

การใช้ประโยชน์จากชี้เถ้าแกลบเพื่อเป็นแหล่งซิลิกาในการผลิตแก้ว

จักรพงษ์ แก้วขาว^{*,**}

*ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

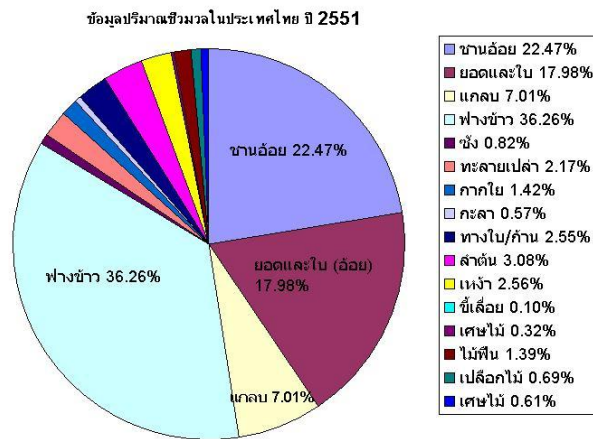
**โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

85 ถนนมาลัยแมน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

บทนำ

ชี้เถ้าจากโรงงานไฟฟ้าพลังงานชีวมวล และหรือชี้เถ้าจากระบบพืชพลังงานทดแทนที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างสูงในปัจจุบันสร้างฝุ่นละอองมหาศาลต่อสภาพแวดล้อม จากตัวเลขเบื้องต้นของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานในปี 2550-2551 พบว่า มีแกลบจำนวนกว่า 6 ล้านตัน/ปี และหากพิจารณาปริมาณชีวมวลทั้งหมดในระบบจะมีกว่า 98 ล้านตัน/ปี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) ซึ่งชีวมวลเหล่านี้หากถูกเผาในโรงงานอุตสาหกรรมหรือเผาในโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากชีวมวลจะเกิดชี้เถ้าและจะกลายเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กมหาศาลในบรรยากาศ ทำลายสภาพแวดล้อมอย่างมาก และเกิดปัญหาต่อเนื่องต่อคุณภาพชีวิตในด้านต่างๆ ซึ่งจากข้อมูลเบื้องต้น ในการที่ลด ฝุ่นขนาด

PM₁₀ ในกรุงเทพมหานครลงจาก 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ลงมาที่ค่ามาตรฐานคือ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ จะส่งผลให้คำนวณจำนวนการตายก่อนเวลาอันควรลดลง 156 ราย ซึ่งคิดเป็นมูลค่าเงินประมาณ 8.9 พันล้านบาท ถึง 44.3 พันล้านบาท (นันทวรรณ วิจิตรวาทการ, 2547) อีกทั้งปัจจุบันยังไม่มีผู้นำชี้เถ้าดังกล่าวไปใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้นการใช้ชี้เถ้าจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของสิ่งที่เหลือใช้อย่างแท้จริงและลดปัญหาสภาพแวดล้อมจากฝุ่นละอองไปอีกทางหนึ่ง ทั้งนี้ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานไฟฟ้าพลังงานชีวมวลประมาณ 60 โรงงานทั่วประเทศ (ตัวเลขนี้ยังไม่รวมโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้พลังงานชีวมวลด้วย) โดยปริมาณและชนิดของพืชชีวมวลแสดงดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 สักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี 2550/2551
ที่มา (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552)

