



Contamination of Arsenic Speciation in Rice

Bounphak Lobriayao*, Chanhphone Vongkhampheng, Latsamy Thammavong, Sengdao Nutrue,
Syphachan Vannasy, Nakhonekham Phichit, Noynitar Xaiyabountha, Phouvi Souvanhnavong,
Souliphone Menvilay

Department of Environmental Science, Faculty of Environmental Science, National University of Lao, Lao PDR

*Correspondence:

Bounphak LOBRIAYAO,
Department of Environmental
Science, Faculty of
Environmental Science,
National University of Lao,
Tel: +856 20 9930 2224,
E-mail:
Dicaprio439@gmail.com

Article Info:

Submitted: Sep 14, 2023
Revised: Nov 30, 2023
Accepted: Dec 17, 2023

Abstract

Rice is the staple food of people in Asian countries, especially in Laos, where it is carbohydrate stuff that plays an essential role as a source of energy to support human beings. Arsenic (As) is a heavy metal of which naturally occurring; it can be found in soil, rocks, and natural water sources; and is caused by human activities such as mining activities, the use of agro-chemicals (pesticides, herbicides, etc.) in agriculture. Therefore, it is possible to deposit and contaminate the environment such as the paddy soil and the irrigation; afterward, it can initiate the arsenic residues in the agricultural productions that harvesting from the contaminated area, which is the rice grain. Furthermore, the arsenic residue can give rise to a health impact on those who consume the toxic rice. According to the analysis results of arsenic contamination in the 3 types of rice samples revealed that: in the HSV sample, the total amount of arsenic was 0.11 mg/kg, and the total inorganic arsenic (iAs) was 0.09 mg/kg which included the amount of inorganic arsenic As^V was 0.02 mg/kg, the inorganic arsenic As^{III} was 0.07 mg/kg; the total arsenic in the TDK8 sample was 0.19 mg/kg, the (iAs) was 0.01 mg/kg, and the amount of arsenic As^V was 0.01 mg/kg, the amount of arsenic As^{III} was 0.08 mg/kg; the total arsenic in the Composite rice was 0.14 mg/kg, the (iAs) was 0.08 mg/kg, the As^V and As^{III} were 0.006 mg/kg and 0.08 mg/kg, respectively. In conclusion, the arsenic residue was contaminated in all three rice samples, but the residue of total arsenic and inorganic arsenic (iAs) did not exceed the maximum permissible limit of the international standard or CODEX which is 0.3 and 0.2 mg/kg, respectively.

Keywords: HSV, TDK8, Composite Rice, Total Arsenic, Inorganic Arsenic

1. ພາກສະເໜີ

ເຂົ້າແມ່ນມີຄວາມສໍາຄັນຫຼາຍຕໍ່ຊີວິດການເປັນຢູ່ຂອງມະນຸດເຮົາ ເຖິງແມ່ນວ່າເຂົ້າຈະເປັນອາຫານທີ່ບໍລິໂພກທັງ 5 ທະວີບ ແຕ່ເຂົ້າແມ່ນເປັນອາຫານຫຼັກຂອງຄົນພາຍໃນທະວີບອາຊີ ໂດຍສະເພາະແມ່ນ ປະເທດລາວເຮົາ, ເຊິ່ງບັນດາປະເທດໃນອາຊີປຸກ ແລະ ບໍລິໂພກເຂົ້າປະມານ 90% ຂອງທົ່ວໂລກ. ເຂົ້າມີສ່ວນໃນການສະໜອງເປັນ

ພະລັງງານໃນໂລກປະມານ 20% (Briefs, 2004). ເຂົ້າຖືກຈັດເປັນແຫຼ່ງອາຫານ ແລະ ແຫຼ່ງພະລັງງານທີ່ສໍາຄັນຂອງມະນຸດ ເຂົ້າປະກອບດ້ວຍສານອາຫານທີ່ເປັນປະໂຫຍດຕໍ່ຮ່າງກາຍ ໂດຍສ່ວນປະກອບຫຼັກມີຄື: ຄາຣໂບໄຮເດດ, ໂປຣຕິນ, ໄຂມັນ, ວິຕາມິນ ແລະ ເກືອແຮ່ (Mohammad Azizur Rahman, 2017) ນອກຈາກທີ່ເຮົາບໍລິໂພກເຂົ້າເປັນອາຫານຫຼັກແລ້ວເຂົ້າຍັງສາມາດນໍາມາ

ແປຮູບ ຫຼື ເປັນສ່ວນປະກອບຂອງຢ່າງອື່ນໄດ້ອີກດ້ວຍ ເຊັ່ນ: ໃຊ້ມາເປັນສ່ວນປະກອບຂອງອາຫານໃນທາງອຸດສາຫະກຳນຳມາຜະລິດເປັນແບ້ງເຂົ້າຈ້າວ, ແບ້ງເຂົ້າໜຽວ, ນຳມາຜະລິດເຫຼົ້າ ແລະ ອື່ນໆ, ເຂົ້າຈຶ່ງຖືວ່າເປັນພືດຊະນິດໜຶ່ງທີ່ມີຄຸນຄ່າຫຼາຍໃນການດຳລົງຊີວິດຂອງມະນຸດເຮົາ (ສຸກນາດ ເຟັນສ່າງ, 2560). ໃນປະຈຸບັນເພື່ອຕອບສະໜອງຄວາມຕ້ອງການຂອງມະນຸດ ໃນທາງການຜະລິດເຂົ້າຊາວກະສິກອນຈຶ່ງໄດ້ມີການນຳໃຊ້ປຸຍເຄມີ, ຢາຂ້າສັດຕູພືດເພື່ອເປັນສ່ວນຊ່ວຍໃນການປູກ ແລະ ລວມເຖິງເມື່ອນຳໄປ ຈຳໜ່າຍກໍຕ້ອງມີຕົວຊ່ວຍໃນການຮັກສາສະພາບຂອງເຂົ້າບໍ່ໃຫ້ມີແມງກັດກິນເພື່ອຊ່ວຍໃນເວລາເກັບຮັກສາເຮັດໃຫ້ເກັບໄວ້ໄດ້ດີນ ນອກນັ້ນສານເຄມີກໍອາດຈະຕົກຄ້າງຢູ່ໃນສິ່ງແວດລ້ອມຢູ່ກ່ອນແລ້ວ ຈຶ່ງມີຄວາມເປັນໄປໄດ້ທີ່ຈະເຮັດໃຫ້ເກີດມີການປົນເປື້ອນ ແລະ ການຕົກຄ້າງຂອງສານພິດຢູ່ໃນເຂົ້າ ເຊິ່ງມັນອາດຈະສົ່ງຜົນຕໍ່ສຸຂະພາບຂອງຜູ້ບໍລິໂພກເມື່ອຮັບປະທານເຂົ້າໄປ (Bastías & Beldarrain, 2016).

