

GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES AND THEIR POTENTIAL
APPLICATIONS



A Thesis Submitted to University of Phayao
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Science Degree in Applied Chemistry

April 2025

Copyright 2025 by University of Phayao

การสังเคราะห์อนุภาคเงินนาโนแบบสีเขียวและศักยภาพต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน



สกุรัตน์ เรือนมูล

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีประยุกต์

เมษายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES AND THEIR POTENTIAL APPLICATIONS



A Thesis Submitted to University of Phayao
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Science Degree in Applied Chemistry
April 2025

Copyright 2025 by University of Phayao

Thesis

Title

Green synthesis of silver nanoparticles and their potential applications

Submitted by SAKOOLRUD RAUNMOON

Approved in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Science Degree in Applied Chemistry
University of Phayao

Approved by

..... Chairman
(Associate Professor Dr. Sukunya Ross)

..... Advisor
(Associate Professor Dr. Widsanusan Chartarrayawadee)

..... Co Advisor
(Assistant Professor Dr. Paidaeng Khwanchai)

..... Examiner
(Assistant Professor Dr. Chaipat Lapinee)

..... Dean of School of Science
(Associate Professor Dr. Sitthisak Pinmongkholgul)

Title: GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES AND THEIR POTENTIAL APPLICATIONS
Author: Sakoolrud Raunmoon, Thesis: M.Sc. (Applied Chemistry), University of Phayao, 2024
Advisor: Associate Professor Dr. Widsanusan Chartarrayawadee Co-advisor Assistant Professor Dr.Paidaeng Khwanchai
Keywords: green synthesis, silver nanoparticles, Red Onion, *Allium cepa* L., antibacterial

ABSTRACT

Red Onion (*Allium cepa* L.) Peels (ROP) is an unwanted agricultural by-product after cooking but it is rich with bioactive compounds such as phenolics, flavonoids, flavanols and quercetin. In this work, the extract of ROP has been employed as a reducing agent in green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) and investigated for their antibacterial properties. The concentration of ROP used in this research for green synthesis is 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt%. AgNPs shapes were found to be quasi-spherical shape, flat triangular, hexagonal shapes and sea urchin clusters depending on the concentration of ROP. The obtained zeta potential value was approximately -40 mV indicating good stability of AgNPs colloidal solution. The antibacterial potency of synthesized AgNPs with sharp edges (sea urchin clusters) showed superior antibacterial effect on gram-negative bacteria toward *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*), being superior to Chloramphenicol. The inhibition zone diameter of synthesized sea urchin-like structure of AgNPs with ROP concentration of 0.007 wt% was 16.2 ± 0.9 mm compared with the inhibition zone diameter of Chloramphenicol (13.0 ± 0.0 mm). Furthermore, these AgNPs (0.007 wt% ROP) were further applied by coating on air filters. The filters showed superior antibacterial potency with inhibition zone diameter of 21.6 ± 0.5 mm compared to uncoated air filter (0.0 ± 0.0 mm). This result suggests that these synthesized AgNPs used in this study show good potential for use as an antibacterial agent for antibiotic-resistant bacteria in air cleaning devices, which is a significant aspect of this work whereby harmful airborne pathogens can be inactivated and removed before they can infect vulnerable post-surgery patient.

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my deepest gratitude to the numerous individuals who have supported and guided me throughout the journey of completing this thesis.

First and foremost, I extend my heartfelt thanks to my supervisor, Associate Professor Dr. Widsanusan Chartarrayawadee and Associate Professor Dr. Chee O. Too whose unwavering support, profound insights, and patient guidance have been instrumental in shaping this research. Your mentorship has been invaluable, challenging me to think critically and push the boundaries of my academic capabilities which enable me to carry out my study successfully.

This work contains a number of improvements based on comments and suggestions provided by Associate Professor Dr. Widsanusan Chartarrayawadee, Associate Professor Dr. Sukunya Ross, Assistant Professor Dr. Paidaeng Khawnchai and Assistant Professor Dr. Chaipat Lapinee. It is my pleasure to express my sincere thanks to them for their generous assistance.

My sincere appreciation goes to the Department of Chemistry, School of Science, University of Phayao for providing the necessary resources, research facilities, and academic environment that made this work possible. Special thanks to the faculty members and staff who have been supportive throughout my academic journey.

I extend my deepest gratitude to my family “Raunmoon” who have been my constant source of love, understanding, and motivation. Your unwavering belief in my abilities has been my greatest strength.

Moreover, I would like to thank University of Phayao for a graduate thesis grant.

Sakoolrud Raunmoon

LIST OF CONTENTS

	Page
ABSTRACT	D
ACKNOWLEDGEMENT	E
LIST OF CONTENTS	F
Table of content	H
Image of content	I
CHAPTER I INTRODUCTION	1
Historical background	1
Objective	2
Research hypothesis	3
Research scope	3
The benefits of thesis	4
CHAPIER II LITERATURE REVIEW	5
CHAPTER III RESEARCH METHODOLOGY	19
Material and methodology	19
Chemicals and materials	19
Preparation of red onion (<i>Allium cepa</i> L.) peels extract	19
Silver nanoparticles synthesis	20
Antimicrobial activity	21
Sample characterization	22
CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION	23
Spectroscopic measurements	23

X-ray diffraction	26
Zeta potential and size distribution.....	27
SEM morphology	29
Antimicrobial activity.....	31
CHAPTER V CONCLUSION	36
Discussion and conclusion.....	36
Implication of the study	36
Suggestion for future work.....	38
BIBLIOGRAPHY	39
APPENDIX.....	48
AWARDS	53
PUBLICATIONS.....	57
PETTY PATENTS	98
CONFERENCE PRESENTATIONS.....	104
ACADEMIC SERVICES	109
INNOVATION TO CREATION	131
RESEARCH TO BUSINESS OUTCOMES	145
BIOGRAPHY	168

Table of content

	Page
Table 1 List of instruments used for analyzing and identifying of synthesized AgNPs in this research.....	23
Table 2 Mean zeta potential values and Mean particle sizes (1st peak and 2nd peak in nm) of AgNPs colloidal solutions obtained from ROP extract at different concentrations ranging from 0.003 to 0.009 wt%.....	28
Table 3 Zone of inhibition (ZOI) of all synthesized AgNPs with ROP towards both gram-negative bacteria (<i>P. aeruginosa</i> and <i>E. coli</i>) and gram-positive bacteria (<i>S. aureus</i> and <i>E. faecalis</i>) compared with Chloramphenicol (positive control), NaCl (negative control), Allium extract (0.009 wt%) and AgNO ₃ designated as A: Chloramphenicol (positive control), B: NaCl (negative control), C: Allium extract (0.009 wt%), D: AgNO ₃ (0.025 wt%), E: 0.003 wt% Allium-AgNPs, F: 0.005 wt% Allium-AgNPs, G: 0.007 wt% Allium-AgNPs and H: 0.009 wt% Allium-AgNPs.....	32
Table 4 Inhibition zone diameters (average value \pm standard deviation) of all synthesized AgNPs with ROP towards both gram-negative bacteria (<i>P. aeruginosa</i> and <i>E. coli</i>) and gram-positive bacteria (<i>S. aureus</i> and <i>E. faecalis</i>) compared with Chloramphenicol (positive control), NaCl (negative control), Allium extract (0.009 wt%) and AgNO ₃	34
Table 5 Inhibition zone diameters (average value \pm standard deviation) of fibrous filters used in air filtration device coated with AgNPs at the concentration of 0.007 wt% of ROP ranging from 0-800 μ L.	37

Image of content

	Page
Figure 1 Red onions peel (ROP) (a) and aqueous extract of ROP (b).	2
Figure 2 SEM image of biosynthesized AgNPs [37].	7
Figure 3 TEM micrographs: (a) 50 nm, (b) 20 nm and (c) particle size histogram [38]. ..	8
Figure 4 Unsized (a–c) and sized (d) TEM images of <i>A. cepa</i> -AgNPs [39].	8
Figure 5 SEM images of AgNPs by plant extract of (A) <i>Allium cepa</i> and (B) <i>Allium sativa</i> [40].	9
Figure 6 Antimicrobial activities of synthesized Ag nanoparticles in aqueous extract of <i>Allium cepa</i> and <i>Allium sativa</i> plants with AgNO ₃ to ward <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (A and C) and <i>Staphylococcus aureus</i> (B and D). O=Onion; G=garlic [40].	10
Figure 7 TEM images of Et-AgNPs [41].	11
Figure 8 TEM images of AgNPs synthesized by <i>Allium cepa</i> extract (a) and (b) <i>Musa acuminata</i> extract (c) and particle size distribution of AgNPs synthesized by <i>Allium cepa</i> extract (d) [42].	12
Figure 9 SEM analysis of the AgNPs prepared using <i>Allium cepa</i> extract [43].	12
Figure 10 Antibacterial activity (zone of inhibition, mm) of Ag NPs against bacterial strains [43].	13
Figure 11 SEM and TEM microscopy of the greenly synthesized AgNPs [45].	14
Figure 12 TEM image of AgNPs synthesized by microwave irradiation for 30 second at 300 Watt [46].	15
Figure 13 Antibacterial assay: zone of inhibition against <i>E. coli</i> and <i>S. aureus</i> [46].	15
Figure 14 TEM micrograph of the biosynthesized silver nanoparticles (AgNPs) [47].	16
Figure 15 TEM micrographs of silver nanoparticles synthesized from onion extract [48].	16

Figure 16 Effect of silver nanoparticles on <i>E.coli</i> (a) and <i>Salmonella typhimurium</i> (b) [48].	17
Figure 17 Preparation of red onion (<i>Allium cepa</i> L.) peels extract	20
Figure 18 Green synthesis of silver nanoparticle using red onion (<i>Allium cepa</i> L.) peels extract	21
Figure 19 Schematic representation of agar well diffusion assay of silver nanoparticles on <i>P. aeruginosa</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> and <i>E. faecalis</i> .	22
Figure 20 Colour intensity of AgNPs aqueous colloidal solution reduced by ROP extract before (left) and after reduction (right) shows changes in colours which are more intense in all the series starting from 0.003 to 0.009 wt% of ROP concentration.	24
Figure 21 UV-vis spectra of AgNPs colloidal solution reduced by ROP at room temperature with concentration range from 0.003 wt% to 0.009 wt%.	24
Figure 22 FTIR of ROP extract and AgNPs reduced by ROP at the different concentrations.	26
Figure 23 Powder XRD pattern of AgNPs obtained from AgNPs colloidal solution reduced and stabilized by ROP of different concentrations: (A) 0.003 wt%, (B) 0.005 wt%, (C) 0.007 wt%, and (D) 0.009 wt% respectively.	27
Figure 24 SEM images (100000X) of synthesized AgNPs with ROP extract at the different concentrations of 0.003 wt% (A), 0.005 wt% (B), 0.007 wt% (C), and 0.009 wt% (D).	31
Figure 25 The comparison of percent inhibition of all synthesized AgNPs with ROP towards both gram-negative bacteria (<i>P. aeruginosa</i> and <i>E. coli</i>) and gram-positive bacteria (<i>S. aureus</i> and <i>E. faecalis</i>).	35
Figure 26 The inhibition zone of: (Left) fibrous filter used in air filtration with no AgNPs coating and (Right) fibrous filters used in air filtration coated with AgNPs colloidal solution (0.007 wt% of ROP) at various applied volumes (5 μ L to 800 μ L).	37

CHAPTER I INTRODUCTION

Historical background

Silver nanoparticles (AgNPs) are particles with a size ranging between 1-100 nanometers, appearing in various colours (ie; yellow, brown green, blue and purple) depending on particle size and shape in colloidal solutions. These nanoparticles possess different characteristics including antimicrobial, antiviral, optical, electrical, and thermal properties [1] The intrinsic antimicrobial mechanism of AgNPs involves multifaceted interactions such as reactive oxygen species (ROS) generation, cellular membrane disruption, and silver ion release. These multiple mechanisms make AgNPs highly effective against a broad spectrum of microorganisms, including bacteria, viruses, and fungi [2]. In addition, AgNPs are unique and ubiquitously used in various applications such as wound dressings, coatings for medical devices, water purification, and preservatives in consumer products to prevent microbial growth.

Red onions (*Allium cepa* L.) are cultivars of the onion with skin colour of purple red and white flesh tinged with red. Red onions tend to be small to medium in size with a sweet and spicy flavor. Red onions are available throughout the year in Thailand and are high in phytonutrients. Red onions can be consumed raw, cooked, grilled, stir-fried with other foods to make popular cuisines. However, onion peel (Figure 1 (a)) is the agricultural byproduct after cooking which is unwanted and usually discarded but it is an excellent source of phytochemical and bioactive compounds. The majority of bioactive compounds found in onion peels are phenolics, flavanols, flavonoids such as quercetin, protocatechuic acid, p-hydroxybenzoic acid, vanillic acid, p-cumaric acid, myricetin, kaempferol, and isorhamnetin-3 -glucoside [3-7]. Due to the global production of onion increasing rapidly, the amount of onion byproducts such as peel or skin has risen causing a disposal food garbage and waste management problem to the environment.

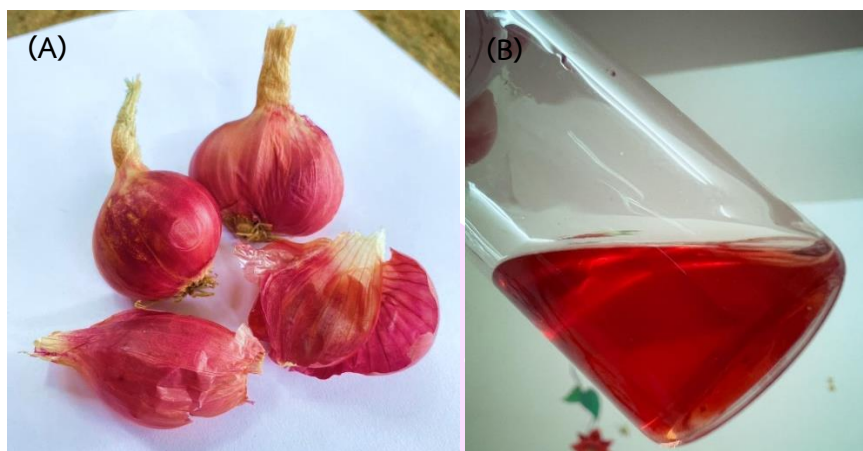


Figure 1 Red onions peel (ROP) (a) and aqueous extract of ROP (b).

Regarding to the waste concern and the benefits of bioactive compounds found in onion peels, this research aims to exploit the bioactive compounds extracted from onion peels as reducing and stabilizing agent in green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs). and to investigate their potential applications.

Objective

1. To investigate the novel trends in silver nanoparticles synthesis, among which are the physical and chemical approaches using green synthesis methods.
2. To explore the use of plant resources and/or agricultural waste as a sustainable source for silver nanoparticle synthesis.
3. To evaluate the antibacterial properties of the synthesized silver nanoparticles and investigate their potential application for use as air filters in air cleaning devices.

Research hypothesis

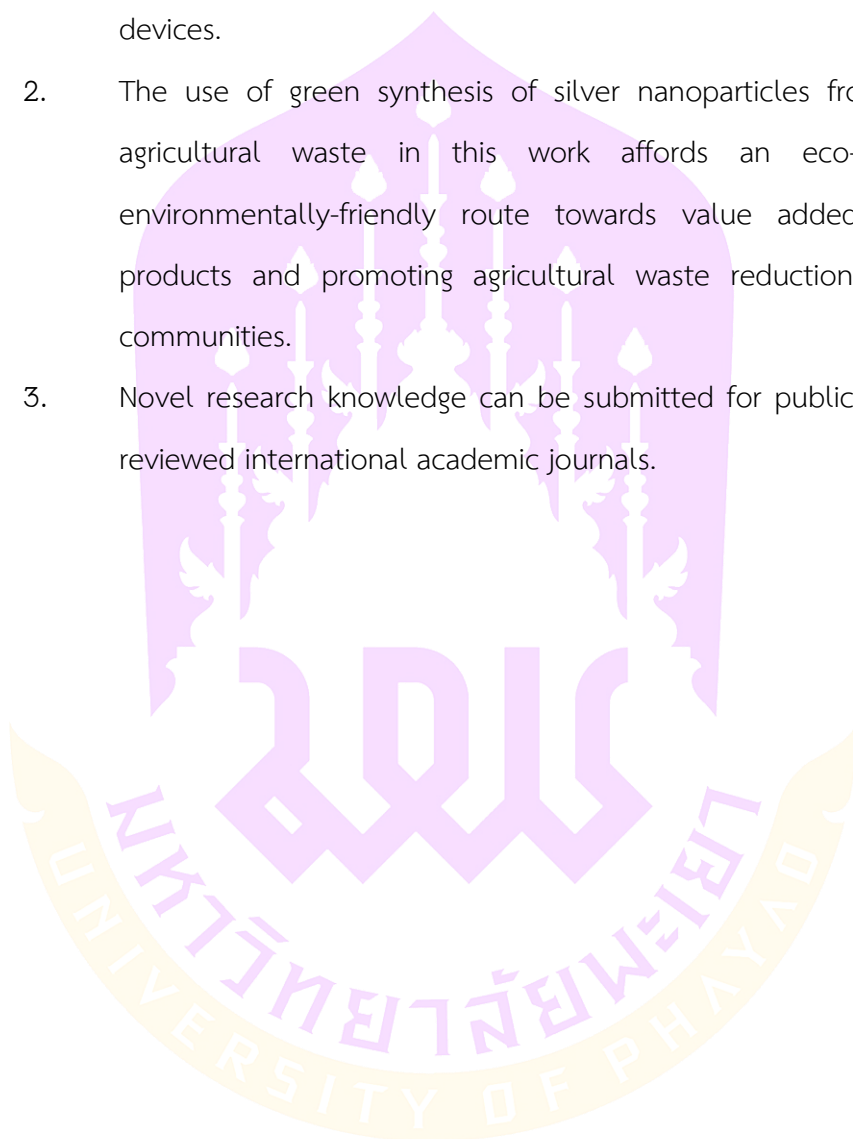
Recent scientific investigations reveal that agricultural waste from red onion peels affords a significant concentration of phytochemical and bioactive compounds, including phenolics, flavanols, and flavonoids such as quercetin, protocatechuic acid, p-hydroxybenzoic acid, vanillic acid, p-coumaric acid, myricetin, kaempferol, and isorhamnetin-3-glucoside. These phytochemical compounds function as reducing agents, stabilizing agents, and capping agents, facilitating critical interactions during the silver nanoparticle synthesis process. Furthermore, research reports demonstrate that silver nanoparticles exhibit high efficacy in inhibiting gram-positive and gram-negative bacterial strains. This has led to the application of silver nanoparticles in various industries such as medicine and medical equipment, agriculture and food, and cosmetics.

Research scope

1. Synthesis of silver nanoparticles using green method from plant resources and/or unwanted agricultural waste such as red onion peels.
2. To investigate and characterize the morphology of silver nanoparticle using UV-visible spectroscopy, Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD), particle size analysis, zeta potential measurement, and scanning electron microscopy (SEM) techniques.
3. To evaluate the antibacterial activities of the synthesized silver nanoparticles against gram-positive and gram-negative bacteria using the disk diffusion method and investigate their potential application for use as air filters in air cleaning devices.

The benefits of thesis

1. Knowledge acquired about green synthesis of metal nanoparticles in this work can be employed as a novel method and new material for fabrication of silver nanoparticles coated air filters for use in air purifier devices.
2. The use of green synthesis of silver nanoparticles from unwanted agricultural waste in this work affords an eco-friendly and environmentally-friendly route towards value added commercial products and promoting agricultural waste reduction within local communities.
3. Novel research knowledge can be submitted for publication in peer-reviewed international academic journals.



CHAPIER II LITERATURE REVIEW

Green synthesis of metal nanoparticles is popularly used in many scientific fields, both in the pure sciences and applied sciences involving nanoscale synthesis of metals. Green synthesis is a process that involves the reduction of metal nanoparticles through the use of plant extracts instead of chemical-reducing agents. Nowadays, green synthesis has become more popular in an increasing number of research areas devoted to green synthesis [8]. The replacement of physical and chemical synthesis through the use of green synthesis has become more popular due to environmental concerns such as the use of toxic and harmful chemicals, high energy consumption, and sustainability. Most of the metal nanoparticles developed through green synthesis are silver (AgNPs) [9-11], gold (AuNPs) [12,13], copper (CuNPs) [14,15], copper Oxide (CuONPs) [16,17], iron (FeNPs) [18,19], iron oxide (IONPs) [20,21] and palladium (PdNPs) [22,23]. There have been several studies done on the use of green synthesis of AgNPs that have used many kinds of plant extracts as reducing and stabilizing agents; these studies have shown antibacterial activity effecting both gram-positive and gram-negative bacteria [24,25]. Many researchers have studied the synthesis of AgNPs using green methods and investigated their applications. For example, Ajitha B. and co-workers used the *Tephrosia purpurea* leaf extract to synthesize nano-scale AgNPs for antimicrobial activity [24]. The *Hagenia abyssinica* (Bruce) J.F. Gmel plant leaf extract has been utilized for green synthesis of AgNPs, in this study antibacterial and anti-oxidant activities were investigated [26]. Extract of *Eugenia roxburghii* DC. was used for the synthesis and characterization of AgNPs and activity against biofilm-producing bacteria was also studied [27].

In another study, Taghavizadeh Yazdi ME. and co-workers utilized *Helichrysum graveolens* extract for green synthesis of AgNPs, which showed anti-cancer activity against the colon cancer cell line (C26) and also acted as a green catalyst for the acceleration of methylene orange degradation [28]. Ranjan P. and co-workers

reported that AgNPs were synthesized using the extract of *Nigella sativa*. The results showed an antibacterial reaction of AgNPs against urinary tract infection causing bacteria [29]. AgNPs were also synthesized by Varghese Alex K. and co-workers using neem leaf extract; these results showed AgNPs demonstrating an optimum surface plasmon resonance (SPR) behavior, due to the presence of a high concentrations of diterpenoids in the extract. Synthesized AgNPs in this work were shown to have potential applications in biosensing and photocatalytic applications . Microwave synthesis has been employed in the synthesis of spherical-like AgNPs using curcumin biomaterial as a reductant and stabilizer for improving antibacterial properties against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* natural rubber /Ag composite materials [30].

There are several studies involving the biosynthesis of AgNPs using many plants and their potential applications have been explored [31-36]. However, many research studies have been highlighted on the green synthesis of AgNPs using plants in the allium family. For example, Nguyen, T. and co-workers used the aqueous extract of shallot (*Allium ascalonicum*) as the reducing and capping agents for biosynthesis of silver nanoparticles. Silver colloidal solution synthesized in this work showed brown colour with surface plasmon resonance peak at 414 nm. The SEM morphology of the biosynthesized AgNPs were semi-spherical in shape with an average particle size of 27.176 ± 7.103 nm, while the average crystalline size obtained from Debye-Scherrer's equation was calculated as 17 nm, showing potential to be used in biotechnological applications [37].

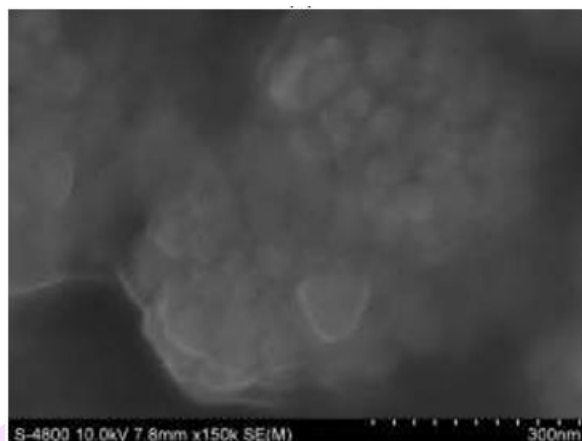
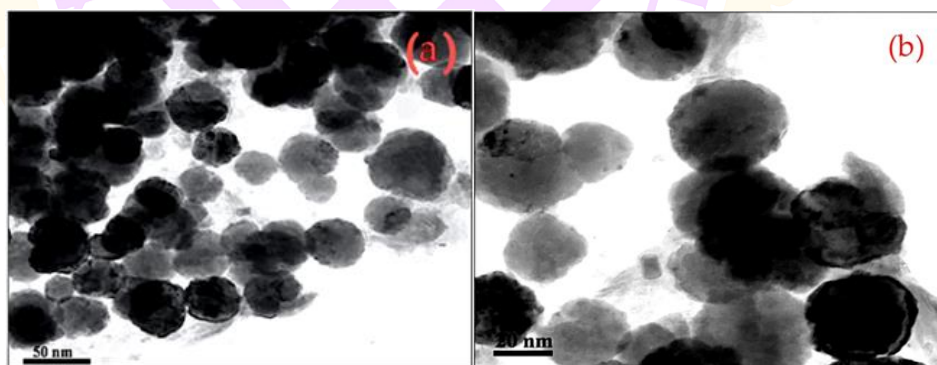


Figure 2 SEM image of biosynthesized AgNPs [37].

Shanmugam, J. and co-workers employed *Allium cepa* var. *Aggregatum* (shallot) extract as a stabilizing and reducing agent in green production of AgNPs. The obtained colloidal solution showed reddish brown in colour. UV-visible spectroscopy showed an absorption peak at 450 nm. The mean particle size obtained by TEM was 35 ± 8 nm with a spherical shape (Figure 3). Biosynthesized AgNPs showed enhanced antiseptic features against both gram-positive (*S. aureus*) and gram-negative (*E.coli*) and potential application in the biomedical field [38].



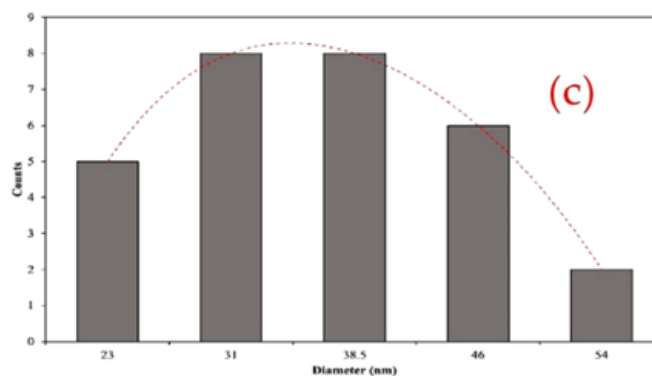


Figure 3 TEM micrographs: (a) 50 nm, (b) 20 nm and (c) particle size histogram [38].

Allium cepa (yellowish peel) was employed in synthesis and characterization of AgNPs by Baran, M.F. and co-workers. The formation of AgNPs absorption peak appeared around 439 nm. The mean particle size calculated by using Debye-Scherer's equation was approximately 19.47 ± 1.12 nm. TEM morphology of AgNPs was semi-spherical in shape (Figure 4) while the stability of the colloidal solution from zeta potential measurements was -13.1 mV. Evaluation of antibacterial, antioxidant, and anticholinesterase activities of AgNPs were studied. Biomedical activities and possible industrial applications have been suggested [39].

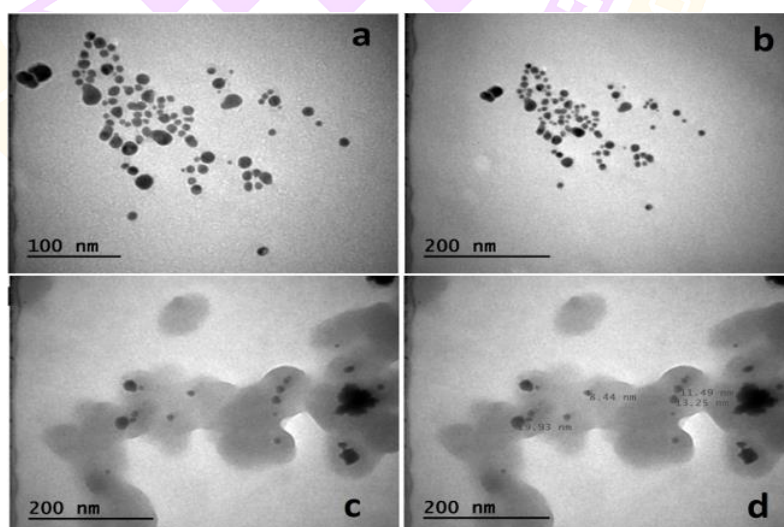


Figure 4 Unsized (a–c) and sized (d) TEM images of *A. cepa*-AgNPs [39].

Bouqellah N.A. and co-workers synthesized AgNPs from *Allium cepa* and garlic *Allium sativa* extracts. The results showed that the color of AgNPs colloidal solution changed from pale yellow to brownish, with a strong UV absorption peak at 520 nm. SEM was used to examine the size and shape of AgNPs and the particle size was found to be approximately 28.41-56.82 nm. for *Allium cepa* and 22.73-60.61 nm for *Allium sativa*, with a roughly spherical shape. (Figure 5) The antibacterial action of silver nanoparticles against vaginal pathogens *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) and *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) was studied showing potential biomedical applications (Figure 6) [40].

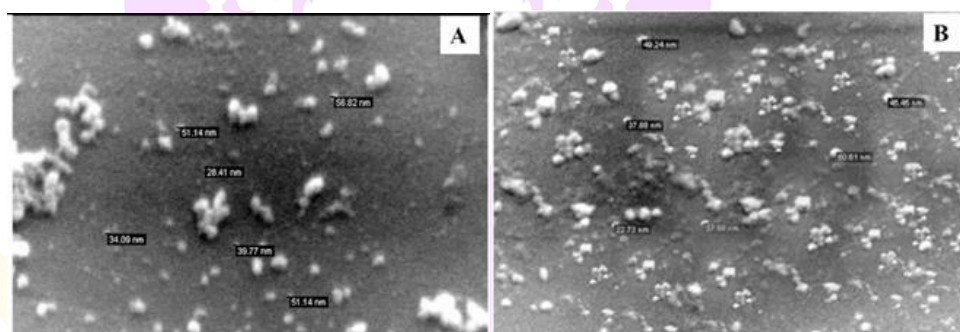


Figure 5 SEM images of AgNPs by plant extract of (A) *Allium cepa* and (B) *Allium sativa* [40].

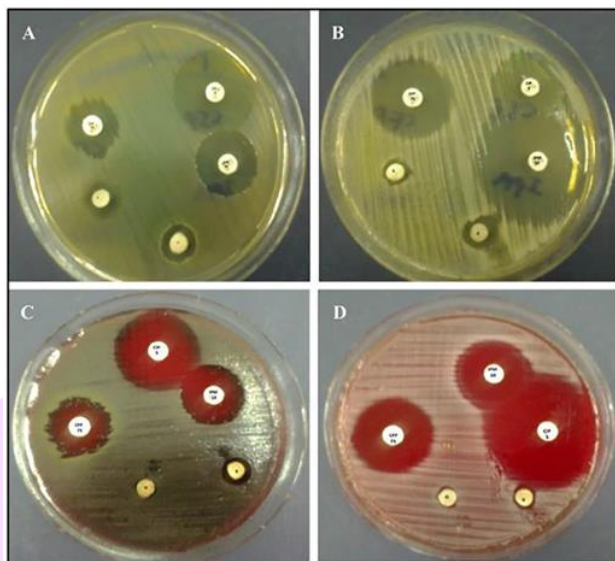


Figure 6 Antimicrobial activities of synthesized Ag nanoparticles in aqueous extract of *Allium cepa* and *Allium sativa* plants with AgNO_3 to ward *Pseudomonas aeruginosa* (A and C) and *Staphylococcus aureus* (B and D). O=Onion; G=garlic [40].

An ethanolic extract of *Allium cepa* peels was used to mediate the synthesis of silver nanoparticles by Ituen E. and co-workers. The surface plasmon resonance absorption peak at 435 nm, with a reddish-brown color, confirmed the formation of biosynthesized AgNPs. The zeta potential of AgNPS was -46.2 ± 0.1 mV, which showed the stability of crystalline AgNPs. TEM revealed predominantly spherical shape of AgNPs with a size range between 20-50 nm (Figure 7). Synthesized silver nanoparticles in this work can be used as an anticorrosion additive for industrial cleaning and pickling operations [41].

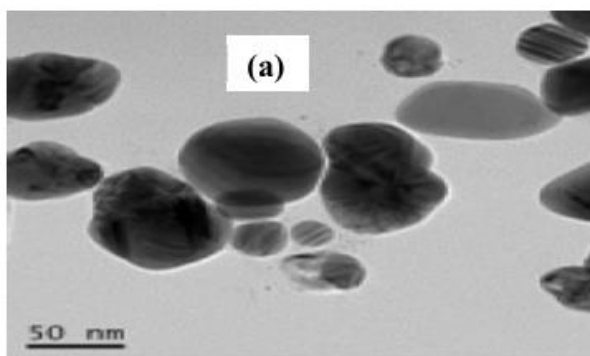


Figure 7 TEM images of Et-AgNPs [41].

A combination of *Allium cepa* and *Musa acuminata* plants was extracted by Sahni G. and co-workers and the extract was used as reducing agent in the green synthesis of AgNPs. It can be shown that the resultant AgNPs colloidal solution appeared dark brown with an absorbance around 400-420 nm, confirming the formation biosynthesized AgNPs. The shape of AgNPs synthesized by *Allium cepa* extract was spherical, with particles size ranging from 1 nm to 10 nm as shown in Figure 8 (a) (b) and (d) while AgNPs synthesized by *M. acuminata* extract was spherical with size range between 15-25 nm as shown in Figure 8 (c) . Excellent antibacterial activity was observed against *Escherichia coli* (*E. Coli*), *P. aeruginosa*, *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*) and *Fusarium oxysporum* (*F. oxysporum*) [42].

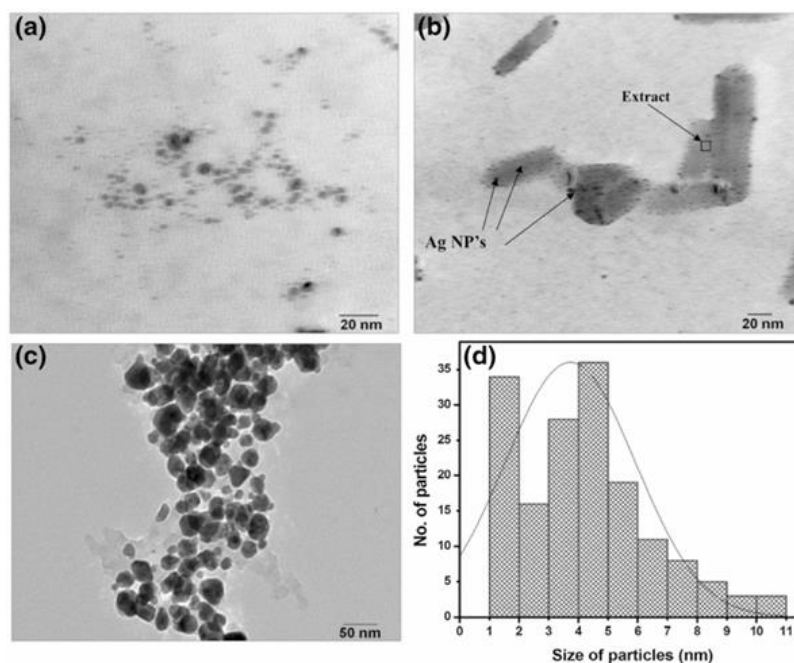


Figure 8 TEM images of AgNPs synthesized by *Allium cepa* extract (a) and (b) *Musa acuminata* extract (c) and particle size distribution of AgNPs synthesized by *Allium cepa* extract (d) [42].

Naseer A. and co-workers reported the use of *Allium cepa* extract in the biosynthesis of AgNPs. The surface morphology of AgNPs was spherical with size ranging between 30 to 100 nm, with an average value of 84.83 nm (Figure 9), X-ray diffraction analysis confirmed the crystal structure of AgNPs which were face-centered cubic. The antibacterial application of AgNPs was evaluated against *E. coli* and *S. aureus* showing high activity against the selected microbes (Figure 10) [43].

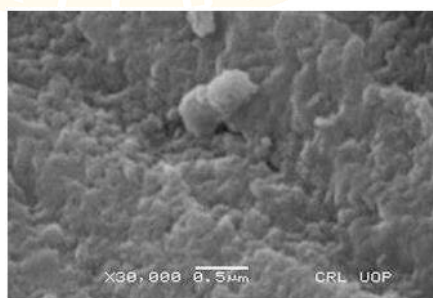


Figure 9 SEM analysis of the AgNPs prepared using *Allium cepa* extract [43].

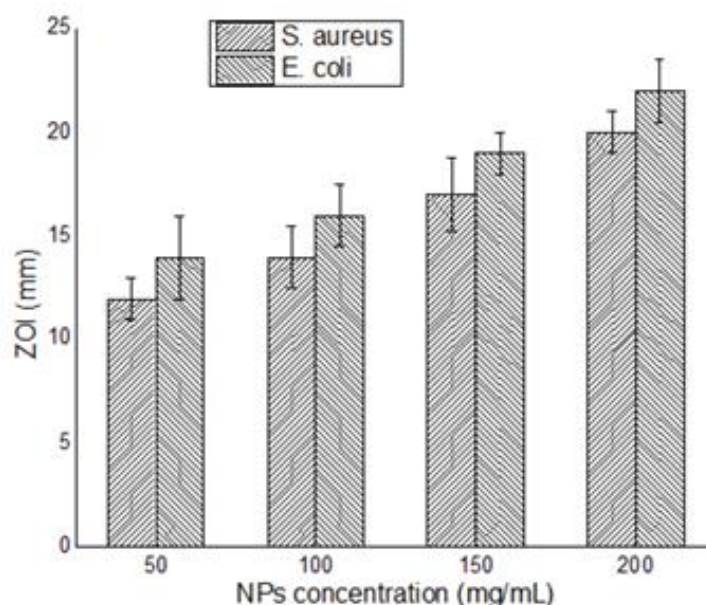


Figure 10 Antibacterial activity (zone of inhibition, mm) of Ag NPs against bacterial strains [43].

Allium cepa was employed to synthesize AgNPs by Jini D. and co-workers. The obtained AgNPs were spherical in shape with nano-size, showing superior antioxidant activity and less cytotoxicity and also displayed a promise as a phytomedicine for the treatment of diabetes [44].

Sharma P. and co-workers synthesized AgNPs in a green way by using an aqueous extract of *Allium cepa*. AgNPs colloidal solution was brown in color with surface plasmon resonance peak at 412 nm. The mean particle size of AgNPs was approximately 100 to 200 nm with a polydispersity. The zeta potential value was found to be -29.0 mV. TEM morphology of AgNPs was spherical with sizes ranging between 50 to 100 nm (Figure 11). Synthesized AgNPs showed excellent catalytic properties for the reduction of toxic dyes [45].

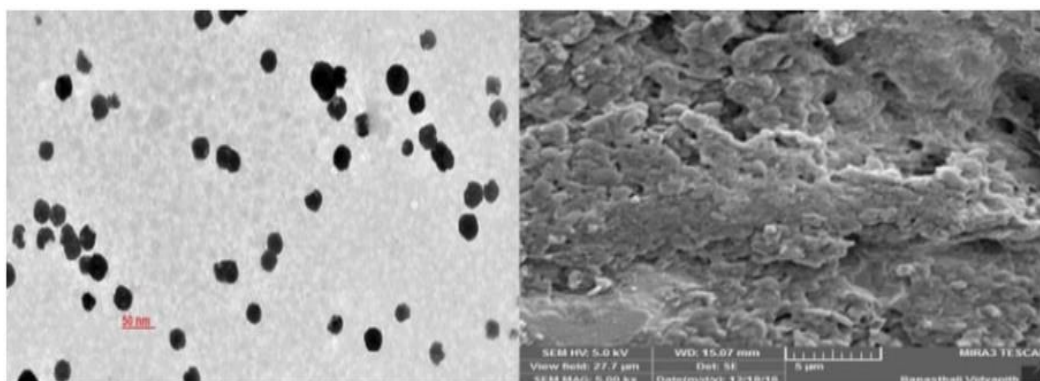


Figure 11 SEM and TEM microscopy of the greenly synthesized AgNPs [45].

Abboud Y. and co-workers used *Allium cepa* in the biosynthesis of AgNPs, synthesizing under microwave irradiation of 300 Watt, with a frequency of 2,450 MHz for 30 seconds. The surface plasmon resonance of AgNPs appeared around 450 nm. Transmission electron microscopy (TEM) was used to investigate the morphology and size distribution of predominantly spherical biosynthesized AgNPs with sizes ranging from 17-57 nm and average mean size of 38.7 nm (Figure 12). Furthermore, AgNPs were examined against both Gram-negative and Gram-positive bacteria by use of the disc diffusion test that showed these nanoparticles exhibited a high antibacterial activity against *E. Coli* and *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) (Figure 13) [46].

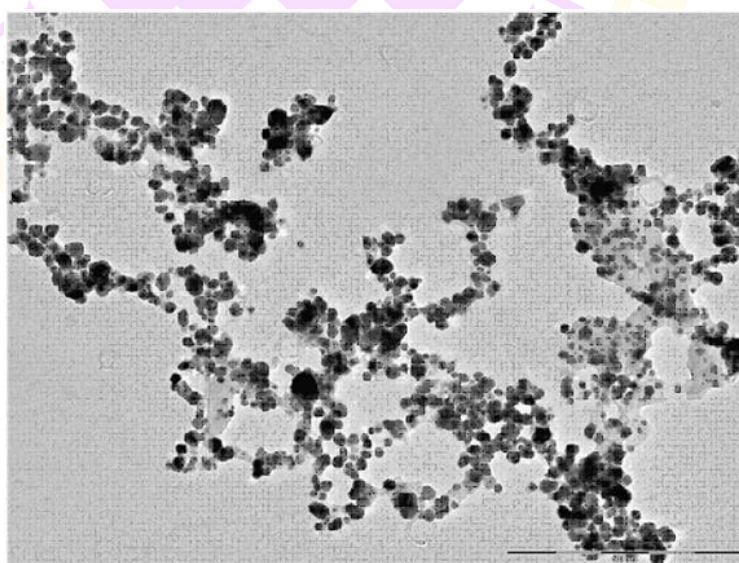


Figure 12 TEM image of AgNPs synthesized by microwave irradiation for 30 second at 300 Watt [46].

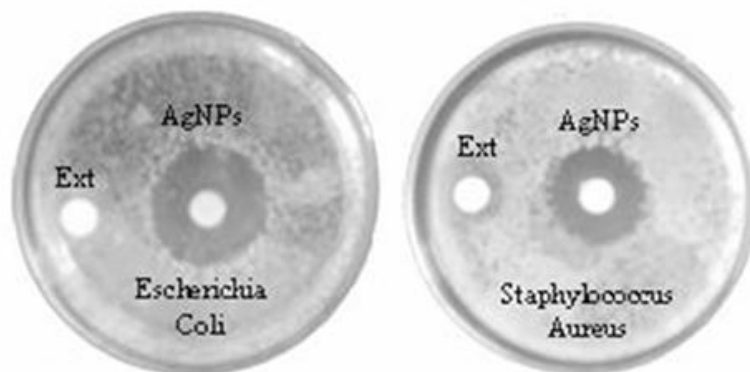


Figure 13 Antibacterial assay: zone of inhibition against *E. coli* and *S. aureus* [46]

Allium cepa was introduced by Zakaria E. as a reducing and capping agent for the synthesis of AgNPs. UV-visible spectroscopy revealed a surface plasmon resonance peak at 420 nm, indicating the formation of AgNPs with a spherical shape with size ranging between 10 to 23 nm as shown in Figure 14. AgNPs demonstrated the highest potential antimicrobial activity against *P. aeruginosa* and *B. subtilis*, and shown to have promising potential in the treatment of infectious diseases and tumors [47].

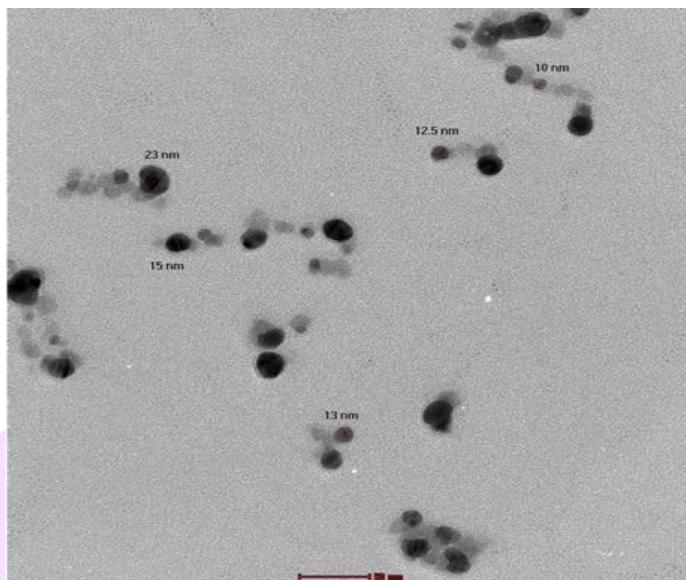


Figure 14 TEM micrograph of the biosynthesized silver nanoparticles (AgNPs) [47].

Singh R. and coworkers biosynthesized silver nanoparticles using *Allium cepa* extract. The average size of AgNPs was determined using TEM which was found to be 33.67 nm with a spherical shape (Figure 15). Synthesized AgNPs exhibit effective antibacterial activity against *E.coli* and *S. typhimurium* (Figure 16) [48].

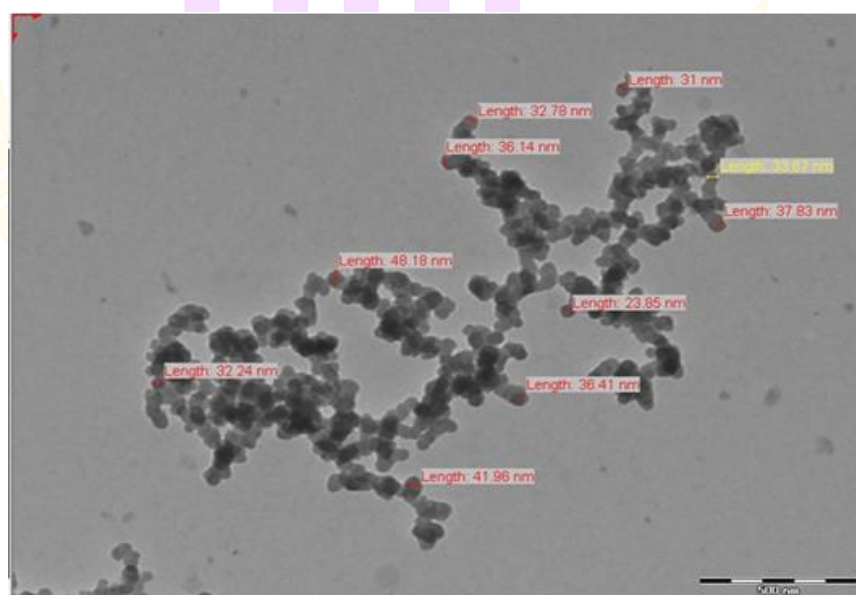


Figure 15 TEM micrographs of silver nanoparticles synthesized from onion extract [48].

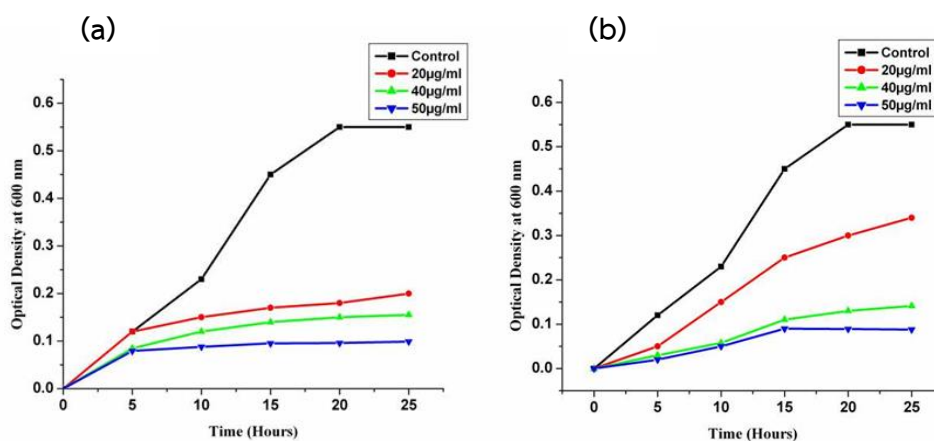


Figure 16 Effect of silver nanoparticles on *E.coli* (a) and *Salmonella typhimurium* (b) [48].

