

## ຄຸນສົມບັດຂອງເຊຣາມິກດອກກັນໄຟທີ່ໄດ້ຈາກດິນຂາວ

### ບ້ານຖິ່ນຄຳ, ເມືອງທຸລະຄົມ, ແຂວງວຽງຈັນ

ພຸວັນ ສຸກສົມຫວັງ<sup>1\*</sup>, ແສງທອງ ບຸນຍະວິງ<sup>1</sup>, ນິພົນ ວໍລະຈັກ<sup>1</sup>, ໄພວັນ ປັດຖາ<sup>1</sup> ແລະ ບຸນຜັນ ຕິນແພງ<sup>1</sup>

ພາກວິຊາພິຊິກສາດ, ຄະນະວິທະຍາສາດທຳມະຊາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ, ສປປ ລາວ

#### ບົດຄັດຫຍໍ້

<sup>1\*</sup> ຜູ້ຕິດຕໍ່ຜົວພັນ:

ພຸວັນ ສຸກສົມຫວັງ,

ພາກວິຊາພິຊິກສາດ,

ຄະນະວິທະຍາສາດທຳມະຊາດ,

ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ

ເບີໂທ: +856 20 5568 2978,

ອີເມວ:

[phou1609@gmail.com](mailto:phou1609@gmail.com)

<sup>1</sup> ພາກວິຊາພິຊິກສາດ,

ຄະນະວິທະຍາສາດທຳມະຊາດ,

ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ

ຂໍ້ມູນບົດຄວາມ:

ສົ່ງບົດຄວາມ: 09 ກຸມພາ 2022

ປັບປຸງສຳເລັດ: 29 ເມສາ 2022

ການຕອບຮັບ: 15 ພຶດສະພາ 2022

ການສຶກສາຄຸນສົມບັດຂອງເຊຣາມິກທີ່ໄດ້ຈາກດິນຂາວໃນຄັ້ງນີ້ ມີເປົ້າໝາຍ ເພື່ອຫາຄຸນສົມບັດທາງພິຊິກ ຂອງເຊຣາມິກປະເພດດອກກັນໄຟ ເຊິ່ງການສຶກສານີ້ໄດ້ນຳໃຊ້ແຮ່ດິນຂາວ (kaolinite) ຈາກບ້ານຖິ່ນຄຳ, ເມືອງທຸລະຄົມ, ແຂວງວຽງຈັນ ປະສົມກັບ ແຮ່ຫີນແກ້ວ (Quartz) ແລະ ແຮ່ຫີນແຂ້ວມ້າ (Feldspar). ແຮ່ວັດຖຸດິບທັງໝົດໄດ້ຜ່ານຂະບວນການປັບປຸງຄຸນນະພາບໂດຍເຄື່ອງປັດແບບລູກກິ່ງ ເຊິ່ງໄດ້ຂະໜາດເມັດຜຸ່ນທີ່ລະອຽດໃນຊ່ວງ 45-75µm, ເມັດຜຸ່ນວັດຖຸດິບກ່ອນເຂົ້າຂະບວນການປະສົມ ແລະ ຂຶ້ນຮູບ ໄດ້ສຶກສາອີງປະກອບທາງເຄມີດ້ວຍການວັດ XRF. ຕົວຢ່າງເຊຣາມິກທີ່ສ້າງຂຶ້ນທັງໝົດ 5 ສ່ວນປະສົມ (ໄດ້ຈຳນວນ 25 ຕົວຢ່າງ) ໂດຍການຫຼຸດປະລິມານແຮ່ດິນຂາວ ແລະ ເພີ່ມແຮ່ຫີນແຂ້ວມ້າ, ຫຼັງຈາກນັ້ນໄດ້ເຜົາໃນອຸນຫະພູມ 950, 1000, 1050, 1100 ແລະ 1150°C ຕາມລຳດັບ.

ຜົນການສຶກສາອີງປະກອບທາງເຄມີຊີ້ໃຫ້ເຫັນວ່າ: ແຮ່ດິນຂາວຈາກບ້ານຖິ່ນຄຳ ມີອີງປະກອບທາງເຄມີຕົ້ນຕໍແມ່ນ SiO<sub>2</sub> (63.30%) ແລະ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (24.42%) ນອກນັ້ນຍັງມີ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (8.31%) ແລະ ທາດອື່ນໆຈຳນວນໜຶ່ງ, ແຮ່ຫີນແກ້ວມີ SiO<sub>2</sub> (97.14%) ເຊິ່ງຖືໄດ້ວ່າມີຄວາມບໍລິສຸດສູງ, ແຮ່ຫີນແຂ້ວມ້າປະກອບມີ SiO<sub>2</sub> (70.85%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (13.72%) ແລະ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1.99%). ຜົນຂອງການທົດສອບຄຸນສົມບັດທາງກາຍະພາບເຊັ່ນ ການດູດຊຶມນ້ຳ, ບໍລິມາດຮູພຸ່ນເປີດ, ຮູພຸ່ນປະກົດ ເຫັນວ່າມີຄ່າຫຼຸດລົງຕາມການຫຼຸດປະລິມານແຮ່ດິນຂາວ ແລະ ການເພີ່ມອຸນຫະພູມເຜົາ, ໃນທາງດຽວກັນຄ່າຄວາມໜາແໜ້ນ ແລະ ຄວາມກົດດັນມີຄ່າເພີ່ມຂຶ້ນ. ນອກນັ້ນ, ຜົນການທົດສອບຄວາມຕ້ານໄຟຟ້າຈຳເພາະຂອງຕົວຢ່າງກໍເພີ່ມຂຶ້ນຕາມອຸນຫະພູມ.

ຄຳສຳຄັນ: ເຊຣາມິກ, ດິນຂາວ, ອີງປະກອບທາງເຄມີ, ຄຸນສົມບັດທາງກາຍະພາບ

## Properties of electrical insulator ceramic with kaolinite from Tinkham village, Thulakhom district, Vientiane province

Phouvanh Souksomvang<sup>1\*</sup>, Sengthong Bounyavong<sup>1</sup>, Niphon Vorlachak<sup>1</sup> Phayvanh Padtha<sup>1</sup>, Bounphan Tonpheng<sup>1</sup>

Department of Physics, Faculty of Natural Sciences, National University of Lao, Lao PDR

### Abstract

The purpose of this study was to find out the physical properties of insulator electric ceramics, which used kaolinite from Thinkham village, Thulakhom district, Vientiane province, mixed with quartz and feldspar. The quality of raw materials was improved by the ball mill, which the size was about 45-75  $\mu\text{m}$ . The raw material's chemical composition was studied by XRF before mixing and preparing samples. The ceramic sample consisted of 5 components (25 samples) by decreasing the amount of kaolinite and increasing the feldspar, then annealing at 950, 1000, 1050, 1100 and 1150°C respectively.

