การพัฒนานิลเทียมจากใบสับปะรด

พรนภา มั่งทอง[2], ญิณดา แสงสวัสดิ์[2], ณัฐพร มะหิงษา[1] และ ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล[1,2*]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม
* Nattapon2004@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการนำขี้เถ้าจากใบสับปะรดมาพัฒนาเป็นนิลเทียม จากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบหลักของใบสับปะรดทั้งก่อนและหลังเผา พบว่าก่อนทำการเผาใบสับปะรดมีธาตุ K_2O SiO_2 และ CaO เป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีสัดส่วนเท่ากับ 41.333 31.202 และ 23.067 ร้อยละโดยน้ำหนัก และยังพบว่ามีองค์ประกอบของธาตุเจือปนที่ส่งผลต่อสี ได้แก่ MnO Fe_2O_3 NiO และ CuO หลังทำการเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณ K_2O และ CaO มีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน SiO_2 มีสัดส่วนที่ลดลง จากนั้นนำขี้เถ้าใบสับปะรดที่เผาแล้วไปใช้แทนสารเคมี SiO_2 ในสูตรแก้ว $(45\text{-}x)B_2O_3$: $20SiO_2$: $15Bi_2O_3$: $20Na_2O$: xCoO (เมื่อ x เท่ากับ 8 10 12 14 และ 16 ร้อยละโดยโมล) พบว่าแก้วมีความทึบแสง ค่าความหนาแน่นของแก้วมีค่าอยู่ระหว่าง 3.9704 ± 0.0217 ถึง 4.2015 ± 0.0066 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีค่ามากกว่าความหนาแน่นของนิล แก้วมีค่าความแข็งอยู่ที่ 6.5 โมห์สเกล เมื่อเปรียบเทียบกับนิลที่มีความแข็งอยู่ที่ 7.5 โมห์สเกล

คำสำคัญ: นิลเทียม, .ใบสับปะรด, ความหนาแน่น, ขี้เถ้า, ซิลิกา

Development of imitation black spinel from pineapple leaves

Pornnapha Mangthong[2], Yinda Sangsawat[2], Nattaporn Mahingsa [1] and Nattapon Srisittipokakun [1,2*]

[1]Industrial Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, 73000, Thailand

[2] Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM), Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

* Nattapon2004@gmail.com

Abstract

The aims of this research, study the effect of using ashes from pineapple leaves to develop of imitation black spinel. From the analysis of main components of pineapple leaves, both before and after burning. It was found that before burning, pineapple leaves have main element is K_2O SiO_2 and CaO. In proportion equal to 41.333, 31.202 and 23.067 (Wt%) and also found that the elements of the additives that affect the color Including MnO, Fe_2O_3, NiO and CuO. After sintering at a temperature of 500 °C. Found that quantity K_2O and CaO has increased proportion. On the other hand, SiO_2 has decrease proportion. Then Use the ashes from the burnt pineapple leaves as a chemical replace SiO_2 in glass formula (45-x) B_2O_3: $20SiO_2$: $15Bi_2O_3$: $20Na_2O$: xCoO (where x was 8, 10, 12, 14 and 16 mol%). Found that the glass is opaque. The density of the glass was between 3.9704 $\pm$ 0.0217 to 4.2015 $\pm$ 0.0066 g/cm^3, which is greater than the density of black spinel. Glass had a hardness value of 6.5 Mohs scale compared to sapphire at 7.5 Mohs scale.

Keywords: Imitation black spinel, Pineapple leaves, Density, Ashes, Silica

1. บทนำ

ในประเทศไทยมีการเพาะปลูกพืชชีวมวลชนิดต่าง ๆ ประมาณ 100 ล้านตันต่อปี ชีวมวล (Biomass) คือสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่าง ๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การใช้งานชีวมวลเพื่อทำให้ได้พลังงานอาจจะทำโดยนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทดแทนพลังงานจากฟอสซิล (เช่น น้ำมัน) ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ ชีวมวลเหล่านี้มีแหล่งที่มาต่าง ๆ กัน อาทิ พืชผลทางการเกษตร (agricultural crops) เศษวัสดุเหลือทิ้งการเกษตร (agricultural residues) ไม้ (wood) และเศษไม้ (wood residues) หรือของเหลือจากจากอุตสาหกรรมและชุมชน ตัวอย่างเช่น แกลบได้จากการสีข้าวเปลือก ชานอ้อยได้จากการผลิตน้ำตาลทราย เศษไม้ได้จากการแปรรูปไม้ยางพาราหรือไม้ยูคาลิปตัสเป็นส่วนใหญ่ และ

