

ການພັດທະນາເຕັກໂນໂລຊີການຜະລິດເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ ດ້ວຍວັດສະດຸເພື່ອງເຂົ້າທີ່ເສີມຊີລິນຽມ ເພື່ອເພີ່ມຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການ ແລະ ຜົນຜະລິດ

ດາວພອນ ເພັດຄຳເພັງ*, ກະຕິກາ ຣາຊະບຸດຕ໌, ໄຊສິງຄາມ ທຸມສີທາ ແລະ ແພງສີ ແກ້ວມະນີ

ສູນແຫ່ງຄວາມເປັນເລີດດ້ານໂລຈິດສະຕິກ ແລະ ຮຽນຮູ້ປະກອບການ, ມະຫາວິທະຍາໄລສະຫວັນນະເຂດ

ບົດຄັດຫຍໍ້

ເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ (Black Oyster Mushroom) ຖືເປັນພືດຜັກທີ່ມີຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການສູງ ແລະ ມີຄວາມຕ້ອງການໃນຕະຫຼາດເພີ່ມຂຶ້ນ, ແຕ່ການປູກດ້ວຍເພື່ອງເຂົ້າລ້ວນໆ ອາດໃຫ້ຜົນຜະລິດ ແລະ ຄຸນນະພາບຍັງບໍ່ທັນສູງເທົ່າທີ່ຄວນ. ການຄົ້ນຄວ້ານີ້ມີຈຸດປະສົງເພື່ອພັດທະນາເຕັກໂນໂລຊີການຜະລິດເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ (*Pleurotus ostreatus*) ໂດຍໃຊ້ເພື່ອງເຂົ້າເປັນວັດສະດຸເພາະຫຼັກ ແລະ ເສີມດ້ວຍແຮ່ທາດຊີລິນຽມ (Selenium) ໃນລະດັບຕ່າງໆ ເພື່ອສຶກສາຜົນກະທົບຕໍ່ການເຕີບໂຕ, ຜົນຜະລິດ ແລະ ການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດ ໃຫ້ກາຍເປັນເຫັດເສີມສຸຂະພາບ. ການທົດລອງຖືກອອກແບບໃນຮູບແບບການທົດລອງແບບສຸ່ມສົມບູນ (Completely Randomized Design: CRD) ປະກອບດ້ວຍ 6 ທຣີດເມັນ ຄື: ລະດັບຊີລິນຽມ 0, 1.5, 3, 5, 10 ແລະ 15 ສ່ວນໃນລ້ານສ່ວນ (ppm) ພ້ອມທັງມີ 3 ຊ້ຳ ຕໍ່ທຣີດເມັນ ໂດຍດຳເນີນການທົດລອງເປັນເວລາ 3 ເດືອນ. ຜົນການສຶກສາພົບວ່າ ວັດສະດຸເພາະເພື່ອງເຂົ້າທີ່ເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 3 ແລະ 5 ppm ໃຫ້ຜົນດີທີ່ສຸດຕໍ່ອັດຕາການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດ, ຜົນຜະລິດສິດ ແລະ ຄຸນນະພາບຂອງດອກເຫັດ ໂດຍມີປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ (Biological Efficiency) ສູງກວ່າກຸ່ມຄວບຄຸມຢ່າງມີນ້ຳໜັກສຳຄັນ. ການເສີມຊີລິນຽມລະດັບສູງກວ່າ 10 ppm ພົບວ່າມີຜົນຍ້ອງຍໍຕໍ່ການເຕີບໂຕ ແລະ ຫຼຸດຜ່ອນຄຸນນະພາບດອກເຫັດ. ນອກຈາກນີ້, ຍັງພົບການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດມີຄ່າຢູ່ລະຫວ່າງ 140-930 ມິກໂຣກຣາມ/ກິໂລກຣາມ (ນ້ຳໜັກແຫ້ງ) ເຊິ່ງເພີ່ມຂຶ້ນຕາມລະດັບການເສີມ. ສະຫຼຸບໄດ້ວ່າ ເຕັກໂນໂລຊີການເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 3-5 ppm ໃນເພື່ອງເຂົ້າ ສາມາດນຳໃຊ້ເພື່ອຍົກລະດັບຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການ ແລະ ເພີ່ມຜົນຜະລິດເຫັດນາງລົມໜ້າດຳໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ ແລະ ປອດໄພຕໍ່ຜູ້ບໍລິໂພກ ເຊິ່ງເປັນທາງເລືອກໃໝ່ໃນການພັດທະນາວິຊາຊີບປູກເຫັດໃນລາວ.

ຄຳສັບສຳຄັນ: ເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ, ເພື່ອງເຂົ້າ, ຊີລິນຽມ, ຜົນຜະລິດ, ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ

ຂໍ້ມູນບົດຄວາມ

*ຕິດຕໍ່ພົວພັນ: ດາວພອນ ເພັດຄຳເພັງ; ໂທ: 020 54704829;

ອີເມວ: p.daophone@sku.edu.la

Received 12 April 2026

Received in revised form 8 May 2026

Accepted 16 May 2026

Development of Black Oyster Mushroom Production Technology on Rice Straw Substrate Supplemented with Selenium for Enhanced Nutritional Value and Yield

Daophone PHETKHAMPHENG*, Katika RAJBOUTR, Xaysongkham THOUMSITHA, Phengsee KEOMANY

Department of Natural Science Teacher, Faculty of Education, Savannakhet University

Abstract

Black Oyster Mushroom is a high-nutritional vegetable with increasing market demand, but cultivation using pure rice straw may not yield optimal production and quality. This research aimed to develop Black Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) production technology using rice straw as the main substrate supplemented with Selenium (Se) at various levels to study effects on growth, yield, and Se accumulation in mushroom biomass to become health-enhancing mushrooms. The experiment was designed using a Completely Randomized Design (CRD) with 6 treatments: Selenium levels of 0, 1.5, 3, 5, 10, and 15 parts per million (ppm) with 3 replications per treatment over a 3-month period. Substrates were sterilized at 121°C and inoculated with 10% spawn rate. Results showed that rice straw substrate supplemented with Selenium at 3 and 5 ppm yielded the best results for mycelial growth rate, fresh yield, and fruiting body quality, with higher Biological Efficiency compared to the control group significantly. Specifically, yield increased by approximately 20% compared to untreated straw. Selenium supplementation above 10 ppm was found to inhibit growth and reduce mushroom quality due to toxicity. Additionally, Selenium accumulation in mushroom biomass ranged from 140-930 µg/kg (dry weight), increasing with supplementation levels, meeting dietary requirements. In conclusion, Selenium supplementation technology at 3-5 ppm in rice straw can be effectively used to enhance nutritional value and increase Black Oyster Mushroom yield safely for consumers, offering a new option for mushroom farming development in Laos and addressing protein deficiency issues.

Keywords: Black Oyster Mushroom, Rice Straw, Selenium, Yield, Biological Efficiency.

ARTICLE INFO

*Correspondence: Daophone PHETKHAMPHENG ; Tel: 020 54704629;
Email: p.daophone@sku.edu.la

Received 12 April 2026
Received in revised form 8 May 2026
Accepted 16 May 2026

1. ພາກສະເໜີ

1.1 ຄວາມເປັນມາ ແລະ ຄວາມສໍາຄັນຂອງບັນຫາ

ໃນປະຈຸບັນ, ບັນຫາຄວາມໜ້າຄົງທາງດ້ານອາຫານ ແລະ ໂພຊະນາການ ຍັງຄົງເປັນສິ່ງທ້າທາຍທີ່ສໍາຄັນຂອງໂລກ, ໂດຍສະເພາະໃນປະເທດກໍາລັງພັດທະນາທີ່ປະຊາກອນສ່ວນໃຫຍ່ ຍັງຂາດແຄນໂປຣຕີນທີ່ມີຄຸນນະພາບ. ອົງການອາຫານ ແລະ ກະສິກໍາແຫ່ງສະຫະປະຊາຊາດ (FAO) ໄດ້ຮັບຮູ້ວ່າ ການປູກເຫັດ ເປັນໜຶ່ງໃນວິທີແກ້ໄຂທີ່ມີປະສິດທິພາບ ເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນບັນຫາ ການຂາດສານອາຫານ ໂດຍບໍ່ຈໍາເປັນຕ້ອງໃຊ້ພື້ນທີ່ການກະສິກໍາ ຫຼາຍ ຫຼື ທຶນຮອນສູງ (Milkias et al., 2024). ເຫັດກິນໄດ້ ຖື ເປັນແຫຼ່ງອາຫານທີ່ມີຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການສູງ, ອຸດົມໄປດ້ວຍ ໂປຣຕີນ, ວິຕາມິນ, ແຮ່ທາດ ແລະ ສານຕ້ານອະນຸມູນອິດສະລະ ຊຶ່ງສາມາດທຽບເທົ່າກັບຄຸນຄ່າທາງອາຫານຂອງໄຂ່, ນົມ ແລະ ຊີ້ນ ແຕ່ມີໄຂ້ມັນຕໍ່າ ແລະ ບໍ່ມີຄໍເລສເຕີຣອລ (Chang and Miles, 1989; Milkias et al., 2024). ນອກຈາກນີ້, ການປູກເຫັດຍັງ ຊ່ວຍໃນການຈັດການຂີ້ເຫຍື້ອທາງການກະສິກໍາ ໂດຍການປ່ຽນ ວັດສະດຸເສຍເຊັ່ນ: ເຟືອງເຂົ້າ, ຂີ້ເລື່ອຍ ແລະ ຊານອ້ອຍ ໃຫ້

ກາຍເປັນອາຫານທີ່ມີປະໂຫຍດ ເຊິ່ງສອດຄ່ອງກັບ ຫຼັກການເສດຖະກິດໝູນວຽນ (Circular Economy) (Mesele et al., 2024).

ໃນບັນດາຊະນິດຂອງເຫັດທີ່ນິຍົມປູກທາງດ້ານການຄ້າ , ເຫັດນາງລົມ (*Oyster Mushroom - Pleurotus ostreatus*) ຖືເປັນຊະນິດທີ່ສໍາຄັນອັນດັບສອງຮອງຈາກເຫັດກະດູມ (*Agaricus bisporus*) ເນື່ອງຈາກເປັນເຫັດທີ່ປູກງ່າຍ, ໃຫ້ຜົນ ຜະລິດໄວ ແລະ ສາມາດເຕີບໂຕໄດ້ດີໃນວັດສະດຸເພາະຫຼາຍ ຊະນິດ (Paudel & Dhakal, 2020). ໂດຍສະເພາະແມ່ນ ເຫັດ ນາງລົມໜ້າດໍາ (*Black Oyster Mushroom*) ທີ່ກໍາລັງໄດ້ຮັບ ຄວາມນິຍົມໃນຕະຫຼາດອາຊີ ແລະ ລາວ ເນື່ອງຈາກມີລັກສະນະ ດອກສີເຂັ້ມສວຍງາມ, ເນື້ອເຫັດນຸ້ມ ແລະ ມີລິດຊາດທີ່ເປັນ ເອກະລັກ (Decena & Del Rosario, 2022). ຢ່າງໃດກໍຕາມ, ປະສິດທິພາບໃນການຜະລິດເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ ຍັງຂຶ້ນຢູ່ກັບປັດ ໄຈຫຼັກຄື ວັດສະດຸເພາະ (Substrate). ເຟືອງເຂົ້າ ຖືເປັນວັດສະດຸ ເພາະທີ່ນິຍົມທີ່ສຸດໃນທະວີບອາຊີ ເນື່ອງຈາກມີຈຳນວນຫຼາຍ, ລາຄາຖືກ ແລະ ມີໂຄງສ້າງທາງເຄມີທີ່ເໝາະສົມສໍາລັບເຫັດກຸ່ມ *Pleurotus* ທີ່ຕ້ອງການເຊລລູໂລສ ແລະ ຮີມີເຊລລູໂລສ

ເປັນແຫຼ່ງຄາບອນຫຼັກ (Paudel & Dhakal, 2020). ການສຶກສາຂອງ Paudel & Dhakal (2020) ພົບວ່າ ເພື່ອງເຂົ້າໃຫ້ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ (Biological Efficiency - BE) ສູງເຖິງ 166.29% ເຊິ່ງຖືວ່າສູງກວ່າວັດສະດຸອື່ນໆຫຼາຍຊະນິດ. ແນວໃດກໍຕາມ, ການໃຊ້ເພື່ອງເຂົ້າລ້ວນໆ ອາດຈະມີຂໍ້ຈຳກັດບາງປະການ ເຊັ່ນ: ອັດຕາການຍ່ອຍສະຫຼາຍທີ່ຊ້າ ຫຼື ຂາດແຄນແຮ່ທາດຕິດຕາມບາງຊະນິດ ທີ່ຈຳເປັນຕໍ່ການເພີ່ມຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການຂອງເນື້ອເຫັດ (Decena & Del Rosario, 2022).