The results of the chemical composition indicate that the main chemical in kaolinite raw materials from Thinkham village are  $\text{SiO}_2$  (63.30%) and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (24.42%), as well as  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (8.31%) and a few number of other elements, the quartz raw materials show high pure with consist of  $\text{SiO}_2$  (97.14%), and the feldspar raw materials are contain  $\text{SiO}_2$  (70.85%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (13.72%) and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1.99%). The results of physical properties investigation show as the water absorption, the volume of open pores, and the apperent pores are decrease with decreasing amount of kaolinite and increase the combustion temperature, in another results the bulk density and the bending strength has increased. In addition, the electric specific resistance of the samples also increased.

**Keyword:** Ceramic, Kaolinite, chemical composition, Physical properties

<sup>1\*</sup> **Correspondence:** Phouvanh Souksomvang, Department of Physics, Faculty of Natural Sciences, National University of Lao, Tel: +856 20 5299 4619, E-mail: phoui20@gmail.com

<sup>1</sup> Department of Physics Faculty of Natural Sciences, National University of Laos

### Article Info:

Submitted: Feb 09, 2022

Revised: Apr 29, 2022

Accepted: May 15, 2022

### 1. ພາກສະເໜີ

ໃນຊ່ວງໄລຍະຫຼາຍປີຜ່ານມານີ້ ການພັດທະນາອຸດສາຫະກຳໄຟຟ້າແຮງສູງ ໃນປະເທດເຮົາໄດ້ມີການພັດທະນາຢ່າງວ່ອງໄວ ໂດຍສະເພາະແມ່ນການສ້າງໂຮງງານຜະລິດໄຟຟ້າພະລັງງານນໍ້າເພື່ອກາຍເປັນບໍ່ໄຟຟ້າຂອງອາຊຽນ ແລະ ເຮັດໃຫ້ເສດຖະກິດຂອງປະເທດເຮົາມີການຂະຫຍາຍຕົວດີຂຶ້ນ. ດັ່ງນັ້ນ, ຄວາມຕ້ອງການທາງດ້ານເຕັກນິກຂອງລະບົບສາຍສົ່ງ ແລະ ອຸປະກອນໃນການນຳສົ່ງໄຟຟ້າແຮງສູງຈຶ່ງມີ

ຄວາມຕ້ອງການເພີ່ມຂຶ້ນ ເຊິ່ງໃນປະຈຸບັນການພັດທະນາອຸປະກອນ ໄຟຟ້າຢູ່ໃນປະເທດເຮົາແມ່ນຍັງບໍ່ທັນຕອບສະໜອງໄດ້ຕາມ ຄວາມຮຽກຮ້ອງຕ້ອງການ, ຍັງໄດ້ນຳເຂົ້າມາຈາກຕ່າງປະເທດເກືອບທັງໝົດເຊັ່ນ: ໜີ້ແປງ, ສາຍເຄເບິລ, ດອກກັນໄຟ ແລະ ວັດຖຸກັ້ນໄຟຟ້າຕ່າງໆ ອຸປະກອນເລົ່ານີ້ຈຶ່ງມີຄວາມສຳຄັນ ແລະ ຂາດບໍ່ໄດ້ໃນການພັດທະນາທາງດ້ານໄຟຟ້າ. (ສຳນັກງານສິ່ງເສີມການຄ້າລະຫວ່າງປະເທດທີ່ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ, 2553 ແລະ ສະຖານກົງສຸນໃຫ່ຍ

ແຂວງສະຫວັນນະເຂດ, 2562).

ເຊຣາມິກປະເພດດອກກັນໄຟຟ້າ (electrical porcelain insulator) ຫຼື ດອກກັນໄຟຟ້າ (electrical insulator) ເປັນອຸປະກອນທີ່ໃຊ້ຮອງຮັບສາຍໄຟເຮັດໜ້າທີ່ເປັນຕົວກັ້ນ ແລະ ປ້ອງກັນບໍ່ໃຫ້ກະແສໄຟຟ້າຮົ່ວລົງດິນ ຫຼື ກັ້ນການລັດວົງຈອນໄຟຟ້າ ເພາະຖ້າມີການຮົ່ວໄຫຼຂອງກະແສໄຟໃນຈຳນວນຫຼາຍ ອຸປະກອນທີ່ຕິດຕັ້ງໄວ້ກໍ່ຈະຕັດວົງຈອນເຮັດໃຫ້ການສົ່ງກະແສໄຟຢຸດລົງ. ດັ່ງນັ້ນ, ດອກກັນໄຟຟ້າຈຶ່ງມີບົດບາດສຳຄັນຕໍ່ການສົ່ງກະແສໄຟຟ້າໃນລະບົບສາຍສົ່ງ.

ໂດຍພື້ນຖານອົງປະກອບທີ່ໃຊ້ໃນການຜະລິດວັດສະດຸດອກກັນໄຟຈະແມ່ນວັດຖຸດິບທີ່ຫາໄດ້ຈາກທຳມະຊາດເປັນວັດຖຸດິບຄືກັນກັບເຊຣາມິກທົ່ວໄປເຊັ່ນ ດິນໜຽວ (ເຊິ່ງຈະລວມມີ ball clay, china clay, kaolin), ແຮ່ເຟດສ໌ປາ (feldspar) ແລະ ຄວາກ (quartz) ໃນອົງປະກອບນັ້ນ ດິນໜຽວ  $[Al_2SiO_2O_5(OH)_4]$  ເປັນຕົວຊ່ວຍຍືດປະສານອົງປະກອບອື່ນໆໃຫ້ຈັບຕົວກັນ ໂດຍອາໄສຄຸນສົມບັດທີ່ເດັ່ນແມ່ນຄວາມໜຽວ, ເຟດສ໌ປາ  $[K_xNa_{1-x}(AlSi_3)O_8]$  ຈະໃຊ້ເປັນຕົວຊ່ວຍຫຼຸດລະດັບຈຸດຮ້ອນເບື້ອຍທີ່ອຸນຫະພູມສູງ ພ້ອມຍັງເປັນຕົວເສີມແຮ່ອະລູມິນາ ແລະ ຊີລິກາ ອີກດ້ວຍ, ສ່ວນແຮ່ຄວາກ  $[SiO_2]$  ເປັນອົງປະກອບເພີ່ມເຕີມທີ່ເຮັດໃຫ້ຮູບຮ່າງຂອງເຊຣາມິກຄົງທົນບໍ່ມີການປ່ຽນຮູບໄດ້ງ່າຍເມື່ອຜ່ານຂະບວນການເຜົາ (Ngayakamo & Park, 2018).