From the literature review above, the extraction of raw materials from onion/shallot used in the synthesis of AgNPs can be classified into two categories: a whole bulb and onion peel. The use of whole bulbs affords AgNPs with spherical shape within the range between 10 to 100 nm while onion peel produces a spherical AgNPs within the range of 5 to 90 nm. In terms of antibacterial properties, the use of bulbs and peels present the same order of antibacterial properties as follows, in descending order from greater biocidal impact to the lesser: *Pseudomonas aeruginosa* > *Bacillus subtilis* > *Staphylococcus aureus*.

In this work, biosynthesis of AgNPs was performed by using red onion peels as reducing and stabilizing agent to obtain different sizes and shapes of AgNPs that could be of benefit in the application of their antibacterial properties; especially in the air cleaning device application. Green synthesis of red onion peels was performed using microwave extraction with water to obtain red aqueous extract as shown in Figure 1(b). Biosynthesized AgNPs were investigated for their antibacterial properties on both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa* and *E. coli*) and gram-

positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*). Further investigation has also been performed to study the potential application of AgNPs coated on air filter membranes to counter the activity of airborne diseases *P. aeruginosa*. Naturally, *P. aeruginosa* is a gram-negative rod-shaped bacterium that can cause disease in plants and animals, including humans. This bacteria species can infect humans in many ways after surgery such as blood, lungs, and other parts of the body, especially respiratory infections to the patients who require breathing machines and air cleaning devices. *P. aeruginosa* is a multidrug resistant pathogen that can inhibit various antibiotics from penetrating its outer membrane. Treatment of *P. aeruginosa* infections is difficult because it is naturally resistant to antibiotics. However, increasing antibiotic drug regimens is possible but adverse effects may occur with the patient. So, the development of air filter membranes to prevent and inactivate airborne diseases such as *P. aeruginosa* will be of advantage to patients in hospital and people who are under the risk of *P. aeruginosa* infections.



CHAPTER III RESEARCH METHODOLOGY

This chapter describes materials and methods used in this study including preparation of red onion (*Allium cepa* L.) peel extract, synthesis of silver nanoparticles, antimicrobial activity and sample characterization.

Material and methodology

Chemicals and materials

AR-grade silver nitrate (AgNO_3) was purchased from Labscan (RCL Labscan Limited, Bangkok, Thailand). The Red Onion was purchased from a local market in Phayao province, Thailand. The nutrient agar (Muller Hinton agar (MHA) and Muller Hinton broth (MHB) were purchased from HiMedia Laboratories (HiMedia Laboratories Pvt. Ltd. Mumbai, India). Deionized water (RCL Labscan Limited, Bangkok, Thailand) was used in all the experiments. 3M Filtrete air filter was purchased from 3M Thailand.

Preparation of red onion (*Allium cepa* L.) peels extract

Red Onion bulbs were peeled and the peels were dried in the oven at 50°C overnight. Then 5 g of dried red onion peels were cut into small pieces in a blender and were heated in the microwave for 15 min at 130 W with deionized water. The ratio of dried red onion peels to deionized water was 1 g:10 mL. The obtained solution was then filtered until it became a red clear colour (Figure 17) and then lyophilized to obtain a red extracted powder of red onion peels (ROP).

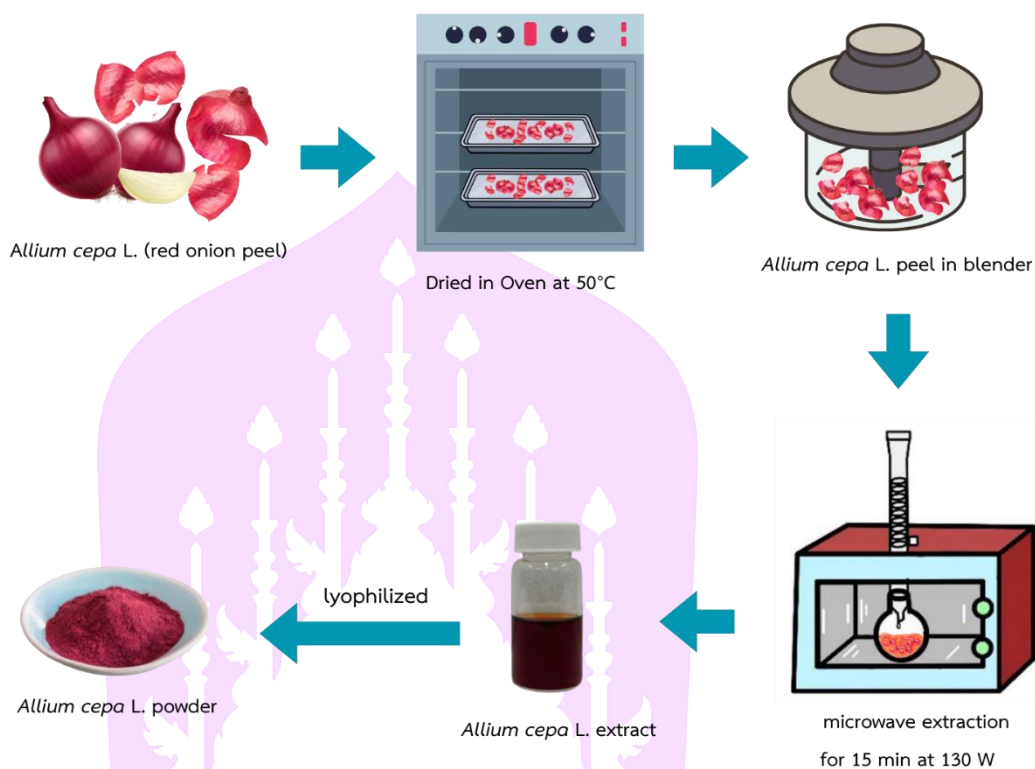


Figure 17 Preparation of red onion (*Allium cepa* L.) peels extract

Silver nanoparticles synthesis

AgNPs were synthesized using ROP as a reducing and stabilizing agent by performing as follows: Solution of silver nitrate 10 mL, 0.025 wt% of AgNO_3 was added into 10 mL of ROP solution. The concentration of ROP in the mixture was prepared as follows: 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt%. The solution mixture was then stirred overnight for 12 h at ambient temperature and the temperature was finally increased to 80°C for 1 h in the final step. All reactions were performed in dark conditions. The brownish colloidal solution of AgNPs was kept in the dark condition at ambient temperature prior to use (Figure 18).



Figure 18 Green synthesis of silver nanoparticle using red onion (*Allium cepa* L.) peels extract.

Antimicrobial activity

The antibacterial activity of obtained AgNPs colloidal solution was assessed using the disc diffusion method following standards and guidelines from the Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI) as mentioned in our previous work (Figure 19) [49]. The antimicrobial properties of synthesized AgNPs with ROP extract were tested for antimicrobial activities towards overnight-grown bacteria both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa* and *E. coli*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*) which were standardized using the McFarland standard (McFarland standard No. 0.5). These microorganisms were collected, cultured and maintained at the Department of medical microbiology and parasitology, School of Science, University of Phayao, Phayao, Thailand. The bacteria suspensions were diluted 1:10 to obtain 1.5×10^7 colony forming units per milliliter (CFU/mL) and were plated on the nutrient agar using sterile cotton buds. Antibacterial testing samples were prepared by adding a small volume (50 μ L) of Chloramphenicol, NaCl, AgNO₃ (0.025 wt%), ROP extract (0.009 wt%), and the obtained different dilutions of biosynthesized AgNPs varying from 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt% were dropped onto the antibiotics test

plate, sheet, grade MN 827 ATD, 6 mm. Each Petri plate containing nutrient agar was loaded with four antibacterial testing samples. The Petri plates were incubated at 37°C for 18 h and then examined for the appearance of a clear area around the disc by measuring the diameter of inhibition zones using a ruler which was recorded and expressed in millimeters. The antibacterial activity of synthesized AgNPs was compared to the size and diameter of inhibition zones with Chloramphenicol (positive control), NaCl (negative control), AgNO₃ and ROP extract. The antibacterial testing procedure on air filter for potential use in air cleaning devices was similar to the method mentioned above but the antibiotics test plates were replaced by using 3M Filtrete air filter.

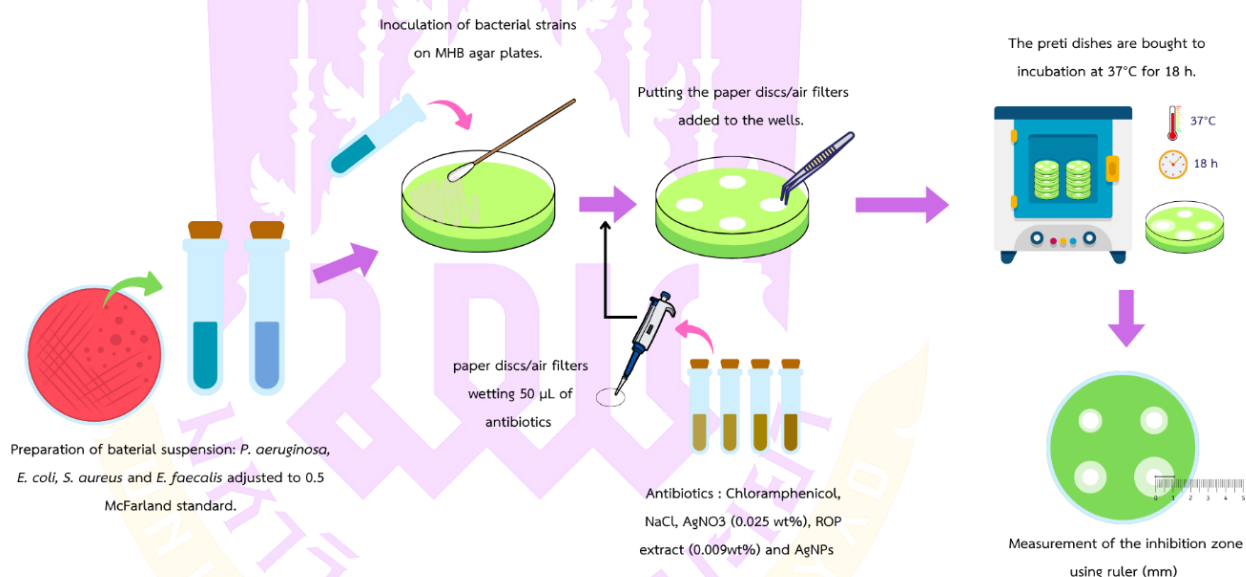




Figure 19 Schematic representation of agar well diffusion assay of silver nanoparticles on *P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus* and *E. faecalis*.

Sample characterization

The formation of Ag nanoparticles was observed by use of a UV-Vis spectrometer (Jusco, V530, Jasco International Co., Ltd., Tokyo, Japan) in dual beam mode. The functional groups on AgNPs were validated using a Fourier-transform

infrared (FTIR) spectrometer (Nicolet 6700, Thermo Fisher Scientific). A laser particle sizer (Malvern Zetasizer Nano ZS, Malvern Instruments Limited, Worcestershire, UK) equipped with a He-Ne laser at 633 nm, 4 mW was used to determine particle size and zeta potential at 25°C by dynamic light scattering (DLS) in backscattering mode. AgNPs colloidal solution was diluted with deionized water (1:4) prior to subjecting to test. An X-ray diffractometer (Rigaku Miniflex 600 X-ray diffractometer using Cu K α x-ray radiation, Rigaku Corporation, Tokyo, Japan) was used to obtain the diffraction patterns of the AgNPs dried film on a glass slide. The surface morphology, size, and structural properties of AgNPs (drop-cast on a copper plate with gold sputter-coating) were characterized by SEM (SEM, Philips Tecnai 12, FEI Company, OR, Czech) Instruments used for analyzing and identifying of synthesized AgNPs in this research are listed in Table 1.

Table 1 List of instruments used for analyzing and identifying of synthesized AgNPs in this research.

Instrument	Company	Picture of Instrument
UV-Vis spectrometer (Jusco, V530)	Jasco International Co., Ltd., Tokyo, Japan.	
Fourier-transform infrared (Nicolet 6700)	Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, U.S.	

Laser particle sizer (Malvern Zetasizer Nano ZS) Malvern Instruments Limited, Worcestershire, United Kingdom.



X-ray diffractometer (Rigaku Miniflex 600) Rigaku Corporation, Tokyo, Japan.



Scanning electron microscopy : SEM (Philips Tecnai 12) SEM, Philips Tecnai 12, FEI Company, OR, Czech.



CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION

Spectroscopic measurements

The investigation of AgNPs formation by green synthesis using ROP (Red Onion Peels) extract was observed by UV-vis spectroscopic technique. Due to the photosensitivity of silver, AgNPs colloidal solution was kept under dark conditions at room temperature prior to subjection to UV-Vis spectroscopic measurements. The UV-vis spectra of the reaction mixtures have been acquired on AgNPs aqueous colloidal solutions synthesized at the different ROP concentrations of 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt% on the first day after heat treatment. In terms of physical appearance, it can be observed that the series of colour intensity of AgNO₃ aqueous solution reduced by ROP extract before and after reduction overnight followed by heating at 80°C for 1 h with subsequent standing for 24 h shows the appearance of a brownish color under ambient conditions for the whole series; where their intensity increases with the increase from 0.003 to 0.009 wt% of ROP concentration (Figure 20). The change in colour intensity can be used as a preliminary indication for the formation of AgNPs and the surface plasmon resonance absorption. Figure 21 illustrates the spectroscopic measurements of a reaction mixture showing SPR peak at around 450 nm which is attributed to the nucleation and coalescence processes of AgNPs formation [50] corresponding to colour change of the mixture (AgNPs+ROP extract) from colourless to brown.



Figure 20 Colour intensity of AgNPs aqueous colloidal solution reduced by ROP extract before (left) and after reduction (right) shows changes in colours which are more intense in all the series starting from 0.003 to 0.009 wt% of ROP concentration.

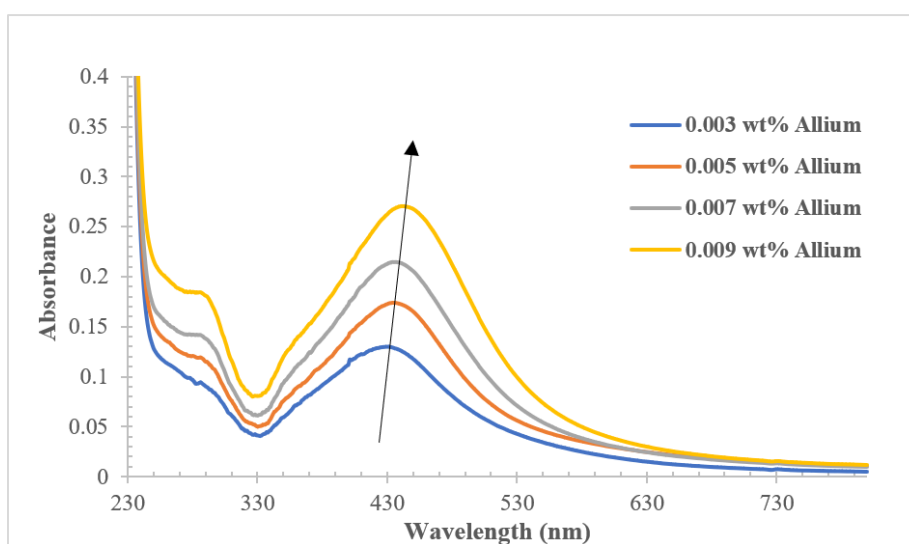


Figure 21 UV-vis spectra of AgNPs colloidal solution reduced by ROP at room temperature with concentration range from 0.003 wt% to 0.009 wt%.

Interestingly, the shape, number and red shifting of SPR bands can be used to predict shape and size of AgNPs [29,30,51]. In this work, a single SPR band was observed in all spectroscopic measurements. This can be interpreted as that AgNPs in this work are spherical or quasi-spherical in shape. Furthermore, the red shifting in the SPR band is also observed (black arrow) in this work indicating that larger particle sizes

are observed with respect to the concentration of ROP [52]. The spectroscopic measurement result is evidence of the reduction of Ag^+ to AgNPs by phytonutrients in the ROP extract such as polyphenols, flavonoids, terpenoids, alkaloids, phenolic acids, antioxidants and vitamins [53]. Moreover, AgNPs formation rate is faster at the higher concentration of ROP as can be observed by the change of the absorbance intensity and the colour of AgNPs aqueous colloidal solution.

FTIR studies were accomplished for both the ROP extract and the whole series of AgNPs colloidal solutions to examine the reduction reaction and stabilization of biosynthesized AgNPs that have been coated with different functional groups of phytochemicals in the ROP extract. Figure 22 shows FTIR spectra of pure ROP extract and dried powder obtained from AgNPs colloidal solutions reduced using ROP at the different concentrations of 0.003, 0.005, 0.007 and 0.009 wt%. The FTIR spectrum of ROP extract shows a broad absorption peak at around 3428 cm^{-1} which is attributed to the N-H stretching of protein, the O-H widening of carbohydrates, alcoholic, phenolic compounds and water. The shoulder at 1635 cm^{-1} corresponds to the C=C stretching of phenyl in polyphenol components. The peaks at 1417 cm^{-1} correspond to the bending of C-H asymmetric in CH_2 and CH_3 groups. FTIR can be used to confirm the existence of ROP extract in all samples due to the similarity of the IR spectra between ROP extract and synthesized AgNPs with ROP extract. It can be observed that as the concentration of ROP extract was increased, clear peaks in the spectra were revealed. Marked shifts observed in FTIR spectra are also related to the adsorption of ROP extract constituents on the AgNPs surface. Furthermore, the observed marked shifts (black straight line) at 3446 cm^{-1} , 1628 cm^{-1} , 1386 cm^{-1} and 824 cm^{-1} are evidence that ROP extract was involved in the reduction of Ag^+ to obtain biosynthesized AgNPs, and that the biosynthesized AgNPs from ROP extract were coated with different functional groups of phytochemicals found in ROP. The phytochemical compounds such as flavonoids and phenolic acids in ROP are rich in hydroxyl groups (-OH group) which can be associated with electron transfer in the

reduction process of Ag^+ to Ag^0 , leading to the formation of silver nuclei and production of AgNPs [53]. Moreover, the functional groups coating on the AgNPs surface such as the $-\text{OH}$ group on carbohydrate residues can prevent aggregation and aid stabilization of biosynthesized AgNPs [37].

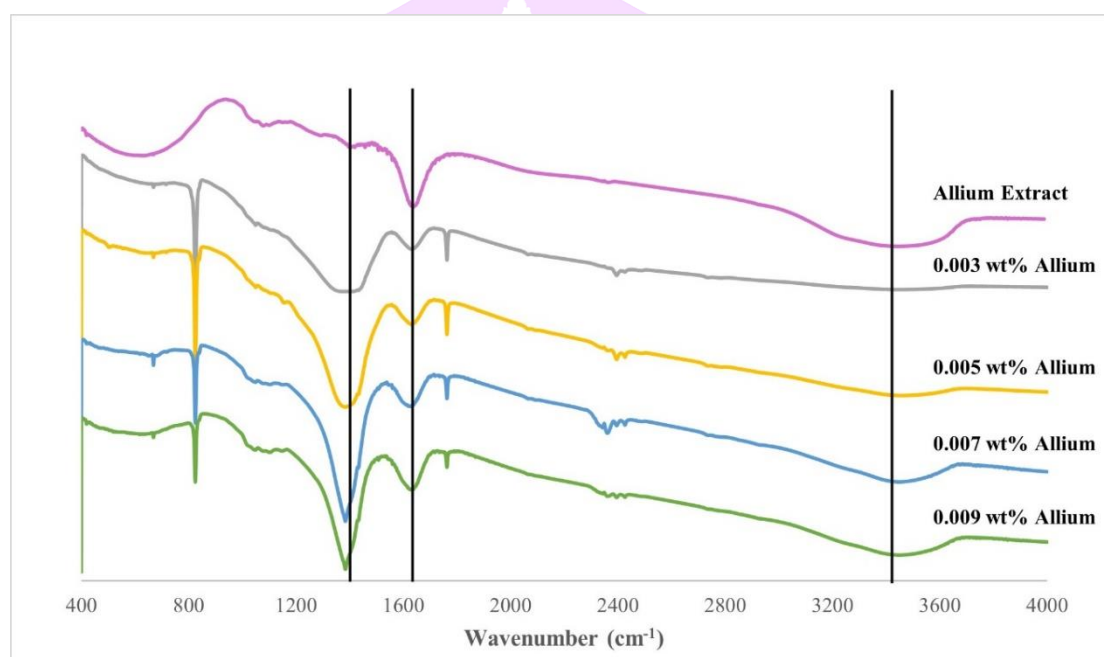


Figure 22 FTIR of ROP extract and AgNPs reduced by ROP at the different concentrations.

X-ray diffraction

To investigate the crystallographic structure and arrangement of the synthesized AgNPs reduced by ROP extract, X-ray diffraction (XRD) technique was employed, and the analysis results are displayed in Figure 23. Strong diffraction peaks are observed in all AgNPs samples reduced by ROP at the different concentrations of 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt% indicating a crystalline structure of AgNPs in nature. The diffraction peaks identified at an angle 2θ around 38° , 44° , 64° , and 77° can be indexed as (111), (200), (220), and (311) Bragg reflections planes of cubic metallic Ag respectively. The sets of these diffraction peaks were in agreement with

the standard data file (JCPDS No. 04-0783, International Centre for Diffraction Data (ICDD), Newton Square Pennsylvania, USA) of the Joint Committee on Powder Diffraction Standards and were consistent with other literature reports [53]. Moreover, no peaks related to silver oxide such as Ag_2O , Ag_3O_4 , or other Ag molecules were observed in the diffraction pattern, indicating that synthesized AgNPs by ROP extract in this work show a phase with a high degree of purity.

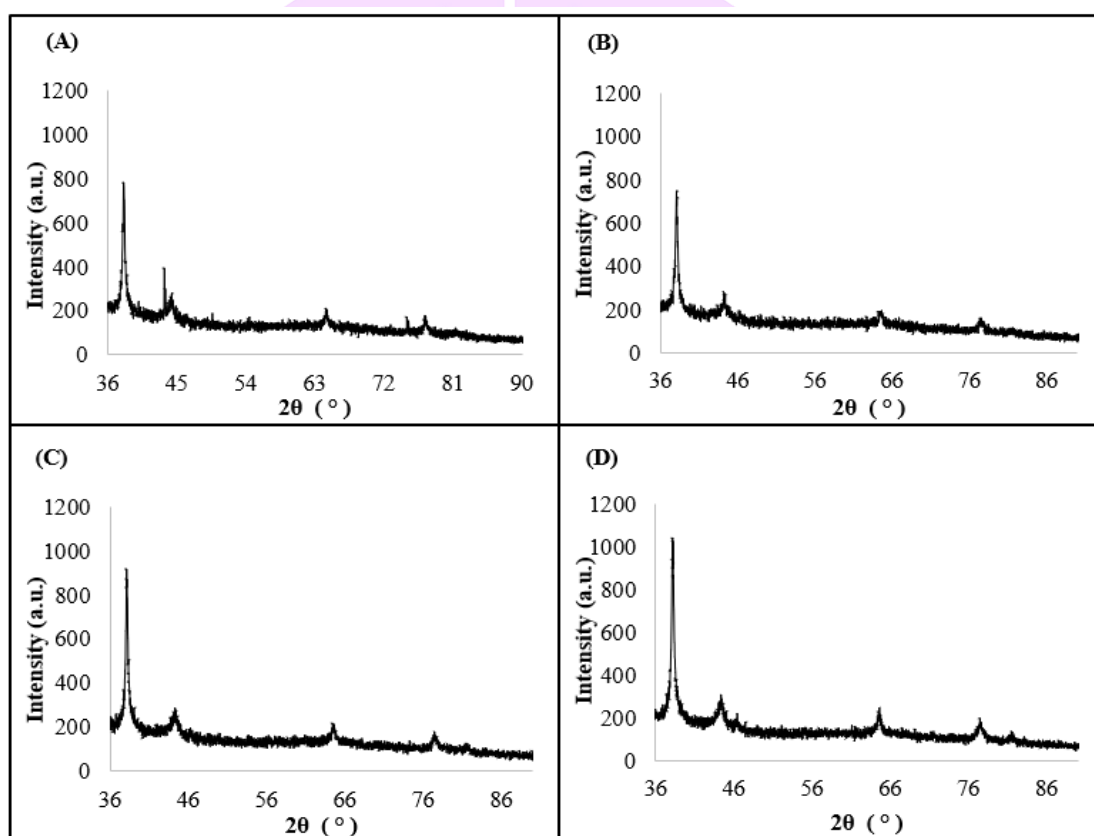


Figure 23 Powder XRD pattern of AgNPs obtained from AgNPs colloidal solution reduced and stabilized by ROP of different concentrations: (A) 0.003 wt%, (B) 0.005 wt%, (C) 0.007 wt%, and (D) 0.009 wt% respectively.

Zeta potential and size distribution

Dynamic Light Scattering (DLS) technique was used to analyze the mean average size and stability of AgNPs by measuring the hydrodynamic size and zeta potential value. Zeta potential with a large negative or positive value indicates a

good stability of the AgNPs by preventing the agglomeration and flocculation due to electrostatic forces ie; charge repulsion [54,55]. All AgNPs colloidal solutions synthesized using ROP extract in this work show high zeta potential values of -38.62 ± 7.8 , -44.2 ± 2.9 , -41.17 ± 5.1 , and -40.15 ± 3.6 mV respectively as shown in Table 2. Noticeably, AgNPs at the concentration of ROP extract ranging from 0.005 to 0.009 wt% had higher zeta potentials than for 0.003 wt%. This can be explained by the concentration effect that contributes to the functional groups such as hydroxy group resulting in a repulsive charge interaction.

The mean particle sizes of synthesized AgNPs colloidal solution show polydispersity in nature as shown in Table 2. The mean particle size obtained from the 1st peak of AgNPs reduced by ROP at the concentration of 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt% are 6.8 ± 1.0 nm, 9.3 ± 0.3 nm, 7.8 ± 1.2 nm, and 9.6 ± 1.3 nm respectively, while the mean particle size of the 2nd peak in all samples are 62.8 ± 18.7 , 90.0 ± 46.0 nm, 76.1 ± 32.9 nm, and 95.7 ± 57.7 nm respectively. It can be observed that, when the concentration of ROP increases, AgNPs size also increases except for the AgNPs at the concentrations of 0.005 and 0.007 wt% of ROP that show nearly the same size. The measurement of size and zeta potential value can be used to confirm a successful bio-reduction of AgNPs that was influenced by phytochemicals such as phenolics, flavonoids, flavanols and quercetin in the ROP extract.

Table 2 Mean zeta potential values and Mean particle sizes (1st peak and 2nd peak in nm) of AgNPs colloidal solutions obtained from ROP extract at different concentrations ranging from 0.003 to 0.009 wt%.

Sample	Mean zeta potential (mV)	Mean particle size (1 st peak-nm)	Mean particle size (2 nd peak-nm)
AgNPs ROP Extract 0.003 wt%	- 38.62 ± 7.8	6.8 ± 1.0	62.8 ± 18.7
AgNPs ROP Extract 0.005 wt%	- 44.20 ± 2.9	9.3 ± 0.3	90.0 ± 46.0
AgNPs ROP Extract 0.007 wt%	- 41.17 ± 5.1	7.8 ± 1.2	76.1 ± 32.9
AgNPs ROP Extract 0.009 wt%	- 40.15 ± 3.6	9.6 ± 1.3	95.7 ± 57.7

SEM morphology

Figure 24 shows the morphology of synthesized AgNPs with ROP extract at the different concentrations of 0.003 wt% (A), 0.005 wt% (B), 0.007 wt% (C), and 0.009 wt% (D). The agglomeration and many lumps are observed in all conditions due to the natural characteristics of phytonutrients such as phenolics, flavonoids, flavanols, quercetin, waxes and amino acids. Noticeably, various shapes and sizes of AgNPs were observed throughout the concentration range as shown in Figure 24 (A) to (D). At the low concentration of 0.003 and 0.005 wt%, the majority of quasi-spherical shape appeared with some flat triangular and hexagonal shapes. When the concentration of ROP reaches 0.007 wt%, the predominant appearance of silver nanoparticles with sharp edges (sea urchin clusters) is increased. The sea urchin-like structures of biosynthesized AgNPs using red onion peel extract show superior antibacterial effect on gram-negative bacteria which will be discussed in the next section. When the concentration of ROP increases to 0.009 wt%, the shape of AgNPs becomes more quasi-spherical and flat shape again. The rationale behind this phenomenon can be explained by the different phytonutrients found in ROP that could have assisted in the reduction process. These phytochemical compounds can act as reducing, capping and stabilizing agents [56,57]. For example, the

phytochemical compounds of flavonoids and phenolic acids are involved in the reduction process of Ag^+ to Ag^0 , while xanthenes and some carbohydrates can act as capping and stabilizing agents. The different concentrations of various plant extracts contain different amounts of biogenic capping agents that can control the growth of nanoparticles and affect the morphology and size of nanoparticles [58,59] contributing to the different sizes and shapes of AgNPs in this work. The variation in shape and size reduction of AgNPs when ROP extract was added to the system can be explained in terms of the strong interaction between the protective polyphenolic molecules and the surface of AgNPs that prevents the growth of AgNPs [60]. Furthermore, the increase in the concentration of ROP extract can increase the number of nucleation sites resulting in smaller particles, while the low concentration of ROP extract produces less nucleation sites, leading to more reduction and large particles formation [61]. However, the final CS concentration of 0.009 wt% produced larger structures again. This suggests that too high ROP concentration is not suitable for synthesizing small size AgNPs in this system. The SEM analysis shows that the synthesized AgNPs and clusters obtained at the concentration of 0.003 to 0.009 wt% of ROP have non-uniform shape and wide distribution of particle size (10 to 1 μm) which can be naturally occurring in nature in green synthesis using plant extracts [62]. However, Particle sizes obtained using Dynamic Light Scattering (DLS) and SEM are different. DLS gives the hydrodynamic size (the size of the nanoparticle plus the liquid layer around the particle) while SEM gives the sizes of particles in the dry state. This is the reason to explain why size measured by DLS is different from SEM. In our case, AgNPs sizes observed by SEM are varied which may be attributed to the nature of green synthesis using plant extracts and the agglomeration of the AgNPs structure and/or AgNPs clusters in the dry state. So AgNPs size observed by SEM is bigger comparing to DLS.

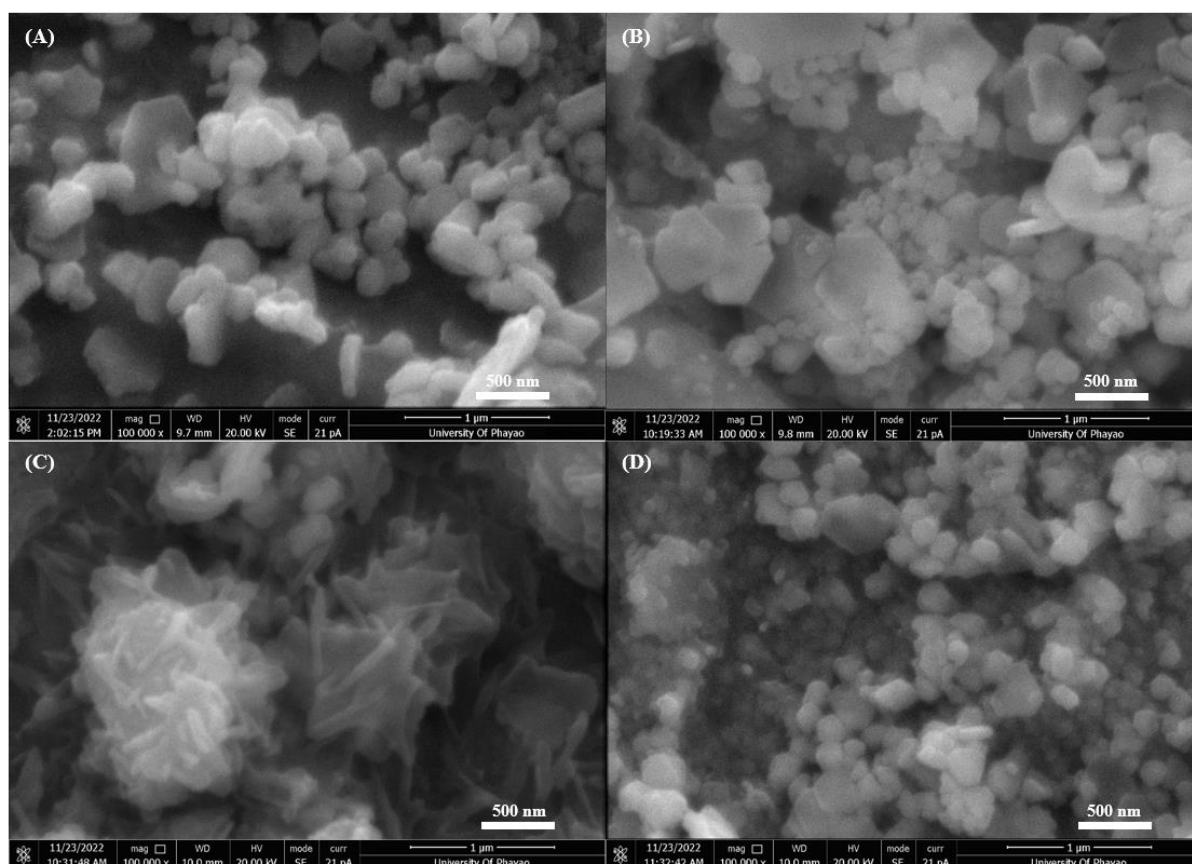


Figure 24 SEM images (100000X) of synthesized AgNPs with ROP extract at the different concentrations of 0.003 wt% (A), 0.005 wt% (B), 0.007 wt% (C), and 0.009 wt% (D).

Antimicrobial activity

The antibacterial properties of synthesized AgNPs with ROP extract were tested for antibacterial activities towards both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa* and *E. coli*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*) compared with Chloramphenicol (positive control), NaCl (negative control) and AgNO_3 as shown in Table 3. All AgNPs show good antibacterial activities toward both gram-negative and gram-positive bacteria and exhibit superior antibacterial activities than AgNO_3 as can be seen in Table 4. The inhibition zone diameters of AgNPs for all synthesis conditions are higher than employing AgNO_3 alone, but the activities are lower compared with Chloramphenicol. However, NaCl and ROP extract alone become

ineffective in antibacterial activities although we expect that ROP could exhibit antibacterial activities in this work.

Noticeably, synthesized AgNPs at the concentration of 0.007 wt% ROP shows superior antibacterial activity toward *E. coli*. It should be noted that AgNPs synthesized under this condition is optimal in obtaining good antibacterial activity for *E. coli* and *P. aeruginosa*, showing inhibition zone diameters of 16.2 ± 0.9 and 10.5 ± 0.5 mm. This can be explained by the morphology of sea urchin-like structure of AgNPs at this condition which can increase the surface area and promoting contact between the AgNPs and the bacteria cell membrane [63,64]. Furthermore, it has been reported that sharp edged structures exhibit higher charge density than round structures leading to a superior disturbance permeability and rupture of the bacteria membrane [64,65].

Table 3 Zone of inhibition (ZOI) of all synthesized AgNPs with ROP towards both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa* and *E. coli*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*) compared with Chloramphenicol (positive control), NaCl (negative control), Allium extract (0.009 wt%) and AgNO₃ designated as A: Chloramphenicol (positive control), B: NaCl (negative control), C: Allium extract (0.009 wt%), D: AgNO₃ (0.025 wt%), E: 0.003 wt% Allium-AgNPs, F: 0.005 wt% Allium-AgNPs, G: 0.007 wt% Allium-AgNPs and H: 0.009 wt% Allium-AgNPs

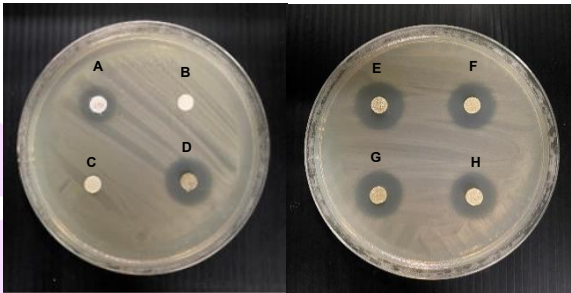
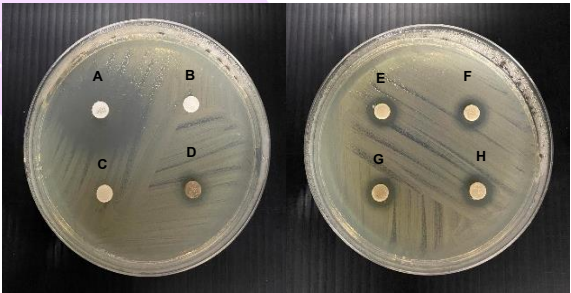
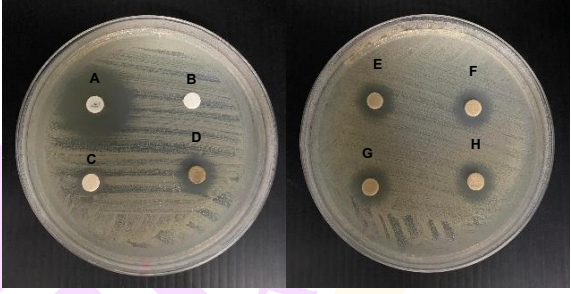
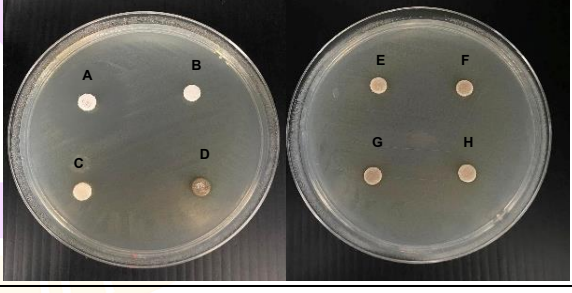
Bacterial agent against	Inhibition zone diameter (mm)
<i>P. aeruginosa</i>	
<i>E. Coli</i>	
<i>S. aureus</i>	
<i>E. faecalis</i>	

Table 4 Inhibition zone diameters (average value \pm standard deviation) of all synthesized AgNPs with ROP towards both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa* and *E. coli*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*) compared with Chloramphenicol (positive control), NaCl (negative control), Allium extract (0.009 wt%) and AgNO₃.

Inhibition zone diameter (mm)	Sample							
	Chloramphenicol (positive control) (A)	NaCl (negative control) (B)	ROP extract (0.009 wt%) (C)	AgNO ₃ (0.025 wt%) (D)	AgNPs ROP Extract 0.003 wt% (E)	AgNPs ROP Extract 0.005 wt% (F)	AgNPs ROP Extract 0.007 wt% (G)	AgNPs ROP Extract 0.009 wt% (H)
<i>P. aeruginosa</i>	13.0 \pm 0.0	0	0	15.1 \pm 0.0	16.2 \pm 0.1	15.8 \pm 0.1	16.2 \pm 0.9	15.3 \pm 0.6
<i>E. coli</i>	27.1 \pm 0.1	0	0	8.1 \pm 0.0	9.8 \pm 0.1	9.3 \pm 0.3	10.5 \pm 0.5	10.0 \pm 0.3
<i>S. aureus</i>	22.9 \pm 1.0	0	0	8.9 \pm 0.0	9.8 \pm 0.2	9.3 \pm 0.4	9.6 \pm 0.0	9.0 \pm 0.2
<i>E. faecalis</i>	24.1 \pm 0.8	0	0	7.0 \pm 0.0	7.3 \pm 0.4	7.3 \pm 0.4	7.4 \pm 0.2	7.1 \pm 0.1

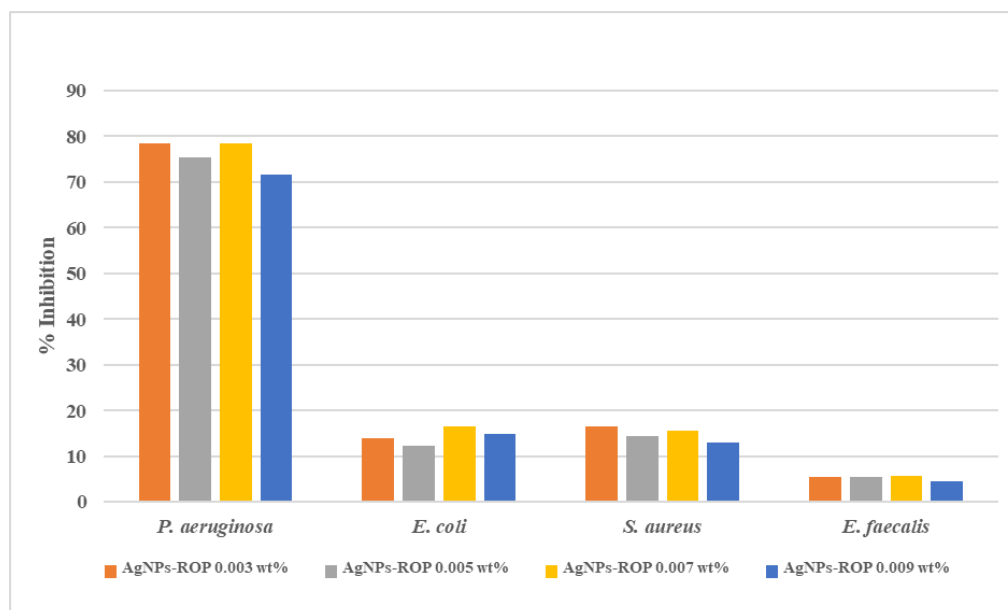


Figure 25 The comparison of percent inhibition of all synthesized AgNPs with ROP towards both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa* and *E. coli*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*).

It can be observed that the antibacterial results reported as percent inhibition in Figure 25 illustrates the best antibacterial activity of Allium-Ag NPs against *P. aeruginosa* compared to *E. coli*, *S. aureus* and *E. faecalis*. In the case of *E. coli*, the previous work published by Alshahrani A. [66] reported a superior antibacterial activity of Ag-onion than our work. However, the antibacterial activity of onion peel extract (OPE) alone shows positive results in all tests while onion peel extract in our work shows no antibacterial effect.

P. aeruginosa is the most common gram-negative bacteria that are found in the environment causing infections in humans. This harmful bacteria can infect humans through blood, lungs, and other parts of the body after surgery especially respiratory infections to the patients who require ventilators and ventilation, such as breathing machines and air cleaning devices [67]. Furthermore, *P. aeruginosa* is a pathogen that find new routes to avoid antibiotics and is resistant to drugs used to kill them [68].

CHAPTER V CONCLUSION

Discussion and conclusion

In this research, we successfully synthesized AgNPs by green synthesis using the extract of red onion (*Allium cepa* L.) Peels (ROP). Our synthesized AgNPs with different ROP concentrations show various shapes of quasi-spherical shape, flat triangular, hexagonal shapes and sea urchin clusters. The zeta potential shows high values of approximately -40 mV indicating good stability of AgNPs colloidal solution. Our AgNPs in this work show superior antibacterial effect on gram-negative bacteria toward *P. aeruginosa* which is superior than AgNO₃ and Chloramphenicol. Furthermore, the antibacterial test toward *P. aeruginosa* on fibrous filters (ROP Extract–3M Filtrete™ with AgNPs) used in air filtration devices shows outstanding potential for use of these AgNPs as antibacterial agents in air cleaning devices. The maximum inhibition zone of synthesized AgNPs with ROP extract 0.007 wt% (50 µL) is 21.6 ± 0.5 mm. This application of our ROP extract synthesized AgNPs as superior antibacterial agents in air cleaning devices is crucial for the inactivation and removal of airborne pathogens before they can infect vulnerable post-surgery patients and forms a significant aspect of our work.

Implication of the study

Due to the good antibacterial activity of our synthesized AgNPs with ROP extract toward *P. aeruginosa*. We tested our AgNPs for antibacterial application by drop casting AgNPs colloidal solution on fibrous filters used in air filtration devices to investigate a potential application in air cleaning devices. Our preliminary investigation found that AgNPs (0.007 wt% of ROP, 5-800 µL) coated on air filter exhibit a good antibacterial activity toward *P. aeruginosa* especially at the condition of 50 µL of the mixture, showing inhibition zone diameters of 21.6 ± 0.5 mm (Figure 26 and Table 5) while the air filter alone (non-coated AgNPs) shows no antibacterial activity. This result suggests that our synthesized AgNPs used in this study show good

potential for use as an antibacterial agent for antibiotic-resistant bacteria in air cleaning devices.

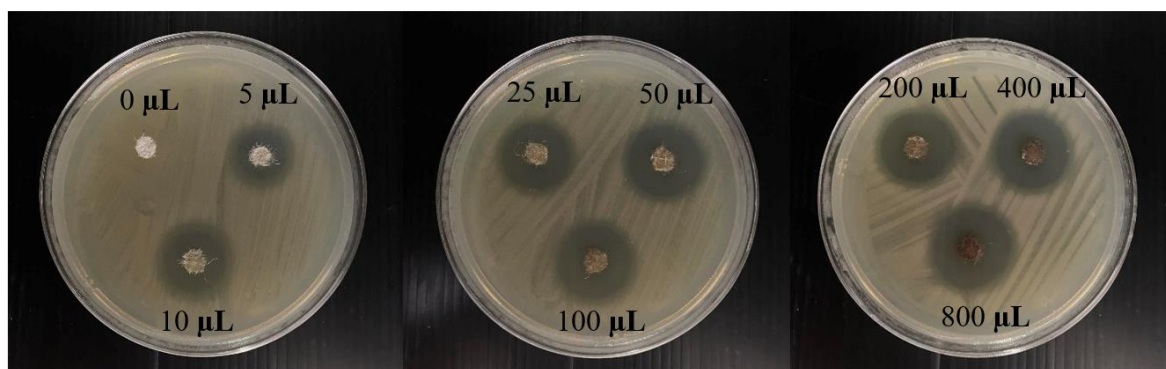


Figure 26 The inhibition zone of: (Left) fibrous filter used in air filtration with no AgNPs coating and (Right) fibrous filters used in air filtration coated with AgNPs colloidal solution (0.007 wt% of ROP) at various applied volumes (5 μL to 800 μL).

Table 5 Inhibition zone diameters (average value \pm standard deviation) of fibrous filters used in air filtration device coated with AgNPs at the concentration of 0.007 wt% of ROP ranging from 0-800 μL .

AgNPs ROP Extract 0.007 wt% (μL)	Inhibition zone diameter of <i>P. aeruginosa</i> (mm)
0	0.0 ± 0.0
5	14.5 ± 0.3
10	17.8 ± 0.3
25	20.1 ± 0.8
50	21.6 ± 0.5
100	21.0 ± 0.4
200	20.6 ± 0.8
400	21.1 ± 0.8
800	21.5 ± 0.6

Suggestion for future work

This research study on the green synthesis of AgNPs from red onion peels demonstrates effective antibacterial properties against gram-positive and gram-negative bacteria, particularly *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*), a strain that causes respiratory tract diseases and infections in patients. This study can be further developed to a new innovative prototype such as silver nanoparticle-coated air filters in hospital and commercial air purification systems. Moreover, red onion peel extracts are being employed in the green synthesis of gold nanoparticles for potential use in cosmetic applications.