ອາເຊນິກ (As) ເປັນໂລຫະໜັກທີ່ຢູ່ໃນຈຸ 5A ອັນດັບທີ 33. ອາເຊນິກຈະມີຮູບຮ່າງຢູ່ 3 ແບບຄື: ອາເຊນິກສີເທົາ, ອາເຊນິກສີດຳ, ອາເຊນິກສີເຫຼືອງ. ອາເຊນິກທີ່ພົບເຫັນມີຢູ່ 2 ຊະນິດຄື: ອາເຊນິກອົງຄະທາດ ແລະ ອາເຊນິກອະນົງຄະທາດ. ອາເຊນິກແມ່ນທາດທີ່ສາມາດພົບໄດ້ໃນທຳມະຊາດເຊິ່ງມີທັງເກີດຂຶ້ນເອງຕາມທຳມະຊາດ ຈາກການຊະລ້າງຂອງຫີນແຮ່ທີ່ມີອາເຊນິກເປັນສ່ວນປະກອບເຊັ່ນ: ອາຊີໂນໄຟໄຮ (FeAsS) ເຮັດໃຫ້ພົບອາເຊນິກທົ່ວໄປໃນສິ່ງແວດລ້ອມໂດຍສະເພາະໃນດິນ ຫຼື ພົບຕາມແຫຼ່ງນ້ຳທຳມະຊາດ ແລະ ເກີດຈາກກິດຈະກຳຂອງມະນຸດ ແມ່ນເຮັດໃຫ້ມີອາເຊນິກຢູ່ໃນສິ່ງແວດລ້ອມຫຼາຍຂຶ້ນເຊັ່ນ: ການຂຸດຂຶ້ນແຮ່ທາດ, ການໃຊ້ປຸຍ, ຢາຂ້າສັດຕູພືດ (Carlito B Tabelin, Igarashi, & Tamoto, 2010; Carlito Baltazar Tabelin et., 2018; Tamoto, Tabelin, Igarashi, Ito, & Hiroyo, 2015) ເນື່ອງຈາກອາເຊນິກເປັນທາດທີ່ພົບໃນທຳມະຊາດທົ່ວໄປ ແລະ ເປັນສ່ວນ

ປະກອບໃນການຜະລິດທາງການກະເສດ ຈຶ່ງອາດຈະເຮັດໃຫ້ມີອາເຊນິກຕົກຄ້າງຢູ່ໃນເຂົ້າສານໄດ້ (Briefs, 2004).

ເມື່ອມີການຕົກຄ້າງຂອງອາເຊນິກຢູ່ໃນສະພາບແວດລ້ອມກໍຈະເຮັດໃຫ້ອາເຊນິກເຂົ້າໄປສູ່ຮ່າງກາຍຂອງມະນຸດ ເຊິ່ງມະນຸດສາມາດສຳຜັດກັບອາເຊນິກໄດ້ຫຼາຍທາງເຊັ່ນ: ການດື່ມນ້ຳ ແລະ ຮັບປະທານອາຫານ. ສະນັ້ນ, ການຮັບປະທານເຂົ້າທີ່ມີອາເຊນິກຕົກຄ້າງຢູ່ອາດເປັນປັດໄຈໜຶ່ງທີ່ເຮັດໃຫ້ອາເຊນິກເຂົ້າສູ່ຮ່າງກາຍໄດ້ ເນື່ອງຈາກ ປະຊາຊົນລາວຮັບປະທານເຂົ້າເປັນອາຫານຫຼັກ. ອາເຊນິກທຸກຮູບແບບເປັນໂລຫະໜັກທີ່ມີພຶດຕະລັກບົບຮ່າງກາຍຂອງສິ່ງທີ່ມີຊີວິດ ທັງແບບກະທັນຫັນ ແລະ ຊ້ຳເຮື້ອ (Ramathibodi Hospital Mahidol University, 2006). ອາການເມື່ອມີການໄດ້ຮັບອາເຊນິກແບບກະທັນຫັນຈະເຮັດໃຫ້ມີອາການຄື: ປວດຮາກ, ເຈັບທ້ອງ... ຖ້າໄດ້ຮັບອາເຊນິກເປັນໄລຍະເວລາດົນນານກໍຈະເຮັດໃຫ້ເກີດມີຈຸດສີດຳຕາມຝາມື ແລະ ຝາຕີນ ລວມໄປເຖິງອາເຊນິກອາດຈະສົ່ງຜົນເຮັດໃຫ້ເກີດມະເຮັງຜິວໜັງ, ມະເຮັງປອດ ແລະ ມະເຮັງຕັບເປັນຕົ້ນ (Mohammad Azizur Rahman, 2017)

