



Development of a smartphone-based colorimetric detection for quantification of vitamin C in dietary supplements and skin care products

Chanthakhy Syhalath¹, Kesiny Phomkeona², Vanseng Chounlamany³, Tsuyoshi Yamaguchi⁴
and Vanpaseuth Phouthavong⁵

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

⁵Correspondence:

Vanpaseuth PHOUTHAVONG

Department of Chemistry

Faculty of Natural Sciences

National University of Laos

Tel: +856 20 9810 4761

E-mail:

v.phouthavong@nuol.edu.la

^{1,2,3}Department of Chemistry,

Faculty of Natural Sciences,

National University of Lao

⁴Department of Environmental

and Life Sciences, Toyohashi

University of Technology, Japan

Abstract

This research project presents a development of an assay tool for quantification of vitamin C in dietary supplements and skin care products. The proposed method was developed based on decolorization of acidic potassium permanganate (KMnO₄) by vitamin C through a redox reaction, with subsequent colorimetric detection by using digital imaging. The imaging was carried out using smartphone camera and free-downloaded RGB color detector application. To obtain optimal conditions, influential parameters such as light source position installed inside a 19 cm × 46 cm × 10 cm lightbox, reagent concentrations, and reaction time were studied. To the best conditions, good linearity ($r^2 > 0.99$) in the range 1–70 mg vitamin C/L was obtained. Relative standard deviation was less than 3.9% indicating high precision. The proposed method was validated by quantification of vitamin C content in 15 sample solutions using the proposed method in comparison with the reference iodometric titration method. The results obtained from those two methods were not significantly different using paired *t*-test at confidence level of 95% ($t_{\text{exp}}=0.41$, $t_{\text{crit}}=2.14$). The results indicated that utilizing smartphone camera with free-downloaded color detector application is possible as an alternative analysis tool for determination of vitamin C.

Keywords: Smartphone, Colorimetric detection, Vitamin C.

Article Info:

Submitted: Jun 13, 2022

Revised: Aug 19, 2022

Accepted: Sep 2, 2022

1. ພາກສະເໜີ

ດັ່ງທີ່ຮູ້ຈັກກັນດີວ່າ ວິຕາມິນຊີ ຫຼື ຊີ້ທາງເຄມີ ອາຊິດ ແອສກໍບິກ (Ascorbic acid, HC₆H₇O₆) ເປັນວິຕາ ມິນ ລະລາຍໃນນໍ້າໄດ້ທີ່ສໍາຄັນທີ່ສຸດຕໍ່ຮ່າງກາຍຂອງຄົນເຮົາ ເນື່ອງຈາກເປັນທາດທີ່ມີບົດບາດຕໍ່ກົນໄກທາງຊີວະສາດໃນ ຮ່າງກາຍ ເຊັ່ນ: ຂະບວນການດູດຊຶມທາດເຫຼັກ, ການສ້າງຄໍ ລາເຈນ ແລະ ຮໍໂມນ, ແລະ ຍັງເປັນທາດກໍາຈັດຮາກເສລີ (Free radical) ຫຼື ທີ່ຮູ້ຈັກກັນໃນນາມທາດຕ້ານອະນຸມູນ ອິດສະລະ (Antioxidant) ອີກດ້ວຍ. ນອກຈາກນີ້, ວິຕາ ມິນຊີຍັງຊ່ວຍລົບຮອຍຕ່າງໆ ເທິງຜິວໜັງ, ປ້ອງກັນການ ເກີດຄວາມຊຸ່ນໃນຕາດໍາ, ເສັ້ນເລືອດອຸດຕັນ, ມະເຮັງ, ພະ

ຍາດຫົວໃຈ ແລະ ເສັ້ນເລືອດ (Nováková et al., 2008; Russel, 2000; Zemleni et al., 2007). ວິຕາມິນຊີ ພົບໄດ້ໃນອາຫານເຊັ່ນ: ຜັກ ແລະ ໝາກໄມ້ ແຕ່ເນື່ອງຈາກ ເທັກໂນໂລຊີອາຫານ ບວກກັບສະພາບໃນປະຈຸບັນທີ່ຄົນ ເຮົານິຍົມເບິ່ງແຍງສຸຂະພາບຂອງຕົນເອງຫຼາຍຂຶ້ນ ຈຶ່ງມີ ຜະລິດຕະພັນອາຫານເສີມທີ່ມີສ່ວນປະກອບຫຼັກເປັນ ວິຕາມິນຊີ ແລະ ຍັງມີການຕື່ມວິຕາມິນຊີລົງໃນຜະລິດຕະ ພັນບໍາລຸງຜິວອີກດ້ວຍ. ປະລິມານວິຕາມິນຊີຕື່ມລົງໃນ ຜະລິດຕະພັນຕ່າງໆ ຂຶ້ນຢູ່ກັບຜູ້ຜະລິດ ແຕ່ເນື່ອງຈາກ ຄວາມຄົງທົນຂອງວິຕາມິນຊີຂ້ອນຂ້າງຕໍ່າ ເມື່ອຖືກຄວາມ ຮ້ອນ, ແສງ ແລະ ອາກາດ (Spinola et al., 2014) ຈຶ່ງ

ເຮັດໃຫ້ປະລິມານວິຕາມິນຊີມີການປ່ຽນແປງຕະຫຼອດເວລາ ເຊິ່ງຂຶ້ນກັບການເກັບຮັກສາ. ດັ່ງນັ້ນ, ການຮູ້ປະລິມານ ວິຕາມິນຊີທີ່ແທ້ຈິງໃນຜະລິດຕະພັນເຫຼົ່ານີ້ຈຶ່ງມີຄວາມ ຈຳເປັນ ເພື່ອຕິດຕາມຄຸນນະພາບຂອງຜະລິດຕະພັນດ້ວຍ

