



วารสารนเรศวรพะเยา

วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Naresuan Phayao Journal

Health Science, Science and Technology

ISSN: 1906-2141 (Print)

ISSN: 2697-4401 (Online)

วารสารนเรศวรพะเยา

บทความวิชาการที่ตีพิมพ์เป็นผลงานและมุมมองแสดงออกของผู้นิพนธ์/
คณะผู้นิพนธ์ และไม่อาจอ้างเหตุว่าเป็นความเห็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยพะเยา

ที่ปรึกษา

อธิการบดี มหาวิทยาลัยพะเยา
รองอธิการบดี ฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม
ศ. เกียรติคุณ ดร. ไมตรี สุทธจิตต์

บรรณาธิการ

ศ.ดร.เสมอ ถาน้อย

รองบรรณาธิการ

รศ. ดร. บุษบง จำเริญดารารัตน์
รศ. ดร. มนต์ ทิพย์วรรณ
รศ. ดร. ปราโมทย์ วัฒนัยธนาคม
รศ. ดร. เชวศักดิ์ รักเป็นไทย
ผศ. ดร. อัยเรศ เอี่ยมพันธ์

กองบรรณาธิการ

ศ.ดร.เกตุ กรุดพันธ์ (มช.)	ศ.ดร.นพ.คม สุคนธสรณ์ (มช.)
ศ.ดร.นิวัฒน์ มณีกาญจน์ (มช.)	ศ.ดร.นิสันต์ สัตยาภัย (ข้าราชการบำนาญ)
ศ.นพ.ปัญจะ กุลพงษ์ (มช.)	ศ.ดร.มาลิน จุลศิริ (ข้าราชการบำนาญ)
ศ.นพ.วชิร คชการ (มม.)	ศ.ดร.อำนาจ ขันนั้ไทย (มช.)
ศ.ดร.สายสมร ล้ายอง (มช.)	ศ.ดร.โกสินทร์ จำนงไทย (มจร.)
ศ.ดร.อำนาจ ธิฐาพันธ์ (มม.)	รศ.ดร.นวัตร วิศวรุ่งโรจน์ (มพ.)
รศ.ดร.นิมิตร มรกต (มช.)	รศ.พญ.รัตนา พันธุ์พานิช (มช.)
รศ.ดร.สมบูรณ์ อนันตลาโภชัย (มพ.)	ผศ.ดร.สุชาติ แยมเม่น (มน.)
ผศ.ดร.ยุทธรณ หมั่นดี (มพ.)	ดร.สุรพล ดำรงกิตติกุล (มพ.)
ผศ.ดร.เอกชัย ชูเกียรติโรจน์ (มพล.)	

เลขานุการ

นางสาวอัญชลี เทียมศิริ

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวรัชฎาภรณ์ แก้วสืบ
นางสาววิศรา คลังนุ้ม

สำนักงานกองบรรณาธิการ

กองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000
โทรศัพท์ 0-5446-6666 ต่อ 1047, 1048 โทรสาร 0-5446-6714
E-mail : j.nu.phayao@gmail.com

ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ

ศ.ดร.ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา
ศ.ดร.สมนึก บุญเกิด
ศ.ดร.อรรณพ มโนสร้อย
รศ.ดร.เอก ไชยสวัสดิ์
ผศ.ดร.ไชยวัฒน์ รุ่งเรืองศรี
Prof. Dr. Jeffrey C. Miller (USA)
Prof. Dr. Hirota Fujiki (Japan)
Prof. Dr. Michael Burgett (USA)
Prof. Dr. Young Joon Surh (Korea)

ผู้ทรงคุณวุฒิทบทวนประจำฉบับ

รศ.พญ.นฤชา จิราลวสาน (จพ.)
รศ.ดร.ภูวดล ตัวโต (มพ.)
รศ.ดร.รัตนา ททรัพย์าโร (มช.)
รศ.ดร.วีระพงษ์ ชิดนอก (มน.)
รศ.ดร.ศิริลักษณ์ วีระภูธร (มน.)
รศ.ดร.สมรรถชัย จำนงค์กิจ (มช.)
รศ.ดร.สาโรจน์ จินประชา (มพ.)
รศ.ดร.สรวิศ คำปวน (มน.)
รศ.ดร.อัจฉราภรณ์ ดวงใจ (มพ.)
รศ.ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง (มช.)
ผศ.ดร.กนกกาญจน์ พรหมน้อย (มพ.)
ผศ.ดร.กัลยา จำปาทอง (มพ.)
ผศ.ดร.จักรพงษ์ ชัยคง (มมส.)
ผศ.ดร.นรภมร เล้าพร้อมพันธ์ (มรพส.)
ผศ.ดร.ภก.ดำรงศักดิ์ เป็กทอง (มน.)
ผศ.สพ.ญ.ดร.รัชฎาพร ไชยคุณ-มาร์คิว (มทม.)
ผศ.ดร.นิทรา กิจธีระวุฒิจันทร์ (มน.)
ผศ.ดร.ภาวิณี จันทวีโรจน์ (มพ.)
ผศ.ดร.วาสนา พิทักษ์พล (มพ.)
ผศ.นพ.ศิวศักดิ์ จูทอง (มอ.)
ผศ.ดร.สหยา ทองสาร (มน.)
ผศ.ดร.สุพรรณ ฝอยกลาง (มจ.)
ผศ.ดร.สุวิศักดิ์ ประสานพันธ์ (มพ.)
ผศ.ดร.สุพัตรา โพธิ์เศษ (มก.)
ผศ.ดร.สุวิทย์ ฟองอินทร์ (มพ.)
ผศ.ดร.สุรพงษ์ ดำรงกิตติกุล (มก.)
ผศ.ดร.เอกชัย ชูเกียรติโรจน์ (มพล.)
ผศ.ดร.ภญ.อัมพรพรรณ ศรีวิล (มน.)
ผศ.ดร.อิทธิพล พวงเพชร (มน.)
ผศ.ทรงพรพรณ สังข์ทรัพย์ (มรพส.)
ผศ.ศิรินทิพย์ คำฟู (มพ.)
ดร.นิมมานรดี พรหมทอง (มอบ.)

บทความวิชาการทุกเรื่องผ่านการประเมินค่า
โดยเพื่อนร่วมวิชาชีพตรงสาขาวิชาอย่างน้อย

ความถี่การตีพิมพ์

ปีละ 3 ฉบับ

การบอกรับเป็นสมาชิก

สมาชิก 1 ปี 200 บาท

สารบัญ	หน้า
สารบัญ	C - D
บทบรรณาธิการ	
บทบรรณาธิการ เสมอ ถาญ้อย	1 - 2
บทความวิจัย	
Histopathological features of non-neoplastic areas of clear cell renal cell carcinoma tissues and clinical outcomes of patients Keerakarn Somsuan, Ratirat Samon, Yupa Srithongchai, Phattarapon Sonthi, Siripat Aluksanasuwan and Natthiya Sakulsak	3 - 17
การเปรียบเทียบชนิดของน้ำมันในการสกัดน้ำมันไพลและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไพลด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี คณาทิพย์ สิงห์สาย, พิมพ์ชนก จรุงจิตร์ และ มาลีรักษ์ อัดต์สินทอง	18 - 28
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นสกัด จากใบผักฮ้วน ใบผักเชียงดา และใบย่านาง วดโดยวิธี ดีพีพีเอช และการผลิตสารสกัดแห้ง จินตนา สุวรรณมณี, ศุภชัย ศรีธีวงศ์, ปภากรณ์ สุทธิภาศิลป์, จีรภา ง่วนหอม และ อัจฉรา ใจดี	29 - 40
การศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับอัตราการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อในโลหิตบริจาคของโรงพยาบาลแม่สาย ปี 2560-2562 ชนิกานต์ มีประดิษฐ์, ชลดา สินธุวงศ์, ศุภารินทร์ อินถา, สิทธิพร สุวรรณมิตร และ กรุง ผิวนพรัตน์	41 - 48
ความชุกและปัจจัยที่สัมพันธ์กับการกำเริบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในโรงพยาบาลชุมชน สุจิตา บุญสม, จิตติพร นนท์เกษม, กุลศิริ หน่อแก้ว, พิมพ์ภา อินธิยา และ ณัฐ นาเอก	49 - 60
นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์สำหรับกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง อนรรฆอร จิตต์เจริญธรรม, ภาณุชา พงษ์นราทร, มิ่งกมล หงษ์วาศ, นฤวัตร ภาคดี, พงษ์สิทธิ์ กลางนอก, ศุภกร หีบทอง และ เพ็ญศิริ จันทรแอ	61 - 72
การหาสภาวะการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจางหะ กัญญาวิทย์ คันทะมูล, หยาดฝน ทนงการกิจ และ ปริญญ์ คงกระพันธ์	73 - 86
ผลของการตัดแต่งกิ่งและช่อดอกต่อปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม วัชร ทองมีะ, แสงเดือน อินชนบท, ประนอม ยังคำมัน, ทวีป แสนคำวงศ์ และ สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร	87 - 95

บทความวิจัย	หน้า
การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศส้มในขนมปัง พนารัตน์ สังข์อินทร์ และ กิ่งกาญจน์ ป้องทอง	96 - 110
การศึกษาสภาพการเลี้ยง และการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของการผลิตโคขุนในพื้นที่จังหวัด พะเยา วีรนุช ทันนิต, พยุงศักดิ์ อินตะวิชา ¹ , จักรกฤษ วิชาพร ¹ , มลภรณ์ กล่ำรักษ์ ¹ และ สุรีย์พร แสงวงศ์	111 - 121
อิทธิพลของน้ำหมักก่อนเข้าขุนต่อประสิทธิภาพการผลิต: กรณีศึกษาการขุนกระบือปลักของ เกษตรกร จักรกฤษ วิชาพร, มลภรณ์ กล่ำรักษ์, วีรนุช ทันนิต, สุรีย์พร แสงวงศ์ และ พยุงศักดิ์ อินตะวิชา	122 - 129

คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์

คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์	I-V
-----------------------	-----