ตารางที่ 1 แสดงศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี 2550/2551

ชนิด	ผลผลิต (ตัน)	ชีวมวล	ค่าเปลี่ยนเป็นชีวมวล	ปริมาณชีวมวลที่ได้ (ตัน)	ค่าความร้อน (MJ/kg)	เทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe)	กำลังไฟฟ้า (MW)
อ้อย	73,501,000	ชานอ้อย	0.30	22,050,300	16.21	357,435,363	8,461
		ยอดและใบ	0.24	17,640,240	16.42	289,652,741	6,857
ข้าว	29,900,000	แกลบ	0.23	6,877,000	15.56	107,006,120	2,533
		ฟางข้าว	1.19	35,581,000	15.51	551,810,992	13,064
ข้าวโพด	4,249,000	ซัง	0.19	807,310	16.63	13,425,565	318
น้ำมันปาล์ม	9,264,000	ทะลายนเปล้า	0.23	2,130,720	19.41	37,221,547	881
		กากใย	0.15	1,389,600	19.94	27,708,624	656
		กะลา	0.06	555,840	21.13	11,744,899	278
		ทางใบ/ก้าน	0.27	2,501,280	17.87	44,697,873	1,058
มันสำปะหลัง	25,155,000	ลำต้น	0.12	301,860	13.38	4,038,887	96
		เหง้า	0.10	251,550	10.61	2,668,945	63
ยางพารา	3,166,000	ขี้เลื่อย	0.03	949,800	16.65	1,581,417	37
		เศษไม้	0.10	316,600	16.85	5,334,710	126
ยูคาลิปตัส	6,800,000	ไม้ฟืน	0.20	1,360,000	16.85	22,916,000	542
		เปลือกไม้	0.10	680,000	17.30	11,764,000	278
ไม้จากสวนป่า	6,000,000	เศษไม้	0.10	600,000	16.85	10,110,000	239
รวม	158,035,000			98,118,970		1,499,168,000	35,488

ที่มา (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552)

การประยุกต์ใช้ซีเมนต์แก้ว

โดยทั่วไปซีเมนต์แก้วที่หลงเหลือจากการเผาวัสดุไม่ใช่สิ่งที่น่าสนใจนัก ยกเว้นซีเมนต์แก้ว เพราะนักวิทยาศาสตร์พบว่าในซีเมนต์แก้วมีซิลิกา (silica, SiO₂) เป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 70-90 และซีเมนต์แก้วมีความพรุน (porosity) มาก น้ำหนักเบา มีพื้นที่ผิวมาก มีสมบัติดูดซับ (adsorbent) ดีอีกทั้งมีสมบัติเป็นฉนวนด้วย (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2552) ปัจจุบันจึงมีการใช้ซีเมนต์แก้วเพื่อให้เป็นประโยชน์มากขึ้น ได้แก่

1. อุตสาหกรรมโลหะ (steel industry)
2. อุตสาหกรรมซีเมนต์และคอนกรีต (cement and concrete)
3. การป้องกันแมลง (control of insect pests in stored food stuffs)
4. วัสดุก่อสร้างน้ำหนักเบา (lightweight construction materials)
5. ซิลิกอนชิป (silicon chips)
6. อุตสาหกรรมการผลิตอิฐทนไฟ (refractory bricks)
7. ยางวัลคาไนซ์ (vulcanising rubber)
8. สารดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนทอง-ไทโอยูเรีย (adsorbent for a gold-thiourea complex)
9. สารปรับปรุงดิน (soil ameliorant)
10. สารดูดซับน้ำมัน (oil adsorbent)

อย่างไรก็ตามเนื่องจากในซีเมนต์แก้วมีปริมาณซิลิกาสูง จึงน่าจะพอมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาไปใช้เพื่อเป็นแหล่งซิลิกา (silica source) สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตแก้วซิลิกเกต หรือเป็นสารเติม (additive) สำหรับการ

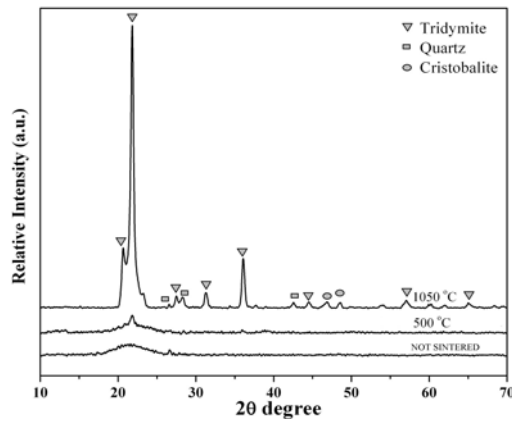
ตารางที่ 2 อุณหภูมิในการเผาที่มีผลต่อปริมาณซิลิกาในซีเมนต์แก้ว

เงื่อนไขการเผา	ปริมาณซิลิกา (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
ซีเมนต์จากการเผาเคลือบทั้ง	62.56
เผาที่ 500 °C	88.25
เผาที่ 1,050 °C	95.61

หลอมร่วมกับสารที่เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว (glass former) ประเภทอื่นๆ เช่น บอแรก หรือฟอสเฟส เป็นต้น