ວິທີທີ່ໃຊ້ວິເຄາະປະລິມານວິຕາມິນຊີໃນອາຫານ ໄດ້ແກ່ ວິທີໄຕເຕຣເຊິນ (da Silva et al., 2017), ວິທີ ເຮືອງແສງ (Krishnan et al., 2016), ວິທີໂຄຣມາໂຕກ ຣາຟຟີ (Gioia et al., 2008; Khan and Iqbal, 2011; Spinola et al., 2014) ແລະ ວິທີວັດແທກສີ (Özyürek et al., 2007; Zanini et al., 2018). ວິທີໄຕເຕຣເຊິນ ເປັນວິທີແບບດັ້ງເດີມ ເຊິ່ງຕ້ອງໃຊ້ທາດເຄມີໃນປະລິມານ ຫຼາຍ, ໃນຂະນະທີ່ວິທີເຮືອງແສງທາງເຄມີ ແລະ ວິທີໂຄຣ ມາໂຕກຣາຟຟີເປັນວິທີທີ່ມີປະສິດທິພາບສູງ ແຕ່ຕ້ອງໃຊ້ ເຄື່ອງມືສະເພາະທີ່ມີລາຄາແພງ ແລະ ຜູ້ວິເຄາະທີ່ມີຄວາມ ຊຳນານສູງ. ວິທີວັດແທກສີເປັນວິທີທາງເລືອກໜຶ່ງ ໂດຍ ອາໄສການເກີດປະຕິກິລິຍາທາງເຄມີລະຫວ່າງວິຕາມິນຊີໃນ ຕົວຢ່າງ ກັບຮີເອເຈນ ເຊັ່ນ: ໄປຕາສຊຽມເພີແມັງກາເນດ (Potassium permanganate, KMnO_4) ຫຼື ດ່າງທັບ ທີ່ມີສີອິດໃນແວດລ້ອມອາຊິດ ແລ້ວເກີດການປ່ຽນ ແປງສີ (ຈາກລົງ) ຂອງຮີເອເຈນ ແລ້ວວັດແທກໂດຍໃຊ້ ເຄື່ອງວັດແທກສີ (Colorimeter) ຫຼື ອີກຊື່ໜຶ່ງວ່າ UV-Visible spectrophotometer ເຊິ່ງເປັນເຄື່ອງມືທີ່ມີລາຄາ ຖືກ ແລະ ໃຊ້ງານງ່າຍກວ່າ. ໃນຂະນະດຽວກັນ, ປະຈຸບັນ ນີ້ ໂທລະສັບມືຖືແບບສະມາດໂຟນໄດ້ເຂົ້າມາເປັນສ່ວນໜຶ່ງ ໃນຊີວິດປະຈຳວັນຂອງຄົນເຮົາ ເພາະມີຄວາມສະດວກ ສະບາຍທັງໃນດ້ານການສື່ສານ ແລະ ການນຳໃຊ້ອື່ນໆ. ໃນ ນັ້ນ ໄດ້ມີການພັດທະນາແອັບພິເຄເຊັນເພື່ອຊ່ວຍໃນການ ວັດແທກຕ່າງໆ ເຊັ່ນ: ອຸນຫະພູມ, ຄວາມດັນ, ພິກັດເທິງໜ້າ າໂລກ ແລະ ສີ. ແອັບພິເຄເຊັນສຳລັບວັດແທກສີກໍ່ມີຫຼາກ ຫຼາຍແບບເຊິ່ງພັດທະນາຂຶ້ນເພື່ອແນໃສ່ວຽກງານການ ຖ່າຍຮູບ. ໃນທາງເຄມີວິເຄາະກໍ່ໄດ້ມີການນຳໃຊ້ແອັບພິເຄ ເຊິນວັດ ແທກສີເປັນເຄື່ອງມືກວດວັດສີ ເພື່ອວິເຄາະ ປະລິມານທາດຕ່າງໆ ເຊິ່ງເປັນການຂະຫຍາຍຂອບເຂດ ການນຳໃຊ້ເທັກໂນໂລຊີສະມາດໂຟນໃຫ້ກວ້າງຂວາງຂຶ້ນ (Trojanowicz, 2017). ເຫັນໄດ້ວ່າໂທລະສັບມືຖືເປັນ ໄດ້ທັງເຄື່ອງມືສື່ສານ ແລະ ເຄື່ອງມືວັດແທກໄປໃນຕົວ ຈຶ່ງ ສາມາດນຳໃຊ້ເພື່ອທົດແທນເຄື່ອງມືວັດແທກຂະໜາດໃຫຍ່ ເຊິ່ງອາດຈະມີຢ່າງຈຳກັດໃນບາງຫ້ອງທົດລອງ. ຜ່ານມາກໍ່

ໄດ້ມີນັກວິໄຈຫຼາຍທ່ານໄດ້ເຮັດການຄົ້ນຄວ້າກ່ຽວກັບການ ໃຊ້ສະມາດໂຟນເຂົ້າໃນການກວດວັດທັງດ້ານຄຸນນະພາບ ແລະ ປະລິມານ ເຊິ່ງພົບວ່າໃຫ້ປະສິດທິພາບທີ່ບໍ່ແຕກຕ່າງ ຈາກວິທີມາດຕະ ຖານອື່ນໆ ເຊັ່ນ: ກວດສອບທາດເຮັດໃຫ້ ຊຶ້ນແດງໃນຜະລິດຕະພັນຊຶ້ນ (Kai and Juankuan, 2018; Sami, 2019), ກວດສອບທາດໄນໄຕຣຕ໌ໃນນ້ຳ (Puangpila et al., 2018), ແລະ ກວດສອບທາດກັນບູດ ໃນອາຫານ, ຢາ ແລະ ເຄື່ອງສຳອາງ (Moonrungssee et al., 2018) ເປັນ ຕົ້ນ.

ຈາກຂໍ້ດີຂອງການນຳໃຊ້ການຖ່າຍຮູບດ້ວຍສະມາດ ໂຟນນັ້ນ, ບົດຄົ້ນຄວ້າວິທະຍາສາດນີ້ຈຶ່ງໄດ້ພັດທະນາວິທີ ວິເຄາະຫາປະລິມານວິຕາມິນຊີໃນອາຫານເສີມ ແລະ ເຄື່ອງ ສຳອາງແບບທຽບສີ ໂດຍໃຊ້ KMnO_4 ເປັນຮີເອເຈນ ແລະ ວັດແທກສີດ້ວຍແອັບພິເຄເຊັນໂທລະສັບມືຖືແທນການໃຊ້ ເຄື່ອງ UV-Visible spectrophotometer. ຈາກນັ້ນ ທົດ ສອບວ່າວິທີທີ່ສ້າງຂຶ້ນນັ້ນສາມາດນຳໄປໃຊ້ໃນຕົວຈິງໄດ້ຫຼືບໍ່ ໂດຍການວິເຄາະຫາປະລິມານວິຕາມິນຊີໃນອາຫານເສີມ ແລະ ເຄື່ອງສຳອາງ ທຽບໃສ່ວິທີມາດຕະຖານເພື່ອອ້າງອີງ.

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

2.1 ທາດເຄມີ ແລະ ອຸປະກອນ

ທາດເຄມີທີ່ໃຊ້ເພື່ອວິເຄາະປະລິມານວິຕາມິນຊີ ດ້ວຍສະມາດໂຟນ ໄດ້ແກ່: ascorbic acid (Ajax Finechem, ນິວຊີແລນ) ໃຊ້ເປັນທາດມາດຕະຖານໂດຍ ລະລາຍໃນນ້ຳກັນເພື່ອໃຫ້ໄດ້ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຕາມຕ້ອງການ ໃນການສ້າງເສັ້ນສະແດງມາດຕະຖານ, ທາດລະລາຍ KMnO_4 ເຂັ້ມຂຸ້ນ 0.06 g/L ປຸງແຕ່ງໂດຍລະລາຍ potassium permanganate (Qrec, ນິວຊີແລນ) ໃນອາ ຊິດຊູນຟູຣິກ (ANAPURE, ອິນເດຍ) ເຂັ້ມຂຸ້ນ 0.5 mol/L. ສຳລັບທາດເຄມີທີ່ໃຊ້ໃນການໄຕເຕຣດວິຕາມິນຊີ (ວິທີອ້າງອີງ) ໄດ້ແກ່: ທາດລະລາຍໄອໂອດິນເຂັ້ມຂຸ້ນ 0.02 mol/L ປຸງແຕ່ງໂດຍລະລາຍ I_2 (Fischer, ອັງກິດ) ໃນທາດລະລາຍ KI ເຂັ້ມຂຸ້ນ 10%(w/v) (ປຸງແຕ່ງໂດຍ ລະລາຍ potassium iodide (Qrec, ນິວຊີແລນ) ໃນນ້ຳ) ເລັກນ້ອຍ ກ່ອນເຈືອຈາງດ້ວຍນ້ຳກັນ, ອາຊິດຊູນຟູຣິກ (ANAPURE, ອິນເດຍ) ເຂັ້ມຂຸ້ນ 1 mol/L, ແລະ ທາດ ລະລາຍແປ້ງ ປຸງແຕ່ງໂດຍລະລາຍແປ້ງ ຫຼື starch (Fischer, ອັງກິດ) ໃນນ້ຳຮ້ອນ.