ເນື່ອງຈາກເຂົ້າເປັນອາຫານຫຼັກໃຫ້ແກ່ປະຊາຊົນເມື່ອມີການບໍລິໂພກທຸກມື້ ຖ້າວ່າໃນເຂົ້າສານມີສານອາເຊນິກຕົກຄ້າງຢູ່ ເຖິງຈະຢູ່ໃນປະລິມານໜ້ອຍແຕ່ຖ້າສະສົມເປັນເວລາດົນນານກໍອາດຈະສົ່ງຜົນຕໍ່ສຸຂະພາບຂອງຄົນເຮົາໄດ້. ຈາກບັນຫາດັ່ງທີ່ໄດ້ກ່າວມາຂ້າງເທິງນັ້ນທີມງານວິໄຈຈຶ່ງມີຄວາມສົນໃຈ ນຳໃຊ້ເຕັກນິກເຄື່ອງມື ICP-MS ແລະ HPLC-MS, ໂດຍມີຈຸດປະສົງເພື່ອສຶກສາຫາປະລິມານ ແລະ ຊະນິດຂອງທາດອາເຊນິກທີ່ຕົກຄ້າງຢູ່ໃນເຂົ້າສານ 3 ຊະນິດ ກໍຄື: ເຂົ້າຈ້າວຫອມສະຫວັນ, ເຂົ້າທ່າດອກຄຳ 8, ແລະ ເຂົ້າລວມ.

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

2.1 ການເກັບຕົວຢ່າງເຂົ້າສານ

ຕົວຢ່າງເຂົ້າສານທີ່ຖືກນຳມາວິໄຈໃນຄັ້ງນີ້ແມ່ນມີ 3 ຊະນິດຄື: ເຂົ້າຈ້າວຫອມສະຫວັນ (HSV), ເຂົ້າທ່າດອກຄຳ 8 (TDK8), ເຂົ້າລວມ (Composite rice).

ຈາກນັ້ນແມ່ນໄດ້ເກັບຕົວຢ່າງເຂົ້າສານດັ່ງກ່າວແລ້ວບັນຈຸໄວ້ໃນຖົງຊິບລັອກ (Zip-lock bag) ເພື່ອນຳມາວິເຄາະຫາປະລິມານອາເຊນິກທັງໝົດ ດ້ວຍເຄື່ອງ ICP-MS ແລະອາເຊນິກອະນິງຄະທາດທັງໝົດ ໂດຍນຳໄປວິເຄາະດ້ວຍເຄື່ອງ HPLC-MS ໃນຫ້ອງທົດລອງ.

2.2 ວິທີການວິເຄາະ

ກ) ວິທີການວິເຄາະຫາອາເຊນິກທັງໝົດ

ນຳຕົວຢ່າງທີ່ບົດລະອຽດແລ້ວ 0.5 g (ຊັງດ້ວຍເຄື່ອງຊັງທີ່ມີຄວາມຊັດເຈນ 0.0001 g) ລົງໃນຫຼອດ Perfluoroalkoxy (PFA). ຫຼັງຈາກນັ້ນ, ຕົ້ມອາຊິດນິຕຣິກ (HNO_3) ທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ 60% ປະລິມານ 5 mL ແລ້ວຕົ້ມ ໂຮໂດຣເຈນເພີອອກໄຊຣ໌ ທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ 30% (H_2O_2) 2 mL ລົງໃນຫຼອດ ຈາກນັ້ນປິດຫຼອດແລ້ວນຳເຂົ້າເຕົາອົບ ເຊິ່ງຂັ້ນຕອນທີ 1 ແມ່ນຈະເຮັດໃຫ້ຮ້ອນທີ່ 200 W ເປັນເວລາ 5 ນາທີ, ຂັ້ນຕອນທີ 2 ແມ່ນຈະເຮັດໃຫ້ຮ້ອນທີ່ 300 W ເປັນເວລາ 5 ນາທີ, ຂັ້ນຕອນທີ 3 ແມ່ນຈະເຮັດໃຫ້ຮ້ອນທີ່ 500 W ເປັນເວລາ 10 ນາທີ, ຂັ້ນຕອນທີ 4 ແມ່ນຈະເຮັດໃຫ້ຮ້ອນທີ່ 600 W ເປັນເວລາ 5 ນາທີ ແລ້ວເຮັດໃຫ້ເຢັນລົງຕາມອຸນຫະພູມຫ້ອງ, ສ່ວນຫຼອດທີ່ມີຕົວຢ່າງທີ່ລະລາຍແລ້ວຈະຖືກວາງໃສ່ Hot plate ເພື່ອລະເຫີຍຕົວຢ່າງ ຈາກນັ້ນນຳຕະກອນທີ່ຕິດຢູ່ກັບຫຼອດໄປລະລາຍດ້ວຍອາຊິດນິຕຣິກ (HNO_3) ເຂັ້ມຂຸ້ນ 60% ໃນປະລິມານ 0.6 g ແລ້ວຕົ້ມນ້ຳກັນຈົນໄດ້ປະລິມານ 30 g. ຫຼັງຈາກນັ້ນນຳເອົາທາດລະລາຍທີ່ໄດ້ພາຍຫຼັງຈາກການຕົ້ມນ້ຳກັນນັ້ນໄປວິເຄາະຫາປະລິມານຂອງອາເຊນິກທັງໝົດໂດຍນຳໄປວິເຄາະດ້ວຍເຄື່ອງ ICP-MS.