Table of Contents	page
Table of Contents	C-D
Editorial	
Editorial	1 - 2
Samur Thanoi	
Research Article	
Histopathological features of non-neoplastic areas of clear cell renal cell carcinoma tissues and clinical outcomes of patients	3 - 17
Keerakarn Somsuan, Ratirat Samon, Yupa Srithongchai, Phattarapon Sonthi, Siripat Aluksanasuwan and Natthiya Sakulsak	
The comparison of the oil types in Plai (<i>Zingiber cassumunar</i>) oil extraction and analysis of the chemical constituents in Plai oil by gas chromatography-mass spectrometry technique	18 - 28
Kanathip Singsai, Pimchanok Charoongchit and Maleeruk Utsintong	
The antioxidant ability of juice extracts from <i>Dregea</i>, <i>Gymnema</i>, and <i>Tiliacora</i> leaves by DPPH assay and the production of dry extracts	29 - 40
Jintana Suwanmanee, Suppachai Sritiwong, Paphakorn suthiphasilp, Jeerapa Nguanhom and Atchara Jaidee	
Factors associated with detection rate of infectious disease markers in blood donation of Mae Sai Hospital, 2017-2019	41 - 48
Chanikan Meepradit, Chonlada Sintuwong, Sunarin Inthra, Sittiporn Suwannamit and Krung Phiwpan	
Prevalence and factors associated with acute exacerbation among chronic obstructive pulmonary disease patients in a community hospital	49 - 60
Suthida Boonsom, Thitiphorn Nonkasem, Kunsiri Norkaew, Pimnapa Intiya and Nat Na-Ek	
Innovation of multi-purpose stretcher for myofascial pain syndrome	
Anunkaorn Jitcharoentham, Panicha Pongnaratorn, Mingkamon Hongkawong, Naruwat Pakdee, Phongsit Klangnok, Supakorn Heebthong and Pensiri Chanae	61 - 72
Optimization of protein extraction condition from soybean using pulse electric field	73 - 86
Kanyawee Kanthamoon, Yardfon Tanongkankit and Parin Khongkrapan	

Research Article	page
Effect of shoot pruning and inflorescence thinning on the quantity and quality of tomato hybrid seeds (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	87 - 95
Watchara Thongmoa, Sangdaun Inchonnabot, Pranom Yungkhamman, Thaveep Senkhamwong and Suthep Watcharawetsaringkharn	
Substitution of wheat flour with orange sweet potato flour in bread	96 - 110
Panarat Sungin and Kingkan Pongtong	
The study of raising conditions and SWOT analysis of cattle fattening production in Phayao province	111 - 121
Wiranut Thannithi, Payungsuk Intawicha, Jakkit Wichaporn, Monpak Klamrak and Sureeporn Saengwong	
Effects of pre-fattening weight on production efficiency: A case study of fattening swamp buffalo by farmers	122 - 129
Jakkit Wichaporn, Monpak Klamrak, Wiranut Thannithi, Sureeporn Saengwong and Payungsuk Intawicha	
Instruction for author	
Instruction for author	I-V

บทบรรณาธิการ

บทความในวารสาร Health Science, Science and Technology Reviews ฉบับที่ 3 ปีที่ 15 (2565) ฉบับนี้ได้รับรวบรวมผลงาน จำนวน 11 บทความ ประกอบด้วยบทความทางด้านวิทยาศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์การแพทย์ จำนวน 7 บทความ บทความด้านเกษตรศาสตร์ จำนวน 4 บทความ

บทความวิจัยทั้ง 11 บทความได้ดำเนินการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญ และตามขั้นตอนของวารสารอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ จึงเชื่อมั่นได้ว่าองค์ความรู้ และข้อมูลจาก ผลงานวิจัยเหล่านี้จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ หรือต่อยอดทางวิชาการได้เป็นอย่างดีต่อไป

ศาสตราจารย์ ดร.เสมอ ถาน้อย
บรรณาธิการ

Editorial

Health Science, Science and Technology Reviews in this issue (Vol. 3; 2022) consists of 11 research articles. There are 7 articles in Sciences and Medical Sciences. 4 articles in Agricultural sciences.

All 11 articles have been evaluated from the reviewers as the standard protocols of the journal. Therefore, all knowledge and research outcome from these articles can be utilized or expanded for further use in the future.

Professor Dr.Samur Thanoi

Editor

Research Article

Histopathological features of non-neoplastic areas of clear cell renal cell carcinoma tissues and clinical outcomes of patients

Keerakarn Somsuan^{1,2}, Ratirat Samon³, Yupa Srithongchai¹, Phattarapon Sonthi¹, Siripat Aluksanasuwan^{2,4} and Natthiya Sakulsak^{1*}

¹ Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

² School of Medicine, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

³ Unit of Pathology, Sawanpracharak Hospital, Nakornsawan, 60000

⁴ Cancer and Immunology Research Unit, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

* Corresponding author: Natthiyak@nu.ac.th

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 3-17.

Received: 2 October 2021; Revised: 31 October 2022; Accepted: 27 December 2022

Abstract

This study aimed to investigate the histopathological changes in non-neoplastic areas of clear cell renal cell carcinoma tissue, using H&E and PAS staining, and to evaluate the clinical outcomes of patients. Our findings illustrated several aspects of the histopathological features of non-neoplastic areas of renal cancer tissues. It consisted of mononuclear infiltration, adipocyte deposition, interstitial fibrosis with macrophage infiltration, and fibrinoid necrosis of the interlobar arteries. Nodular glomerulosclerosis along with thickening of glomerular basement membranes was abundant in the non-neoplastic area. The hemorrhagic area was remarkable for containing RBC casts and macrophages containing hemosiderin. Additionally, we found necrosis of the renal tubular epithelium, thyroidization, and inflammatory cells casts in the tubular lumen. Most of our patients were elderly and the neoplasms presented mostly in males. The specimens were mostly found to show chronic pyelonephritis (64.71%) and hemorrhagic areas (88.24%). The patients were observed to have metastatic status (17.65%) and had been diagnosed with chronic pyelonephritis. All 8/17 patients had a comorbidity e.g. hypertension (HT), chronic kidney disease (CKD), diabetes mellitus (DM). We noted that ccRCC patients presenting with chronic pyelonephritis and with metastases had cumulative survival rates lower than those patients without chronic pyelonephritis (72% vs. 100%). Hence, evaluation of histopathological changes in non-neoplastic renal parenchyma should be performed for patients with RCC, to improve management and treatment options, that may prevent accelerated function failure of the single remaining kidney, especially in patients with a background of medical diseases, including diabetes or hypertension.

Keywords: Non-neoplastic area, Clear cell, Renal cell carcinoma, Histopathological features

Introduction

Incidence rates of renal cell carcinoma (RCC) have been increasing in the developed countries over the past half-century [1]. In 2020, RCC is the sixth most commonly diagnosed malignancy in men and the 10th in women in the USA, estimated new case rates being 45,520 and 28,230 cases [2]. The main subtype of renal cancer is clear cell renal cell carcinoma (ccRCC), it accounts for 70-80% of diagnoses whereas non-clear cell histologic types represent the remaining 20-30% [3]. Although the detection of small tumors by cross-sectional imaging and subsequent removal with surgery has increased, metastases and mortality rates in patients with RCC have still predominantly increased [4]. The long-term complications of nephrectomy in renal tumor patients are increases of glomerular filtration rate, hypertension, and proteinuria, associated with the development of chronic kidney disease (CKD) [5]. In 2006, Bijol and his colleagues [6] reported that the pathologic changes in non-neoplastic renal parenchyma of renal tumors were the significant parameter to predict the outcome of contralateral kidney function. They found that patients with severe histopathologic features, including severe parenchymal scarring with 20% or more global glomerulosclerosis, showed a significant increase in serum creatinine from the preoperative period to 6 months after surgery, indicative of progressive decline in kidney function. A recent study has reported that pathological findings, that included vascular sclerosis with parenchymal scars (36%) and chronic pyelonephritis (18%), were mostly found at sites of non-neoplastic tissue in patients with ccRCC. Moreover, other features were mesangial hypercellularity (4%), focal segmental glomerulonephritis (8%) and membranoproliferative glomerulonephritis (6%) [7]. The precise examination of non-neoplastic

renal parenchyma was an important evaluation in predicting patients at risk for worsening of CKD progression after nephrectomy [6, 8, 9]. The purpose of this study was to examine and describe the histopathological changes in non-neoplastic areas of clear cell renal cell carcinoma tissues, and to evaluate the associated clinical outcomes of patients.

Materials and Methods

This study was a retrospective study, approved by the Human Ethic Review Board of Sawan Pracharak hospital, Nakhon Sawan, Thailand in 2017 (No. 47/2560) and by Naresuan University Ethical Committee for Human Research (NU-IRB) (No. 0489/61), COE No. 115/2018. Tissue was collected from the Unit of Pathology, Sawan Pracharak hospital, Nakhon Sawan, Thailand during 2013-2017. Seventeen nephrectomy specimens were immediately fixed in formalin fixation. After tissue processing and embedding, then formalin fixed, paraffin embedded (FFPE) samples of patients diagnosed with clear cell subtype of RCC were produced and collected. There were 6 clear cell RCC, Fuhrman nuclear grade I (ccRCC, GI) and 11 clear cell RCC, Fuhrman nuclear grade II (ccRCC, GII) as identified by the pathologist. The clinical data such as age, sex, and pathological findings i.e. gross and microscopic features were recorded. The gross description and microscopic features of the tumor specimens i.e. laterality, tumor size, hemorrhagic area, chronic pyelonephritis, renal invasion, and lymph node involvement etc., were recorded. The FFPE samples were cut and hematoxylin and eosin staining performed, along with Periodic acid–Schiff (PAS) staining, using the standardized methods. The microscopic features of normal, non-neoplastic, and cancer areas were studied and

photographed under an Olympus BX50 light microscope (Olympus; Tokyo, Japan).

Statistical analysis

Ethical approval from the ethical committee of the institute was taken and a descriptive analysis of the data was done and described by number of cases and percentage. The quantitative data were presented as mean $\pm$ SD. The association between chronic pyelonephritis status and metastases was evaluated by Kaplan-Meier analysis and log-rank test. All statistical analyses were done through the SPSS software (version 16.0) (SPSS; Chicago, IL), p -value < 0.05 was considered statistically significance.