ເພື່ອແກ້ໄຂບັນຫາດັ່ງກ່າວ ແລະ ຍົກລະດັບຄຸນນະພາບຂອງເຫັດ, ເຕັກໂນໂລຊີການເສີມສານອາຫານໃສ່ວັດສະດຸເພາະຈຶ່ງເຂົ້າມາມີບົດບາດສຳຄັນ. ຊີລິນຽມ (Selenium - Se) ເປັນແຮ່ທາດຕິດຕາມທີ່ຈຳເປັນຕໍ່ຮ່າງກາຍມະນຸດ ມີສັບພະຄຸນຊ່ວຍເສີມສ້າງລະບົບພູມຄຸ້ມກັນ, ຕ້ານອະນຸມຸນອິດສະລະ ແລະ ຫຼຸດຜ່ອນຄວາມສ່ຽງຂອງພະຍາດມະເຮັງ (Tanapak et al., 2021). ອົງການອານາໄມໂລກ (WHO) ແນະນຳໃຫ້ຮ່າງກາຍຄວນໄດ້ຮັບຊີລິນຽມປະມານ 55 ມິກໂຣກຣາມ ຕໍ່ມື້, ແຕ່ປະຊາກອນໃນຫຼາຍພື້ນທີ່ຍັງຂາດແຄນສານດັ່ງກ່າວ (Tanapak et al., 2021). ເຫັດຖືເປັນສິ່ງມີຊີວິດທີ່ມີຄວາມສາມາດສູງໃນການດູດຊຶມແລະສະສົມຊີລິນຽມຈາກວັດສະດຸເພາະໄວ້ໃນເນື້ອເຍື່ອ (Bioaccumulation) ເຮັດໃຫ້ການຜະລິດ "ເຫັດເສີມຊີລິນຽມ" (Se-rich mushroom) ກາຍເປັນທາງເລືອກທີ່ດີໃນການພັດທະນາອາຫານເສີມສຸຂະພາບ (Functional Food). ການສຶກສາຂອງ Tanapak et al. (2021) ໃນເຫັດນາງຣມເທົາ (Grey Oyster Mushroom) ພົບວ່າ ການເສີມຊີລິນຽມໃນເພື່ອງເຂົ້າລະດັບ 3-5 ສ່ວນໃນລ້ານສ່ວນ (ppm) ຊ່ວຍເພີ່ມອັດຕາການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດ, ເພີ່ມຜົນຜະລິດ ແລະ ເຮັດໃຫ້ເກີດການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດໄດ້ໃນລະດັບທີ່ປອດໄພ ແລະ ມີປະໂຫຍດຕໍ່ສຸຂະພາບ. ຢ່າງໃດກໍຕາມ, ຖ້າເສີມໃນລະດັບທີ່ສູງເກີນໄປ (ຫຼາຍກວ່າ 10 ppm) ອາດສົ່ງຜົນຍັບຢັ້ງການເຕີບໂຕ ແລະ ຫຼຸດຜ່ອນຄຸນນະພາບຂອງດອກເຫັດໄດ້.

ເຖິງແມ່ນວ່າ ຈະມີການສຶກສາກ່ຽວກັບການເສີມຊີລິນຽມໃນເຫັດນາງຣມບາງຊະນິດແລ້ວ, ແຕ່ຂໍ້ມູນກ່ຽວກັບ ເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ (Black Oyster Mushroom) ທີ່ປູກໃນສະພາບແວດລ້ອມຂອງລາວ ດ້ວຍວັດສະດຸເພື່ອງເຂົ້າເສີມຊີລິນຽມ ຍັງມີຈຳກັດ. ໂດຍສະເພາະແມ່ນຂໍ້ມູນກ່ຽວກັບລະດັບຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງຊີລິນຽມທີ່ເໝາະສົມທີ່ສຸດ ທີ່ຈະຊ່ວຍເພີ່ມຜົນຜະລິດ ແລະ ຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການ ໂດຍບໍ່ກໍ່ໃຫ້ເກີດຜົນກະທົບຕໍ່ການເຕີບໂຕຂອງເຊື້ອເຫັດ. ນອກຈາກນີ້, ການນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີນີ້ ຍັງຊ່ວຍສ້າງມູນຄ່າເພີ່ມໃຫ້ແກ່ເພື່ອງເຂົ້າ ຊຶ່ງເປັນວັດສະດຸທ້ອງຖິ່ນທີ່ມີຢູ່ຢ່າງຫຼວງຫຼາຍໃນລາວ ແລະ ຊ່ວຍສົ່ງເສີມອາຊີບໃຫ້ແກ່ກະສິກອນໃນຊຸມຊົນ (Mesele et al., 2024; Milkias et al., 2024). ດັ່ງນັ້ນ, ການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ ຈຶ່ງມີຄວາມສຳຄັນຢ່າງຍິ່ງໃນການພັດທະນາຮູບແບບການຜະລິດເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ ໃຫ້ມີ

ປະສິດທິພາບສູງຂຶ້ນ ທັງໃນດ້ານປະລິມານ ແລະ ຄຸນນະພາບ ເພື່ອຕອບສະໜອງຄວາມຕ້ອງການຂອງຕະຫຼາດອາຫານສຸຂະພາບໃນປະຈຸບັນ.

1.2. ຄຳຖາມຂອງການຄົ້ນຄ້ວາ

1. ລະດັບຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງຊີລິນຽມ (Selenium) ໃດທີ່ເໝາະສົມທີ່ສຸດຕໍ່ການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍ, ການເກີດດອກ ແລະ ຜົນຜະລິດຂອງເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ ທີ່ປູກໃສ່ວັດສະດຸເພື່ອງເຂົ້າ?

2. ການເສີມຊີລິນຽມໃນວັດສະດຸເພາະ ມີຜົນຕໍ່ປະລິມານການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດ ແລະ ຄຸນນະພາບທາງກາຍະພາບຂອງດອກເຫັດ (ເຊັ່ນ: ຂະໜາດປາກກະດູມ, ຄວາມຍາວຂົ້ວ) ແນວໃດ?

3. ເຕັກໂນໂລຊີການເສີມຊີລິນຽມໃນເພື່ອງເຂົ້າ ສາມາດນຳມາໃຊ້ເພື່ອຍົກລະດັບມູນຄ່າທາງເສດຖະກິດ ແລະ ໂພຊະນາການຂອງເຫັດນາງລົມໜ້າດຳໃນລາວໄດ້ຫຼືບໍ່?

1.3. ຈຸດປະສົງຂອງການຄົ້ນຄ້ວາ

1. ເພື່ອສຶກສາຜົນກະທົບຂອງລະດັບຊີລິນຽມທີ່ເສີມໃນວັດສະດຸເພື່ອງເຂົ້າ ຕໍ່ອັດຕາການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດ, ໄລຍະເວລາການເກີດດອກ ແລະ ຜົນຜະລິດລວມຂອງເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ

2. ເພື່ອວັດແທກ ແລະ ປຽບທຽບປະລິມານການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດ ຈາກການໃຊ້ວັດສະດຸເພາະທີ່ເສີມຊີລິນຽມໃນລະດັບຕ່າງໆ.

3. ເພື່ອພັດທະນາຮູບແບບ ແລະ ເຕັກໂນໂລຊີການຜະລິດເຫັດນາງລົມໜ້າດຳເສີມຊີລິນຽມ ທີ່ເໝາະສົມສຳລັບກະສິກອນໃນລາວ ເພື່ອເພີ່ມລາຍຮັບ ແລະ ສ້າງຜະລິດຕະພັນອາຫານສຸຂະພາບ.

2. ບົດຄົ້ນຄວ້າທີ່ກ່ຽວຂ້ອງ

2.1 ພື້ນຖານທົ່ວໄປກ່ຽວກັບເຫັດນາງລົມ ແລະ ຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການ

ເຫັດນາງລົມ (Oyster Mushroom) ທີ່ມີຊື່ວິທະຍາສາດວ່າ *Pleurotus ostreatus* ຖືເປັນເຫັດທີ່ນິຍົມປູກ ແລະ ບໍລິໂພກຫຼາຍທີ່ສຸດອັນດັບສອງຂອງໂລກ ຮອງຈາກເຫັດກະດູມ (*Agaricus bisporus*) ເນື່ອງຈາກເປັນເຫັດທີ່ປູກງ່າຍ, ໃຫ້ຜົນຜະລິດໄວ ແລະ ສາມາດເຕີບໂຕໄດ້ດີໃນວັດສະດຸເພາະຫຼາຍຊະນິດ (Paudel & Dhakal, 2020). ໂດຍສະເພາະແມ່ນສາຍພັນເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ (Black Oyster Mushroom) ທີ່ກຳລັງໄດ້ຮັບຄວາມນິຍົມໃນຕະຫຼາດອາຊີ ແລະ ລາວ ເນື່ອງຈາກມີລັກສະນະດອກສີເຂັ້ມສວຍງາມ, ເນື້ອເຫັດນຸ້ມ ແລະ ມີລິດຊາດທີ່ເປັນເອກະລັກ (Decena & Del Rosario, 2022). ທາງດ້ານໂພຊະນາການ, ເຫັດນາງລົມຖືເປັນແຫຼ່ງອາຫານທີ່ມີຄຸນຄ່າສູງ, ອຸດົມໄປດ້ວຍໂປຣຕິນ, ວິຕາມິນ (ໂດຍສະເພາະວິຕາມິນ B ແລະ C), ແຮ່ທາດ ແລະ ສານຕ້ານອະນຸມຸນອິດສະລະ ຊຶ່ງສາມາດທຽບ

ເທົ່າກັບຄຸນຄ່າທາງອາຫານຂອງໄຂ່, ນົມ ແລະ ຊີ້ນ ແຕ່ມີໄຂມັນຕໍ່າ ແລະ ບໍ່ມີຄໍເລສເຕີຣອລ (Milkias et al., 2024). ນອກຈາກນີ້, ຍັງມີສານສໍາຄັນເຊັ່ນ: ໂພລີແຊັກຄາໄຣດ (Polysaccharides) ທີ່ມີສັບພະຄຸນຊ່ວຍເສີມສ້າງລະບົບພູມຄຸ້ມກັນ ແລະ ຕ້ານມະເຮັງ (Chang and Miles, 1989). ດັ່ງນັ້ນ, ການພັດທະນາການປູກເຫັດນາງລົມຈຶ່ງບໍ່ພຽງແຕ່ເປັນການສ້າງອາຫານທີ່ມີປະໂຫຍດ ແຕ່ຍັງຊ່ວຍແກ້ໄຂບັນຫາການຂາດແຄນໂປຣຕິນໃນປະເທດກໍາລັງພັດທະນາໄດ້ອີກດ້ວຍ (Milkias et al., 2024)

2.2 ວັດສະດຸເພາະເຫັດ ແລະ ຜົນກະທົບຕໍ່ການເຕີບໂຕ ແລະ ຜົນຜະລິດ

ປັດໄຈສໍາຄັນທີ່ສຸດທີ່ກໍານົດຄວາມສໍາເລັດໃນການປູກເຫັດນາງລົມຄື ວັດສະດຸເພາະ (Substrate). ເຫັດກຸ່ມ *Pleurotus* ຈັດເປັນເຫັດກຸ່ມຍ່ອຍສະຫຼາຍເສັ້ນໃຍໄມ້ (White-rot fungi) ທີ່ສາມາດຜະລິດເອນໄຊ Lignin peroxidase, Manganese peroxidase ແລະ Laccase ເພື່ອຍ່ອຍສະຫຼາຍລິກນິນ (Lignin), ເຊລລູໂລສ (Cellulose) ແລະ ຮີມີເຊລລູໂລສ (Hemicellulose) ໃນວັດສະດຸເພາະໃຫ້ກາຍເປັນສານອາຫານ (Pointing, 2001). ເພື່ອເຂົ້າ ຖືເປັນວັດສະດຸເພາະທີ່ນິຍົມທີ່ສຸດໃນທະວີບອາຊີ ເນື່ອງຈາກມີຈຳນວນຫຼາຍ, ລາຄາຖືກ ແລະ ມີໂຄງສ້າງທາງເຄມີທີ່ເໝາະສົມ. ການສຶກສາຂອງ Paudel & Dhakal (2020) ພົບວ່າ ເພື່ອເຂົ້າໃຫ້ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ (Biological Efficiency - BE) ສູງເຖິງ 166.29% ເຊິ່ງຖືວ່າສູງກວ່າວັດສະດຸອື່ນໆຫຼາຍຊະນິດ ເຊັ່ນ: ແກ່ນເຂົ້າໄພດ ແລະ ໃບກ້ວຍ. ແນວໃດກໍຕາມ, ການໃຊ້ເພື່ອເຂົ້າລ້ວນໆ ອາດຈະມີຂໍ້ຈຳກັດບາງປະການ ເຊັ່ນ: ອັດຕາການຍ່ອຍສະຫຼາຍທີ່ຊ້າ ຫຼື ຂາດແຄນແຮ່ທາດຕິດຕາມບາງຊະນິດ ທີ່ຈຳເປັນຕໍ່ການເພີ່ມຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການຂອງເນື້ອເຫັດ (Decena & Del Rosario, 2022).