ຂ) ວິທີວິເຄາະຫາຊະນິດຂອງອາເຊນິກ

ນຳຕົວຢ່າງເຂົ້າທີ່ບົດລະອຽດແລ້ວ 1 g (ຊັງດ້ວຍເຄື່ອງຊັງທີ່ມີຄວາມຊັດເຈນ 0.0001 g) ແລ້ວນຳມາໃສ່ຫຼອດແກ້ວຂະໜາດ 10 mL ທີ່ມີຝາປິດແລ້ວຕົ້ມ Extracting solvent ໃສ່ 2 g, ປິດຫຼອດແລ້ວນຳໃສ່ເຄື່ອງ Microwave system ທີ່ອຸນຫະພູມ 90°C ເປັນເວລາ 30

ນາທີ ຈາກນັ້ນເຮັດໃຫ້ເຢັນໃນອຸນຫະພູມຫ້ອງ; ຫຼັງຈາກເຢັນແລ້ວຕົ້ມ 1 g ຂອງ Arsenobetaine (AsB) ທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ 50 ng g^{-1} ແລ້ວຕົ້ມນ້ຳກັນ 7 g ແລ້ວນຳເຂົ້າເຄື່ອງປັ່ນແຮງໜີສູນ (Centrifuged) 3,500 ຮອບ/ນາທີ ເປັນເວລາ 10 ນາທີ ຫຼັງຈາກນັ້ນເກັບເອົາສ່ວນທີ່ໃສຢູ່ທາງດ້ານເທິງ (Supernatant) ນຳໄປຕອງຜ່ານແຈ້ຍຕອງທີ່ມີຂະໜາດ $0.45 \mu\text{m}$ (syringe-type PVDF membrane filter), ຫຼັງຈາກນັ້ນ ນຳເອົາທາດລະລາຍທີ່ໄດ້ຈາກການຕອງນັ້ນໄປວິເຄາະຫາຊະນິດຂອງອາເຊນິກໂດຍນຳໄປວິເຄາະດ້ວຍເຄື່ອງ HPLC-MS.

3. ຜົນໄດ້ຮັບ

ຈາກການວິເຄາະຫາປະລິມານຂອງອາເຊນິກທັງໝົດ ແລະ ອາເຊນິກອະນິງຄະທາດໃນເຂົ້າ ໂດຍລາຍລະອຽດຂອງຜົນການວິໄຈແມ່ນໄດ້ຖືກຮວບຮວມໄວ້ໃນ (ຕາຕະລາງທີ 1) ແລະ ສະຫຼຸບໄດ້ດັ່ງຕໍ່ໄປນີ້:

3.1 ອາເຊນິກລວມ (Total Arsenic)

ຈາກຜົນການວິໄຈຫາປະລິມານຂອງອາເຊນິກທັງໝົດທີ່ປົນເປື້ອນຢູ່ໃນຕົວຢ່າງເຂົ້າສານທັງ 3 ຊະນິດ ແມ່ນເຫັນໄດ້ວ່າ: ເຂົ້າທ່າດອກຄຳ 8 (TDK8) ມີປະລິມານຂອງອາເຊນິກທັງໝົດສູງທີ່ສຸດ ເຊິ່ງມີຄ່າເທົ່າກັບ 0.19 mg/kg , ຮອງລົງມາແມ່ນເຂົ້າລວມ (Composite rice) ມີຄ່າເທົ່າກັບ 0.14 mg/kg ແລະ ສຸດທ້າຍແມ່ນເຂົ້າຈ້າວຫອມສະຫວັນ (HSV) ແມ່ນ 0.11 mg/kg (ຮູບທີ 1.ກ). ໂດຍພົບອີກວ່າປະລິມານຂອງອາເຊນິກທັງໝົດທີ່ປົນເປື້ອນຢູ່ໃນເຂົ້າສານທັງ 3 ຕົວຢ່າງແມ່ນຍັງນອນຢູ່ໃນເກນມາດຕະຖານທີ່ທາງ CODEX ໄດ້ກຳນົດໄວ້ (ມາດຕະຖານອາເຊນິກທັງໝົດໃນເຂົ້າບໍ່ເກີນ 0.3 mg/kg).

ປະລິມານຂອງອາເຊນິກທັງໝົດນັ້ນແມ່ນຈະປະກອບມີທັງອາເຊນິກອົງຄະທາດ (Organic arsenic) ແລະ ອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ (Inorganic arsenic) ເຊິ່ງໃນສອງອົງປະກອບນັ້ນ, ອົງປະກອບທີ່ມີຄວາມເປັນພິດສູງແມ່ນອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ ໂດຍອາເຊນິກອະນິງ

ຄະທາດຈະປະກອບດ້ວຍ: ອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ As^V ແລະ ອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ As^{III} .

3.2 ອາເຊນິກອະນິງຄະທາດທັງໝົດ (Total inorganic arsenic, i(As))

ຈາກຜົນການວິໄຈພົບວ່າ ປະລິມານຂອງອາເຊນິກອະນິງຄະທາດທັງໝົດໃນຕົວຢ່າງເຂົ້າສານທັງ 3 ຊະນິດ ທີ່ໄດ້ຈາກການເອົາ As^V ແລະ As^{III} ມາລວມເຂົ້າໃສ່ດ້ວຍກັນ. ເຊິ່ງເຂົ້າທ່າດອກຄຳ 8 (TDK8) ແມ່ນມີປະລິມານຂອງອາເຊນິກໃນຮູບແບບດັ່ງກ່າວນີ້ຫຼາຍທີ່ສຸດ ເຊິ່ງມີປະລິມານເທົ່າກັບ 0.10 mg/kg, ຮອງລົງມາແມ່ນເຂົ້າຈ້າວຫອມສະຫວັນ (HSV) ມີຄ່າເທົ່າກັບ 0.09 mg/kg ແລະ ສຸດທ້າຍແມ່ນ ເຂົ້າລວມ (Composite rice) ມີຄ່າເທົ່າກັບ 0.08 mg/kg (ຮູບທີ 1.ກ). ຈາກການສົມທຽບປະລິມານຂອງ As^V ແລະ As^{III} ເຫັນໄດ້ວ່າ: ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ As^{III} ແມ່ນມີຄ່າສູງກວ່າ As^V , ເຊິ່ງຄວາມເປັນພິດຂອງອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ As^{III} ສູງກວ່າອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ As^V ປະມານ 10 ເທົ່າ (M Azizur Rahman & Hassler, 2014).