Results

The clinical data of patients and gross description of tumor specimens

Seventeen patients with RCC who had undergone renal nephrectomy were enrolled. The patients' age ranged from 50 to 91 years and the mean age of the patients was 62.06 ± 10.32 years. Among the patients, 9 patients (52.94%) were ≥ 60 years, and 8 patients (47.06%) were < 60 years. As regards sex, 13 patients (76.47%) were male and 4 patients (23.53%) were female. The RCC detected at the right side was 10 cases (58.82%) and the left side was 7 cases (41.17%). The Fuhrman nuclear grading is the most widely

used grading system for grading renal cell carcinoma, as has been described in previous studies [10, 11]. In this study, there were 6 clear cell RCCs, Fuhrman nuclear grade I (ccRCCs, GI) (35.29%) and 11 clear cell RCCs, Fuhrman nuclear grade II (ccRCCs, GII) (64.71%). Chronic pyelonephritis was detected in 11 patients (64.71%), but not detected in 6 patients (35.29%). Hemorrhagic areas were observed in 15 cases (88.24%); however, the size of hemorrhagic area was varied. Of these patients, 4 cases (25.53%) presented with renal invasion, but was not observed in 13 cases (76.47%). The AJCC stages were categorized by following the American Joint Committee on Cancer (AJCC) tumor-node-metastasis (TNM) staging [12, 13]. There were 6 cases of stage I (35.29%), 3 cases (17.67%) of stage II, 6 cases of stage III (35.29%), and 2 cases (11.76%) of stage IV. Of note, three patients (17.65%) had metastatic status and 10 patients (58.82%) did not. All of these findings are summarized in Table 1. The relevant clinical details of all patients and their comorbidities are reported in the Table 2. Patients presenting with the metastases, in the lung (1 case) and brain (2 cases), were also diagnosed with chronic pyelonephritis. A total of 8 cases had comorbidities e.g. hypertension (HT), chronic kidney disease (CKD), liver disease, gall stones, hyperlipidemia, cystic kidney disease, DM type II, cardiovascular disease, and lung disease.

Table I Clinical data of ccRCC patients and gross description of tumor specimens (N = 17)

Clinical data and gross description	No. of patient (%)
Age (years)	
≥ 60 years	9 (52.94%)
< 60 years	8 (47.06%)
Sex	
Male	13 (76.47%)
Female	4 (23.53%)
Laterality	
Right	10 (58.82%)
Left	7 (41.17%)
Fuhrman nuclear grading	
ccRCC (grade I)	6 (35.29%)
ccRCC (grade II)	11 (64.71%)
Chronic pyelonephritis status	
Present	11 (64.71%)
No	6 (35.29%)
Hemorrhage	
Present	15 (88.24%)
No	2 (11.74%)
Renal invasion	
Present	4 (25.53%)
No	13 (76.47%)
AJCC stages	
Stage I	6 (35.29%)
Stage II	3 (17.67%)
Stage III	6 (35.29%)
Stage IV	2 (11.76%)
Metastases	
Present	3 (17.65%)
No	10 (58.82%)

No	Age (years)	Sex	Laterality	Pathological grading	Hemorrhage	Chronic pyelonephritis	AJCC stage (I-IV)	Metastatic recurrence	Comorbidity
1	59	Male	Right	ccRCC (G1)	No	Present	3	No	No
2	76	Male	Right	ccRCC (G1)	No	No	3	No	No
3	53	Male	Right	ccRCC (G1)	Present	Present	1	No	Mild fatty liver, Gall stone, Acute cholecystitis
4	91	Male	Right	ccRCC (G1)	Present	No	1	No	No
5	50	Male	Right	ccRCC (G1)	Present	Present	1	No	No
6	56	Female	Left	ccRCC (G1)	Present	No	1	No	HT
7	69	Female	Right	ccRCC (G2)	Present	Present	1	No	No HT,
8	64	Male	Right	ccRCC (G2)	Present	No	2	No	Hyperlipidemia, Cystic kidney disease
9	56	Female	Left	ccRCC (G2)	Present	No	3	No	No
10	61	Male	Left	ccRCC (G2)	Present	No	4	No	No Gall stone,
11	51	Male	Left	ccRCC (G2)	Present	Present	4	No	Arteriosclerosis of aorta
12	65	Male	Right	ccRCC (G2)	Present	Present	3	No	No
13	64	Male	Left	ccRCC (G2)	Present	Present	3	No	DM type II, HT Pneumonia,
14	67	Male	Right	ccRCC (G2)	Present	Present	3	Yes (lung)	Adrenal insufficiency HT, CKD at LK,
15	52	Male	Left	ccRCC (G2)	Present	Present	2	Yes (brain)	RCC & stone at RK
16	65	Male	Right	ccRCC (G2)	Present	Present	1	Yes (brain)	DM type II, HT, Liver cirrhosis HT, Inflammatory
17	56	Female	Left	ccRCC (G2)	Present	Present	2	No	liver disease, Mild fatty liver

HT, hypertension; CKD, chronic kidney disease; LK, left kidney; RK, right kidney.

Table II Clinical data and comorbidity of ccRCC patients

Histopathological features of non-neoplastic areas of ccRCC tissues

The microscopic structures of normal, non-neoplastic, and cancer areas were observed and illustrated in the Figure 1. The normal areas showed remarkable normal structures of the capsule, cortex, and medulla regions of the kidney (Figure 1A-C).

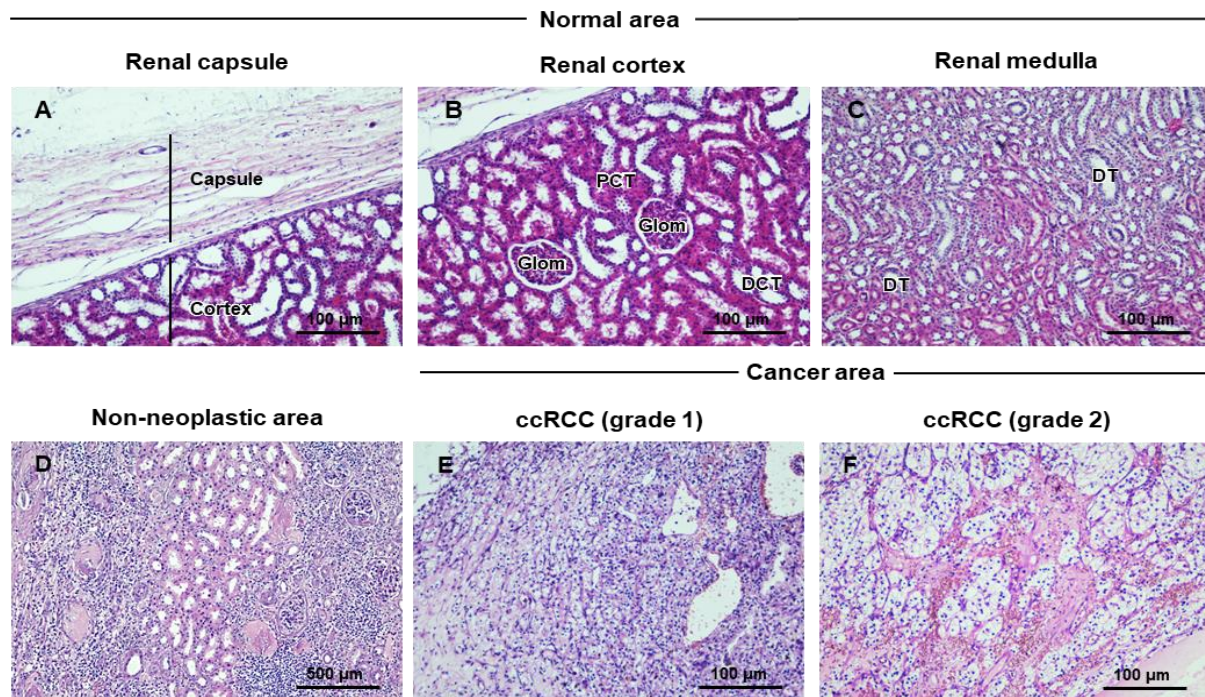


Figure 1 Histological features of normal, non-neoplastic, and cancer areas of nephrectomy specimens of patients with ccRCC.

(A-C) Normal kidney tissue consists of capsule (A), cortex (B), and medulla (C). The histological structures of glomerulus (glom), proximal (PCT), and distal convoluted tubules (DCT) are demonstrated. (D) Non-neoplastic area, which is an area surrounding cancer area, is shown. (E-F) RCC tissues, including ccRCC (grade 1) (E) and ccRCC (grade 2) (F) are demonstrated. The neoplastic cells are shown abundant clear cytoplasm in ccRCC (grade 2) tissues in the Figure 1F. All images are represented at 100x and 200x magnifications, scale bars are 500 and 100 µm, respectively.

Non-neoplastic areas revealed several microscopic changes (Figure 1D). The cancer areas illustrated the characteristics of cancerous clear cells that were confirmed by the Fuhrman nuclear grading of ccRCC (Figure 1E-F). We focused on the histopathological features of the non-neoplastic areas of ccRCC tissue to include the altered features. At the cortex of non-neoplastic areas, mononuclear infiltration was mostly found, presenting with adipocyte deposition (Figure 2A-B). In the non-neoplastic parenchyma, interstitial fibrosis was abundant with aggregation of mononuclear cells and macrophage infiltration (Figure 2C-D). The interlobular artery showed circumferential fibrinoid necrosis with associated leukocyte infiltration (Figure 2E-F).