ເຄື່ອງຄົ້ນດ້ວຍແມ່ເຫຼັກ (Stuart Scientific, ອັງກິດ) ໃຊ້ສໍາຫຼັບລະລາຍຕົວຢ່າງອາຫານເສີມ ແລະ ເຄື່ອງສໍາອາງ ກ່ອນການວິເຄາະ. ຊິງຊັງທິດສະນີຍົມ 4 ຕາແໜ່ງ (Sartorius, ເຢຍລະມັນ) ໃຊ້ສໍາຫຼັບຊັງນໍ້າໜັກທາດເຄມີທີ່ຕ້ອງການປຸງແຕ່ງ ແລະ ຊັງຕົວຢ່າງ.

2.2 ການສ້າງກ່ອງສໍາລັບຖ່າຍຮູບ

ອຸປະກອນສໍາລັບຖ່າຍຮູບເພື່ອວັດແທກສີຂອງຕົວຢ່າງສ້າງຈາກກ່ອງເຈ້ຍຂະໜາດ 19cm × 46cm × 10cm ດັ່ງສະແດງໃນຮູບທີ 1. ຝາດ້ານໃນຂອງກ່ອງຕິດດ້ວຍເຈ້ຍສີຂາວເພື່ອກະຈາຍແສງຈາກບໍ່ກໍາເນີດແສງໄປຍັງຕົວຢ່າງໃຫ້ໄດ້ດີທີ່ສຸດ. ໃນນີ້ ໃຊ້ດອກໄຟແບບ Light emitting diode ຫຼື LED ກໍາລັງໄຟ 12 W ເປັນບໍ່ກໍາເນີດແສງສີຂາວ ແລະ ຕິດຕັ້ງຢູ່ທາງດ້ານໃນຂອງກ່ອງ. ດ້ານເທິງຂອງກ່ອງມີປ່ອງຂະໜາດເສັ້ນຜ່າໃຈກາງ 2cm ຈຳນວນ 6 ປ່ອງເຊິ່ງພໍດີກັບການວາງຫຼອດບັນຈຸຕົວຢ່າງ ຈຳນວນ 6 ຫຼອດ. ດັ່ງນັ້ນ ສາມາດຖ່າຍຮູບທາດລະລາຍຕົວຢ່າງໄດ້ພ້ອມກັນ 6 ຕົວຢ່າງ. ດ້ານໜ້າຂອງກ່ອງມີຮູຂະໜາດພໍດີກັບເສັ້ນຜ່າໃຈກາງຂອງໜ້າແລນກ້ອງເທິງໂທລະສັບມືຖື ເພື່ອການຖ່າຍຮູບ ແລະ ຫ່າງຈາກຈຸດໃຈກາງຂອງປ່ອງຫຼອດຕົວຢ່າງຫຼອດທໍາອິດ (ນັບຈາກຊ້າຍມື) 9 cm. ຕໍາແໜ່ງດັ່ງກ່າວແມ່ນສາມາດຖ່າຍຮູບໄດ້ພ້ອມກັນທັງ 6 ຫຼອດ.

2.3 ການສຶກສາເງື່ອນໄຂທີ່ເໝາະສົມຂອງການວິເຄາະ

ເພື່ອເຮັດໃຫ້ຜົນການວິເຄາະອອກມາໄດ້ຖືກຕ້ອງທີ່ສຸດ ໄດ້ສຶກສາເງື່ອນໄຂທີ່ເໝາະສົມໄດ້ແກ່: ຄ່າສີທີ່ເໝາະສົມ, ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງທາດລະລາຍ KMnO_4 , ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງທາດລະລາຍ H_2SO_4 , ແລະ ໄລຍະເວລາທີ່ເໝາະສົມຂອງປະຕິກິລິຍາ ໂດຍໃຊ້ທາດລະລາຍ ascorbic acid ມາດຕະຖານ ແທນຕົວຢ່າງຈິງ. ແຜນວານຂະບວນການທົດລອງໂດຍຫຍໍ້ສະແດງໄວ້ໃນຮູບທີ 2.

2.4 ການກວດສອບປະສິດທິພາບຂອງວິທີ

ນໍາເງື່ອນໄຂທີ່ເໝາະສົມມາໃຊ້ເພື່ອກວດສອບປະສິດທິພາບຂອງວິທີ ໄດ້ແກ່: (1) ຄວາມເປັນເສັ້ນຊື່ ໂດຍພິຈາລະນາຈາກຄ່າ correlation coefficient (r^2) ຂອງການພົວພັນແບບເສັ້ນຊື່ລະຫວ່າງຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນວິຕາມິນຊີ

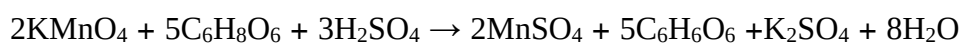
ກັບຄ່າສີທີ່ວັດແທກໄດ້, (2) ຄວາມທ່ຽງຂອງວິທີ ໂດຍສ້າງເສັ້ນສະແດງມາດຕະຖານວິຕາມິນຊີເຂັ້ມຂຸ້ນ 1-70 mg/L ຈຳນວນ 5 ຄັ້ງ ຊ້າງ ກັນພາຍໃນມື້ດຽວກັນ ແລະ ຕ່າງມື້ ແລ້ວນໍາຄ່າຄວາມຊັນຂອງເສັ້ນສະແດງມາດຕະຖານ ຫຼື slope ຂອງທັງ 5 ຄັ້ງ ໄປຄິດໄລ່ຫາສ່ວນຮ້ອຍການບ່ຽງເບນ ມາດຕະຖານສໍາພັດ ຫຼື relative standard deviation (ຫຍໍ້ດ້ວຍ % RSD), ລວມເຖິງ (3) ຄວາມຖືກຕ້ອງຂອງວິທີ ໂດຍວິເຄາະສ່ວນຮ້ອຍການກັບຄືນ (recovery) ຂອງວິຕາມິນຊີທີ່ຕື່ມລົງໃນຕົວຢ່າງ.

2.5 ຕົວຢ່າງທີ່ນໍາມາສຶກສາ

ຕົວຢ່າງອາຫານເສີມວິຕາມິນຊີ ແລະ ເຊຣໍາທາໜ້າທີ່ມີສ່ວນປະກອບຂອງວິຕາມິນຊີແມ່ນຊື້ຈາກຮ້ານຄ້າຍ່ອຍໃນນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ. ກ່ອນການວິເຄາະຕົວຢ່າງອາຫານເສີມວິຕາມິນຊີ (ເປັນແມັດ) ຈະຖືກບິດໃຫ້ລະອຽດດ້ວຍຄີກ ແລະ ສາກ ກ່ອນຊັງເອົານໍ້າໜັກທີ່ແນ່ນອນດ້ວຍຊິງຊັງທິດສະນີຍົມ 4 ຕໍາແໜ່ງ ແລະ ລະລາຍໃນນໍ້າກັນແລ້ວຕອງຜ່ານເຈ້ຍຕອງເບີ 1 ຈຶ່ງປັບບໍລິມາດທີ່ແນ່ນອນໃນຂວດວັດບໍລິມາດ. ອັດຕາສ່ວນລະຫວ່າງຕົວຢ່າງອາຫານເສີມວິຕາມິນຊີ ກັບນໍ້າກັນແມ່ນແຕກຕ່າງກັນໃນແຕ່ລະຕົວຢ່າງ ຂຶ້ນກັບປະລິມານວິຕາມິນຊີທີ່ລາຍງານໄວ້ເທິງຊອງຫຼື ບັນຈຸພັນ. ສໍາລັບຕົວຢ່າງເຊຣໍາທາໜ້າ ສາມາດຊັງນໍ້າໜັກທີ່ແນ່ນອນ, ລະລາຍໃນນໍ້າກັນ ແລະ ປັບບໍລິມາດໃນຂວດວັດບໍລິມາດໄດ້ເລີຍໂດຍກົງໂດຍບໍ່ຜ່ານການຕອງ.