BIBLIOGRAPHY

- [1] Duman, H., Eker, F., Akdaşçı, E., Witkowska, A. M., Bechelany, M. and Karav, S. (2024). Silver Nanoparticles: A comprehensive review of synthesis methods and chemical and physical properties. *14*(18), 1527. doi:10.3390/nano14181527.
- [2] Dakal, T. C., Kumar, A., Majumdar, R. S. and Yadav, V. (2016). Mechanistic Basis of Antimicrobial Actions of Silver Nanoparticles. *Front Microbiol*, *7*, 1831. doi:10.3389/fmicb.2016.01831.
- [3] Kumar, M. Barbhai, M. D. Hasan, M. Punia, S. Dhumal, S. Radha and et al. (2022). Onion (*Allium cepa* L.) peels: A review on bioactive compounds and biomedical activities. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *146*, 112498. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112498>.
- [4] Lipşa, F. Stoica, F. Raţu, R. Veleşcu, I. Cârlescu, P. Motrescu, I. and et al. (2024). Red onion peel powder as a functional ingredient for manufacturing ricotta cheese. *Foods*, *13*(2), 182. doi:10.3390/foods13020182.
- [5] Kumar, M. Barbhai, M. Hasan, M. Dhumal, S. Singh, S. Pandiselvam, R. and et al. (2022). Onion (*Allium cepa* L.) peel: A review on the extraction of bioactive compounds, its antioxidant potential, and its application as a functional food ingredient. *Journal of Food Science*, *87*, 1–23. doi:10.1111/1750–3841.16297.
- [6] Benítez, V. Mollá, E. Martín–Cabrejas, M. A. Aguilera, Y. López–Andréu, F. J. Cools, K. and et al. (2011). Characterization of industrial onion wastes (*Allium cepa* L.): dietary fibre and bioactive compounds. *Plant Foods Hum. Nutr.*, *66*(1), 48–57. doi:10.1007/s11130–011–0212–x.
- [7] Benito–Román, Ó., Blanco, B., Sanz, M. T. and Beltrán, S. (2020). Subcritical Water Extraction of Phenolic Compounds from Onion Skin Wastes (*Allium cepa* cv. Horcal): Effect of Temperature and Solvent Properties. *Antioxidants–Basel*, *9*(12), 1233. doi:10.3390/antiox9121233.
- [8] Guan, Z. Ying, S. Ofoegbu, P. C. Clubb, P. Rico, C. M. He, F. and et al. (2022). Green synthesis of nanoparticles: Current developments and limitations. *Environmental Technology & Innovation*, *26*. doi:10.1016/j.eti.2022.102336.

- [9] Roy, A., Bulut, O., Some, S., Mandal, A. K. and Yilmaz, M. D. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles: biomolecule–nanoparticle organizations targeting antimicrobial activity. *RSC Advances*, 9(5), 2673–2702. doi:10.1039/c8ra08982e.
- [10] Wypij, M., Jędrzejewski, T., Trzcińska–Wencel, J., Ostrowski, M., Rai, M. and Golińska, P. (2021). Green Synthesized Silver Nanoparticles: Antibacterial and Anticancer Activities, Biocompatibility, and Analyses of Surface–Attached Proteins. *Front Microbiol*, 12, 632505. doi:10.3389/fmicb.2021.632505.
- [11] Ashraf, J. M., Ansari, M. A., Khan, H. M., Alzohairy, M. A. and Choi, I. (2016). Green synthesis of silver nanoparticles and characterization of their inhibitory effects on AGEs formation using biophysical techniques. *Scientific reports*, 6, 20414. doi:10.1038/srep20414.
- [12] Kunoh, T., Takeda, M., Matsumoto, S., Suzuki, I., Takano, M., Kunoh, H. and et al. (2018). Green Synthesis of Gold Nanoparticles Coupled with Nucleic Acid Oxidation. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(1), 364–373. doi:10.1021/acssuschemeng.7b02610.
- [13] Bharadwaj, K. K., Rabha, B., Pati, S., Sarkar, T., Choudhury, B. K., Barman, A. and et al. (2021). Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using Plant Extracts as Beneficial Prospect for Cancer Theranostics. *Molecules*, 26(21), 6389. doi:10.3390/molecules26216389.
- [14] Kausar, H., Mehmood, A., Khan, R. T., Ahmad, K. S., Hussain, S., Nawaz, F. and et al. (2022). Green synthesis and characterization of copper nanoparticles for investigating their effect on germination and growth of wheat. *PLOS ONE*, 17(6), e0269987. doi:10.1371/journal.pone.0269987.
- [15] Din, M. I., Arshad, F., Hussain, Z. and Mukhtar, M. (2017). Green Adeptness in the Synthesis and Stabilization of Copper Nanoparticles: Catalytic, Antibacterial, Cytotoxicity, and Antioxidant Activities. *Nanoscale Research Letters*, 12(1), 638. doi:10.1186/s11671–017–2399–8.
- [16] Sukumar, S., Rudrasenan, A. and Padmanabhan Nambiar, D. (2020). Green–Synthesized Rice–Shaped Copper Oxide Nanoparticles Using *Caesalpinia bonducella* Seed Extract and Their Applications. *ACS Omega*, 5(2), 1040–1051.

doi:10.1021/acsomega.9b02857.

- [17] Akintelu, S. A., Folorunso, A. S., Folorunso, F. A. and Oyebamiji, A. K. (2020). Green synthesis of copper oxide nanoparticles for biomedical application and environmental remediation. *Heliyon*, 6(7), e04508. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e04508.
- [18] Saif, S., Tahir, A. and Chen, Y. (2016). Green Synthesis of Iron Nanoparticles and Their Environmental Applications and Implications. *Nanomaterials*, 6(11), 209. doi:10.3390/nano6110209.
- [19] Karunakaran, S., Ramanujam, S. and Gurunathan, B. (2018). Green synthesised iron and iron-based nanoparticle in environmental and biomedical application: – a review. *IET Nanobiotechnol*, 12(8), 1003–1008. doi:10.1049/iet-nbt.2018.5048.
- [20] Kiwumulo, H. F., Muwonge, H., Ibingira, C., Lubwama, M., Kirabira, J. B. and Ssekitooleko, R. T. (2022). Green synthesis and characterization of iron-oxide nanoparticles using *Moringa oleifera*: a potential protocol for use in low and middle income countries. *BMC Research Notes*, 15(1), 149. doi:10.1186/s13104-022-06039-7.
- [21] Akintelu, S. A., Oyebamiji, A., Olugbeko, S., Similoluwa, A. and Folorunso. (2021). Green synthesis of iron oxide nanoparticles for biomedical application and environmental remediation: A review. *Eclética Química*, 46, 17–37. doi:10.26850/1678-4618eq.v46.4.2021.p17-37.
- [22] Sahin, M. and Gubbuk, I. H. (2022). Green synthesis of palladium nanoparticles and investigation of their catalytic activity for methylene blue, methyl orange and rhodamine B degradation by sodium borohydride. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, 135(2), 999–1010. doi:10.1007/s11144-022-02185-y.
- [23] Gülbağça, F., Aygün, A., Gülcan, M., Özdemir, S., Gonca, S. and Şen, F. (2021). Green synthesis of palladium nanoparticles: Preparation, characterization, and investigation of antioxidant, antimicrobial, anticancer, and DNA cleavage activities. *Applied Organometallic Chemistry*, 35. doi:10.1002/aoc.6272.
- [24] Ajitha, B., Reddy, Y. A. and Reddy, P. S. (2014). Biogenic nano-scale silver particles by *Tephrosia purpurea* leaf extract and their inborn antimicrobial activity. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*, 121, 164–172.

doi:10.1016/j.saa.2013.10.077.

- [25] Rautela, A., Rani, J. and Debnath, M. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles from *Tectona grandis* seeds extract: characterization and mechanism of antimicrobial action on different microorganisms. *Journal of Analytical Science and Technology*, 10(1), 5. doi:10.1186/s40543-018-0163-z.
- [26] Melkamu, W. W. and Bitew, L. T. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles using *Hagenia abyssinica* (Bruce) J.F. Gmel plant leaf extract and their antibacterial and anti-oxidant activities. *Heliyon*, 7(11), e08459. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e08459.
- [27] Giri, A. K., Jena, B., Biswal, B., Pradhan, A. K., Arakha, M., Acharya, S. and et al. (2022). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Eugenia roxburghii* DC. extract and activity against biofilm-producing bacteria. *Scientific reports*, 12(1), 8383. doi:10.1038/s41598-022-12484-y.
- [28] Taghavizadeh Yazdi, M. E., Amiri, M. S., Akbari, S., Sharifalhosseini, M., Nourbakhsh, F., Mashreghi, M. and et al. (2020). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Helichrysum graveolens* for Biomedical Applications and Wastewater Treatment. *BioNanoScience*, 10(4), 1121–1127. doi:10.1007/s12668-020-00794-2.
- [29] Amendola, V., Bakr, O. and Stellacci, F. (2010). A study of the surface plasmon resonance of silver nanoparticles by the discrete dipole approximation method: effect of shape, size, structure, and assembly. *Plasmonics*, 5, 85–97. doi:10.1007/s11468-009-9120-4.
- [30] Szerencsés, B., Igaz, N., Tóbiás, Á., Prucsi, Z., Rónavári, A., Béteky, P. and et al. (2020). Size-dependent activity of silver nanoparticles on the morphological switch and biofilm formation of opportunistic pathogenic yeasts. *BMC Microbiol*, 20(1), 176. doi:10.1186/s12866-020-01858-9.
- [31] Sukkha, U., Khejonrak, A., Kamonpha, P., Ruangvittayanon, A., Pakdeepromma, S. and Kongtragoul, P. (2023). Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using *Garcinia cowa* Aqueous Leaf Extract and Their Antifungal Activity Against Durian Dieback Pathogen. *Chiang Mai J. Sci.*, 50(5), 1–14. doi:10.12982/CMJS.2023.046.
- [32] Khanh, T. V., Linh, N. T. T., Trinh, P. H., Phung, H. K., Tung, N. T. and Trung, T. T. (2022). Synthesis of Ecofriendly Silver Nanoparticles Using *Coccinia grandis* (L.) Voigt

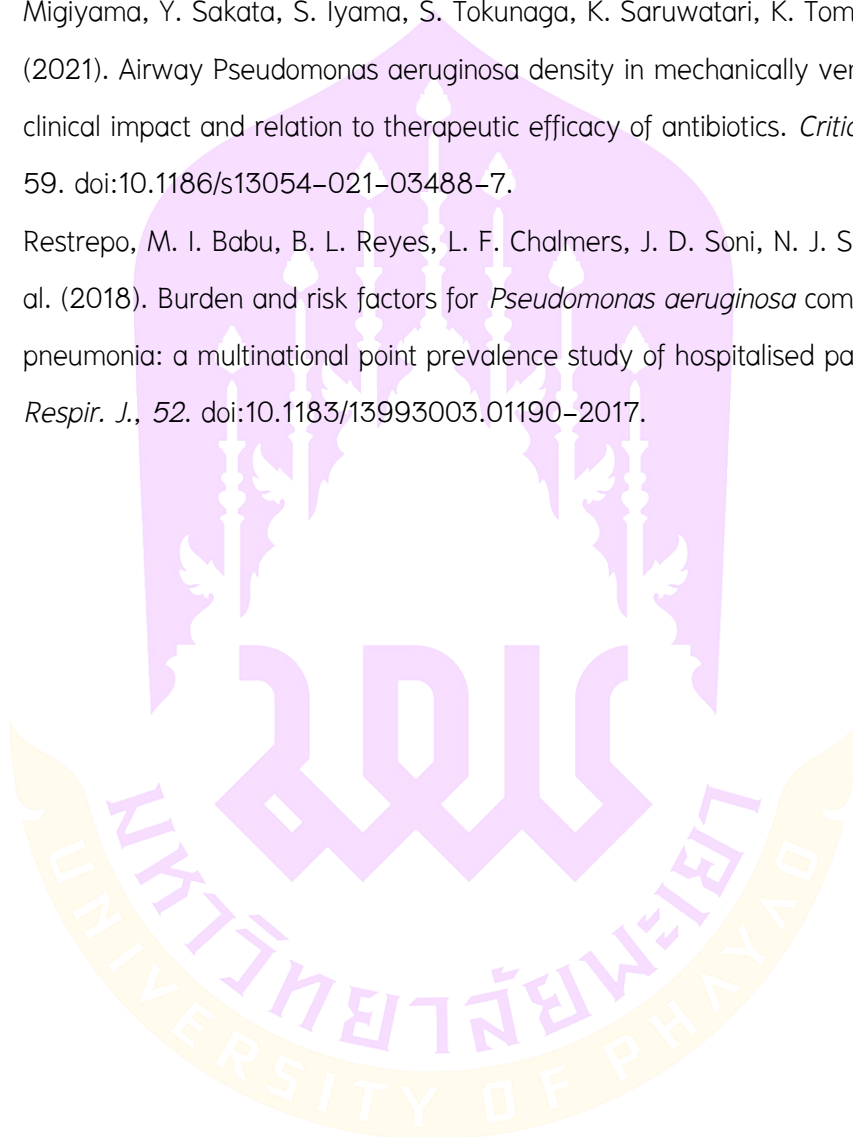
- Extract: Experimental and Theoretical Studies. *Chiang Mai J. Sci.*, 49(5), 1324–1331. doi:10.12982/CMJS.2022.082.
- [33] Chartarrayawadee, W. Charoensin, P. Saenma, J. Rin, T. Khamai, P. Nasomjai, P. and et al. (2020). Green synthesis and stabilization of silver nanoparticles using *Lysimachia foenum-graecum* Hance extract and their antibacterial activity. *Green Process. Synth.*, 9(1), 107–118. doi:10.1515/gps-2020-0012.
- [34] Rohaeti, E. andRakhmawati, A. (2018). Application of Silver Nanoparticles Synthesized by Using *Ipomoea batatas* L. Waste to Improve Antibacterial Properties and Hydrophobicity of Polyester Cloths. *Chiang Mai J. Sci.*, 45(7), 2715–2729.
- [35] Chairam, S. andSomsook, E. (2016). Facile, Versatile and Green Synthesis of Silver Nanoparticles by Mung Bean Starch and Their Catalytic Activity in the Reduction of 4–Nitrophenol *Chiang Mai J. Sci.*, 43(3), 610–620.
- [36] Anandalakshmi, K., Venugobal, J. andRamasamy, V. (2016). Characterization of silver nanoparticles by green synthesis method using *Pedaliium murex* leaf extract and their antibacterial activity. *Appl. Nanosci.*, 6(3), 399–408. doi:10.1007/s13204-015-0449-z.
- [37] Thuy, N. T. T., Huy, L. H., Vy, T. T., Thuy, D. H. P., Tam, N. T. T. andLan, N. T. M. (2020). Application of the response surface methodology for green synthesis of silver nanoparticles using a plant extract of shallot. *Egypt J. Chem.*, 63(11), 4579–4588. doi:10.21608/ejchem.2020.25805.2507.
- [38] Shanmugam, J. Dhayalan, M. Savass Umar, M. R. Gopal, M. Ali Khan, M. Simal-Gandara, J. and et al. (2022). Green synthesis of silver nanoparticles using *Allium cepa* var. *Aggregatum* natural extract: antibacterial and cytotoxic properties. *Nanomaterials*, 12(10), 1725. doi:10.3390/nano12101725.
- [39] Baran, M. F. Keskin, C. Baran, A. Hatipoğlu, A. Yıldıztekin, M. Küçükaydin, S. and et al. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles from *Allium cepa* L. peel extract, their antioxidant, antipathogenic, and anticholinesterase activity. *Molecules.*, 28(5), 2310. doi:10.3390/molecules28052310.
- [40] Bouqellah, N. A., Mohamed, M. M. andIbrahim, Y. (2019). Synthesis of eco-friendly silver nanoparticles using *Allium* sp. and their antimicrobial potential on selected

- vaginal bacteria. *Saudi J. Biol. Sci.*, 26(7), 1789–1794.
doi:10.1016/j.sjbs.2018.04.001.
- [41] Ituen, E., Singh, A., Yuanhua, L. and Akaranta, O. (2021). Green synthesis and anticorrosion effect of *Allium cepa* peels extract–silver nanoparticles composite in simulated oilfield pickling solution. *SN Appl. Sci.*, 3, 679. doi:10.1007/s42452-021-04670-w.
- [42] Sahni, G., Panwar, A. and Kaur, B. (2015). Controlled green synthesis of silver nanoparticles by *Allium cepa* and *Musa acuminata* with strong antimicrobial activity. *Int. Nano. Lett.*, 5, 93–100. doi:10.1007/s40089-015-0142-y.
- [43] Naseer, A., Iqbal, M., Ali, S., Nazir, A., Abbas, M. and Naveed, A. (2022). Green synthesis of silver nanoparticles using *Allium cepa* extract and their antimicrobial activity evaluation. *Chemistry International*, 8(3), 89–94.
- [44] Jini, D. and Sharmila, S. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles from *Allium cepa* and its in vitro antidiabetic activity. *Mater. Today: Proc.*, 22, 432–438. doi:10.1016/j.matpr.2019.07.672.
- [45] Sharma, P., Pant, S., Rai, S., Yadav, R. B. and Dave, V. (2018). Green Synthesis of Silver Nanoparticle Capped with *Allium cepa* and Their Catalytic Reduction of Textile Dyes: An Ecofriendly Approach. *J. Environ. Polym. Degrad.*, 26(5), 1795–1803. doi:10.1007/s10924-017-1081-7.
- [46] Abboud, Y., Eddahbi, A., El Bouari, A., Aitenneite, H., Brouzi, K. and Mouslim, J. (2013). Microwave-assisted approach for rapid and green phytosynthesis of silver nanoparticles using aqueous onion (*Allium cepa*) extract and their antibacterial activity. *J. Nanostructure Chem.*, 3(1), 84. doi:10.1186/2193-8865-3-84.
- [47] Gomaa, E. Z. (2017). Antimicrobial, antioxidant and antitumor activities of silver nanoparticles synthesized by *Allium cepa* extract: A green approach. *J. Genet. Eng. Biotechnol.*, 15(1), 49–57. doi:10.1016/j.jgeb.2016.12.002.
- [48] Saxena, A., Tripathi, R. and Singh, R. (2010). Biological synthesis of silver nanoparticles by using onion (*Allium cepa*) extract and their antibacterial activity. *Dig. J. Nanomater. Biostruct.*, 5(2), 427–432.
- [49] Raunmoon, S., Sachak, S., Thong-in, W., Sonkhayan, B., Nasomjai, P., Khamai, P. and

- et al. (2024). Cotton tree (*Bombax ceiba* L.) flower stamen extract: Turning a food ingredient into a reducing agent for the green synthesis of silver nanoparticles. *ScienceAsia*, 50(1), 1–9. doi:10.2306/scienceasia1513–1874.2024.030.
- [50] Donga, S. and Chanda, S. (2021). Facile green synthesis of silver nanoparticles using *Mangifera indica* seed aqueous extract and its antimicrobial, antioxidant and cytotoxic potential (3-in-1 system). *Artif Cells Nanomed Biotechnol.*, 49(1), 292–302. doi:10.1080/21691401.2021.1899193.
- [51] Chotpatiwetchkul, W., Saengsawang, M. and Sriwong, C. (2022). Facile and green synthesis of AgNPs by microwave-assisted method using curcumin biomaterial for improving antibacterial activities of NR/Ag composite sheets. *ScienceAsia*, 48, 847–854. doi:10.2306/scienceasia1513–1874.2022.122.
- [52] Mutlak, F., Mohammed, R. A. and Saleh, G. M. (2022). Plant-mediated synthesis of silver nanoparticles and antibacterial activity on implicated biomolecules of green *Spinicia Oleracea* leaf extract. *Determ in nanomed & nanotech.*, 2(4). doi:10.31031/DNN.2022.02.000545.
- [53] Alharbi, N. S., Alsubhi, N. S. and Felimban, A. I. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles using medicinal plants: characterization and application. *J. Radiat. Res. Appl. Sci.*, 15(3), 109–124. doi:10.1016/j.jrras.2022.06.012.
- [54] Sharma, S., Shukla, P., Misra, A. and Mishra, P. R. (2014). Chapter 8 – Interfacial and colloidal properties of emulsified systems: Pharmaceutical and biological perspective (H. Ohshima & K. Makino Eds.). Amsterdam: Elsevier. from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444626141000089>
- [55] Ribeiro, A. M., Estevinho, B. N. and Rocha, F. (2021). The progress and application of vitamin E encapsulation – A review. *Food Hydrocoll.*, 121, 106998. doi:10.1016/j.foodhyd.2021.106998.
- [56] Rajput, R. (2022). Ethanomedicine and pharmacology of semal (*Bombax ceiba* L.) – a Indian medicinal plant: a review. *Agric. Rev.*, 43, 145–153. doi:10.18805/ag.R–1942.
- [57] Pradeep, M., Kruszka, D., Kachlicki, P., Mondal, D. and Franklin, G. (2022). Uncovering the phytochemical basis and the mechanism of plant extract-mediated

- eco-friendly synthesis of silver nanoparticles using ultra-performance liquid chromatography coupled with a photodiode array and high-resolution mass spectrometry. *ACS Sustain. Chem. Eng.*, *10*, 562–571. doi:10.1021/acssuschemeng.1c06960.
- [58] Sidhu, A., Verma, N. and Kaushal, P. (2022). Role of biogenic capping agents in the synthesis of metallic nanoparticles and evaluation of their therapeutic potential. *Front. Nanotechnol.*, *3*. doi:10.3389/fnano.2021.801620.
- [59] Srikar, S., Giri, D., Pal, D., Mishra, P. and Upadhyay, S. (2016). Green synthesis of silver nanoparticles: a review. *Green Sustain. Chem.*, *6*, 34–56. doi:10.4236/gsc.2016.61004.
- [60] Kasthuri, J., Veerapandian, S. and Rajendiran, N. (2009). Biological synthesis of silver and gold nanoparticles using apiin as reducing agent. *Colloids Surf. B Biointerfaces.*, *68*(1), 55–60. doi:10.1016/j.colsurfb.2008.09.021.
- [61] Mata, R., Bhaskaran, A. and Sadras, S. R. (2016). Green-synthesized gold nanoparticles from *Plumeria alba* flower extract to augment catalytic degradation of organic dyes and inhibit bacterial growth. *Particuology.*, *24*, 78–86. doi:10.1016/j.partic.2014.12.014.
- [62] Arshad, F. Naikoo, G. A. Hassan, I. U. Chava, S. R. El-Tanani, M. Aljabali, A. A. and et al. (2024). Bioinspired and Green Synthesis of Silver Nanoparticles for Medical Applications: A Green Perspective. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, *196*(6), 3636–3669. doi:10.1007/s12010-023-04719-z.
- [63] Hong, X., Wen, J., Xiong, X. and Hu, Y. (2016). Shape effect on the antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized via a microwave-assisted method. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, *23*(5), 4489–4497. doi:10.1007/s11356-015-5668-z.
- [64] Menichetti, A., Mavridi-Printezi, A., Mordini, D. and Montalti, M. (2023). Effect of size, shape and surface functionalization on the antibacterial activity of silver nanoparticles. *J. Funct. Biomater.*, *14*(5), 244. doi:10.3390/jfb14050244.
- [65] Noguez, C. (2007). Surface plasmons on metal nanoparticles: The influence of shape and physical environment. *J. Phys. Chem. C.*, *111*(10), 3806–3819. doi:10.1021/jp066539m.

- [66] Alshahrani, A. A., Alqarni, L. S., Alghamdi, M. D., Alotaibi, N. F., Moustafa, S. M. N. and Nassar, A. M. (2024). Phytosynthesis via wasted onion peel extract of samarium oxide/silver core/shell nanoparticles for excellent inhibition of microbes. *Heliyon*, 10(3), e24815. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e24815.
- [67] Migiyama, Y. Sakata, S. Iyama, S. Tokunaga, K. Saruwatari, K. Tomita, Y. and et al. (2021). Airway *Pseudomonas aeruginosa* density in mechanically ventilated patients: clinical impact and relation to therapeutic efficacy of antibiotics. *Critical Care*, 25(1), 59. doi:10.1186/s13054-021-03488-7.
- [68] Restrepo, M. I. Babu, B. L. Reyes, L. F. Chalmers, J. D. Soni, N. J. Sibila, O. and et al. (2018). Burden and risk factors for *Pseudomonas aeruginosa* community-acquired pneumonia: a multinational point prevalence study of hospitalised patients. *Eur. Respir. J.*, 52. doi:10.1183/13993003.01190-2017.



APPENDIX



Awards

1. เกียรติบัตรนิสิตวิทยาศาสตร์ดีเด่น ระดับบัณฑิตศึกษา “รางวัลระดับดีมาก” มหาวิทยาลัยในเครือเทพ-งาม ประจำปี ๒๕๖๗
2. Certificate of Good Poster presentation in the title of “Botanical Bomb Innovation” Phytocosmetic Innvation Product for hair care and skin care on 14th Science Research Conference, School of Science, University of Phayao, Phayao, Thailand.
3. Certificate of The best of track poster presentation in the title of “Cotton tree (*Bombax ceiba* L.) flower stamen extract: Turning a food ingredient into a reducing agent for the green synthesis of silver nanoparticles and potential application in air cleaning devices” on 15th Science Research Conference, Faculty of Science, Burapa University, Chonburi, Thailand.
4. Certificate of outstanding poster presentation in the title of “ศรีเกตุ-ศรีภูมิ” Botanical Bomb Fade Spot Soap on 15th Science Research Conference, Faculty of Science, Burapa University, Chonburi, Thailand.
5. เกียรติบัตรที่แสดงถึงคุณประโยชน์ในด้านการเป็นอาจารย์ที่โดดเด่นในด้านการนำงานวิจัยนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

Publications

International research paper

1. **Raunmoon, S.**, Sachak, S., Thong-in, W., Sonkhayan, B., Nasomjai, P., Khamai, P., Thim-uam, A., Khwanchai, P., Too, O, C., and Chartarrayawadee, W. (2024). Cotton tree (*Bombax ceiba* L.) flower stamen extract: Turning a food ingredient into a reducing agent for the green synthesis of silver nanoparticles. *ScienceAsia*, 50, 1-9. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2024.030.
2. **Raunmoon, S.**, Bangwiset, V., Kaewmesri, W., Thim-uam, A., Khwanchai, P., Too, O, C., and Chartarrayawadee, W. (2025). Red Onion Peels Extract: A Food Waste for Silver Nanoparticles Synthesis and Potential application in Air Cleaning Devices. *Chiang Mai Journal of Science*, 52(2).

doi: 10.12982/CMJS.2025.012.

3. Assessment of antioxidant and tyrosinase inhibition activity of gold nanoparticles (Manuscript in preparation)

National research paper

1. **Raunmoon, S.,** Rin, T., Thong-in, W., Sonkhayan, B., and Chartarrayawadee, W. (2023). Fabrication of graphene-gold nanoparticles hybrid materials as active catalysts for the degradation of formaldehyde. *Health Science and Technology Review*, 16(2), 80-94.

Petty Patents

1. Development and production process of biodegradable plastics based on polylactic acid, streblus asper fiber, and graphene. (submitted on 07 April 2022; request number 220300841)
2. Synthesis and production process of gold (III) chloride dihydrate from pure gold. (submitted on 03 May 2022; request number 2203001061)
3. Preparation of gold nanoparticles for cosmetic formulation. (submitted on 21 July 2022; request number 2203001827)
4. Recipe for gluten-free meatballs. (submitted on 19 August 2022; request number 2203002315)
5. Recipe for jelly coconut pancakes. (submitted on 20 September 2023; request number 2203002725)

Conference Presentations

1. **สกุลรัตน์ เรือนมูล,** Thearum Rin, วรัญญา พาพานต์, วรัญญา ทองอินทร์, บุญยกร สอนขยัน และ วิศณุสรรค์ ชชาติอารยะวดี (25-27 มกราคม 2568) “การสังเคราะห์วัสดุ ลูกผสมแกรฟีนและอนุภาคทางนาโนสำหรับใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสลายตัวของ

พอร์มัลดีไฮด์” การประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 12 ณ อาคาร 99 ปี พระอุบาลีคุณูปมาจารย์ (ปวง ธรรมปญโญ) มหาวิทยาลัยพะเยา

2. **Raunmoon, S.**, Sachak, S., Thong-in, W., Sonkhayan, B., Bangwiset, W., and Chartarrayawadee, W. (25 -26 May 2023). “Botanical Bomb Innovation” Phytocosmetic Innvation Product for hair care and skin care. 14th Science Research Conference, School of Science, University of Phayao, Phayao, Thailand. (Award received; Good Poster Presentation award)
3. Chartarrayawadee, W., Aupala, C., and **Raunmoon, S.** (25 -26 May 2023). Cotton tree (*Bombax ceiba* L.) flower stamen extract: Turning a food ingredient into a reducing agent for the green synthesis of silver nanoparticles and potential application in air cleaning devices. 15th Science Research Conference, Faculty of Science, Burapa University, Chonburi, Thailand. (Award received; The Best of Track award)
4. Chartarrayawadee, W., Aupala, C., and **Raunmoon, S.** (25 -26 May 2023). “ศรีเกตุ-ศรีภูมิ” Botanical Bomb Fade Spot Soap. 15th Science Research Conference, Faculty of Science, Burapa University, Chonburi, Thailand. (Award received; Outstanding Poster Presentation award)

Academic Services

1. การบริการวิชาการให้กับสำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรมและกลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่ณาเรือ จังหวัดพะเยา

Innovation to Creation

1. งานสร้างสรรค์นวัตกรรม Botanical bomb ภายใต้แบรนด์ “Skin Nextra” และแบรนด์ “ศรีจอมธรรม” ให้กับกลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุตำบลแม่ณาเรือ จังหวัดพะเยา

Research to Business Outcomes

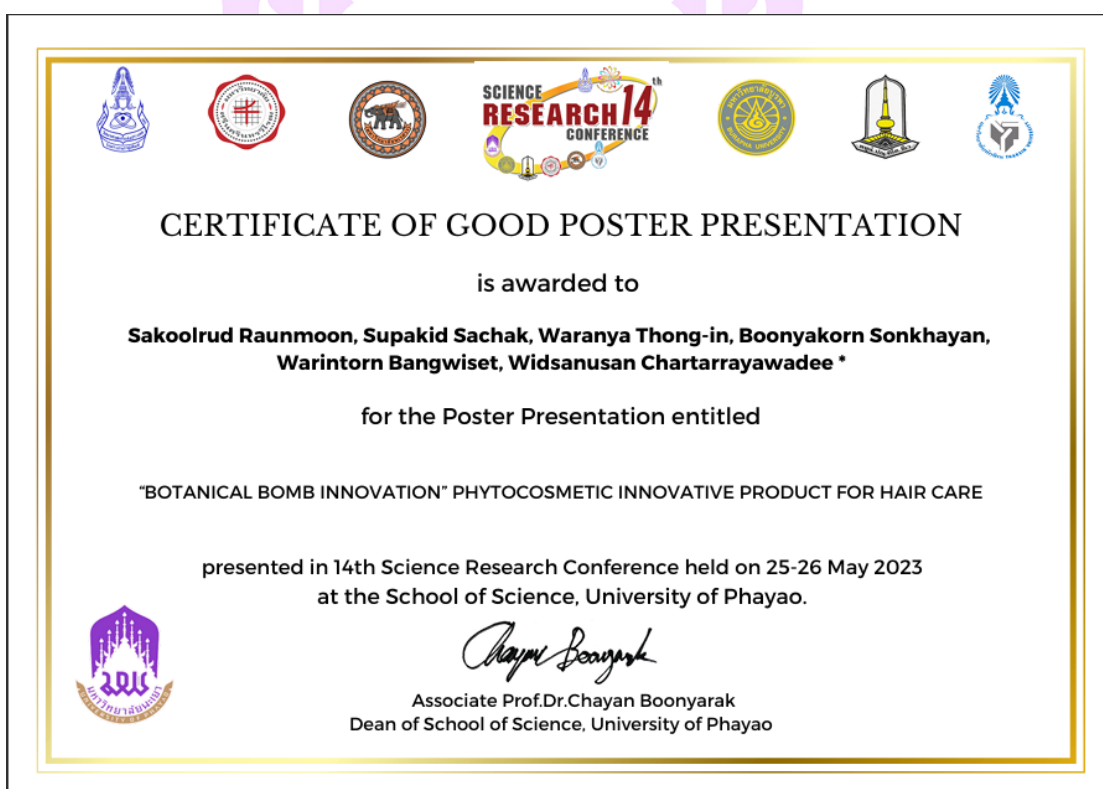
1. การจัดตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพระธาตุศรีจอมธรรม จังหวัดพะเยา

2. ได้รับการคัดเลือกให้เข้าร่วมอบรมในหลักสูตร CTO Masterclass (Chief Technology Officer) จาก Organic Tech Accelerator Platform (OTAP) แพลตฟอร์มเร่งการเติบโตทางธุรกิจด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรมสร้างสรรค์ให้เติบโตอย่างยั่งยืนในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร ภายใต้การสนับสนุนจากหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.)
3. ได้รับการคัดเลือกให้เข้าร่วมอบรมในหลักสูตร Ignite Program จาก Organic Tech Accelerator Platform (OTAP) โปรแกรมเร่งรัดการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมสู่ผลิตภัณฑ์ หรือบริการที่สามารถสร้างรายได้ ขยายขนาดได้ในอนาคตในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร ภายใต้การสนับสนุนจากหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.)



AWARDS









The logo of the University of Phayao is a circular emblem. It features a purple shield at the top containing a white silhouette of a traditional Thai stupa or chedi. Below the shield is a stylized purple 'W' shape. At the bottom, a yellow banner curves around the emblem, containing the university's name in Thai script and the English words 'UNIVERSITY OF PHAYAO'.

PUBLICATIONS

Cotton tree (*Bombax ceiba* L.) flower stamen extract: Turning a food ingredient into a reducing agent for the green synthesis of silver nanoparticles

Sakoolrud Raunmoon^a, Supakid Sachak^a, Waranya Thong-in^a, Boonyakorn Sonkhayan^a, Pitak Nasomjai^a, Phichaya Khamai^b, Arthid Thim-uam^b, Paideang Khwanchai^c, Chee O. Too^a, Widsanusan Chartarrayawadee^{a,*}

^a Division of Chemistry, School of Science, University of Phayao, Phayao 56000 Thailand

^b Division of Biochemistry, School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao 56000 Thailand

^c Division of Food Science and Technology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000 Thailand

*Corresponding author, e-mail: widsanusan.ch@up.ac.th

Received 7 Dec 2022, Accepted 28 Nov 2023

Available online 10 Mar 2024

ABSTRACT: Cotton tree (*Bombax ceiba* L.) flower stamen has been used widely as a northern Thai food ingredient. In this work, microwave extraction was applied to obtain the *Bombax ceiba* L. (BOMBAX) flower stamen extract for use as a reducing agent in the green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs). The concentration of BOMBAX used was in the range of 0.05 to 0.25 wt%. Quasi-spherical and semi-rectangular shapes of AgNPs were obtained. The synthesized AgNPs showed a high mean zeta potential value of more than -30 mV, indicating the long-term stability and superior dispersity of AgNPs due to the repulsion of negative charges. Furthermore, the antibacterial potency of the synthesized AgNPs affords a good inhibition zone for both gram-negative and gram-positive bacteria, especially the gram-negative and antibiotic-resistant bacteria *Pseudomonas aeruginosa*, showing an inhibition zone diameter of 19.4 ± 0.4 mm compared with that of chlorphenicol (13.0 ± 0.0 mm). This result suggests that the synthesized AgNPs present good colloidal stability and show good potential as an antibacterial agent for antibiotic-resistant bacteria, especially *P. aeruginosa*.

KEYWORDS: green synthesis, silver nanoparticles, cotton tree, *Bombax ceiba* L., antibacterial

INTRODUCTION

Bombax ceiba L. (BOMBAX) recognized as the “sumbal tree” or “silk cotton tree” is an Asian tropical plant, also known as the cotton tree or red cotton tree, due to the physical characteristics of red flowers and white, cotton like fibers. This plant has been used in the wooden furniture manufacturing industry and as a spice ingredient in cooking such as the main ingredient in “nam ngiao” spicy noodle soup in the northern part of Thailand. In ancient times, *B. ceiba* L. was called the “silent doctor” because every part of it, including the flowers, stem, bark, and leaves, exhibits numerous pharmacological properties that can be used in many medicinal applications [1]. Phytochemical screening has indicated that there are a variety of useful phytochemicals present in the flowers such as polyphenols, alkaloids, flavonoids, coumarins, glycosaponins, tannins, terpenoids, and cardiac glycosides [2].

Green synthesis of metal nanoparticles is popularly used in many scientific fields, including pure sciences and applied sciences involving nanoscale synthesis of metals. Green synthesis is a process that involves the reduction of metal nanoparticles using plant extracts instead of chemical-reducing agents. Nowadays, green synthesis has become more popular in an increasing number of research areas [3]. The replacement of physical and chemical synthesis

by green synthesis has become more attractive due to environmental concerns such as the use of toxic and harmful chemicals, high energy consumption, and sustainability. Most of the metal nanoparticles developed through green synthesis are silver (AgNPs) [4, 5], gold (AuNPs) [6, 7], copper (CuNPs) [8, 9], copper oxide (CuONPs) [10, 11], iron (FeNPs) [12, 13], iron oxide (IONPs) [14, 15], and palladium (PdNPs) [16, 17]. There have been several studies on the use of green synthesis of AgNPs employing many kinds of plant extracts as reducing and stabilizing agents; these studies have shown antibacterial activity affecting both gram-positive and gram-negative bacteria [18, 19]. For example, Ajitha et al [18] used the *Tephrosia purpurea* leaf extract to synthesize nano-scale AgNPs for antimicrobial activity. The *Hagenia abyssinica* (Bruce) J.E Gmel plant leaf extract has been utilized for green synthesis of AgNPs; antibacterial and antioxidant activities were investigated [20]. Extract of *Eugenia roxburghii* DC. was used for the synthesis and characterization of AgNPs, and the activity against biofilm-producing bacteria was also studied [21]. In another study, Taghavizadeh et al [22] utilized *Helichrysum graveolens* extract for green synthesis of AgNPs, which showed anticancer activity against the colon cancer cell line (C26) and also acted as a green catalyst for the acceleration of methylene orange degradation. Ranjan et al [23] reported synthesis of AgNPs using the extract of *Nigella*

sativa. The results showed an antibacterial reaction of AgNPs against urinary tract infection causing bacteria. The synthesized AgNPs using neem leaf extract demonstrated an optimum surface plasmon resonance (SPR) behavior due to the presence of a high concentration of diterpenoids in the extract. Potential biosensing and photocatalytic applications were also reported in this work [24]. Microwave synthesis has been employed in the formation of spherical-like AgNPs using curcumin biomaterial as a reductant and stabilizer for improving antibacterial properties against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* natural rubber/Ag composite materials [25].

The aim of the current work was to perform the green synthesis of AgNPs by using *B. ceiba* L. flower stamen extract (BOMBAX) as a reducing and stabilizing agent for the first time. The resultant AgNPs were characterized, and their formation, stability, size, shape, and antibacterial activity were observed.

MATERIALS AND METHODS

Chemicals and materials

AR-grade silver nitrate (AgNO_3) was purchased from Labscan (RCL Labscan Limited, Bangkok, Thailand). The dried flower stamen of the cotton tree (*B. ceiba* L.) was purchased from a local market in Phayao province, Thailand. The nutrient agar (Muller Hinton agar (MHA) and Muller Hinton broth (MHB) were purchased from HiMedia Laboratories (HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., Mumbai, India). Deionized water (RCL Labscan Limited, Bangkok, Thailand) was used in all the experiments.

Preparation of flower stamen extract of *B. ceiba* L.

The 100 g of dried flower stamen of *B. ceiba* L. were cut into small pieces in a Moulinex blender and were heated in the microwave for 15 min at 130 W with deionized water. The ratio of dried flower stamen to deionized water was 1 g:10 ml. The obtained solution was filtered until it became clear and then lyophilized to obtain the extracted powder of *B. ceiba* L. (BOMBAX) that was brown in color.

Synthesis of silver nanoparticles

The green synthesis of AgNPs using BOMBAX as a reducing and stabilizing agent was performed as follows: Solution of silver nitrate 10 ml, 0.025 wt% of AgNO_3 was added to 10 ml of BOMBAX solution. The concentration of BOMBAX in the mixture was prepared as follows: 0.05, 0.10, 0.15, and 0.25 wt%. The solution mixture was then stirred until it became homogeneous. The reaction mixture was stirred overnight for 12 h at an ambient temperature, and then the temperature was increased to 80 °C for 1 h in the final step. The AgNP formation was observed by the appropriate color

change from light brown to dark brown depending on the BOMBAX concentration used as a reducing agent. AgNP colloidal solution was kept away from light at ambient temperature prior to use.

Antimicrobial activity

The antibacterial activity of the obtained AgNPs was assessed using the disc diffusion method following standards and guidelines from the Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI). The overnight-grown bacteria used in this study were gram-negative bacteria (*P. aeruginosa*, *Shigella* sp., *S. enteritidis*, *E. coli*, and *K. pneumoniae*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*), which were standardized using the McFarland standard (McFarland standard No. 0.5). These microorganisms were collected, cultured, and maintained at the Department of medical microbiology and parasitology, School of Science, University of Phayao, Phayao, Thailand. The bacteria suspensions were diluted 1:10 to obtain 1.5×10^7 colony forming units per milliliter (CFU/ml) and plated on the nutrient agar using sterile cotton buds. Antibacterial testing samples were prepared by adding a small volume (50 μl) of chloramphenicol, NaCl, AgNO_3 (0.025 wt%), BOMBAX solution (0.25 wt%), and the different dilutions of obtained biosynthesized AgNPs varied from 0.05, 0.10, 0.15 and 0.25 wt%; these were then dropped onto the antibiotic test plate, sheet, grade MN 827 ATD, 6 mm. Each Petri plate containing nutrient agar was loaded with 4 antibacterial testing samples. The Petri plates were incubated at 37 °C for 18 h and then examined for the appearance of a clear area around the disc by measuring the diameter of inhibition zones using a ruler, which was recorded and expressed in millimeters. The antibacterial activity of AgNPs was compared to the size and diameter of inhibition zones.

Sample characterization

The formation of Ag nanoparticles was observed using a UV-Vis spectrometer (Jusco, V530, Jasco International Co., Ltd., Tokyo, Japan) in dual beam mode. The functional groups on AgNPs were validated using a Fourier-transform infrared (FTIR) spectrometer (Nicolet 6700, Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, US). A laser particle sizer (Malvern Zetasizer Nano ZS, Malvern Instruments Limited, Worcestershire, UK) equipped with a He-Ne laser at 633 nm, 4 mW was used to determine particle size and zeta potential at 25 °C through dynamic light scattering (DLS) in backscattering mode. An X-ray diffractometer (Rigaku Miniflex 600 X-ray diffractometer using Cu K α x-ray radiation, Rigaku Corporation, Tokyo, Japan) was used to obtain the diffraction patterns of the AgNPs on a glass slide. The surface morphology, size, and structural properties of AgNPs were characterized by SEM (SEM, Philips Tecnai 12, FEI Company, Oregon, US).

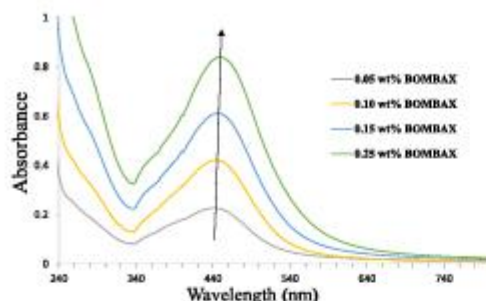


Fig. 1 UV-Vis spectra of AgNPs reduced by BOMBAX with concentration range from 0.05 wt% to 0.25 wt%.

RESULTS AND DISCUSSION

Spectroscopic measurements

The formation of green synthesized AgNPs using *B. ceiba* L. (BOMBAX) extract was investigated using UV-Vis spectroscopy. The synthesis of AgNPs was carried out in a dark room, and the obtained AgNP colloidal solution was kept under dark conditions at ambient temperature to protect the photosensitive nature of the silver until use. AgNP colloidal solutions with different BOMBAX concentrations were characterized with UV-Vis spectroscopy on the first day after heat treatment. The effect of BOMBAX concentration on the formation of AgNPs is shown in the UV-Vis spectra (Fig. 1). The absorbance intensity of the AgNP colloidal solution increases with respect to BOMBAX concentration, which can be interpreted that the formation rate of AgNPs is slower at the lowest concentration of BOMBAX and gradually increases when BOMBAX concentrations are increased. The SPR peaks at a wavelength of around 450 nm for the whole concentration range of BOMBAX indicated the maximum formation of AgNPs and the color became brown. In terms of AgNP shape and the number of SPR bands, the more dimensions that exist for the AgNP shape, the more SPR bands appear [26]. Spherical, rod, and triangular shapes can produce one, two and three SPR bands, respectively. A single SPR band was observed in each concentration of BOMBAX, indicating the spherical shape or quasi-spherical shape of AgNPs [27, 28]. Furthermore, red shifting in the SPR band indicated that a larger particle size was observed with respect to the concentrations of BOMBAX. The peak position between 450–460 nm can also be used to predict AgNP size, which should be approximately 70 nm [29]. The UV-Vis spectroscopy result can be used as evidence of the reduction of silver ions (Ag^+) to AgNPs, which is promoted by the functional groups of phytonutrients in BOMBAX. The phytochemical compounds found in BOMBAX such as flavonoids and phenolic acids are rich in hydroxyl groups ($-\text{OH}$ group), which can be associ-

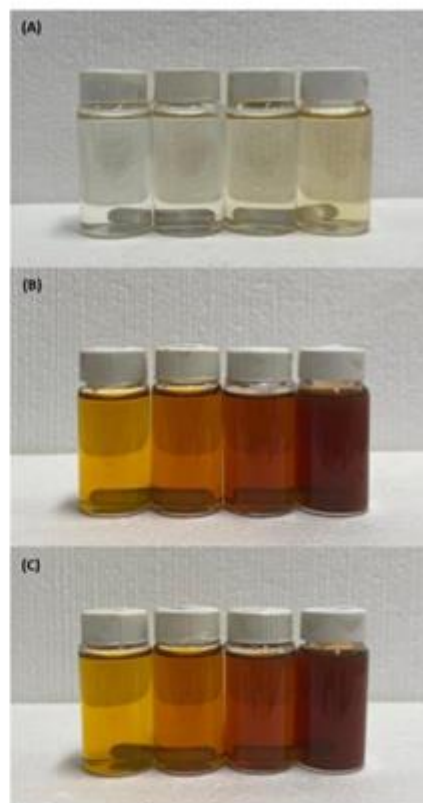


Fig. 2 Changes in color intensity of AgNP aqueous colloidal solution reduced by BOMBAX before reduction (A), after overnight reduction (B), and after overnight reduction followed by heating at 80 °C for 1 h, then left aside for 24 h (C). From left to right, BOMBAX concentration starts from 0.05 to 0.25 wt%.

ated with electron transfer in the reduction of Ag^+ to silver (Ag^0), leading to the formation of silver nuclei and production of silver nanoparticles (AgNPs) [30].

Fig. 2 shows the series of color intensity increases in the AgNO_3 aqueous solutions reduced by BOMBAX extract: before reduction, after overnight reduction, and after overnight reduction followed by heating at 80 °C for 1 h. The samples that were left for over 24 h show more intense changes in colors in all the series from the beginning (left) to the end (right) of the synthesis steps as shown in Fig. 2(A–C). Furthermore, the color intensity of the final products after the reduction shows the most intense color changes from yellow to dark brown (Fig. 2C) when compared with AgNO_3 aqueous solution reduced by BOMBAX

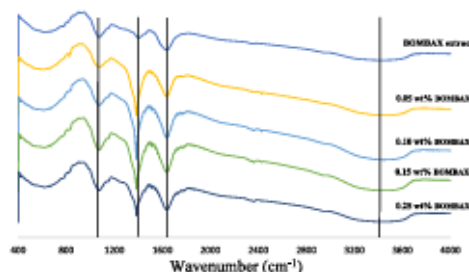


Fig. 3 Changes in color intensity of AgNP aqueous colloidal solution reduced by BOMBAX before reduction (A), after overnight reduction (B), and after overnight reduction followed by heating at 80 °C for 1 h, then left aside for 24 h (C). From left to right, BOMBAX concentration starts from 0.05 to 0.25 wt%.

before reduction (Fig. 2A) and after overnight reduction (Fig. 2B). This result suggests that AgNPs can be successfully synthesized using BOMBAX extract and this can be confirmed based on the surface plasmon resonance absorption.