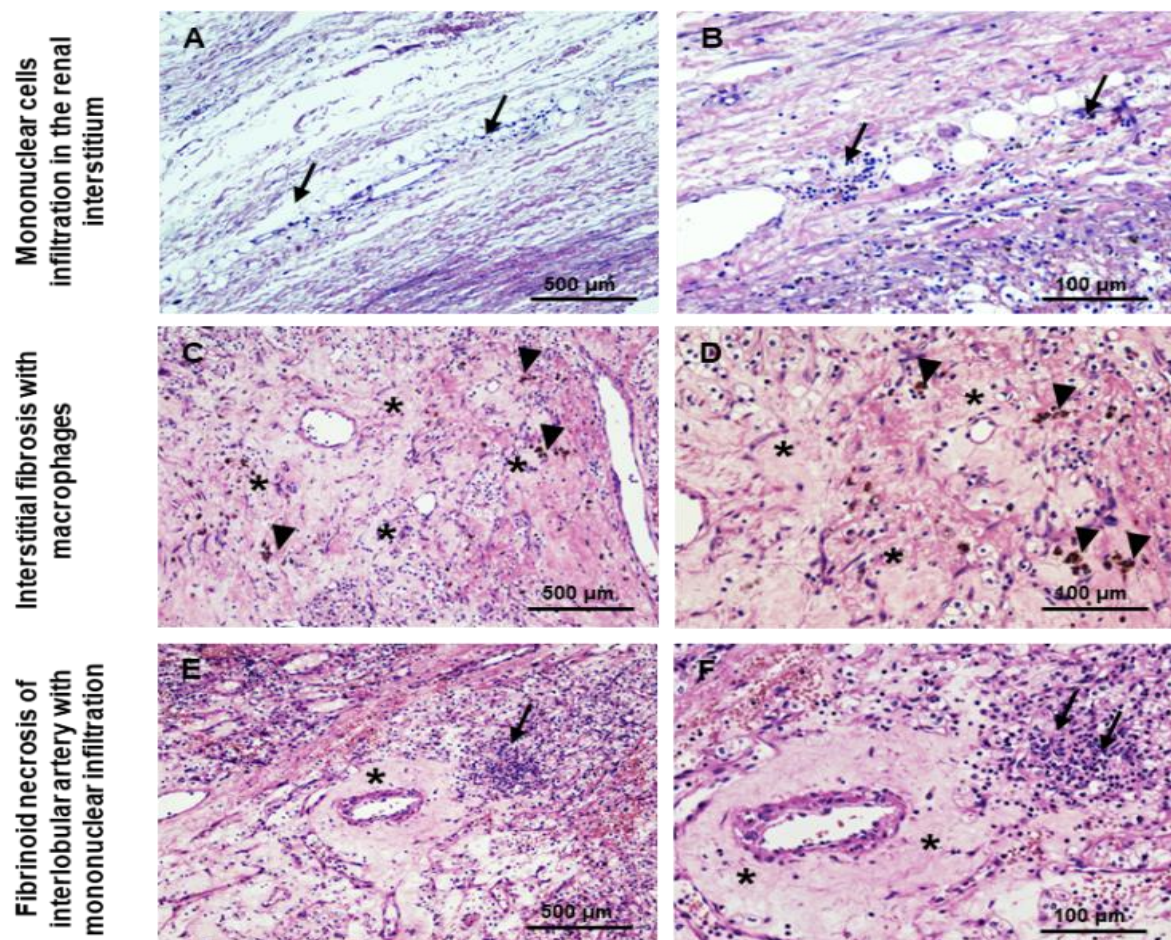


Figure 2 Histological changes in non-neoplastic area of patients with ccRCC: Mononuclear cells infiltration and interstitial fibrosis.

The histological structures of (A-B) mononuclear cells infiltration (arrow) in the renal interstitium, (C-D) The interstitial fibrosis (asterisk) with macrophages infiltration (head arrow) presents in renal parenchyma of non-neoplastic area, and (E-F) fibrinoid necrosis of interlobular artery (asterisk) with mononuclear cells infiltration (arrow) are demonstrated. All images are represented at 100x and 200x magnifications, scale bars are 500 and 100 μm , respectively.

In addition, the hemorrhagic areas were remarkable, showing interstitial red blood cell (RBC) extravasation, RBC casts and interstitial hemorrhage (Figure 3A-B). Several macrophages contained strong amounts of brown pigment consistent with iron (hemosiderin deposits) (Figure 3C-D). Histological changes of the glomeruli were

predominantly found in the non-neoplastic areas. It revealed glomerulosclerosis and thickening of the glomerular basement membranes (GBMs), as well as dilation of Bowman's capsule (Figure 4A-B), fibrosis and thickening of Bowman's capsule (Figure 4C-D), and nodular glomerulosclerosis presenting with arteriosclerosis (Figure 4E-F).

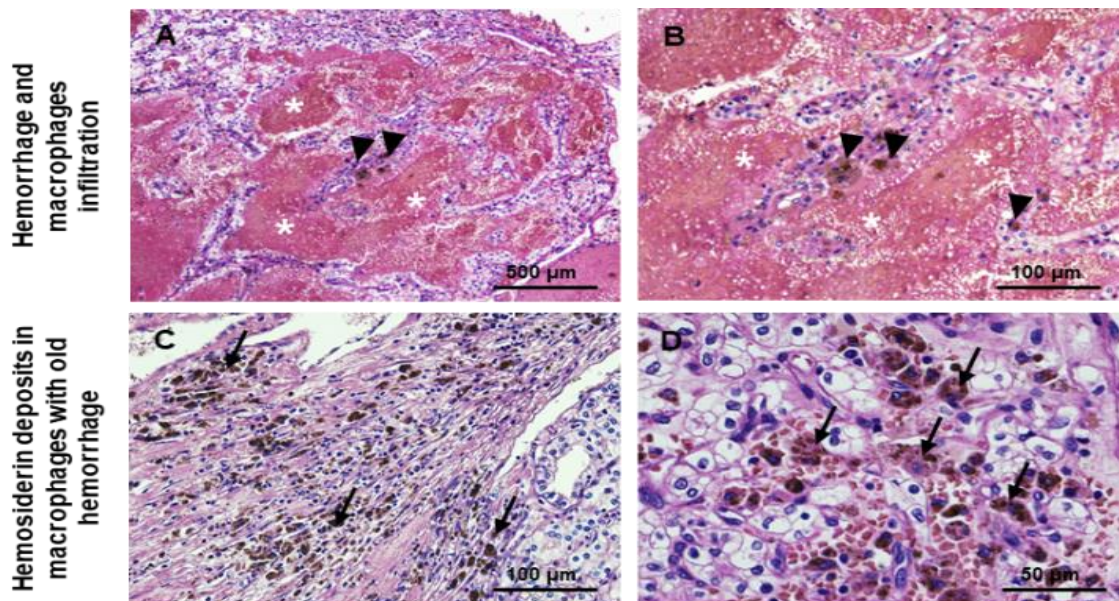


Figure 3 Histological changes in non-neoplastic area of patients with ccRCC: Hemorrhage, macrophages infiltration containing hemosiderin.

The histological structures of (A-B) hemorrhage (white asterisk) and macrophages infiltration (head arrow) are shown. (C-D) Hemosiderin (black arrow) in tumor associated macrophages presents in old hemorrhagic area. All images are represented at 100x, 200x, and 400x magnifications, scale bars are 500, 100, and 50 µm, respectively.

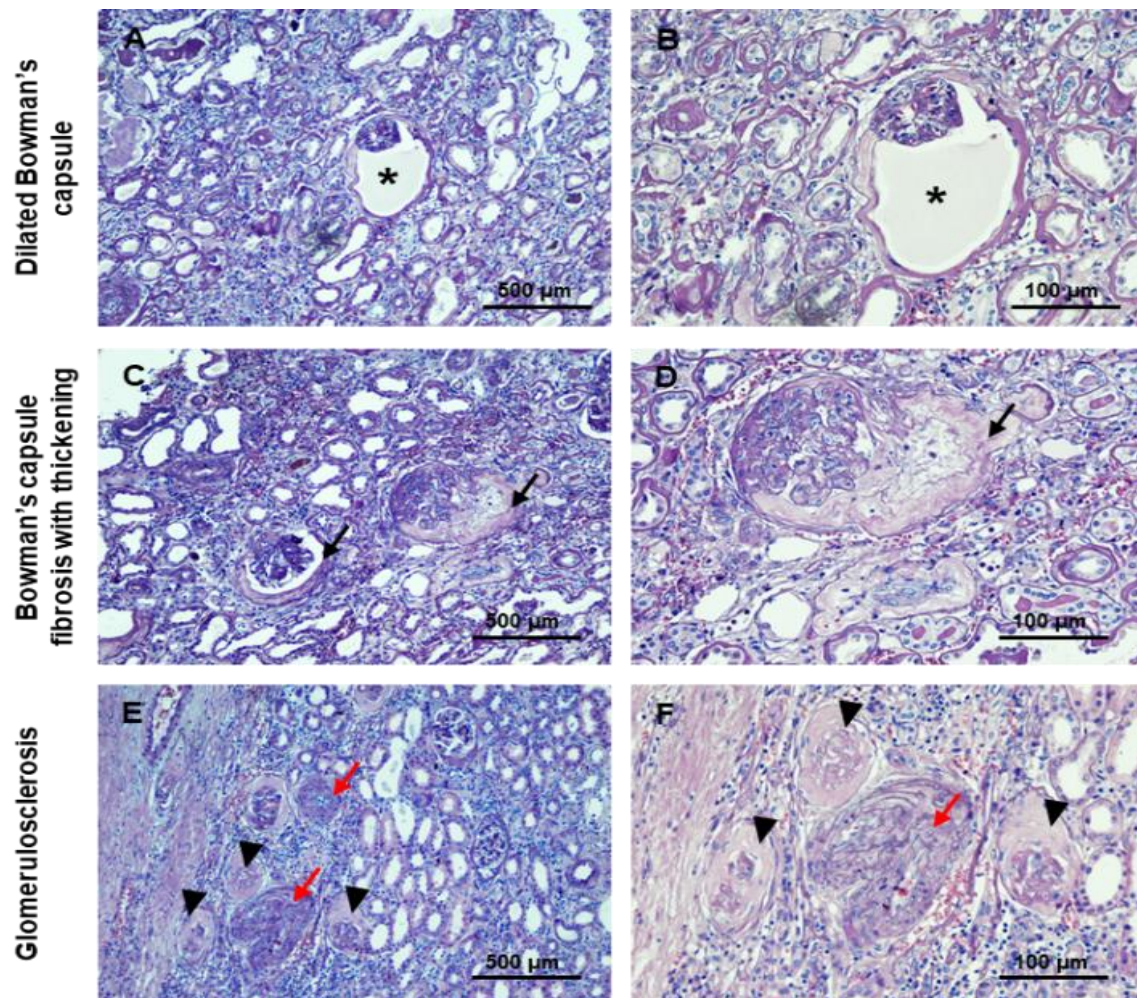


Figure 4 Histological changes in non-neoplastic area of patients with ccRCC: Abnormalities of the glomeruli.