ແຮ່ດິນໜຽວຂາວ ຫຼື ດິນຂາວ ເປັນແຮ່ດິນທີ່ມີ ສີຂາວ, ສີຂາວຈາງໆໄປຫາສີເຫຼືອງຈາງໆ ເຖິງຈະຢູ່ໃນທຳມະຊາດ ຫຼືຜ່ານການເຜົາກໍ່ຕາມ, ຄຳວ່າ Kaolin ມາຈາກພາສາຈີນທີ່ອອກສຽງວ່າ Kao ling ແປວ່າພູສູງ ເຊິ່ງເປັນແຫຼ່ງດິນຂາວຂອງປະເທດຈີນ ມີອົງປະກອບຫຼັກແມ່ນ ຊີລິກາ

ແລະ ອາລູມິນາ, ມີອຸນຫະພູມເບື້ອຍ  $740-1785^{\circ}C$  ມີຄວາມໜາແໜ້ນ  $2.65 \text{ g/cm}^3$  (National Center for Biotechnology Information, 2021).

ບ້ານຖິ່ນຄຳ ເປັນໜຶ່ງໃນໝູ່ບ້ານທີ່ຕັ້ງລຽບແຄມແມ່ນ້ຳງື່ມ, ເມືອງທຸລະຄົມ ແຂວງວຽງຈັນ ເຊິ່ງເຂດດັ່ງກ່າວໄດ້ມີການລາຍງານ ມີບໍ່ດິນໜຽວປະເພດດິນຂາວປົກຄຸມເປັນບໍລິເວນກວ້າງ (Marutani, 2006) ແລະ ສັງເກດເຫັນວ່າປະຊາຊົນເຂດໄກ້ຄຽງໄດ້ມີການນຳໃຊ້ເພື່ອຜະລິດດິນຈີ່ຈຳນວນຫຼາຍ. ດັ່ງນັ້ນ, ການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ ພວກຂ້າພະເຈົ້າໄດ້ນຳເອົາແຮ່ດິນໜຽວຈາກບ້ານຖິ່ນຄຳ ມາປະສົມກັບແຮ່ຫີນແກ້ວ ແລະ ຫີນແຂ້ວມ້າ ດ້ວຍການປ່ຽນແປງປະລິມານແຮ່ດິນໜຽວ ແລະ ເຮັດການເຜົາທີ່ອຸນຫະພູມ  $950-1150^{\circ}C$ . ເຮັດການທົດສອບຄຸນສົມບັດທາງກາຍຍະພາບ, ກົນລະສາດ ແລະ ຄວາມຕ້ານໄຟຟ້າ ເພື່ອຫາຂໍ້ມູນທີ່ສາມາດຢັ້ງຢືນໃຫ້ເຮົາເຫັນວ່າເຊຣາມິກທີ່ສ້າງຂຶ້ນນັ້ນມີຄວາມເປັນໄປໄດ້ໃນການຜະລິດເປັນດອກກັນໄຟຟ້າໃນອະນາຄົດ.

## 2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

### 2.1 ວັດຖຸດິບ

ເຊຣາມິກທີ່ສ້າງຂຶ້ນເພື່ອການສຶກສາຄັ້ງນີ້ໄດ້ຈາກ 3 ແຮ່ວັດຖຸດິບຄື: 1) ແຮ່ດິນຂາວໄດ້ຈາກ ບ້ານ ຖິ່ນຄຳ, ເມືອງທຸລະຄົມ, ແຂວງວຽງຈັນ ເປັນແຮ່ດິນລະອຽດສີຂາວຈາງໆ, 2) ແຮ່ຫີນແກ້ວ (quartz) ໄດ້ຈາກເຂດ ເມືອງຊະນະຄາມ, ແຂວງວຽງຈັນ ລັກສະນະເປັນກ້ອນຂາວເຂື່ອງ ແລະ 3) ແຮ່ຫີນແຂ້ວມ້າ (Feldspar) ໄດ້ຈາກການສະກັດອອກຈາກຫີນແກນນິດ (granite) ເຊິ່ງໄດ້ຈາກເຂດພູຈອມວອຍ ເມືອງຄຳເກີດ, ແຂວງບໍລິຄຳໄຊ. ແຮ່ວັດຖຸດິບທັງ 3 ໄດ້ຜ່ານການວິເຄາະອົງປະກອບທາງເຄມີດ້ວຍເຄື່ອງເຮືອງແສງລັງສີເອກສ໌ (X-ray fluorescence: XRF) ດັ່ງໄດ້ສະແດງໃນຕາຕະລາງ 1.

ລ/ດ	ທາດອີກຊິດ	ດິນໜຽວ (%)	ຫີນແກ້ວ (%)	ຫີນແຂ້ວມ້າ (%)
1	SiO <sub>2</sub>	63.306	97.140	70.850
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.421	0.921	13.722
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.311	0.505	1.996

4	TiO <sub>2</sub>	1.874	0.065	0.295
5	K <sub>2</sub> O	1.073	0.254	4.740
6	MgO	0.417	0.456	1.076
7	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.166	0.051	0.214
8	Na <sub>2</sub> O	0.127	0.163	2.770
9	ZrO <sub>2</sub>	0.097	-	0.033
10	CaO	0.067	0.398	3.895
11	BaO	-	-	0.155
12	SO <sub>3</sub>	0.043	-	0.057
13	SrO	-	-	0.057
14	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.030	0.042	0.032
15	MnO	-	-	0.035
16	NiO	0.011	-	0.006
17	CuO	0.011	-	-
18	ZnO	0.009	-	-
19	Rb <sub>2</sub> O	0.008	-	0.018
20	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	-	-
21	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	-	-
22	SrO	0.006	-	-
23	O	0.000	0.000	0.000

ຕາຕະລາງ 1: ສະແດງອົງປະກອບທາງເຄມີຂອງແຮ່ວັດຖຸດິບທັງ 3 ຊະນິດ

## 2.2 ຂະບວນການຂຶ້ນຮູບຕົວຢ່າງ

ການສ້າງຕົວຢ່າງໄດ້ດໍາເນີນຜ່ານຂະບວນການຢ່າງລະອຽດ ແລະ ເປັນລະບົບ ເຊິ່ງຂະບວນການສ້າງເຊຣາມິກເປັນສ່ວນໜຶ່ງທີ່ສໍາຄັນ ແລະ ສິ່ງຜົນຕໍ່ຄຸນສົມບັດຕ່າງໆ.