Fig. 3 shows FTIR spectra of pure BOMBAX and dried powder obtained from AgNP colloidal solutions reduced using BOMBAX at different concentrations. A broad absorption peak is observed at around 3450 cm^{-1} , which is attributed to the OH functional group of alcoholic and phenolic compounds. Frequency of the amide I band is found in the range between 1600 and 1700 cm^{-1} , which is mainly associated with the stretching vibrations of C=O. Peaks at 1639 cm^{-1} represent a C=O stretch of the carboxylic/carbonyl group. Peaks at 1384 cm^{-1} indicate the bending of C-H asymmetric in CH_2 and CH_3 groups. Moreover, the peak at 1070 cm^{-1} represents C-O stretching. FTIR spectra revealed the different types of functional groups (—OH, C—H, C=O, and C—O) on AgNPs that are involved with bio-reduction and stabilization of AgNPs. The similarity of the IR spectra between BOMBAX and AgNPs indicates that the compounds found in BOMBAX existed in all samples. The marked shifts observed from the FTIR results confirm that the AgNPs were biosynthesized and coated with different functional groups of phytochemicals found in Bombax.

X-ray diffraction

X-ray diffraction (XRD) is a characterization technique used in materials science to investigate the primary crystallographic structure of a material. AgNP powder (after heat treatment) reduced by BOMBAX at different concentrations was subjected to analysis of their crystalline structure; the result in Fig. 4 confirms that all AgNP samples reduced by BOMBAX

Table 1 Mean zeta potential values and mean particle sizes (1st peak and 2nd peak in nm) of AgNP colloidal solutions obtained from BOMBAX bio-reduction (after heat treatment) at different concentrations ranging from 0.05 to 0.25 wt%.

Concentration of BOMBAX (wt%)	Mean zeta potential (mV)	Mean particle size (1st peak-nm)	Mean particle size (2nd peak-nm)
0.05 wt% BOMBAX	-34.2 ± 0.4	4.3 ± 0.0	73.2 ± 36.4
0.10 wt% BOMBAX	-30.9 ± 1.6	5.3 ± 0.4	80.6 ± 41.5
0.15 wt% BOMBAX	-32.9 ± 1.8	7.7 ± 1.4	78.7 ± 35.8
0.25 wt% BOMBAX	-30.4 ± 1.6	10.0 ± 1.8	88.3 ± 45.2

extract are crystalline in nature. The XRD patterns showed peaks at (2θ) around 38°, 44°, 64°, and 78°, which could be indexed as (111), (200), (220), and (311) Bragg reflections, respectively. The sets of these diffraction peaks agreed with the standard data file (JCPDS No. 04-0783, International Centre for Diffraction Data (ICDD), Newton Square Pennsylvania, USA) of the Joint Committee on Powder Diffraction Standards and were consistent with other literature reports [31]. However, other additional unassigned peaks, especially found in the XRD patterns of AgNPs reduced by BOMBAX at the concentration of 0.25 wt%, are also observed; this may be due to the formation of the crystalline metallo-protein in BOMBAX extract [32] or AgNO_3 , which had not been reduced and remained in the sample [33].

Zeta potential and size distribution

Dynamic Light Scattering (DLS) technique was used to determine the zeta potential and size of AgNPs. Particles in a colloidal solution containing a large negative or positive zeta potential value can lead to high stability of the colloidal particles due to their repulsion of each other, resulting in the prevention of coalescence of the colloidal particles. However, at small negative or positive zeta potential values, agglomeration and flocculation can occur due to charge and force minimization allowing particles to come close together [34, 35]. Surprisingly, all synthesized AgNP colloidal solutions show high negative zeta potential values (Table 1), supporting high stability, good colloidal solution, and superior dispersity of AgNPs due to the repulsion of negative charges.

The mean particle sizes of AgNP colloidal solution show polydispersity in nature as shown in Table 1. The mean particle sizes of the 1st and 2nd peaks of AgNPs reduced by BOMBAX at different concentrations are also shown in Table 1. When the concentration of BOMBAX increases, AgNP size also increases. This can be explained by the influence of phytochemicals (triterpenoid saponins, flavonoids, and glycosides) found in BOMBAX in the bio-reduction of AgNPs.

SEM Morphology

An SEM was used to determine the size and morphol-

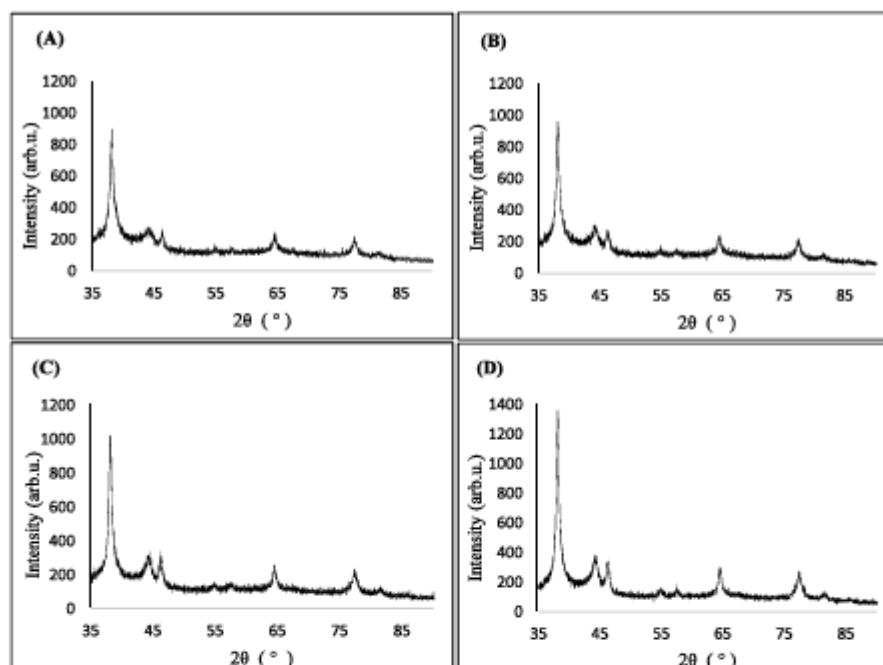


Fig. 4 Powder XRD pattern of AgNPs obtained from AgNP colloidal solution reduced and stabilized by BOMBAX of different concentrations: (A) 0.05 wt%, (B) 0.10 wt%, (C) 0.15 wt%, and (D) 0.25 wt%.

Table 2 Inhibition zone diameters (mm, average value \pm standard deviation) of all samples.

Sample	Gram-negative bacteria					Gram-positive bacteria	
	<i>P. aeruginosa</i>	<i>Shigella</i> sp.	<i>S. enteritidis</i>	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. faecalis</i>
Chloramphenicol (positive control)	13.0 \pm 0.0	30.0 \pm 0.0	29.8 \pm 0.0	30.0 \pm 0.0	25.9 \pm 0.0	25.0 \pm 0.0	26.5 \pm 0.0
NaCl (negative control)	0	0	0	0	0	0	0
BOMBAX extract (0.25 wt%)	0	0	0	0	0	0	0
AgNO ₃ (0.025 wt%)	18.0 \pm 0.0	11.3 \pm 0.0	8.3 \pm 0.0	9.9 \pm 0.0	9.6 \pm 0.0	10.4 \pm 0.0	9.8 \pm 0.0
AgNP 0.05 wt% BOMBAX extract	18.6 \pm 0.8	13.5 \pm 0.4	9.3 \pm 0.7	12.3 \pm 0.6	9.0 \pm 0.7	11.7 \pm 0.5	10.0 \pm 0.3
AgNP 0.10 wt% BOMBAX extract	19.3 \pm 0.6	13.6 \pm 0.6	10.3 \pm 0.4	12.5 \pm 0.6	10.0 \pm 0.7	11.4 \pm 0.4	9.9 \pm 1.0
AgNP 0.15 wt% BOMBAX extract	19.4 \pm 0.4	14.0 \pm 2.6	9.7 \pm 0.8	11.8 \pm 0.5	10.2 \pm 0.1	11.4 \pm 0.4	10.6 \pm 0.8
AgNP 0.25 wt% BOMBAX extract	19.0 \pm 0.0	13.9 \pm 1.9	8.9 \pm 1.0	11.8 \pm 0.2	10.5 \pm 0.0	11.3 \pm 0.4	10.0 \pm 1.4

ogy of the obtained AgNPs. Fig. 5 shows SEM images of the synthesized AgNPs. Structural studies observed by the SEM showed an agglomeration of AgNPs and many lumps or clusters that are characteristic of phytonutrients such as phenolic compounds, flavonoids, waxes, and amino acids. At the lowest BOMBAX concentration of 0.05 wt%, most of the AgNPs were spherical shaped and some flat needles with average sizes of 70 to 80 nm and 300 to 500 nm, respectively, as shown in Fig. 5(AB). Noticeably, SEM images and their magnified images for sizes observed in spherical and quasi-spherical shapes of AgNPs over the whole concentration range of BOMBAX correspond to sizes observed in the size distribution in Table 1. When the

concentration of BOMBAX increases to 0.10 wt%, the size and shape of AgNPs are similar to those of the AgNPs synthesized using the previous concentration, except for the additional growth of the needle structured AgNPs, as shown in Fig. 5(CD). The size of the needle structure shown by SEM imaging in Fig. 5(D) was 2 μ m. When the concentration of BOMBAX reaches 0.15 wt%, the spherical shape of AgNPs becomes more quasi-spherical with enlarged sizes ranging from 80 to 100 nm (Fig. 5E). Surprisingly, quasi-rectangular and cubic structures of AgNPs on a micrometer scale are observed at this concentration (Fig. 5F). As mentioned earlier, *B. ceiba* L. contains a variety of useful phytochemical compounds that can act as reducing agents

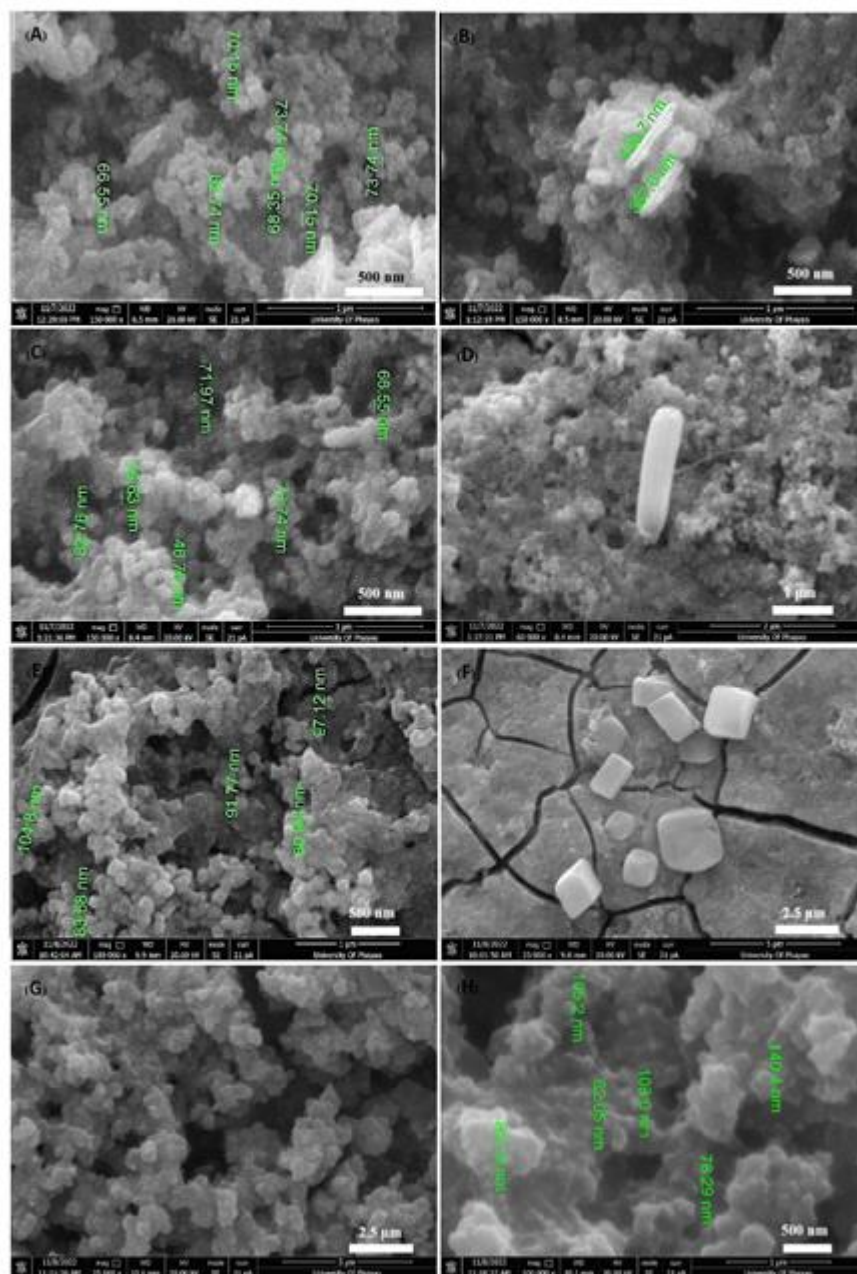


Fig. 5 SEM images of AgNPs (different magnifications of: (A) to (C) 150k X, (D) 60k X, (E) 100k X, (F) and (G) 25k X, and (H) 100k X) prepared using different BOMBAX concentrations of: (A) and (B) 0.05 wt%, (C) and (D) 0.10 wt%, (E) and (F) 0.15 wt%, and (G) and (H) 0.25 wt%.

and surfactants to control the growth of nanoparticles by behaving as capping agents [36]. The phytochemical compounds of flavonoids and phenolic acids are involved in the reduction process of Ag^+ , while xanthenes and some carbohydrates can act as capping and stabilizing agents [37,38]. It has been reported that capping agents act as binding molecules that mainly modulate the surface chemistry, morphology, and size distribution of nanoparticles and maintain the stabilization process [38]. The biogenic capping agents found in various plant extracts used in green synthesis can affect the morphology and size of AgNPs [39,40]. Therefore, it can be implied that capping agents found in different concentrations of BOMBAX used in this research could have contributed to the different sizes and shapes of the AgNPs. Importantly, there are many research works reporting on the use of surfactants to control the growth of nanoparticles [41,42]. These findings might explain why the size of AgNPs in this work (approximately 70 to 100 nm observed by SEM for spherical and quasi-spherical shape) does not vary significantly with reference to the concentration range of BOMBAX extract and why some other quasi-rectangular shapes and cubic structures of AgNPs are observed. This is because AgNPs are capped by surfactants found in the phytochemicals in BOMBAX. Finally, when the final concentration of BOMBAX reaches 0.25 wt%, the AgNPs are mostly semi-rectangular and cubic in shape, as shown in Fig. 5(GH). The particle size distribution is in the range of 20 to 260 nm, and their average size is 88 nm, as shown by the mean particle sizes in Table 1.

Antimicrobial activity

The antimicrobial properties of AgNPs have been utilized widely in many industries such as the health, medicinal product, food storage, packaging, wound dressing, textile, and dye reduction industries as well as for environmental applications. In this work, we investigated synthesized AgNPs as antibacterial agents, and antimicrobial activities toward both gram-negative bacteria and gram-positive bacteria were tested compared with chloramphenicol (positive control), NaCl (negative control), and AgNO_3 as shown in Table 2. The synthesized AgNPs exhibit good antimicrobial activities toward the tested bacteria. Synthesis of AgNPs using BOMBAX extract at the concentration range between 0.10 wt% and 0.15 wt% is the optimal condition to obtain good antibacterial activity shown as the large inhibition zone observed by the disc diffusion method, which can be explained by the extremely large surface area of AgNPs providing effective binding to the bacterial cell wall or ease of reaching cellular proximity. The decrease in the inhibition zone observed in AgNPs synthesized using 0.25 wt% BOMBAX extract comes from the larger size of AgNPs obtained when using a higher concentration of the extract. Although the

BOMBAX extract is assumed to possess antibacterial activities that should be reflected through a greater inhibition zone, it shows no antibacterial activity, which might be due to the medium used in extraction. The inhibition zone diameters (average value \pm standard deviation) of the synthesized AgNP samples show superior antibacterial activity (greater inhibition zone) than those of AgNO_3 alone, but lower activity (smaller inhibition zone) when compared to chloramphenicol. Surprisingly, the synthesized AgNPs show superior antibacterial activity toward *P. aeruginosa* compared with chloramphenicol and AgNO_3 . It should be noted that *P. aeruginosa* is a gram-negative bacterium found commonly in the environment causing infections in humans (blood, lungs, and other parts of the body after surgery) and is remarkably capable of resisting antibiotics. [43]. Furthermore, gram-negative bacteria are more resistant than the gram-positive counterparts due to the negatively charged lipopolysaccharide [44]. The superior antimicrobial resistance to *P. aeruginosa* of the synthesized AgNPs will be of advantage for potential use as an antimicrobial agent in health and medicine applications.

CONCLUSION

In this research, AgNPs were successfully synthesized using green synthesis from extract of the flower stamen part of the Cotton Tree (*B. ceiba* L.). Synthesized AgNPs with different BOMBAX concentrations showed various shapes of AgNPs (spherical, quasi-spherical, quasi-rectangular, and cubic structures). The zeta potential values were high, indicating good stability of AgNP colloidal solution after synthesis. The antibacterial effect of synthesized AgNPs predominantly affected the gram-negative bacteria, especially the antibiotic-resistant *P. aeruginosa* which is superior to chloramphenicol. In conclusion, synthesizing AgNPs from the flower stamen part of the Cotton tree is a convenient, cost-effective, and environmentally friendly method to produce a colloidal solution that exhibits good stability with outstanding antibiotic activity toward *P. aeruginosa*.

Acknowledgements: This research project was supported by the Thailand Science Research and Innovation Fund and the University of Phayao (Grant No. FF65-RIM068) and School of Science, University of Phayao (Grant No. PBTSC64012). The authors wish to thank Dr. Chee O. Too for proofreading this manuscript.

REFERENCES

1. Yasien S, Iqbal MM, Javed M, Alnuwaiser MA, Iqbal S, Mahmood Q, Elkaeed EB, Dera AA, et al (2022) Comparative evaluation of various extraction techniques for secondary metabolites from *Bombax ceiba* L. flowering plants along with *in vitro* anti-diabetic performance. *Bioengineering* 9, 486.

2. Kriintong N, Katisart T (2020) *In vitro* antioxidant and antidiabetic activities of leaf and flower extracts from *Bombax ceiba*. *Pharmacogn Res* 12, 194–198.
3. Ying S, Guan Z, Ofoegbu PC, Clubb P, Rico C, He F, Hong J (2022) Green synthesis of nanoparticles: current developments and limitations. *Environ Technol Innovation* 26, 102336.
4. Roy A, Bulut O, Some S, Mandal AK, Yilmaz MD (2019) Green synthesis of silver nanoparticles: biomolecule-nanoparticle organizations targeting antimicrobial activity. *RSC Adv* 9, 2673–2702.
5. Wypij M, Jędrzejewski T, Trzcińska-Wencel J, Ostrowski M, Rai M, Golińska P (2021) Green synthesized silver nanoparticles: antibacterial and anticancer activities, biocompatibility, and analyses of surface-attached proteins. *Front Microbiol* 12, 632505.
6. Bharadwaj KK, Rabha B, Pati S, Sarkar T, Choudhury BK, Barman A, Bhattacharjya D, Srivastava A, et al (2021) Green synthesis of gold nanoparticles using plant extracts as beneficial prospect for cancer theranostics. *Molecules* 26, 6389.
7. Kunoh T, Takeda M, Matsumoto S, Suzuki I, Takano M, Kunoh H, Takada J (2018) Green synthesis of gold nanoparticles coupled with nucleic acid oxidation. *ACS Sustainable Chem Eng* 6, 364–373.
8. Kausar H, Mehmood A, Khan RT, Ahmad KS, Hussain S, Nawaz F, Iqbal MS, Nasir M, et al (2022) Green synthesis and characterization of copper nanoparticles for investigating their effect on germination and growth of wheat. *PLoS One* 17, e0269987.
9. Din MI, Arshad F, Hussain Z, Mukhtar M (2017) Green adeptness in the synthesis and stabilization of copper nanoparticles: catalytic, antibacterial, cytotoxicity, and antioxidant activities. *Nanoscale Res Lett* 12, 638.
10. Sukumar S, Rudrasenan A, Nambiar DP (2020) Green-synthesized rice-shaped copper oxide nanoparticles using *Caesalpinia bonducella* seed extract and their applications. *ACS Omega* 5, 1040–1051.
11. Akintelu SA, Folorunso AS, Folorunso FA, Oyebamiji AK (2020) Green synthesis of copper oxide nanoparticles for biomedical application and environmental remediation. *Heliyon* 6, e04508.
12. Saif S, Tahir A, Chen Y (2016) Green synthesis of iron nanoparticles and their environmental applications and implications. *Nanomaterials* 6, 209.
13. Karunakaran S, Ramanujam S, Gurunathan B (2018) Green synthesized iron and iron-based nanoparticle in environmental and biomedical application: A review. *IET Nanobiotechnol* 12, 1003–1008.
14. Kiwumulo HE, Muwonge H, Ibingira C, Lubwama M, Kirabira JB, Ssekitooleko RT (2022) Green synthesis and characterization of iron-oxide nanoparticles using *Moringa oleifera*: a potential protocol for use in low and middle income countries. *BMC Res Notes* 15, 149.
15. Akintelu SA, Oyebamiji AK, Olugbeko SC, Folorunso AS (2021) Green synthesis of iron oxide nanoparticles for biomedical application and environmental remediation: a review. *Ecletica Quim J* 46, 17–37.
16. Sahin M, Gubbuk IH (2022) Green synthesis of palladium nanoparticles and investigation of their catalytic activity for methylene blue, methyl orange and rhodamine B degradation by sodium borohydride. *React Kinet Mech Catal* 135, 999–1010.
17. Gulbagca F, Aygün A, Gülcan M, Özdemir S, Gonca S, Şen F (2021) Green synthesis of palladium nanoparticles: preparation, characterization, and investigation of antioxidant, antimicrobial, anticancer, and DNA cleavage activities. *Appl Organomet Chem* 35, 6272.
18. Ajitha B, Reddy YA, Reddy PS (2014) Biogenic nano-scale silver particles by *Tephrosia purpurea* leaf extract and their inborn antimicrobial activity. *Spectrochim Acta Part A* 121, 164–172.
19. Rautela A, Rani J, Debnath (Das) M (2019) Green synthesis of silver nanoparticles from *Tectona grandis* seeds extract: characterization and mechanism of antimicrobial action on different microorganisms. *J Anal Sci Technol* 10, 5.
20. Melkamu WW, Bitew LT (2021) Green synthesis of silver nanoparticles using *Hagenia abyssinica* (Bruce) J.E. Gmel plant leaf extract and their antibacterial and antioxidant activities. *Heliyon* 7, e08459.
21. Giri AK, Jena B, Biswal B, Pradhan AK, Arakha M, Acharya S, Acharya L (2022) Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Eugenia roxburghii* DC. extract and activity against biofilm-producing bacteria. *Sci Rep* 12, 8383.
22. Taghavizadeh Yazdi ME, Amiri MS, Akbari S, Sharifalhosseini M, Nourbakhsh F, Mashreghi M, Yousefi E, Abbasi MR, et al (2020) Green synthesis of silver nanoparticles using *Helichrysum graveolens* for biomedical applications and wastewater treatment. *BioNanoSci* 10, 1121–1127.
23. Ranjan P, Das MP, Kumar MS, Anbarasi P, Sindhu S, Sagadevan E, Arumugam P (2013) Green synthesis and characterization of silver nanoparticles from *Nigella sativa* and its application against UTI causing bacteria. *J Acad Ind Res* 2, 45–49.
24. Alex KV, Pavai PT, Rugmini R, Prasad MS, Kamakshi K, Sekhar KC (2020) Green synthesized Ag nanoparticles for bio-sensing and photocatalytic applications. *ACS omega* 5, 13123–13129.
25. Chotpatiwetchkul W, Saengsawang M, Sriwong C (2022) Facile and green synthesis of AgNPs by microwave-assisted method using curcumin biomaterial for improving antibacterial activities of NR/Ag composite sheets. *ScienceAsia* 48, 847–854.
26. Amendola V, Bakr OM, Stellacci F (2010) A study of the surface plasmon resonance of silver nanoparticles by the discrete dipole approximation method: effect of shape, size, structure, and assembly. *Plasmonics* 5, 85–97.
27. Szerencsés B, Igaz N, Tóbiás Á, Pruci Z, Rónavári A, Béteky P, Madarasz D, Papp C, et al (2020) Size-dependent activity of silver nanoparticles on the morphological switch and biofilm formation of opportunistic pathogenic yeasts. *BMC Microbiol* 20, 176.
28. Zannotti M, Vicomandi V, Rossi A, Minicucci M, Ferraro S, Petetta L, Giovannetti R (2020) Tuning of hydrogen peroxide etching during the synthesis of silver nanoparticles. An application of triangular nanoplates as plasmon sensors for Hg^{2+} in aqueous solution. *J Mol Liq* 309, 113238.
29. Paramelle D, Sadovoy A, Gorelik S, Free P, Hopley J, Fernig DG (2014) A rapid method to estimate the concentration of citrate capped silver nanoparticles from UV-visible light spectra. *Analyst* 139, 4855–4861.
30. Alharbi NS, Alsubhi NS, Felimban AI (2022) Green synthesis of silver nanoparticles using medicinal plants:

- characterization and application. *J Radiat Res Appl Sci* **15**, 109–124.
31. Bykham S, Ahmadipour M, Narisngam S, Kalagadda VR, Chidurala SC (2015) Extensive studies on X-Ray diffraction of green synthesized silver nanoparticles. *Adv Nanopart* **4**, 1–10.
 32. Ghandehari S, Tabrizi MH, Ardalan R, Neamati A, Shali R (2019) Green synthesis of silver nanoparticles using *Rubia tinctorum* extract and evaluation the anti-cancer properties *in vitro*. *IET Nanobiotechnol* **13**, 269–274.
 33. Mehta BK, Chhajlani M, Shrivastava BD (2017) Green synthesis of silver nanoparticles and their characterization by XRD. *J Phys Conf Ser* **836**, 012050.
 34. Ofir E, Oren Y, Adin A (2007) Electroflocculation: the effect of zeta-potential on particle size. *Desalination* **204**, 33–38.
 35. Ostolska I, Wiśniewska M (2014) Application of the zeta potential measurements to explanation of colloidal $\text{Cr}_{12}\text{O}_{39}$ stability mechanism in the presence of the ionic polyamino acids. *Colloid Polym Sci* **292**, 2453–2464.
 36. Rajput RT (2022) Ethnomedicine and pharmacology of semal (*Bombax ceiba* L.) - a Indian medicinal plant: a review. *Agric Rev* **43**, 145–153.
 37. Pradeep M, Kruszka D, Kachlicki R, Mondal D, Franklin G (2022) Uncovering the phytochemical basis and the mechanism of plant extract-mediated eco-friendly synthesis of silver nanoparticles using ultra-performance liquid chromatography coupled with a photodiode array and high-resolution mass spectrometry. *ACS Sustainable Chem Eng* **10**, 562–571.
 38. Sidhu AK, Verma N, Kaushal P (2022) Role of biogenic capping agents in the synthesis of metallic nanoparticles and evaluation of their therapeutic potential. *Front Nanotechnol* **3**, 801620.
 39. Srikar SK, Giri DD, Pal DB, Mishra PK, Upadhyay SN (2016) Green synthesis of silver nanoparticles: a review. *Green Sustainable Chem* **6**, 34–56.
 40. Ahmad S, Munir S, Zeb N, Ullah A, Khan B, Ali J, Bilal M, Omer M, et al (2019) Green nanotechnology: a review on green synthesis of silver nanoparticles – an ecofriendly approach. *Int J Nanomed* **14**, 5087–5107.
 41. Chartarrayawadee W, Charoensin P, Saenma J, Rin T, Khamai P, Nasomjai P, Too CO (2020) Green synthesis and stabilization of silver nanoparticles using *Lysimachia foenum-graecum* Hance extract and their antibacterial activity. *Green Process Synth* **9**, 107–118.
 42. Heinz H, Pramanik C, Heinz O, Ding Y, Mishra RK, Marchon D, Flatt RJ, Lopis IE, et al (2017) Nanoparticle decoration with surfactants: molecular interactions, assembly, and applications. *Surf Sci Rep* **72**, 1–58.
 43. Lister PD, Wolter DJ, Hanson ND (2009) Antibacterial-resistant *Pseudomonas aeruginosa*: clinical impact and complex regulation of chromosomally encoded resistance mechanisms. *Clin Microbiol Rev* **22**, 582–610.
 44. Breijyeh Z, Jubeh B, Karaman R (2020) Resistance of gram-negative bacteria to current antibacterial agents and approaches to resolve it. *Molecules* **25**, 1340.



Research Article

Red Onion Peels Extract: A Food Waste for Silver Nanoparticles Synthesis and Potential Application in Air Cleaning Devices

Sakoolrud Raunmoon [a], Varintorn Bangwiset [a], Wanrudee Kaewmesri [a], Arthid Thim-uam [b], Paideang Khwanchai [c], Chee O. Too [a] and Widsanusan Chartarrayawadee [a]*

[a] Department of Chemistry, School of Science, University of Phayao, Phayao 56000, Thailand

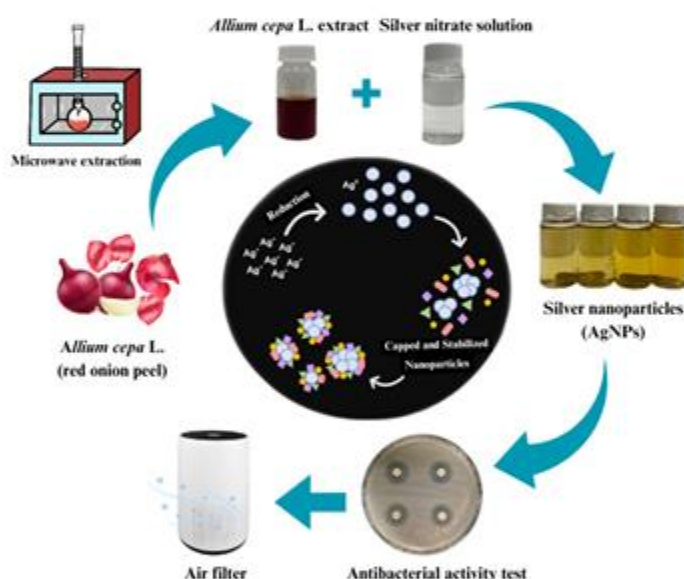
[b] Department of Biochemistry, School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao 56000, Thailand

[c] Department of Food Science and Technology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000, Thailand

* Author for correspondence; e-mail: widsanusan.ch@up.ac.th

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4492-7954>

GRAPHICAL ABSTRACT



Received: 29 August 2024

Revised: 2 January 2025

Accepted: 13 February 2025

Published: March 2025

Citation:

Raunmoon S., Bangwiset V., Kaewmesri W., Thim-uam A., Khwanchai P., Too C.O. and Chartarrayawadee W., Red onion peels extract: A food waste for silver nanoparticles synthesis and potential application in air cleaning devices. *Chiang Mai Journal of Science*, 2025; 52(2): e2025012. DOI 10.12982/CMJS.2025.012.

Copyright: © 2025 Author (s). This is an Open Access article distributed under the term of the Creative Commons Attribution 4.0 International License CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

ABSTRACT

Red Onion (*Allium cepa* L.) Peels (ROP) is an unwanted agricultural byproduct after cooking but it is rich with bioactive compounds such as phenolics, flavonoids, flavanols and quercetin. In this work, we employed the extract of ROP as a reducing agent in green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) and investigate their antibacterial properties. The concentration of ROP used in this research for green synthesis is 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt%. AgNPs shapes are found to be quasi-spherical shape, flat triangular, hexagonal shapes and sea urchin clusters depending on the concentration of ROP. The obtained zeta potential value is approximately -40 mV indicating good stability of AgNPs colloidal solution. The antibacterial potency of synthesized AgNPs with sharp edges (sea urchin clusters) shows superior antibacterial effect



on gram-negative bacteria toward *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) which is superior to Chloramphenicol. The inhibition zone diameter of synthesized sea urchin-like structure of AgNPs with ROP concentration of 0.007 wt% is 16.2 ± 0.9 mm compared with the inhibition zone diameter of Chloramphenicol (13.0 ± 0.0 mm). Furthermore, these AgNPs (0.007 wt% ROP) are further applied by coating on air filters. The filters show superior antibacterial potency with inhibition zone diameter of 21.6 ± 0.5 mm compared to uncoated air filter (0.0 ± 0.0 mm). This result suggests that our synthesized AgNPs used in this study show good potential for use as an antibacterial agent for antibiotic-resistant bacteria in air cleaning devices, which is a significant aspect of our work whereby harmful airborne pathogens can be inactivated and removed before they can infect vulnerable post-surgery patients.

KEYWORDS: green synthesis, silver nanoparticles, red onion, *Allium cepa* L., antibacterial

1. INTRODUCTION

Red onions (*Allium cepa* L.) are cultivars of the onion with skin colour of purple red and white flesh tinged with red. Red onions tend to be small to medium in size with a sweet and spicy flavor. Red onions are available throughout the year in Thailand and are high in phytonutrients. Red onions can be consumed raw, cooked, grilled, stir-fried with other foods to make popular cuisines. However, onion peel (Figure 1 (a)) is the agricultural byproduct after cooking which is unwanted and usually discarded but it is an excellent source of phytochemical and

bioactive compounds. The majority of bioactive compounds found in onion peels are phenolics, flavanols, flavonoids such as quercetin, protocatechuic acid, p-hydroxybenzoic acid, vanillic acid, p-cumaric acid, myricetin, kaempferol, and isorhamnetin-3-glucoside [1-5]. Due to the global production of onion increasing rapidly, the amount of onion byproducts such as peel or skin has risen causing a disposal food garbage and waste management problem to the environment.

Regarding to the waste concern and the benefits of bioactive compounds found in onion peels, this research aims to exploit the bioactive compounds extracted from onion peels as reducing and stabilizing agent in green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs). There are several studies involving the biosynthesis of AgNPs using many plants and their potential applications have been explored [6-11]. However, many research studies have been highlighted on the green synthesis of AgNPs using plants in the allium family. For example, Nguyen, T. and co-workers used the aqueous extract of shallot (*Allium ascalonicum*) as the reducing and capping agents for biosynthesis of silver nanoparticles, showing potential to be used in biotechnological applications [12]. Shanmugam, J. and co-workers employed *Allium cepa* var. *Aggregatum* (shallot) extract as a stabilizing and reducing agent in green production of silver nanoparticles. The biosynthesized silver nanoparticles showed enhanced antiseptic features on both gram-positive and negative organisms and potential application in the biomedical field [13]. *Allium cepa* (yellowish peel) was employed in synthesis and characterization of silver nanoparticles by Baran,



Figure 1. Red onions peel (ROP) (a) and aqueous extract of ROP (b).



M.F. and co-workers. The evaluation of antibacterial, antioxidant, and anticholinesterase activities were studied. Biomedical activities and possible industrial applications have been suggested [14]. Bouqellah N.A. and co-workers synthesized silver nanoparticles from *Allium cepa* and garlic *Allium sativa* extracts. The antibacterial action of silver nanoparticles against vaginal pathogens *Streptococcus pneumoniae* (*S. pneumoniae*) and *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) was studied showing potential biomedical applications [15]. An ethanolic extract of *Allium cepa* peels was used to mediate the synthesis of silver nanoparticles by Ituen E. and co-workers. Synthesized silver nanoparticles can be used as an anticorrosion additive for industrial cleaning and pickling operations [16]. The combination of *Allium cepa* and *Musa acuminata* plants were extracted by Sahni G. and co-workers and the extract was used as reducing agent in green synthesis of silver nanoparticles. Excellent antibacterial activity was observed against *Escherichia coli* (*E. coli*), *P. aeruginosa*, *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*) and *Fusarium oxysporum* (*F. oxysporum*) [17]. Naseer A. and co-workers reported the use of *Allium cepa* extract in the biosynthesis of silver nanoparticles. The antibacterial activity was evaluated against *E. coli* and *S. aureus* showing high activity against the selected microbes [18]. *Allium cepa* was employed to synthesize silver nanoparticles by Jini D. and co-workers. The obtained silver nanoparticles showed better antioxidant activity and less cytotoxicity and displayed promise as a phyto-medicine for the treatment of diabetes [19]. Sharma P. and co-workers synthesized silver nanoparticles in a green way by using an aqueous extract of *Allium cepa* (onion). Silver nanoparticles capped with onion show themselves to be excellent catalysts for the reduction of hazardous and toxic dyes [20]. Abboud Y. and co-workers used *Allium cepa* in the biosynthesis of silver nanoparticles. These nanoparticles exhibited a high antibacterial activity against *E. coli* and *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) [21]. *Allium cepa* was introduced by Zakaria E. as a reducing and capping agent for the synthesis of silver nanoparticles. The obtained silver nanoparticles show promising potential to be used in the treatment of infectious diseases and tumors [22]. Singh R. and coworkers biosynthesized silver nanoparticles using *Allium cepa* extract and analyzed the bactericidal property of the nanoparticles which was found to be effective [23]. From the literature review above, the extraction of raw materials from onion/shallot used

in the synthesis of AgNPs can be classified into two categories: a whole bulb and Onion peel. The use of whole bulbs afford AgNPs with spherical shape within the range between 10 to 100 nm while onion peel produces a spherical AgNPs with the range of 5 to 90 nm. In terms of antibacterial properties, the use of bulbs and peels present the same order of antibacterial properties from greater biocidal impact as follows; *Pseudomonas aeruginosa* > *Bacillus subtilis* > *Staphylococcus aureus*.

In this work, we performed biosynthesis of AgNPs by using red onion peels as reducing and stabilizing agent to obtain different sizes and shapes of AgNPs that could be of benefit to the antibacterial properties especially in the air cleaning device application. Green synthesis of red onion peels was performed using microwave extraction with water to obtain red aqueous extract as shown in Figure 1(b). Biosynthesized AgNPs were investigated for their antibacterial properties on both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa*, and *E. coli*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*). Further investigation has been performed to study the potential application of AgNPs coated on air filter membranes to counter the activity of airborne diseases *P. aeruginosa*. Naturally, *P. aeruginosa* is a gram-negative rod-shaped bacterium that can cause disease in plants and animals, including humans. This bacteria species can infect humans in many ways after surgery such as blood, lungs, and other parts of the body especially respiratory infections to the patients who require breathing machines and air cleaning devices. *P. aeruginosa* is a multidrug resistant pathogen that can inhibit various antibiotics from penetrating its outer membrane. Treatment of *P. aeruginosa* infections is difficult because it is naturally resistant to antibiotics. However, increasing antibiotic drug regimens is possible but adverse effects may occur with the patient. So, the development of air filter membranes to prevent and inactivate airborne diseases from *P. aeruginosa* will be of advantage to patients in hospital and people who are under the risk of *P. aeruginosa* infections.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Chemicals and Materials

AR-grade silver nitrate (AgNO_3) was purchased from Labscan (RCL Labscan Limited, Bangkok, Thailand). The Red Onion was purchased from a local market in Phayao province, Thailand. The nutrient agar (Muller Hinton agar (MHA) and Muller Hinton broth (MHB)



were purchased from HiMedia Laboratories (HiMedia Laboratories Pvt. Ltd. Mumbai, India). Deionized water (RCL Labscan Limited, Bangkok, Thailand) was used in all the experiments. 3M Filtrete air filter was purchased from 3M Thailand.

2.2 Preparation of Red Onion (*Allium cepa* L.) Peels Extract

Red Onion bulbs were peeled and the peels were dried in the oven at 50°C overnight. Then 5 g of dried red onion peels were cut into small pieces in a blender and were heated in the microwave for 15 min at 130 W with deionized water. The ratio of dried red onion peels to deionized water was 1 g:10 mL. The obtained solution was then filtered until it became a red clear colour (Figure 1 (b)) and then lyophilized to obtain a red extracted powder of red onion peels (ROP).

2.3 Silver Nanoparticles Synthesis

AgNPs were synthesized using ROP as a reducing and stabilizing agent by performing as follows: Solution of silver nitrate 10 mL, 0.025 wt% of AgNO₃ was added into 10 mL of ROP solution. The concentration of ROP in the mixture was prepared as follows: 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt%. The solution mixture was then stirred overnight for 12 h at ambient temperature and the temperature was finally increased to 80°C for 1 h in the final step. All reactions were performed in dark conditions. The brownish colloidal solution of AgNPs was kept in the dark condition at ambient temperature prior to use.

2.4 Antibacterial Activity

The antibacterial activity of obtained AgNPs colloidal solution was assessed using the disc diffusion method following standards and guidelines from the Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI) as mentioned in our previous work [24]. The antibacterial properties of synthesized AgNPs with ROP extract were tested for antibacterial activities towards overnight-grown bacteria both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa* and *E. coli*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*) which were standardized using the McFarland standard (McFarland standard No. 0.5). These microorganisms were collected, cultured and maintained at the Department of medical microbiology and parasitology, School of Science, University of Phayao, Phayao, Thailand. The bacteria suspensions were diluted 1:10 to obtain 1.5×10^7 colony forming units per milliliter

(CFU/mL) and were plated on the nutrient agar using sterile cotton buds. Antibacterial testing samples were prepared by adding a small volume (50 µL) of Chloramphenicol, NaCl, AgNO₃ (0.025 wt%), ROP extract (0.009 wt%), and the obtained different dilutions of biosynthesized AgNPs varying from 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt% were dropped onto the antibiotics test plate, sheet, grade MN 827 ATD, 6 mm. Each Petri plate containing nutrient agar was loaded with four antibacterial testing samples. The Petri plates were incubated at 37°C for 18 h and then examined for the appearance of a clear area around the disc by measuring the diameter of inhibition zones using a ruler which was recorded and expressed in millimeters. The antibacterial activity of synthesized AgNPs was compared to the size and diameter of inhibition zones with Chloramphenicol (positive control), NaCl (negative control), AgNO₃ and ROP extract. The antibacterial testing procedure on air filter for potential use in air cleaning devices was similar to the method mentioned above but the antibiotics test plates were replaced by using 3M Filtrete air filter.

2.5 Sample Characterization

The formation of Ag nanoparticles was observed by use of a UV-Vis spectrometer (Jusco, V530, Jasco International Co., Ltd., Tokyo, Japan) in dual beam mode. The functional groups on AgNPs were validated using a Fourier-transform infrared (FTIR) spectrometer (Nicolet 6700, Thermo Fisher Scientific). A laser particle sizer (Malvern Zetasizer Nano ZS, Malvern Instruments Limited, Worcestershire, UK) equipped with a He-Ne laser at 633 nm, 4 mW was used to determine particle size and zeta potential at 25°C by dynamic light scattering (DLS) in backscattering mode. AgNPs colloidal solution was diluted with deionized water (1:4) prior to subjecting to test. An X-ray diffractometer (Rigaku Miniflex 600 X-ray diffractometer using Cu Kα x-ray radiation, Rigaku Corporation, Tokyo, Japan) was used to obtain the diffraction patterns of the AgNPs dried film on a glass slide. The surface morphology, size, and structural properties of AgNPs (drop-cast on a copper plate with gold sputter-coating) were characterized by SEM (SEM, Philips Tecna 12, FEI Company, OR, Czech).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Spectroscopic Measurements

The investigation of AgNPs formation by green synthesis using ROP (Red Onion Peels) extract was



Figure 2. Colour intensity of AgNPs aqueous colloidal solution reduced by ROP extract before (left) and after reduction (right) shows changes in colours which are more intense in all the series starting from 0.003 to 0.009 wt% of ROP concentration.

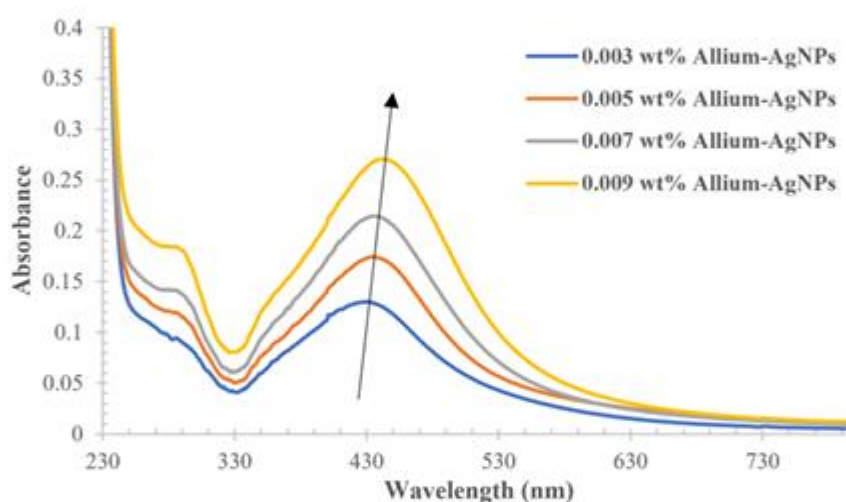


Figure 3. UV-vis spectra of AgNPs colloidal solution reduced by ROP at room temperature with concentration range from 0.003 wt% to 0.009 wt%.

observed by UV-vis spectroscopic technique. Due to the photosensitivity of silver, AgNPs colloidal solution was kept under dark conditions at room temperature prior to subjection to UV-Vis spectroscopic measurements. The UV-vis spectra of the reaction mixtures have been acquired on AgNPs aqueous colloidal solutions synthesized at the different ROP concentrations of 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt% on the first day after heat treatment. In terms of physical appearance, it can be observed that the series of colour intensity of AgNO_3 aqueous solution reduced by ROP extract before and after reduction overnight followed by

heating at 80°C for 1 h with subsequent standing for 24 h shows the appearance of a brownish color under ambient conditions for the whole series; where their intensity increases with the increase from 0.003 to 0.009 wt% of ROP concentration (Figure 2). The change in colour intensity can be used as a preliminary indication for the formation of AgNPs and the surface plasmon resonance absorption. Figure 3 illustrates the spectroscopic measurements of a reaction mixture showing SPR peak at around 450 nm which is attributed to the nucleation and coalescence processes of AgNPs formation [25] corresponding to colour change of



the mixture (AgNPs+ROP extract) from colourless to brown.

Interestingly, the shape, number and red shifting of SPR bands can be used to predict shape and size of AgNPs [26-28]. In this work, a single SPR band was observed in all spectroscopic measurements. This can be interpreted as that AgNPs in this work are spherical or quasi-spherical in shape. Furthermore, the red shifting in the SPR band is also observed (black arrow) in this work indicating that larger particle sizes are observed with respect to the concentration of ROP [29]. The spectroscopic measurement result is evidence of the reduction of Ag⁺ to AgNPs by phytonutrients in the ROP extract such as polyphenols, flavonoids, terpenoids, alkaloids, phenolic acids, antioxidants and vitamins [30]. Moreover, AgNPs formation rate is faster at the higher concentration of ROP as can be observed by the change of the absorbance intensity and the colour of AgNPs aqueous colloidal solution.