The aberrancies of glomeruli in non-neoplastic area of ccRCC tissues include (A-B) the dilation of Bowman's capsule (asterisk), (C-D) the fibrosis and thickening of Bowman's capsule (black arrow), and (E-F) the glomerulosclerosis (head arrow) and arteriosclerosis (red arrow). All images are represented at 100x and 200x magnifications, scale bars are 500 and 100 µm, respectively.

The non- neoplastic tissues showed abundant necrosis of the renal tubular epithelium, that was lined with distinctive large eosinophilic cells (Figure 5A-B), thyroidization, with atrophic tubules filled with eosinophilic, colloid- appearing casts (Figure 5C-D), inflammatory cells casts in the tubular lumen (Figure 5E- F) and intratubular

hemorrhage (Figure 5G- H). PAS staining was performed to confirm the thickening of GBMs, Bowman's capsule, and basement membranes of the renal tubules as well as arteriosclerosis, that was represented as strong magenta staining (Figure 6A-F). Interstitial fibrosis appeared brightly eosinophilic and smudged (Figure 6G-H).

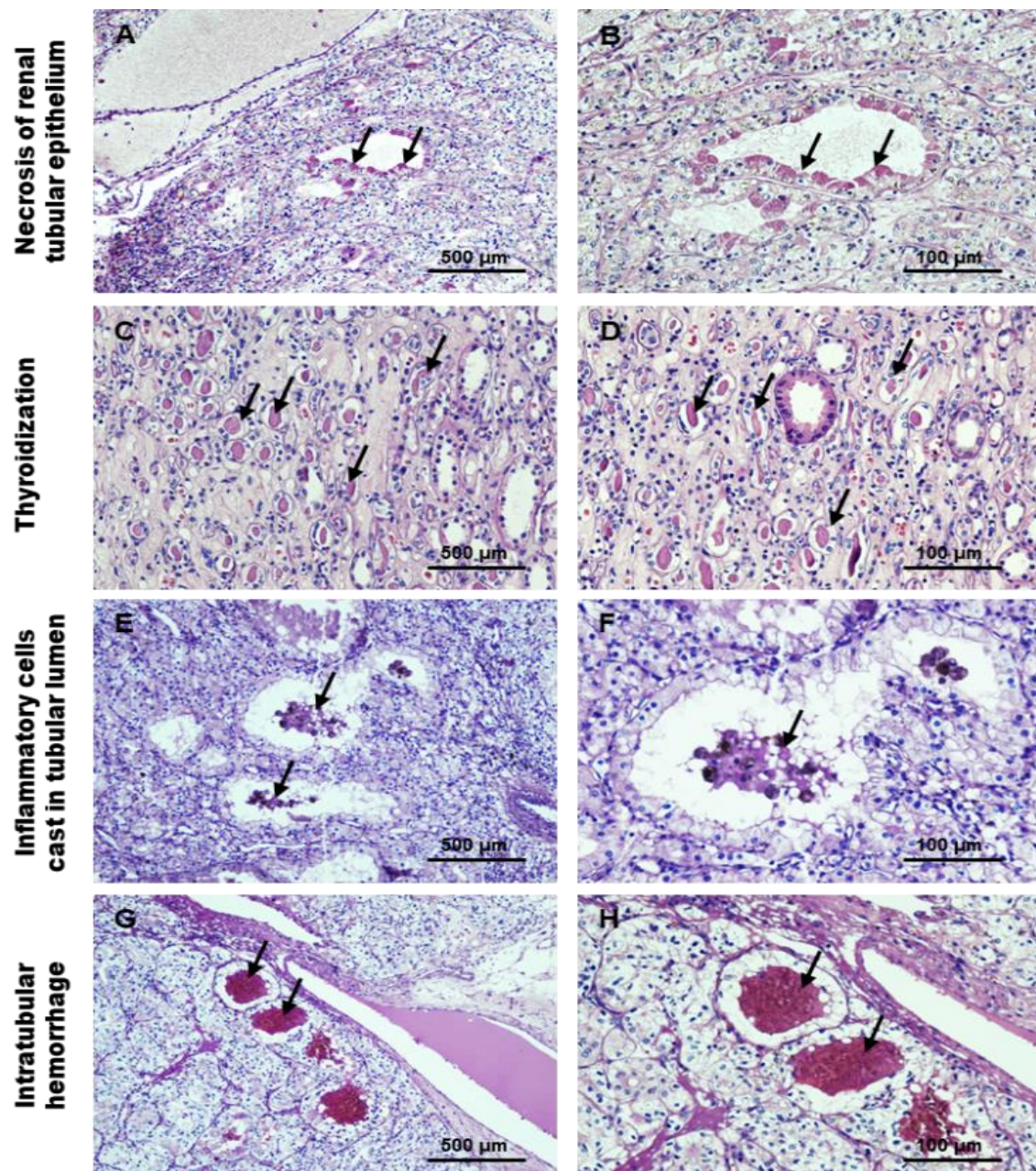


Figure 5 Histological changes in non-neoplastic area of patients with ccRCC: Abnormalities of the renal tubules.

The abnormal appearances of renal tubules in non-neoplastic area of ccRCC tissues include (A-B) necrosis of renal tubular epithelium, (C-D) thyroidization, (E-F) inflammatory cells cast in tubular lumen, and (G-H) intratubular hemorrhage. All images are represented at 100x and 200x magnifications, scale bars are 500 and 100 µm, respectively.