บางส่วนได้จากสวนป่าที่ปลูกไว้ กากปาล์มได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบออกจากผลปาล์มสด กากมันสำปะหลังได้จากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซังข้าวโพดได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำเมล็ดออก กาบและกะลามะพร้าว ได้จากการนำมะพร้าวมาปลอกเปลือกออกเพื่อนำเนื้อมะพร้าวไปผลิตกะทิ และน้ำมันมะพร้าว ส่าเหล้าได้จากการผลิตแอลกอฮอล์ เป็นต้น ซึ่งหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วส่วนของพืชชีวมวลที่เหลือมักถูกนำไปเผาเพื่อนำความร้อนไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าในโรงงานขนาดเล็ก (บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ วิชั่น จำกัด, 2019) ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าวทำให้เหลือขี้เถ้าจากชีวมวลประมาณ 20 ล้านตันต่อปี ในปัจจุบันมีการนำขี้เถ้าชีวมวลดังกล่าวไปใช้เป็นส่วนผสมในวัตถุดิบสำหรับซีเมนต์ โดยนักวิจัยพยายามหาทางที่จะนำขี้เถ้านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และมีคุณค่าสูงที่สุด ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าส่วนประกอบของธาตุในขี้เถ้าชีวมวลบางประเภทสามารถนำมาพัฒนาเป็นวัสดุแก้วได้ สับปะรดเป็นหนึ่งในพืชที่มีการเพาะปลูกมากในประเทศไทย โดยส่วนมากในการเก็บเกี่ยวผลผลิตของสับปะรดนั้น เกษตรกรจะเก็บเฉพาะส่วนที่เป็นผลเพื่อนำไปขาย และจะเหลือส่วนที่เป็นใบสับปะรดเอาไว้ โดยมากมักนำไปเป็นอาหารสัตว์ซึ่งไม่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับใบสับปะรดได้ (Rena, S., 2018) (Santos, R.M.D., 2013) (Taveri, G., 2017) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะเตรียมแก้วจากใบสับปะรดเพื่อพัฒนาเป็นอัญมณีประดิษฐ์จำพวกนิล โดยจะทำการศึกษาสมบัติด้านความหนาแน่น และความแข็งเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับสมบัติของนิลตามธรรมชาติ

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมแก้วตัวอย่าง

แก้วบอโรซิลิเกตบิสมัทโซเดียม (BSBiNa) ที่เจือด้วยไอออนของธาตุโคบอลมถูกเตรียมด้วยเทคนิคการ หลอมแล้วทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยแก้วตัวอย่างมีสูตรทางเคมีคือ $(45\text{-}x)B_2O_3 : 20SiO_2 : 20Bi_2O_3 : 15Na_2O : xCoO$ เมื่อ x คือความเข้มข้นของ CoO ซึ่งมีค่า 8, 10, 12, 14,และ 16 ร้อยละโดยโมล (ทั้งนี้การเลือกใช้ CoO เป็นสารให้สีเนื่องจาก CoO สามารถทำให้เกิดสีเข้มได้อย่างรวดเร็ว และใช้ในปริมาณน้อยกว่าสารให้สีชนิดอื่น ๆ) โดยจะใช้ขี้เถ้าจากใบสับปะรดแทนในส่วนของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) แล้วทำการผสมสารเคมีตามสูตรข้างต้น เพื่อเตรียมแก้วน้ำหนักรวม 30 กรัม ลงในเบ้าพอร์ชเลน จากนั้นจึงนำไปหลอมในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้สารเคมีตั้งต้นหลอมละลายกลายเป็นน้ำแก้วเหลวที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงขึ้นรูปเป็นชิ้นงานโดยการเทน้ำแก้วเหลวลงในแม่พิมพ์แกรไฟต์ และเพื่อเป็นการลดความเครียด (strain) ที่เกิดขึ้นภายในเนื้อแก้ว แก้วตัวอย่างจะถูกนำไปอบในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงปล่อยให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง และนำแก้วตัวอย่างไปขัดและตัดให้มีขนาด 0.5 x 1.0 x 0.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือเชิงวิทยาศาสตร์

2.2 การวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ของแก้ว

การวัดความหนาแน่นอาศัยหลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes' principle) การหาความหนาแน่นสามารถคำนวณได้จากปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่ โดยการชั่งน้ำหนักของวัตถุในอากาศ และชั่งน้ำหนักของวัตถุนั้นในน้ำหรือของเหลวที่ทราบความหนาแน่น น้ำหนักที่หายไป $\Delta W = (W_{air} - W_{liq})$ จะเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่ ปริมาตรของวัตถุจะเท่ากับปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่คือ $\Delta W / \rho_{liq}$ เพราะฉะนั้นความหนาแน่นของวัตถุสามารถหาได้โดยสมการที่ 1

$$\rho_{sample} = \left(\frac{W_{air}}{W_{air} - W_{liq}} \right) x \rho_{liq} \qquad (1)$$

เมื่อ W_{air} คือ น้ำหนักของตัวอย่างแก้วในอากาศ มีหน่วยเป็นกรัม

W_{liq} คือ น้ำหนักของตัวอย่างแก้วในน้ำ มีหน่วยเป็นกรัม

$W_{air} - W_{liq}$ คือ น้ำหนักที่หายไปในน้ำ มีหน่วยเป็นกรัม

ρ คือ ความหนาแน่นตัวอย่างของแก้ว มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

และ ρ_{liq} คือ ค่าความหนาแน่นของน้ำ มีค่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

การวัดค่าปริมาตรเชิงโมล (V_m) สามารถคำนวณได้จากน้ำหนักโมเลกุล (M_T) และความหนาแน่น (ρ) ดังสมการที่ 2

$$V_m = \frac{M_T}{\rho} \quad (2)$$

เมื่อ V_m คือ ปริมาตรเชิงโมลของแก้วตัวอย่าง มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล

M_T คือ น้ำหนักโมเลกุลของแก้วตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัมต่อโมล

และ ρ คือ ความหนาแน่นของแก้วตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

คำนวนค่าความแข็งด้วยเครื่อง Mole scale (ภาพที่ 1) และวิเคราะห์หาธาตุจากเครื่อง XRF (X-rays fluorescence spectrometer) ยี่ห้อ Panalytical รุ่น Minipal4 ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 1 ชุดวัดความแข็งแบบ Mole scale

ภาพที่ 2 เครื่องมือ XRF ยี่ห้อPanalytical รุ่น Minipal4

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยเทคนิค XRF (X-rays fluorescence spectrometer)

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าในใบสับปะรดประกอบด้วยออกไซด์ของธาตุ SiO_2, K_2O, CaO, MnO, Fe_2O_3, NiO, CuO และ ZnO โดยก่อนทำการเผาใบสับปะรดมีธาตุ K_2O SiO_2 และ CaO เป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีสัดส่วนเท่ากับ 41.333 31.202 และ 23.067 ร้อยละโดยน้ำหนัก ตามลำดับ และยังพบว่ามีองค์ประกอบของธาตุเจือปนที่ส่งผลต่อสี ได้แก่ MnO Fe_2O_3 NiO และ CuO หลังทำการเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณ K_2O และ CaO มีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน SiO_2 มีสัดส่วนที่ลดลง จากหน้าที่ของ SiO_2 ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของแก้ว และ K_2O ทำหน้าที่ช่วยลดจุดหลอมเหลวของ