FTIR studies were accomplished for both the ROP extract and the whole series of AgNPs colloidal solutions to examine the reduction reaction and stabilization of biosynthesized AgNPs that have been coated with different functional groups of phytochemicals in the ROP extract. Figure 4 shows FTIR spectra of pure ROP extract and dried powder obtained from AgNPs colloidal solutions reduced using ROP at the different concentrations of 0.003,

0.005, 0.007 and 0.009 wt%. The FTIR spectrum of ROP extract shows a broad absorption peak at around 3428 cm⁻¹ which is attributed to the N-H stretching of protein, the O-H widening of carbohydrates, alcoholic, phenolic compounds and water. The shoulder at 1635 cm⁻¹ corresponds to the C=C stretching of phenyl in polyphenol components. The peaks at 1417 cm⁻¹ correspond to the bending of C-H asymmetric in CH₂ and CH₃ groups. FTIR can be used to confirm the existence of ROP extract in all samples due to the similarity of the IR spectra between ROP extract and synthesized AgNPs with ROP extract. It can be observed that as the concentration of ROP extract was increased, clear peaks in the spectra were revealed. Marked shifts observed in FTIR spectra are also related to the adsorption of ROP extract constituents on the AgNPs surface. Furthermore, the observed marked shifts (black straight line) at 3446 cm⁻¹, 1628 cm⁻¹, 1386 cm⁻¹ and 824 cm⁻¹ are evidence that ROP extract was involved in the reduction of Ag⁺ to obtain biosynthesized AgNPs, and that the biosynthesized AgNPs from ROP extract were coated with different functional groups of phytochemicals found in ROP. The phytochemical compounds such as flavonoids and phenolic acids in ROP are rich in hydroxyl groups (-OH group) which can be associated with electron transfer in the reduction process of Ag⁺ to Ag⁰, leading to the formation of silver nuclei and production of AgNPs [30]. Moreover,

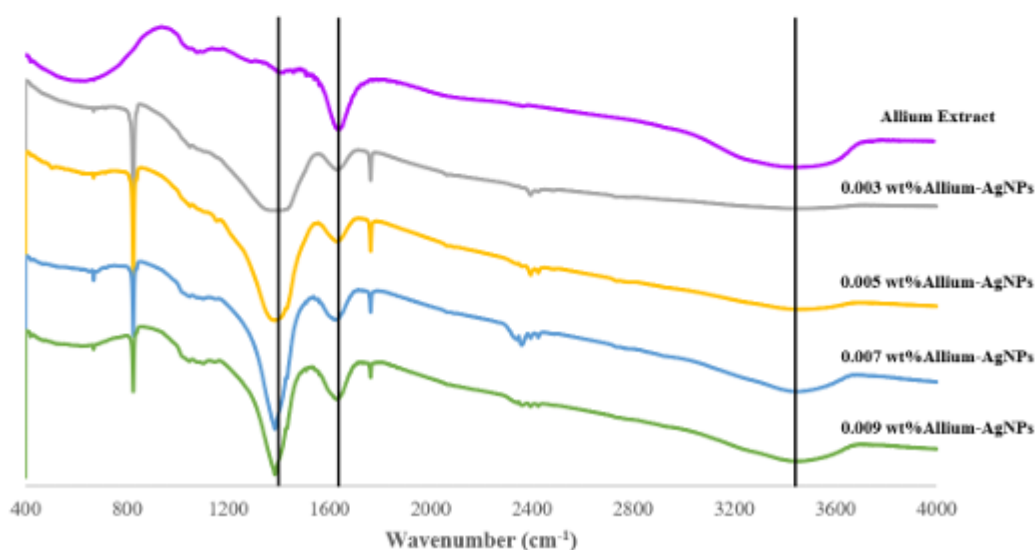


Figure 4. FTIR of ROP extract and AgNPs reduced by ROP at the different concentrations.



the functional groups coating on the AgNPs surface such as the $-OH$ group on carbohydrate residues can prevent aggregation and aid stabilization of biosynthesized AgNPs [12].

3.2 X-ray Diffraction

To investigate the crystallographic structure and arrangement of the synthesized AgNPs reduced by ROP extract, X-ray diffraction (XRD) technique was employed, and the analysis results are displayed in Figure 5. Strong diffraction peaks are observed in all AgNPs samples reduced by ROP at the different concentrations of 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt% indicating a crystalline structure of AgNPs in nature. The diffraction peaks identified at an angle 2θ around 38° , 44° , 64° , and 77° can be indexed as (111), (200), (220), and (311) Bragg reflections planes of cubic metallic Ag respectively. The sets of these diffraction peaks were in agreement with the standard data file (JCPDS No. 04-0783, International Centre for Diffraction Data (ICDD), Newton Square Pennsylvania, USA) of the Joint Committee on Powder Diffraction

Standards and were consistent with other literature reports [30]. Moreover, no peaks related to silver oxide such as Ag_2O , Ag_3O_4 , or other Ag molecules were observed in the diffraction pattern, indicating that synthesized AgNPs by ROP extract in this work show a phase with a high degree of purity.

3.3 Zeta Potential and Size Distribution

Dynamic Light Scattering (DLS) technique was used to analyze the mean average size and stability of AgNPs by measuring the hydrodynamic size and zeta potential value. Zeta potential with a large negative or positive value indicates a good stability of the AgNPs by preventing the agglomeration and flocculation due to electrostatic forces ie; charge repulsion [31, 32]. All AgNPs colloidal solutions synthesized using ROP extract in this work show high zeta potential values of -38.62 ± 7.8 , -44.2 ± 2.9 , -41.17 ± 5.1 , and -40.15 ± 3.6 mV respectively as shown in Table 1. Noticeably, AgNPs at the concentration of ROP extract ranging from 0.005 to 0.009 wt% had higher zeta potentials than for 0.003 wt%. This

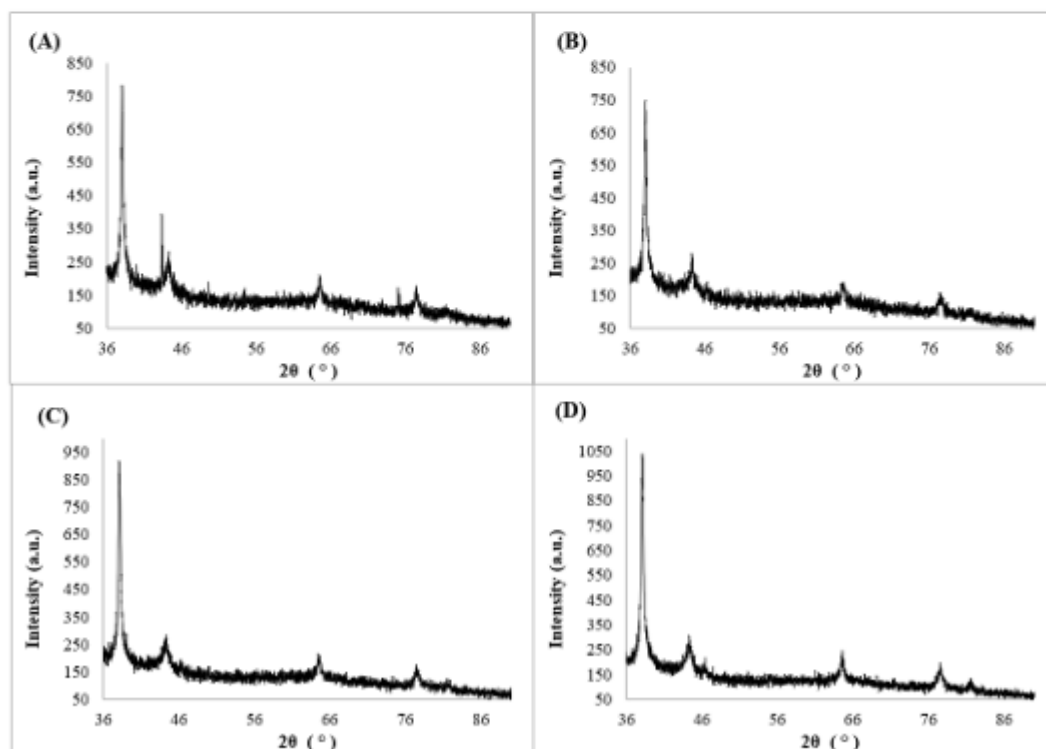


Figure 5. Powder XRD pattern of AgNPs obtained from AgNPs colloidal solution reduced and stabilized by ROP of different concentrations: 0.003 wt% (A), 0.005 wt% (B), 0.007 wt% (C), and 0.009 wt% (D) respectively.

**Table 1.** Mean zeta potential values and Mean particle sizes (1st peak and 2nd peak in nm) of AgNPs colloidal solutions obtained from ROP extract at different concentrations ranging from 0.003 to 0.009 wt%.

Sample	Mean zeta potential (mV)	Mean particle size (1 st peak-nm)	Mean particle size (2 nd peak-nm)
AgNPs			
ROP Extract 0.003 wt%	- 38.62 ± 7.8	6.8 ± 1.0	62.8 ± 18.7
AgNPs			
ROP Extract 0.005 wt%	- 44.20 ± 2.9	9.3 ± 0.3	90.0 ± 46.0
AgNPs			
ROP Extract 0.007 wt%	- 41.17 ± 5.1	7.8 ± 1.2	76.1 ± 32.9
AgNPs			
ROP Extract 0.009 wt%	- 40.15 ± 3.6	9.6 ± 1.3	95.7 ± 57.7

can be explained by the concentration effect that contributes to the functional groups such as hydroxy group resulting in a repulsive charge interaction.

The mean particle sizes of synthesized AgNPs colloidal solution show polydispersity in nature as shown in Table 1. The mean particle size obtained from the 1st peak of AgNPs reduced by ROP at the concentration of 0.003, 0.005, 0.007, and 0.009 wt% are 6.8 ± 1.0 nm, 9.3 ± 0.3 nm, 7.8 ± 1.2 nm, and 9.6 ± 1.3 nm respectively, while the mean particle size of the 2nd peak in all samples are 62.8 ± 18.7 , 90.0 ± 46.0 nm, 76.1 ± 32.9 nm, and 95.7 ± 57.7 nm respectively. It can be observed that, when the concentration of ROP increases, AgNPs size also increases except for the AgNPs at the concentrations of 0.005 and 0.007 wt% of ROP that show nearly the same size. The measurement of size and zeta potential value can be used to confirm a successful bio-reduction of AgNPs that was influenced by phytochemicals such as phenolics, flavonoids, flavanols and quercetin in the ROP extract.

3.4 SEM Morphology

Figure 6 shows the morphology of synthesized AgNPs with ROP extract at the different concentrations of 0.003 wt% (A), 0.005 wt% (B), 0.007 wt% (C), and 0.009 wt% (D). The agglomeration and many lumps are observed in all conditions due to the natural characteristics of phytonutrients such as phenolics, flavonoids, flavanols, quercetin, waxes and amino acids. Noticeably, various shapes and sizes of AgNPs were observed throughout the concentration range as shown in Figure 6 (A) to (D). At the low concentration of 0.003 and 0.005 wt%, the majority of quasi-spherical shape appeared with some flat triangular and hexagonal shapes. When the concentration of ROP reaches 0.007 wt%, the predominant appearance of silver nanoparticles with sharp edges (sea urchin clusters) is increased.

The sea urchin-like structures of biosynthesized AgNPs using red onion peel extract show superior antibacterial effect on gram-negative bacteria which will be discussed in the next section. When the concentration of ROP increases to 0.009 wt%, the shape of AgNPs becomes more quasi-spherical and flat shape again. The rationale behind this phenomenon can be explained by the different phytonutrients found in ROP that could have assisted in the reduction process. These phytochemical compounds can act as reducing, capping and stabilizing agents [33, 34]. For example, the phytochemical compounds of flavonoids and phenolic acids are involved in the reduction process of Ag^+ to Ag^0 , while xanthenes and some carbohydrates can act as capping and stabilizing agents. The different concentrations of various plant extracts contain different amounts of biogenic capping agents that can control the growth of nanoparticles and affect the morphology and size of nanoparticles [35, 36] contributing to the different sizes and shapes of AgNPs in this work. The variation in shape and size reduction of AgNPs when ROP extract was added to the system can be explained in terms of the strong interaction between the protective polyphenolic molecules and the surface of AgNPs that prevents the growth of AgNPs [37]. Furthermore, the increase in the concentration of ROP extract can increase the number of nucleation sites resulting in smaller particles, while the low concentration of ROP extract produces less nucleation sites, leading to more reduction and large particles formation [38]. However, the final CS concentration of 0.009 wt% produced larger structures again. This suggests that too high ROP concentration is not suitable for synthesizing small size AgNPs in this system. The SEM analysis shows that the synthesized AgNPs and clusters obtained at the concentration of 0.003 to 0.009 wt% of ROP have non-uniform shape and wide distribution of particle size (10 to 1 μm)

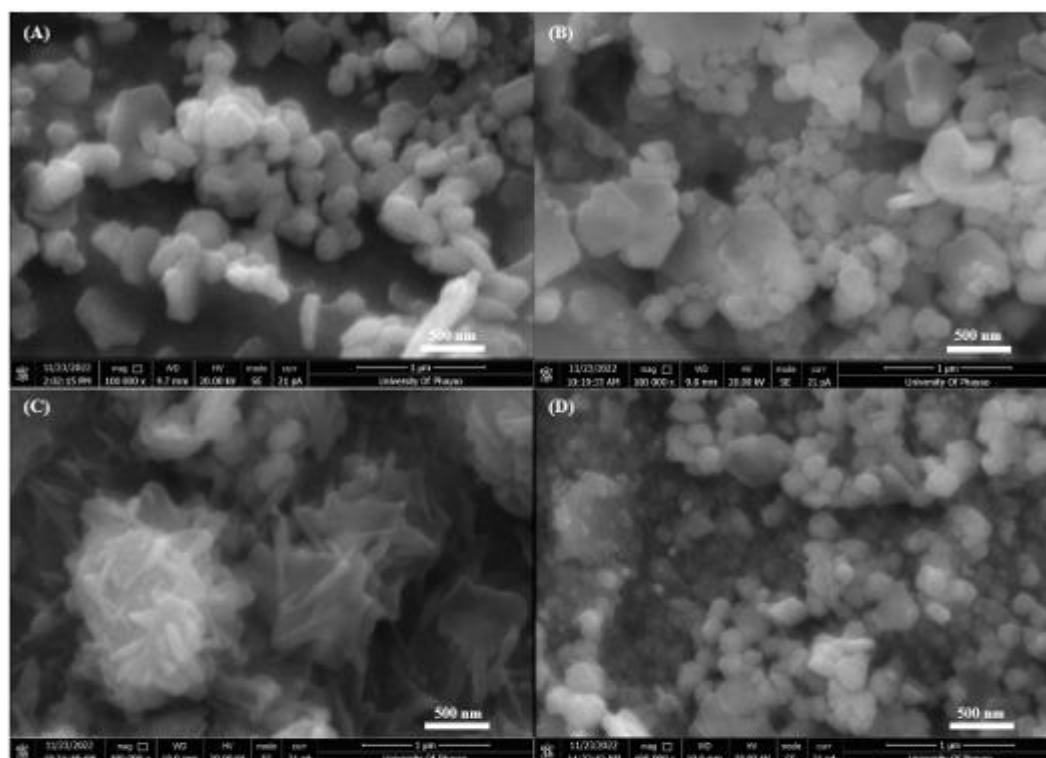


Figure 6. SEM images (100000X) of synthesized AgNPs with ROP extract at the different concentrations of 0.003 wt% (A), 0.005 wt% (B), 0.007 wt% (C), and 0.009 wt% (D).

which can be naturally occurring in nature in green synthesis using plant extracts [39]. However, Particle sizes obtained using Dynamic Light Scattering (DLS) and SEM are different. DLS gives the hydrodynamic size (the size of the nanoparticle plus the liquid layer around the particle) while SEM gives the sizes of particles in the dry state. This is the reason to explain why size measured by DLS is different from SEM. In our case, AgNPs sizes observed by SEM are varied which may be attributed to the nature of green synthesis using plant extracts and the agglomeration of the AgNPs structure and/or AgNPs clusters in the dry state. So AgNPs size observed by SEM is bigger comparing to DLS.

3.5 Antibacterial Activity

The antibacterial properties of synthesized AgNPs with ROP extract were tested for antibacterial activities towards both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa* and *E. coli*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*) compared with Chloramphenicol

(positive control), NaCl (negative control) and AgNO_3 as shown in Table 2 and 3. All AgNPs show good antibacterial activities toward both gram-negative and gram-positive bacteria and exhibit superior antibacterial activities than AgNO_3 as can be seen in Table 2 and 3. The inhibition zone diameters of AgNPs for all synthesis conditions are higher than employing AgNO_3 alone, but the activities are lower compared with Chloramphenicol. However, NaCl and ROP extract alone become ineffective in antibacterial activities although we expect that ROP could exhibit antibacterial activities in this work.

Noticeably, it should be noted that AgNPs synthesized under this condition is optimal in obtaining good antibacterial activity for *P. aeruginosa* and *E. coli*, showing inhibition zone diameters of 16.2 ± 0.9 and 10.5 ± 0.5 mm. This can be explained by the morphology of sea urchin-like structure of AgNPs at this condition which can increase the surface area and promoting contact between the AgNPs and the bacteria cell membrane [40, 41]. Furthermore, it has



Table 2. Zone of inhibition (ZOI) of all synthesized AgNPs with ROP towards both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa* and *E. coli*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*) compared with Chloramphenicol (positive control), NaCl (negative control), Allium extract (0.009 wt%) and AgNO₃ designated as A: Chloramphenicol (positive control), B: NaCl (negative control), C: Allium extract (0.009 wt%), D: AgNO₃ (0.025 wt%), E: 0.003 wt% Allium-AgNPs, F: 0.005 wt% Allium-AgNPs, G: 0.007 wt% Allium-AgNPs and H: 0.009 wt% Allium-AgNPs.

Bacterial agent against	Inhibition zone diameter (mm)	
<i>P. aeruginosa</i>		
<i>E. coli</i>		
<i>S. aureus</i>		
<i>E. faecalis</i>		



Table 3. Inhibition zone diameters (average value \pm standard deviation) of all synthesized AgNPs with ROP towards both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa* and *E. coli*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*) compared with Chloramphenicol (positive control), NaCl (negative control), Allium extract (0.009 wt%) and AgNO₃.

Inhibition zone diameter (mm)	Sample							
	Chloramphenicol (positive control)	NaCl (negative control)	ROP extract (0.009 wt%)	AgNO ₃ (0.025 wt%)	AgNPs ROP Extract 0.003 wt%	AgNPs ROP Extract 0.005 wt%	AgNPs ROP Extract 0.007 wt%	AgNPs ROP Extract 0.009 wt%
<i>P. aeruginosa</i>	13.0 \pm 0.0	0	0	15.1 \pm 0.0	16.2 \pm 0.1	15.8 \pm 0.1	16.2 \pm 0.9	15.3 \pm 0.6
<i>E. coli</i>	27.1 \pm 0.1	0	0	8.1 \pm 0.0	9.8 \pm 0.1	9.3 \pm 0.3	10.5 \pm 0.5	10.0 \pm 0.3
<i>S. aureus</i>	22.9 \pm 1.0	0	0	8.9 \pm 0.0	9.8 \pm 0.2	9.3 \pm 0.4	9.6 \pm 0.0	9.0 \pm 0.2
<i>E. faecalis</i>	24.1 \pm 0.8	0	0	7.0 \pm 0.0	7.3 \pm 0.4	7.3 \pm 0.4	7.4 \pm 0.2	7.1 \pm 0.1

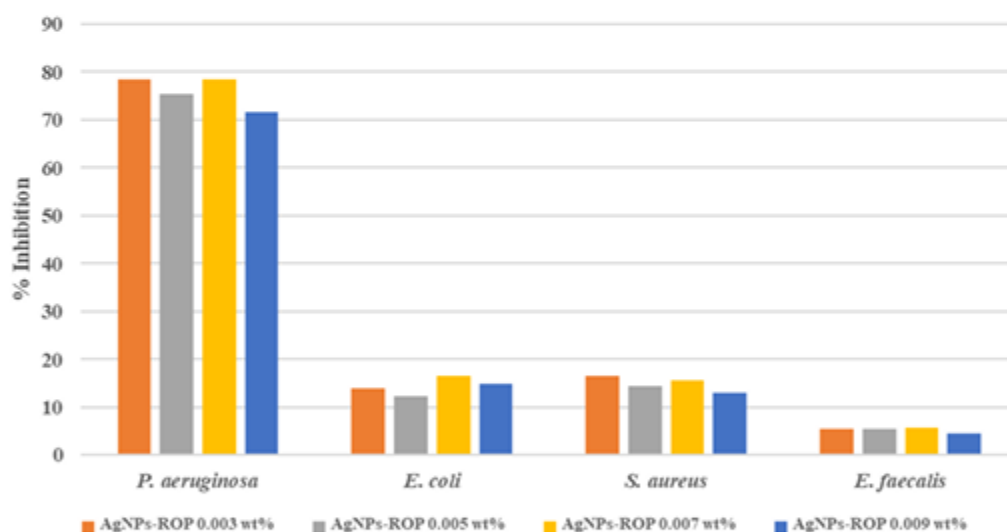


Figure 7. The comparison of percent inhibition of all synthesized AgNPs with ROP towards both gram-negative bacteria (*P. aeruginosa* and *E. coli*) and gram-positive bacteria (*S. aureus* and *E. faecalis*).

been reported that sharp edged structures exhibit higher charge density than round structures leading to a superior disturbance permeability and rupture of the bacteria membrane [41, 42].

It can be observed that the antibacterial results reported as percent inhibition in Figure 7 illustrates the best antibacterial activity of Allium-Ag NPs against *P.aeruginosa* compared to *E. coli*, *S.aureus*

and *E.faecalis*. In the case of *E. coli*, the previous work published by Alshahrani A. [43] reported a superior antibacterial activity of Ag-onion than our work. However, the antibacterial activity of onion peel extract (OPE) alone shows positive results in all tests while onion peel extract in our work shows no antibacterial effect.

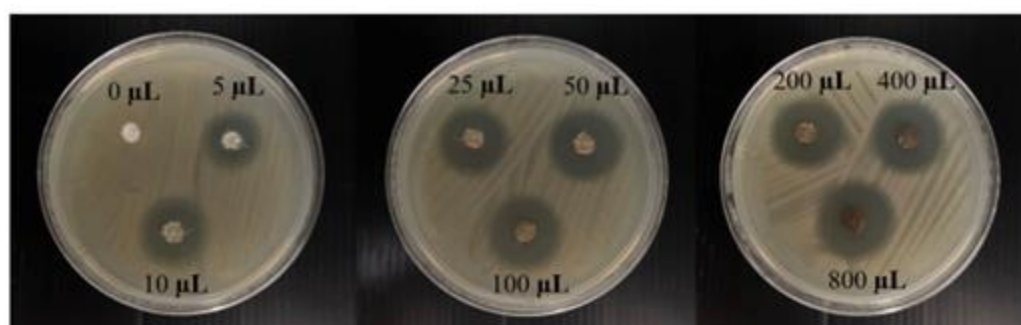


Figure 8. The inhibition zone of: (Left) fibrous filter used in air filtration with no AgNPs coating and (Right) fibrous filters used in air filtration coated with AgNPs colloidal solution (0.007 wt% of ROP) at various applied volumes (5 mL to 800 mL).

Table 4. Inhibition zone diameters (average value \pm standard deviation) of fibrous filters used in air filtration device coated with AgNPs at the concentration of 0.007 wt% of ROP ranging from 0-800 μ L.

AgNPs ROP Extract 0.007 wt% (μ L)	Inhibition zone diameter of <i>P. aeruginosa</i> (mm)
0	0.0 \pm 0.0
5	14.5 \pm 0.3
10	17.8 \pm 0.3
25	20.1 \pm 0.8
50	21.6 \pm 0.5
100	21.0 \pm 0.4
200	20.6 \pm 0.8
400	21.1 \pm 0.8
800	21.5 \pm 0.6

P. aeruginosa is the most common gram-negative bacteria that are found in the environment causing infections in humans. This harmful bacteria can infect humans through blood, lungs, and other parts of the body after surgery especially respiratory infections to the patients who require ventilators and ventilation, such as breathing machines and air cleaning devices [44]. Furthermore, *P. aeruginosa* is a pathogen that find new routes to avoid antibiotics and is resistant to drugs used to kill them [45]. Due to the good antibacterial activity of our synthesized AgNPs with ROP extract toward *P. aeruginosa*. We tested our AgNPs for antibacterial application by drop casting AgNPs colloidal solution on fibrous filters used in air filtration devices to investigate a potential application in air cleaning devices. Our

preliminary investigation found that AgNPs (0.007 wt% of ROP, 5-800 μ L) coated on air filter exhibit a good antibacterial activity toward *P. aeruginosa* especially at the condition of 50 μ L of the mixture, showing inhibition zone diameters of 21.6 \pm 0.5 mm (Figure 8 and Table 4) while the air filter alone (non-coated AgNPs) shows no antibacterial activity. This result suggests that our synthesized AgNPs used in this study show good potential for use as an antibacterial agent for antibiotic-resistant bacteria in air cleaning devices.

4. CONCLUSIONS

In this research, we successfully synthesized AgNPs by green synthesis using the extract of Red Onion (*Allium cepa* L.) Peels (ROP). Our synthesized



AgNPs with different ROP concentrations show various shapes of quasi-spherical shape, flat triangular, hexagonal shapes and sea urchin clusters. The zeta potential shows high values of approximately -40 mV indicating good stability of AgNPs colloidal solution. Our AgNPs in this work show superior antibacterial effect on gram-negative bacteria toward *P. aeruginosa* which is superior than AgNO₃ and Chloramphenicol. Furthermore, the antibacterial test toward *P. aeruginosa* on fibrous filters (ROP Extract-3M Filtrete™ with AgNPs) used in air filtration devices shows outstanding potential for use of these AgNPs as antibacterial agents in air cleaning devices. The maximum inhibition zone of synthesized AgNPs with ROP extract 0.007 wt% (50 µL) is 21.6 ± 0.5 mm. This application of our ROP extract synthesized AgNPs as superior antibacterial agents in air cleaning devices is crucial for the inactivation and removal of airborne pathogens before they can infect vulnerable post-surgery patients, and forms a significant aspect of our work.

ACKNOWLEDGEMENT

This research project was supported by University of Phayao and Thailand Science Research and Innovation (Fund Fundamental Fund 2024 - Grant No. FF67-242/2567) and School of Science, University of Phayao (Grant No. PBTSC66033).

DECLARATION OF COMPETING INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- [1] Kumar M., Barbhai M.D., Hasan M., Punia S., Dhumal S., Radha, et al., Onion (*Allium cepa* L.) peels: A review on bioactive compounds and biomedical activities. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2022; **146**: 112498. DOI 10.1016/j.biopha.2021.112498.
- [2] Lipşa F.D., Stoica F., Raţu R.N., Veleşcu I.D., Cârlescu P.M., Motrescu I., et al., Red onion peel powder as a functional ingredient for manufacturing ricotta cheese. *Foods*, 2024; **13**(2): 182. DOI 10.3390/foods13020182.
- [3] Kumar M., Barbhai M.D., Hasan M., Dhumal S., Singh S., Pandiselvam R., et al., Onion (*Allium cepa* L.) peel: A review on the extraction of bioactive compounds, its antioxidant potential, and its application as a functional food ingredient. *Journal of Food Science*, 2022; **87**(10): 4289-4311. DOI 10.1111/1750-3841.16297.
- [4] Benítez V., Mollá E., Martín-Cabrejas M.A., Aguilera Y., López-Andréu F.J., Cools K., et al., Characterization of industrial onion wastes (*Allium cepa* L.): Dietary fibre and bioactive compounds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2011; **66**(1): 48-57. DOI 10.1007/s11130-011-0212-x.
- [5] Benito-Román Ó., Blanco B., Sanz M.T. and Beltrán S., Subcritical water extraction of phenolic compounds from onion skin wastes (*Allium cepa* cv. Horcal): Effect of temperature and solvent properties. *Antioxidants*, 2020; **9**(12): 1233. DOI 10.3390/antiox9121233.
- [6] Sukkha U., Khejonrak A., Kamonpha P., Ruangvittayanon A., Pakdeepromma S. and Kongtragoul P., Biosynthesis of silver nanoparticles using *Garcinia cowa* aqueous leaf extract and their antifungal activity against durian dieback pathogen. *Chiang Mai Journal of Science*, 2023; **50**(5): e2023046. DOI 10.12982/CMJS.2023.046.
- [7] Van T., Thi N., Ha P., Kim H., Thanh N. and Tan T., Synthesis of ecofriendly silver nanoparticles using *Coccinia grandis* (L.) voigt extract: Experimental and theoretical studies, *Chiang Mai Journal of Science*, 2022; **49**(5): 1324-1331. DOI 10.12982/CMJS.2022.082.
- [8] Chartarrayawadee W., Charoensin P., Saenma J., Rin T., Khamai P., Nasomjai P., et al., Green synthesis and stabilization of silver nanoparticles using *Lysimachia foenum-graecum* Hance extract and their antibacterial activity. *Green Processing and Synthesis*, 2020; **9**(1): 107-118. DOI 10.1515/gps-2020-0012.
- [9] Rohaeti E. and Rakhmawati A., Application of silver nanoparticles synthesized by using *Ipomoea batatas* L. waste to improve antibacterial properties and hydrophobicity of polyester cloths, *Chiang Mai Journal of Science*, 2018; **45**(7): 2715-2729.
- [10] Chairam S. and Somsook E., Facile, versatile and green synthesis of silver nanoparticles by mung bean starch and their catalytic activity in the reduction of 4-Nitrophenol. *Chiang Mai Journal of Science*, 2016; **43**(3): 610-620.



- [11] Anandalakshmi K., Venugobal J. and Ramasamy V., *Appl. Nanosci.*, 2016; **6**(3): 399-408. DOI 10.1007/s13204-015-0449-z.
- [12] Nguyen T.T.T., Le H.H., Truong T.V., Doan T.P.T., Nguyen T.T.T. and Nguyen T.M.L., Application of the Response Surface Methodology for Green synthesis of silver nanoparticles using a plant extract of shallot. *Egyptian Journal of Chemistry*, 2020; **63**(11): 4579-4588. DOI 10.21608/ejchem.2020.25805.2507.
- [13] Shanmugam J., Dhayalan M., Savass Umar M.R., Gopal M., Ali Khan M., Simal-Gandara J., et al., Green synthesis of silver nanoparticles using *Allium cepa* var. *Aggregatum* natural extract: Antibacterial and cytotoxic properties. *Nanomaterials*, 2022; **12**(10): 1725. DOI 10.3390/nano12101725.
- [14] Baran M.F., Keskin C., Baran A., Hatipoğlu A., Yildiztekin M., Küçükaydin S., et al., Green synthesis of silver nanoparticles from *Allium cepa* L. peel extract, their antioxidant, antipathogenic, and anticholinesterase activity. *Molecules*, 2023; **28**(5): 2310. DOI 10.3390/molecules28052310.
- [15] Bouqellah N.A., Mohamed M.M. and Ibrahim Y., Synthesis of eco-friendly silver nanoparticles using *Allium* sp. and their antimicrobial potential on selected vaginal bacteria. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2019; **26**(7): 1789-1794. DOI 10.1016/j.sjbs.2018.04.001.
- [16] Ituen E., Singh A., Yuanhua L. and Akaranta O., Green synthesis and anticorrosion effect of *Allium cepa* peels extract-silver nanoparticles composite in simulated oilfield pickling solution. *SN Applied Sciences*, 2021; **3**: 679. DOI 10.1007/s42452-021-04670-w.
- [17] Sahni G., Panwar A. and Kaur B., Controlled green synthesis of silver nanoparticles by *Allium cepa* and *Musa acuminata* with strong antimicrobial activity, *International Nano Letters*, 2015; **5**: 93-100. DOI 10.1007/s40089-015-0142-y.
- [18] Naseer A., Iqbal M., Ali S., Nazir A., Abbas M. and Ahmad N., Green synthesis of silver nanoparticles using *Allium cepa* extract and their antimicrobial activity evaluation. *Chemistry International*, 2022; **8**(3): 89-94.
- [19] Jini D. and Sharmila S., Green synthesis of silver nanoparticles from *Allium cepa* and its *in vitro* antidiabetic activity. *Mater. Today: Proc.*, 2020; **22**(3): 432-438. DOI 10.1016/j.matpr.2019.07.672.
- [20] Sharma P., Pant S., Rai S., Yadav R.B. and Dave V., Green synthesis of silver nanoparticle capped with *Allium cepa* and their catalytic reduction of textile dyes: An ecofriendly approach. *Journal of Polymers and the Environment*, 2018; **26**(5): 1795-1803. DOI 10.1007/s10924-017-1081-7.
- [21] Abboud Y., Eddahbi A., El Bouari A., Aitenneite H., Brouzi K. and Mouslim J., Microwave-assisted approach for rapid and green phytosynthesis of silver nanoparticles using aqueous onion (*Allium cepa*) extract and their antibacterial activity. *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 2013; **3**(1): 84. DOI 10.1186/2193-8865-3-84.
- [22] Gomaa E.Z., Antimicrobial, antioxidant and antitumor activities of silver nanoparticles synthesized by *Allium cepa* extract: A green approach. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 2017; **15**(1): 49-57. DOI 10.1016/j.jgeb.2016.12.002.
- [23] Saxena A., Tripathi R. and Singh R., Biological synthesis of silver nanoparticles by using onion (*Allium cepa*) extract and their antibacterial activity. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 2010; **5**(2): 427-432.
- [24] Raunmoon S., Sachak S., Thong-in W., Sonkhayan B., Nasomjai P., Khamai P., et al., Cotton tree (*Bombax ceiba* L.) flower stamen extract: Turning a food ingredient into a reducing agent for the green synthesis of silver nanoparticles. *ScienceAsia*, 2024; **50**(1): 2024030. DOI 10.2306/scienceasia1513-1874.2024.030.
- [25] Donga S. and Chanda S., Facile green synthesis of silver nanoparticles using *Mangifera indica* seed aqueous extract and its antimicrobial, antioxidant and cytotoxic potential (3-in-1 system). *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 2021; **49**(1): 292-302. DOI 10.1080/21691401.2021.1899193.
- [26] Chotpatiwetchkul W., Saengsawang M. and Sriwong C., Facile and green synthesis of AgNPs by microwave-assisted method using curcumin biomaterial for improving antibacterial activities of NR/Ag composite sheets. *ScienceAsia*, 2022; **48**: 847-854. DOI 10.2306/scienceasia1513-1874.2022.122.



- [27] Amendola V., Bakr O. and Stellacci F., A study of the surface plasmon resonance of silver nanoparticles by the discrete dipole approximation method: Effect of shape, size, structure, and assembly. *Plasmonics*, 2010; **5**: 85-97. DOI 10.1007/s11468-009-9120-4.
- [28] Szerencsés B., Igaz N., Tóbiás Á., Prucsi Z., Rónavári A., Béltéky P., et al., Size-dependent activity of silver nanoparticles on the morphological switch and biofilm formation of opportunistic pathogenic yeasts. *BMC Microbiology*, 2020; **20**(1): 176. DOI 10.1186/s12866-020-01858-9.
- [29] Mohammed R.A., Saleh G.M. and Mutlak F., Plant-mediated synthesis of silver nanoparticles and antibacterial activity on implicated biomolecules of green spinach oleracea leaf extract. *Determinations in Nanomedicine & Nanotechnology*, 2022; **2**(4). DOI 10.31031/DNN.2022.02.000545.
- [30] Alharbi N., Alsubhi N. and Felimban A.I., Green synthesis of silver nanoparticles using medicinal plants: Characterization and application. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 2020; **15**(3): 109-124. DOI 10.1016/j.jrras.2022.06.012.
- [31] Sharma S., Shukla P., Misra A. and Mishra P.R., Chapter 8 - Interfacial and colloidal properties of emulsified systems: Pharmaceutical and biological perspective; in Ohshima H. and Makino K., eds., *Colloid and Interface Science in Pharmaceutical Research and Development*. Elsevier, Amsterdam. 2014: 149-172. DOI 10.1016/B978-0-444-62614-1.00008-9.
- [32] Ribeiro A.M., Estevinho B.N. and Rocha F., The progress and application of vitamin E encapsulation – A review. *Food Hydrocolloids*, 2021; **121**: 106998. DOI 10.1016/j.foodhyd.2021.106998.
- [33] Rajput R.T., Ethnomedicine and Pharmacology of Semal (*Bombax ceiba* L.)- A Indian Medicinal Plant: A Review. *Agricultural Reviews*, 2022; **43**: 145-153. DOI 10.18805/ag.R-1942.
- [34] Pradeep M., Kruska D., Kachlicki P., Mondal D. and Franklin G., Uncovering the phytochemical basis and the mechanism of plant extract-mediated eco-friendly synthesis of silver nanoparticles using ultra-performance liquid chromatography coupled with a photodiode array and high-resolution mass spectrometry. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2022; **10**(1): 562-571. DOI 10.1021/acssuschemeng.1c06960.
- [35] Sidhu A.K., Verma N. and Kaushal P., Role of biogenic capping agents in the synthesis of metallic nanoparticles and evaluation of their therapeutic potential. *Frontiers in Nanotechnology*, 2022; **3**. DOI 10.3389/fnano.2021.801620.
- [36] Srikar S., Giri D., Pal D., Mishra P.K. and Upadhyay S.N., Green Synthesis of Silver Nanoparticles: A Review. *Green and Sustainable Chemistry*, 2016; **6**(1): 34-56. DOI 10.4236/gsc.2016.61004.
- [37] Kasthuri J., Veerapandian S. and Rajendiran N., Biological synthesis of silver and gold nanoparticles using apiin as reducing agent. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2009; **68**(1): 55-60. DOI 10.1016/j.colsurfb.2008.09.021.
- [38] Mata R., Bhaskaran A. and Sadras S.R., Green-synthesized gold nanoparticles from *Plumeria alba* flower extract to augment catalytic degradation of organic dyes and inhibit bacterial growth. *Particuology*, 2016; **24**: 78-86. DOI 10.1016/j.partic.2014.12.014.
- [39] Arshad F., Naikoo G.A., Hassan I.U., Chava S.R., El-Tanani M., Aljabali A.A., et al., Bioinspired and Green Synthesis of Silver Nanoparticles for Medical Applications: A Green Perspective. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 2024; **196**(6): 3636-3669. DOI 10.1007/s12010-023-04719-z.
- [40] Hong X., Wen J., Xiong X. and Hu Y., Shape effect on the antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized via a microwave-assisted method. *Environmental Science and Pollution Research*, 2016; **23**(5): 4489-4497. DOI 10.1007/s11356-015-5668-z.
- [41] Menichetti A., Mavridi-Printezi A., Mordini D. and Montalti M., Effect of size, shape and surface functionalization on the antibacterial activity of silver nanoparticles. *Journal of Functional Biomaterials*, 2023; **14**(5): 244. DOI 10.3390/jfb14050244.
- [42] Noguez C., Surface plasmons on metal nanoparticles: The influence of shape and physical environment. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2007; **111**(10): 3806-3819. DOI 10.1021/jp066539m.



- [43] Alshahrani A.A., Alqarni L.S., Alghamdi M.D., Alotaibi N.F., Moustafa S.M.N. and Nassar A.M., Phytosynthesis via wasted onion peel extract of samarium oxide/silver core/shell nanoparticles for excellent inhibition of microbes. *Heliyon*, 2024; **10**(3): e24815. DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e24815.
- [44] Migiyama Y., Sakata S., Iyama S., Tokunaga K., Saruwatari K., Tomita Y., et al., Airway *Pseudomonas aeruginosa* density in mechanically ventilated patients: clinical impact and relation to therapeutic efficacy of antibiotics. *Critical Care*, 2021; **25**(1): 59. DOI 10.1186/s13054-021-03488-7.
- [45] Restrepo M.I., Babu B.L., Reyes L.F., Chalmers J.D., Soni N.J., Sibila O., et al., Burden and risk factors for *Pseudomonas aeruginosa* community-acquired pneumonia: a multinational point prevalence study of hospitalised patients. *The European Respiratory Journal*, 2018; **52**(2): 1701190. DOI 10.1183/13993003.01190-2017.
-

บทความวิจัย (Research Article)

การสังเคราะห์วัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนสำหรับใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์

สกุลรัตน์ เรือนมูล¹, Thearum Rin¹, วรัญญา ทองอินทร์¹, บุญยกกร สอนขยัน¹ และ วิศณุสรรค์ ชาติอารยะวัติ^{1*}

Fabrication of graphene-gold nanoparticles hybrid materials as active catalysts for the degradation of formaldehyde

Sakoolrud Raunmoon¹, Thearum Rin¹, Waranya Tongin¹, Boonyakorn Sonkhayan¹ and Widsanusan Chartarrayawadee^{1*}

¹ Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Phayao, Phayao, 56000

* Corresponding author : widsanusan.ch@up.ac.th

Health Science, Science and Technology Reviews. 2023;16(2):80-94.

Received: 7 October 2022; Revised: 29 March 2023; Accepted: 27 July 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสังเคราะห์วัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนด้วยกระบวนการอย่างง่ายโดยใช้แกรฟีนออกไซด์มาคอมโพสิตร่วมกับอนุภาคทองคำนาโนที่ความเข้มข้น 1, 4, 8, 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก คอมโพสิตที่ได้ที่เงื่อนไขการสังเคราะห์ที่พีเอชต่างๆ จะถูกนำไปทดสอบสมบัติการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยเทคนิค ยูวี/วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี จากผลการทดลองพบว่าวัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนที่ความเข้มข้นของอนุภาคทองคำนาโน 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่พีเอช 10 ให้ค่าการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ได้สูงถึงร้อยละ 36 และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของอนุภาคทองคำนาโนเป็น 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ค่าร้อยละการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ก็เพิ่มขึ้นกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ วัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนที่สังเคราะห์ได้ในงานวิจัยนี้จึงมีศักยภาพต่อการนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปนเปื้อนในสารละลายหรือของเหลวต่างๆ ได้

คำสำคัญ : วัสดุผสม, แกรฟีน, อนุภาคทองคำนาโน, ตัวเร่งปฏิกิริยา, ฟอร์มาลดีไฮด์

¹ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

This research studies the fabrication of graphene / gold nanoparticles (AuNPs) hybrid materials by a facile method. To incorporate AuNPs on to graphene, graphene colloidal solution and gold chloride tetrahydrate with various concentration of 1, 4, 8, 40 and 80 weight percent were mixed and stirred overnight at ambient temperature for 24 hours and further reduced with Sodium borohydride. To study the catalytic activity of graphene / AuNPs hybrid materials, the obtained products were subjected to test for the formaldehyde degradation using UV- visible spectroscopy. The study illustrates that graphene / AuNPs hybrid material (8 wt% AuNPs) at pH 10 shows catalytic activities for formaldehyde degradation around 36 percent while the catalytic activities of graphene / AuNPs hybrid materials with 40 and 80 wt% of AuNPs reach more than 80 percent. The obtained products of graphene / AuNPs hybrid materials could be applied as catalyst for the degradation of Formaldehyde in solutions / fluids.