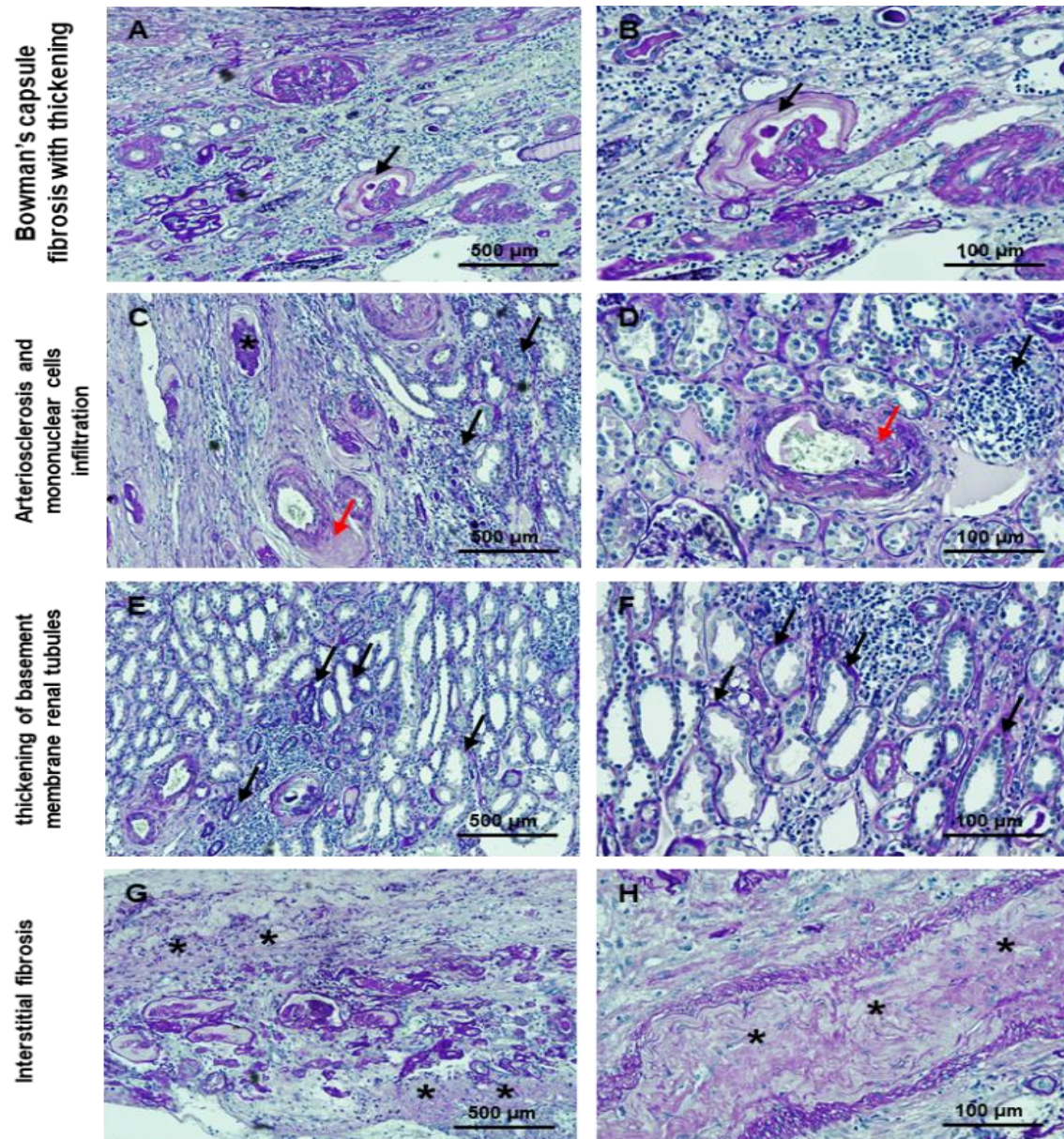


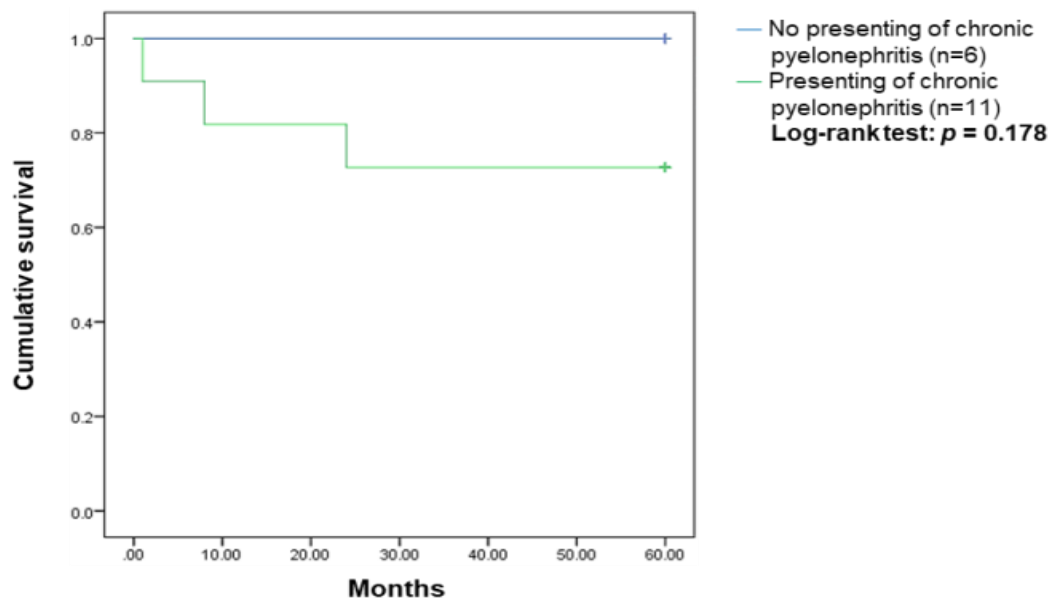
Figure 6 Histological changes in non-neoplastic area of patients with ccRCC: Abnormalities of the glomeruli and the renal tubules using the PAS staining.

The abnormal appearances of glomeruli and renal tubules in non-neoplastic area of ccRCC tissues were confirmed using PAS staining. (A-B) fibrosis and thickening of Bowman's capsule, (C-D) arteriosclerosis (red arrow) and mononuclear cells infiltration (black arrow), (E-F) the thickening of basement membrane of renal tubules (black arrow) with mononuclear cell infiltration are shown. (G-H) The interstitial fibrosis in non-neoplastic area is indicated as the black asterisk. All images are represented at 100x and 200x magnifications, scale bars are 500 and 100 μm , respectively.

Prognosis of ccRCC patients presenting of chronic pyelonephritis and metastases

Finally, the prognosis of ccRCC patients presenting of chronic pyelonephritis and metastases was analyzed. RCC patients with non-presentation of chronic pyelonephritis and no

metastatic events ($n=6/6$) had a cumulative survival of 100%. Log-rank test revealed a tendency of metastatic development in patients with chronic pyelonephritis ($n=3/11$) and cumulative survival was 72.2%; however, the p -value did not reach a statistically significant level (Figure 7).



Case Processing Summary

0 no, 1 chronic	Total N	N of Events	Censored	
			N	Percent
no chronic	6	0	6	100.0%
chronic	11	3	8	72.7%
Overall	17	3	14	82.4%

Figure 7 Kaplan-Meier curve shows the cumulative survival in RCC patients compared between presenting ($n = 11$) and non-presenting of chronic pyelonephritis ($n = 6$).

The cumulative survival of RCC patients presenting of chronic pyelonephritis (green line) had a tendency of shorter than those with RCC patients without chronic pyelonephritis (blue line). Log-Rank test was no significant difference between groups ($p = 0.178$, $N = 17$).

Discussion and Conclusion

Cigarette smoking, diabetes mellitus, hypertension, obesity, physical inactivity, and increasing age, are well-established risk factors for RCC. Impaired kidney function is independently associated with these diseases [14]. Radical or partial nephrectomy is still the standard treatment of renal neoplasms. The development of chronic kidney disease (CKD), associated with radical nephrectomy [15]. The underlying mechanisms of the development of CKD after nephrectomy have been previously explained by the structural and functional alterations of by the remaining nephrons. Maladaptive appearances of CKD were glomerulosclerosis, vascular sclerosis and tubulointerstitial fibrosis [16]. Notably, several studies have confirmed that the relevant evaluation of the histopathological changes of non-neoplastic pathology in tumor nephrectomy specimens is necessary for early detection and for provision of preventive and clinical treatment modalities [6, 8, 17-19].

Our findings illustrated the important histopathologic features that are found in non-neoplastic areas of clear cell renal cell carcinoma tissues and the related clinical outcomes of the patients. Most of our patients were of similar same age and the neoplasms mostly present in male subjects. The specimens confirmed chronic pyelonephritis (64.71%) and hemorrhagic areas (88.24%) of cases. Patients with confirmed metastatic status comprised (17.65%) and they were also diagnosed with chronic pyelonephritis.

All 8/ 17 patients had at least one comorbidity e.g. hypertension (HT), chronic kidney disease (CKD), Diabetes mellitus (DM). The histopathological abnormalities of the non-neoplastic areas included mononuclear infiltration, adipocyte deposition, interstitial fibrosis with

macrophage infiltration, and fibrinoid necrosis of interlobar arteries (Figure 2). Furthermore, the hemorrhagic area was remarkable for the presence of RBC casts, and the associated macrophages contained hemosiderin (Figure 3). Nodular glomerulosclerosis along with thickening of glomerular basement membranes (GBMs), dilation of Bowman's capsule, fibrosis and thickening of Bowman's capsule were abundant in the non-neoplastic areas (Figure 4). Additionally, necrosis of renal tubular epithelium, thyroidization, and inflammatory cells casts in the tubular lumen (Figure 5) was noted. PAS staining has been suggested for use in the evaluation of non-neoplastic renal parenchymal sections by the College of American Pathologists checklist protocol [20]. Thus, we also stained, using PAS staining, to confirm the histological changes in our study.

Our result was consistent with a previous study, they reported that 10% patients had unremarkable parenchyma [6]. The glomerular filtration rate could be predicted by the severity of glomerulosclerosis. A decrease in glomerular filtration rate by 9% from baseline would be predicted for each 10% increase in glomerulosclerosis [21]. In 2013, Salvatore and colleagues [17] have reported that the proportion of vascular sclerosis, glomerulosclerosis, and interstitial fibrosis and tubular atrophy were prescriptive parameters for the increase of creatinine levels following nephrectomy. Our results demonstrated that ccRCC patients presenting with chronic pyelonephritis and metastatic events had a cumulative survival of 72%. However, the association of chronic pyelonephritis status and the cumulative survival has not been previously reported, so we can highlight the importance of chronic pyelonephritis status in patients with ccRCC.

In conclusion, progressive staging and rate of metastases of renal cancer were higher in patients after renal nephrectomy, where the histology confirmed chronic pyelonephritis. Also the increased rates of renal failure in the remaining kidney may be because of the structural and functional alterations of the remaining nephrons after nephronal loss. This could also be associated with age-related changes and the presence of comorbidities. Therefore, evaluation of histopathological changes in non-neoplastic renal parenchyma should be provided early for patients with RCC to improve management and treatment options that may prevent accelerated function failure of the single remaining kidney, especially in patients with a background of medical diseases including diabetes or hypertension.

Acknowledgements

This study was supported by the National Science, Research and Innovation Fund (NSRF); grant number R2564B002 and Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand. The authors thank Dr. Roger Timothy Callaghan, MD. for his assistance with preparing the English language.

References

1. Padala SA, Barsouk A, Thandra KC, Saginala K, Mohammed A, Vakiti A, et al. Epidemiology of Renal Cell Carcinoma. *World J Oncol* 2020;11(3):79-87.
2. Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2020. *CA: Cancer J Clin* 2020;70(1):7-30.
3. Rini BI, Campbell SC, Escudier B. Renal cell carcinoma. *Lancet* 2009;373(9669):1119-32.
4. Capitanio U, Montorsi F. Renal cancer. *Lancet* 2016;387(10021):894-906.
5. Ellis RJ. Chronic kidney disease after nephrectomy: a clinically-significant entity? *Transl Androl Urol* 2019;8(Suppl 2):S166-S74.
6. Bijol V, Mendez GP, Hurwitz S, Rennke HG, Nosé V. Evaluation of the nonneoplastic pathology in tumor nephrectomy specimens: predicting the risk of progressive renal failure. *Am J Surg Pathol* 2006;30(5):575-84.
7. Noroozinia F, Makhdooni K, Behnamfard H, Mohammadi S, Dindarian S, Bagheri M, et al. The pathological evaluation of nonneoplastic kidney disorder in tumor nephrectomy specimens. *Saudi J Kidney Dis Transpl* 2018;29(3):586-90.

