของสีและโลหะพบว่า ปริมาณสีที่หลุดออกมามีค่ามากกว่าโลหะ อาจเป็นเพราะสีย้อมมีโมเลกุลใหญ่ถูกดูดซับที่ผิวหน้าของวัสดุด้วยแรงดึงดูดอย่างอ่อนๆ จึงหลุดออกมาได้ง่ายกว่า ส่วนโลหะไอออนมีประจุบวกเกิดแรงดึงดูดกับหมู่ไฮดรอกซิลที่ผิวหน้า ด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุซึ่งเป็นแรงที่แข็งแกร่งกว่า และโลหะไอออนอาจเข้าไปอยู่ในโพรงของวัสดุที่มีหมู่ SiO_4 เกิดแรงดึงดูดระหว่างประจุบวกกับลบและเมื่อล้างโลหะจึงหลุดออกมาได้ยาก

การศึกษการคายซับของการหลุดออกมาจากมอร์ตาร์ทำโดยนำมอร์ตาร์แช่ด้วยสารละลายที่คล้ายคลึงกับภาวะแวดล้อมจริงที่มอร์ตาร์สัมผัส รวม 8 ชนิด ได้แก่ $NaCl$ 3% HNO_3 pH 4 และ 6 H_2SO_4 pH 2, 4 และ 6 น้ำประปา (pH 7) $NaOH$ (pH 8) เปลี่ยนแปลงเวลา 5-30 วัน ผลการทดลองพบว่า สารละลาย H_2SO_4 pH 2 ทำให้สีหลุดออกมาที่สุดมีค่า 0.93 mg/l ทั้งนี้เป็นเพราะกรดนี้มีฤทธิ์กัดกร่อนสูงสุด สามารถกัดมอร์ตาร์ให้มีรูพรุน ดังภาพที่ 1 ค่าปริมาณสีที่ละลายออกมา 0.92 mg/l และพบว่าสารละลาย $NaCl$ 3% ทำให้โลหะทุกตัวหลุดออกมามากที่สุด เรียงจากมากไปน้อยดังนี้ Pb^{2+} Cr^{3+} Cd^{2+} และ Mn^{2+} มีค่า 0.87, 0.28, 0.15 และ 0.07 mg/l ตามลำดับ ดังภาพที่ 2 ซึ่งค่าเหล่านี้มีน้อยมาก เนื่องจากมอร์ตาร์เตรียมจากปูนซีเมนต์ ทราช และเถ้าแกลบอัดตัว แต่ปูนซีเมนต์มีส่วนประกอบของอัลคาไลน์และคาร์บอนเนต อาจทำให้โลหะที่ผสมอยู่ในเถ้าแกลบอัดตัวตกตะกอนเป็นโลหะไฮดรอกไซด์

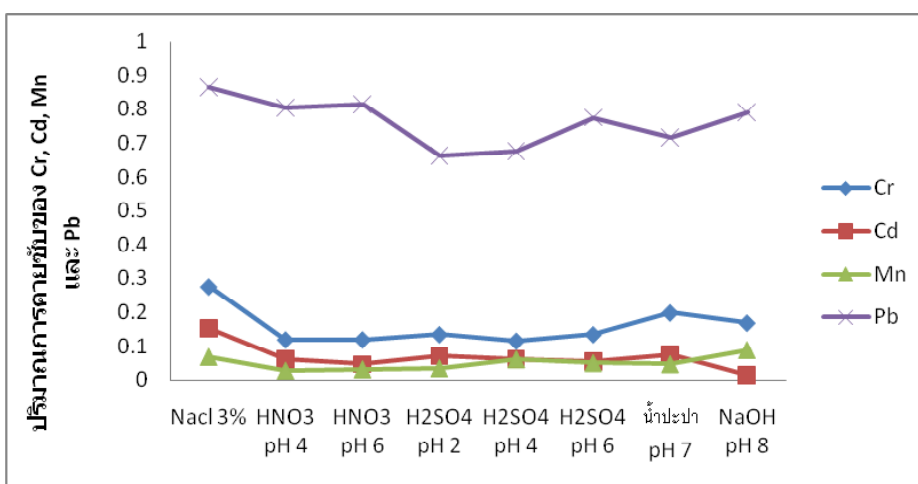
ตารางที่ 4 แสดงปริมาณสีย้อมและโลหะหนักที่ละลายออกมา

พารามิเตอร์	หน่วย	ปริมาณการดูดซับ	ปริมาณการคายซับครั้งที่														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
สี	mg/g	86.15	4.14	1.57	1.47	1.45	1.44	0.64	0.45	0.36	0.33	0.33	0.27	0.25	0.22	0.20	0.20
Cr	mg/l	1968.45	7.31	1.50	1.41	0.38	0.16	0.10	0.08	0.06	0.04	0.01	Nil	nil	nil	nil	nil
Cd	mg/l	1979.37	10.90	2.06	0.69	0.35	0.25	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13
Mn	mg/l	1964.52	18.29	10.52	3.78	1.59	0.89	0.62	0.34	0.32	0.20	0.19	0.18	0.16	0.14	0.13	0.13
Pb	mg/l	1982.26	7.52	4.38	1.85	1.15	0.99	0.85	0.67	0.43	0.32	0.21	0.20	0.19	0.16	0.15	0.14

หมายเหตุ nil คือค่าที่ไม่สามารถตรวจวัดได้



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณการคายซับสีย้อมที่หลุดออกมาจากมอร์ตาร์ด เมื่อแช่ เป็นเวลา 5, 10, 20 และ 30 วัน ในสารละลายต่างๆ



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณการคายซับที่หลุดออกมาของสีโลหะ Cr^{3+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} และ Pb^{2+} จากมอร์ตาร์ดแช่เป็นเวลา 30 วันในสารละลายต่างๆ

สรุป

ถ้าเกลบเป็นวัสดุที่ถูกทิ้งจากโรงสีสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับสีย้อมเส้นไหมในน้ำทิ้ง เมื่อหมดประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมเส้นไหมแล้วสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อได้อีกโดยนำเกลบอัดตัวนี้ มาใช้แทนปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 และผสมทรายทำเป็นมอร์ตาร์ดใช้ทำพื้นทางเดินหรือรั้วได้ ปริมาณสีและโลหะหนักที่มีพิษละลายออกมาน้อยมาก และค่าที่ละลายออกมาไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม



เอกสารอ้างอิง

รัตน์า มหาชัย และคณะ. (2546). ศึกษาพฤติกรรมการดูดซับคอปเปอร์(II) ด้วยเถ้าแกลบ. รายงานวิจัย ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

_____. (2549). ถังบำบัดสีย้อม อนุสิทธิบัตรเลขที่ 2873 ลงวันที่ 29 กันยายน 2549.

_____. (2550). ระบบบำบัดน้ำสีย้อมแบบอยู่กับที่ประสิทธิภาพสูงราคาประหยัด.

รายงานวิจัย พูนสวทช ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

_____. (2551). ระบบบำบัดน้ำสีย้อมแบบฝังในดิน อนุสิทธิบัตรเลขที่ 4160 ลงวันที่ 4 เมษายน 2551.

Rukzon S, Chindaprasirt P, Mahachai R.(2009). Effect of grinding on chemical and physical properties of rice husk ash. **International Journal of Minerals, Matallurgy and Materials**. April, 16(2),242.