2.6 ຂັ້ນຕອນການວິເຄາະປະລິມານວິຕາມິນຊີດ້ວຍການຖ່າຍຮູບ

ປະກອບດ້ວຍ 7 ຂັ້ນຕອນຫຼັກ ໂດຍເລີ່ມຈາກ ① ປິເປດທາດລະລາຍຕົວຢ່າງ 8.0 mL ລົງໃສ່ຫຼອດທົດລອງຕາມດ້ວຍ ② 8.0 mL ຂອງທາດລະລາຍ KMnO_4 0.06 g/L ໃນ H_2SO_4 0.5 mol/L, ③ ນໍາໄປສັ່ນໃຫ້ເຂົ້າກັນດ້ວຍເຄື່ອງ vortex mixer, ④ ວາງໃນກ່ອງປະໄວ້ 5 ນາທີ ກ່ອນຖ່າຍຮູບ. ເມື່ອວິຕາມິນຊີພົບກັບ KMnO_4 ໃນແວດລ້ອມອາຊິດຈະເຮັດໃຫ້ສີອິດຂອງ KMnO_4 ຈາກລົງດັ່ງປະຕິກິລິຍາ



ຢຶ່ງໃນທາດລະລາຍຕົວຢ່າງມີວິຕາມິນຊີສູງ ສີອີກກໍຈະຍິ່ງຈາງລົງ (ຮູບທີ 2). ຈາກນັ້ນ ⑤ ຖ່າຍຮູບຫຼອດຕົວຢ່າງ, ⑥ ເປີດແອັບພິເຄເຊັນ Color Detector ເທິງສະມາດໂຟນ ເຊິ່ງເປັນແອັບພິເຄເຊັນແບບດາວໂຫຼດ ແລະ ຕິດຕັ້ງໄດ້ໂດຍບໍ່ເສຍຄ່າທຳນຽມ ເພື່ອເລືອກຮູບພາບທີ່ຖ່າຍໄວ້ນັ້ນມາວັດແທກຄ່າສີແດງ (Red, R), ສີຂຽວ (Green, G) ຫຼື ສີຟ້າ (Blue, B). ການວັດແທກຄ່າສີເຮັດໄດ້ງ່າຍໂດຍໃຊ້ປາຍນິ້ວມືແຕະ ແລ້ວເລື່ອນພອຍເຕີ້ (pointer) ໄປທີ່ບໍລິເວນສີຂອງຮູບພາບທີ່ຕ້ອງການວັດແທກ ດັ່ງສະແດງໃນຮູບທີ 2. ⑦ ນາຄ່າສີທີ່ໄດ້ໄປວິເຄາະ ແລະ ຄິດໄລ່ເປັນປະລິມານວິຕາມິນຊີໃນຕົວຢ່າງໂດຍໃຊ້ເສັ້ນສະແດງມາດຕະຖານວິຕາມິນຊີ.

2.7 ການທົດສອບຄວາມໃຊ້ໄດ້ຂອງວິທີໃນເບື້ອງຕົ້ນ

ປຽບທຽບປະລິມານວິຕາມິນຊີໃນທາດລະລາຍຕົວຢ່າງທີ່ວິເຄາະໂດຍການຖ່າຍຮູບ ກັບປະລິມານວິຕາມິນຊີທີ່ວິເຄາະໄດ້ຈາກວິທີໄອໂອໂດເມຕຣິກໄຕເຕຣເຊັນ ໂດຍໃຊ້ paired *t*-test ທີ່ລະດັບຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95%. ການກວດສອບປະລິມານວິຕາມິນຊີດ້ວຍວິທີໄອໂອໂດເມຕຣິກໄຕເຕຣເຊັນເຮັດໄດ້ໂດຍໄຕເຕຣຕທາດລະລາຍຕົວຢ່າງກັບທາດລະລາຍ I_2 ໃນແວດລ້ອມອາຊິດ (H_2SO_4 1 mol/L) ໂດຍມີທາດລະລາຍແບ່ງເປັນອິນດີເຄເຕີ ຈົນເຖິງຈຸດຍຸດຕິທິທາດລະລາຍປ່ຽນເປັນສີຟ້າ.

3. ຜົນໄດ້ຮັບ

3.1 ເງື່ອນໄຂທີ່ເໝາະສົມຂອງການວິເຄາະ

ການເລືອກຄ່າສີທີ່ເໝາະສົມ: ຈາກຜົນການທົດລອງໃນຮູບທີ 3 ກ ພົບວ່າ ຄ່າສີຂຽວ (Green intensity) ໃຫ້ຄວາມຊັນຂອງເສັ້ນສະແດງສູງກວ່າສີຟ້າ ແລະ ສີແດງ ເຊິ່ງເໝາະສົມໃນການນຳໃຊ້ວິເຄາະປະລິມານ ໂດຍສະເພາະທີ່ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຕ່າງໆ ໄດ້ດີ. ດັ່ງນັ້ນຈຶ່ງເລືອກໃຊ້ພຽງແຕ່ຄ່າສີຂຽວສຳລັບການວິເຄາະໃນຂັ້ນຕອນຖັດໄປ.

ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນທີ່ເໝາະສົມຂອງທາດລະລາຍ $KMnO_4$: ເມື່ອພິຈາລະນາຈາກຄວາມຊັນ ຫຼື ສະພາບໄວຂອງວິທີ ທີ່ໄດ້ຈາກເສັ້ນສະແດງການພົວພັນລະຫວ່າງຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງວິຕາມິນຊີໃນຊ່ວງ 1–90 mg/L ແລະ ປ່ຽນແປງຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງທາດລະລາຍ $KMnO_4$ ຕັ້ງແຕ່ 0.04–0.1 g/L ພົບວ່າ ເມື່ອເພີ່ມຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ $KMnO_4$ ຈາກ 0.04 g/L ຈົນເຖິງ 0.06 g/L ນັ້ນ

ສະພາບໄວມີແນວໂນ້ມທີ່ເພີ່ມຂຶ້ນ, ແຕ່ເມື່ອເພີ່ມຂຶ້ນອີກຈົນເຖິງ 0.1 g/L ພົບວ່າມີແນວໂນ້ມຫຼຸດລົງຢ່າງຊັດເຈນ ດັ່ງສະແດງໃນຮູບທີ 3 ຂ. ນອກຈາກນັ້ນຍັງພົບວ່າຄ່າ r^2 ທີ່ບົ່ງບອກຄວາມເປັນເສັ້ນຊື່ນນັ້ນກໍມີແນວໂນ້ມເພີ່ມຂຶ້ນ ແລະ ຫຼຸດລົງແບບດຽວກັນທີ່ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງທາດລະລາຍ $KMnO_4$ ດຽວກັນ. ສາເຫດເນື່ອງຈາກວ່າ ທີ່ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ $KMnO_4$ ຕ່ຳເກີນໄປອາດບໍ່ພຽງພໍຕໍ່ການເກີດປະຕິກິລິຍາ ແລະ ໄດ້ສີທີ່ຈາງເກີນໄປສຳລັບການກວດວັດຄ່າສີ. ແຕ່ຖ້າຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນສູງເກີນໄປກໍຈະສົ່ງຜົນຕໍ່ຄວາມສາມາດຂອງແອັບພິເຄເຊັນໃນການວັດແທກຄ່າສີທີ່ເຂັ້ມເກີນໄປ. ດັ່ງນັ້ນຈຶ່ງເລືອກໃຊ້ທາດລະລາຍ $KMnO_4$ ທີ່ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ 0.06 g/L ເນື່ອງຈາກໃຫ້ສະພາບໄວ ແລະ ຄ່າ r^2 ທີ່ດີທີ່ສຸດ.

ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນທີ່ເໝາະສົມຂອງທາດລະລາຍ H_2SO_4 ເມື່ອສຶກສາຜົນຂອງຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງອາຊິດ H_2SO_4 ໃນຊ່ວງ 0–1 mol/L ທີ່ໃຊ້ໃນປະຕິກິລິຍາພົບວ່າສະພາບໄວຂອງວິທີມີແນວໂນ້ມເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງຊັດເຈນ ເມື່ອເພີ່ມຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ ຈາກ 0 - 0.3 mol/L ແລ້ວເລີ່ມຄົງທີ່ຈົນຮອດ 1 mol/L ດັ່ງສະແດງໃນຮູບທີ 3ຄ. ສຳຫຼັບຄວາມເປັນເສັ້ນຊື່ນ ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ H_2SO_4 ບໍ່ສົ່ງຜົນ ເນື່ອງຈາກຄ່າ r^2 ມີການປ່ຽນແປງພຽງເລັກນ້ອຍເມື່ອປ່ຽນແປງຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ H_2SO_4 ແລະ ຍັງຄົງຢູ່ໃນລະດັບສູງກວ່າ 0.9. ຜົນການທົດລອງຍັງສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າປະຕິກິລິຍາລະຫວ່າງ $KMnO_4$ ແລະ ວິຕາມິນຊີ ເກີດໄດ້ດີຂຶ້ນໃນແວດລ້ອມອາຊິດ ເນື່ອງຈາກເມື່ອເພີ່ມຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ H_2SO_4 ຈະເຮັດໃຫ້ສະພາບໄວເພີ່ມຂຶ້ນເຊັ່ນກັນ. ດັ່ງນັ້ນຈຶ່ງເລືອກໃຊ້ທາດລະລາຍ H_2SO_4 ທີ່ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ 0.5 mol/L ເນື່ອງຈາກໃຫ້ສະພາບໄວທີ່ສູງ ແລະ ຄົງທີ່.

ສຳລັບໄລຍະເວລາທີ່ເໝາະສົມຂອງປະຕິກິລິຍາລະຫວ່າງວິຕາມິນຊີນັ້ນ ໄດ້ສຶກສາທີ່ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ 10, 50 ແລະ 90 mg/L ກັບ $KMnO_4$ ກ່ອນຖ່າຍຮູບ ໃນຊ່ວງເວລາ 20 ນາທີ ພົບວ່າ ຄ່າສີຂຽວຂອງທັງສາມຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນວິຕາມິນຊີ ເລີ່ມຄົງທີ່ຕັ້ງແຕ່ 5 ນາທີ ດັ່ງສະແດງໃນຮູບທີ 3 ງ ເຊິ່ງຊີ້ໃຫ້ເຫັນວ່າປະຕິກິລິຍາໄດ້ເກີດສົມບູນແລ້ວ. ດັ່ງນັ້ນ ເພື່ອໃຫ້ໄດ້ໄລຍະເວລາການວິເຄາະຕົວຢ່າງສັ້ນທີ່ສຸດ ຈຶ່ງເລືອກລໍຖ້າເປັນເວລາ 5 ນາທີກ່ອນຖ່າຍຮູບ ແລະ ວິເຄາະຄ່າສີ.

3.2 ປະສິດທິພາບຂອງວິທີ

ຈາກການກວດສອບໂດຍໃຊ້ເງື່ອນໄຂທີ່ດີທີ່ສຸດທີ່ໄດ້ສຶກສາໄວ້ (ສັງລວມໃນຕາຕະລາງທີ 1) ພົບວ່າຄ່າສີຂຽວທີ່ວັດແທກໄດ້ມີການພົວພັນເປັນເສັ້ນຊື່ທີ່ດີກັບຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງວິຕາມິນຊີໃນຊ່ວງ 1-70 mg/L ໂດຍໃຫ້ຄ່າ $r^2=0.996$ (ສະແດງໃນຮູບທີ 2). ທີ່ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນວິຕາມິນຊີສູງກວ່ານີ້ຈະບໍ່ພົບການພົວພັນແບບເສັ້ນຊື່. ຄວາມທ່ຽງຂອງວິທີກວດສອບໂດຍສ້າງເສັ້ນສະແດງມາດຕະຖານວິຕາມິນຊີໃນຊ່ວງທີ່ເປັນເສັ້ນຊື່ (1-70 mg/L) ຈຳນວນ 5 ຄັ້ງພາຍໃນມື້ດຽວກັນພົບວ່າ ສະພາບໄວຂອງວິທີຈາກທັງ 5 ຄັ້ງໃຫ້ຄ່າ %RSD 0.7 ເຊິ່ງຖືວ່າມີຄວາມທ່ຽງທີ່ສູງ ເມື່ອທຽບກັບເກນທີ່ກຳນົດ ຄື %RSD ບໍ່ຄວນເກີນ 8 ທີ່ຊ່ວງຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນວິຕາມິນຊີທີ່ສຶກສາ (AOAC, 2002). ສ່ວນຄວາມທ່ຽງລະຫວ່າງມື້ ໃນຊ່ວງຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນວິຕາມິນຊີດຽວກັນ ພົບວ່າ %RSD ເທົ່າກັບ 3.9 ເຊິ່ງກໍຖືວ່າມີຄວາມທ່ຽງທີ່ສູງ ເຊັ່ນດຽວກັນ ເມື່ອທຽບກັບເກນທີ່ກຳນົດ ຄື %RSD ບໍ່ຄວນເກີນ 16 ທີ່ຊ່ວງຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນວິຕາມິນຊີທີ່ສຶກສາ (AOAC, 2002). ຜົນການກວດສອບຄວາມທ່ຽງສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ການກວດວັດປະລິມານວິຕາມິນຊີດ້ວຍການຖ່າຍຮູບນີ້ໃຫ້ຜົນທີ່ມີຄວາມທ່ຽງສູງ ບໍ່ວ່າຈະກວດວັດພາຍໃນມື້ດຽວກັນ ຫຼື ຕ່າງມື້ກັນກໍຕາມ. ສ່ວນຮ້ອຍການກັບຄືນຂອງທາດມາດຕະຖານວິຕາມິນຊີທີ່ຕື່ມລົງໃນຕົວຢ່າງອາຫານເສີມຊະນິດຢາກິນ ແລະ ຢາອີມ (ທັງໝົດ 10 ຕົວຢ່າງ) ມີຄ່າໃນຊ່ວງ 86-120% ແລະ ມີຄ່າໃນຊ່ວງ 84-122% ໃນຕົວຢ່າງເຄື່ອງສຳອາງປະເພດເຊຣຳທາໝ້າ (ທັງໝົດ 5 ຕົວຢ່າງ). ຊ່ວງດັ່ງກ່າວມີຄວາມໃກ້ຄຽງກັບ 100% ເຊິ່ງບົ່ງບອກວ່າວິທີການວິເຄາະ ນັບແຕ່ຂະບວນການກຽມຕົວຢ່າງ ໄປຈົນຮອດວິເຄາະດ້ວຍການຖ່າຍຮູບນັ້ນສາມາດນຳໃຊ້ວິເຄາະປະລິມານວິຕາມິນຊີໃນຕົວຢ່າງອາຫານເສີມຊະນິດຢາກິນ, ຢາອີມ ແລະ ເຄື່ອງສຳອາງປະເພດເຊຣຳທາໝ້າໄດ້ ປາສະຈາກການລົບກວນຈາກເນື້ອຕົວຢ່າງ. ຕົວຊີ້ວັດປະສິດທິພາບຂອງວິທີໄດ້ສັງລວມໄວ້ໃນ ຕາຕະລາງທີ 1.