ການສ້າງຕົວຢ່າງໃນການສຶກສານີ້ໃຊ້ວິທີການຂຶ້ນຮູບດ້ວຍຄວາມໜຽວ ແລະ ແຮງອັດ, ຮູບພາບຊ້ອນທ້າຍ (ຮູບພາບ 1) ສະແດງຂະບວນການດໍາເນີນການຂຶ້ນຮູບຂອງເຊຣາມິກຕົວຢ່າງ.



ຮູບພາບ 1: ຂັ້ນຕອນການດໍາເນີນຂະບວນການສ້າງເຊຣາມິກຕົວຢ່າງ

ລ/ດ	ຕົວຢ່າງ	ດິນຂາວ (wt %)	ຫີນແກ້ວ (wt %)	ຫີນແຂ້ວມ້າ (wt %)
1	KQF1	60	10	30
2	KQF2	50	10	40
3	KQF3	45	10	45

4	KQF4	40	10	50
5	KQF5	30	10	60

ຕາຕະລາງ 3: ອັດຕາສ່ວນປະສົມຕົວຢ່າງທັງໝົດທີ່ໄດ້ສ້າງຂຶ້ນ

### 2.3 ການທົດສອບຄຸນສົມບັດ

ໃນການສຶກສາເຊຣາມິກຄັ້ງນີ້ໄດ້ທຳການທົດສອບຄຸນສົມບັດທາງກາຍຍະພາບເຊັ່ນ: ການດູດຊຶມນໍ້າ (Water absorption), ຄວາມໜາແໜ້ນລວມ (Bulk Density), ຮູຜຸ່ນປະກົດຕົວ (Apparent porosity) ແລະ ແຮງດຶງດູດຈຳເພາະໂດຍນຳໃຊ້ມາດຕະຖານການທົດສອບເຊຣາມິກທີ່ບໍ່ເຄືອບ (ASTM.C838-96, 2010). ການຄິດໄລ່ໃນບັນດາສົມຜົນຕ່າງໆນີ້ແມ່ນຖືວ່ານໍ້າ  $1 \text{ cm}^3$  ມີຄ່າເທົ່າ  $1 \text{ g}$ .

ການຄິດໄລ່ຫາບໍລິມາດລວມ  $V$ , ຫົວໜ່ວຍເປັນ  $[\text{cm}^3]$   $V = M - S$

ບໍລິມາດຮູຜຸ່ນເປີດ  $V_{op}$  ຫົວໜ່ວຍເປັນ  $[\text{cm}^3]$

$$V_{op} = M - D$$

ຮູຜຸ່ນປະກົດ  $P$  ຫົວໜ່ວຍເປັນ [%]

$$P = \frac{M - D}{V} \times 100$$

ການດູດຊຶມນໍ້າ  $A$  ຫົວໜ່ວຍເປັນ [%]

$$A = \frac{M - D}{D} \times 100$$

ຄວາມໜາແໜ້ນລວມ  $B$  ຫົວໜ່ວຍເປັນ  $[\text{g}/\text{cm}^3]$

$$B = \frac{D}{V}$$

ເຊິ່ງວ່າ:

$M$  - ແມ່ນມວນສານຕົວຢ່າງປຽກ  $[\text{g}]$

$D$  - ແມ່ນມວນສານຕົວຢ່າງແຫ້ງ  $[\text{g}]$

$S$  - ແມ່ນມວນສານຕົວຢ່າງໃນນໍ້າ  $[\text{g}]$

ການສຶກສາຄຸນສົມບັດທາງກົນລະສາດຂອງຕົວຢ່າງໄດ້ນຳໃຊ້ການທົດສອບແບບ 3 ຈຸດງັດ ເພື່ອຫາຄວາມກົດດັນ ໂດຍແຮງຕັດຕາມລວງຂວາງວັດຖຸຕົວຢ່າງ ແລະ ນຳໃຊ້ສົມຜົນ (William D. Callister, 2007):

$$\rho f_s = \frac{F_f L}{\pi R^3}$$

ໂດຍວ່າ:

$F_f$  - ແມ່ນ ແຮງສູງສຸດທີ່ກະທົບໃສ່ຕົວຢ່າງ  $[\text{N}]$

$R$  - ແມ່ນລັດສະໝີຂອງເນື້ອທີ່ໜ້າຕັດຂອງວັດຖຸຕົວຢ່າງ  $[\text{m}]$

$\rho f_s$  - ແມ່ນ ຄວາມກົດດັນ  $[\text{Mpa}]$

ການສຶກສາທາງດ້ານຄວາມຕ້ານໄຟຟ້າໄດ້ທຳການວັດແທກດ້ວຍເຄື່ອງວັດ Insulation test TA8322A ແລະ ນຳໄປຄິດໄລ່ຫາ ຄວາມຕ້ານໄຟຟ້າຈຳເພາະ ດ້ວຍສົມຜົນ:  $\rho = R \frac{A}{L}$ , ໂດຍທີ່  $L$  ແມ່ນໄລຍະຫ່າງ (ຫຼື ລວງຍາວ) ລະຫວ່າງສອງຈຸດທີ່ວັດແທກລະດັບໄຟຟ້າ,  $A$  ແມ່ນເນື້ອທີ່ໜ້າຕັດທີ່ຕັ້ງສາກກັບທິດຂອງກະແສໄຟຟ້າ,  $R$  ແມ່ນຄວາມຕ້ານໄຟຟ້າຈຳເພາະຂອງສາຍໄຟຟ້າ ມີຫົວໜ່ວຍຂອງເປັນ  $[\Omega \cdot \text{m}]$  (ບຸນຜັນ ຕົ້ນແພງ, 2016).