8. Henriksen KJ, Meehan SM, Chang A. Non-neoplastic renal diseases are often unrecognized in adult tumor nephrectomy specimens: a review of 246 cases. *Am J Surg Pathol* 2007;31(11):1703-8.
9. Bonsib SM, Pei Y. The Non-neoplastic Kidney in Tumor Nephrectomy Specimens: What Can it Show and What is Important? *Adv Anat Pathol* 2010;17(4):235-50.
10. Corti B, Zucchini N, Fabbizio B, Martorana G, Schiavina R, Grigioni ADE, et al. Pathology and Molecular Pathogenesis of Renal Cell Carcinoma. *Eur Urol Suppl* 2006;5(8):573-9.
11. Fuhrman SA, Lasky LC, Limas C. Prognostic significance of morphologic parameters in renal cell carcinoma. *Am J Surg Pathol* 1982;6(7):655-63.
12. Petejova N, Martinek A. Renal cell carcinoma: Review of etiology, pathophysiology and risk factors. *Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky Olomouc Czech Repub* 2016;160(2):183-94.
13. Edge SB, Compton CC. The American Joint Committee on Cancer: the 7th Edition of the AJCC Cancer Staging Manual and the Future of TNM. *Ann Surg Oncol* 2010;17(6):1471-4.
14. Chow W- H, Dong LM, Devesa SS. Epidemiology and risk factors for kidney cancer. *Nat Rev Urol* 2010;7(5):245-57.
15. Streja E, Kalantar- Zadeh K, Molnar MZ, Landman J, Arah OA, Kovesdy CP. Radical versus partial nephrectomy, chronic kidney disease progression and mortality in US veterans. *Nephrol Dial Transplant* 2016;33(1):95-101.
16. Bijol V, Batal I. Non-neoplastic Pathology in Tumor Nephrectomy Specimens. *Surg Pathol Clin* 2014;7(3):291-305.
17. Salvatore SP, Cha EK, Rosoff JS, Seshan SV. Nonneoplastic renal cortical scarring at tumor nephrectomy predicts decline in kidney function. *Arch Pathol Lab Med* 2013;137(4):531-40.
18. Garcia-Roig M, Gorin MA, Parra-Herran C, Garcia-Buitrago M, Kava BR, Jorda M, et al. Pathologic evaluation of non-neoplastic renal parenchyma in partial nephrectomy specimens. *World J Urol* 2013;31(4):835-9.
19. Truong LD, Shen SS, Park MH, Krishnan B. Diagnosing nonneoplastic lesions in nephrectomy specimens. *Arch Pathol Lab Med* 2009;133(2):189-200.
20. Higgins JP, McKenney JK, Brooks JD, Argani P, Epstein JI. Recommendations for the reporting of surgically resected specimens of renal cell carcinoma: the Association of Directors of Anatomic and Surgical Pathology. *Hum Pathol* 2009;40(4):456-63.
21. Gautam G, Lifshitz D, Shikanov S, Moore JM, Eggener SE, Shalhav AL, et al. Histopathological predictors of renal function decrease after laparoscopic radical nephrectomy. *J Urol* 2010;184(5):1872-6.

บทความวิจัย (Research Article)**การเปรียบเทียบชนิดของน้ำมันในการสกัดน้ำมันไพลและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไพลด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี**

คณาทิพย์ สิงห์สาย^{1,3}, พิมพชนก จรุงจิต^{2,4} และ มาลีรักษ์ อัดตสินทอง^{2,4*}

The comparison of the oil types in Plai (*Zingiber cassumunar*) oil extraction and analysis of the chemical constituents in Plai oil by gas chromatography-mass spectrometry technique

Kanathip Singsai^{1,3}, Pimchanok Charoongchit^{2,4} and Maleeruk Utsintong^{2,4*}

¹ Division of Pharmacology, Department of Pharmaceutical Care, School of Pharmaceutical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

² Division of Pharmacy and Technology, Department of Pharmaceutical Care, School of Pharmaceutical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

³ Unit of Excellence of Pharmacological Research and Vaccine Development in Animal Models, University of Phayao, Phayao, 56000

⁴ Unit of Excellence in Herbal Medicine, University of Phayao, Phayao, 56000

* Correspondence author: pae280@yahoo.com

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 18-28.

Received: 6 October 2021; Revised: 9 May 2022; Accepted: 11 September 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบน้ำมันที่ใช้ในการสกัดน้ำมันไพลต่อชนิดและปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีซึ่งวิเคราะห์สารสำคัญของน้ำมันไพลด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี ไพลสกัดโดยวิธีการทอดด้วยน้ำมัน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าวเพื่อสกัดน้ำมันไพล บันทึกลักษณะทางกายภาพของไพลในการทอดด้วยน้ำมันชนิดต่าง ๆ ณ เวลา 0, 30 และ 60 นาที และลักษณะสีของน้ำมันไพล หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์สารสำคัญในน้ำมันไพลด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี ผลการวิเคราะห์น้ำมันไพลที่สกัดโดยใช้น้ำมันต่างชนิดกัน พบว่า ไพลที่สกัดโดยน้ำมันทุกชนิดพบสารสำคัญหลายชนิดใกล้เคียงกัน ในปริมาณที่แตกต่างกัน ได้แก่ hexanal, alpha-thujene, alpha-pinene, sabinene, beta-pinene, alpha-phellandrene, alpha-terpinene, p-cymene, alpha-limonene, beta-phellandrene, gamma-terpinene, alpha-terpinolene และ 1- isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol ซึ่งสารส่วนใหญ่ที่พบ จัดอยู่ในกลุ่ม monoterpenes จากผลการวิเคราะห์โดย GC-MS พบว่า ไพลที่สกัดได้จากน้ำมันทั้งสามชนิดให้สารที่ชื่อว่า 1- isopropyl-4-methyl-3-

¹ กลุ่มวิชาเภสัชวิทยา สาขาการบริบาลทางเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² กลุ่มวิชาเภสัชศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาการบริบาลทางเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

³ หน่วยวิจัยเพื่อความเป็นเลิศในการวิจัยด้านเภสัชวิทยาและการพัฒนายาขึ้นโดยใช้แบบจำลองสัตว์ทดลอง มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

⁴ หน่วยวิจัยเพื่อความเป็นเลิศในการวิจัยด้านยาสมุนไพร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

cyclohexen-1-ol หรือที่รู้จักกันในชื่อ terpinen-4-ol ในปริมาณที่สูงกว่าสารอื่น ๆ โดยให้ปริมาณสูงที่สุดเมื่อสกัดด้วยน้ำมันมะพร้าว ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าน้ำมันที่ใช้ในสกัดน้ำมันไพลที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณสารสำคัญในน้ำมันไพล ดังนั้น ชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการสกัดจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อชนิดและปริมาณสารสำคัญในน้ำมันไพล อย่างไรก็ตาม ยังต้องมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นประโยชน์ในการเลือกน้ำมันหรือวิธีที่เหมาะสมในการสกัดไพลเพื่อนำมาสร้างผลิตภัณฑ์สุขภาพในอนาคต

คำสำคัญ: ไพล, น้ำมันไพล, แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี

Abstract

The aims of this research were to compare the oil types in the extraction of Plai (*Zingiber cassumunar*) oil to type and content of the chemical constituents of the Plai oils, which were analyze the active substances by gas chromatography-mass spectrometry technique. Fresh Plai was extracted by frying with 3 different types of oil, including palm oil, coconut oil, and rice bran oil. The physical appearance of the piece of Plai was observed at 0, 30, and 60 minutes together with the color of Plai oil products. Subsequently, the active substances in Plai oil were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry technique. The results showed that Plai oils extracted by different types of oils contained similar active substances, including hexanal, alpha-thujene, alpha-pinene, sabinene, beta-pinene, alpha-phellandrene, alpha-terpinene, p-cymene, alpha-limonene, beta-phellandrene, gamma-terpinene, alpha-terpinolene, and 1- isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol. Most of the detected substances classified as monoterpenes. The GC-MS data inticated 1- isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol known as terpinen-4-ol, was a major component found in every extract obtain from different type of oils. Interestingly, terpine-4-ol was found in the extract obtaing from coconut oils with higher content than other types. These findings pointed out that different type of oils using for the extraction affect the content of active substances in Plai oil. Therefore, the type of oil using in extraction process is one of the factors affecting the type and content of the active substances in Plai oil. However, further investigation in other factors related to the efficiency of extraction may need to be done for designing the extraction of Plai for develop health products.

Keywords: *Zingiber cassumunar*, Plai oils, Gas Chromatograph-Mass Spectrometer

บทนำ

“ไพล” *Zingiber cassumunar* Roxb. พืชสมุนไพรล้มลุกที่จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ส่วนของไพลที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ทางยา คือ ส่วนเหง้า สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในเหง้าไพล ได้แก่ (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene (DMPBD), เคอร์คิวมิน (curcumin), สารกลุ่ม เคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids) ได้แก่ cassumunarins กลุ่มสารน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ sabinene, terpinene, terpinen-4-ol ซึ่งสารสำคัญต่าง ๆ มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ บรรเทาอาการปวด ด้านเชื้อรา แบคทีเรีย ฤทธิ์ชาเฉพาะที่

ฤทธิ์ต้านฮิสตามีน เป็นต้น ทำให้มีการนำเหง้าไพลไปใช้ทางยาอย่างหลากหลาย [1-5] ไพลเป็นหนึ่งในสมุนไพรที่รัฐบาลส่งเสริมให้มีการพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ เพิ่มศักยภาพสมุนไพรเพื่อเศรษฐกิจไทยที่ยั่งยืน เป็น Product champion แผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรไทยฯ ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2560-2564 [6] เหง้าไพลได้ถูกนำไปใช้ทั้งในทางยาและเครื่องสำอาง โดยทั่วไปการนำเหง้ามาใช้แบบสด เช่น เป็นส่วนผสมในลูกประคบ หรือบีบคั้นสดใช้บำรุงผิวพรรณ นอกจากนี้ยังมีการนำมาผ่านการแปรรูป ได้แก่ ไพลแห้ง หรือเหง้าไพลที่ถูกหั่นเป็น

ขึ้นแล้วผ่านการทำให้แห้ง ไพลผงหรือเหง้าไพลที่ถูกทำให้แห้งและผ่านการบดละเอียด การนำไพลสดมาสกัดน้ำมัน โดย การทอด หรือ การกลั่นแบบไอน้ำ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางยาอย่างหลากหลาย น้ำมันไพลจากการทอดหรือจากการกลั่นมักนำไปใช้ด้านด้านการอักเสบ บรรเทาอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ไพลเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งที่ถูกบรรจุให้ใช้อยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ บัญชียาจากสมุนไพรกลุ่มที่ 2 บัญชียาพัฒนาจากสมุนไพร กลุ่มยารักษาอาการทางกล้ามเนื้อและกระดูก ยาสำหรับใช้ภายนอก ได้แก่ ตำรับยาครีมไพล ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันไพลที่ได้จากการกลั่น ร้อยละ 14 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (v/w) [7] และ ยาน้ำมันไพล สารสกัดน้ำมันไพลที่ได้จากการทอด (hot oil extract) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ในตำรับ โดยมีข้อบ่งใช้ของทั้งสองตำรับคือ บรรเทาอาการบวม ฟกช้ำ เคล็ดขัดยอก อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์น้ำมันไพลจากบริษัทอุตสาหกรรมมักอยู่ในรูปน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากกรรมวิธีการกลั่นซึ่งน้ำมันที่ได้มีราคาสูง การเข้าถึงผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจึงเป็นไปได้ยากในกลุ่มโรงพยาบาลขนาดเล็ก และกลุ่มประชาชนทั่วไป การสกัดน้ำมันไพลที่ได้จากการทอดจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถทำได้เอง ต้นทุนต่ำ ส่งเสริมการใช้สมุนไพรในครัวเรือนและพึ่งตนเองได้