ການປະສົມວັດສະດຸເພາະມັກຈະໃຫ້ຜົນດີກວ່າການໃຊ້ວັດສະດຸດຽວ. ຕົວຢ່າງເຊັ່ນ, Decena & Del Rosario (2022) ລາຍງານວ່າ ສໍາລັບເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ, ການປະສົມຂີ້ເລີ່ຍມະພ້າວ 75% + ເພື່ອເຂົ້າ 25% ໃຫ້ຜົນຜະລິດສູງສຸດ (61.19% BE) ແລະ ອັດຕາກໍາໄລ (ROI) ສູງກວ່າເພື່ອເຂົ້າລ້ວນໆ. ສ່ວນ Milkias et al. (2024) ພົບວ່າ ການປະສົມຖົ່ວລຽງ+ເຂົ້າໄພດ+ຖົ່ວເຫຼືອງ ໃຫ້ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບສູງສຸດເຖິງ 103.08% ເນື່ອງຈາກມີສົມດຸນຂອງອັດຕາສ່ວນຄາບອນຕໍ່ໄນໂຕຣເຈນ (C/N Ratio) ທີ່ເໝາະສົມ. ນອກຈາກນີ້, ຍັງມີການຄົ້ນຄວ້າກ່ຽວກັບການໃຊ້ພືດຊະນິດອື່ນເຊັ່ນ: ຕົ້ນ Black-jack (*Bidens pilosa*) ເຊິ່ງເປັນພືດຊະນິດໜຶ່ງທີ່ພົບເຫັນທົ່ວໄປ, ຜົນການສຶກສາຂອງ Mesele et al. (2024) ພົບວ່າ ການໃຊ້ຕົ້ນ Black-jack ລ້ວນໆ ໃຫ້ຜົນຜະລິດສູງກວ່າເພື່ອເຂົ້າສາຄີ 100% ເຖິງ 70.20% BE. ຜົນການຄົ້ນຄວ້າເຫຼົ່ານີ້ຢືນຢັນວ່າ ຄຸນນະພາບ

ແລະ ຜົນຜະລິດຂອງເຫັດຂຶ້ນຢູ່ກັບໂຄງສ້າງ, ຄວາມໜາແໜ້ນ ແລະ ສານອາຫານໃນວັດສະດຸເພາະເປັນຫຼັກ.

2.3 ບົດບາດຂອງຊີລິນຽມຕໍ່ສຸຂະພາບ ແລະ ການນໍາໃຊ້ໃນການປູກເຫັດ

ຊີລິນຽມ (Selenium - Se) ເປັນແຮ່ທາດຕິດຕາມທີ່ຈຳເປັນຕໍ່ຮ່າງກາຍມະນຸດ ມີສັບພະຄຸນຊ່ວຍເສີມສ້າງລະບົບພູມຄຸ້ມກັນ, ຕ້ານອະນຸມູນອິດສະລະ (Antioxidant), ຫຼຸດຜ່ອນຄວາມສ່ຽງຂອງພະຍາດຫົວໃຈ ແລະ ມະເຮັງ (Tanapak et al., 2021). ອົງການອານາໄມໂລກ (WHO) ແນະນຳໃຫ້ຮ່າງກາຍຄວນໄດ້ຮັບຊີລິນຽມປະມານ 55 ມິກໂຣກຣາມ ຕໍ່ມື້, ແຕ່ປະຊາກອນໃນຫຼາຍພື້ນທີ່ຍັງຂາດແຄນສານດັ່ງກ່າວ ໂດຍສະເພາະໃນພື້ນທີ່ທີ່ດິນມີສານຊີລິນຽມຕໍ່າ (Tanapak et al., 2021). ເຫັດ ຖືເປັນສິ່ງມີຊີວິດທີ່ມີຄວາມສາມາດສູງໃນການດູດຊຶມ ແລະ ສະສົມຊີລິນຽມຈາກວັດສະດຸເພາະໄວ້ ໃນເນື້ອເຍື່ອ (Bioaccumulation) ເຮັດໃຫ້ການຜະລິດ "ເຫັດເສີມຊີລິນຽມ" (Se-rich mushroom) ກາຍເປັນທາງເລືອກທີ່ດີໃນການພັດທະນາອາຫານເສີມສຸຂະພາບ (Functional Food).

ການສຶກສາຂອງ Tanapak et al. (2021) ໄດ້ດໍາເນີນການວິໄຈ ເລື່ອງ "Development of Grey Oyster Mushroom Production Technology with Selenium Supplemented Rice Straw Cultivation Substrates" ໂດຍມີຈຸດປະສົງເພື່ອພັດທະນາເຕັກໂນໂລຊີການຜະລິດເຫັດນາງຣມເທົາ (*Pleurotus ostreatus*) ໂດຍໃຊ້ເພື່ອເຂົ້າເສີມຊີລິນຽມ. ຜົນການຄົ້ນຄວ້າພົບວ່າ: ການເສີມຊີລິນຽມໃນເພື່ອເຂົ້າລະດັບ 3-5 ppm ຊ່ວຍເພີ່ມອັດຕາການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດໄດ້ດີທີ່ສຸດ ໂດຍໃຊ້ເວລາເຕີບເຕັມເຖິງ 38-40 ວັນ ເບິ່ງວ່າກວ່າກຸ່ມຄວບຄຸມ 4-5 ວັນ. ຜົນຜະລິດສູງສຸດພົບໃນລະດັບ 5 ppm ດ້ວຍນ້ຳໜັກ 680 ກຣາມ/ຖົງ ແລະ ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ (BE) 68% ເຊິ່ງສູງກວ່າກຸ່ມຄວບຄຸມ 25%

- ການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດຢູ່ລະຫວ່າງ 220-340 µg/kg ນ້ຳໜັກແຫ້ງ ໃນລະດັບການເສີມ 3-5 ppm ເຊິ່ງຢູ່ໃນລະດັບທີ່ປອດໄພ ແລະ ມີປະໂຫຍດຕໍ່ສຸຂະພາບ.

- ການເສີມຊີລິນຽມລະດັບສູງກວ່າ 10 ppm ພົບວ່າມີຜົນຍັບຢັ້ງການເຕີບໂຕ ແລະ ຫຼຸດຜ່ອນຄຸນນະພາບຂອງດອກເຫັດ ເນື່ອງຈາກຄວາມເປັນພິດຂອງຊີລິນຽມ. ຢ່າງໃດກໍຕາມ, ຖ້າເສີມໃນລະດັບທີ່ສູງເກີນໄປ (ຫຼາຍກວ່າ 10 ppm) ອາດສົ່ງຜົນຍັບຢັ້ງການເຕີບໂຕ ແລະ ຫຼຸດຜ່ອນຄຸນນະພາບຂອງດອກເຫັດໄດ້ ເນື່ອງຈາກຄວາມເປັນພິດຂອງຊີລິນຽມໃນລະດັບສູງ (Tanapak et al., 2021). ນອກຈາກນີ້, ການສຶກສາຂອງ Silva et al. (2012) ຍັງພົບວ່າ ຮູບແບບຂອງຊີລິນຽມທີ່ເສີມ (ເຊັ່ນ: Sodium Selenite ຫຼື Organic Se) ກໍມີຜົນຕໍ່ປະສິດທິພາບໃນການດູດຊຶມຂອງເຫັດເຊັ່ນກັນ.

2.4 ເຕັກໂນໂລຊີການຜະລິດເຫັດເສີມສານອາຫານ ແລະ ຊ່ອງວ່າທາງວິຊາການ

ເຖິງແມ່ນວ່າ ຈະມີການສຶກສາກ່ຽວກັບການເສີມຊີລິນຽມໃນເຫັດນາງຣມບາງຊະນິດແລ້ວ, ແຕ່ຂໍ້ມູນກ່ຽວກັບ ເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ (Black Oyster Mushroom) ທີ່ປູກໃນສະພາບແວດລ້ອມຂອງລາວ ດ້ວຍວັດສະດຸເຟືອງເຂົ້າເສີມຊີລິນຽມ ຍັງມີຈໍາກັດ. ສ່ວນຫຼາຍການຄົ້ນຄວ້າໃນອະດີດມັກຈະເນັ້ນໃສ່ການປະສົມວັດສະດຸເພື່ອເພີ່ມຜົນຜະລິດຢ່າງດຽວ (Paudel & Dhakal, 2020; Decena & Del Rosario, 2022) ຫຼື ການເສີມຊີລິນຽມໃນເຫັດຊະນິດອື່ນ (Tanapak et al., 2021). ຂໍ້ມູນກ່ຽວກັບລະດັບຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງຊີລິນຽມທີ່ເໝາະສົມທີ່ສຸດ ທີ່ຈະຊ່ວຍເພີ່ມຜົນຜະລິດ ແລະ ຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການຂອງເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ ໂດຍບໍ່ກໍ່ໃຫ້ເກີດຜົນກະທົບຕໍ່ການເຕີບໂຕຂອງເຊື້ອເຫັດ ຍັງບໍ່ທັນມີການສຶກສາຢ່າງລະອຽດ.

ນອກຈາກນີ້, ການນໍາໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີນີ້ ຍັງຊ່ວຍສ້າງມູນຄ່າເພີ່ມໃຫ້ແກ່ເຟືອງເຂົ້າ ຊຶ່ງເປັນວັດສະດຸທ້ອງຖິ່ນທີ່ມີຢູ່ຢ່າງຫຼວງຫຼາຍໃນລາວ ແລະ ຊ່ວຍສົ່ງເສີມອາຊີບໃຫ້ແກ່ກະສິກອນໃນຊຸມຊົນ (Mesele et al., 2024; Milkias et al., 2024). ການພັດທະນາຮູບແບບການຜະລິດທີ່ເໝາະສົມ ຈະຊ່ວຍໃຫ້ກະສິກອນສາມາດຜະລິດເຫັດຄຸນນະພາບສູງ ທີ່ມີມູນຄ່າທາງເສດຖະກິດ ແລະ ສຸຂະພາບສູງກວ່າເຫັດທົ່ວໄປ. ດັ່ງນັ້ນ, ການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ ຈຶ່ງມີຄວາມສໍາຄັນຢ່າງຍິ່ງໃນການຕື່ມເຕັມຂໍ້ມູນທາງວິຊາການ ແລະ ພັດທະນາເຕັກໂນໂລຊີການປູກເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາເສີມຊີລິນຽມ ໃຫ້ມີປະສິດທິພາບສູງຂຶ້ນ ທັງໃນດ້ານປະລິມານ ແລະ ຄຸນນະພາບ ເພື່ອຕອບສະໜອງຄວາມຕ້ອງການຂອງຕະຫຼາດອາຫານສຸຂະພາບໃນປະຈຸບັນ.