### 3. ຜົນໄດ້ຮັບ

#### 3.1 ຄຸນສົມບັດທາງກາຍຍະພາບ

ຄຸນສົມບັດທາງກາຍຍະພາບເຊັ່ນ ບໍລິມາດຮູຜຸ່ນເປີດ ( $V_{op}$ ) ແລະ ຮູຜຸ່ນປະກົດ ( $P$ ) ຂອງຕົວຢ່າງທັງໝົດມີຄ່າຫຼຸດລົງຕາມການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງອຸນຫະພູມເຜົາ ແລະ ມີຄ່າຕໍ່າສຸດເທົ່າ  $0.57 \text{ cm}^3$  ແລະ  $15.67\%$  ຕາມລຳດັບ (ຮູບ 2 (ກ), (ຂ)).

ການດູດຊຶມນໍ້າຂອງແຕ່ລະຕົວຢ່າງເຫັນວ່າມີການປ່ຽນແປງໄປທາງດຽວກັນເຊິ່ງມີຄ່າຫຼຸດລົງຕາມການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງອຸນຫະພູມເຜົາ (ຮູບ 2 (ຄ)).

ຄ່າຄວາມໜາແໜ້ນລວມ(Bulk density) ເປັນຄວາມໜາແໜ້ນທີ່ລວມທັງຮູຜຸ່ນໃນກ້ອນຕົວຢ່າງເຊິ່ງຕົວຢ່າງທັງໝົດໄດ້ທຳການທົດສອບ ແລະ ຄິດໄລ່ ມີຜົນດັ່ງສະແດງໃນຮູບ 2 (ງ).

#### 3.2 ຄຸນສົມບັດທາງກົນລະສາດ

ການທົດສອບຄຸນສົມບັດທາງກົນລະສາດໄດ້ນຳໃຊ້ວິທີແບບ 3 ຈຸດງັດ, ເຊິ່ງໄດ້ຮັບຜົນດັ່ງສະແດງໃນຮູບ 3 (ກ) ເປັນຂໍ້ມູນຂອງ KQF5 (ຕົວຢ່າງອື່ນໆກໍ່ມີຜົນລັກສະນະດຽວກັນ).

### 3.3 ຄວາມຕ້ານໄຟຟ້າຈຳເພາະ

ຄ່າຄວາມຕ້ານຈຳເພາະຂອງຕົວຢ່າງທັງໝົດທີ່ທົດສອບມີຄ່າລະຫວ່າງ  $(4.25-8.72) \times 10^6 \Omega.m$  ໃນນັ້ນຄ່າທີ່ສູງສຸດ  $(8.72 \times 10^6 \Omega.m)$  ແມ່ນຕົວຢ່າງ KQF5 ທີ່ເຜົາໃນອຸນຫະພູມ  $1150^\circ C$ .

### 4. ວິພາກຜົນ

ຄຸນສົມບັດທາງກາຍຍະພາບເຊັ່ນ ບໍລິມາດຮູຟຸ່ນເປີດ ( $V_{op}$ ) ແລະ ຮູຟຸ່ນປະກົດ ( $P$ ) ຂອງຕົວຢ່າງທັງໝົດມີຄ່າຫຼຸດລົງຕາມການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງອຸນຫະພູມເຜົາ ແລະ ມີຄ່າຕໍ່າສຸດເທົ່າ  $0.57 cm^3$  ແລະ  $15.67\%$  ຕາມລຳດັບ (ຮູບ 2 (ກ), (ຂ)). ຄ່າທີ່ຫຼຸດລົງນີ້ມີຜົນມາຈາກການເປື້ອຍຕົວຂອງແຮ່ຫິນແຂ້ວມ້າ ໂດຍປົກກະຕິພວກມັນຈະກາຍເປັນຂອງແຫຼວ ຫຼື ຢູ່ໃນສະພາວະແກ້ວ ເມື່ອຖືກເຜົາໃນອຸນຫະພູມສູງເຖິງ  $1100^\circ C$ , ເຊິ່ງຈະໄປເຕີມເຕັມຈຸດຊ່ອງຫວ່າງໃນໂຄງສ້າງລະດັບຈຸລະພາກ ເຮັດໃຫ້ເນື້ອຂອງເຊຣາມິກແໜ້ນຂຶ້ນ (Merga, lAndualem; H.C.AnandaMurthy; EnyewAmare, 2019) ສິ່ງຜົນໃຫ້ຄ່າການທົດສອບບໍລິມາດຮູຟຸ່ນ ແລະ ຮູຟຸ່ນປະກົດຕໍ່າລົງ.

ການດູດຊຶມນ້ຳຂອງແຕ່ລະຕົວຢ່າງເຫັນວ່າມີການປ່ຽນແປງໄປທາງດຽວກັນເຊິ່ງມີຄ່າຫຼຸດລົງຕາມການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງອຸນຫະພູມເຜົາ (ຮູບ 2 (ຄ)), ໃນອຸນຫະພູມເຜົາທີ່  $1150^\circ C$  ຈະເຫັນຄ່າການປ່ຽນແປງຕາມອັດຕາສ່ວນປະສົມຂອງແຮ່ດິນຂາວຄື: ມີຄ່າການດູດຊຶມນ້ຳເລີ່ມຫຼຸດລົງຈາກ  $12.45, 9.17$  ແລະ  $7.41\%$  ຂອງຕົວຢ່າງ KQF1, KQF2 ແລະ KQF3 ຕາມລຳດັບ ແຕ່ໃນສ່ວນ KQF4 ແລະ KQF5 ມີຄ່າເພີ່ມຂຶ້ນ ( $8.63\%, 14.49\%$ ). ເຊິ່ງສາມາດອະທິບາຍໄດ້ວ່າໃນການເຜົາທີ່ອຸນຫະພູມ  $1150^\circ C$  ປະລິມານອັດຕາສ່ວນປະສົມຂອງແຮ່ດິນຂາວມີຈຸດຈຳກັດໃນການຫຼຸດລົງທີ່  $45wt\%$ , ຖ້າຫຼຸດອັດຕາລົງໄປຕື່ມຈະເຮັດໃຫ້ອັດຕາການດູດຊຶມນ້ຳເພີ່ມຂຶ້ນ.