Keyword: Hybrid materials, Graphene, Gold nanoparticle, Catalyst, Formaldehyde

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) หรือฟอร์มาลิน (Formalin) เป็นสารเคมีที่มีพิษ มีลักษณะใส มีกลิ่นฉุน ก่อให้เกิดการระคายเคือง ไอ เจ็บคอ แสบจมูก แสบหน้าอก หากได้รับเป็นจำนวนมากและต่อเนื่องกันเป็นเวลานานอาจทำให้เสียชีวิตได้ ฟอร์มาลดีไฮด์มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในทางการแพทย์เพื่อรักษาสุขภาพศพ ฉ่ำเชื้อโรค ในทางอุตสาหกรรม ฟอร์มาลดีไฮด์ถูกนำไปใช้ในการผลิต โฟม เรซิน และพลาสติก อย่างไรก็ตามการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ก่อให้เกิดมลพิษเฉียบพลันอยู่ในสิ่งแวดล้อมทั้งในอากาศและแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งส่งผลกระทบต่อมนุษย์จึงต้องมีการกำจัดของเสียที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมก่อนปล่อยออกสู่ธรรมชาติ ฟอร์มาลดีไฮด์มีการสลายตัวตามธรรมชาติที่ช้ามากจึงต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเร่งการสลายตัว จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีการใช้ออกไซด์ของทองนาโนเพื่อช่วยในการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์เนื่องจากออกไซด์ของทองนาโนมีสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดี [1, 2] ในงานวิจัยนี้จึงทำการเลือกออกไซด์ของทองนาโนมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเพิ่มอัตราเร็วในการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ นอกจากนั้นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์ออกไซด์ของทองนาโนในงานวิจัยนี้ยังสามารถเตรียมได้เองในห้องปฏิบัติการจึงมีต้นทุนการเตรียมออกไซด์ของทองนาโนที่ต่ำกว่า โดยในงานวิจัยนี้จะทำการสังเคราะห์แกรฟีนและทำการปลูกออกไซด์ของทองนาโนบนตัวรองรับแกรฟีน เพื่อให้ได้วัสดุผสมอย่างง่ายของแกรฟีนและออกไซด์ของทองนาโน [3-5] ที่มีต้นทุนในการสังเคราะห์ต่ำ มีศักยภาพต่อการนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปนเปื้อนในสารละลายต่างๆ และอาจนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ เช่น ทางทางการแพทย์ต่อไปได้

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาการสังเคราะห์วัสดุผสมอย่างง่ายของแกรฟีนและออกไซด์ของทองนาโนที่มีต้นทุนในการสังเคราะห์ต่ำ มีศักยภาพต่อการนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

อนุภาคทองคำนาโนมีศักยภาพต่อการนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ และแกรฟีนมีศักยภาพต่อการนำมาใช้เป็นตัวรองรับอนุภาคทองคำนาโนสำหรับการสังเคราะห์วัสดุผสมที่มีประสิทธิภาพในการเร่งการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์

วิธีการวิจัย

การเตรียมแกรฟีนออกไซด์

การสังเคราะห์แกรฟีนออกไซด์สามารถทำได้โดยวิธี modified Hummers method [6-8] โดยนำแกรไฟต์ 20 กรัมมาออกซิไดส์ด้วยกรดกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 460 มิลลิลิตรรวมกับการเติมโปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 60 กรัม ทำการควบคุมอุณหภูมิให้เย็นจัด ทั้งไว้ 2 ชั่วโมงและทำการเติมน้ำปราศจากไอออน ในขั้นตอนนี้จะพบว่าสีของสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม จากนั้นจึงทำการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50 มิลลิลิตรและนำสารละลายของผสมมากรองผ่านชุดกรองสุญญากาศ ทำการล้างตะกอนผ่านกระดาษกรองด้วย 1:10 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และล้างตะกอนด้วยน้ำปราศจากไอออนจนกระทั่งพีเอชเท่ากับ 7

การสร้างกราฟฟีนมาตรฐานสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ในช่วงความเข้มข้น 1-10 พีพีเอ็ม

ทำการเตรียมสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 100 พีพีเอ็มและเจือจางจนมีความเข้มข้นเท่ากับ 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 และ 10.0 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เตรียมสารละลายฟลูออรัลพีโดยชั่งแอมโมเนียมอะซิเตท 75 กรัม ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร เติมกรดอะซิติกปริมาตร 1.5 มิลลิลิตรและอะซิติกอะซิโตนปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้นเปิดสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 5 มิลลิลิตรในแต่ละความเข้มข้นและนำมาผสมกับสารละลายฟลูออรัลพี 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคยูวี/วิสิเบิลสเปกโตรสโกปี ทำการทดลองซ้ำเพื่อทดสอบการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ในช่วงระยะเวลา 14 วัน

การเตรียมวัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนที่ความเข้มข้นและพีเอชต่าง ๆ

เตรียมแกรฟีนออกไซด์ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จำนวน 20 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้นของอนุภาคทองคำนาโนแตกต่างกัน (1, 4, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) จากนั้นปรับพีเอชของสารละลายให้มีค่าเท่ากับ 2, 4, 6, 7, 8 และ 10 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วจึงทำการกวนสารละลายด้วยแท่งกวนแม่เหล็กที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการรีดิวซ์ด้วยสารละลายโซเดียมโบโรไฮไดรด์เข้มข้น 1 โมลาร์ จนกระทั่งเกิดตะกอนสีดำของแกรฟีน จากนั้นล้างตะกอนที่ได้ด้วยน้ำปราศจากไอออนจนกระทั่งพีเอชเท่ากับ 7 และนำตะกอนที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อได้เงื่อนไขการสังเคราะห์ที่พีเอชที่เหมาะสม

การทดสอบการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของวัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนสำหรับการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์

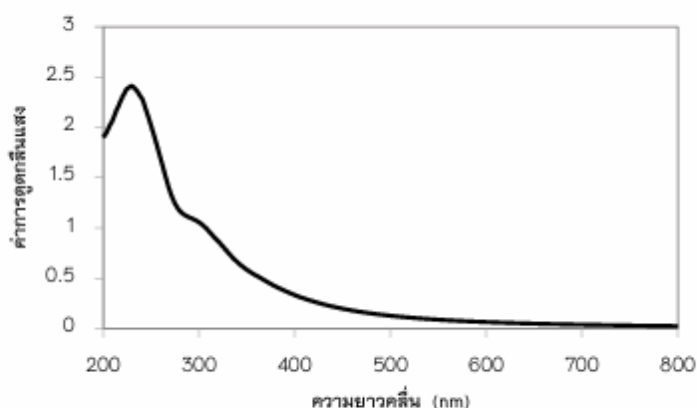
นำวัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนที่เตรียมได้ที่ความเข้มข้นของอนุภาคทองคำนาโนและที่ค่าพีเอชแตกต่างกันในแต่ละเงื่อนไขการสังเคราะห์ จำนวน 0.005 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำปราศจากไอออนจำนวน 4.5 มิลลิลิตรและทำการอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 100 พีพีเอ็ม 0.5 มิลลิลิตรลงในสารผสมแล้วปิดปากบีกเกอร์ด้วยพาราฟิล์ม ทำการกวนสารผสมทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 4,800 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเปิดสารละลายส่วนใสมา 5 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายฟลูออรัลพี

5 มิลลิลิตรพร้อมทั้งเขย่าให้สารผสมเข้ากัน นำสารละลายผสมไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ตั้งสารผสมทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคยูวี/วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี

ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ด้วยด้วยเทคนิคยูวี/วิสิเบิล สเปกโทรสโกปีของแกรฟีนออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้

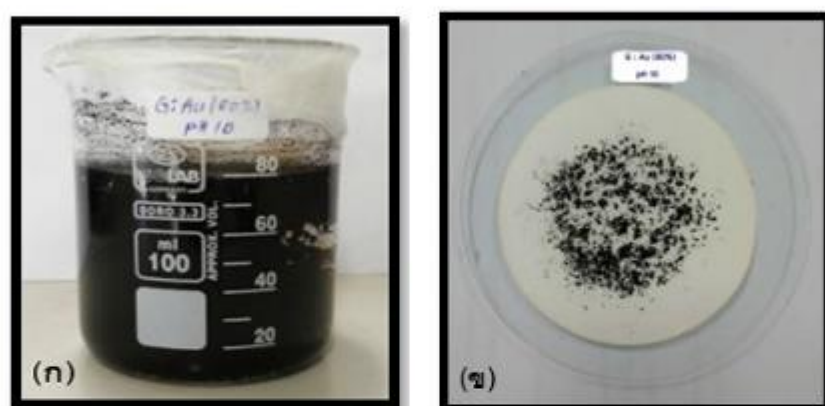
แกรฟีนออกไซด์ (Graphene Oxide; GO) ในงานวิจัยนี้ได้จากการออกซิไดซ์แกรไฟต์ด้วยกรดแก่ และผ่านกระบวนการอัลตราโซนิกส์ (Ultrasonics) การออกซิไดซ์แกรไฟต์ด้วยกรดแก่จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแกรไฟต์ออกไซด์ และส่งผลให้ระยะห่างระหว่างชั้นของแกรไฟต์ออกไซด์เพิ่มมากขึ้น อันเป็นผลมาจากอนุพันธ์ของหมู่คาร์บอนซิลิก อีพอกไซด์ คาร์บอนิลและไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวแกรไฟต์ออกไซด์ โดยหมู่อนุพันธ์เหล่านี้ที่แทรกอยู่ระหว่างชั้นของแกรไฟต์ออกไซด์ จะส่งผลให้แรงอย่างอ่อน (แรงแวนเดอร์วาลส์) ที่อยู่ระหว่างชั้นของแกรไฟต์ออกไซด์ลดลง [8-10] เมื่อนำแกรไฟต์ออกไซด์ไปทำการอัลตราโซนิกส์ แกรไฟต์ออกไซด์ในแต่ละชั้นจะหลุดลอกออกมาเป็นแผ่นซึ่งมีชื่อเรียกว่า แกรฟีนออกไซด์ แกรฟีนออกไซด์ที่ได้มีความเสถียรและสามารถกระจายตัวอยู่ในน้ำได้เป็นอย่างดีโดยเกิดเป็นสารละลายคอลลอยด์ของแกรฟีนออกไซด์ เมื่อนำสารละลายคอลลอยด์ของแกรฟีนออกไซด์ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคยูวี/วิสิเบิล สเปกโทรสโกปี พบว่าแกรฟีนออกไซด์เกิดการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 230 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพ 1 ซึ่งแสดงถึงสภาวะการเกิดทรานซิชันจาก $\pi \rightarrow \pi^*$ ของพันธะ C=C ในวงอะโรมาติก และเกิดไหล่พีค (Shoulder peak) ที่ความยาวคลื่น 300 นาโนเมตร ซึ่งแสดงถึงการเกิดสภาวะทรานซิชันจาก $n \rightarrow \pi^*$ ของพันธะ C=O [11]



ภาพ 1 แสดงยูวี/วิสิเบิลสเปกโทรสโกปีของแกรฟีนออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้

ลักษณะทางกายภาพของวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำนาโน

การเตรียมวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำนาโนที่ 1, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอนุภาคทองคำนาโนที่ค่าพีเอชต่างๆ พบว่าสีของคอมโพสิตที่ได้มีสีน้ำตาลดำในทุกเงื่อนไขการสังเคราะห์ (ภาพ 2(ก)) อย่างไรก็ตามสีของคอมโพสิตจะมีความเข้มข้นเล็กน้อยที่พีเอชสูงชันซึ่งเป็นผลมาจากการรีดิวซ์ของแกรไฟีนออกไซด์ที่เกิดขึ้นได้ดีในสภาวะเบส คอมโพสิตภายหลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงในทุกเงื่อนไขการสังเคราะห์ให้สีดำ มีลักษณะเป็นตะกอนหยาบดังแสดงในภาพ 2(ข)



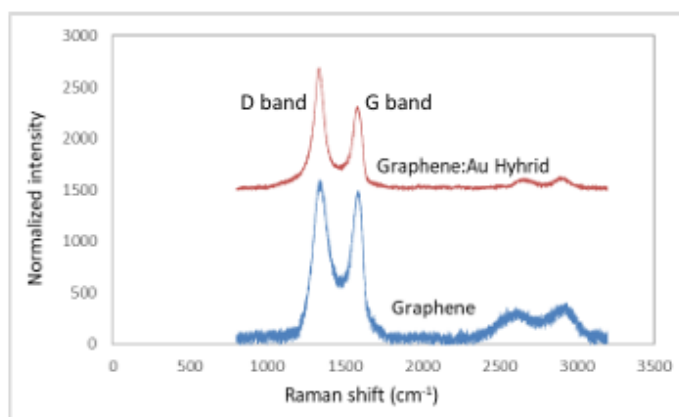
ภาพ 2 วัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำนาโนที่เกิดขึ้นภายหลังการรีดิวซ์ด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์

(ก) สารละลายคอลลอยด์ของวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำนาโน

(ข) คอมโพสิตภายหลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางรามานของวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำนาโน

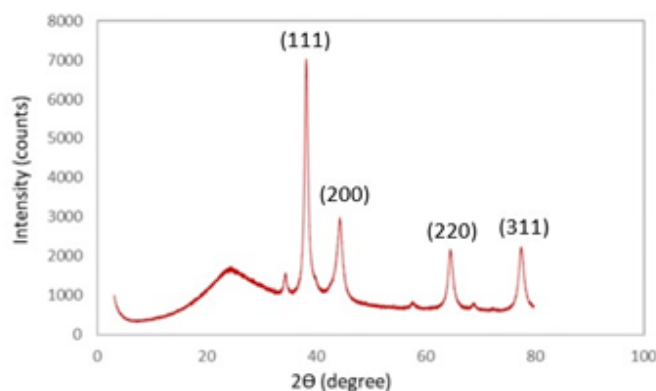
รามานสเปกโทรสโกปี (Raman Spectroscopy) ของแกรไฟีนและวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำนาโน (ภาพ 3) แสดงให้เห็นถึงพีคของ D band ที่สูงกว่า G band ซึ่งแสดงถึงความบกพร่อง (defects) ในโครงสร้างของแกรไฟีนและวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำนาโน และยังชี้ให้เห็นถึงความความบกพร่องของวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำนาโนที่เกิดขึ้นภายหลังกระบวนการการรีดิวซ์ นอกจากนั้นในส่วนของ G band ในวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำนาโนยังมีลักษณะเอียงซ้ายเล็กน้อยที่ปลายยอดเสมือนถูกแบ่งออกเป็นสองพีค ซึ่งปรากฏการณ์นี้เป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงการมีอยู่ของสารสองชนิดที่เกิดอยู่ร่วมกันระหว่างแกรไฟีนและอนุภาคทองคำนาโน นอกจากนั้นการ shift ของ D band และ G band ไปยังความยาวคลื่นที่ต่ำลงยังสามารถใช้เป็นหลักฐานยืนยันถึงกระบวนการรีดักชันที่เกิดขึ้นในวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำนาโนได้อีกด้วย



ภาพ 3 Raman spectra ของแกรฟีนและวัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำโนที่สภาวะเงื่อนไขการสังเคราะห์ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอนุภาคทองคำโน และพีเอชเท่ากับ 10

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของวัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำโน

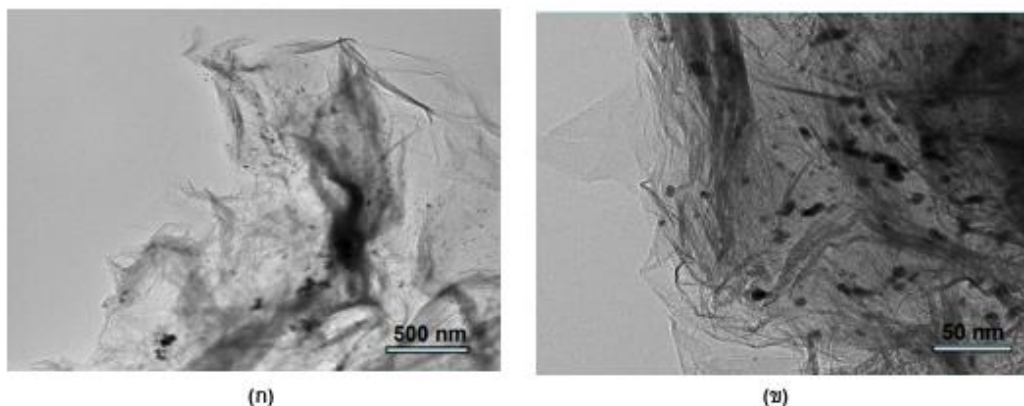
วัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำโนที่ถูกตรวจสอบด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffraction, XRD) มีลักษณะพีกที่เด่นชัด มีความเป็นผลึกสูง โดยรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างผลึกของอนุภาคทองคำโนที่เกิดขึ้นเป็นแบบ Face-Centered Cubic (FCC) โดยพีกที่มุม 38.2, 44.4, 64.7 และ 77.6 องศา ตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของระนาบ (111) (200) (220) และ (311) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจาก Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS file: 04-0784)



ภาพ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์กับความเข้มรังสีเอกซ์ของวัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำโนที่สภาวะเงื่อนไขการสังเคราะห์ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอนุภาคทองคำโนและพีเอชเท่ากับ 10

Transmission Electron Microscope (TEM) ของวัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโน

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานและขนาดของอนุภาคทองคำนาโนบนแกรฟีนด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscopy, TEM) พบว่ารูปร่างของอนุภาคทองคำนาโนที่ติดอยู่บนผิวแกรฟีน (ส่วนที่มีลักษณะเป็นรอยย่นในภาพ 5(ก) และ (ข)) มีลักษณะเป็นทรงกลมหรือกึ่งทรงกลม (Semi spherical shape) กระจายตัวอยู่บนผิวแกรฟีนอย่างสม่ำเสมอ (ภาพ 5) เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคทองคำนาโนมีขนาดอยู่ในช่วงประมาณ 5-20 นาโนเมตร



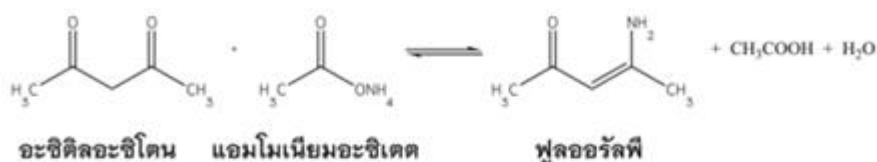
ภาพ 5 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของวัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโน ที่สภาวะเงื่อนไขการสังเคราะห์ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอนุภาคทองคำนาโนและพีเอชเท่ากับ 10 (ก) 10000X mag, (ข) 50000X mag

2.6 การทดสอบการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ตามธรรมชาติ

ในการทดสอบสมบัติการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของวัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนเพื่อใช้สำหรับการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์นั้นจำเป็นต้องทราบความเข้มข้นที่แน่นอนของฟอร์มาลดีไฮด์ก่อนแต่เนื่องจากฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารที่ไม่มีสีและมีกลิ่นจึงเป็นเรื่องยากสำหรับการตรวจวิเคราะห์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ฟูลอรัลจึงถูกเตรียมขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจหาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์โดยเมื่อนำสารละลายฟูลอรัลที่ผสมกับฟอร์มาลดีไฮด์จะได้สารที่มีสีเหลืองเกิดขึ้น ซึ่งทำให้ง่ายต่อการนำไปตรวจวิเคราะห์ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการผสมกันระหว่างสารละลายฟูลอรัลและฟอร์มาลดีไฮด์นี้มีชื่อว่า 3,5-diacetyl-dihydrolutidine โดยในการเกิด 3,5-diacetyl-dihydrolutidine ต้องใช้ซิติลอะซิโตนจำนวน 2 โมล แอมโมเนียมอะซิเตตจำนวน 1 โมลและฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 1 โมล เป็นองค์ประกอบ [12-14] กลไกในการเกิดปฏิกิริยาแสดงได้ดังนี้

ขั้นที่ 1

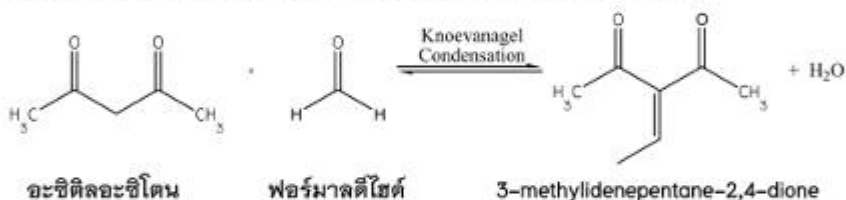
อะซีติลอะซิโตนจำนวน 1 โมลจะเข้าทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมอะซิเตตจำนวน 1 โมลเกิดเป็นสารประกอบที่มีชื่อว่า Ketoneamine หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าฟูลอรัลฟี่ ดังภาพ 6



ภาพ 6 ปฏิกิริยาระหว่างอะซีติลอะซิโตนและแอมโมเนียมอะซิเตตเกิดเป็นสารประกอบ Ketoneamineหรือฟูลอรัลฟี่

ขั้นที่ 2

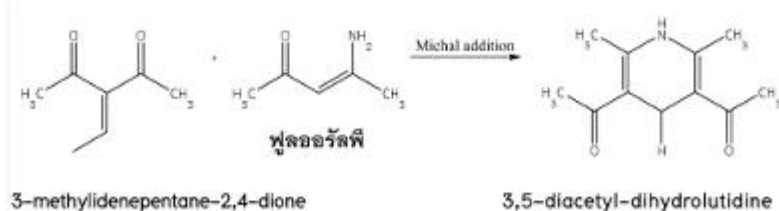
อะซีติลอะซิโตนที่เหลืออีก 1 โมลเข้าทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์จำนวน 1 โมลโดยเกิดผ่านกระบวนการ Knoevenagel Condensation เกิดสารผลิตภัณฑ์ 3-methylidenepentane-2,4-dione ดังภาพ 7



ภาพ 7 ปฏิกิริยาระหว่างอะซีติลอะซิโตนและฟอร์มัลดีไฮด์เกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ชื่อ 3-methylidenepentane-2,4-dione

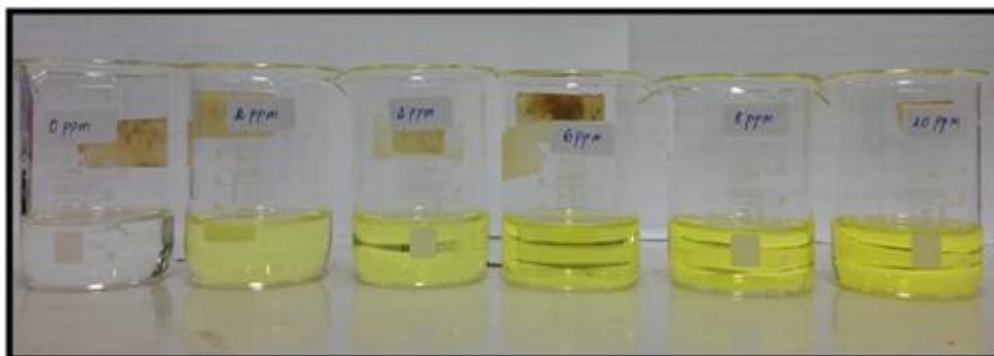
ขั้นที่ 3

สารผลิตภัณฑ์ 3-methylidenepentane-2,4-dione ที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 2 เข้าทำปฏิกิริยากับฟูลอรัลฟี่ ที่ได้จากปฏิกิริยาในขั้นที่ 1 ผ่านกระบวนการ Michael addition ได้สารประกอบชื่อ 3,5-diacetyl-dihydrolutidine ซึ่งเป็นสารที่มีสี ดังภาพ 8



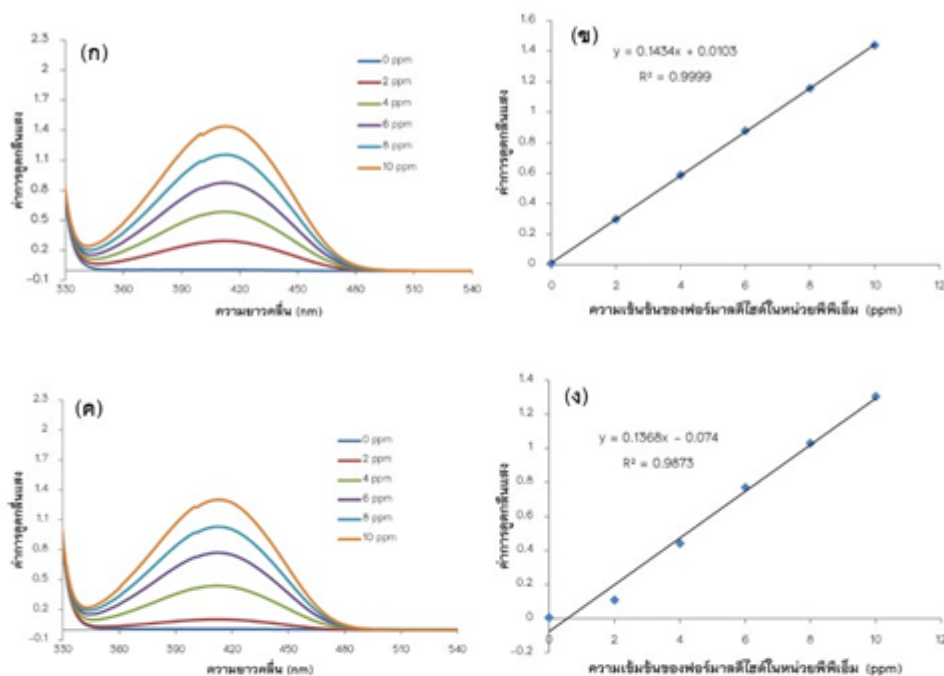
ภาพ 8 ปฏิกิริยาระหว่าง 3-methylidenepentane-2,4-dione และฟูลอรัลฟี่ได้สารประกอบ 3,5-diacetyl-dihydrolutidine ซึ่งเป็นสารที่มีสีเหลือง

สำหรับการศึกษาการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ตามธรรมชาตินั้น จำเป็นที่จะต้องสร้างกราฟมาตรฐานของฟอร์มาลดีไฮด์ [15] และทราบความเข้มข้นที่แน่นอนของฟอร์มาลดีไฮด์ก่อน โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมสารละลายมาตรฐานของฟอร์มาลดีไฮด์ (Standard solution) ที่ความเข้มข้น 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 และ 10.0 พีพีเอ็ม แล้วนำไปผสมกับสารละลายฟลูออรัลฟและทำปฏิกิริยากับฟอร์มาลดีไฮด์เกิดเป็นสารประกอบ 3,5-diacetyl-dihydrolutidine ซึ่งให้สีเหลืองและมีความเข้มเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพ 9



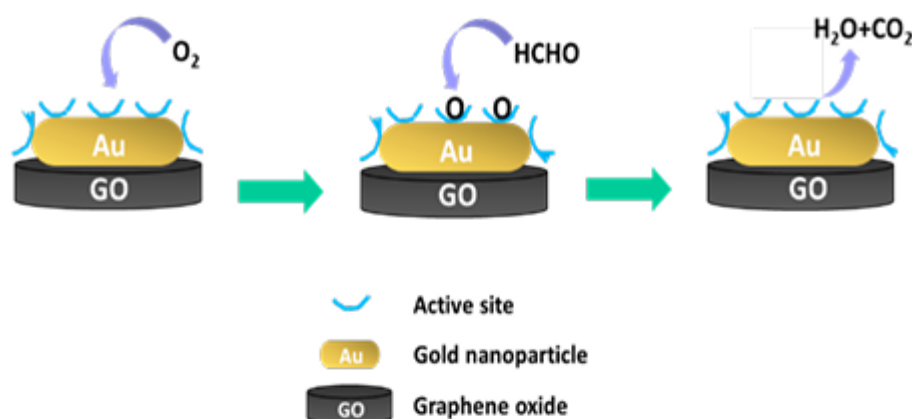
ภาพ 9 จากซ้ายไปขวา แสดงสารละลาย 3,5-diacetyl-dihydrolutidine (DDL) ซึ่งจะเข้มข้นตามความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่เติมเข้าไปคือ 0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 และ 10.0 พีพีเอ็ม

การสร้างกราฟมาตรฐานของฟอร์มาลดีไฮด์ทำได้โดยนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์การเกิดสารประกอบ 3,5-diacetyl-dihydrolutidine โดยใช้เทคนิคยูวี/วิสิเบิลสเปกโทรสโกปีในการพิจารณาค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ซึ่งสารละลายจะมีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ที่ความยาวคลื่น 413 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาพลอตเพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน ซึ่งเราทำการวิเคราะห์สารตัวอย่างโดยใช้เทคนิคยูวี/วิสิเบิลสเปกโทรสโกปีเป็นเวลา 14 วันต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 1 ถึง วันที่ 14 ผลยูวี/วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี พบว่า พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) วันที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.9999 และเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.9873 จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีการลดลงเพียงเล็กน้อยแสดงให้เห็นว่าผลการทดลองที่ได้ยังคงมีความเชื่อถือได้ตลอดระยะเวลา 14 วัน ของการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์สามารถสลายตัวได้เองตามธรรมชาติที่อุณหภูมิห้องได้น้อยมาก โดยพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน การสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็มจะลดลงเหลือเพียง 9.05 พีพีเอ็ม คิดเป็นร้อยละของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ถูกสลายตัวไปเท่ากับ 9.54 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าฟอร์มาลดีไฮด์สลายตัวตามธรรมชาติได้น้อยมาก



ภาพ 10 แสดงยูวี/วิสิเบิลสเปกโทรสโกปีของสารละลาย 3,5-diacetyl-dihydrolutidine ที่มีการเติมสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นต่างๆไป และกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ (ก) และ (ข) วันที่ 1 (ค) และ (ง) วันที่ 14

เมื่อนำวัสดุลูกผสมแกรฟีนและอนุภาคนาโนจำนวน 1, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่เตรียมได้ที่ค่าพีเอช 2.0, 4.0, 6.0, 7.0, 8.0 และ 10.0 มาผสมกับสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้น 10.0 พีพีเอ็ม พร้อมทำการกวนสารทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องด้วยแท่งกวนแม่เหล็กเป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์จะมีค่าลดลงสำหรับทุกคอมโพสิตของแกรฟีนและอนุภาคนาโนที่ถูกเตรียมได้ที่ค่าพีเอชต่างๆ เมื่อคิดเป็นร้อยละของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ถูกสลายตัวไปจะเห็นได้ว่าคอมโพสิตของแกรฟีนและอนุภาคนาโนที่ปริมาณของ 1, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักให้ค่าร้อยละของฟอร์มาลดีไฮด์ที่เกิดการสลายตัวไปอยู่ในช่วง 21.1-25.3, 25.8-30.7 และ 22.7-36.2 ตามลำดับ โดยให้ค่าร้อยละการสลายตัวมากที่สุดเท่ากับ 36.2 ภายใต้เงื่อนไขการสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นของอนุภาคนาโน 8 เปอร์เซ็นต์และพีเอชเท่ากับ 10 (ตาราง 1 ถึง 3) ซึ่งเป็นผลมาจากการเตรียมวัสดุลูกผสมในสภาวะเบสที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวช่วยส่งเสริมสภาวะการรีดิวซ์ของแกรฟีนออกไซด์และไอออนทอง จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ในวัสดุลูกผสมเกิดได้ดีขึ้น ทั้งนี้จะเห็นว่าผลจากสภาวะเบสที่มีต่อการรีดิวซ์นี้จะให้ผลชัดเจนในสภาวะที่มีความเข้มข้นของไอออนทองสูงๆ มากกว่าที่ความเข้มข้นของไอออนทองต่ำ กลไกการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์โดยวัสดุลูกผสมแกรฟีนและอนุภาคนาโน [16] แสดงในภาพ 11



ภาพ 11 แสดงกลไกการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ที่เป็นไปได้โดยวัสดุลูกผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโน [16]

ตาราง 1 แสดงความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในหน่วยพีพีเอ็มและค่าร้อยละการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ภายหลังการเติมคอมโพสิตของวัสดุลูกผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนในความเข้มข้นของอนุภาคทองคำนาโน 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่พีเอชต่างๆ (การทดลองทำซ้ำ 5 ครั้ง)

ตัวอย่าง	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย ของฟอร์มาลดีไฮด์ ในหน่วยพีพีเอ็ม	ร้อยละของ ฟอร์มาลดีไฮด์ ที่เหลือในสารละลาย	ร้อยละของ ฟอร์มาลดีไฮด์ ที่เกิดการสลายตัวไป
Graphene:AuNPs 1% (pH 2.0)	7.890 ± 0.020	78.90 ± 0.20	21.10
Graphene:AuNPs 1% (pH 4.0)	7.724 ± 0.027	77.24 ± 0.27	22.76
Graphene:AuNPs 1% (pH 6.0)	7.492 ± 0.011	74.92 ± 0.11	25.08
Graphene:AuNPs 1% (pH 7.0)	7.469 ± 0.004	74.69 ± 0.04	25.31
Graphene:AuNPs 1% (pH 8.0)	7.556 ± 0.006	75.56 ± 0.06	24.44
Graphene:AuNPs 1% (pH 10.0)	7.546 ± 0.014	75.46 ± 0.14	24.54

ตาราง 2 แสดงความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในหน่วยพีพีเอ็มและค่าร้อยละการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ภายหลังการเติมคอมโพสิตของวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำในในความเข้มข้นของอนุภาคทองคำใน 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่พีเอชต่างๆ (การทดลองทำซ้ำ 5 ครั้ง)

ตัวอย่าง	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย ของฟอร์มาลดีไฮด์ ในหน่วยพีพีเอ็ม	ร้อยละของ ฟอร์มาลดีไฮด์ ที่เหลือในสารละลาย	ร้อยละของ ฟอร์มาลดีไฮด์ ที่เกิดการสลายตัวไป
Graphene:AuNPs 4% (pH 2.0)	6.935 ± 0.010	69.35 ± 0.10	30.65
Graphene:AuNPs 4% (pH 4.0)	7.104 ± 0.021	71.04 ± 0.21	28.96
Graphene:AuNPs 4% (pH 6.0)	7.205 ± 0.007	72.05 ± 0.07	27.95
Graphene:AuNPs 4% (pH 7.0)	7.416 ± 0.006	74.16 ± 0.06	25.84
Graphene:AuNPs 4% (pH 8.0)	7.264 ± 0.015	72.64 ± 0.15	27.36
Graphene:AuNPs 4% (pH 10.0)	7.230 ± 0.011	72.30 ± 0.15	27.70

ตาราง 3 แสดงความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในหน่วยพีพีเอ็มและค่าร้อยละการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ภายหลังการเติมคอมโพสิตของวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำในในความเข้มข้นของอนุภาคทองคำใน 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่พีเอชต่างๆ (การทดลองทำซ้ำ 5 ครั้ง)

ตัวอย่าง	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย ของฟอร์มาลดีไฮด์ ในหน่วยพีพีเอ็ม	ร้อยละของ ฟอร์มาลดีไฮด์ ที่เหลือในสารละลาย	ร้อยละของ ฟอร์มาลดีไฮด์ ที่เกิดการสลายตัวไป
Graphene:AuNPs 40% (pH 10.0)	1.862 ± 0.017	18.62 ± 0.17	81.38
Graphene:AuNPs 80% (pH 10.0)	1.236 ± 0.026	12.36 ± 0.26	87.64

ตาราง 4 แสดงความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในหน่วยพีพีเอ็มและค่าร้อยละการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ภายหลังการเติมคอมโพสิตของวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำในที่มีความเข้มข้นของอนุภาคทองคำใน 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่พีเอชต่างๆ (การทดลองทำซ้ำ 5 ครั้ง)

ตัวอย่าง	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย ของฟอร์มาลดีไฮด์ ในหน่วยพีพีเอ็ม	ร้อยละของ ฟอร์มาลดีไฮด์ ที่เหลือในสารละลาย	ร้อยละของ ฟอร์มาลดีไฮด์ ที่เกิดการสลายตัวไป
Graphene:AuNPs 8% (pH 2.0)	7.164 ± 0.049	71.64 ± 0.49	28.36
Graphene:AuNPs 8% (pH 4.0)	6.911 ± 0.011	69.11 ± 0.11	30.89
Graphene:AuNPs 8% (pH 6.0)	7.728 ± 0.018	77.28 ± 0.18	22.72
Graphene:AuNPs 8% (pH 7.0)	6.587 ± 0.013	65.87 ± 0.13	34.13
Graphene:AuNPs 8% (pH 8.0)	7.459 ± 0.007	74.59 ± 0.07	25.41
Graphene:AuNPs 8% (pH 10.0)	6.380 ± 0.008	63.80 ± 0.08	36.20

อย่างไรก็ดีจากสภาวะเงื่อนไขการสังเคราะห์ที่เหมาะสมในการเตรียมคอมโพสิตในสภาวะเบสที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวช่วยส่งเสริมสภาวะการรีดิวซ์ของแกรไฟีนออกไซด์และไอออนทอง ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการเพิ่มความเข้มข้นของอนุภาคทองคำในเป็น 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เพื่อศึกษาอัตราการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ที่อาจเกิดเพิ่มมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของอนุภาคทองคำใน 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์มาตรฐานจาก 10.0 พีพีเอ็ม เหลือ 1.862 ± 0.017 และ 1.236 ± 0.026 พีพีเอ็ม ซึ่งคิดเป็นค่าร้อยละการสลายตัวเท่ากับ 81.4 และ 87.6 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอนุภาคทองคำในวัสดุผสม แต่อย่างไรก็ดีต้นทุนในการสังเคราะห์ก็สูงขึ้นมากตามไปด้วยเช่นกัน

สรุปผลและอภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์วัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำในที่มีกระบวนการการสังเคราะห์ที่ง่ายและมีราคาถูกโดยนำสารละลายคอลลอยด์ของแกรไฟีนออกไซด์มาคอมโพสิตร่วมกับอนุภาคทองคำในที่พีเอชต่างๆ และทำการปรับเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคทองคำในเป็น 1, 4, 8, 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองพบว่าคอมโพสิตของวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำในที่มีความเข้มข้นของอนุภาคทองคำใน 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและพีเอชเท่ากับ 10 ให้ค่าร้อยละการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์สูงถึง 36.20 ซึ่งเป็นผลมาจากการเตรียมวัสดุผสมในสภาวะเบสจะช่วยส่งเสริมสภาวะการรีดิวซ์ของแกรไฟีนออกไซด์และอนุภาคทองคำใน จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ในวัสดุผสมเกิดได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มความเข้มข้นของอนุภาคทองคำในเป็น 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ค่าร้อยละการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์จะมีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุผสมแกรไฟีนและอนุภาคทองคำในในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ได้เป็นอย่างดี แต่ต้นทุนในการสังเคราะห์ก็อาจจะสูงขึ้นมากตามไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่สัญญา FF64-UoE012 จากกองทุนส่งเสริม ววน. และได้รับการสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่สัญญา PBTSC63013

เอกสารอ้างอิง

- [1] Abraham S, König M, Srivastava SK, Kumar V, Walkenfort B, Srivastava A. A Carbon nanostructure (0-3 dimensional) supported isolated gold nanoparticles as an effective SERS substrate. *Sens. Actuators* 2018;273:455-465.
- [2] Ayati A, Ahmadpour A, Bamoharram FF, Tanhaei B, Mänttärä M, Sillanpää M. A review on catalytic applications of Au/TiO₂ nanoparticles in the removal of water pollutant. *Chemosphere* 2014;107:163-174.
- [3] Chen FC, Chuang MK, Hsu CS. Gold nanoparticles-graphene oxide nanocomposites that enhance the device performance of polymer solar cells. *Journal of Nanomaterials* 2014. Article ID 736879. Available from <https://doi.org/10.1155/2014/736879>.
- [4] Choi HC, Park Y, Koo JY, Kim S, Choi HC. Spontaneous formation of gold nanoparticles on graphene by galvanic reaction through graphene. *ASC Omega* 2019;4:18423-18427.
- [5] Choucair M, Thordarson P, Stride JA. Gram-scale production of graphene based on Solvothermal synthesis and sonication. *Nat Nano* 2009; 4(1):30-33.
- [6] Hummer WS, Offeman RE. Preparation of graphite oxide. *J Am Chem Soc* 1998;80:1339.
- [7] Lerf A, He H Y, Forster M, Klinowski J. Structure of graphite oxide revisited. *J. Phys. Chem* 1998;102:4477-4482.
- [8] Li D, Muller MB, Gilje S, Kaner RB, Wallace GG. Processable aqueous dispersions of graphene nanosheets. *Nature Nanotechnology* 2008;3:101-105.
- [9] Lu J, Yang JX, Wang J, Lim A, Wang S, Loh KP. One-Pot synthesis of fluorescent carbon nanoribbons, nanoparticle and graphene by the exfoliation of graphite in ionic liquids. *ACS Nano* 2009;3(8):2367-2375.
- [10] Nepal D, Ren Y, Rao R, Bhusal S, Varshney V, Kedziora G, Wheeler R, Kang Y, Roy A. Hierarchical assembly of gold nanoparticles on graphene nanoplatelets by spontaneous reduction: Implications for smart composites and biosensing. *ASC Appl. Nano Mater* 2020; 3:8753-8762.
- [11] Novoselov KS, Geim AK, Morozov SV, Jiang D, Zhang Y, Dubonos SV. Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science* 2004;306(5696):666-669.
- [12] Pandey PC, Shukla S, Pandey Y. 3-Aminopropyltrimethoxysilane and graphene oxide/reduced graphene oxide-induced generation of gold nanoparticles and their nanocomposites: electrocatalytic and kinetic activity. *RSC Adv* 2016;6(84).

- [13] Park S, Ruoff RS. Chemical methods for the production of graphenes. *Nat Nano* 2009;4(4):217-224.
- [14] Sirajuddin, Mechler A, Torriero AAJ, Nafady A, Lee CY, Bond AM, Mullance APO, Bhargava SK. The formation of gold nanoparticles using hydroquinone as a reducing agent through a localized pH change upon addition of NaOH to a solution of HAuCl_4 . *Colloids and Surfaces* 2010;370:35-41.
- [15] Movahed SK, Fakharian M, Dabiri M, Bazgir A. Gold nanoparticle decorated reduced graphene oxide sheets with high catalytic activity for Ullmann homocoupling. *RSC Adv* 2014;4(10):5243-5247.
- [16] Zhu X, Cheng B, Yu J, Ho W. Halogen poisoning effect of Pt-TiO_2 for formaldehyde catalytic oxidation performance at room temperature. *Applied Surface Science* 2016;364:808-814.

The logo of the University of Phayao is a circular emblem. The upper half features a purple background with a white silhouette of a traditional Thai stupa (chedi) with multiple tiers and flame-like finials. The lower half has a yellow background with a purple Thai script 'มหาวิทยาลัยพะเยา' (Mahavithayalai Phayao) and the English text 'UNIVERSITY OF PHAYAO' in yellow capital letters.

PETTY PATENTS

แบบ สป/พม/สป/001-ก
หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า

 <p>คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร</p> <p><input type="checkbox"/> การประดิษฐ์ <input checked="" type="checkbox"/> ยื่นผ่านพาณิชย์จังหวัด</p> <p><input type="checkbox"/> การออกแบบผลิตภัณฑ์ <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร</p> <p>ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535 และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542</p>		<p>สำหรับเจ้าหน้าที่</p> <p>วันที่รับคำขอ 7 เม.ย. ๒๕๖๕ เลขที่คำขอ 2203 000841</p> <p>วันที่ยื่นคำขอ 7 เม.ย. ๒๕๖๕</p> <p>สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ</p>	
		<p>ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์</p> <p>รับประกาศโฆษณา เลขที่ประกาศโฆษณา</p> <p>รับออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร</p> <p>ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่</p>	
		<p>1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ การผลิตกล่องกระดาษเยื่อกระดาษรีไซเคิลชนิดพิเศษ มีสันไม้ใหม่จวบ และเกรฟีน และกรรมวิธีการผลิต (นางคุณธรรณ สว่างสัมพันธ์)</p> <p>2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอสำหรับ ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการพิเศษ</p> <p>3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> บุคคลธรรมดา <input type="checkbox"/> นิติบุคคล <input checked="" type="checkbox"/> หน่วยงานรัฐ <input type="checkbox"/> มูลนิธิ <input type="checkbox"/> อื่นๆ 3.1 สัญชาติ ไทย ชื่อ มหาวิทยาลัยพะเยา 3.2 โทรศัพท์ 054-466-666 ต่อ 3712 ที่อยู่ เลขที่ 19 หมู่ 2 3.3 โทรสาร ตำบล/แขวง แม่ใจ อำเภอ/เขต เมืองพะเยา จังหวัด พะเยา รหัสไปรษณีย์ 56000 ประเทศ ไทย อีเมล upfo.up@gmail.com <input type="checkbox"/> เลขประจำตัวประชาชน <input type="checkbox"/> เลขทะเบียนนิติบุคคล <input checked="" type="checkbox"/> เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0 9 9 4 0 0 0 7 7 2 2 5 4 <input checked="" type="checkbox"/> เพิ่มเดิม (ตั้งเดิม) ในกรณีที่มาขอสิทธิบัตรร่วมกัน ท่านและคุณ ร่วม <input type="checkbox"/> ร่วมผู้ขอ <input type="checkbox"/> ร่วมผู้ขอ</p> <p>4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ <input checked="" type="checkbox"/> ผู้รับโอน <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น</p> <p>5. ตัวแทน (ถ้ามี) ชื่อ ยุกเว็นค่าธรรมเนียม 5.1 ตัวแทนอาชีพ ที่อยู่ ยุกเว็นค่าธรรมเนียมและการยกเว้นค่าธรรมเนียม 5.2 โทรศัพท์ ตำบล/แขวง ยุกเว็นค่าธรรมเนียมและการยกเว้นค่าธรรมเนียม 5.3 โทรสาร อำเภอ/เขต ยุกเว็นค่าธรรมเนียมและการยกเว้นค่าธรรมเนียม จังหวัด ยุกเว็นค่าธรรมเนียมและการยกเว้นค่าธรรมเนียม รหัสไปรษณีย์ ยุกเว็นค่าธรรมเนียมและการยกเว้นค่าธรรมเนียม ประเทศ ยุกเว็นค่าธรรมเนียมและการยกเว้นค่าธรรมเนียม เลขประจำตัวประชาชน ยุกเว็นค่าธรรมเนียมและการยกเว้นค่าธรรมเนียม <input type="checkbox"/> เพิ่มเดิม (ตั้งเดิม)</p> <p>6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ <input type="checkbox"/> ชื่อและที่อยู่ผู้เดียวกับผู้ขอ ชื่อ นายวิศณุสรณ์ ชาติอารยวุฒิ ที่อยู่ 125-127 ถนนพหลโยธิน ตำบล/แขวง ปากน้ำโพ อำเภอ/เขต เมืองนครสวรรค์ จังหวัด นครสวรรค์ รหัสไปรษณีย์ 60000 ประเทศ ไทย อีเมล wfpranong@hotmail.com เลขประจำตัวประชาชน 3 6 0 9 9 0 0 2 1 0 6 1 1 <input checked="" type="checkbox"/> เพิ่มเดิม (ตั้งเดิม)</p> <p>7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร เลขที่ วันที่ เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ <input type="checkbox"/> ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ <input type="checkbox"/> ผู้รับโอน <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น</p> <p>หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่มีอาจะระบุละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับชื่อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียด เพิ่มเดิมดังกล่าวด้วย</p>	

สำหรับเจ้าหน้าที่			
<p>จำแนกประเภทสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร</p> <p><input type="checkbox"/> กลุ่มวิศวกรรม <input type="checkbox"/> กลุ่มเคมี</p> <p>สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วิศวกรรม)</p> <p>สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ฟิสิกส์)</p> <p>สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ฟิสิกส์)</p>	<p>สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เคมีเทคนิค)</p> <p>สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ชีวเคมี)</p> <p>สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เทคโนโลยีชีวภาพ)</p> <p>สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (นาชีวเคมี)</p>	<p>สิทธิบัตรการออกแบบ</p> <p><input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 1)</p> <p><input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 2)</p> <p><input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 3)</p>	<p>อนุสิทธิบัตร</p> <p><input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (วิศวกรรม)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (เคมี)</p>



คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ การประดิษฐ์
☐ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☒ อนุสิทธิบัตร

ยื่นผ่านพาณิชย์จังหวัด

ข้าพเจ้าผู้ลงนามขอในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้
 ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535
 และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่

วันที่รับคำขอ	๓๑ มีนาคม ๒๕๖๓	เลขที่คำขอ	2203001061
วันที่ยื่นคำขอ	๓๑ มีนาคม ๒๕๖๓		
สัญลักษณ์จำนวนการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ			
ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์			
ประเภทผลิตภัณฑ์			
วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา		
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร		

ลงนามเมื่อเจ้าหน้าที่

 น. พิชญะวัฒน์ มีเกียรติ
 นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการ

1. ชื่อและนามสกุลการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
 การผลิตกระดาษหีบซอง (บี) ของใช้ครัวเรือนหรือของใช้ในชีวิตประจำวันและการผลิต.....