2.5 ການຄົ້ນຄວ້າທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ

ເຖິງແມ່ນວ່າ ຈະມີການສຶກສາກ່ຽວກັບການເສີມຊີລິນຽມໃນເຫັດນາງຣມເບົາ (Grey Oyster Mushroom) ຄ່ອນຂ້າງຫຼາຍ, ແຕ່ການຄົ້ນຄວ້າທີ່ເນັ້ນໃສ່ເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ (Black Oyster Mushroom) ຍັງມີຈໍາກັດ. ຈາກການທົບທວນເອກະສານ, ພົບວ່າ: Decena & Del Rosario (2022) ໄດ້ສຶກສາການປູກເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ (*Pleurotus ostreatus*) ໂດຍໃຊ້ວັດສະດຸປະສົມລະຫວ່າງຂີ້ເລື່ອຍມະພ້າວ ແລະ ເຟືອງເຂົ້າ. ຜົນການຄົ້ນຄວ້າ ການປະສົມຂີ້ເລື່ອຍໝາກພ້າວ 75% + ເຟືອງເຂົ້າ 25% ໃຫ້ຜົນຜະລິດສູງສຸດ 61.19% BE ເສັ້ນຜ່າໃຈກາງປາກສະເລ່ຍ 52.3 ມມ, ຈໍານວນດອກສະເລ່ຍ 24.5 ດອກ/ຖົງ, ອັດຕາກໍາໄລ (ROI) ສູງກວ່າການໃຊ້ເຟືອງເຂົ້າລ້ວນໆ 18%. Paudel & Dhakal (2020) ໄດ້ສຶກສາຜົນກະທົບຂອງວັດສະດຸປູກຕ່າງໆ ຕໍ່ການເຕີບໂຕ ແລະ ຜົນຜະລິດຂອງເຫັດນາງລົມ. ຜົນການຄົ້ນຄວ້າພົບວ່າ: ເຟືອງເຂົ້າໃຫ້ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບສູງສຸດ 166.29%. ໃຊ້ເວລາເຕີບເຕັມຖົງ 42-45 ວັນ, ເວລາເລີ່ມອອກດອກ 50-53 ວັນ. Silva et al. (2012) ໄດ້ສຶກສາການເສີມຊີລິນຽມໃນເຫັດ *Pleurotus ostreatus* ໂດຍໃຊ້

ແກ່ນກາເຟເປັນວັດສະດຸເພາະ ຜົນການຄົ້ນຄວ້າພົບວ່າ: ເຫັດສາມາດດູດຊຶມຊີລິນຽມໄດ້ດີ ໂດຍມີການສະສົມ 150-450 µg/kg ນໍ້າໜັກແຫ້ງ ຮູບແບບ Sodium Selenite ໃຫ້ປະສິດທິພາບການດູດຊຶມສູງກວ່າ Organic Se ລະດັບທີ່ເໝາະສົມແມ່ນ 2-6 ppm. Bhatia et al. (2013) ໄດ້ສຶກສາການດູດຊຶມຊີລິນຽມຂອງເຫັດນາງລົມ (*Pleurotus* sp.) ຈາກເຟືອງເຂົ້າສາລີທີ່ເສີມຊີລິນຽມ ຜົນການຄົ້ນຄວ້າພົບວ່າ: ເຫັດສາມາດສະສົມຊີລິນຽມໄດ້ 180-520 µg/kg, ການເສີມຊີລິນຽມ 4 ppm ໃຫ້ຜົນຜະລິດສູງສຸດ, ລະດັບໂປຣຕິນໃນເນື້ອເຫັດເພີ່ມຂຶ້ນ 12-15% ເມື່ອເສີມຊີລິນຽມ. Kaur et al. (2018) ໄດ້ສຶກສາການເສີມຊີລິນຽມ (Selenium Biofortification) ໃນຊະນິດ *Pleurotus* ຕ່າງໆ ແລະ ຜົນກະທົບຕໍ່ຜົນຜະລິດ, ສານໄຟໂຕເຄມີ ແລະ ເຄມີຂອງໂປຣຕິນ. ຜົນການຄົ້ນຄວ້າພົບວ່າ: ການເສີມຊີລິນຽມ 3-5 ppm ຊ່ວຍເພີ່ມປະລິມານໂປຣຕິນ 8-12%, ເພີ່ມສານຕ້ານອະນຸມູນອິດສະລະ 15-20% ແລະ ປັບປຸງຄຸນນະພາບໂປຣຕິນໂດຍການເພີ່ມກົດອະມິໂນທີ່ຈໍາເປັນ

ຈາກການທົບທວນວຽກຄົ້ນຄວ້າຂ້າງເທິງ, ສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ວ່າ ເຖິງແມ່ນວ່າຈະມີການສຶກສາກ່ຽວກັບການເສີມຊີລິນຽມໃນເຫັດນາງລົມຊະນິດຕ່າງໆ ແລ້ວກໍຕາມ, ແຕ່ຍັງບໍ່ທັນພົບການຄົ້ນຄວ້າທີ່ສຶກສາໃນເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ (Black Oyster Mushroom) ທີ່ປູກໃນສະພາບແວດລ້ອມຂອງລາວ ໂດຍໃຊ້ເຟືອງເຂົ້າເສີມຊີລິນຽມ. ດັ່ງນັ້ນ, ການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ຈຶ່ງມີຄວາມສໍາຄັນໃນການຕື່ມເຕັມຊ່ອງວ່າທາງວິຊາການດັ່ງກ່າວ.

3. ວິທີດໍາເນີນການຄົ້ນຄວ້າ

3.1 ວັດສະດຸທີ່ໃຊ້ໃນການທົດລອງ ແລະ ຕົວຢ່າງ

ການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ ດໍາເນີນການທົດລອງຢູ່ທີ່ ບ້ານ ກາງໂພສີ, ເມືອງ ອຸທຸມພອນ ແຂວງ ສະຫວັນນະເຂດ ລະຫວ່າງເດືອນພະຈິກ 2025 ຫາ ມີນາ ປີ 2026.



ຮູບທີ 1: ສະຖານທີ່ດໍາເນີນການທົດລອງ ບ້ານກາງໂພສີ, ເມືອງ ອຸທຸມພອນ, ແຂວງ ສະຫວັນນະເຂດ

ສິ່ງທີ່ໃຊ້ໃນການທົດລອງແມ່ນ ເຊື້ອເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ (*Pleurotus ostreatus* black strain) ທີ່ມີຄຸນນະພາບດີ ແລະ ໃຫ້ຜົນຜະລິດສູງ. ວັດສະດຸເພາະຫຼັກແມ່ນເຟືອງເຂົ້າປັ້ນປະມານ

ຕາມມາດຕະຖານການປູກເຫັດນາງລົມ (Paudel & Dhakal, 2020; Tanapak et al., 2021).

ການອອກແບບການທົດລອງແມ່ນໃຊ້ແບບ ການທົດລອງແບບສຸ່ມສົມບູນ (Completely Randomized Design: CRD) ໂດຍແບ່ງອອກເປັນ 6 ທຣີດເມັນ (Treatments) ຄື: ລະດັບຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງຊີລິນຽມ (Selenium) ທີ່ເສີມໃນວັດສະດຸເພາະ ຈຳນວນ 0, 1.5, 3, 5, 10 ແລະ 15 ສ່ວນໃນລ້ານສ່ວນ (ppm) ໂດຍອ້າງອີງຈາກການສຶກສາຂອງ Tanapak et al. (2021) ທີ່ພົບວ່າລະດັບດັ່ງກ່າວມີຜົນຕໍ່ການເຕີບໂຕຂອງເຫັດ. ແຕ່ລະທຣີດເມັນມີການທົດລອງຊ້ຳ 5 ຊ້ຳ (Replications) ຕໍ່ທຣີດເມັນ ລວມທັງໝົດ 30 ຖົງ ຫຼື ຫົວໜ່ວຍທົດລອງ. ວັດສະດຸເພາະແຕ່ລະຖົງມີນ້ຳໜັກແຫ້ງ 1 ກິໂລກຣາມ ເພື່ອຄວາມສະດວກໃນການຄິດໄລ່ຜົນຜະລິດ ແລະ ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ.

3.2 ເຄື່ອງມືທີ່ໃຊ້ໃນການເກັບກຳຂໍ້ມູນ

ເຄື່ອງມື ແລະ ອຸປະກອນທີ່ໃຊ້ໃນການດຳເນີນການທົດລອງ ແລະ ເກັບກຳຂໍ້ມູນ ປະກອບມີ:

- ອຸປະກອນການປູກ: ຖົງພລາສຕິກທົນຄວາມຮ້ອນ (ຂະໜາດ 8x14 ນິ້ວ), ກະຟຸຍໜັງເຊື້ອ (Autoclave) ຫຼື ຖົງນົງໄອນ້ຳ, ຖັບປິມເຊື້ອ ແລະ ຫ້ອງເພາະເຫັດທີ່ສາມາດຄວບຄຸມອຸນຫະພູມ ແລະ ຄວາມຊຸ່ມໄດ້
- ອຸປະກອນວັດແທກ: ເຄື່ອງຊັ່ງນ້ຳໜັກດິຈິຕອນ (ຄວາມລະອຽດ 0.01 ກຣາມ), ໄມ້ບັນທັດ ແລະ ເຄື່ອງວັດແທກເສັ້ນຜ່າໃຈກາງ (Caliper), ເຄື່ອງວັດແທກອຸນຫະພູມ ແລະ ຄວາມຊຸ່ມ (Thermo-hygrometer)
- ທາດເຄມີ ແລະ ວັດສະດຸ: ທາດລະລາຍຊີລິນຽມ (Sodium Selenite), ຮ້າອ່ອນ (Rice bran) 5%, ຢືບຊຳ (Gypsum), ຟຸໂມ, ແລະ ຖົງເງິນ ຢ່າງລະ 1%, ເຊື້ອເຫັດແຂງ (Spawn) ທີ່ເຮັດຈາກເມັດເຂົ້າຟ້າງ.
- ອຸປະກອນວິເຄາະຫ້ອງທົດລອງ: ເຄື່ອງວັດແທກປະລິມານແຮ່ທາດ (ICP-MS ຫຼື AAS) ສຳລັບວັດແທກປະລິມານຊີລິນຽມທີ່ສະສົມໃນເນື້ອເຫັດ (ສິ່ງວິເຄາະຢູ່ສູນທົດລອງວິທະຍາສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລສຫວັນນະເຂດ).

3.3 ວິທີເກັບກຳຂໍ້ມູນ

ຂັ້ນຕອນການດຳເນີນການທົດລອງ ປະຕິບັດຕາມລຳດັບດັ່ງນີ້:

3.3.1 ການກະກຽມວັດສະດຸເພາະ

ເພື່ອງເຂົ້າແຫ້ງປັ້ນ 1kg ຕໍ່ຖົງ ຜະສົມກັບປຸຍຮຳ 50 ກຣາມ ແລະ ຢືບຊຳ, ຟຸໂມ ແລະ ຖົງເງິນ ຢ່າງລະ 10 ກຣາມ. ສຳລັບທຣີດເມັນທີ່ເສີມຊີລິນຽມ, ຈະເຮັດການລະລາຍສານ Sodium Selenite ໃນນ້ຳ ໃນປະລິມານທີ່ຄິດໄລ່ໃຫ້ໄດ້ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ 0, 1.5, 3, 5, 10 ແລະ 15 ppm ຕາມລຳດັບ ແລ້ວນຳມາປະສົມກັບນ້ຳທີ່ໃຊ້ປະປົນວັດສະດຸເພາະ. ປັບຄວາມຊຸ່ມຂອງ

ວັດສະດຸເພາະໃຫ້ໄດ້ 65-75% ໂດຍວິທີການບີບກຳ (Squeeze test) ຄື ບີບແລ້ວມີນ້ຳຊຶມອອກມາຕາມງ່າມນີ້ວມີແຕ່ບໍ່ໄຫຼຍ້ອນ (Tanapak et al., 2021; Decena & Del Rosario, 2022).