ຄ່າຄວາມໜາແໜ້ນລວມ (Bulk density) ເປັນຄວາມໜາແໜ້ນທີ່ລວມທັງຮູຟຸ່ນໃນກ້ອນຕົວຢ່າງ ເຊິ່ງຕົວຢ່າງທັງໝົດໄດ້ທຳການທົດສອບ ແລະ ຄິດໄລ່ ມີຜົນດັ່ງສະ

ແດງໃນຮູບ 2 (ງ). ເຮົາເຫັນໄດ້ວ່າຜົນທີ່ໄດ້ເປັນຜົນທີ່ສອດຄ່ອງກັບຄ່າການດູດຊຶມນ້ຳ ເພາະໃນວັດສະດຸເຊຣາມິກເມື່ອຄ່າການດູດຊຶມນ້ຳຫຼຸດລົງຄ່າຄວາມໜາແໜ້ນກໍ່ຈະເພີ່ມຂຶ້ນ, ໃນນີ້ຄ່າຄວາມໜາ ແໜ້ນໄດ້ເພີ່ມຂຶ້ນຕາມການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງອຸນຫະພູມການເຜົາ. ໃນທຳນອງດຽວກັນກັບຄ່າການດູດຊຶມນ້ຳຂອງຕົວຢ່າງທີ່ເຜົາໃນອຸນຫະພູມ  $1150^\circ C$  ກໍ່ຈະເຫັນວ່າ ໃນຕົວຢ່າງທີ່ມີສ່ວນປະສົມຂອງດິນຂາວ  $45wt\%$  ນັ້ນໃຫ້ຜົນຄ່າຄວາມໜາແໜ້ນທີ່ສູງສຸດເທົ່າ  $2.11 g/cm^3$  ແລະ ເມື່ອສ່ວນປະສົມດິນຂາວຫຼຸດລົງ  $40$  ແລະ  $30 wt\%$  ກໍ່ສິ່ງຜົນໃຫ້ຄ່າຄວາມໜາແໜ້ນຫຼຸດລົງ ( $2.0, 1.84 g/cm^3$ ) ຕາມລຳດັບ.

ການທົດສອບຄຸນສົມບັດທາງກົນລະສາດໄດ້ນຳໃຊ້ວິທີແບບ 3 ຈຸດງັດ, ເຊິ່ງໄດ້ຮັບຜົນດັ່ງສະແດງໃນຮູບ 3 (ກ) ເປັນຂໍ້ມູນຂອງ KQF5 (ຕົວຢ່າງອື່ນໆກໍ່ມີຜົນລັກສະນະດຽວກັນ) ເຊິ່ງເຫັນວ່າໃນອຸນຫະພູມເຜົາທີ່  $950, 1000, 1050^\circ C$  ມີຄ່າຄວາມກົດດັນ ( $0.46 \times 10^6, 0.49 \times 10^6, 0.42 \times 10^6 N/m^2$ ) ທີ່ສາມາດເວົ້າໄດ້ວ່າເກືອບບໍ່ມີການປ່ຽນແປງ, ແຕ່ໃນສ່ວນຂອງຕົວຢ່າງເຜົາໃນອຸນຫະພູມທີ່ສູງຂຶ້ນ ( $1100, 1150^\circ C$ ) ເຫັນວ່າມີຄ່າເພີ່ມຂຶ້ນຫຼາຍ ( $3.36 \times 10^6 N/m^2$  ແລະ  $12.95 \times 10^6 N/m^2$ ). ຄວາມກົດດັນດັ່ງກ່າວສາມາດຕີລາຄາໄດ້ເຖິງຄວາມແຂງແຮງຂອງຕົວຢ່າງເມື່ອຖືກເຜົາທີ່ອຸນຫະພູມສູງ ແລະ ຊື້ໃຫ້ເຫັນຄຸນສົມບັດຕ່າງໆຂອງຕົວຢ່າງທີ່ສ້າງຂຶ້ນເລີ່ມມີການປ່ຽນແປງໃນທາງທີ່ດີຂຶ້ນເມື່ອອຸນຫະພູມເຜົາສູງ  $1100^\circ C$  ຂຶ້ນໄປ.

ຄ່າຄວາມຕ້ານຈຳເພາະຂອງຕົວຢ່າງທັງໝົດທີ່ທົດສອບມີຄ່າລະຫວ່າງ  $(4.25-8.72) \times 10^6 \Omega.m$  ໃນນັ້ນຄ່າທີ່ສູງສຸດ  $(8.72 \times 10^6 \Omega.m)$  ແມ່ນຕົວຢ່າງ KQF5 ທີ່ເຜົາໃນອຸນຫະພູມ  $1150^\circ C$ . ຈາກຮູບ 3 (ຂ) ເຮົາເຫັນວ່າການເພີ່ມອຸນຫະພູມເຜົາສິ່ງຜົນໂດຍກົງກັບຄ່າຄວາມຕ້ານໄຟຟ້າຈຳເພາະ ກໍ່ຄືເຮັດໃຫ້ຄວາມຕ້ານໄຟຟ້າຈຳເພາະເພີ່ມຂຶ້ນ, ຜົນໄດ້ຮັບດັ່ງກ່າວແມ່ນສອດຄ່ອງກັບຄ່າທົດສອບຄຸນສົມບັດອື່ນໆ ໂດຍມາຈາກຜົນເນື່ອງດຽວກັນຄືປະລິມານຂອງແຫຼວ ຫຼື ແກ້ວ ທີ່ມີຈຳນວນຫຼາຍຂຶ້ນເມື່ອອຸນຫະພູມສູງຂຶ້ນ

ຜົນຂອງການຫາອົງປະກອບທາງເຄມີຊື່ໃຫ້ເຫັນວ່າ: ແຮ່ດິນຂາວຈາກ ບ້ານຖິ່ນຄຳ, ເມືອງທຸລະຄົມ, ແຂວງວຽງຈັນ ມີອົງປະກອບທາງເຄມີຕົ້ນຕໍແມ່ນ  $\text{SiO}_2$  (63.30%) ແລະ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (24.42%). ນອກນັ້ນຍັງປະກອບມີ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (8.31%), ແຮ່ຫິນແກ້ວມີອົງປະກອບເຄມີຕົ້ນຕໍແມ່ນ  $\text{SiO}_2$  (97.14%) ແລະ ແຮ່ຫິນແຂ້ວມ້າປະກອບມີ  $\text{SiO}_2$  (70.85%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (13.72%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1.99%).