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์ที่อาจอ้างสิทธิในคำขอฉบับอื่น
 ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ☐ บุคคลธรรมดา ☐ นิติบุคคล ☒ หน่วยงานรัฐ ☐ มูลนิธิ ☐ อื่นๆ
 ชื่อ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ที่อยู่ เลขที่ 19 หมู่ 2
 ตำบล/แขวง อำเภอ/เขต เมือง/ทะเล จังหวัด เขต/แขวง รหัสไปรษณีย์ 56000 ประเทศ ไทย
 อีเมล upd@upd.tu.ac.th
☐ เลขประจำตัวประชาชน ☐ เลขทะเบียนนิติบุคคล ☒ เลขประจำตัวผู้เสียภาษี
 ในกรณีที่มีการนำสิ่งสารพันทาง ท่านสะดวกใช้งาน ☐ อีเมล ☐ หมายเลข ☒ เพิ่มเดิม (ตัวเต็ม) 0 9 9 4 0 0 0 7 7 2 2 5 4

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☒ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน (ถ้ามี)
 ชื่อ
 ที่อยู่
 ตำบล/แขวง อำเภอ/เขต จังหวัด รหัสไปรษณีย์ ประเทศ
 อีเมล
 เลขประจำตัวประชาชน ☒ เพิ่มเดิม (ตัวเต็ม) 3 6 0 9 9 0 0 2 1 0 6 1 1

ยกเว้นค่าธรรมเนียม

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ ☐ ชื่อและที่อยู่ผู้ถือสิทธิบัตร
 ชื่อ นายวิชาญธรรมดี ขาดือระหวัดดี
 ที่อยู่ 125-127 ถนนลาดพร้าว
 ตำบล/แขวง ปทุมวัน อำเภอ/เขต เมืองกรุงเทพมหานคร จังหวัด เขต/แขวง รหัสไปรษณีย์ 60000 ประเทศ ไทย
 อีเมล wdsanarak@hotmail.com
 เลขประจำตัวประชาชน ☒ เพิ่มเดิม (ตัวเต็ม) 3 6 0 9 9 0 0 2 1 0 6 1 1

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
 ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อย่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ในวันเดียวกันกับคำขอรับสิทธิบัตร
 นี้ เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☐ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่มีรายละเอียดอื่นใดครบถ้วน ไม่ให้ทำเป็นเอกสารแบบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยรายงานเลขที่กำกับชื่อและวันที่ยื่นและกรณีสอดคล้อง เพิ่มเดิมอีกแล้วด้วย

สำหรับเจ้าหน้าที่

จำนวนประเภทสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	<input type="checkbox"/> กลุ่มเคมี	สิทธิบัตรการออกแบบ	อนุสิทธิบัตร
<input type="checkbox"/> กลุ่มวิศวกรรม	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เคมีเทคนิค)	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 1)	<input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (วิศวกรรม)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วิศวกรรม)	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ฟิสิกส์เคมี)	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 2)	<input checked="" type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (เคมี)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ฟิสิกส์)	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เทคโนโลยีชีวภาพ)	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 3)	
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ฟิสิกส์)	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เภสัชภัณฑ์)		

แบบ สป/สผ/สป/001-ก
หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า



คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ การประดิษฐ์
☐ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☒ อนุสิทธิบัตร **ยื่นผ่านพาณิชย์จังหวัด**

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้
ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535
และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่	
วันที่รับคำขอ ๒๑ ก.ค. ๒๕๖๕	เลขที่คำขอ
วันที่ยื่นคำขอ ๒๑ ก.ค. ๒๕๖๕	๒๑๐๓๐๐๑๘๒๗
สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	
ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์	
วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่ นางอมรพร น้อยแก้ว นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการ	

- ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
..... การเตรียมอนุภาคของนาโนในสารโพลิเมอร์ในเครื่องสำอาง และกระบวนการผลิต
- คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นการลำดับที่
ในจำนวน..... คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน
- ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ☐ บุคคลธรรมดา ☐ นิติบุคคล ☒ หน่วยงานรัฐ ☐ บุคคล ☐ อื่นๆ
ชื่อ ..มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ที่อยู่ ..เลขที่ 19 หมู่ 2
ตำบล/แขวง ..มกค. อำเภอ/เขต ..เมืองพระนคร จังหวัด ..พระนคร รหัสไปรษณีย์ ..10150
อีเมล ..upf@upf.ac.th
☐ เลขประจำตัวประชาชน ☐ เลขทะเบียนนิติบุคคล ☒ เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร
ในกรณีที่มา ชื่อการกับท่าน ท่านสะดวกใช้ทาง ☐ อีเมล ☐ อีเมลตัวแทน

ยื่นผ่านพาณิชย์จังหวัด

3.1 สัญชาติ ไทย
3.2 โทรศัพท์ 054-466-66๘ ต่อ 3714
3.3 โทรสาร

0 9 9 4 0 0 0 7 7 2 2 5 4 ☐ เพิ่มเติม (คิงแบบ)

- สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☒ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยพฤตินัย
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☒ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยพฤตินัย
- ตัวแทน (ถ้ามี)
ชื่อ ..
ที่อยู่ ..
ตำบล/แขวง .. อำเภอ/เขต .. จังหวัด .. รหัสไปรษณีย์ .. ประเทศ ..
อีเมล ..
เลขประจำตัวประชาชน .. ☐ เพิ่มเติม (คิงแบบ)
- ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ ☐ ชื่อและที่อยู่เดียวกับผู้ขอ
ชื่อ ..นางสาววิมลวรรณ ขวดีวรรณ
ที่อยู่ ..125-127 ถนนลาดพร้าว
ตำบล/แขวง .. ปากน้ำโพ อำเภอ/เขต ..เมืองนครสวรรค์ จังหวัด ..นครสวรรค์ รหัสไปรษณีย์ ..60000 ประเทศ ..ไทย
อีเมล ..wornanwornan@hotmail.com
เลขประจำตัวประชาชน .. 3 6 0 9 9 0 0 2 1 0 6 1 1 ☒ เพิ่มเติม (คิงแบบ)

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอไม่ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกันกับคำขอรับสิทธิบัตร
เลขที่ .. วันยื่น .. เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☐ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยพฤตินัย

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่มีรายการรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบฉบับนี้โดยระบุรายละเอียดเกี่ยวกับข้อผิดพลาดที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

สำหรับเจ้าหน้าที่			
จำนวนประเภทสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	<input type="checkbox"/> กลุ่มวิสาหกิจ	สิทธิบัตรการออกแบบ	อนุสิทธิบัตร
<input type="checkbox"/> กลุ่มวิสาหกิจ	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วิศวกรรม)	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 1)	<input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (วิศวกรรม)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ไฟฟ้า)	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เคมี)	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 2)	<input checked="" type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (เคมี)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ฟิสิกส์)	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เทคโนโลยีชีวภาพ)	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 3)	
	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เภสัชภัณฑ์)		

แบบ สป/กม.ชอ.บ/001-ค
หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า



คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ การประดิษฐ์
☐ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☒ อนุสิทธิบัตร **ยื่นผ่านพาณิชย์จังหวัด**

ข้าพเจ้าผู้เลขาณียื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้
ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535
และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542

- 8 ก.ย. 2565

วันที่รับคำขอ: ๘ ส.ค. ๒๕๖๕
วันที่ยื่นคำขอ: ๘ ส.ค. ๒๕๖๕

เลขที่คำขอ: **2203002315**

สิทธิบัตรนี้ดำเนินการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ

ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์
ประเภทผลิตภัณฑ์

รับประกาศโฆษณา: เลขที่ประกาศโฆษณา

รับออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร: เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่
นางอมรรัตน์ เกียงแก้ว
นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการ

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
..... ดูรายการสิทธิบัตรที่แนบมา

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและยื่นคำขอเดียวกัน
ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ☐ บุคคลธรรมดา ☐ นิติบุคคล ☒ หน่วยงานรัฐ ☐ มูลนิธิ ☐ อื่นๆ

ชื่อ: มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ที่อยู่: เลขที่ 12 หมู่ 2
ตำบล/แขวง: อำเภอ/เขต: จังหวัด: รหัสไปรษณีย์: 50000 ประเทศ: ไทย

อีเมล:
☐ เลขประจำตัวประชาชน ☐ เลขทะเบียนนิติบุคคล ☒ เลขประจำตัวผู้เสียภาษี ☐ เลขประจำตัวนิติบุคคล

ในกรณีที่มา คือการยื่นคำขอ: ☐ การยื่นคำขอครั้งแรก ☒ การยื่นคำขอต่อ

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☒ ผู้รับโอน ☐ ผู้รับสิทธิโดยพฤตินัย

5. ตัวแทน (ถ้ามี)
ชื่อ:
ที่อยู่:
ตำบล/แขวง: อำเภอ/เขต: จังหวัด: รหัสไปรษณีย์: ประเทศ:
อีเมล:
เลขประจำตัวประชาชน: ☐ เห็นด้วย (เครื่องหมาย)

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ ☐ ชื่อและที่อยู่ผู้ประดิษฐ์

ชื่อ: นายวิชาญ วิชาญ
ที่อยู่: 125-127 ถนนสุขุมวิท
ตำบล/แขวง: อำเภอ/เขต: จังหวัด: รหัสไปรษณีย์: 60000 ประเทศ: ไทย

อีเมล:
เลขประจำตัวประชาชน: 3 6 0 9 9 0 0 2 1 0 6 1 1 ☒ เห็นด้วย (เครื่องหมาย)

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้มาจากทรัพย์สินทางปัญญาของข้าพเจ้า

ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบายได้ว่าคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกันกับคำขอรับสิทธิบัตร
เลขที่: วัน: เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้มาจากทรัพย์สินทางปัญญาของข้าพเจ้า


☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☐ ผู้รับโอน ☐ ผู้รับสิทธิโดยพฤตินัย

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่มีเอกสารแสดงสิทธิบัตรฉบับนี้ ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบฉบับนี้โดยระบุรายละเอียดของทรัพย์สินทางปัญญาของข้าพเจ้า

สำหรับเจ้าหน้าที่

จำนวนประเภทสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	สิทธิบัตรการออกแบบ	อนุสิทธิบัตร
<input type="checkbox"/> กฎบัตรกรรม	<input type="checkbox"/> กลุ่มเคมี	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 1)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วิศวกรรม)	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เคมี/เทคโนโลยี)	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 2)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ไฟฟ้า)	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เทคโนโลยีชีวภาพ)	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 3)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เภสัช)	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (นาโนเทคโนโลยี)	<input checked="" type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (เคมี)

หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า

 <p>คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร</p> <p> <input type="checkbox"/> การประดิษฐ์ <input type="checkbox"/> การออกแบบผลิตภัณฑ์ <input checked="" type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร </p> <p>ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535 และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542</p>	สำหรับเจ้าหน้าที่ วันรับคำขอ 20/09/2566 เลขที่คำขอ 2303002725	
	วันยื่นคำขอ	
	สัญลักษณจำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	
	ให้ออกแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์	
	วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่		

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ สูตรการผลิตแบ่งชนมจะเป็นมะพร้าวอ่อน

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
 ในจำนวน _____ คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ☐ บุคคลธรรมดา ☐ นิติบุคคล ☒ หน่วยงานรัฐ ☐ มูลนิธิ ☐ อื่นๆ

ชื่อ มหาวิทยาลัยพะเยา

ที่อยู่ เลขที่ 19 หมู่ที่ 2

ตำบล/แขวง เมือง อำเภอ/เขต จังหวัด พะเยา รหัสไปรษณีย์ 56000 ประเทศ ไทย

อีเมล upitlo.up@gmail.com

เลขประจำตัวประชาชน ☐ เลขทะเบียนนิติบุคคล ☒ เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร 0 9 9 4 0 0 0 7 7 2 2 5 4 ☐ เพิ่มเติม (ตั้งแบบ)

ในกรณีที่มีการทำ สำเนาให้กับท่าน ท่านสะดวกใช้ทาง ☒ อีเมลผู้ขอ ☐ อีเมลตัวแทน

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☒ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน (ถ้ามี)
 ชื่อ _____
 ที่อยู่ _____
 ตำบล/แขวง อำเภอ/เขต จังหวัด รหัสไปรษณีย์ ประเทศ _____
 อีเมล _____
 เลขประจำตัวประชาชน _____ ☐ เพิ่มเติม (ตั้งแบบ)

5.1 ตัวแทนเลขที่ _____
 5.2 โทรศัพท์ _____
 5.3 โทรสาร _____

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ ☐ ชื่อและที่อยู่เดียวกันกับผู้ขอ
 ชื่อ นายวิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี
 ที่อยู่ 125-127 ถ.มหาสุลี
 ตำบล/แขวง ปากน้ำโพ อำเภอ/เขต เมืองนครสวรรค์ จังหวัด นครสวรรค์ รหัสไปรษณีย์ 60000 ประเทศ ไทย
 อีเมล _____
 เลขประจำตัวประชาชน 3 6 0 9 9 0 0 2 1 0 6 1 1 ☒ เพิ่มเติม (ตั้งแบบ)

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
 ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบายได้ว่าคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร
 เลขที่ _____ วันยื่น _____ เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ


หมายเหตุ: ในกรณีที่ไม่สามารถระบุละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุรายละเอียดเกี่ยวกับชื่อและตัวชี้ชัดที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

สำหรับเจ้าหน้าที่			
จำนวนประเภทสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> กลุ่มวิสาหกิจ สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วิศวกรรม) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ไฟฟ้า) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (พืช) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ผลิตภัณฑ์)	<input type="checkbox"/> กลุ่มเคมี สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เคมีอนินทรีย์) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ปิโตรเคมี) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เทคโนโลยีชีวภาพ) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เภสัชภัณฑ์)	สิทธิบัตรการออกแบบ <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 1) <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 2) <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 3)	อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (วิศวกรรม) <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (เคมี)

Signed by DIP-CA

The background features a large, faint watermark of the University of Phayao logo. It consists of a purple shield-like shape containing five white candles, with a stylized purple 'W' below them. A yellow banner at the bottom of the shield contains the text 'UNIVERSITY OF PHAYAO' in English and Thai script.

CONFERENCE PRESENTATIONS



พะเยาวิจัย 12
PHAYAO RESEARCH CONFERENCE

การประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย
25-27 มกราคม 2566
ณ อาคาร 99 ปี พระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว มหาวิทยาลัยพะเยา

การสังเคราะห์วัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนสำหรับใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์

สฤตกร ธีรอนมูล¹, THEARUM RIN¹, วรัญญา พาทานต์¹, วรัญญา ทองอินทร์¹, บุญยกร ฮอนขนิ่น¹ และ วิทวัสสรณ์ ขาดีอารยะวิ^{1,2}

¹หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ความเป็นมา

- แกรฟีน (Graphene) มีประสิทธิภาพในการนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อสลายอนุภาคทองคำนาโนเพื่อสร้างวัสดุผสมที่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ง่าย มีต้นทุนในการสังเคราะห์ต่ำ และมีศักยภาพต่อการนำประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปนเปื้อนในสารละลายต่างๆ

วัตถุประสงค์


- งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์วัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนที่มีต้นทุนต่ำ และมีประสิทธิภาพสูงสำหรับใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการ

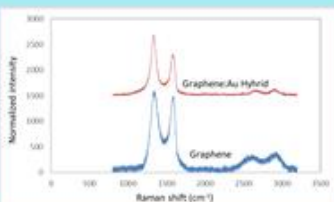
- นำแกรฟีนออกไซด์ (GO) มาคอมโพสิตร่วมกับอนุภาคทองคำนาโนที่ 1, 4, 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ตัวเลขเท่ากับ 2, 4, 6, 7, 8 และ 10
- ทดสอบการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของวัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนในการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ที่เจือปนในสารละลายต่างๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ดีที่สุด

ผลการวิจัย

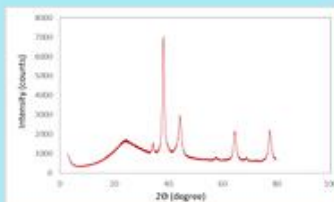
- จากผลการทดลองพบว่าแกรฟีน (Graphene) มีประสิทธิภาพในการนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อสลายอนุภาคทองคำนาโนเพื่อสร้างวัสดุผสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์



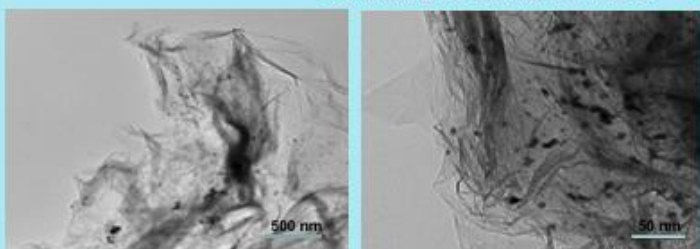
รูปที่ 1 วัสดุผสม Graphene:Au ที่เตรียมได้



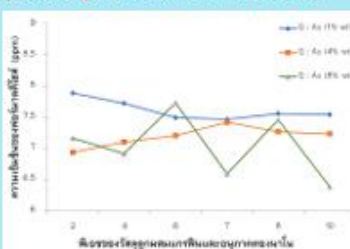
รูปที่ 2 Raman shift ของ Graphene และวัสดุผสม Graphene:Au (8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่เลข 10)



รูปที่ 3 X-ray diffraction (XRD) pattern ของวัสดุผสม Graphene:Au (8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่เลข 10)



รูปที่ 4 TEM images ของวัสดุผสม Graphene:Au (8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่เลข 10) (ก) 100000x mag (ข) 50000x mag



รูปที่ 5 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ (ppm) ที่ลดลง หลังจากเติมตัวเร่งปฏิกิริยา Graphene:Au

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของอนุภาคทองคำนาโนในตัวเร่งปฏิกิริยา Graphene:Au เป็น 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

	ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในหน่วยที่คิด					ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของฟอร์มาลดีไฮด์ที่เหลือในสารละลาย	ร้อยละของฟอร์มาลดีไฮด์ที่เหลือการสลายตัว
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5				
Graphene-Au 40%(pH 10.0)	1.832	1.862	1.875	1.874	1.885	0.017	1.862 ± 0.017	18.62 ± 0.17	81.38 ± 0.17
Graphene-Au 80%(pH 10.0)	1.221	1.208	1.223	1.264	1.263	0.026	1.236 ± 0.026	12.36 ± 0.26	87.64 ± 0.26
Graphene	7.577	7.350	7.545	7.446	7.429	0.079	7.477 ± 0.079	74.77 ± 0.79	25.23 ± 0.79

สรุป

- วัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโน (8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่เลข 10) สามารถเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ถึงร้อยละ 36
- เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของอนุภาคทองคำนาโนในตัวเร่งปฏิกิริยา Graphene:Au เป็น 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะสามารถเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ถึงร้อยละ 81 และ 87 ภายใน 1 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า วัสดุผสมแกรฟีนและอนุภาคทองคำนาโนมีศักยภาพต่อการนำไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

- งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่สัญญา FF64-UoE012 จากกองทุนส่งเสริม ววน.

“Botanical Bomb Innovation” นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผม หนังศีรษะ และผิวพรรณ “Botanical Bomb Innovation” Phytocosmetic Innovative Product for Hair Care and Skin Care

Sakoolrud Raunmoon¹, Supakid Sachak¹, Waranya Thong-in¹, Boonyakorn Sonkhayan¹, Warintorn Bangwiset¹, Widsanusan Chartarrayawadee^{1,*}

¹Smart Nanocolloids Research Unit, University of Phayao, Phayao 56000 Thailand

*Corresponding author email: widsanusan.ch@up.ac.th



บทคัดย่อ

Botanical bomb เป็นนวัตกรรมที่ช่วยฟื้นฟูรากผมที่เสื่อมสภาพ ช่วยขยายรูขุมขนและส่งเสริมการเจริญเติบโตของเส้นผมในระยะเวลาสั้น (Anagen phase) โดยถูกใช้เป็นส่วนผสมหลักในกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่เกี่ยวกับเส้นผมและหนังศีรษะเพื่อแก้ปัญหาผมร่วง ผมบาง และศีรษะล้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดการเกิด **Oxidative stress** ช่วยชะลอการเสื่อมของรากผมและรูขุมขน และช่วยชะลอการหลุดร่วงของเส้นผม

หลักการและเหตุผล

Botanical bomb เป็นนวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพสูงในการฟื้นฟูรากผมที่เสื่อมสภาพ ช่วยขยายรูขุมขนและส่งเสริมการเจริญเติบโตของเส้นผมในระยะเวลาสั้น (Anagen phase) จึงสามารถลดการหลุดร่วงของเส้นผมที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหาผมร่วง ผมบาง และศีรษะล้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดการเกิด **Oxidative stress** และชะลอการเสื่อมของรากผม

วัตถุประสงค์

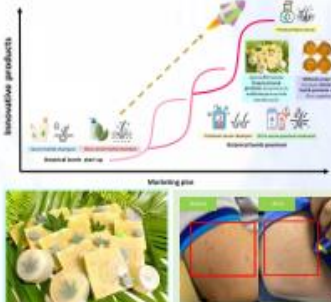
- เพื่อนำเสนอวิธีการ **Botanical bomb** ที่มีประสิทธิภาพสูงในการฟื้นฟูรากผมและรูขุมขน และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเส้นผม
- เพื่อสร้างนวัตกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่เกี่ยวกับเส้นผมและหนังศีรษะให้เชิงพาณิชย์โดยใช้ **Botanical bomb** เป็นส่วนผสมหลักในการแก้ปัญหาผมร่วง ผมบาง และศีรษะล้าน

วิธีการ

- ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (**DPPH assay**) โดยนำผลิตภัณฑ์เข้มข้นมาผสมกับความเข้มข้น 0.0025 – 0.75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับสารละลาย **DPPH** ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ และทำการเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน (**Vitamin C**)
- ทดสอบการวัดการเจริญเติบโตของเส้นผมและการวัดความยาวจากภาพถ่าย (**Image analysis**) จากผู้ใช้งานจริงจำนวน 30 คน โดยทำการวัดการเจริญเติบโตของเส้นผมและวัดความยาวจากภาพถ่ายทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 1 เดือน

ผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์เข้มข้นที่มีส่วนผสมของนวัตกรรม **Botanical bomb** มีศักยภาพในการฟื้นฟูรากผมและรูขุมขน และช่วยชะลอการหลุดร่วงของเส้นผม ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (**DPPH assay**) ที่ได้คิดเป็นร้อยละ 84 (มีค่า $r \geq 0.981$) และมีค่า **IC50** เท่ากับ 49.33 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และจากการรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณโดยการวัดการเจริญเติบโตของเส้นผม การวัดความยาวจากภาพถ่าย (**Image analysis**) และจากการวิจัยจากผู้ใช้งานจริงพบว่า นวัตกรรมผลิตภัณฑ์เข้มข้นเชิงพาณิชย์นี้สามารถช่วยชะลอการหลุดร่วงของเส้นผมและช่วยชะลอการเสื่อมของเส้นผมได้อย่างมีประสิทธิภาพ




สอบถามเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และสั่งซื้อได้ที่ 090-2424-423

ผลิตภัณฑ์จากส่วนผสมของนาโนโพลิเมอร์ (AuNPs) และสารสกัด Botanical bomb premium

สรุปผลการทดลอง

- ผลิตภัณฑ์เข้มข้นที่มีส่วนผสมของนวัตกรรม **Botanical bomb** มีศักยภาพในการฟื้นฟูรากผม ช่วยขยายรูขุมขน และช่วยชะลอการหลุดร่วงและการเจริญเติบโตของเส้นผมได้อย่างชัดเจน และมีประสิทธิภาพในระยะเวลาเพียง 4 สัปดาห์
- ผลิตภัณฑ์เข้มข้นที่มีส่วนผสมของนวัตกรรม **Botanical bomb** มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการลดการเกิด **Oxidative stress** จึงช่วยชะลอการเสื่อมของรากผมและรูขุมขน และช่วยชะลอการหลุดร่วงของเส้นผมได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ



SCIENCE
RESEARCH 15th
CONFERENCE

Cotton Tree (*Bombax ceiba* L.) Flower Stamen Extract: Turning a Food Ingredient into a Reducing Agent for the Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Potential application in Air Cleaning Devices

การสังเคราะห์อนุภาคนาโนจากเกสรดอกจ๊วเพื่อพัฒนาต่อยอดเป็นต้นแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์เพื่อกำจัดอากาศเค็มอบอนุภาคนาโนในที่สาธารณะด้วยวิธีชีวเคมีสีเขียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Widsanusan Chartarrayawadee^{1*}, Sakoolrud Rammoon¹ and Channarong Aupala²

¹Division of Chemistry, School of Science, University of Phayao, Phayao 56000, Thailand
²Division of Food Science and Technology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000, Thailand
^{*}Corresponding author email: widsanusan.chart@up.ac.th

บทคัดย่อ

เกสรดอกจ๊ว (*Bombax ceiba* L. Flower Stamen) สามารถนำมาใช้เป็นตัวรีดิวซ์ (Reducing agent) ในกระบวนการสังเคราะห์อนุภาคนาโนเงิน (AgNPs) ด้วยวิธีการเคมีสีเขียว อนุภาคนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเฉลี่ยมีรูปร่างกึ่งทรงกลม และมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 30 นาโนเมตร ซึ่งแสดงถึงความเสถียรของอนุภาคนาโนเงินในตัวกลาง จากการทดสอบหาบริเวณยับยั้งเชื้อ (Inhibition zone) ของแบคทีเรียชนิดแกรมบวกและแกรมลบ (*Staphylococcus* sp., *E. Coli*, *S. Aureus*, *E. Faecalis* และ *K. Pneumoniae*) โดยเฉพาะสายพันธุ์ *P. aeruginosa* ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคที่พบบ่อยในอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ไม่สะอาดและแพร่กระจายได้ง่าย พบว่าอนุภาคนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้ให้ค่าความต้านทานของอนุภาคนาโนเงินต่อเชื้อแบคทีเรียที่วัดได้เท่ากับ 19.4 ± 0.4 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับยาคลอแรมเฟนิคอลที่วัดได้เท่ากับ 13.0 ± 0.0 มิลลิเมตร ซึ่งอนุภาคนาโนเงินในสารละลายนี้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ต่ำกว่ายาคลอแรมเฟนิคอลถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนากระบวนการผลิตอนุภาคนาโนเงินเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวกและแกรมลบในเครื่องฟอกอากาศ เครื่องช่วยหายใจและเครื่องทำความชื้นในโรงพยาบาล โรงพยาบาล ภาควิทยาศาสตร์ และเชิงพาณิชย์ต่อไป

หลักการและเหตุผล

ทุกส่วนของต้นจ๊วมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาและสามารถประยุกต์ใช้ในการทางการแพทย์ได้ ซึ่งในส่วนของเกสรดอกจ๊วและเกสรดอกจ๊วสารพฤกษศาสตร์มากมาย ได้แก่ polyphenols, flavonoids, coumarins, cardiac glycosides และอื่นๆ ซึ่งมีสมบัติในการนำมาใช้เป็นตัวรีดิวซ์ สารเพิ่มความเสถียร (Stabilizing agent) และสารควบคุมขนาดและรูปร่างอนุภาค (Capping agent) ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนเงินด้วยวิธีเคมีสีเขียวได้

วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคนาโนเงินจากเกสรดอกจ๊วที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารทางยา เช่น ชามจีนน้ำจืด
- เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Anti-Bacterial activity) ของอนุภาคนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยวิธีการเคมีสีเขียวเปรียบเทียบกับยาคลอแรมเฟนิคอล
- เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอากาศเค็มอบอนุภาคนาโนเงินในสารละลายไปประยุกต์ใช้เป็นแผ่นกรองอากาศยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในทางการแพทย์และเชิงพาณิชย์


วิธีการ

- สังเคราะห์อนุภาคนาโนเงินโดยศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดจากเกสรดอกจ๊วต่อการเกิดอนุภาคนาโนเงิน โดยวัดคุณสมบัติและการทดสอบเฉพาะของอนุภาคนาโนเงินด้วยเทคนิค UV, FT-IR, Dynamic Light Scattering Particle Size and Zeta Potential analysis, XRD และ SEM
- ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Anti-Bacterial activity) ด้วยวิธี Disc diffusion method โดยทดสอบหาบริเวณยับยั้งเชื้อและทำการวัดค่าความต้านทานของแบคทีเรีย

ผลการวิจัย

สารละลายคลอโรฟอร์มของอนุภาคนาโนเงินที่ได้จากสารสกัดจากเกสรดอกจ๊วมีความเข้มข้น 0.05-0.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ให้สีเหลืองน้ำตาลของอนุภาคนาโนเงินซึ่งเป็นผลมาจากปรากฏการณ์ Surface Plasmon Resonance (SPR) (รูปที่ 1) โดยให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max}) ที่ประมาณ 450-460 นาโนเมตร และแสดงลักษณะการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (2θ) ในระนาบ (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0) และ (311) ตามลำดับ สอดคล้องกับอนุภาคนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้มีค่าประมาณ 30 นาโนเมตร ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมที่พบในเกสรดอกจ๊วซึ่งเชื่อมติดอยู่กับพื้นผิวของอนุภาคนาโนเงิน ดังนั้นอนุภาคนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะกึ่งทรงกลม (Quasi-spherical) และกึ่งสี่เหลี่ยม (semi-rectangular shape) ขนาดประมาณ 80-100 นาโนเมตร (รูปที่ 2) นอกจากนี้อนุภาคนาโนเงินยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวกสายพันธุ์ *P. aeruginosa* ซึ่งให้ค่าความต้านทานของอนุภาคนาโนเงินต่อเชื้อแบคทีเรียที่วัดได้เท่ากับ 19.4 ± 0.4 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับยาคลอแรมเฟนิคอล (ยาปฏิชีวนะ) ซึ่งแสดงในรูปที่ 3 อนุภาคนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้มีแนวโน้มไปลดปริมาณของอากาศเค็มอบและทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* (รูปที่ 4) พบว่าแผ่นกรองอากาศเค็มอบอนุภาคนาโนเงินให้ค่าความต้านทานของอนุภาคนาโนเงินต่อเชื้อแบคทีเรียที่ต่ำกว่าแผ่นกรองอากาศเค็มอบอนุภาคนาโนเงินในลักษณะอื่น เช่น แผ่นกรองอากาศเค็มอบอนุภาคนาโนเงินในรูปของอนุภาคนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยวิธีเคมีสีเขียวและสารควบคุมขนาดและรูปร่างอนุภาค (Capping agent) ในระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วย

Application



รูปที่ 1 ภาพแสดงสารสกัดจากเกสรดอกจ๊วในสารละลายคลอโรฟอร์มที่ความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (A, B, C, D) และสารควบคุมขนาดและรูปร่างอนุภาค (E)

รูปที่ 2 ภาพแสดงอนุภาคนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยวิธีเคมีสีเขียวและสารควบคุมขนาดและรูปร่างอนุภาค (A, B, C, D) และสารควบคุมขนาดและรูปร่างอนุภาค (E)

รูปที่ 3 ภาพแสดงการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของอนุภาคนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยวิธีเคมีสีเขียวและสารควบคุมขนาดและรูปร่างอนุภาค (A, B, C, D) และสารควบคุมขนาดและรูปร่างอนุภาค (E)


รูปที่ 4 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของอากาศเค็มอบอนุภาคนาโนเงินในลักษณะอื่นที่เชื่อมติดกับในหลอดลม (A) และในหลอดลม (B) และในหลอดลม (C) และในหลอดลม (D) และในหลอดลม (E) และในหลอดลม (F) และในหลอดลม (G) และในหลอดลม (H) และในหลอดลม (I) และในหลอดลม (J) และในหลอดลม (K) และในหลอดลม (L) และในหลอดลม (M) และในหลอดลม (N) และในหลอดลม (O) และในหลอดลม (P) และในหลอดลม (Q) และในหลอดลม (R) และในหลอดลม (S) และในหลอดลม (T) และในหลอดลม (U) และในหลอดลม (V) และในหลอดลม (W) และในหลอดลม (X) และในหลอดลม (Y) และในหลอดลม (Z)

สรุปผลการทดลอง

อนุภาคนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้จากสารสกัดจากเกสรดอกจ๊วมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวกและแกรมลบ โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ *P. aeruginosa* ที่เป็นสาเหตุของการก่อโรคและการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วย และยังมีประสิทธิภาพต่อการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นต้นแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์เพื่อกำจัดอากาศเค็มอบอนุภาคนาโนเงินที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง : Ruanmoo, S., Sothak, S., Thong-in, W., Seelichayan, B., Naeonjai, P., Khamsi, P., Thum-um, A., Khwanjai, P., To, O. C and Chartarrayawadee, W. (2024). Cotton tree (*Bombax ceiba* L.) flower stamen extract: Turning a food ingredient into a reducing agent for the green synthesis of silver nanoparticles. *ScienceAsia*, 50(1), 1-9.

[illegible]

The background features a large, faint watermark of the University of Phayao logo. It consists of a purple shield with a white crown on top, flanked by two white lions. Below the shield is a yellow banner with the university's name in Thai and English. The text "ACADEMIC SERVICES" is centered over the logo.

ACADEMIC SERVICES



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โทร. ๐๙๐๔

ที่ ๒๖๓๒๑.๐๓/๑๔๗/ค วันที่ ๑ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุมัติดำเนินโครงการบริการวิชาการโดยใช้งบประมาณส่วนตัว

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

ตามที่ รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุ สรรค์ชาติอารยะวุฒิ อาจารย์สาขาวิชาเคมี สังกัด คณะวิทยาศาสตร์ เป็นหัวหน้าโครงการบริการวิชาการ โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่มาเรื่อ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตของนิสิตบัณฑิตศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ โดยใช้งบประมาณวิจัยส่วนตัว มีระยะดำเนินการตั้งแต่วันที่ ๕ กันยายน ๒๕๖๕ - ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๕ นั้น

เพื่อให้การดำเนินโครงการดังกล่าว เป็นไปตามวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพ จึงขออนุมัติดำเนินโครงการบริการวิชาการดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ จะขอเสนอ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุ สรรค์ชาติอารยะวุฒิ)

หัวหน้าโครงการ

2.เรียน คณบดี

เห็นควรอนุมัติให้ดำเนินโครงการบริการวิชาการ

ลงชื่อ 

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรชัย คำแสง)

ประธานหลักสูตร วท.บ. สาขาวิชาเคมี

(วันที่ ๒๑ ก.ย. ๒๕๖๕)

3.เรียน คณบดี

เห็นควรอนุมัติและให้ดำเนินการบันทึกข้อมูล

ลงชื่อ 

(นายประจักษ์ ชัดดี)

ผู้ประสานงานโครงการ

(วันที่ ๒๑ ก.ย. ๒๕๖๕)

4.เรียน คณบดี

(เห็นควรอนุมัติ) (เห็นควรไม่อนุมัติ)

ลงชื่อ 

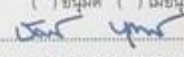
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย ประสาทเสถียร)

รองคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ฝ่ายวิจัย นวัตกรรม และบริการวิชาการ

(วันที่ ๒๑ ก.ย. ๒๕๖๕)

5.เรียน คณบดี

(อนุมัติ) (ไม่อนุมัติ)

ลงชื่อ 

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชินต์ ปุณยรักษ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(วันที่ ๒๑ ก.ย. ๒๕๖๕)

**ข้อเสนอโครงการบริการวิชาการแก่สังคม
งบประมาณส่วนตัว ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565**

ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การพัฒนามลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่่นาเวือ

พื้นที่ หรือชุมชนเป้าหมาย (ชุมชน หมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด)

วัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดพระธาตุศรีจอมมรรณ) ตำบลแม่่นาเวือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

ชุมชนบ้านแม่่นาเวือ ตำบลแม่่นาเวือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

ส่วน ก : ลักษณะโครงการ

☒ บูรณาการกับการเรียนการสอน รายวิชา 242712 ความรู้ทางเคมีบูรณาการสู่ชุมชน และ รายวิชา 242713 เคมีนวัตกรรม

☒ บูรณาการกับการวิจัย การพัฒนามลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพร กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่่นาเวือ

☐ บูรณาการการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม (โปรเจกต์บูรณาการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม)

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการ

1. ผู้รับผิดชอบโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร. วิศณุสรณ์ ชาติอารยะดี

ผู้ร่วมโครงการ นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล

2. หน่วยงาน (หลักสูตร) สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

2.1 หน่วยงานร่วม

☐ ภายในมหาวิทยาลัย (คณะ หรือวิทยาลัย หรือกอง หรือศูนย์)

☒ ภายนอกมหาวิทยาลัย (ชุมชน หรือภาครัฐ หรือภาคเอกชน หรือหน่วยงานวิชาชีพ)

- วัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดพระธาตุศรีจอมมรรณ) ตำบลแม่่นาเวือ จังหวัดพะเยา

- กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่่นาเวือ จังหวัดพะเยา

3. โครงการนี้จัดอยู่ในประเภท

☐ การฝึกอบรม สัมมนา อภิปรายและบรรยาย

☐ การค้นคว้า สำรวจ วิเคราะห์ ทดสอบและตรวจสอบ

- ☐ การวางระบบ ออกแบบและประดิษฐ์
- ☐ การให้คำปรึกษาทางวิชาการและวิชาชีพ
- ☒ การให้บริการวิจัย
- ☐ การให้บริการเกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนการสอน
- ☐ การเขียนทางวิชาการและงานแปล
- ☐ การให้บริการทางด้านเทคโนโลยีการศึกษา
- ☐ การให้บริการสารสนเทศ
- ☐ การให้บริการวิชาการอื่น ๆ (ระบุ).....
- ☐ อื่นๆ.....

4. หลักการและเหตุผล (กล่าวถึงความเป็นมา ขอบเขต ความจำเป็น ความสำคัญในการจัดทำโครงการ และระบุ ความต้องการของชุมชน หรือภาครัฐ หรือภาคเอกชน หรือหน่วยงานวิชาชีพ โดยการสำรวจความต้องการ)

ได้ทำการประสานงานในเบื้องต้นกับกลุ่มชาวบ้านในชุมชน และจะเข้าสำรวจความต้องการของชุมชนโดยลงพื้นที่สำรวจความต้องการเพื่อให้ได้เป้าหมายการบริการวิชาการที่ชัดเจน โดยในเบื้องต้นได้มีความต้องการให้ช่วยพัฒนางานด้านนวัตกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรพืชสมุนไพรในท้องถิ่น และวางแผนสร้างผลิตภัณฑ์ชุมชนร่วมกันเพื่อก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ชุมชนอย่างเป็นรูปธรรมและสร้างรายได้ให้กับผู้สูงอายุ

5. วัตถุประสงค์ของโครงการ

5.1 เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) และเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

5.2 เพื่อสร้างนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และสร้างรายได้ให้กับผู้สูงอายุในชุมชนอย่างยั่งยืน

6. กลุ่มเป้าหมาย

☒ ภายในมหาวิทยาลัย

- ☐ นิสิต จำนวน.....1.....คน
- ☒ บุคลากรสายวิชาการ จำนวน.....1.....คน
- ☐ บุคลากรสายสนับสนุน จำนวน.....คน
- ☐ อื่น ๆ ระบุ จำนวน.....คน

รวม จำนวน.....2.....คน

☒ ภายนอกมหาวิทยาลัย (ชุมชน หรือภาครัฐ หรือภาคเอกชน หรือหน่วยงานวิชาชีพ)

สมาชิกในกลุ่มฯ โรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่ณาเรือ จำนวน.....35.....คน

รวม จำนวน.....35.....คน

รวมทั้งสิ้น จำนวน.....37.....คน

7. เป้าหมายของตัวชี้วัด

ด้านผลผลิต (output)

- เชิงปริมาณ : จำนวนผู้เข้าร่วมโครงการ.....10.....คนขึ้นไป
: จำนวนการจัดกิจกรรม โครงการ10.....ครั้ง
- เชิงคุณภาพ : ร้อยละความพึงพอใจของผู้รับบริการในกระบวนการให้บริการ ร้อยละ..60..
- เชิงเวลา : ร้อยละของการดำเนินงานตามระยะเวลาที่กำหนด ร้อยละ.....60.....

ด้านผลลัพธ์ (outcome)

- เชิงปริมาณ : ร้อยละของผู้เข้าร่วมบริการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ร้อยละ.....60.....

ด้านผลกระทบ (Impact) จำนวนผลงานที่ชุมชน/หน่วยงานนำไปใช้ประโยชน์ อย่างน้อย1.... ผลงาน

8. วิธีดำเนินการ (ระบุกระบวนการที่ชุมชนหรือองค์กรมีส่วนร่วมตั้งแต่การวางแผน การดำเนินงาน การประเมินผล และนำผลมาปรับปรุงการทำงาน (PDCA)

ขั้นวางแผน (Plan: P)

1. ขออนุมัติโครงการ
2. ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานภายในและภายนอกสถาบัน

ขั้นดำเนินการ (Do: D)

1. เข้าเยี่ยมชม เก็บตัวอย่างพืช
2. ทดลอง ปรับปรุง ผลิตภัณฑ์
3. แลกเปลี่ยนความรู้แก่ชุมชน

ขั้นสรุปและประเมินผลการจัดกิจกรรม (Check: C)

1. ออมรมให้ความรู้ เสริมสร้างเครือข่ายด้านต่างๆร่วมกัน
2. ประเมินผลการดำเนินโครงการ
3. สรุปผลการดำเนินโครงการ
4. รายงานผลต่อคณะ

ขั้นปรับปรุงและพัฒนา (Act: A)

1. นำข้อมูลไปปรับปรุงแก้ไข เพื่อดำเนินการในครั้งต่อไป

9. สถานที่ดำเนินกิจกรรม โครงการ

กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่น้ำเรือ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

10. วัน เดือน ปี ที่จัดกิจกรรม โครงการ

วันที่ 5 กันยายน 2565 – 30 พฤศจิกายน 2567

11. แผนการเบิกจ่ายงบประมาณ (ทั้งนี้ให้ระบุจำนวนเงินที่จะเบิกในช่องเดือนที่ต้องการเบิกจ่าย)

รายการ	พ.ศ. 2565	พ.ศ. 2566	พ.ศ. 2567
	ก.ย.	ต.ค. – ธ.ค.	ม.ค. – พ.ย.
งบเงินอุดหนุน	3,000	35,000	12,000

12. แผนการดำเนินงานและงบประมาณที่ใช้

ลำดับ	ขั้นตอน / กิจกรรม	วัน เดือน ปี	งบประมาณที่ใช้ (บาท)
1.	-แต่งตั้งคณะกรรมการในการดำเนินโครงการ -ประชุมเตรียมงานคณะกรรมการ -สำรวจพื้นที่	กันยายน 2565	3,000 บาท
2.	-เข้าร่วมแลกเปลี่ยนความรู้กับชุมชน -เก็บตัวอย่างพืช -ทดลอง / ออกแบบ ผลิตภัณฑ์ -อบรมให้ความรู้ เสริมสร้างเครือข่ายด้านต่างๆ ร่วมกัน	ตุลาคม – 2565	35,000 บาท
3.	-ปรับปรุง / แก้ไข ผลิตภัณฑ์ -ประเมินผลการดำเนินโครงการ -สรุปผลการดำเนินโครงการ -รายงานผล ปีโครงการ	มกราคม- พฤศจิกายน 2566	12,000 บาท
งบประมาณรวมทั้งสิ้น			50,000 บาท

13. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลิตภัณฑ์ชุมชน

13.1 การนำความรู้และประสบการณ์จากการให้บริการวิชาการมาใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนและ/หรือการวิจัย (ถ้ามีโปรดระบุ)

☒ นำมาใช้ประโยชน์ในการเรียนการสอน (โปรดระบุรายวิชา)

รายวิชา 242712 ความรู้ทางเคมีบูรณาการสู่ชุมชน และรายวิชา 242713 เคมีสิ่งแวดล้อม

☒ นำมาใช้ประโยชน์ในการวิจัย (โปรดระบุหัวข้องานวิจัย) รายวิชา 242789 วิทยานิพนธ์

☐ การขยายผลสู่การปรับปรุงรายวิชา (โปรดระบุรายวิชา)

☐ การขยายผลสู่การเปิดรายวิชาใหม่ (โปรดระบุหลักสูตร หรือรายวิชา)

☐ การต่อยอดสู่หนังสือ ตำรา หรืองานวิจัย (โปรดระบุชื่อหนังสือ หรือตำรา หรืองานวิจัย)

13.2 การเรียนรู้และเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชนหรือองค์กรภายนอก (ถ้ามีโปรดระบุ)

☐ ชุมชนหรือองค์กรมีผู้นำหรือสมาชิกที่มีการเรียนรู้และดำเนินกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง (โปรดระบุ)

☐ ชุมชนหรือองค์กรสร้างกลไกที่มีการพัฒนาตนเอง โดยคงอัตลักษณ์ของคนในชุมชนและเอกลักษณ์ของท้องถิ่นอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

(โปรดระบุ)

☒ มีผลกระทบที่เกิดประโยชน์สู่วงกว้างต่อสังคม หรือชุมชน/องค์กรมีความเข้มแข็ง

ชุมชนมีโอกาสในการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ OTOP ของตนเอง

ลงชื่อ หัวหน้าโครงการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรรค์ ขาคีอารยะดี)

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลงชื่อ คณบดี/ผู้อำนวยการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชยันต์ บุญยักษ์)

ตำแหน่ง คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่ เดือน พ.ศ.



ที่ อว ๓/๓๒๑/ ทวส

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๒๒ กันยายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระนเรศวรพิฆาตโจรสลัด เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโง่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ

จำนวน ๑ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการโครงการพัฒนามลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่วัฒนธรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบ นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาด้านเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อร่วมจัดกิจกรรมโครงการพัฒนามลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาด้านวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ซึ่งอยู่ภายใต้การรับผิดชอบของท่าน โดยมีกำหนดการลงกิจกรรมเข้าพื้นที่ ดังนี้

๑. วันที่ ๑๓ กันยายน ๒๕๖๕ - วันที่ ๓๑ ธันวาคม ๒๕๖๕

๒. วันที่ ๑ มกราคม ๒๕๖๖ - วันที่ ๓๑ ธันวาคม ๒๕๖๖

๓. วันที่ ๑ มกราคม ๒๕๖๗ - วันที่ ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๗

โดยมีนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล ตำแหน่ง นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๙ ๔๒๘๘ ๒๔๐๐ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชยันต์ บุญวาทย์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๓/๑๓

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๕



ที่ อว ๗๓๒๑/ ๔๔๓

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๑ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระบรมศพ พล สุวัทนา เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโง่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ

จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่วัฒนธรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อร่วมจัดกิจกรรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ซึ่งอยู่ภายใต้การรับผิดชอบของท่าน โดยมีกำหนดการลงกิจกรรมเข้าพื้นที่ ดังนี้

๑. วันที่ ๔ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

๒. วันที่ ๒๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

โดยมีนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๙ ๔๒๔๔ ๒๔๐๐

เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความเคารพ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา จำปาทอง)

รองคณบดีฝ่ายบริหารและวางแผน รักษาการแทน

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗/๑๓

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔



ที่ อว ๗๓๒๑/ ๔๘๖

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๖

ธันวาคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระธรรมดิลก สิวโส เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ

จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนามลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่วัฒนธรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุศลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อร่วมจัดกิจกรรมโครงการพัฒนามลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ซึ่งอยู่ภายใต้การรับผิดชอบของท่าน โดยมีกำหนดการลงกิจกรรมเข้าพื้นที่ ดังนี้

๑. วันที่ ๖ ธันวาคม ๒๕๖๕

๒. วันที่ ๒๐ ธันวาคม ๒๕๖๕

โดยมีนางสาวสกุศลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๙ ๔๒๘๙ ๒๕๐๐

เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชยันต์ ปุณย์รักษ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๓/๑๓

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔

ที่ อว ๗๓๒๑/ ๒๓๐



คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๑๖ พฤษภาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระณรงค์พล ธิตวิโส เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ

จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาด้านเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งมีนายสพคุณเจ้าเพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ ระหว่างวันที่ ๒๙-๓๐ พฤษภาคม ๒๕๖๖ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๔๒ ๖๒๔๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชยันต์ บุญรักษ์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๑๓

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔

ที่ อว ๔๓๒๐/

๒๕๕



คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๓๑ พฤษภาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระบรมศพ พล.อ.สุชาติ สุชาติ เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโง่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ

จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่วัฒนธรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบวัฒนธรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาด้านสาขาวิชาเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งหาว่าสพระคุณเจ้าเพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ ในวันที่ ๖ มิถุนายน ๒๕๖๖ และในวันที่ ๒๐ มิถุนายน ๒๕๖๖ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาศาสตร์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๔๒๖ ๖๒๔๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยันต์ ปูนvirakij)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๓๓

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔

ที่ อว ๗๗๒๑/ ๒๕๕



คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๒๗ มิถุนายน ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระณรงค์พล ฐิตวิโส เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ

จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนามลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่วัฒนธรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยวุฒิ สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งชาวาสพระคุณเจ้าเพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนามลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ ในวันที่ ๔ กรกฎาคม ๒๕๖๖ และวันที่ ๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๖ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๔๒ ๖๒๔๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชยันต์ บุญรักษ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๑๓

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔

ที่ อว ๗๓๒๑/ มไซษ



คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๔

สิงหาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระณรงคฺพลฐิตวิโส เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่ณาเวือ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่วัฒนธรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรรค์ ขาดอารยะวัติ สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งขมาวาสพระคุณเจ้า เพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่ณาเวือ ในวันที่ ๑๕ สิงหาคม ๒๕๖๖ และในวันที่ ๒๙ สิงหาคม ๒๕๖๖ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินกิจกรรม สำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่ณาเวือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๔๒ ๖๒๔๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยันต์ ปญยรักษ์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๑๓

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔



ที่ อว ๗๓๑๒๐/ ๕๕๐

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๑๐ ตุลาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระธรรมคัลล จิตฺโต เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโง่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่วัฒนธรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งมีชาวสพระคุณเจ้า เพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ ในวันที่ ๑๗ ตุลาคม ๒๕๖๖ และในวันที่ ๓๑ ตุลาคม ๒๕๖๖ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๔๔๒ ๖๒๔๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความด้วยความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ
โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๑๓
โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔



ที่ อว ๗๓๒๐๗/ ๕๑๐

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๑๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระนางรศัลล จิตวิโส เจ้าอวาสวัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตร จากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งพวาสพระคุณเจ้า เพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ในวันที่ ๑๔ พฤศจิกายน ๒๕๖๖ และในวันที่ ๒๘ พฤศจิกายน ๒๕๖๖ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๔๒ ๖๒๔๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ ประสาทเคราะห์)

รองคณบดีฝ่ายพัฒนาคุณภาพความเป็นเลิศและความเป็นสากล รักษาการแทน
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ
โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๑๑
โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔



ที่ อว ๗๓๒๑/ ๐๖๕

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๑๗ มีนาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระนรศัลพล จิตวิโส เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่ต้นตอกรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาด้านเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งขอมหาสพพะเยา เพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ ในวันที่ ๑๙ มีนาคม ๒๕๖๗ และในวันที่ ๒๖ มีนาคม ๒๕๖๗ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๔๒ ๖๒๔๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาต

ขอแสดงความเคารพ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา จำปาทอง)

รองคณบดีฝ่ายบริหารและการพัฒนาที่ยั่งยืน รักษาการแทน
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ
โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๑๓
โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔



ที่ อว ๗๗๒๐๗/ ๑๐๐

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

เมษายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินงาน

นมัสการ พระนเรศวร ฐิตวิโส เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโง่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตร จากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งชาวาสพระคุณเจ้า เพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ ในวันที่ ๒๓ เมษายน ๒๕๖๗ และในวันที่ ๓๐ เมษายน ๒๕๖๗ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินงานสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๔๒ ๖๒๔๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอณัติการด้วยความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ ปิ่นมังกุล)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๑๓

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔



ที่ อว ๗๓๒๑/ ๑๑๓

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๒๗ พฤษภาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระธรรมคัลล ฐิตวิโส เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่ต้นตอกรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เวื่อนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งยังเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตร จากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาด้านเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งขวาสพระคุณเจ้า เพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ ระหว่างวันที่ ๓๐-๓๑ พฤษภาคม ๒๕๖๗ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่ และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเรื่อ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เวื่อนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๕๒ ๖๒๕๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ ปิ่นมณฑกุล)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๕๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๑๓

โทรสาร ๐ ๕๔๕๖ ๖๖๖๔

ที่ อว ๗๓๒๒๑/ ๑๙๑



คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๒๕
กรกฎาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระธรรมคัมภีร์ จิตวิโส เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโง่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่ต้นตอการผลิต ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาด้านเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งขวาทพระคุณเจ้า เพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ ในวันที่ ๓๐-๓๑ กรกฎาคม ๒๕๖๗ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินกิจกรรม สำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๔๒ ๖๒๔๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ
โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๑๓
โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔



ที่ อว ๗๓๒๐๗/ ๕๓๗

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๕๓

สิงหาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระนรเศรษฐ์ ฐิตวิโส เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งขวาวาสพระคุณเจ้า เพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ ระหว่างวันที่ ๒๗-๒๘ สิงหาคม ๒๕๖๗ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๔๒ ๖๒๔๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความเคารพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคล)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๑๓

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔

ที่ อว ๗๗๒๐๗/

๒๗



คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา

จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๑๗ กันยายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระณรงค์พล จิตวิโส เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการพัฒนามลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ขาดิอารยชาติ สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และนางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น อย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตร จากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งขมาวาสพระคุณเจ้า เพื่อจัดกิจกรรมโครงการพัฒนามลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ ระหว่างวันที่ ๒๔-๒๕ กันยายน ๒๕๖๗ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินกิจกรรม สำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กาเหนือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๔๒ ๖๒๔๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาต

ขออภัยด้วยความเคารพ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา จำปาทอง)


รองคณบดีฝ่ายบริหาร รักษาการแทน

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๗๑๓

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔

The background features a large, faint watermark of the University of Phayao logo. It consists of a purple shield with a white central emblem depicting a traditional Thai building with multiple spires. Below the shield is a yellow banner with the university's name in Thai script and English.