ກ). ອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ As^V

ຈາກຜົນການວິໄຈຫາປະລິມານຂອງອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ As^V ໃນຕົວຢ່າງເຂົ້າສານທັງ 3 ຊະນິດ ເຫັນໄດ້ວ່າ: ເຂົ້າຈ້າວຫອມສະຫວັນ (HSV) ແມ່ນມີປະລິມານຂອງ As^V ສູງທີ່ສຸດ ເຊິ່ງມີຄ່າເທົ່າກັບ 0.02 mg/kg, ຮອງລົງມາແມ່ນເຂົ້າທ່າດອກຄຳ 8 (TDK8) ມີຄ່າເທົ່າກັບ 0.01 mg/kg ແລະ ສຸດທ້າຍແມ່ນເຂົ້າລວມ (Composite rice) ມີຄ່າ 0.006 mg/kg. ຈາກການສົມທຽບປະລິມານຂອງ As^V ໃສ່ກັບຄ່າມາດຕະຖານເຫັນວ່າ: ປະລິມານຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ As^V ຂອງທັງ 3 ຕົວຢ່າງແມ່ນຍັງນອນຢູ່ໃນເກນມາດຕະຖານທີ່ທາງ CODEX ໄດ້ກຳນົດໄວ້ ໂດຍມາດຕະຖານຂອງອາເຊນິກອະນິງຄະທາດທີ່ອະນຸຍາດໃຫ້ປົນເປື້ອນຢູ່ໃນເຂົ້າໄດ້ແມ່ນມີຄ່າບໍ່ເກີນ 0.2 mg/kg (ຮູບທີ 2.ກ).

ຂ). ອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ As^{III}

ຈາກຜົນການວິໄຈຫາປະລິມານຂອງອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ As^{III} ໃນຕົວຢ່າງເຂົ້າສານທັງ 3 ຊະນິດ ພົບວ່າ: ເຂົ້າທ່າດອກຄຳ 8 (TDK8) ມີປະລິມານສູງທີ່ສຸດເຊິ່ງມີຄ່າເທົ່າກັບ 0.08 mg/kg, ຮອງລົງມາແມ່ນ ເຂົ້າລວມ (Composite rice) ມີຄ່າເທົ່າກັບ 0.08 mg/kg ແລະ ສຸດທ້າຍແມ່ນ ເຂົ້າຈ້າວຫອມສະຫວັນ (HSV) ເຊິ່ງມີປະລິມານເທົ່າກັບ 0.07 mg/kg, ປະລິມານຂອງອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ As^{III} ຂອງທັງ 3 ຕົວຢ່າງແມ່ນຍັງນອນຢູ່ໃນເກນມາດຕະຖານທີ່ທາງ CODEX ໄດ້ກຳນົດໄວ້ຄື 0.2 mg/kg (ຮູບທີ 2.ຂ).

4. ວິພາກຜົນ

ການທີ່ມີອາເຊນິກຕົກຄ້າງຢູ່ໃນຕົວຢ່າງເຂົ້ານັ້ນອາດເກີດເນື່ອງມາຈາກການຕົກຄ້າງຂອງອາເຊນິກຢູ່ພາຍໃນດິນ, ນ້ຳໃຕ້ດິນ ແລະ ນ້ຳໜ້າດິນ ໃນເຂດບໍລິເວນພື້ນທີ່ມີການປູກເຂົ້າດັ່ງກ່າວ, ໂດຍພົບວ່າປະລິມານອາເຊນິກທີ່ຕົກຄ້າງໃນເຂົ້າແມ່ນມີຄວາມສຳພັນກັບລະດັບການປົນເປື້ອນຂອງອາເຊນິກຢູ່ໃນນ້ຳຊົນລະປະທານ ແລະ ດິນ ທີ່ຖືກນຳໃຊ້ໃນການປູກຝັງ; ນອກຈາກນັ້ນຍັງພົບອີກວ່າອາເຊນິກທີ່ຖືກດູດຊຶມສູ່ຕົ້ນເຂົ້າຈະມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນສູງເລີ່ມຈາກຢູ່ຮາກ, ເປືອກເຂົ້າ ແລະ ຕໍ່ມາຈຶ່ງດູດຊຶມຂຶ້ນໄປສູ່ເມັດເຂົ້າ (Bhattacharya et al., 2009). ນອກຈາກນີ້ຄວາມແຕກຕ່າງທາງກຳມະພັນ ແລະ ຊະນິດຂອງເຂົ້າກໍ່ເປັນອີກໜຶ່ງປັດໄຈທີ່ມີອິດທິພົນຕໍ່ການດູດຊຶມຂອງອາເຊນິກນຳອີກດ້ວຍ (Azizur Rahman. M & Hassler, 2014).

ຈາກຜົນການສຶກສາໃນຄັ້ງນີ້ເມື່ອປຽບທຽບກັບຜົນການສຶກສາຄັ້ງກ່ອນພົບວ່າ ປະລິມານຂອງອາເຊນິກທັງໝົດໃນເຂົ້າທັງ 3 ຊະນິດ ແມ່ນຕ່ຳກວ່າເຂົ້າໃນປະເທດໄທ ແລະ ຫວຽດນາມ (Sumontha Nookabkaew, 2013); ສ່ວນຊະນິດ ເຂົ້າຈ້າວຫອມສະຫວັນ (HSV) ມີປະລິມານເທົ່າກັບເຂົ້າໃນປະເທດຈີນ. ນອກຈາກນັ້ນ, ເຂົ້າທັງ 3 ຊະນິດ ທີ່ສຶກສາໃນຄັ້ງນີ້ມີປະລິມານອາເຊນິກທັງໝົດສູງກວ່າເຂົ້າໃນປະເທດເກົາຫຼີໃຕ້ (Manus Carey, 2019).