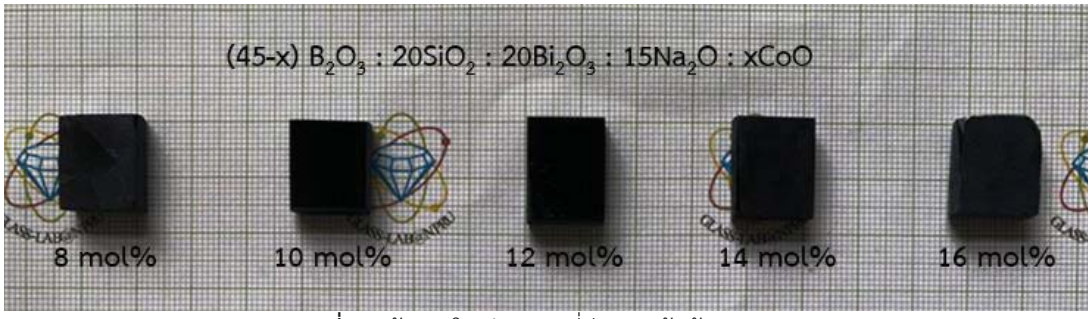
แก้ว ถึงแม้ว่าผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุจะมีสัดส่วนของ K_2O สูงกว่า SiO_2 ก็ตาม ในการปฏิบัติจริงการใช้ขี้เถ้าใบสับปะรดแทนในส่วนของ SiO_2 จะให้ผลที่ดีกว่าการแทนในสัดส่วนของ K_2O และ CaO

ตารางที่ 1 องค์ประกอบธาตุของใบสับปะรดก่อนและหลังเผา

องค์ประกอบของธาตุในใบสับปะรด	ก่อนเผา (wt%)	หลังเผา (wt%)
SiO_2	31.202	20.372
K_2O	41.333	41.699
CaO	23.067	34.316
MnO	2.110	2.575
Fe_2O_3	0.880	0.504
NiO	0.297	0.123
CuO	0.754	0.198
ZnO	0.357	0.212

3.2 ลักษณะของแก้วนิลที่ได้จากการหลอม

จากการหลอมแก้วจากใบสับปะรดที่เติม CoO ที่ความเข้มข้น 8, 10, 12, 14 และ 16 ร้อยละโดยโมล ตามลำดับ พบว่าลักษณะแก้วที่ได้มีสีดำ และทึบแสง ดังแสดงในภาพที่ 3



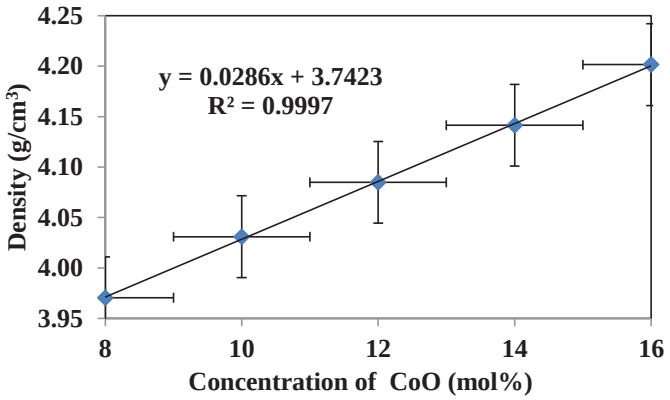
ภาพที่ 3 แก้วจากใบสับปะรดที่มีความเข้มข้นของ CoO

3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมล

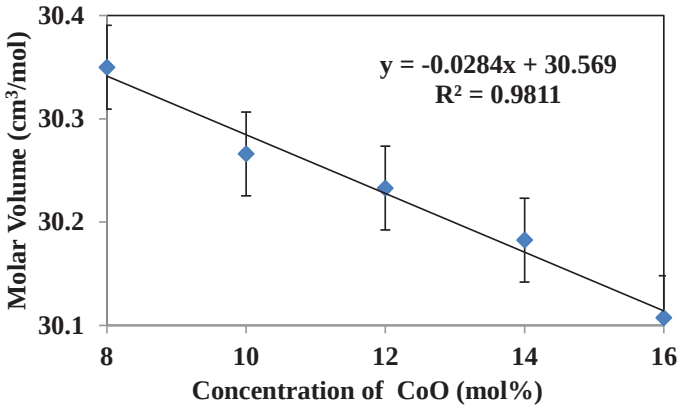
จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมล พบว่าค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มมากขึ้น (ภาพที่ 4) อาจเกิดจากการแทนที่ของ CoO ใน B_2O_3 เนื่องจาก CoO มีมวลโมเลกุลมากกว่า B_2O_3 ในส่วนของปริมาตรเชิงโมลมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 5) สันนิษฐานได้ว่า CoO เข้าไปจับพันธะกับโครงสร้างหลักของแก้ว ทั้งนี้ค่าความหนาแน่น และปริมาตรเชิงโมลมีค่าอยู่ระหว่าง 3.9704 $\pm$ 0.0217 ถึง 4.2015 $\pm$ 0.0066 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ 30.1075 ถึง 30.3499 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล ตามลำดับ ซึ่งค่าความหนาแน่นมีค่าสูงกว่านิลในธรรมชาติ (3.57 - 3.72 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