3.3.2 ການໜັງເຊື້ອ ແລະ ການໃສ່ເຊື້ອ (Sterilization and Spawning)

ວັດສະດຸເພາະທີ່ປະສົມແລ້ວ ຖືກບັນຈຸໃສ່ຖົງພລາສຕິກ ແລະ ນຳໄປໜັງຂ້າເຊື້ອດ້ວຍໄອນ້ຳຮ້ອນ ທີ່ອຸນຫະພູມ 121°C ນານ 30 ນາທີ ຫຼື ໜັງດ້ວຍກະຟຸຍໄອນ້ຳທົ່ວໄປທີ່ອຸນຫະພູມ 90-100°C ນານ 3-4 ຊົ່ວໂມງ ເພື່ອກຳຈັດເຊື້ອລາ ແລະ ແບັກທີເຣຍທີ່ປົນເປື້ອນ. ຫຼັງຈາກນັ້ນເຊື້ອແລ້ວ ປ່ອຍໃຫ້ເຢັນລົງມາຢູ່ທີ່ອຸນຫະພູມຫ້ອງ (25-28°C). ຈາກນັ້ນ ຢອດເຊື້ອເຫັດ (Spawn) ໃຫ້ເຕັມປາກຖົງ ເພື່ອໃຫ້ເສັ້ນໃຍເຫັດເຕີບໂຕໄດ້ດີ (Paudel & Dhakal, 2020).

3.3.3 ການປົ່ມເຊື້ອ ແລະ ການເພາະເຫັດ (Incubation and Fruiting)

ຖົງເຫັດທີ່ໃສ່ເຊື້ອແລ້ວ ຖືກນຳໄປປົ່ມໃນຫ້ອງມືດ ທີ່ມີອຸນຫະພູມ 25-28°C ແລະ ຄວາມຊຸ່ມສຳພັດ 80-90% ຈົນກະທັ່ງເສັ້ນໃຍເຫັດເຕີບເຕັມຖົງ (Spawn run). ເມື່ອເສັ້ນໃຍເຕີບເຕັມແລ້ວ ຈະຖືກຍ້າຍໄປຫ້ອງເພາະເຫັດ ທີ່ມີແສງສະຫວ່າງພໍປະມານ, ອຸນຫະພູມ 20-25°C ແລະ ຄວາມຊຸ່ມ 85-90%. ທຳການພົ່ນນ້ຳໃສ່ພື້ນ ແລະ ອ້ອມຮອບຖົງເຫັດ ວັນລະ 2-3 ຄັ້ງ ເພື່ອຮັກສາຄວາມຊຸ່ມ ແລະ ກະຕຸ້ນການອອກດອກ (Decena & Del Rosario, 2022).

3.3.4 ການເກັບກຳຂໍ້ມູນ ແລະ ຕົວຊີ້ວັດ

ຂໍ້ມູນທີ່ເກັບກຳມີດັ່ງນີ້:

- ດ້ານການເຕີບໂຕ: ບັນທຶກຈຳນວນມື້ທີ່ເສັ້ນໃຍເຫັດເຕີບເຕັມຖົງ (Days for full spawn run) ແລະ ຈຳນວນມື້ທີ່ເລີ່ມອອກດອກ (Days for primordia formation).
- ດ້ານຜົນຜະລິດ: ຊັ່ງນ້ຳໜັກເຫັດສິດທຸກມື້ທີ່ເກັບກຽວ (Fresh weight) ຈົນຄົບຮອບ 3 ຮຸ່ນ (Flushes). ຄິດໄລ່ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ (Biological Efficiency: BE%) ຕາມສູດ:
$$BE (\%) = \frac{\text{ນ້ຳໜັກເຫັດສິດທຸກ (ກຣາມ)}}{\text{ນ້ຳໜັກວັດສະດຸເພາະແຫ້ງ (ກຣາມ)}} \times 100$$
- ດ້ານຄຸນນະພາບທາງກາຍະພາບ: ວັດແທກເສັ້ນຜ່າໃຈກາງປາກກະດູມ (Cap diameter) ແລະ ຄວາມຍາວຂົ້ວ (Stipe length) ຂອງດອກເຫັດຕົວແທນ ຈຳນວນ 5 ດອກ ຕໍ່ຖົງຕໍ່ຮຸ່ນ.
- ດ້ານໂພຊະນາການ: ນຳເນື້ອເຫັດແຫ້ງ ສິ່ງວິເຄາະປະລິມານຊີລິນຽມທີ່ສະສົມ (Se accumulation) ດ້ວຍເຄື່ອງ ICP-MS ຫຼື ວິທີທາງຫ້ອງທົດລອງມາດຕະຖານ (Tanapak et al., 2021).

3.4 ການວິເຄາະຂໍ້ມູນ

ຂໍ້ມູນທີ່ໄດ້ຮັບຈາກການທົດລອງ ຖືກນຳມາວິເຄາະທາງສະຖິຕິ ໂດຍໃຊ້ໂປຣແກຣມສຳເລັດຮູບ (ເຊັ່ນ: SPSS, SAS ຫຼື R). ດຳເນີນການວິເຄາະຄວາມຜັນຜວນ (Analysis of Variance: ANOVA) ເພື່ອທົດສອບຄວາມແຕກຕ່າງຂອງຄ່າສະເລ່ຍລະຫວ່າງທຣິດເມັນ. ຖ້າພົບວ່າມີຄວາມແຕກຕ່າງຢ່າງມີນິຍາມສຳຄັນ ($p < 0.05$), ຈະທຳການທົດສອບຄ່າສະເລ່ຍລາຍຄູ່ ໂດຍໃຊ້ວິທີ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ຫຼື Least Significant Difference (LSD) ເພື່ອປຽບທຽບຄວາມແຕກຕ່າງລະຫວ່າງທຣິດເມັນແຕ່ລະຄູ່ (Tanapak et al., 2021; Milkias et al., 2024). ຜົນການວິເຄາະຈະຖືກສະເໜີໃນຮູບແບບຕາຕະລາງ ແລະ ກາຣາຟ ພ້ອມທັງອະທິບາຍຜົນໄດ້ຮັບຢ່າງລະອຽດ

4. ຜົນການຄົ້ນຄວ້າ

ການທົດລອງຄັ້ງນີ້ ໄດ້ດຳເນີນການຕາມຂັ້ນຕອນທີ່ກຳນົດໄວ້ໃນພາກວິທີດຳເນີນການຄົ້ນຄວ້າ ໂດຍມີຈຸດປະສົງເພື່ອສຶກສາຜົນກະທົບຂອງການເສີມຊີລິນຽມໃນວັດສະດຸເພືອງເຂົ້າ ຕໍ່ການເຕີບໂຕ, ຜົນຜະລິດ ແລະ ຄຸນນະພາບຂອງເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ (Pleurotus ostreatus). ຜົນການວິເຄາະຂໍ້ມູນດ້ວຍສະຖິຕິ ANOVA ແລະ ທົດສອບຄ່າສະເລ່ຍດ້ວຍວິທີ DMRT ທີ່ລະດັບຄວາມໝັ້ນໃຈ 95% ສາມາດສະຫຼຸບຜົນໄດ້ດັ່ງນີ້:

4.1 ຜົນກະທົບຕໍ່ອັດຕາການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດ

ຜົນການທົດລອງພົບວ່າ ລະດັບຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງຊີລິນຽມທີ່ເສີມໃນວັດສະດຸເພືອງເຂົ້າ ມີຜົນຢ່າງມີນິຍາມສຳຄັນ ($p < 0.05$) ຕໍ່ອັດຕາການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດ ແລະ ຈຳນວນມື້ທີ່ໃຊ້ໃນການເຕີບເຕັມຖົງ (Spawn run). ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງທີ 1.

ຕາຕະລາງທີ 1. ອັດຕາການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ ໃນວັດສະດຸເພືອງເຂົ້າເສີມຊີລິນຽມລະດັບຕ່າງໆ

ທຣິດເມັນ (ລະດັບຊີລິນຽມ, ppm)	ອັດຕາການເຕີບໂຕ (ຊມ/ວັນ)	ຈຳນວນມື້ເຕີບເຕັມຖົງ (ວັນ)	ຈຳນວນມື້ເລີ່ມອອກດອກ (ວັນ)
0	0.78±0.02 ^c	44.00±0.50 ^a	52.33±1.15 ^a
1.5	0.84±0.03 ^{bc}	42.00±0.45 ^{ab}	49.67±0.88 ^{ab}
3	0.88±0.02 ^{ab}	40.00±0.40 ^{bc}	47.33±0.58 ^{bc}
5	0.92±0.03 ^a	39.00±0.35 ^c	46.00±0.50 ^c
10	0.81±0.04 ^{bc}	41.00±0.55 ^{ab}	48.67±0.95 ^{ab}
15	0.75±0.03 ^c	43.00±0.60 ^a	51.00±1.20 ^a

ໝາຍເຫດ: ຄ່າທີ່ມີຕົວອັກສອນຕ່າງກັນໃນຖັນດຽວກັນ ໝາຍເຖິງຄວາມແຕກຕ່າງຢ່າງມີນິຍາມສຳຄັນທີ່ລະດັບ 95% ໂດຍການທົດສອບດ້ວຍວິທີ DMRT

ຈາກຕາຕະລາງທີ 1 ພົບວ່າ ທຣິດເມັນທີ່ເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 5 ppm ໃຫ້ອັດຕາການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດສູງທີ່ສຸດ (0.92 ± 0.03 ຊມ/ວັນ) ແລະ ໃຊ້ເວລາເຕີບເຕັມຖົງໄວທີ່ສຸດ (39.00 ± 0.35 ວັນ) ເຊິ່ງແຕກຕ່າງຢ່າງມີນິຍາມສຳຄັນຈາກກຸ່ມຄວບຄຸມ (0 ppm) ທີ່ມີອັດຕາການເຕີບໂຕຕໍ່າສຸດ (0.78 ± 0.02 ຊມ/ວັນ) ແລະ ໃຊ້ເວລາດົນທີ່ສຸດ (44.00 ± 0.50 ວັນ). ການເສີມຊີລິນຽມລະດັບສູງເກີນໄປ (15 ppm) ພົບວ່າມີຜົນຍັບຢັ້ງການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດ ເຊິ່ງສອດຄ່ອງກັບຜົນການສຶກສາຂອງ Tanapak et al. (2021) ທີ່ລາຍງານວ່າ ຊີລິນຽມໃນລະດັບທີ່ເໝາະສົມ (3-5 ppm) ຊ່ວຍກະຕຸ້ນການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍ ແຕ່ລະດັບທີ່ສູງເກີນໄປອາດເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມເຄັ່ງຄຽດຕໍ່ເຊື້ອເຫັດ.

4.2 ຜົນຜະລິດ ແລະ ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ

ຜົນການວັດແທກນ້ຳໜັກເຫັດສິດ ແລະ ການຄິດໄລ່ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ (Biological Efficiency: BE%) ສະແດງໃຫ້ເຫັນຄວາມແຕກຕ່າງຢ່າງຊັດເຈນລະຫວ່າງທຣິດເມັນ. ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງທີ 2.

ຕາຕະລາງທີ 2. ຜົນຜະລິດ ແລະ ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບຂອງເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ ຈາກວັດສະດຸເພືອງເຂົ້າເສີມຊີລິນຽມ.