ຜົນການວິເຄາະພົບວ່າ As^V ມີປະລິມານຂ້ອນຂ້າງຕ່ຳຫຼາຍເມື່ອທຽບກັບປະລິມານຂອງ As^{III} , ທີ່ເປັນເຊັ່ນນັ້ນກໍເນື່ອງມາຈາກວ່າສະພາບພື້ນທີ່ການປູກເຂົ້າ ຫຼື ນາເຂົ້າແມ່ນເປັນພື້ນທີ່ດິນທີ່ມີການຖ້ວມຂັງຂອງນ້ຳ ໂດຍເປັນຜົນເຮັດໃຫ້ຜິວໜ້າດິນບໍ່ມີອອກຊີເຈນ (Anaerobic condition) ແຕ່ As^V ສ່ວນໃຫຍ່ແລ້ວແມ່ນມັກພົບຢູ່ໃນບໍລິເວນເງື່ອນໄຂທີ່ມີອອກຊີເຈນສູງ (Aerobic condition) (Xu et al., 2008). ໂດຍສ່ວນໃຫຍ່ແລ້ວເມື່ອຕົ້ນເຂົ້າມີການດູດຊຶມເອົາ As^V ເຂົ້າໄປໃນຈຸລັງຂອງຮາກຕົ້ນເຂົ້າແລ້ວນັ້ນ, As^V ແມ່ນຈະຖືກ reduced ດ້ວຍເອນໄຊມ As^V reductase ໃຫ້ປ່ຽນຮູບກາຍໄປເປັນ As^{III} (Meharg & Jardine, 2003); ຈາກການສຶກສາຈຳນວນໜຶ່ງໄດ້ລາຍງານວ່າ: ເມື່ອນຳເອົາຕົ້ນເຂົ້າທີ່ເປັນຊະນິດພັນແຕກຕ່າງກັນນັ້ນໄປວິເຄາະພົບວ່າ ສ່ວນໃຫຍ່ແມ່ນຈະມີ As^{III} ຢູ່ໃນຕົ້ນເຂົ້າກວມເອົາເຖິງ 80%, ເຖິງແມ່ນວ່າຢູ່ພື້ນທີ່ດິນທີ່ໃຊ້ປູກເຂົ້ານັ້ນຈະປົນເປື້ອນດ້ວຍ As^V ໃນປະລິມານສູງກໍຕາມ; ສິ່ງດັ່ງກ່າວນີ້ໄດ້ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ: ຂະບວນການທັງໝົດທີ່ເກີດຂຶ້ນພາຍໃນຈຸລັງຂອງຮາກຕົ້ນເຂົ້າແມ່ນຈະມີການປ່ຽນຮູບຂອງ As^V ໄປເປັນ As^{III} ກ່ອນຈະຖືກນຳສົ່ງຜ່ານທໍ່ລຳລຽງນ້ຳ ແລະ ເກືອແຮ່ (xylem) ໄປສູ່ສ່ວນຕ່າງໆຂອງພືດ, ໂດຍຂະບວນການປ່ຽນແປງດັ່ງກ່າວນີ້ບໍ່ໄດ້ເກີດຂຶ້ນພຽງແຕ່ຢູ່ໃນສ່ວນຮາກຂອງຕົ້ນເຂົ້າເທົ່ານັ້ນ ແຕ່ມັນຍັງສາມາດເກີດຂຶ້ນໄດ້ຢູ່ພາຍໃນສ່ວນອື່ນໆໄປຈົນເຖິງສ່ວນຍອດຂອງຕົ້ນເຂົ້ານຳອີກດ້ວຍ; ດ້ວຍເຫດນີ້ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ເມັດເຂົ້າສານມີຄວາມເຂັ້ມຊັນຂອງ As^V ໃນປະລິມານຕ່ຳກວ່າ As^{III} (Bastías & Beldarrain, 2016).

ພ້ອມກັນນັ້ນກໍຍັງພົບວ່າ ປະລິມານຂອງ As^{III} ທີ່ປົນເປື້ອນໃນຕົວຢ່າງເຂົ້າສານແມ່ນມີຄ່າສູງກວ່າ As^V , ຈາກຫຼາຍໆການສຶກສາພົບວ່າ: As^{III} ໂດຍສ່ວນໃຫຍ່ແມ່ນພົບໃນດິນກະສິກຳທີ່ມີການຖ້ວມຂັງຂອງນ້ຳໂດຍສະເພາະແມ່ນດິນໃນນາເຂົ້າ ເນື່ອງຈາກວ່າ ໃນຂະນະທີ່ນ້ຳຖ້ວມຂັງນັ້ນເໝືອຜິວໜ້າຂອງດິນນັ້ນຈະບໍ່ຄ່ອຍມີອອກຊີເຈນ

(Anaerobic condition) ເຊິ່ງເປັນເງື່ອນໄຂອັນເໝາະສົມທີ່ຈະເຮັດໃຫ້ມີການເກີດປະຕິກິລິຍາ Reduction ໂດຍເກີດການປ່ຽນແປງຈາກ As^V ໄປເປັນ As^{III} ໄດ້ດີໃນສິ່ງແວດລ້ອມ ແລະ ພ້ອມດຽວກັນນັ້ນເມື່ອ As^V ຖືກດູດຊຶມເຂົ້າໄປໃນຕົ້ນເຂົ້າແລ້ວມັນຍັງມີຂະບວນການປ່ຽນແປງຈາກ As^V ໄປເປັນ As^{III} ໄດ້ນຳອີກດ້ວຍ, ດ້ວຍເຫດນີ້ປະລິມານຂອງ As^{III} ຈຶ່ງມີຄ່າສູງກວ່າ As^V (Xu et al., 2008).