ปัจจุบันการทำวิจัยเกี่ยวกับการนำซีเมนต์แก้วมาใช้ใหม่เพื่อผลิตเป็นแก้วนั้นมีมากมายเช่นในกรณีของการนำไปผลิตแก้วบอโรซิลิกเกต (Park, 2009) การผลิตเป็นแก้วกำบังรังสี (Singh, 2008) และการประยุกต์ใช้ไปในทางวัสดุก่อสร้าง (Zhang, 2007) เป็นต้น

งานวิจัยที่ผ่านมาของผู้เขียนคือการนำเอาซีเมนต์แก้วไปใช้ในกระบวนการผลิตแก้ว (จักรพงษ์ แก้วขาว และคณะ, 2550) โดยในเบื้องต้นทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการเผาซีเมนต์ต่อปริมาณและโครงสร้างซิลิกาในซีเมนต์แก้วโดยวัดปริมาณซิลิกาโดยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์เรืองรังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (energy dispersive X-ray fluorescence; EDXRF) และวัดโครงสร้างของซิลิกาโดยเครื่องเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffractometer; XRD) ซึ่งผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 2 และภาพที่ 2 ตามลำดับ

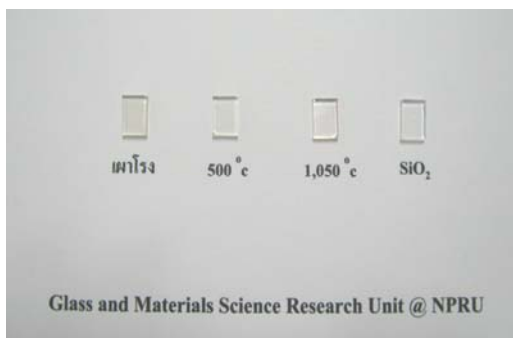


ภาพที่ 2 อุณหภูมิในการเผาที่มีผลต่อ โครงสร้างซิลิกาในซีเถ้าเคลือบ
 ทีมา (Kaewkhao et al, 2010)

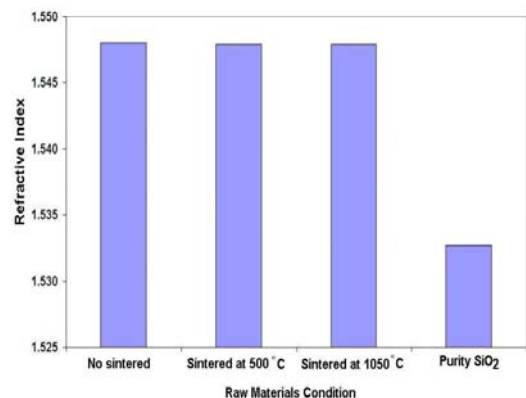
ผลที่ได้พบว่าปริมาณซิลิกาในซีเถ้าเคลือบสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผา ซึ่งคาดว่าเนื่องจากองค์ประกอบของสารอินทรีย์ได้ถูกเผาไหม้ออกไปในการเผาที่อุณหภูมิสูง ซึ่งวิธีเผานี้ก็เป็วิธีเบื้องต้นวิธีหนึ่งที่สามารถทำให้ซิลิกาบริสุทธิ์ขึ้นได้ สำหรับโครงสร้างพบว่าซีเถ้าเคลือบที่เผาธรรมดาในบรรยากาศปกติและเผาที่อุณหภูมิ 500 °C ไม่มีความเป็นผลึกที่ชัดเจน แต่ซีเถ้าเคลือบที่เผา 1,050 °C มีความเป็นผลึกเกิดขึ้นชัดเจน โดยส่วนใหญ่อยู่ในเฟสของทริดิเมต (tridymite) และมีเฟสคริสโตบาไลต์

(cristobalite) กับ เฟสควออร์ทซ์ (quartz) ปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย

จากนั้นนำซีเถ้าไปหลอมรวมกับสารเป็นเป็นตัวทำให้เกิดแก้ว เช่น โบรอนออกไซด์ (B₂O₃) เป็นต้น ซึ่งผลที่ได้ค่อนข้างดี เนื้อแก้วมีความใส และได้ปริมาณเนื้อแก้วไม่แตกต่างจากแก้วที่เตรียมด้วยซิลิกาบริสุทธิ์ (เตรียมในสูตรและเงื่อนไขเดียวกัน) แสดงดังภาพที่ 3 นอกจากนี้ยังพบว่าแก้วที่ได้มีสมบัติทางแสง เช่น ดรรชนีหักเหสูงกว่าแก้วที่เตรียมจากซิลิกาบริสุทธิ์ โดยมีค่าดรรชนีหักเหอยู่ประมาณ 1.547 (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปของแก้วที่เตรียมจากซีเถ้าเคลือบที่เผาต่างเงื่อนไขกันเปรียบเทียบกับแก้วที่เตรียมจากซิลิกาบริสุทธิ์
 ทีมา (จักรพงษ์ แก้วขาว และคณะ, 2551)



ภาพที่ 4 ดรรชนีหักเหของแก้วที่เตรียมจากซีเถ้าเคลือบที่เผาต่างเงื่อนไขกันเปรียบเทียบกับแก้วที่เตรียมจากซิลิกาบริสุทธิ์
 ทีมา (Kaewkhao et al., 2010)

สำหรับสารที่ทำให้เกิดสีในแก้วใช้สารประเภทออกไซด์ของธาตุทรานซิชันประเภทต่างๆ เช่น โครเมียม (III) ออกไซด์ (Cr_2O_3) ไอร์ออน (III) ออกไซด์ (Fe_2O_3) และ คอปเปอร์ (II) ออกไซด์ (CuO) เป็นต้น พบว่าสีของแก้วที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีการเกิดสีในแก้วทั่วไปตามปกติ และยังมีควมใสเหมือนเดิมจากนั้น

ทดลองเตรียมแก้วดังกล่าวเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ ซึ่งเป็นแก้วที่ไม่จำเป็นต้องขึ้นรูปมากนัก แต่จะต้องไปตัด แต่ง หรือเจียรไนให้เป็นรูปทรงภายหลัง ดังนั้นแก้วประเภทนี้จึงเตรียมค่อนข้างง่าย ซึ่งผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 5 และ 6



ภาพที่ 5 ชิ้นงานแก้วที่เจียรไนของแก้วที่เติมคอปเปอร์ (II) ออกไซด์ (สีฟ้า)



ภาพที่ 6 ชิ้นงานแก้วที่เจียรไนของแก้วที่เติมโครเมียม (III) ออกไซด์ (สีเขียว) และไอร์ออน (III) ออกไซด์ (สีเขียวอมเหลือง)

การพัฒนาเนื้อแก้วสีเพื่อใช้เป็นอัญมณีเทียมจากจี๊ด้าเกลบ จึงเป็นอีกทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากจี๊ด้าเกลบเหลือใช้ที่น่าสนใจ เพราะเนื่องจากเป็นการเปลี่ยนขยะจี๊ด้าที่แทบไม่มีมูลค่าให้เป็นของที่มีมูลค่าสูงในท้องตลาดแล้ว ยังเป็นการช่วยลดปริมาณจี๊ด้าในบรรยากาศอันเป็นสาเหตุของฝุ่นละอองและ

มลพิษในอากาศอีกด้วย สำหรับต้นทุนการผลิตนั้นมีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับการผลิตอัญมณีสังเคราะห์ชนิดอื่นๆที่ใช้ในงานประเภทเดียวกัน เช่น ทับทิมสังเคราะห์ หรือ เพชรรัสเซีย เป็นต้น และยังสามารถควบคุมคุณสมบัติต่างๆได้ ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย

ปัจจุบันคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองต่อ ยอดนำจี้เถ้าชีวมวลที่มีทั้งระบบในประเทศไทย มาทำวิจัยในการเตรียมแแก้วและวัสดุแแก้วเป็นทีม แรก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเน้นไปที่จี้เถ้าชีวมวล หลักในประเทศที่มีปริมาณมากพอ (mass volume) ที่จะกลายเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมแแก้วได้ ซึ่งโครงการดังกล่าวได้รับการ สนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2553