3.3 ການວິເຄາະຕົວຢ່າງ ແລະ ທົດສອບຄວາມໃຊ້ໄດ້ຂອງວິທີເບື້ອງຕົ້ນ

ເມື່ອທຳການທົດສອບຄວາມໃຊ້ໄດ້ຂອງວິທີ ໂດຍປຸງທາດລະລາຍຕົວຢ່າງທັງ 15 ຕົວຢ່າງອາຫານເສີມ ແລະ ເຄື່ອງສຳອາງ ແລ້ວນຳໄປວິເຄາະດ້ວຍການຖ່າຍຮູບທີ່

ພັດທະນາຂຶ້ນ ປຽບທຽບກັບການວິເຄາະໂດຍການໄຕເຕຣຕ ພົບວ່າ ຜົນທີ່ໄດ້ຈາກທັງສອງວິທີນັ້ນບໍ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຢ່າງມີໄນສຳຄັນທີ່ລະດັບຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95% ເນື່ອງຈາກໃຫ້ຄ່າ $t_{exp}=0.41$ ເຊິ່ງນ້ອຍກວ່າຄ່າ $t_{crit}=2.14$ ເມື່ອ degree of freedom=14. ໂດຍໃຊ້ວິທີທາງສະຖິຕິແບບ paired t-test. ຜົນການວິເຄາະນີ້ເປັນການຢັ້ງຢືນວ່າສາມາດນຳໃຊ້ປະຕິກິລິຍາຣີດຶກລະຫວ່າງວິຕາມິນຊີກັບທາດລະລາຍ $KMnO_4$ ໃນແວດລ້ອມອາຊິດຮ່ວມກັບການຖ່າຍຮູບດ້ວຍກ້ອງໂທລະສັບແບບສະມາດໂຟນ ແລະ ວັດແທກຄ່າສີດ້ວຍແອັບພິເຄເຊັນ Color Detector ເຂົ້າໃນການວິເຄາະປະລິມານວິຕາມິນຊີໃນຕົວຢ່າງອາຫານເສີມ ແລະ ເຄື່ອງສຳອາງປະເພດເຊຣຳທາໝ້າໄດ້ຢ່າງຖືກຕ້ອງ.

4. ວິພາກຜົນ

ເປັນທີ່ແນ່ນອນຢູ່ແລ້ວວ່າເຄື່ອງມືວິເຄາະທີ່ທັນສະໄໝນັ້ນໃຫ້ປະສິດທິພາບໃນເລື່ອງຄວາມຖືກຕ້ອງ ແລະ ຄວາມທ່ຽງໄດ້ສູງ ໃນການວິເຄາະທາດທີ່ສົນໃຈ. ສຳລັບການວິເຄາະປະລິມານວິຕາມິນຊີກໍເຊັ່ນດຽວກັນ ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງທີ 2, ບາງບົດຄົ້ນຄວ້າໄດ້ນຳໃຊ້ເທັກນິກການແຍກທີ່ມີປະສິດທິພາບສູງ ເຊັ່ນ: ການແຍກແບບ reversed-phase ion pair chromatography (ພີ ອ ແຍກ ແລະ ວິເຄາະປະລິມານວິຕາມິນຊີ ອອກຈາກສິ່ງເຈືອປົນອື່ນໆໃນຕົວຢ່າງໄດ້ເປັນຢ່າງດີ ຈຶ່ງໃຫ້ຄ່າ % recovery ທີ່ດີ (Gioia et al., 2008; Khan and Iqbal, 2011). ແຕ່ເທັກນິກການແຍກດັ່ງກ່າວກໍຕ້ອງໄດ້ອາໄສເຄື່ອງມືທີ່ສັບຊ້ອນ ແລະ ທາດພາລະລາຍໃນປະລິມານສູງ. ບາງບົດຄົ້ນຄວ້າກໍນຳໃຊ້ເທັກນິກທີ່ໃຊ້ເຄື່ອງມືທີ່ມີຄວາມສັບຊ້ອນໜ້ອຍລົງ ເຊັ່ນ: spectrofluorometer ເຊິ່ງເປັນເທັກນິກທີ່ກວດວັດການເຮືອງແສງທີ່ໃຫ້ຄວາມຖືກຕ້ອງສູງເຊັ່ນດຽວກັນ ແຕ່ຕ້ອງອາໄສຕົວກະຕຸ້ນເພື່ອເຮັດໃຫ້ທາດເຮືອງແສງ ແລະ ກວດວັດປະລິມານແສງທີ່ປ່ອຍອອກມານັ້ນ (Dilgin and Nişli, 2005; Krishnan et al., 2016). ສ່ວນການກວດວັດສີ ຫຼື colorimetry ນັ້ນ ຂັ້ນຕອນການວິເຄາະແມ່ນງ່າຍດາຍກວ່າບັນດາເທັກນິກທີ່ກ່າວມາຂ້າງຕົ້ນ ແຕ່ກໍຍັງຕ້ອງອາໄສເຄື່ອງມືທີ່ມີຂະໜາດຂ້ອນຂ້າງໃຫຍ່ ແລະ ລາຄາກໍຍັງສູງສຳລັບຫ້ອງທົດລອງບາງແຫ່ງທີ່ມີງົບ ປະມານຈຳກັດ (Özyürek et al., 2007; Shu et al., 2020). ສ່ວນການວິເຄາະປະລິມານວິຕາມິນຊີດ້ວຍການຖ່າຍຮູບ

ແລະ ໃຊ້ຄ່າສີທີ່ວັດແທກຈາກແອັບພິເຄຊິນເທິງສະມາດໂຟນ ໃນບົດຄົ້ນຄວ້ານີ້ ເຖິງແມ່ນວ່າຈະບໍ່ສາມາດແຍກວິຕາມິນຊີອອກຈາກສິ່ງເຈືອປົນໃນຕົວຢ່າງໄດ້ດີ ເມື່ອທຽບກັບບັນດາເທັກນິກອື່ນໆ ທີ່ກ່າວມານັ້ນ ແຕ່ວິທີນີ້ກໍ່ມີຈຸດພື້ນເດັ່ນ ເຊັ່ນ: ມີຊ່ວງຄວາມເປັນເສັ້ນຊຶ່ງກວ້າງກວ່າ ເຊິ່ງສາມາດກວດສອບປະລິມານວິຕາມິນຊີໄດ້ໃນຊ່ວງຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນກວ້າງກວ່າ ແລະ ຍັງມີຄວາມທ່ຽງທີ່ຍອມຮັບໄດ້ ແລະ ຢູ່ໃນຊ່ວງໃກ້ຄຽງກັບບົດຄົ້ນຄວ້າອື່ນໆ ທີ່ໃຊ້ເຄື່ອງມືສະເພາະອີກດ້ວຍ. ດັ່ງນັ້ນ, ຈຶ່ງເວົ້າໄດ້ວ່າມີຄວາມເປັນໄປໄດ້ສູງທີ່ຈະນຳໃຊ້ການຖ່າຍຮູບ ແລະ ວັດຄ່າສີດ້ວຍແອັບພິເຄຊິນເທິງສະມາດໂຟນເພື່ອທົດແທນເຄື່ອງມືຂະໜາດໃຫຍ່ໄດ້.