5. ສະຫຼຸບ

ຜົນການວິເຄາະຕົວຢ່າງເຂົ້າສານທັງ 3 ຊະນິດ ໂດຍພົບວ່າ ມີປະລິມານການປົນເປື້ອນຂອງອາເຊນິກທັງໝົດ (Total arsenic), ອາເຊນິກອະນິງຄະທາດທັງໝົດ (Inorganic arsenic (iAs)), ອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ As^V ແລະ ອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ As^{III} ທີ່ປົນເປື້ອນໃນທຸກໆຕົວຢ່າງເຂົ້າສານແຕ່ລະຊະນິດ. ແຕ່ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ ປະລິມານຂອງອາເຊນິກທີ່ປົນເປື້ອນໃນເຂົ້າສານທີ່ນຳມາວິໄຈໃນຄັ້ງນີ້ຍັງນອນໃນເກນຂອງມາດຕະຖານທີ່ທາງສາກົນ ຫຼື (CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 2017) ໄດ້ກຳນົດໄວ້. ເຖິງແມ່ນວ່າເຂົ້າສານທັງ 3 ຊະນິດຈະມີການປົນເປື້ອນຂອງອາເຊນິກຢູ່ກໍຕາມ ແຕ່ເຂົ້າກໍຍັງມີທາດອາຫານອື່ນໆອີກຫຼາຍຢ່າງທີ່ເປັນປະໂຫຍດຕໍ່ຮ່າງກາຍ ໂດຍສະເພາະແມ່ນສານຕ້ານອະນຸມຸນອິດສະຫຼະ ເຊັ່ນ: ວິຕາມິນ E, ທາດແກມມາໂອຣິຊານອລ; ພ້ອມກັນນັ້ນກໍຍັງມີແຮ່ທາດອື່ນໆທີ່ສຳຄັນ ເຊັ່ນ: ທາດເຫຼັກ ເປັນຕົ້ນ; ເຊິ່ງທາດຕ້ານອະນຸມຸນອິດສະລະທີ່ກ່າວມານັ້ນແມ່ນມີຄວາມສາມາດຫຼຸດຜ່ອນການດູດຊຶມຂອງທາດອາເຊນິກເຂົ້າສູ່ຮ່າງກາຍຄົນອີກດ້ວຍ.

6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົນຄວ້າວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິຍານຕືນວ່າ ຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເອື້ອປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດ

ພາກສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການລະເມີດໃນຮູບການໃດໜຶ່ງ ຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

7. ເອກະສານອ້າງອີງ

ศุภนาถ เห็นสว่าง. (2560). ข้าว..ความสำคัญ คุณค่าทางอาหาร และ การปนเปื้อน. วารสารสิ่งแวดล้อม, 21(1), 15–18.

Bastías, J. M., & Beldarrain, T. (2016). Arsenic translocation in rice cultivation and its implication for human health. (76(1), 114-122.

Bhattacharya, P., Samal, A., Majumdar, J., & Santra, S. J. W. J. o. A. S. (2009). Transfer of arsenic from groundwater and paddy soil to rice plant (*Oryza sativa* L.): a micro level study in West Bengal, India 5(4), 425-431.

Briefs, F. (2004). Rice liberalization; predicting trade and price impacts.

Bruno E. S. Costa. (2016). Analytical Strategies for the Determination of Arsenic in Rice.

Leprêtre, C., & Merten-Lentz, K. J. W. F. R. R. (2017). Annual Codex Alimentarius Commission Meeting to Adopt New International Food Standards. 27(1), 25.

Manus Carey (2019). Global Sourcing of Low-Inorganic Arsenic Rice Grain.

Meharg, A. A., & Jardine, L. J. N. p. (2003). Arsenite transport into paddy rice (*Oryza sativa*) roots. 157(1), 39-44.

Mohammad Azizur Rahman. (2016). Arsenic in Rice: Sources and Human Health Risk.

Rahman, M. A., & Hassler, C. (2014). Is arsenic biotransformation a detoxification

mechanism for microorganisms? , 146, 212-219.

Ramathibodi Hospital Mahidol University. (2006). Poison & drug information bulletin. 27.

Sumontha Nookabkaew. (2013). Determination of Arsenic Species in Rice from Thailand and Other Asian Countries Using Simple Extraction and HPLC-ICP-MS Analysis.

Tabelin, C. B., Igarashi, T., & Tamoto, S. J. M. e. (2010). Factors affecting arsenic mobility from hydrothermally altered rock in impoundment-type in situ experiments. 23(3), 238-248.

Tabelin, C. B., Igarashi, T., Villacorte-Tabelin, M., Park, I., Opiso, E. M., Ito, M., & Hiroyoshi, N. J. S. o. t. T. E. (2018). Arsenic, selenium, boron, lead, cadmium, copper, and zinc in naturally contaminated rocks: A review of their sources, modes of enrichment, mechanisms of release, and mitigation strategies. 645, 1522-1553.

Tamoto, S., Tabelin, C. B., Igarashi, T., Ito, M., & Hiroyoshi, N. J. J. o. C. H. (2015). Short and long term release mechanisms of arsenic, selenium and boron from a tunnel-excavated sedimentary rock under in situ conditions. 175, 60-71.

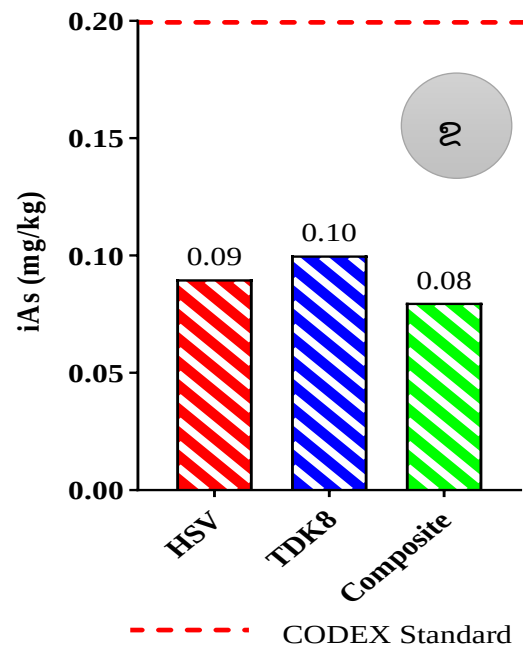
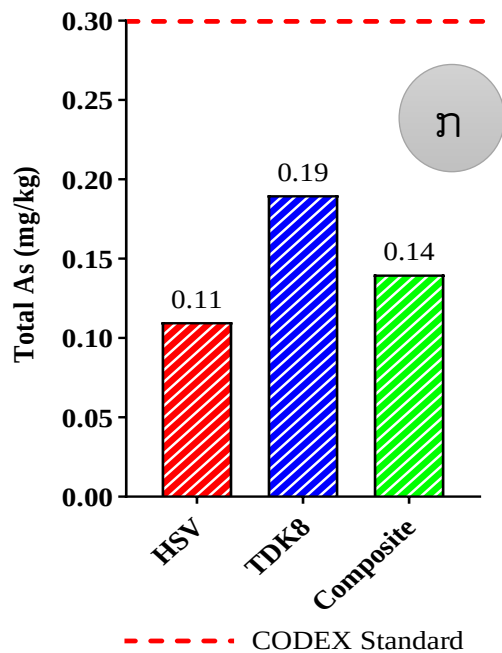
Xu, X., McGrath, S. P., Meharg, A. A., Zhao, F. J. (2008). Growing rice aerobically markedly decreases arsenic accumulation. 42(15), 5574-5579.