INNOVATION TO CREATION



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์ โทร 1715

ที่ อว 7321.03/0627

วันที่ ๕๐ กรกฎาคม 2566

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์รับรองภาระงานสร้างสรรค์นวัตกรรม

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

ตามที่ รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรรค์ ขาดอารยะวัติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี ได้ดำเนินงานสร้างสรรค์นวัตกรรมในหัวข้อเรื่อง "Botanical bomb" และนำมาประยุกต์ใช้งานบริการวิชาการในโครงการ "โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่มาเรือ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕" เพื่อพัฒนา นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ภายใต้ชื่อแบรนด์ "ศรีจอมธรรม" เพื่อส่งเสริมและทำนุบำรุงในกิจการแห่ง พระพุทธศาสนา และ แบรนด์ "SKIN Nextra" เพื่อส่งเสริมกิจกรรมการเรียนการสอน วิจัย นวัตกรรม บริการวิชาการ ในหลักสูตรเคมีประยุกต์ ระดับปริญญาโท และกิจกรรมทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ผลิตภัณฑ์ "ศรีจอมธรรม" และ "SKIN Nextra" เช่น ผลิตภัณฑ์เซรั่ม แชมพู ผลิตภัณฑ์สบู่ และผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากพืชสมุนไพรในท้องถิ่น โดยในเบื้องต้นได้มีการจัดสรรช่องทางการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ให้กับกลุ่มเป้าหมาย ที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดพะเยาและจังหวัดอื่นๆ ผ่านช่องทางร้านค้า ตัวแทนจำหน่าย และแพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น ชุมชน ต.แม่มาเรือ และกลุ่มผู้สูงอายุจากโรงเรียนผู้สูงอายุโดยพระณรงค์พล สุติวิโส สำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอม ธรรม ร้านเมฆา ดิโกอาคารเรียนรวม Shopee และ Facebook ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น และเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่นได้อย่างยั่งยืน

โดยทางคณบดีได้ให้การรับรองแล้วว่าผลิตภัณฑ์จากนวัตกรรม "Botanical bomb" ภายใต้แบรนด์ "ศรีจอมธรรม" และแบรนด์ "SKIN Nextra" เป็นงานสร้างสรรค์ (ตามเอกสารแนบ) มีความ สอดคล้องตามเกณฑ์การประเมินภาระงานบุคคลากรสายวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีการศึกษา ๒๕๖๖ ในส่วนที่ ๒ ภาระงานวิจัย ข้อที่ ๒.๗ ภาระงานสร้างสรรค์นั้น

เพื่อให้งานสร้างสรรค์ดังกล่าวเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ จึงขอความ อนุเคราะห์รับรองภาระงานสร้างสรรค์ของผลิตภัณฑ์จากนวัตกรรม "Botanical bomb" ภายใต้แบรนด์ "ศรีจอมธรรม" และแบรนด์ "SKIN Nextra" ว่ามีความถูกต้องและสอดคล้องตามเกณฑ์การประเมินภาระ งานบุคคลากรสายวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีการศึกษา ๒๕๖๖

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จะขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรรค์ ขาดอารยะวัติ)

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมีประยุกต์

อ.วิศณุสรรค์ ขาดอารยะวัติ

ส.อ.วิศณุสรรค์ ขาดอารยะวัติ

เป็นต้นมาโดยตลอด

๒๐ ก.ค. ๖๖

สำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรม
ตำบลแม่น้ำเรือ อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๑๗ กรกฎาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุโมทนาขอบคุณในการบริจาคปัจจัยให้กับทางสำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรม

เจริญพร รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ขาดิอารยะวดี และคณะบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
พะเยา

ตามที่ รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ขาดิอารยะวดี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้
ดำเนินโครงการ “โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมจากสมุนไพรท้องถิ่น กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบล
แม่น้ำเรือ จากทรัพยากรท้องถิ่นสู่วัฒนธรรมผลิตภัณฑ์” และได้ทำการสร้างสรรค์นวัตกรรมผลิตภัณฑ์
ภายใต้ชื่อแบรนด์ “ศรีจอมธรรม” เพื่อส่งเสริมและทำนุบำรุงในกิจการแห่งพระพุทธศาสนา แล้วนั้น

ในการนี้ รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ขาดิอารยะวดี ได้ทำการจำหน่ายผลิตภัณฑ์และมอบ
ปัจจัยรายได้โดยไม่หักค่าใช้จ่ายของทุกงวดการจำหน่ายตั้งแต่เริ่มโครงการในเดือนกันยายน ๒๕๖๕ จนถึง
เดือนกรกฎาคม ๒๕๖๖ ได้รับทางสำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรมเป็นจำนวน ๑๕๖๐ บาท
(หนึ่งพันห้าร้อยหกสิบบาท) ให้กับ เพื่อส่งเสริมและทำนุบำรุงในกิจการแห่งพระพุทธศาสนา

บัดนี้ ทางสำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรม โดยพระณรงค์พล ฐิตวิโสพระ ตำแหน่งเจ้า
อาวาสสำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรม ตำบลแม่น้ำเรือ จังหวัดพะเยา ได้รับปัจจัยจำนวนดังกล่าวไว้เป็นที่
เรียบร้อยแล้ว จึงขออนุโมทนาขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านเป็นอย่างยิ่ง และหวังว่าจะได้รับความ
อนุเคราะห์จากท่านอีกในโอกาสต่อไป



ตำแหน่ง เจ้าอาวาสวัดบ้านศรีบุญเรือง อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

๐๘๐๘๔๘๖๑/๔.

สำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรม
โทร. ๐๘๐-๘๔๘๖๑๔

งานสร้างสรรค์

งานสร้างสรรค์นวัตกรรม Botanical bomb

ปัญหาผมร่วง ผมบาง และศีรษะล้าน เป็นปัญหาที่พบได้มากที่สุดทั้งในเพศชายและเพศหญิงในทุกช่วงทุกวัย โดยสาเหตุหลักของปัญหาผมร่วง ผมบางและศีรษะล้าน อาจเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น Oxidative stress การติดเชื้อโควิด-19 ความเครียด พันธุกรรม เป็นต้น ทางรองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี หัวหน้ากลุ่มวิจัย Smart Nanocolloids Research Unit : SNEU เป็นผู้ประสบปัญหาศีรษะล้านจากพันธุกรรม รวมไปถึงนิสิตและสมาชิกครอบครัวของนิสิตภายในกลุ่มวิจัยก็ประสบปัญหาผมร่วงและผมบางเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการนำองค์ความรู้ทางด้านคอลลอยด์และนาโนเทคโนโลยีมาช่วยในการค้นคว้า วิจัยและสร้างนวัตกรรม Botanical bomb ในผลิตภัณฑ์เซรั่มแชมพู สำหรับแก้ไขปัญหามผมร่วง ผมบางและศีรษะล้าน เพื่อแก้ไขปัญหาคือและตอบโจทย์ความต้องการของ Stakeholder โดยผลิตภัณฑ์เซรั่มแชมพูที่ใช้ในนวัตกรรม Botanical bomb (รูปที่ 1)จากการวิจัยของรองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี ได้มีการลงบริการวิชาการ (Service Learning) ให้กับชุมชนแม่น้ำเรือร่วมกับโรงเรียนผู้สูงอายุโดยพระอาจารย์ณรงค์พล อุตวิโส สำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรม เป็นที่แรกในเดือนกันยายน 2565 โดยมีนางสาว สกฤตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท หลักสูตร วท.เคมีประยุกต์ เป็นผู้ประสานงาน

เมื่อสมาชิกชุมชนจาก ต.แม่น้ำเรือ และกลุ่มผู้สูงอายุจากโรงเรียนผู้สูงอายุโดยพระอาจารย์ณรงค์พล อุตวิโส สำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรม ได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวและเห็นผลจริงจากการทดลองใช้ จากการทดสอบเบื้องต้นของการใช้ผลิตภัณฑ์เซรั่มแชมพูจากผู้ใช้งานจริงเป็นเวลา 4 สัปดาห์พบว่า มีการเจริญเติบโตของเส้นผมที่เพิ่มมากขึ้นและมีความหนาแน่นของเส้นผมที่เพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในระยะเวลาเพียง 4 สัปดาห์ (รูปที่ 2) พระอาจารย์ณรงค์พล อุตวิโส สำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรมจึงมีคำขอให้ รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี เป็นผู้จัดทำผลิตภัณฑ์ให้กับทางวัดเพื่อส่งเสริมและทำนุบำรุงในกิจการศาสนา โดยมีนางสาว สกฤตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท หลักสูตร วท.เคมีประยุกต์ เป็นผู้ประสานงาน (ตามเอกสารแนบในรูปที่ 3) โดยให้จัดทำผลิตภัณฑ์เซรั่มแชมพูภายใต้แบรนด์ “ศรีจอมธรรม” เป็นผลิตภัณฑ์แรกของทางวัดและชุมชนแม่น้ำเรือ โดยในครั้งแรกปัจจัยที่ได้จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ทั้งหมดได้ทำการถวายให้กับทางสำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรม (รูปที่ 4)

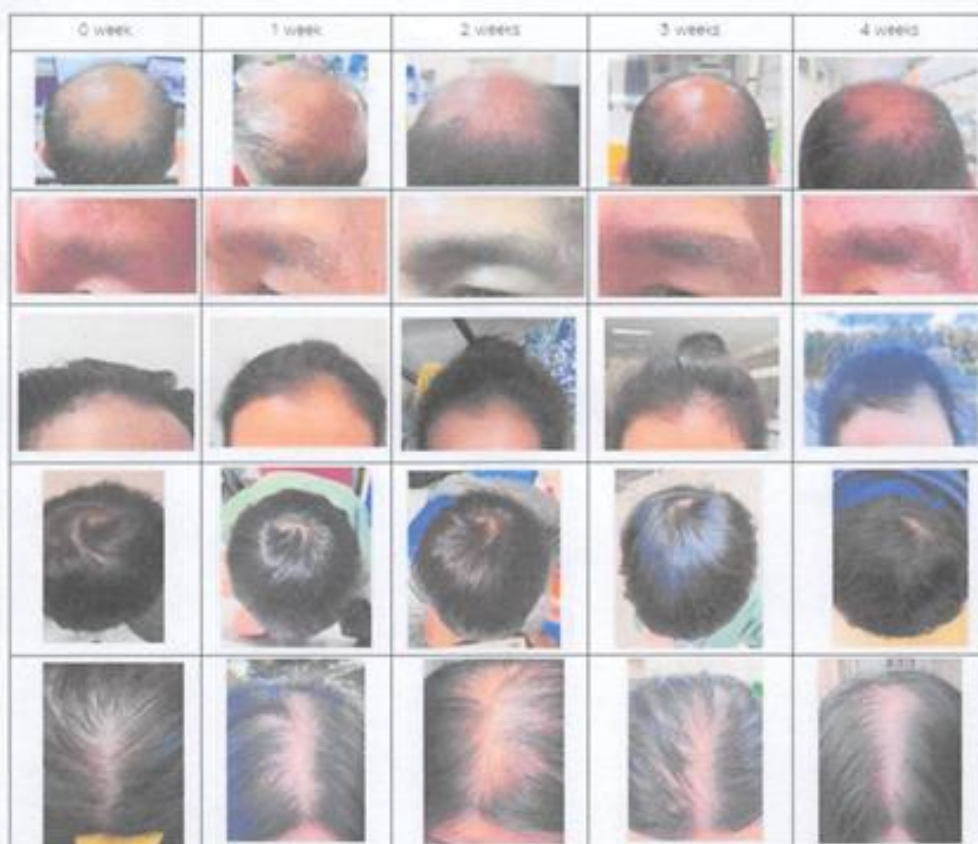
จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Anti-oxidant) ของผลิตภัณฑ์เซรั่มแชมพูที่มีส่วนผสมของนวัตกรรม Botanical bomb พบว่าผลิตภัณฑ์เซรั่มแชมพูมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงถึง 84 เปอร์เซ็นต์ มีค่า IC50 เท่ากับ 49.33 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการลดการเกิด Oxidative stress

จึงช่วยชะลอการเสื่อมของรากผมและรูขุมขน และช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ จึงได้ประยุกต์ใช้นวัตกรรม Botanical bomb ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับผิวหนัง ภายใต้แบรนด์ “SKIN Nextra” (รูปที่ 5) ได้แก่ Skin Nextra – Herbal soap Kaffir Lime, Skin Nextra Premium – Herbal soap Allergy Free และ Skin Nextra Premium – Extra Collagen โดยเบื้องต้นได้จัดให้มีช่องทางการจัดจำหน่ายผ่าน platform ของ Shopee, Facebook page : SKIN Nextra และร้านเบเกอรี่ เมทวา (รูปที่ 6)

ในปัจจุบันได้มีการแจกผลิตภัณฑ์ “SKIN Nextra” ให้กับผู้ที่สนใจได้ทดลองใช้และเป็นตัวแทนจำหน่ายรายย่อยเพื่อเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่าย (รูปที่ 7) และยังเป็นการสร้างรายได้ให้กับชาวบ้านและชุมชนอีกทางหนึ่ง นอกจากนั้นทางกลุ่มยังได้รับซื้อวัตถุดิบบางส่วนจากชุมชนอีกด้วย นอกจากนั้นยังได้ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ “SKIN Nextra” เป็นพิเศษให้กับสำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรมภายใต้แบรนด์ “ศรีจอมธรรม” เพื่อเป็นการช่วยหาปัจจัยในการส่งเสริมและทำนุบำรุงในกิจการศาสนาอีกด้วย (รูปที่ 8)



รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์เซรั่มแซมพูจากนวัตกรรม Botanical bomb ผลิตภายใต้แบรนด์ “ศรีจอมธรรม” เพื่อเป็นการช่วยหาปัจจัยเพื่อส่งเสริมและทำนุบำรุงในกิจการศาสนา



รูปที่ 2 แสดงผลการเจริญเติบโตของเส้นผมและความหนาแน่นของเส้นผมในระยะเวลา 4 สัปดาห์ของผู้ใช้งานจริง และเป็นจุดเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์เซรั่มแชมพูจากนวัตกรรม Botanical bomb ภายใต้แบรนด์ “ศรีจอมธรรม”





รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์สบู่จากนวัตกรรม Botanical bomb ผลิตภายใต้แบรนด์ “SKIN Nextra”



รูปที่ 6 ช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เซรั่มแชนพูและสบู่จากนวัตกรรม Botanical bomb ผ่านทาง platform ของ Shopee, Facebook page : SKIN Nextra และร้านเบเกอรี่ เมพวา



รูปที่ 7 ผลิตภัณฑ์ "SKIN Nextra" และ "ศรีจอมธรรม" ที่มีการแจกจ่ายให้กับผู้ที่สนใจได้ทดลองใช้และเป็นตัวแทนจำหน่ายรายย่อยเพื่อเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่าย



รูปที่ 8 ผลิตภัณฑ์ "SKIN Nextra" ที่ผลิตเป็นพิเศษให้กับสำนักสงฆ์พระธาตุศรีจอมธรรมภายใต้แบรนด์ "ศรีจอมธรรม" เพื่อเป็นการช่วยหาปัจจัยในการส่งเสริมและทำนุบำรุงในกิจการศาสนาอีกด้วย



CERTIFICATE OF GOOD POSTER PRESENTATION

is awarded to

**Sakoolrud Raunmoon, Supakid Sachak, Waranya Thong-in, Boonyakorn Sonkhayan,
Warintorn Bangwiset, Widsanusan Chartarrayawadee ***

for the Poster Presentation entitled

"BOTANICAL BOMB INNOVATION" PHYTOCOSMETIC INNOVATIVE PRODUCT FOR HAIR CARE

presented in 14th Science Research Conference held on 25-26 May 2023
at the School of Science, University of Phayao.



Associate Prof. Dr. Chayan Boonyarak
Dean of School of Science, University of Phayao

The background features a large, faint watermark of the University of Phayao logo. The logo is a shield-shaped emblem with a purple and gold color scheme. It contains a central white figure, possibly a deity or a traditional Thai motif, surrounded by stylized flames or rays. Below the shield is a banner with the university's name in Thai script and English. The text "RESEARCH TO BUSINESS OUTCOMES" is overlaid on the logo in a bold, black, sans-serif font.

RESEARCH TO BUSINESS OUTCOMES





Botanical Bomb Innovation

1 นวัตกรรม Botanical bomb เป็นการผสมผสานระหว่างวัตถุดิบจากธรรมชาติร่วมกับสารสกัดจากพืชสมุนไพรโดยใช้กรรมวิธีที่พิเศษและเป็นเอกลักษณ์ตามแบบฉบับของศรีเกตุ-ศรีภูมิ

2 นวัตกรรม Botanical bomb ภายใต้แบรนด์ “ศรีเกตุ-ศรีภูมิ” ประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านนาโนเทคโนโลยีและนาโนคอลลอยด์ เพื่อรังสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ เช่น “Botanical bomb fade spot soap” และ “Botanical bomb youth drop”

3 นวัตกรรม Botanical bomb ช่วยเพิ่มความกระจ่างใสให้กับผิวพรรณ และช่วยลดเลือนจุดต่างดำ ผิวกะ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4 นวัตกรรม Botanical bomb ช่วยบำรุงผิวให้ชุ่ม เรียบเนียน ขาว กระจ่างใส และผิวสุขภาพดี

“Botanical bomb innovation”

100% Natural

NANO

ศรีเทตุ

“Botanical bomb fade spot soap”

ผิวขาว นุ่ม เรียบเนียน ลดสิว ลดกลิ่น ครอบคลุมทุกปัญหาในก้อนเดียวแบบ 3 in 1





Botanical bomb innovation



น้ำมันมะพร้าว



น้ำมันรำข้าว



น้ำมันมะนาว



น้ำมันมะกรูด

- ช่วยปรับสภาพผิวให้ขาวกระจ่างใส
- ช่วยลดจุดด่างดำ ฝ้า กระให้จางลง
- ช่วยบำรุงฟื้นฟูให้ผิวนุ่ม เนียนเรียบ
- ช่วยลดการสะสมของแบคทีเรียที่เป็นต้นเหตุของอาการแพ้ อาการคัน กลิ่นอับ กลิ่นตัว และกลิ่นไม่พึงประสงค์จากร่างกาย
- ช่วยลดปัญหาสิวและกลิ่นกาย



BEFORE 1 month 2 month 3 month



BEFORE 1 month 2 month



BEFORE AFTER

ศรีเทตุ ศรีภูมิ

Sri Kate - Sri Poom

ศรีเทตุ

สบู่สมุนไพรผิวขาว นุ่ม เรียบเนียน ลดสิว ลดกลิ่น

ครอบคลุมทุกปัญหาในก้อนเดียวแบบ 3 in 1

Botanical Bomb Fade Spot Soap คือ สบู่สมุนไพรผิวขาว นุ่ม เรียบเนียน ลดสิว ลดกลิ่น ครอบคลุมทุกปัญหาในก้อนเดียวแบบ 3 in 1

ส่วนผสมหลักของสบู่ ได้แก่: Nutmeg oil, Coconut oil, Rice bran oil, Lemon oil, Lime oil

สรรพคุณ: ช่วยปรับสภาพผิวให้ขาวกระจ่างใส, ช่วยลดจุดด่างดำ ฝ้า กระให้จางลง, ช่วยบำรุงฟื้นฟูให้ผิวนุ่ม เนียนเรียบ, ช่วยลดการสะสมของแบคทีเรียที่เป็นต้นเหตุของอาการแพ้ อาการคัน กลิ่นอับ กลิ่นตัว และกลิ่นไม่พึงประสงค์จากร่างกาย, ช่วยลดปัญหาสิวและกลิ่นกาย

Line @39901sk
096-242-4423
095-242-4423

CERTIFICATE OF APPRECIATION

is awarded to

Sakolud Raunmoon, Supakid Sachak, Waranga Thong In, Boonsakorn Sorakhyun, Warintorn Bangwatt, Witsanuan Charattarayawadee

for participating in a poster presentation session and presenting a research entitled

"BOTANICAL BOMB INNOVATION" PHYTOSMETIC INNOVATIVE PRODUCT FOR HAIR CARE

In 14th Science Research Conference held on 25-26 May 2023 at the School of Science, University of Phayao

Aporn Sangsri
Associate Prof. Dr. Chayan Boonpradit
Dean of School of Science, University of Phayao

CERTIFICATE OF OUTSTANDING POSTER PRESENTATION

awarded to

Witsanuan Charattarayawadee, Channarong Aupala and Sakolud Raunmoon

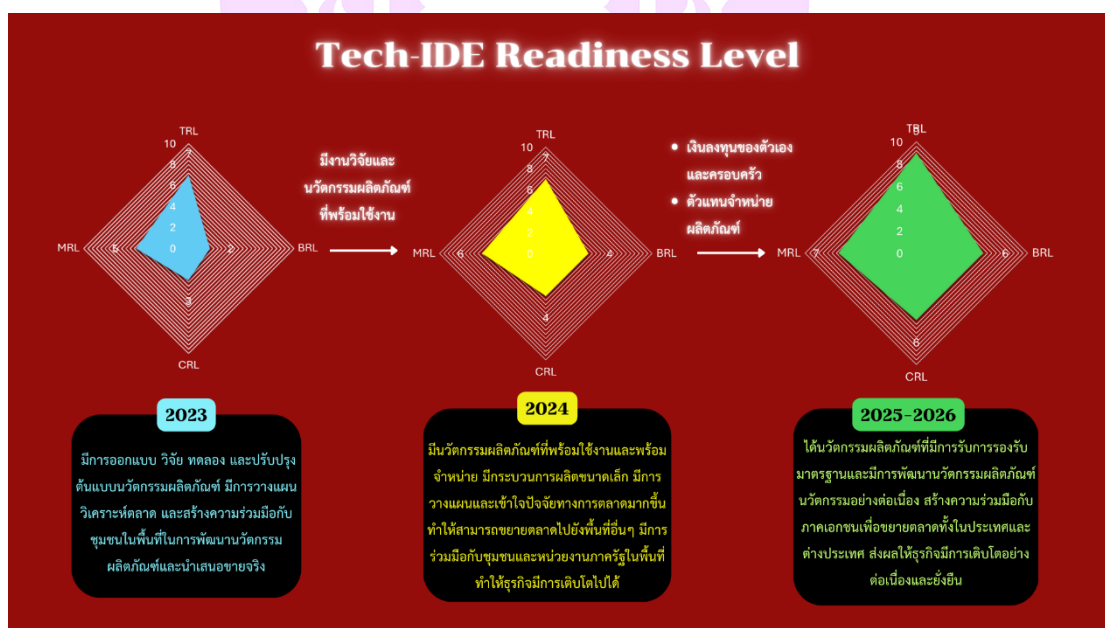
for the paper entitled

Botanical Bomb Fade Spot Soap

presented in The 15th Science Research Conference held on 25-26 May 2023 at the Faculty of Science, Bangpa University

P. Unwanee
Associate Prof. Dr. Unwanee Tachanont
Dean of Faculty of Science, Bangpa University








TEAM STRUCTURE / DETAILS

Assoc. Prof. Dr. Widsanusan Chartarrayawadee
CEO & CFO



Area of Expertise

- Colloid chemistry
- Innovative chemistry
- Nanocosmetics, Cosmetics and personal care products
- Nanotechnology in Cosmetics and Cosmeceuticals
- Nanocarriers
- Nanoparticles
- Materials chemistry (Polymer)
- Graphene
- Electrophoretic deposition (EPD)

Innovation and Intellectual Property

- Five petty patents were submitted to the department of intellectual property
- "Botanical Bomb Innovation" Phytocosmetic Innovative Product for Hair Care
- Botanical Bomb Fade Spot Soap
- Snow White Interfusion Innovation (Nanoemulsion in Sunscreen)

TEAM STRUCTURE / DETAILS

Sakoolrud Raunmoom : CTO

Innovation and Intellectual Property

- Five petty patents were submitted to the department of intellectual property
- "Botanical Bomb Innovation" Phytocosmetic Innovative Product for Hair Care
- Botanical Bomb Fade Spot Soap
- Snow White Interfusion Innovation (Nanoemulsion in Sunscreen)

Area of Expertise

- Colloid chemistry
- Innovative chemistry
- Nanoparticles



TEAM STRUCTURE / DETAILS

Channarong Aupala : CMO

Innovation and Intellectual Property

- "Botanical Bomb Innovation" Phytocosmetic Innovative Product for Hair Care
- Botanical Bomb Fade Spot Soap
- Snow White Interfusion Innovation (Nanoemulsion in Sunscreen)

Area of Expertise

- Colloid chemistry
- Innovative chemistry
- Nanoparticles



นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ที่เตรียมเปิดตัวในปี 2025



Lip balm / Nipple balm

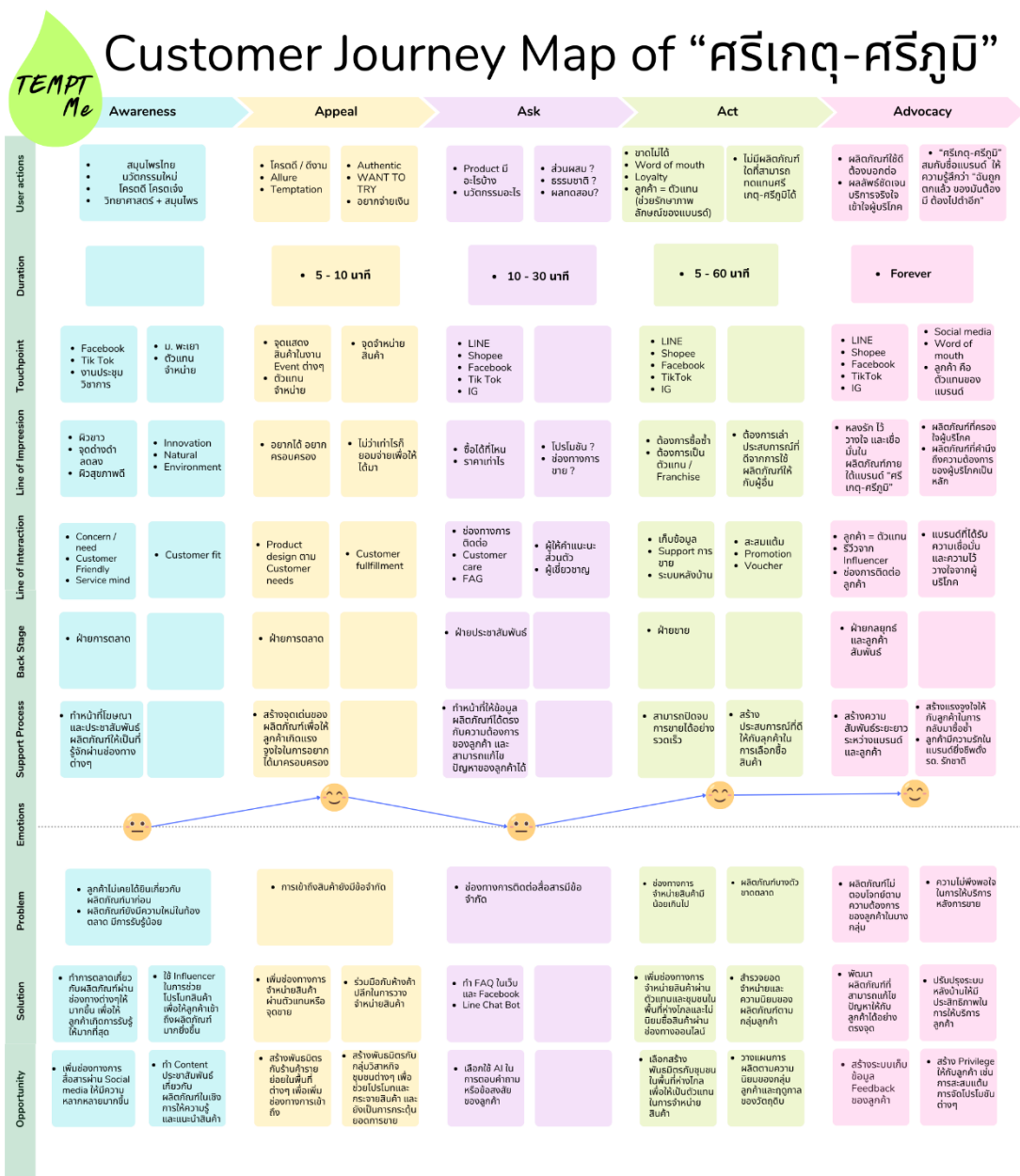


Sun Stick



factory







SRIKATE - SRIPOOM



“SRIKATE - SRIPOOM”



SRIKATE - SRIPOOM

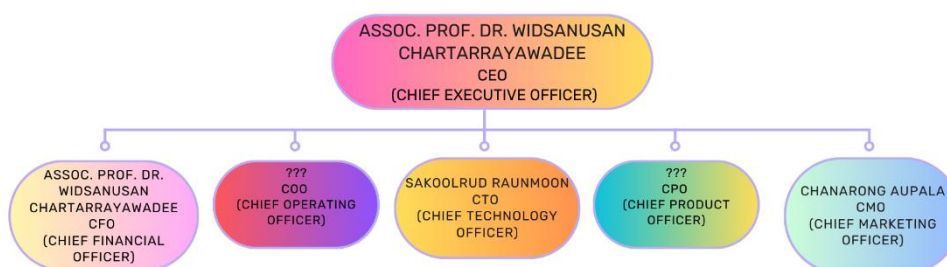
- | | |
|---|--|
| > OUR DEPARTMENT | > OUR ACCOMPLISHMENTS |
| > OUR TEAM | > FUN FACTS ABOUT US |
| > OUR ROLES AND RESPONSIBILITIES | > OUR POINTS OF CONTACT |



INTRODUCING OUR DEPARTMENT



DEPARTMENT CHART





GET TO KNOW OUR TEAM



OUR TEAM



แบรนด์ "Srikate-Sripoom" มีวิสัยทัศน์ร่วมกันในการสร้างสรรค์นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ Cosmetics & Personal care Products ที่มีภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ที่ชวนให้หลงใหล และมีความโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์ โดยใช้เทคโนโลยีและงานวิจัยเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมผลิตภัณฑ์และส่งเสริมประสบการณ์อันทรงคุณค่าให้กับลูกค้า ส่งเสริมภาพลักษณ์ของแบรนด์ที่มีความทันสมัย น่าหลงใหล มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว แต่สามารถเข้าถึงได้ง่าย

OUR TEAM MEMBERS



ASSOC. PROF. DR. WIDSANUSAN
CHARTARRAYAWADEE

Chief Executive Officer
(2023-Present)



SAKOOLRUD RAUNMOON

Chief Technology Officer
(2023-Present)



CHANNARONG AUPALA

Chief Marketing Officer
(2023-Present)



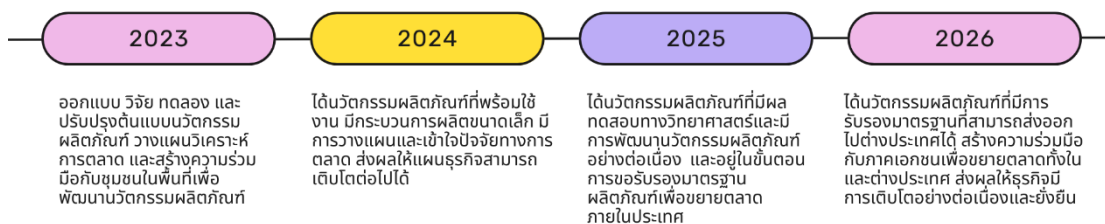
OUR ROLES



NAMES / SPECS	ROLE	RESPONSIBILITIES	SPECIALTIES
Assoc. Prof. Dr. Widsanusan Chartarrayawadee	CEO / CFO	<ul style="list-style-type: none"> กำหนดวิสัยทัศน์และกลยุทธ์ทางธุรกิจ บริหารจัดการองค์กรในภาพรวม กำหนดกลยุทธ์ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม วางแผนจัดหาแหล่งเงินทุน การบริหารจัดการทีม 	<ul style="list-style-type: none"> Colloid chemistry Innovative chemistry Nanocosmetics, Cosmetics and personal care products Nanotechnology in Cosmetics and Cosmeceuticals Nanocarriers Nanoparticles Materials chemistry (Polymer) Graphene Electrophoretic deposition (EPD)
Sakoolrud Raunmoon	CTO	<ul style="list-style-type: none"> วางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรม ควบคุมกระบวนการผลิต วางแผนการผลิต พัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมให้มีประสิทธิภาพ 	<ul style="list-style-type: none"> Colloid chemistry Innovative chemistry Nanoparticles
Channarong Aupala	CMO	<ul style="list-style-type: none"> พัฒนาแบรนด์และสร้างการรับรู้ วิเคราะห์ตลาดและคู่แข่ง สร้างความสัมพันธ์กับพันธมิตรทางธุรกิจ สร้างความสัมพันธ์และให้บริการที่ดีกับลูกค้า 	<ul style="list-style-type: none"> Colloid chemistry Innovative chemistry Nanoparticles ความเชี่ยวชาญด้านการตลาดออนไลน์



OUR ACCOMPLISHMENTS



FUN FACTS ABOUT US



ASSOC. PROF. DR. WIDSANUSAN
CHARTARRAYAWADEE

มาร์คเป็นคนใจดีแต่พาดเก่งและพาดได้แรงออกเป็นคนตลก Introvert-Extrovert แล้วแต่อารมณ์ ชอบท่องเที่ยว พักผ่อน ชอบออกกำลังกาย ชอบทำงานเกี่ยวกับนวัตกรรม ชอบกินของอร่อย ชอบทำบุญ ชอบอ่านหนังสือธรรมะแต่ก็หาได้บรรลุนิเพราะมาจากนรก เกลียดคนรุ่นเป็นที่สุด



SAKOOLRUD RAUNMOON

ตัวเป็นคนชอบว่ายน้ำ ชอบเล่นกีฬาเทควันโด ชอบกินของอร่อย ชอบนอน และเป็นคนขี้ดกตัก ดังนั้นจึงชอบทำงานแบบใช้กำลังมากกว่าใช้สมอง เป็นคนไปฟลาร์ขึ้นอยู่กับอารมณ์และสถานการณ์ และไม่ชอบคนประสาทแดก



CHANNARONG AUPALA

ภูมิจึงเป็นคนน่าเอ็นดู มาร์ค ชี้อ่อน หัวดีและปัญญาอ่อนตามสถานการณ์ เป็นน้องเล็กสุดที่น่ารัก และน่าเอ็นดูของกลุ่ม เป็นเด็กที่ฉลาดในการใช้ชีวิต แต่ยังอ่อนประสบการณ์เรื่องการเรียนและการคบคน น้องชอบเลี้ยงปลาทอง น้าหอม ชอบกินและชอบนอน เป็นที่สุด

**OUR TEAM IS
PLEASED TO
MEET YOU!**



**GOT A
MESSAGE
OR QUERY?**

**REACH OUT TO
OUR POINTS
OF CONTACT:**



E-mail : Srikatesripoom@gmail.com
T: 090-2424-423
095-2424-423

ที่ อว ๗๓๒๑/

๕๗๗



คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๑๗ กันยายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรม

นมัสการ พระนรคัพพล จิตวิโส เจ้าอาวาสวัดพระธาตุโป่งเงิน (วัดศรีจอมธรรม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย กำหนดการ

จำนวน ๒ ฉบับ

ตามที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้อนุมัติดำเนินโครงการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนพระธาตุศรีจอมธรรมโดยความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยพะเยาและสมาชิกชุมชนตำบลแม่กาเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในเชิงพาณิชย์โดยอาศัยทรัพยากรจากฐานชีวภาพ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เป็นหัวหน้าโครงการ และ นางสาวสกุรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท สังกัดหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนและการสร้างรายได้ให้กับชุมชนในรูปแบบนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP Signature) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน และสร้างนวัตกรรม ทั้งในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์และอนุสิทธิบัตรจากงานวิจัยของนิสิตบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเคมี นั้น

คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตเข้าพื้นที่ซึ่งฉวาสพระคุณเจ้า เพื่อจัดกิจกรรมโครงการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนพระธาตุศรีจอมธรรมโดยความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยพะเยาและสมาชิกชุมชนตำบลแม่กาเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในเชิงพาณิชย์โดยอาศัยทรัพยากรจากฐานชีวภาพ ระหว่างวันที่ ๒๔-๒๕ กันยายน ๒๕๖๗ โดยนำอาจารย์และบัณฑิตศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ เข้าพื้นที่ดำเนินการสำรวจพื้นที่และวางแผนกิจกรรม ณ กลุ่มโรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมี นางสาวสกุรัตน์ เรือนมูล นิสิตปริญญาโท เบอร์โทรศัพท์ ๐๘ ๐๙๔๒ ๖๒๕๒ เป็นผู้ประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาต

ขอมีผลการด้วยความเคารพ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา จำปาทอง)

รองคณบดีฝ่ายบริหาร รักษาการแทน

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ งานธุรการ

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๓๑๓๓

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๔



หนังสือสำคัญแสดงการจดทะเบียนวิสาหกิจชุมชน

หนังสือสำคัญฉบับนี้ให้ไว้แก่

วิสาหกิจชุมชนพระธาตุศรีจอมธรรม

รหัสทะเบียน 6-56-01-04/1-0044

เลขที่ 173 หมู่ 9 ตำบลแม่น้ำเรือ อำเภอเมืองพะเยา

จังหวัดพะเยา รหัสไปรษณีย์ 56000

เบอร์โทรศัพท์ 0957899253

เพื่อเป็นหลักฐานว่าได้รับการจดทะเบียนวิสาหกิจชุมชน
ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548 เรียบร้อย
จดทะเบียน ณ วันที่ 25 กรกฎาคม พุทธศักราช 2567
ให้ไว้ ณ วันที่ 25 กรกฎาคม พุทธศักราช 2567

(นางพัฒนา แสงโช)

เกษตรอำเภอ

สำนักงานเกษตร อำเภอเมืองพะเยา

จังหวัดพะเยา

หมายเหตุ

1. วิสาหกิจชุมชน และเครือข่าย ต้องแจ้งความประสงค์ที่จะดำเนินการต่อไปภายใน 30 วัน นับตั้งแต่วันที่ปฏิบัติงานทุกปี หากไม่แจ้งเป็นเวลา 2 ปีติดต่อกัน จะถูกถอนชื่อออกจากทะเบียน
2. การเลิกกิจการ ผู้ถือหนังสือนี้ต้องขออนุญาตภายใน 30 วัน นับตั้งแต่วันที่ประสงค์จะเลิกกิจการ









IGNITE PROGRAM

โปรแกรมเร่งรัดการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมสู่ผลิตภัณฑ์/บริการที่สามารถสร้างรายได้ ขยายขนาดได้ในอนาคต

คุณสมบัติ

- ทีมนักวิจัย ผู้ประกอบการ และ/หรือผู้สนใจ รวมตัวกันอย่างน้อย 2 คน ที่มีผลงานวิจัยเทคโนโลยี นวัตกรรม ด้านสมุนไพร และมีต้นแบบผลิตภัณฑ์/บริการ (TRL3+)
- มีแนวคิด และความตั้งใจที่จะต่อยอดงานวิจัยเทคโนโลยี และนวัตกรรมสู่เชิงพาณิชย์
- ในทีมต้องผ่านการอบรม CTO Masterclass หรือ CEO Academy อย่างน้อย 1 คน และพร้อมทำงานเต็มเวลาอย่างน้อย 1 คน
- สามารถเข้าร่วมโครงการได้ตลอดโปรแกรม

REGISTER

ภายใน 6 ธ.ค. 67



ระยะเวลา
6 เดือน
(ธ.ค. 67
ถึง เม.ย. 68)

แจ้งผลผู้ผ่านการคัดเลือก
ภายใน 11 ธ.ค. 67

สิ่งที่จะได้รับ



องค์ความรู้
และเครื่องมือ



เงินสนับสนุน



เครือข่ายพันธมิตร



คำปรึกษา
จากผู้เชี่ยวชาญ



สร้างรายได้
และค่าตอบแทนเงินเดือน



โอกาสในการระดมทุน
สำหรับขยายธุรกิจ

Focus Theme

Translating excellent research in herbs into marketable products and/or services in these related areas

Technology	Thai Herb Formulation	Digital Health & Wellness
<ul style="list-style-type: none"> • Cultivation • Processing/Extraction Tech • Supply chain management 	<ul style="list-style-type: none"> • Product development • Product standardization • Remedies • Services 	<ul style="list-style-type: none"> • Applications that incorporate herbal remedies • Translation of traditional knowledge • Wellness solution & application • MarTech

 OTAP NU
 08 1150 9746 (พัชรินทร์)



ประกาศรายชื่อผู้ผ่านการคัดเลือกเข้าร่วม Ignite Program (Gate 1)

ภายใต้โครงการ Organic Tech Accelerator Platform (OTAP): แพลตฟอร์มเร่งการเติบโตทางธุรกิจ ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรมสร้างสรรค์ให้เติบโตอย่างยั่งยืนในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง

ชื่อทีม	รายชื่อสมาชิก
1. เต่าเผายะไร้มลพิษ	1. น.ส.เพ็ญพิมล อภิบุตรเศรษฐี 2. นายเกษมศิษฐ์ อภิบุตรเศรษฐี 3. น.ส.จิตกัมน์กัฬ์ พิระอเนกพงษ์
2. ฟาร์มอัทัว	1. น.ส.ธัญญารัตน์ ธนะพรพิสุทธิ์ 2. น.ส.ปัญชนารัตน์ ธนวรรณธนาตุล
3. มากินกับจอย	1. ผศ.ดร.จิรวดี ผลประเสริฐ 2. น.ส.ธัญญารัตน์ ธนะพรพิสุทธิ์ 3. น.ส.ปาริชาติ วิจิตรพงษ์
4. ศรีเกตุ-ศรีภูมิ	1. รศ.ดร.วิศณุสรรค์ ชาตอารยะวดี 2. น.ส.สกุลรัตน์ เรือนมูล 3. นายชาญณรงค์ อุบละ
5. Bio-Cool	1. คุณพรปวีณ์ ลวบานนท์ 2. ผศ.ดร.อนงค์ ศรีโสภา 3. คุณมนตรา ศรีษะแย้ม
6. Flying north fight	1. นายเฉลิมพล อารีย์เกื้อตระกูล 2. น.ส.ภฤชญา ศรีเนียง
7. Green2U	1. นายภูมิพิทักษ์ รักเรือง 2. ผศ.ดร.บราวดี ชมภู 3. น.ส.กาญจนาธิษ ยุปา 4. นางจิตต์กัณฑ์ โพธิ์ลีป
8. Herb for health	1. นางสาวจิรภิญญา อินสว่าง 2. นางสาวพูนธิดา สายเปลี่ยน
9. Horbrink	1. คุณอรนุช เชาวเกตุ 2. คุณนิภาพร กับหุ่น 3. ผศ.ดร.ภญ.วรุฒ พรหมพิทยารัตน์
10. Lutein Probiotics	1. นายเชาว์เลิศ ชัยวิญญ์ 2. นางประไพพัทธ์ สาริกา 3. นายธนพลชัย จีระจันทร์
11. Marony	1. คุณกฤษฎีภักดิ์ กนกพงษ์ 2. รศ.ดร.อังฉราภรณ์ ดวงใจ 3. รศ.ดร.อัมย์ชลิ ระวังการ

ด่วนที่สุด

ที่ อว 0603.16/ว.0005



คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมืองพิษณุโลก
จังหวัดพิษณุโลก 65000

6 มกราคม 2568

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการกิจกรรม Ignite Program Bootcamp 2: Flare Forward

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยพะเยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย	1. กำหนดการ	จำนวน	1 ฉบับ
	2. เอกสารประชาสัมพันธ์	จำนวน	1 ฉบับ
	3. รายชื่อบุคลากร	จำนวน	1 ฉบับ

ตามที่ Organic Tech Accelerator Platform (OTAP) มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) ได้กำหนดจัดอบรมเชิงปฏิบัติการกิจกรรม Ignite Program Bootcamp 2: Flare Forward ในระหว่างวันที่ 18-20 มกราคม 2568 ณ Natural Park Resort De Wang Thong Phitsanulok นั้น

ในการนี้ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงขอเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน (รายชื่อตามสิ่งที่ส่งมาด้วย) เดินทางเพื่อเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการกิจกรรม Ignite Program Bootcamp 2: Flare Forward ในระหว่างวันที่ 17-20 มกราคม 2568 ณ Natural Park Resort De Wang Thong Phitsanulok ทั้งนี้ โครงการฯ จะรับผิดชอบค่าที่พัก และค่าอาหารตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยสามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ คุณกัญชญา โอภาสพิทักษ์ หมายเลขโทรศัพท์ 09 6930 9692

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาเข้าร่วมกิจกรรมตามวัน และเวลาดังกล่าว

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุกิจ ยะโสธรศรีกุล)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์

QR CODE อินด้านการเข้าร่วม

Organic Tech Accelerator Platform (OTAP)

โทรศัพท์ 09 6930 9692

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ otap.nu.3@gmail.com



รายชื่อบุคลากรเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการกิจกรรม Ignite Program Bootcamp 2: Flare Forward
ในระหว่างวันที่ 17-20 มกราคม 2568
ณ Natural Park Resort De Wang Thong Phitsanulok

มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 2 ท่าน ได้แก่

1. รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุสรณ์ ชาติอารยชาติ
2. นางสาวสกุลรัตน์ เรือนมูล

BIOGRAPHY

NAME	Sakoolrud Raunmoon
DATE OF BIRTH	31 January 1998
PLACE OF BIRTH	Phayao
INSTITUTIONS ATTENDED	2021 BS.C. (Chemistry), University of Phayao, Phayao, Thailand.
HOME ADDRESS	28/1 Ban San Pa Nanad Tai Moo.8, Dok Kham Tai Subdistrict, Dok Kham Tai District, Phayao Province 56120
PUBLICATION	<ol style="list-style-type: none">1. Raunmoon, S., Sachak, S., Thong-in, W., Sonkhayan, B., Nasomjai, P., Khamai, P., Thim-uam, A., Khwanchai, P., Too, O. C., and Chartarrayawadee, W. (2024). Cotton tree (<i>Bombax ceiba</i> L.) flower stamen extract: Turning a food ingredient into a reducing agent for the green synthesis of silver nanoparticles. <i>ScienceAsia</i>, 50, 1-9. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2024.030.2. Raunmoon, S., Bangwiset, V., Kaewmesri, W., Thim-uam, A., Khwanchai, P., Too, O. C., and Chartarrayawadee, W. Red Onion Peels Extract: A Food Waste for Silver Nanoparticles Synthesis and Potential application in Air Cleaning Devices. (Accepted)3. Assessment of antioxidant and tyrosinase inhibition activity of gold nanoparticles (Manuscript in preparation)
AWARD RECEIVED	เกียรติบัตรนิสิตวิทยาศาสตร์ดีเด่น ระดับบัณฑิตศึกษา “รางวัลระดับดีมาก” มหาวิทยาลัยในเครือเทพา-งาม ประจำปี ๒๕๖๗