## 5. ສະຫຼຸບ

ການສຶກສານີ້ໄດ້ນຳແຮ່ວັດຖຸດິບ 3 ປະເພດມາປະສົມເຂົ້າກັນ ໂດຍຜ່ານຂະບວນການຂຶ້ນຮູບດ້ວຍການອັດແລ້ວນຳໄປເຜົາໃຫ້ກາຍເປັນເຊຣາມິກ. ແຮ່ທີ່ນຳມາສ້າງເປັນເຊຣາມິກຄັ້ງນີ້ມີຄື: ແຮ່ດິນຂາວ (kaolinite), ແຮ່ຫິນແກ້ວ (Quartz) ແລະ ແຮ່ຫິນແຂ້ວມ້າ (Feldspar). ຕົວຢ່າງເຊຣາມິກທີ່ສ້າງຂຶ້ນທັງໝົດແມ່ນມີ 5 ສ່ວນປະສົມ, ໂດຍການຫຼຸດປະລິມານແຮ່ດິນຂາວ ແລະ ເພີ່ມແຮ່ຫິນແຂ້ວມ້າແທນທີ່, ຫຼັງຈາກນັ້ນໄດ້ເຜົາໃນອຸນຫະພູມ 950, 1000, 1050, 1100 ແລະ 1150°C ຕາມລຳດັບ.

ຜົນຂອງການທົດສອບຄຸນສົມບັດທາງກາຍະພາບ ເຊັ່ນ: ການດູດຊຶມນ້ຳ, ຮຸ່ນປະກົດ ແມ່ນມີຄ່າຫຼຸດລົງຕາມການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງແຮ່ຫິນແຂ້ວມ້າ ແລະ ອຸນຫະພູມເຜົາ, ຜົນຂອງການທົດສອບນີ້ໄດ້ສອດຄອງກັບຄ່າທົດສອບຄວາມໜາແໜ້ນ ແລະ ຄວາມກົດດັນຄື ພວກມັນມີຄ່າເພີ່ມຂຶ້ນ ຕາມການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງອຸນຫະພູມເຜົາ ແລະ ຫຼຸດລົງຂອງປະລິມານແຮ່ດິນຂາວ. ໃນລັກສະນະດຽວກັນ ຜົນການທົດສອບຄວາມຕ້ານໄຟຟ້າຈຳເພາະ ຂອງຕົວຢ່າງກໍ່ເພີ່ມຂຶ້ນເຊັ່ນກັນ, ຕົວຢ່າງ QKF5 ມີຄ່າຄວາມຕ້ານໄຟຟ້າຈຳເພາະ ໃນອຸນຫະພູມສູງສຸດເທົ່າ  $8.72 \times 10^6 \Omega \cdot \text{m}$ .

## 6. ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົ້ນຄວ້າວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິຍານຕົນວ່າຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງ ທາງຜົນປະໂຫຍດ ກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເອື້ອປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ ຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີ ທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້

ດຽວ ກໍລະນີມີການລະເມີດ ໃນຮູບການໃດໜຶ່ງ.

## 7. ຄຳຂອບໃຈ

ພວກຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມນັກຄົ້ນຄວ້າ ຂໍສະແດງຄວາມຂອບໃຈ ແລະ ຮູ້ບຸນຄຸນອັນໃຫຍ່ຫຼວງຕໍ່ການນຳຂອງຄະນະວິທະຍາສາດທຳມະຊາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ ທີ່ໄດ້ສະໜອງທຶນຄົ້ນຄວ້າ ໃຫ້ໃນສົກຮຽນ 2020 - 2021, ເຮັດໃຫ້ການສຶກສາຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ສຳເລັດລົງດ້ວຍຜົນສຳເລັດຕາມເວລາທີ່ທາງຄະນະກຳນົດໃຫ້.

## 8. ເອກະສານອ້າງອີງ

ສຳນັກງານສົ່ງເສີມການຄ້າລະຫວ່າງປະເທດທີ່ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ. (2553). ສະບັບເລກທີ 141, ລົງວັນທີ 7-12 ກຸມພາ

ບຸນຜັນ ຕົ້ນແພງ. (2016). ຄຸນລັກສະນະໄຟຟ້າ ແລະ ແມ່ເຫຼັກຂອງວັດສະດຸສາດ. ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ: ໂຮງພິມກອງທັບ.

ພະລັງງານໄຟຟ້າພະລັງງານຂັບເຄື່ອນທາງເສດຖະກິດທີ່ສຳຄັນຂອງ ສປປ ລາວ- ສະຖານກົງສູນໃຫ້ຍ ທີ່ແຂວງສະຫວັນນະເຂດ. (2562).

ASTM.C838-96. (2010). Standard test methods for apparent porosity, water absorption, apparent specific gravity, and bulk density of burned refractory brick and shapes. West Conshohocken: ASTM International.

Blasius Ngayakamo, & S.Eugene Park. (2018). Effect of firing temperature on triaxial electrical porcelain properties made from Tanzania locally sourced ceramic raw materials. Journal of Silicate Based and Composite Materials, 106-109.

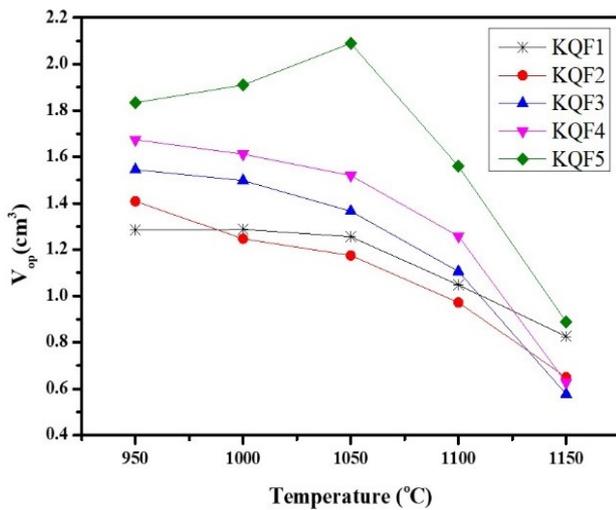
Jr William D. Callister. (2007). Structure and properties of Ceramics. John Wiley & Sons, Materials Science and Engineering: An Introduction (ໜ້າ. 415-459). United States of America.

Masaharu Marutani. (2006). SECTOR PLAN FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. The World Bank.