5. ສະຫຼຸບ

ບົດຄົ້ນຄວ້າວິທະຍາສາດນີ້ໄດ້ພັດທະນາວິທີກວດສອບປະລິມານວິຕາມິນຊີໃນຕົວຢ່າງອາຫານເສີມ ແລະ ເຄື່ອງສຳອາງ ໂດຍອາໄສປະຕິກິລິຍາຣີດຶກລະຫວ່າງວິຕາມິນຊີກັບທາດລະລາຍ KMnO_4 ໃນແວດລ້ອມອາຊິດຮ່ວມກັບການຖ່າຍຮູບດ້ວຍກ້ອງໂທລະສັບແບບສະມາດໂຟນ ແລະ ວັດແທກຄ່າສີດ້ວຍແອັບພິເຄຊິນ Color Detector ເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນການໃຊ້ເຄື່ອງມືຂະໜາດໃຫຍ່ໃນການວິເຄາະ ແລະ ທັງຊ່ວຍຫຼຸດຜ່ອນຕົ້ນທຶນຂອງການວິເຄາະໄດ້ດ້ວຍ. ຜ່ານການທົດສອບໃນເບື້ອງຕົ້ນພົບວ່າວິທີທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນນີ້ສາມາດກວດສອບປະລິມານວິຕາມິນຊີໃນຕົວຢ່າງອາຫານເສີມ ແລະ ເຄື່ອງສຳອາງໄດ້ຈິງໃນຊ່ວງທີ່ກວ້າງ, ມີຄວາມທ່ຽງສູງ ແລະ ປາສະຈາກການລົບກວນຂອງເນື້ອຕົວຢ່າງ ເຊິ່ງໃຫ້ປະສິດທິພາບທີ່ບໍ່ແຕກຕ່າງກັບການໃຊ້ເຄື່ອງມືຂະໜາດໃຫຍ່. ດັ່ງນັ້ນ, ສາມາດນຳໃຊ້ການຖ່າຍຮູບດ້ວຍກ້ອງໂທລະສັບແບບສະມາດໂຟນ ແລະ ວັດແທກຄ່າສີດ້ວຍແອັບພິເຄຊິນເພື່ອທົດແທນການນຳໃຊ້ເຄື່ອງມືຂະໜາດໃຫຍ່ ແລະ ລາຄາແພງເຂົ້າໃນການວິເຄາະປະລິມານວິຕາມິນຊີໃນຕົວຢ່າງອາຫານເສີມ ແລະ ເຄື່ອງສຳອາງປະເພດເຊຣຳທາໜ້າໄດ້.

6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົ້ນຄວ້າວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິຍານຕົນວ່າ ຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເອື້ອປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດພາກ

ສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການລະເມີດ ໃນຮູບການໃດໜຶ່ງ ຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີ ທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

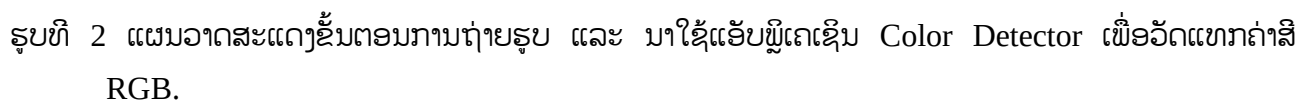
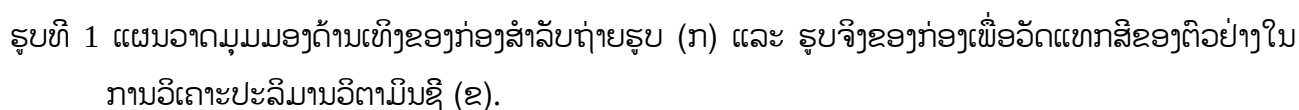
7. ຄຳຂອບໃຈ

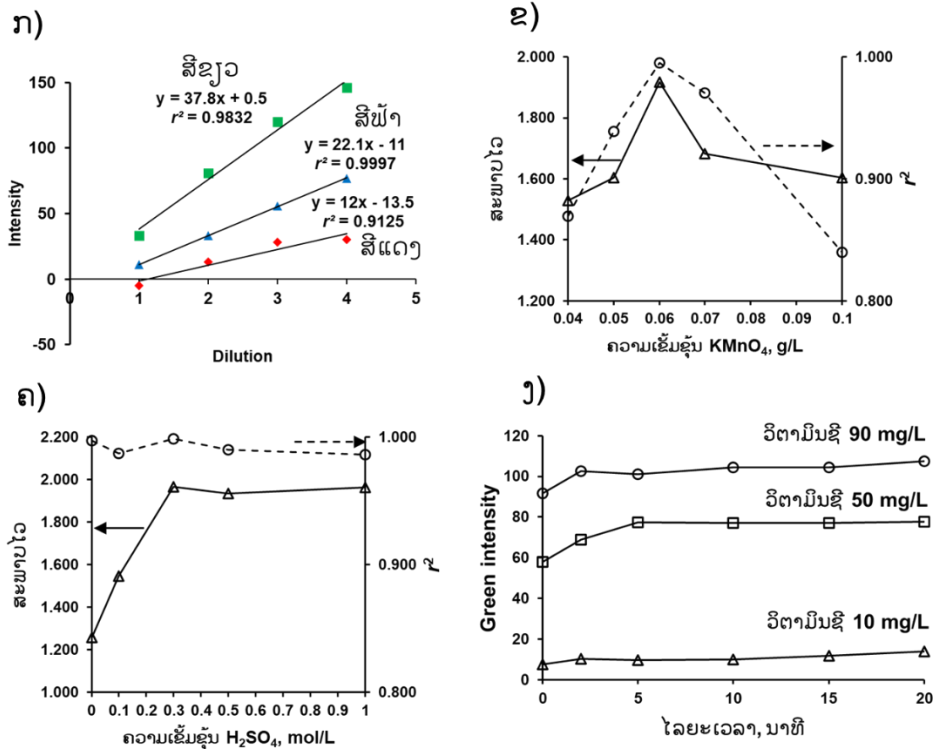
ພວກຂ້າພະເຈົ້າຂໍສະແດງຄວາມຮູ້ບຸນຄຸນ ແລະ ຄຳຂອບໃຈມາຍັງ ຄະນະວິທະຍາສາດທຳມະຊາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ ສຳລັບແຫຼ່ງທຶນແບ່ງປັນຕາມຂໍ້ຕົກລົງເລກທີ 346/ຄວທ ທີ່ສະໜັບສະໜູນການຄົ້ນຄວ້າໃນຄັ້ງນີ້.

8. ເອກະສານອ້າງອີງ

- AOAC. (2002). The Association of Analytical Communities, Guideline for single laboratory validation of chemical methods for dietary supplements and botanicals.
- Dilgin, Y. and Nişli, G. (2005). Fluorimetric determination of ascorbic acid in Vitamin C tablets using methylene blue. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 53: 1251-1254.
- Gioia, M.G., Andreatta, P., Boschetti, S. and Gatti, R. (2008). Development and validation of a liquid chromatographic method for the determination of ascorbic acid, dehydroascorbic acid and acetaminophen in pharmaceuticals. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 48: 331-339.
- Kai, L. and Juankuan, Z. (2018). Determination of nitrite in food and water samples with smartphone colorimetry. *College of Chemistry and Chemical Engineering, Northwest Normal University*.
- Khan, M.I. and Iqbal, Z. (2011). Simultaneous determination of ascorbic acid, aminothiols, and methionine in biological matrices using ion-pairing RP-HPLC coupled with electrochemical detector. *Journal Chromatography B*, 879: 2567-2575.
- Krishnan, S., Sreeremya, T. S. and Ghosh, S. (2016). Size-tunable hydrophilic cerium oxide nanoparticles as a 'turn-on' fluorescence sensor for the rapid detection of ultralow concentrations of vitamin C. *RSC Advances*, 6: 53550-53559.
- Moonrungssee, N., Prachain, C., Bumrungkij, C., Peamaroon, N. and Jakmunee, J. (2018).