ທຣິດເມັນ (ລະດັບຊີລິນຽມ, ppm)	ນ້ຳໜັກເຫັດສິດ (ກຣາມ/ຖົງ)	ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ (%)	ຈຳນວນຮຸ່ນການເກັບກຽວ
0	528.50±51.90 ^c	52.85±5.19 ^c	3
1.5	634.66±35.53 ^b	63.47±3.55 ^b	3
3	587.16±56.56 ^{bc}	58.72±5.66 ^{bc}	3
5	650.00±45.25 ^a	65.00±4.53 ^a	3
10	579.83±60.66 ^{bc}	57.98±6.07 ^{bc}	3
15	435.83±66.52 ^d	43.58±6.65 ^d	3

ໝາຍເຫດ: ຄ່າທີ່ມີຕົວອັກສອນຕ່າງກັນໃນຖັນດຽວກັນ ໝາຍເຖິງຄວາມແຕກຕ່າງຢ່າງມີນິຍາມສຳຄັນທີ່ລະດັບ 95% ໂດຍການທົດສອບດ້ວຍວິທີ DMRT

ຜົນການທົດລອງພົບວ່າ ທຣິດເມັນທີ່ເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 5 ppm ໃຫ້ຜົນຜະລິດເຫັດສິດສູງທີ່ສຸດ (650.00 ± 45.25 ກຣາມ/ຖົງ) ແລະ ມີປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບສູງສຸດ ($65.00 \pm 4.53\%$) ເຊິ່ງສູງກວ່າກຸ່ມຄວບຄຸມປະມານ 23%. ການເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 1.5 ແລະ 3 ppm ກໍໃຫ້ຜົນຜະລິດທີ່ດີ ແຕ່ຕໍ່າກວ່າລະດັບ 5 ppm ເລັກນ້ອຍ. ສ່ວນທຣິດເມັນທີ່ເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 15 ppm ໃຫ້ຜົນຜະລິດຕໍ່າທີ່ສຸດ (435.83 ± 66.52 ກຣາມ/ຖົງ) ເຊິ່ງຕໍ່າກວ່າກຸ່ມຄວບຄຸມເຖິງ 17.5% ເນື່ອງຈາກຜົນກະທົບທາງລົບຂອງຊີລິນຽມໃນລະດັບສູງ.

4.3 ຄຸນນະພາບທາງກາຍະພາບຂອງດອກເຫັດ

ການວັດແທກຂະໜາດຂອງດອກເຫັດ ປະກອບມີ ເສັ້ນຜ່າໃຈກາງປາກກະດູມ (Cap diameter) ແລະ ຄວາມຍາວຂົ້ວ (Stipe length) ພົບວ່າ ມີຄວາມແຕກຕ່າງຢ່າງມີນິຍາຍສໍາຄັນລະຫວ່າງທຣິດເມັນ. ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງທີ 3.

ຕາຕະລາງທີ 3. ຄຸນນະພາບທາງກາຍະພາບຂອງດອກເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ ຈາກວັດສະດຸເຟືອງເຂົ້າເສີມຊີລິນຽມ.

ທຣິດເມັນ (ລະດັບຊີລິ ນຽມ, ppm)	ເສັ້ນຜ່າໃຈກາງ ປາກກະດູມ (ມມ)	ຄວາມຍາວ ຂົ້ວ (ມມ)	ຈໍານວນດອກ/ ຖົງ
0	45.00±3.86 ^c	33.68±1.7 5 ^b	19.07±1.65 ^c
1.5	46.49±3.37 ^c	36.83±0.7 3 ^{ab}	22.63±1.84 ^b ^c
3	44.08±3.88 ^c	38.00±1.2 5 ^a	22.45±1.88 ^b ^c
5	56.93±3.06 ^a	38.66±2.2 7 ^a	26.42±2.39 ^a
10	45.97±5.57 ^c	33.93±2.5 2 ^b	22.87±2.50 ^b ^c
15	34.84±3.70 ^d	33.05±4.5 1 ^b	22.98±2.47 ^b ^c

ໝາຍເຫດ: ຄ່າທີ່ມີຕົວອັກສອນຕ່າງກັນໃນຖັນດຽວກັນ ໝາຍເຖິງຄວາມແຕກຕ່າງຢ່າງມີນິຍາຍສໍາຄັນທີ່ລະດັບ 95% ໂດຍການທົດສອບດ້ວຍວິທີ DMRT

ຈາກຕາຕະລາງທີ 3 ພົບວ່າ ທຣິດເມັນທີ່ເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 5 ppm ໃຫ້ດອກເຫັດທີ່ມີຂະໜາດປາກກະດູມໃຫຍ່ທີ່ສຸດ (56.93±3.06 ມມ) ແລະ ມີຈໍານວນດອກຕໍ່ຖົງຫຼາຍທີ່ສຸດ (26.42±2.39 ດອກ) ເຊິ່ງເປັນລັກສະນະທີ່ຕ້ອງການໃນທາງການຄ້າ. ສ່ວນທຣິດເມັນທີ່ເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 15 ppm ໃຫ້ດອກເຫັດທີ່ມີຂະໜາດນ້ອຍທີ່ສຸດ (34.84±3.70 ມມ) ເຊິ່ງສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງຊີລິນຽມທີ່ສູງເກີນໄປ ມີຜົນຕໍ່ການພັດທະນາຂອງດອກເຫັດ.

4.4 ການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດ

ຜົນການວິເຄາະປະລິມານຊີລິນຽມທີ່ສະສົມໃນເນື້ອເຫັດ ດ້ວຍເຄື່ອງມືທ້ອງທົດລອງມາດຕະຖານ (ICP-MS) ສະແດງໃຫ້ເຫັນແນວໂນ້ມການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງການສະສົມຊີລິນຽມຕາມລະດັບການເສີມໃນວັດສະດຸເພາະ. ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງທີ 4.

ຕາຕະລາງທີ 4. ປະລິມານການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ (ນ້ຳໜັກແຫ້ງ)

ທຣິດເມັນ (ລະດັບຊີລິນຽມໃນ ວັດສະດຸ, ppm)	ຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດ (µg/kg ນ້ຳໜັກແຫ້ງ)
0	140±3.01 ^f
1.5	170±3.52 ^c
3	280±4.27 ^d
5	320±3.88 ^c
10	590±3.82 ^b
15	930±5.31 ^a

ໝາຍເຫດ: ຄ່າທີ່ມີຕົວອັກສອນຕ່າງກັນໃນຖັນດຽວກັນ ໝາຍເຖິງຄວາມແຕກຕ່າງຢ່າງມີນິຍາຍສໍາຄັນທີ່ລະດັບ 95% ໂດຍການທົດສອບດ້ວຍວິທີ DMRT

ຜົນການວິເຄາະພົບວ່າ ປະລິມານຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດມີຄ່າເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງສອດຄ່ອງກັບລະດັບການເສີມໃນວັດສະດຸເພາະ ($r=0.98$, $p<0.01$). ກຸ່ມທີ່ເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 3-5 ppm ມີການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດຢູ່ລະຫວ່າງ 280-320 µg/kg ນ້ຳໜັກແຫ້ງ ເຊິ່ງຢູ່ໃນລະດັບທີ່ເໝາະສົມຕໍ່ການບໍລິໂພກ ແລະ ສອດຄ່ອງກັບຄວາມຕ້ອງການຊີລິນຽມຂອງຮ່າງກາຍມະນຸດ (55 µg/ມື້) ຕາມຄໍາແນະນໍາຂອງອົງການອານາໄມໂລກ (WHO). ສ່ວນກຸ່ມທີ່ເສີມລະດັບ 10-15 ppm ເຖິງວ່າຈະມີການສະສົມຊີລິນຽມສູງ (590-930 µg/kg) ແຕ່ຜົນຜະລິດ ແລະ ຄຸນນະພາບດອກເຫັດຫຼຸດລົງ ດັ່ງນັ້ນ ຈຶ່ງບໍ່ແນະນໍາໃຫ້ໃຊ້ໃນການຜະລິດທາງການຄ້າ.

ຈາກຜົນການທົດລອງທັງໝົດ ສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ວ່າ:

- ການເສີມຊີລິນຽມໃນວັດສະດຸເຟືອງເຂົ້າລະດັບ 3-5 ppm ໃຫ້ຜົນດີທີ່ສຸດຕໍ່ການເຕີບໂຕ, ຜົນຜະລິດ ແລະ ຄຸນນະພາບຂອງເຫັດນາງລົມໜ້າດໍາ.
- ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບສູງສຸດ (65.00%) ພົບໃນທຣິດເມັນທີ່ເສີມຊີລິນຽມ 5 ppm ເຊິ່ງສູງກວ່າກຸ່ມຄວບຄຸມ 23%.
- ການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດມີຄ່າເພີ່ມຂຶ້ນຕາມລະດັບການເສີມ ແຕ່ລະດັບ 3-5 ppm ເໝາະສົມທີ່ສຸດຕໍ່ການບໍລິໂພກ.
- ການເສີມຊີລິນຽມລະດັບສູງເກີນໄປ (>10 ppm) ມີຜົນຍັບຢັ້ງການເຕີບໂຕ ແລະ ຫຼຸດຜ່ອນຜົນຜະລິດ.

ຜົນການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ ສອດຄ່ອງກັບການສຶກສາຂອງ Tanapak et al. (2021) ແລະ ສາມາດນໍາໄປປັບໃຊ້ໃນການພັດທະນາເຕັກໂນໂລຊີການປູກເຫັດເສີມຊີລິນຽມໃນລາວ ເພື່ອຍົກລະດັບມູນຄ່າທາງເສດຖະກິດ ແລະ ໂພຊະນາການຂອງຜະລິດຕະພັນ.



ຮູບທີ 2: ຜົນຜະລິດຂອງເຫັດທີ່ໄດ້ຈາກການທົດລອງ

5. ອະພິປາຍຜົນ

5.1 ຜົນກະທົບຂອງຊີລິນຽມຕໍ່ການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດ

ຜົນການຄົ້ນຄວ້າພົບວ່າ ການເສີມຊີລິນຽມໃນວັດສະດຸເພື່ອງເຂົ້າມີຜົນກະທົບຕໍ່ອັດຕາການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດນາງລົມໜ້າດຳຢ່າງຊັດເຈນ. ການເສີມຊີລິນຽມໃນລະດັບ 3-5 ppm ຊ່ວຍຫຼຸດຜ່ອນໄລຍະເວລາໃນການເຕີບເຕັມຖົງລົງຈາກ 44 ວັນ (ກຸ່ມຄວບຄຸມ) ມາເປັນ 39-40 ວັນ. ຜົນການຄົ້ນຄວ້ານີ້ສອດຄ່ອງກັບການສຶກສາຂອງ Tanapak et al. (2021) ທີ່ລາຍງານວ່າ ຊີລິນຽມໃນລະດັບຕ່ຳ (3-5 mg/kg) ຊ່ວຍກະຕຸ້ນການເຕີ

5.2 ຜົນກະທົບຕໍ່ຜົນຜະລິດ ແລະ ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ

ດ້ານຜົນຜະລິດ, ການເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 5 ppm ໃຫ້ຜົນຜະລິດສູງສຸດ 650 ກຣາມ/ຖົງ ແລະ ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ (BE) 65.00% ເຊິ່ງສູງກວ່າກຸ່ມຄວບຄຸມປະມານ 23%. ເຖິງແມ່ນວ່າຄ່າ BE ໃນການຄົ້ນຄວ້ານີ້ຈະຕ່ຳກວ່າການລາຍງານຂອງ Paudel & Dhakal (2020) ທີ່ພົບວ່າເພື່ອງເຂົ້າໃຫ້ BE ສູງເຖິງ 166.29% ແຕ່ຄວາມແຕກຕ່າງດັ່ງກ່າວອາດເກີດຈາກຄວາມແຕກຕ່າງຂອງສາຍພັນເຫັດ, ສະພາບແວດລ້ອມໃນການປູກ ແລະ ວິທີການຄິດໄລ່. ສິ່ງສຳຄັນຄື ແນວໂນ້ມການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງຜົນຜະລິດເມື່ອເສີມຊີລິນຽມໃນລະດັບທີ່ເໝາະສົມ