บทสรุป

ปัจจุบันปริมาณชีวมวลที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมและโรงงานไฟฟ้าภายในประเทศไทย มีมากกว่าปีละ 98 ล้านตัน ผลจากการใช้ชีวมวล จะกลายเป็นจี้เถ้าปริมาณมหาศาล ซึ่งจี้เถ้าแต่ละ ชนิดมีลักษณะองค์ประกอบและคุณสมบัติ แตกต่างกันไป โดยจี้เถ้าแกลบเป็นจี้เถ้าที่มี คุณภาพดีที่สุดในการพิจารณามาผลิตเป็นแแก้ว ด้วยเหตุผลที่ว่าปริมาณซิลิกาสูง มีโลหะหนัก ประเภทที่จะทำให้เกิดสีในแก้วเจือปนอยู่ใน ปริมาณน้อย บทความนี้อธิบายถึงตัวแปรที่ เกี่ยวข้องดังกล่าวและอภิปรายเกี่ยวกับตัวอย่าง งานวิจัยและความเป็นไปได้ที่จะใช้ประโยชน์

จากจี้เถ้าแกลบเพื่อเป็นแหล่งซิลิกาในการผลิต แแก้ว

สำหรับงานวิจัยด้านการใช้ประโยชน์ จากจี้เถ้าเหลือใช้เพื่อพัฒนาเป็นวัสดุที่มีคุณค่า หรือใช้ในงานด้านต่างๆยังคงเป็นงานที่มี ประโยชน์ และท้าทายความสามารถของ นักวิทยาศาสตร์ที่พยายามจะเปลี่ยนขยะให้ กลายเป็นวัสดุที่มีประโยชน์และมีมูลค่าทาง อุตสาหกรรมโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งหากทำได้นอกจากจะเป็นการ เพิ่มมูลค่าวัสดุแล้ว ยังช่วยลดมลภาวะจากฝุ่น ละอองอันเนื่องจากขยะจี้เถ้าอีกทางหนึ่งด้วย ซึ่ง จะทำให้พัฒนาเศรษฐกิจของชาติให้ก้าวหน้า ต่อไปได้อย่างยิ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณผู้สนับสนุนทุน วิจัยในโครงการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตแแก้ว ที่ผ่าน มา ได้แก่ สำนักงานสนับสนุนกองทุนวิจัย (สกว.) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์

พลังงาน. (2552). สักยภาพชีวมวลใน

ประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 15

พฤศจิกายน 2552 จากเว็บไซต์:

<http://www.dede.go.th/dede/>

จักรพงษ์ แก้วขาว และคณะ. (2550). รายงาน

เรื่อง การศึกษาการผลิตแก้วโดยใช้

แกลบในท้องถิ่นในจังหวัดนครปฐม.

นครปฐม: สำนักงานสนับสนุนกองทุน

วิจัย.

จักรพงษ์ แก้วขาว และคณะ. (2551). รายงาน

การวิจัยเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้

ในการผลิตอิฐย้อมสีเทียมจากวัสดุท้องถิ่น.

นครปฐม: สำนักงานคณะกรรมการการ

อุดมศึกษา.

นันทวรรณ วิจิตรวาท. (2547). รายงานวิจัยฉบับ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ

ประเมินการตาย อัตราการป่วย

และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์

อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศ

ในกรุงเทพมหานคร. สำนักงาน

สนับสนุนกองทุนวิจัย.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2552).

เค้าแกลบ ของเหลือสารพัดประโยชน์.

สืบค้นเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2552

จากเว็บไซต์: [http://www.mtec.or.th/](http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task)

[index.php?option=com_content&task](http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task)

[=view&id=865&Itemid=36](http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task)

Kaewkhao, J. (2010). Properties of CoO doped

in Glasses Prepared from Rice Hush

Fly Ash in Thailand. **Proceeding of**

ICC^{3rd} International Congress on

Ceramics, 14 – 18 November 2010,

Grand Cube Osaka, Osaka, Japan:

115.

Park, J.S. et al. (2009). Alkali borosilicate glass

by fly ash from a coal-fired power

plant. **Chemosphere**, 74: 320–324.

Singh, S. et al. (2008). Barium–Borate–Flyash

Glasses: As Radiation Shielding.

Nuclear Instruments and Methods

in Physics Research Section B: Beam

Interactions with Materials and

Atoms, 266:140-146.

Zhang, J. et al. (2007). Utilization of coal fly

ash in the glass–ceramic production.

Journal of Hazardous Materials,

149: 523–526.