ตารางที่ 3.2 ค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลของแก้ว

Mol%	Molecular mass					Density (g/cm^3)	Molar Volume (cm^3/mol)
	B_2O_3	SiO_2	Na_2CO_3	Bi_2O_3	CoO		
8	25.7594	12.0172	9.2970	93.1920	5.9944	3.9704±0.0217	30.3499
10	24.3670	12.0172	9.2970	93.1920	7.4930	4.0309±0.0090	30.2660
12	22.9746	12.0172	9.2970	93.1920	8.9916	4.0849±0.0064	30.2328
14	21.5822	12.0172	9.2970	93.1920	10.4902	4.1414±0.0233	30.1826
16	20.1898	12.0172	9.2970	93.1920	11.9888	4.2015±0.0066	30.1075



ภาพที่ 4 ค่าความหนาแน่นของแก้วเติม CoO ที่ความเข้มข้น 8 10 12 14 และ 16 ร้อยละโดยโมล



ภาพที่ 5 ค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วเติม CoO ที่ความเข้มข้น 8 10 12 14 และ 16 ร้อยละโดยโมล

3.4 ผลการวิเคราะห์จากเครื่องวัดค่าความแข็งของแก้ว (Mole scale)

จากการวัดค่าความแข็งแบบโมห์สเกลของตัวอย่างแก้วทุกตัวที่เติม CoO ปริมาณความเข้มข้น 8, 10, 12, 14 และ 16 ร้อยละโดยโมล พบว่ามีค่าเท่ากับ 6.5 โมห์สเกล ซึ่งเทียบได้กับเฟล์ดสปาร์แต่มีค่าน้อยกว่าค่าความแข็งของนิลจริงซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.5 โมห์สเกล

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการใช้ขี้เถ้าใบสับปะรดในการพัฒนานิลเทียม ตามสูตรแก้ว $(45\text{-}x)B_2O_3 : 20SiO_2 : 20Bi_2O_3 : 15Na_2O : xCoO$ เมื่อ x คือ ความเข้มข้นของ CoO ซึ่งมีค่า 5, 8, 10, 12, 14,และ 16 ร้อยละโดยโมล พบว่าการใช้ขี้เถ้าใบสับปะรดแทนสัดส่วนของ SiO_2 ในสูตรแก้วสามารถเกิดเป็นแก้วได้ โดยแก้วที่เติม CoO ทุกความเข้มข้นจะมีสีดำทึบ และมีค่าความหนาแน่นสูงกว่านิลตามธรรมชาติ แต่ยังคงมีค่าความแข็งน้อยกว่านิลตามธรรมชาติอยู่เล็กน้อย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ในการสนับสนุนทุนวิจัย และศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สำหรับความร่วมมือและสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

1. บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ วิชั่น จำกัด. (2019). **พลังงานชีวมวล**. ค้นเมื่อวันที่ 18 เมษายน 2564 จาก http://53011711152.blogspot.com/2012/06/blog-post_19.html
2. Rena, S., Tao, X., Mad, X., Liu, J., Du, H., Guo, A, Xub, J., Lianga, J., Chen, S., Ge, J. (2018). Fabrication of fly ash cenospheres-hollow glass microspheres /borosilicate glass composites for high temperature application. **Ceramics International,** 400, 1147-1155.
3. Santos, R.M.D., Neto, W.P.F., Silvério, H.A., Martins, D.F., Dantas, N.O., Pasquini, D. (2013). Cellulose nanocrystals from pineapple leaf, a new approach for thereuse of this agro-waste. **Industrial Crops and Products,** 50, 707-714.
4. Taveri, G., Tousek J., Bernardo E., Toniolo N., Boccaccini A.R., Dlouhy I. (2017). Proving the role of boron in the structure of fly-ash/borosilicate glass based geopolymers. **Materials Letters,** 200, 105-108.