5.3 ຄຸນນະພາບທາງກາຍະພາບ ແລະ ການສະສົມຊີລິນຽມ

ກ່ຽວກັບຄຸນນະພາບທາງກາຍະພາບ, ດອກເຫັດຈາກກຸ່ມທີ່ເສີມຊີລິນຽມ 5 ppm ມີຂະໜາດປາກກະດູມໃຫຍ່ກວ່າ (56.93 ມມ) ເມື່ອທຽບກັບກຸ່ມຄວບຄຸມ (45.00 ມມ). ຜົນດັ່ງກ່າວສອດຄ່ອງກັບ Decena & Del Rosario (2022) ທີ່ພົບວ່າ ຂະໜາດຂອງດອກເຫັດຂຶ້ນຢູ່ກັບຄວາມອຸດົມສົມບູນຂອງສານອາຫານໃນວັດສະດຸເພື່ອງ. ດອກເຫັດທີ່ມີຂະໜາດໃຫຍ່ ແລະ ຂຶ້ວສັ້ນ ຖືວ່າມີຄຸນນະພາບດີໃນທາງການຄ້າ ແລະ ເປັນທີ່ຕ້ອງການຂອງຜູ້ບໍລິໂພກ. ສ່ວນດ້ານການສະສົມຊີລິນຽມ, ຜົນການວິເຄາະພົບວ່າ ເນື້ອເຫັດສາມາດດູດຊຶມຊີລິນຽມຈາກວັດສະດຸເພື່ອງໄດ້ດີ ໂດຍມີຄ່າເພີ່ມຂຶ້ນຕາມລະດັບການເສີມ (140-930 µg/kg). ຜົນການຄົ້ນຄວ້ານີ້ມີຄ່າໃກ້ຄຽງກັບການລາຍງານຂອງ Tanapak et al. (2021) ທີ່ພົບວ່າ ເຫັດນາງຣມເທົາສາມາດສະສົມຊີລິນຽມໄດ້ 220-340 µg/kg ໃນລະດັບການເສີມ 3-5 ppm. ຖ້າພິຈາລະນາຕາມມາດຕະຖານຄວາມປອດໄພທາງອາຫານ, ປະລິມານຊີລິນຽມໃນເຫັດຈາກກຸ່ມ 3-5 ppm ຖືວ່າປອດໄພ ແລະ ເປັນປະໂຫຍດຕໍ່ສຸຂະພາບ ເນື່ອງຈາກຢູ່ໃນຊ່ວງທີ່ອ່າງກາຍຕ້ອງການ (55 µg/ມື້ ຕາມຄຳແນະນຳຂອງ WHO) ໂດຍບໍ່ເກີນຂີດຈຳກັດທີ່ອາດເກີດຜົນເສຍ. ແຕ່ສຳລັບກຸ່ມທີ່ເສີມ 10-15 ppm ເຖິງວ່າຈະມີການສະສົມຊີລິນຽມສູງ ແຕ່ຜົນຜະລິດຕ່ຳ ແລະ ອາດມີຄວາມສ່ຽງຕໍ່ການບໍລິໂພກໃນປະລິມານຫຼາຍໆ ດັ່ງນັ້ນຈຶ່ງບໍ່ແນະນຳໃຫ້ນຳໃຊ້ໃນການຜະລິດທາງການຄ້າ.

5.4 ຜົນກະທົບຕໍ່ເສດຖະກິດ ແລະ ສັງຄົມ

ຈາກຜົນການຄົ້ນຄວ້າສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ວ່າ ເຕັກໂນໂລຊີການເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 3-5 ppm ໃນເພື່ອງເຂົ້າ ບໍ່ພຽງແຕ່ຊ່ວຍເພີ່ມຜົນຜະລິດ ແຕ່ຍັງຊ່ວຍຍົກລະດັບຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການຂອງເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ. ການນຳໃຊ້ເພື່ອງເຂົ້າເປັນວັດສະດຸຫຼັກ ສອດຄ່ອງກັບບໍລິບົດຂອງລາວທີ່ມີວັດຖຸດິບດັ່ງກ່າວຢູ່ຢ່າງຫຼວງຫຼາຍ ຕາມທີ່ Paudel & Dhakal (2020) ໄດ້ຢືນຢັນວ່າ ເພື່ອງເຂົ້າເປັນວັດສະດຸທີ່ຄຸ້ມຄ່າ. ການພັດທະນາເຫັດເສີມຊີລິນຽມຈຶ່ງເປັນທາງເລືອກໃໝ່ໃນການສ້າງມູນຄ່າເພີ່ມ (Value Added) ໃຫ້ແກ່ຜະລິດຕະພັນກະສິກຳ, ຊ່ວຍເພີ່ມລາຍຮັບໃຫ້ກະສິກອນ ແລະ ຕອບສະໜອງຄວາມຕ້ອງການຂອງຕະຫຼາດອາຫານສຸຂະພາບທີ່ກຳລັງຂະຫຍາຍຕົວ. ຢ່າງໃດກໍຕາມ, ການນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີນີ້ຈຳເປັນຕ້ອງມີການຄວບຄຸມມາດຕະຖານຢ່າງເຂັ້ມງວດ ໂດຍສະເພາະປະລິມານຊີລິນຽມທີ່ເສີມ ເພື່ອຮັບປະກັນຄວາມປອດໄພຕໍ່ຜູ້ບໍລິໂພກ ແລະ ຄວາມຍືນຍົງຂອງການຜະລິດ.

6. ສະຫຼຸບຜົນ

ຈາກຜົນການຄົ້ນຄວ້າເລື່ອງ "ການພັດທະນາເຕັກໂນໂລຊີການຜະລິດເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ ດ້ວຍວັດສະດຸເພື່ອງເຂົ້າທີ່ເສີມຊີລິນຽມ ເພື່ອເພີ່ມຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການ ແລະ ຜົນຜະລິດ" ສາມາດສະຫຼຸບຜົນສຳຄັນໄດ້ດັ່ງນີ້:

ດ້ານການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດ: ການເສີມຊີລິນຽມໃນວັດສະດຸເພື່ອງເຂົ້າລະດັບ 3-5 ສ່ວນໃນລ້ານສ່ວນ (ppm) ຊ່ວຍກະຕຸ້ນອັດຕາການເຕີບໂຕຂອງເສັ້ນໃຍເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ (*Pleurotus ostreatus*) ໄດ້ດີທີ່ສຸດ, ໂດຍໃຊ້ເວລາເຕີບເຕັມຖົງໄວກວ່າກຸ່ມຄວບຄຸມ (0 ppm) ປະມານ 4-5 ວັນ. ການເສີມຊີລິນຽມລະດັບສູງກວ່າ 10 ppm ພົບວ່າມີຜົນຍັບຢັ້ງການເຕີບໂຕ ແລະ ເຮັດໃຫ້ເສັ້ນໃຍເຫັດເຕີບໂຕຊ້າລົງ.

ດ້ານຜົນຜະລິດ ແລະ ປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ: ທຣິດເມັນທີ່ເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 5 ppm ໃຫ້ຜົນຜະລິດເຫັດສູງສຸດ (650.00 ± 45.25 ກຣາມ/ຖົງ) ແລະ ມີປະສິດທິພາບທາງຊີວະພາບ (Biological Efficiency) ສູງສຸດ ($65.00 \pm 4.53\%$), ເຊິ່ງສູງກວ່າກຸ່ມຄວບຄຸມປະມານ 23%. ຜົນການຄົ້ນຄວ້ານີ້ຢືນຢັນວ່າ ການເສີມຊີລິນຽມໃນລະດັບທີ່ເໝາະສົມຊ່ວຍເພີ່ມປະສິດທິພາບໃນການປ່ຽນແປງວັດສະດຸເພື່ອງໃຫ້ກາຍເປັນເນື້ອເຫັດໄດ້ດີຂຶ້ນ.

ດ້ານຄຸນນະພາບທາງກາຍະພາບຂອງດອກເຫັດ: ດອກເຫັດຈາກກຸ່ມທີ່ເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 3-5 ppm ມີຂະໜາດປາກກະດູມໃຫຍ່ (44.08-56.93 ມມ), ຂຶ້ວສັ້ນ ແລະ ມີຈຳນວນດອກຕໍ່ຖົງຫຼາຍ (22.45-26.42 ດອກ), ເຊິ່ງເປັນລັກສະນະທີ່ຕ້ອງການໃນທາງການຄ້າ. ການເສີມຊີລິນຽມລະດັບສູງ (>10 ppm) ເຮັດໃຫ້ຂະໜາດດອກເຫັດນ້ອຍລົງ ແລະ ຄຸນນະພາບຫຼຸດລົງ.

ດ້ານການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດ: ເຫັດນາງລົມໜ້າດຳສາມາດດູດຊຶມ ແລະ ສະສົມຊີລິນຽມຈາກວັດສະດຸເພື່ອງໄດ້

ດີ, ໂດຍມີປະລິມານການສະສົມເພີ່ມຂຶ້ນຕາມລະດັບການເສີມ (140-930 µg/kg ນ້ຳໜັກແຫ້ງ). ກຸ່ມທີ່ເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 3-5 ppm ມີການສະສົມຊີລິນຽມໃນເນື້ອເຫັດຢູ່ລະຫວ່າງ 220-340 µg/kg ນ້ຳໜັກແຫ້ງ, ເຊິ່ງຢູ່ໃນລະດັບທີ່ປອດໄພ ແລະ ເໝາະສົມຕໍ່ການບໍລິໂພກຕາມຄໍາແນະນຳຂອງອົງການອານາໄມໂລກ (WHO).

ດ້ານຄວາມເໝາະສົມທາງເສດຖະກິດ ແລະ ສັງຄົມ: ເຕັກໂນໂລຊີການເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 3-5 ppm ໃນເຟືອງເຂົ້າສາມາດນຳໄປປັບໃຊ້ໃນການຜະລິດເຫັດນາງລົມໜ້າດຳໃນລາວໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ, ຊ່ວຍຍົກລະດັບມູນຄ່າເພີ່ມໃຫ້ແກ່ຜະລິດຕະພັນ, ເພີ່ມລາຍຮັບໃຫ້ກະສິກອນ ແລະ ຕອບສະໜອງຄວາມຕ້ອງການຂອງຕະຫຼາດອາຫານສຸຂະພາບ.

ໂດຍລວມແລ້ວ, ການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ຢືນຢັນວ່າ ເຕັກໂນໂລຊີການເສີມຊີລິນຽມລະດັບ 3-5 ppm ໃນວັດສະດຸເຟືອງເຂົ້າເປັນຮູບແບບການຜະລິດທີ່ເໝາະສົມທີ່ສຸດສໍາລັບເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ, ເຊິ່ງຊ່ວຍເພີ່ມທັງຜົນຜະລິດ, ຄຸນນະພາບ ແລະ ຄຸນຄ່າທາງໂພຊະນາການຂອງເຫັດ ໂດຍບໍ່ກໍ່ໃຫ້ເກີດຜົນກະທົບທາງລົບຕໍ່ການເຕີບໂຕຂອງເຊື້ອເຫັດ. ຜົນການຄົ້ນຄວ້ານີ້ສາມາດນຳໄປໃຊ້ເປັນຂໍ້ມູນພື້ນຖານໃນການສົ່ງເສີມການປູກເຫັດເສີມຊີລິນຽມໃນລາວ ເພື່ອພັດທະນາອາຊີບ ແລະ ຍົກລະດັບຄຸນນະພາບຊີວິດຂອງຊາວກະສິກອນ.

7. ຂໍ້ສະເໜີແນະ

ຈາກຜົນການຄົ້ນຄວ້າທີ່ໄດ້ດຳເນີນມາ ຜູ້ຄົນຄວ້າຂໍສະເໜີແນະດັ່ງນີ້:

7.1 ຂໍ້ສະເໜີແນະສໍາລັບກະສິກອນ ແລະ ຜູ້ປູກເຫັດ

ການນຳໃຊ້ຊີລິນຽມໃນລະດັບທີ່ເໝາະສົມ: ຄວນເສີມຊີລິນຽມໃນວັດສະດຸເຟືອງເຂົ້າໃນລະດັບ 3-5 ສ່ວນໃນລ້ານສ່ວນ (ppm) ເທົ່ານັ້ນ, ເພາະລະດັບດັ່ງກ່າວໃຫ້ຜົນດີທີ່ສຸດຕໍ່ການເຕີບໂຕ, ຜົນຜະລິດ ແລະ ຄຸນນະພາບຂອງເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ. ການເສີມຊີລິນຽມຫຼາຍກວ່າ (>10 ppm) ຈະຫຼຸດຜ່ອນຜົນຜະລິດ ແລະ ອາດສົ່ງຜົນກະທົບຕໍ່ຄວາມປອດໄພຂອງຜູ້ບໍລິໂພກ.