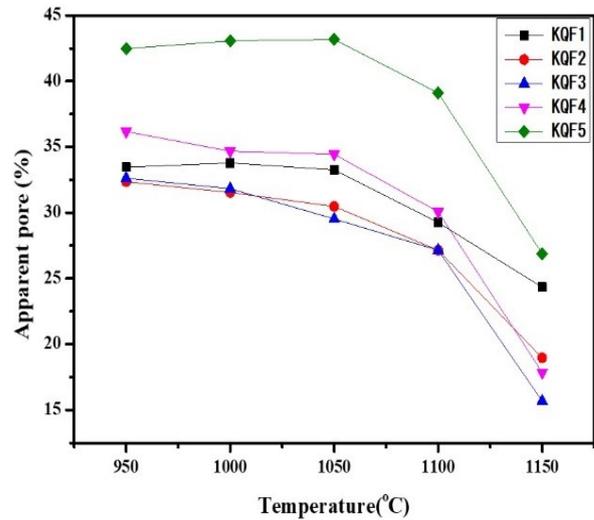
Merga, IAndualem; H.C.AnandaMurthy; EnyewAmare. (2019). Fabrication of electrical porcelain insulator from ceramic raw materials of Oromia region, Ethiopia. Heliyon, e02327.  
National Materials Technology center. (2019).

National Center for Biotechnology Information. (2021, 9 23). PubChem Compound Summary for CID 56841936, kaolin. ໄດ້ທົດລອງຄືນ <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Kaolin>.

❖ ຄຸນສົມບັດທາງກາຍະພາບ

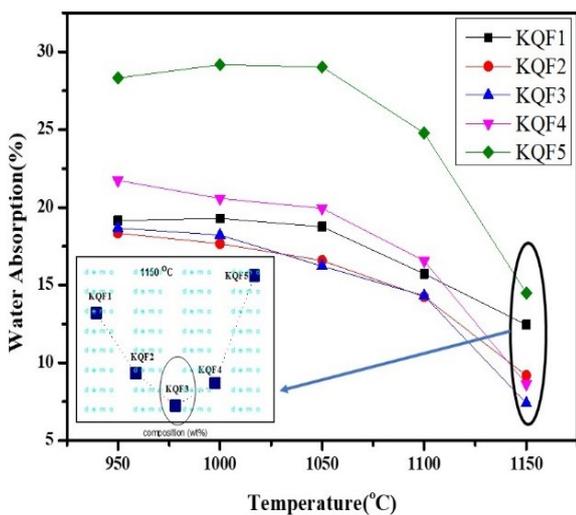


(ກ) ບໍລິມາດຮຸ່ງຜຸ່ນ

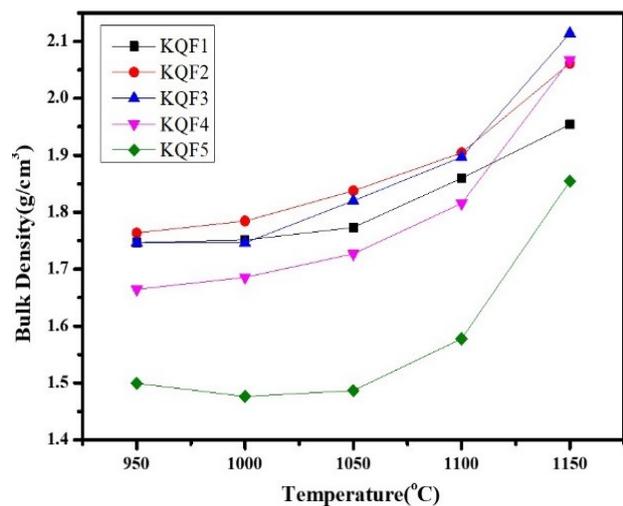


(ຂ) ຮຸ່ງຜຸ່ນປະກົດ

ຮູບ 1: ບໍລິມາດຮຸ່ງຜຸ່ນເປີດ ( $V_{op}$ ) ແລະ ຮຸ່ງຜຸ່ນປະກົດ (P) ຂອງຕົວຢ່າງທັງໝົດມີຄ່າຫຼຸດລົງຕາມການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງອຸນຫະພູມ ແລະ ມີຄ່າຕໍ່າສຸດເທົ່າ  $0.57\text{cm}^3$  ແລະ  $15.67\%$  ຕາມລຳດັບ (ຮູບ 2 (ກ), (ຂ)).



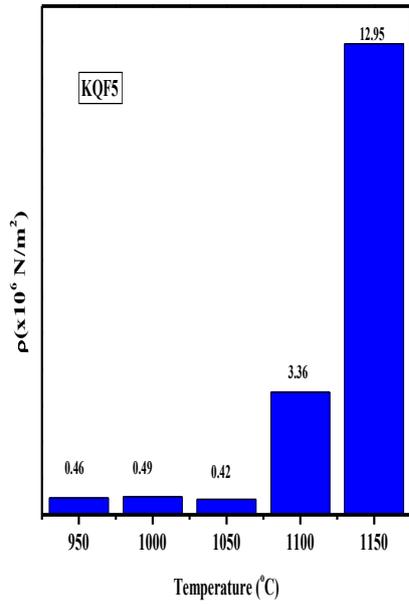
(ຄ)



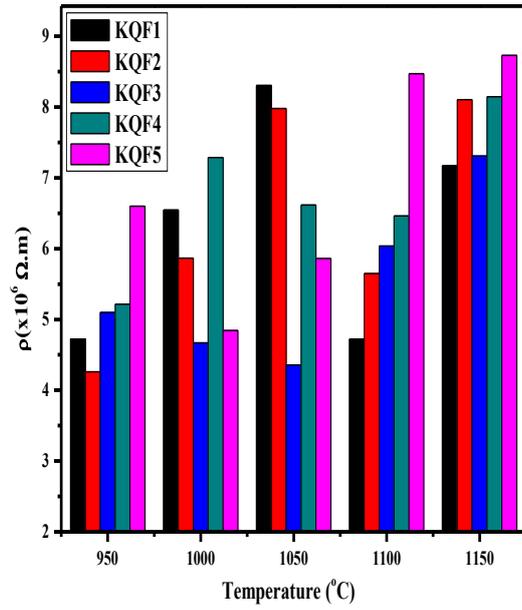
(ງ)

ຮູບ 2: ການປ່ຽນແປງຕາມອຸນຫະພູມຂອງ (ຄ) ການດູດຊຶມນ້ຳ ແລະ (ງ) ຄວາມໜາແໜ້ນລວມ

❖ ຄຸນສົມບັດທາງກົນລະສາດ



(ກ)



(ຂ)

ຮູບ 3: ການປ່ຽນແປງຕາມອຸນຫະພູມຂອງ (ກ) ຄວາມກົດດັນຂອງ KQF5 ແລະ (ຂ) ຄວາມຕ້ານໄຟຟ້າຈໍາເພາະ