ຕາຕະລາງທີ 1 ສະແດງຜົນການວິເຄາະປະລິມານຂອງອາເຊນິກອະນິງຄະທາດ ແລະ ອາເຊນິກທັງໝົດ

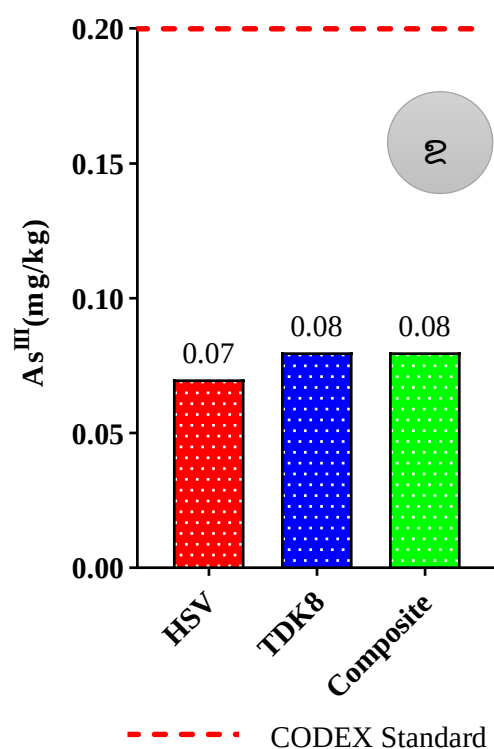
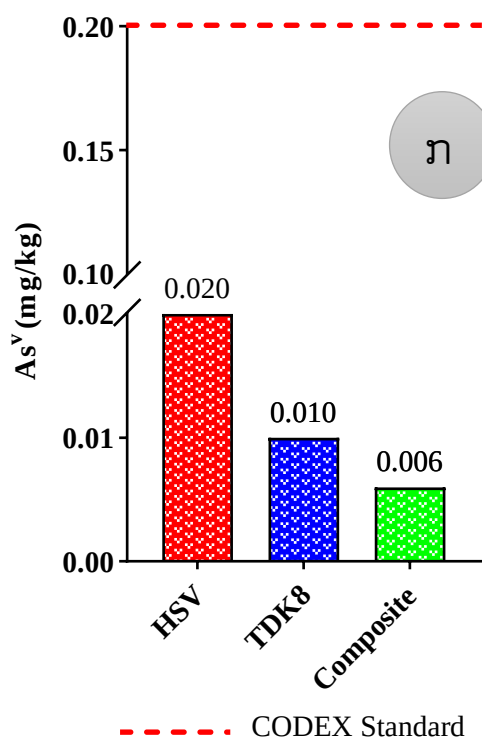
ຊະນິດຂອງ ອາເຊນິກ	ການສຶກສາຄັ້ງນີ້			Sumontha Nookabkaew (2013) (mg/kg)		Manus Carey (2019) (mg/kg)		i(As) CODE X STD (mg/kg)	Total (As) CODEX STD (mg/kg)
	Laos			Thailand	Vietnam	China	S. Korea		
	a	b	c						

Total (As)	0.11	0.19	0.14	0.23	0.29	0.11	0.08		
i(As)	0.09	0.10	0.08	0.15	0.23	0.08	0.06	0.2	0.3
As (V)	0.02	0.01	0.006	0.01	0.02	-	-		
As (III)	0.07	0.08	0.08	0.11	0.19	0.03	0.07		

ໝາຍເຫດ: ສັນຍາລັກ (a) ແມ່ນເຂົ້າຈ້າວຫອມສະຫວັນ (HSV), (b) ເຂົ້າທ່າດອກຄຳ 8 (TDK8), (c) ເຂົ້າລວມ (Composite rice).



ຮູບທີ 1 ປະລິມານຂອງອາເຊນິກໃນເຂົ້າສານ. (ກ) ກຣາຟສະແດງປະລິມານຂອງອາເຊນິກທັງໝົດໃນຕົວຢ່າງເຂົ້າສານ, (ຂ) ອາເຊນິກອະນິງຄະທາດທັງໝົດ (Total inorganic arsenic, i(As))



ຮູບທີ 2 ປະລິມານຂອງອາເຊນິກອະນຶງຄະທາດທັງໝົດ. (ກ) ກຣາຟສະແດງປະລິມານຂອງອາເຊນິກ As^V ໃນຕົວຢ່າງ
ເຂົ້າສານ, (ຂ) ກຣາຟສະແດງປະລິມານຂອງອາເຊນິກ As^{III} ໃນຕົວຢ່າງເຂົ້າສານ



ຮູບທີ 3 ຊະນິດເຂົ້າ. (ກ) ເຂົ້າຈ້າວຫອມສະຫວັນ (HSV), (ຂ) ເຂົ້າທ່າດອກຄາ 8 (TDK8), (ຄ) ເຂົ້າລວມ
(Composite rice)