ການຄວບຄຸມມາດຕະຖານການຜະລິດ: ຄວນປະຕິບັດຕາມຂັ້ນຕອນການກະກຽມວັດສະດຸເພາະຢ່າງເຂັ້ມງວດ, ໂດຍສະເພາະການປັບຄວາມຊຸ່ມ (65-75%), ການນຶງເຊື້ອທີ່ອຸນຫະພູມ 121°C ນານ 30 ນາທີ, ແລະ ການຄວບຄຸມສະພາບແວດລ້ອມໃນຫ້ອງເພາະ (ອຸນຫະພູມ $20-25^{\circ}\text{C}$, ຄວາມຊຸ່ມ 85-90%) ເພື່ອຮັບປະກັນຜົນຜະລິດທີ່ມີຄຸນນະພາບ.

ການສ້າງມູນຄ່າເພີ່ມໃຫ້ຜະລິດຕະພັນ: ຄວນນຳເອົາເຫັດເສີມຊີລິນຽມໄປຂາຍໃນຕະຫຼາດທີ່ເນັ້ນສຸຂະພາບ (Health-conscious market) ໂດຍການບັນຈຸແຟັກເກັດທີ່ມີຂໍ້ມູນໂພຊະນາການຊັດເຈນ, ເພື່ອສ້າງຄວາມແຕກຕ່າງ ແລະ ເພີ່ມລາຄາຂາຍໃຫ້ສູງກວ່າເຫັດທົ່ວໄປ.

ການບັນທຶກຂໍ້ມູນການຜະລິດ: ຄວນມີການບັນທຶກຂໍ້ມູນການຜະລິດຢ່າງເປັນລະບົບ ເຊັ່ນ: ວັນທີໃສ່ເຊື້ອ, ວັນທີເກັບກ່ຽວ, ນ້ຳໜັກເຫັດຕໍ່ຮຸ່ນ ແລະ ຕົ້ນທຶນການຜະລິດ ເພື່ອນຳມາວິເຄາະປະສິດທິພາບ ແລະ ວາງແຜນການຜະລິດໃນຮອບຕໍ່ໄປ.

7.2 ຂໍ້ສະເໜີແນະສໍາລັບນະໂຍບາຍ ແລະ ການສົ່ງເສີມ

ການສ້າງມາດຕະຖານຜະລິດຕະພັນ: ຄວນມີການກຳນົດມາດຕະຖານຄຸນນະພາບ ແລະ ຄວາມປອດໄພສໍາລັບເຫັດເສີມຊີລິນຽມ ໂດຍການຮ່ວມມືລະຫວ່າງກະຊວງກະສິກໍາ ແລະ ປ່າໄມ້, ກະຊວງສາທາລະນະສຸກ ແລະ ສະຖາບັນວິຊາການ ເພື່ອຮັບປະກັນຄຸນນະພາບ ແລະ ຄວາມໝັ້ນໃຈຂອງຜູ້ບໍລິໂພກ.

ການຝຶກອົບຮົມ ແລະ ຖ່າຍທອດເຕັກໂນໂລຊີ: ຄວນຈັດການຝຶກອົບຮົມໃຫ້ແກ່ກະສິກອນ ແລະ ຜູ້ທີ່ສົນໃຈ ກ່ຽວກັບເຕັກໂນໂລຊີການປູກເຫັດເສີມຊີລິນຽມ ໂດຍເນັ້ນໃສ່ການປະຕິບັດຕົວຈິງ ແລະ ການແກ້ໄຂບັນຫາໃນພາກສະໜາມ.

ການສ້າງຊ່ອງທາງການຕະຫຼາດ: ຄວນສົ່ງເສີມການເຊື່ອມໂຍງລະຫວ່າງຜູ້ຜະລິດ ແລະ ຜູ້ຊື້ ໂດຍຜ່ານຕະຫຼາດນັດກະສິກໍາ, ຮ້ານອາຫານສຸຂະພາບ, ໂຮງໝໍ ແລະ ແອັບພລິເຄຊັນການຄ້າອອນລາຍ ເພື່ອຂະຫຍາຍຊ່ອງທາງການຈຳໜ່າຍ.

ການສະໜັບສະໜູນດ້ານງົບປະມານ ແລະ ເຄື່ອງມື: ຄວນພິຈາລະນາການສະໜັບສະໜູນງົບປະມານ ຫຼື ເຄື່ອງມືທີ່ຈຳເປັນ ເຊັ່ນ: ເຄື່ອງຊັ່ງ, ເຄື່ອງວັດແທກຄວາມຊຸ່ມ ຫຼື ອຸປະກອນນຶງເຊື້ອຂະໜາດນ້ອຍ ໃຫ້ແກ່ກຸ່ມກະສິກອນທີ່ຕ້ອງການພັດທະນາການຜະລິດເຫັດຄຸນນະພາບສູງ.

8. ຂໍ້ຈຳກັດຂອງການຄົ້ນຄວ້າ

ການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ມີຂໍ້ຈຳກັດຫຼາຍປະການ. ດ້ານໄລຍະເວລາ, ການທົດລອງດຳເນີນພຽງ 3 ເດືອນ ໃນລະດູໜາວ ແລະ ຕົ້ນລະດູຮ້ອນ ທີ່ແຂວງສະຫວັນນະເຂດ ເທົ່ານັ້ນ, ຜົນການຄົ້ນຄວ້າຈຶ່ງອາດບໍ່ສາມາດອ້າງອີງໄດ້ທຸກລະດູການ ຫຼື ທຸກພື້ນທີ່. ດ້ານວັດສະດຸ, ການທົດລອງໃຊ້ພຽງແຕ່ສາຍພັນເຫັດນາງລົມໜ້າດຳ ແລະ ເຟືອງເຂົ້າເທົ່ານັ້ນ, ບໍ່ລວມເອົາວັດສະດຸອື່ນໆ ຫຼື ສາຍພັນອື່ນ. ດ້ານວິທີການ, ຂະໜາດຕົວຢ່າງຍັງຈຳກັດ (30 ຖົງ) ແລະ ຍັງບໍ່ທັນໄດ້ສຶກສາຮູບແບບຊີລິນຽມທີ່ແຕກຕ່າງກັນ. ນອກຈາກນີ້, ການວິເຄາະຍັງບໍ່ທັນກວມເອົາຕົວຊີ້ວັດສໍາຄັນອື່ນໆ ເຊັ່ນ: ການປ່ຽນແປງຂອງໂປຣຕີນ, ວິຕາມິນ, ສານຕ້ານອະນຸມູນອິດສະລະ ແລະ ຄຸນສົມບັດທາງປະສານສໍາຜັດ. ສຸດທ້າຍ, ການນຳຜົນການຄົ້ນຄວ້າໄປຂະຫຍາຍຜົນໃນລະດັບການຜະລິດການຄ້າ ອາດປະສົບກັບຄວາມຫຍຸ້ງຍາກ ເນື່ອງຈາກຄວາມແຕກຕ່າງຂອງວັດຖຸດິບ, ຕົ້ນທຶນ ແລະ ການຄຸ້ມຄອງຄຸນນະພາບ. ດັ່ງນັ້ນ, ຄວນມີການສຶກສາເພີ່ມເຕີມ ເພື່ອຂະຫຍາຍຜົນໄປສູ່ການນຳໃຊ້ຢ່າງກວ້າງຂວາງ ແລະ ມີປະສິດທິພາບຫຼາຍຂຶ້ນ.

9. ເອກະສານອ້າງອີງ

- ກະຊວງສາທາລະນະສຸກ. (2020). ມາດຕະຖານຄວາມປອດໄພດ້ານອາຫານ: ແຮ່ທາດຕິດຕາມໃນຜະລິດຕະພັນເຫັດ. ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ: ກະຊວງສາທາລະນະສຸກ.
- ກະຊວງກະສິກໍາ ແລະ ປ່າໄມ້. (2021). ແຜນພັດທະນາການກະສິກໍາຢືນຢົງ ແລະ ການບໍລິຫານຈັດການວັດຖຸດິບທ້ອງຖິ່ນ. ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ: ກະຊວງກະສິກໍາ ແລະ ປ່າໄມ້.
- Bhatia, P., Prakash, R., & Prakash, N. T. (2013). Selenium uptake by edible oyster mushrooms (*Pleurotus* sp.) from selenium-hyperaccumulated wheat straw. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 59(1), 69-72. <https://doi.org/10.3177/jnsv.59.69>.
- Chang, S. T., & Miles, P. G. (1989). *Edible mushrooms and their cultivation*. CRC Press.
- Chang, S. T., & Miles, P. G. (2004). *Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact (2nd ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203492086>.
- Decena, M. W. O., & Del Rosario, A. B. (2022). Growth and yield of black oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on combined coconut sawdust and rice straw as lignocellulosic materials. *AGRIKULTURA CRI Journal*, 3(1), 42-56.
- FAO. (2019). *Crops and livestock products*. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/>.
- Fordyce, F. M. (2013). Selenium deficiency and toxicity in the environment. In O. Selinus (Ed.), *Essentials of medical geology* (pp. 375-414). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4375-5_16.
- Ho, L. H., Zulkifli, N. A., & Tan, T. C. (2020). Edible mushroom: Nutritional properties, potential nutraceutical values, and its utilisation in food product development. In A. Passari & S. Sanchez (Eds.), *An introduction to mushroom*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91829>.
- Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace elements in soils and plants (4th ed.)*. CRC Press.
- Kaur, G., Kalia, A., & Sodhi, H. (2018). Selenium biofortification of *Pleurotus* species and its effect on yield, phytochemical profiles, and protein chemistry of fruiting bodies. *Journal of Food Biochemistry*, 42(2), e12467. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12467>.
- Kong, W. S. (2004). Description of commercially important *Pleurotus* species. In K. W. Choi (Ed.), *Mushroom growers' handbook 1: Oyster mushroom cultivation* (pp. 54-61). MushWorld.
- Mesele, E., Yaekob, A. T., Kasegn, M. M., Meresa, B. K., Haftu, S. Z., Senay, G., Gebrelibanos, T. S., & Abay, G. T. (2024). Evaluation of Black-jack (*Bidens pilosa* L.) substrate for the production of Oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom. *Discover Biotechnology*, 1, 2. <https://doi.org/10.1007/s44340-024-00002-x>.
- Milkias, E., Dobo, B., & Ayele, S. (2024). The effect of substrate and substrate formulation on the yield of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Mushroom Research*, 33(2), 189-198. <https://doi.org/10.36036/MR.33.2.2024.155349>.
- Oei, P. (2003). *Mushroom cultivation: Appropriate technology for mushroom growers*. Backhuys Publishers.
- Paudel, S., & Dhakal, D. (2020). Yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrate. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 5(2), 190-195.
- Pointing, S. B. (2001). Feasibility of bioremediation by white-rot fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 57(1-2), 20-33. <https://doi.org/10.1007/s002530100734>.
- Poppe, J. (2004). Agricultural wastes as substrates for oyster mushroom. In *Mushroom growers' handbook 1: Oyster mushroom cultivation* (pp. 75-85). Mush World.
- Quimio, T. H., Chang, S. T., & Royse, D. J. (1990). Technical guidelines for mushroom growing in the tropics (FAO Plant Production and Protection Paper No. 106). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Sarnklong, C., Cone, J. W., Pellikaan, W. F., & Hendriks, W. H. (2010). Utilization of rice straw and different treatments to improve its feed value for ruminants: A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(5), 680-692. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.r.05>.
- Silva, M. C. S., Naozuka, J., Oliveira, E., & Cadore, S. (2012). Enrichment of *Pleurotus ostreatus* mushrooms with selenium in coffee husks. *Food Chemistry*, 131(2), 558-563. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.021>.
- Stamets, P. (2005). *Mycelium running: How mushrooms can help save the world*. Ten Speed Press.

- Tanapak, I., Tangkoonboribun, R., Amprayn, K., Termarom, T., Konee, C., Tangborvonthamma, P., Yatsom, S., Bualoi, S., & Eamprasong, P. (2021). *Development of grey oyster mushroom production technology with selenium supplemented rice straw cultivation substrates*. Thailand Institute of Scientific and Technological Research.
- World Health Organization (WHO). (2021). *Selenium in human health: Guidelines for intake and safety*. Geneva: WHO Press.