- A simple device with a smartphone camera for determination of salicylic acid in foods, drugs and cosmetics. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 28: 639-648.
- Nováková, L., Solich, P. and Solichová, D. (2008). HPLC methods for simultaneous determination of ascorbic and dehydroascorbic acids. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 27: 942–958.
- Özyürek, M., Güçlü, K., Bektaşoğlu, B. and Apak, R. (2007). Spectrophotometric determination of ascorbic acid by the modified CUPRAC method with extractive separation of flavonoids–La (III) complexes. *Analytica Chimica Acta*, 558: 88-95.
- Puangpila, C., Jakmunee, J., Pancharee, S. and Pensrisirikul, W. (2018). Mobile-phone-based colourimetric analysis for determining nitrite content in water. *Environmental Chemistry*, 15: 403-410.
- Russel, L.F. (2000). Quantitative determination of water-soluble vitamins, in: L.M.L.Nollet (Ed.), *Food Analysis by HPLC*, second ed., Marcel Dekker, New York, pp. 403–476.
- Sami, M. (2019). Determination of nitrite in processed meat using digital image method and powdered reagent. *Journal of Food Composition and Analysis*, 81: 28-36.
- Da Silva, T.L., Aguiar-Oliveira, E., Mazalli, M.R., Kamimura, E. S. and Maldonado, R. R. (2017). Comparison between titrimetric and spectrophotometric methods for quantification of vitamin C. *Food chemistry*, 224:92-96.
- Shu, X., Chang, Y., Wen, H., Yao, X. and Wang, Y. (2020). Colorimetric determination of ascorbic acid based on carbon quantum dots as peroxidase mimetic enzyme. *RSC Advances*, 10: 14953-14957.
- Spínola, V., Llorent-Martínez, E.J. and Castilho, P.C. (2014). Determination of vitamin C in foods: Current state of method validation, *Journal of Chromatography A*, 1369: 2–17.
- Trojanowich, M. (2017). Mobile-phone based chemical analysis-Instrumental innovations and smartphone apps. *Modern Chemistry & Applications*, 5: 1-4.
- Zanini, D.J., Silva, M.H., Aguiar-Oliveira, E., Mazalli, M.R., Kamimura, E.S. and Maldonado, R. R. (2018). Spectrophotometric analysis of vitamin c in different matrices utilizing potassium permanganate. *European International Journal of Science and Technology*, 7: 70 – 84.
- Zempleni, J., Rucker, R.B., McCormick, D.B. and Suttie, J.W. (2007). *Handbook of vitamins*, fourth ed., CRC Press, Boca Raton.





ຮູບທີ 3 ຜົນການສຶກສາເງື່ອນໄຂທີ່ເໝາະສົມຂອງການວິເຄາະ ໄດ້ແກ່: ຄ່າສີທີ່ເໝາະສົມ (ກ), ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນທີ່ເໝາະສົມຂອງທາດລະລາຍ KMnO_4 (ຂ), ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນທີ່ເໝາະສົມຂອງທາດລະລາຍ H_2SO_4 (ຄ), ແລະ ໄລຍະເວລາທີ່ເໝາະສົມຂອງປະຕິກິລິຍາ (ງ).

ຕາຕະລາງທີ 1. ສັງລວມຜົນການສຶກສາເງື່ອນໄຂທີ່ເໝາະສົມ ແລະ ປະສິດທິພາບຂອງວິທີ

ສຶກສາເງື່ອນໄຂທີ່ເໝາະສົມຂອງວິທີ	
ປັດໄຈທີ່ສຶກສາ (ຊ່ວງທີ່ສຶກສາ)	ຜົນໄດ້ຮັບ
ຄ່າສີທີ່ເໝາະສົມ (ແດງ, ຂຽວ, ຟ້າ)	ຂຽວ
ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນທາດລະລາຍ KMnO_4 (0.04–0.1 g/L)	0.06 g/L
ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນທາດລະລາຍ H_2SO_4 (0–1 mol/L)	0.5 mol/L
ໄລຍະເວລາທີ່ເໝາະສົມຂອງປະຕິກິລິຍາ (ຊ່ວງ 20 ນາທີ)	5 ນາທີ
ປະສິດທິພາບຂອງວິທີ	
ຕົວຊີ້ວັດ	ຜົນໄດ້ຮັບ
ຊ່ວງຄວາມເປັນເສັ້ນຊື່	1–70 mg/L ($r^2=0.996$)
ຄວາມທ່ຽງ	ພາຍໃນມື້: %RSD 0.7 (1–70 mg/L) ລະຫວ່າງມື້: %RSD 3.9 (1–70 mg/L)
ສ່ວນຮ້ອຍການກັບຄືນ	ຕົວຢ່າງອາຫານເສີມຊະນິດຢາກິນ ແລະ ຢາອີມ: 86–120% ຕົວຢ່າງເຄື່ອງສຳອາງປະເພດເຊຣຳທາໜ້າ: 84–122%
ຄວາມໃຊ້ໄດ້ (ຄວາມຖືກຕ້ອງ) ຂອງວິທີແບບ paired t-test	$t_{\text{exp}}=0.41$ ($t_{\text{crit}}=2.14$; degree of freedom=14; ລະດັບຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95%)

ຕາຕະລາງທີ 2. ປຽບທຽບປະສິດທິພາບຂອງວິທີວິເຄາະປະລິມານວິຕາມິນຊີດ້ວຍການຖ່າຍຮູບ ກັບວິທີອື່ນໆ ທີ່ໃຊ້ເຄື່ອງມື

ວິທີ	ເຄື່ອງມືທີ່ໃຊ້	ຊ່ວງຄວາມເປັນເສັ້ນຊື່ (mg/L)	RSD (%)	Recovery (%)	ປະເພດຕົວຢ່າງ	ເອກະສານອ້າງອີງ
Reversed-phase ion pair chromatography	HPLC-UV-DAD	12.33–38.75	≤1.40	99.7–101.8	ຢາ	Gioia et al., 2008
Reversed-phase ion pair chromatography	HPLC-EC	0.0002–10	≤2.0	96.60–98.90	Plasma, erythrocytes	Khan and Iqbal, 2011
Fluorometry	Spectrofluorometer	5.3×10^{-5} – 1.1×10^{-3}	–	–	ອາຫານເສີມຊະນິດເມັດ	Dilgin and Nişli, 2005
Fluorescence sensor	Spectrofluorometer	1.76×10^{-5} – 1.76×10^{-2}	3.75	98–105	ອາຫານເສີມຊະນິດເມັດ	Krishnan et al., 2016
Colorimetry	Spectrophotometer	1.4×10^{-3} – 1.4×10^{-2}	5.3	–	ຢາ	Özyürek et al., 2007
Carbon quantum dots	Spectrophotometer	0.18–18.5	≤3.5	94.3–110.0	ນ້ຳຊາ	Shu et al., 2020
Colorimetry	ກ້ອງຖ່າຍຮູບໃນສະມາດໂຟນ	1–70	≤3.9	84–122	ອາຫານເສີມຊະນິດເມັດ ແລະ ເຄື່ອງສຳອາງ	ບົດຄົ້ນຄວ້ານີ້

ຄຳຫຍໍ້: HPLC=High performance liquid chromatograph; EC=Electrochemical detector; UV-DAD=Ultraviolet-diode-array detector.