ในกรรมวิธีการทอดไพลนั้นจะใช้น้ำมันพืชเป็นตัวทำละลายและใช้ความร้อนช่วยสกัดสารสำคัญที่มีอยู่ในเหง้าไพล อย่างไรก็ตามยังไม่พบการรายงานเกี่ยวกับสารสำคัญจากสารสกัดหรือน้ำมันไพลที่ใช้ น้ำมันพืชเพื่อทอดไพลนั้นอย่างชัดเจน ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารสำคัญที่ได้จากการทอดน้ำมันไพลโดยใช้น้ำมันพืชตัวกลางที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าว ซึ่งเป็นน้ำมันที่หาได้ง่าย และมีการใช้ในการทอดไพล น้ำมันทั้งสามชนิดนั้นมีความแตกต่างกัน

ในด้านองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว โดย น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว จัดอยู่ในกลุ่มน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวปริมาณสูง ขณะที่น้ำมันรำข้าวเป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณสูง [8,9] ซึ่งอาจส่งผลต่อการสกัดสารสำคัญในเหง้าไพลได้ ในการศึกษาที่มีการควบคุมอุณหภูมิการทอด ระยะเวลาการทอด และใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS) ในการวิเคราะห์สารสำคัญ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการแสดงถึงสารสำคัญที่อยู่ในน้ำมันไพลที่ได้จากการทอด และยังมีผลต่อการเลือกใช้น้ำมันพืชในการทอดไพลให้ได้น้ำมันไพลที่มีสารสำคัญที่ต้องการในปริมาณที่มากที่สุดอีกด้วย

วัสดุและวิธีการ

1. การเปรียบเทียบผลของน้ำมันที่ใช้ในการสกัดน้ำมันไพล

การเปรียบเทียบน้ำมันในการสกัดน้ำมันไพลใช้วัสดุและอุปกรณ์ ดังนี้ เหง้าไพล น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว กระทะ เต้าไฟฟ้า ตะแกรงกรองผ้าขาวบาง เครื่องชั่ง ขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร เทอร์โมมิเตอร์ โดยทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

นำเหง้าไพลมาล้างให้สะอาด และหั่นแผ่นบางๆ นำไปชั่ง 200 กรัม เทน้ำมันพืช (น้ำมันปาล์ม หรือ น้ำมันมะพร้าว หรือน้ำมันรำข้าว) 100 มิลลิลิตร ลงกระทะ หลังจากนั้นนำไพลลงทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และคนเป็นระยะ ทอดจนครบ 1 ชั่วโมง ตักเอาชิ้นไพลออกเหลือไว้แต่น้ำมันสีเหลือง นำน้ำมันกรองด้วยผ้าขาว น้ำมันที่ได้บรรจุลงในขวด เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง สังเกต เปรียบเทียบลักษณะของน้ำมันไพลที่ได้จากการทอดด้วยน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าว

2. การหาความหนืดของน้ำมันไฟล

วัดความหนืดของน้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันรำข้าว และน้ำมันไฟลสกัดที่สกัดได้จากน้ำมันทั้ง 3 ชนิด ด้วยเครื่อง Brookfield DV-II+Pro ปริมาณ 0.5 กรัม ทำการวัดซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง ใช้ spindle No. S52 ที่ 100 rpm ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส บันทึกค่าความหนืดที่วัดได้ในหน่วย centipoint (cP)

3. การหาความหนาแน่นของน้ำมันไฟล

หาความหนาแน่นของน้ำมันไฟลโดยใช้ pycnometer ซึ่งต้องชั่งน้ำหนักของ pycnometer จากนั้นชั่งน้ำหนักของน้ำกลั่น และชั่งน้ำหนักของน้ำมันไฟลหรือของเหลวที่ต้องการศึกษา จากนั้นนำมาคำนวณหาความหนาแน่นของของเหลวจากสูตร $D = M/V$ โดย D เท่ากับความหนาแน่นของของเหลว (หน่วย kg/m^3) M เท่ากับน้ำหนักของของเหลว และ V เท่ากับปริมาตรของของเหลว

4. การวิเคราะห์น้ำมันไฟลด้วยวิธี GC-MS

การวิเคราะห์น้ำมันไฟลด้วยวิธี GC-MS [10] โดยห้องปฏิบัติการการทดสอบศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยในส่วนของ GC จะใช้เครื่องรุ่น 7890A (Agilent Technology, USA) ซึ่งใช้ระบบ headspace G1888 (Agilent Technology,

USA) ตั้งอุณหภูมิของ vial เท่ากับ 150 องศาเซลเซียส ใช้ loop temperature เท่ากับ 160 องศาเซลเซียส และ transfer line temperature เท่ากับ 170 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการวิเคราะห์แต่ละ cycle เท่ากับ 60 นาที ซึ่งตั้งค่า vial equilibration time เท่ากับ 15 นาที ค่า pressurization time และ loop fill time เท่ากับ 0.2 นาที ค่า loop equilibration time เท่ากับ 0.05 นาที และ inject time เท่ากับ 1 นาที โดยตั้งอุณหภูมิส่วนที่ฉีดสาร 250 องศาเซลเซียส ใช้คอลัมน์คือ DB-5MS 30 m $\times$ 0.25 μm film Thickness ซึ่งเป็น nonpolar phenyl arylene polymer ตั้งอัตราการไหลของก๊าซฮีเลียมเข้าคอลัมน์เป็น 1 มิลลิลิตรต่อนาที ส่วนอุณหภูมิของคอลัมน์จะตั้งโปรแกรมโดยใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 60 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที จากนั้นเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเร็ว 4 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ส่วนของ MS จะใช้เครื่องรุ่น 5975C (Agilent Technology, USA) เป็น MS quadrupole ที่ต่อกับ GC โดยตรง และอุณหภูมิของ ion source เป็น 230 องศาเซลเซียสในระบบ Electron Impact Ionization (EI) โดยให้ผลการแยกองค์ประกอบของน้ำมันเป็น Total Ion Chromatogram (TIC) ในระบบ Scan Mode ใช้ช่วงของ Mass 50 ถึง 550 AMU (Atomic Mass Unit) ประมวลผลโดยเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง W8N08 library (John Wiley & Sons, inc., USA)

ตาราง 1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันไพล

น้ำมันที่ใช้สกัด	ลักษณะทางกายภาพของไพล			ลักษณะสีของน้ำมันไพล
	เวลาที่ใช้ทอด 0 นาที	เวลาที่ใช้ทอด 30 นาที	เวลาที่ใช้ทอด 60 นาที	
น้ำมันปาล์ม				
	- ไพลมีลักษณะเป็นสีเหลือง	- ไพลมีลักษณะเป็นสีเหลืองน้ำตาล	- ไพลมีลักษณะกรอบและเป็นสีน้ำตาลเข้ม	- น้ำมันไพลมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเหลือง
น้ำมันมะพร้าว				
	- ไพลมีลักษณะเป็นสีเหลือง	- ไพลมีลักษณะเป็นสีเหลืองแก่	- ไพลมีลักษณะกรอบและเป็นสีน้ำตาล	- น้ำมันไพลมีลักษณะเป็นสีเหลือง
น้ำมันรำข้าว				
	- ไพลมีลักษณะเป็นสีเหลือง	- ไพลมีลักษณะเป็นสีเหลืองน้ำตาล	- ไพลมีลักษณะกรอบและเป็นสีน้ำตาลปนเหลือง	- น้ำมันไพลมีลักษณะเป็นสีเหลืองแก่

ผลการศึกษา

1. การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของไพลและสีของน้ำมันไพล

ลักษณะทางกายภาพของไพลในการทอดด้วยน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าว ณ เวลา 0, 30 และ 60 นาที และลักษณะสีของน้ำมันไพลที่ได้ดังตาราง 1

2. การหาความหนืดและความหนาแน่นของน้ำมันไพล

ความหนืดและความหนาแน่นของน้ำมันไพลที่สกัดได้จากน้ำมันชนิดต่างๆ แสดงดังตาราง 2 โดยน้ำมันไพลที่สกัดได้จากน้ำมันรำข้าวจะมีความหนืดสูงที่สุด รองลงมาคือน้ำมันไพลที่สกัดจากปาล์มและน้ำมันมะพร้าว ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนืดของน้ำมันที่ใช้ในการสกัด ส่วนความหนาแน่นของ

น้ำมันโพลที่สกัดจากน้ำมันมะพร้าวจะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือน้ำมันโพลที่สกัดจากปาล์มและน้ำมันรำข้าว

ตามลำดับ โดยน้ำมันปาล์มจะมีความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือน้ำมันรำข้าวและน้ำมันมะพร้าว ตามลำดับ

ตาราง 2 แสดงค่าความหนืด ความหนาแน่นของน้ำมันที่ใช้และน้ำมันโพลสกัด

ตัวอย่าง	ความหนืด (cP) Mean $\pm$ SD	ความหนาแน่น (kg/m ³)
น้ำมันปาล์ม	56.87 $\pm$ 3.73	0.95
น้ำมันมะพร้าว	41.67 $\pm$ 2.59	0.90
น้ำมันรำข้าว	67.50 $\pm$ 1.00	0.91
โพลสกัดจากน้ำมันปาล์ม	58.83 $\pm$ 0.58	0.90
โพลสกัดจากน้ำมันมะพร้าว	37.70 $\pm$ 1.00	0.92
โพลสกัดจากน้ำมันรำข้าว	88.63 $\pm$ 0.58	0.86

3. การวิเคราะห์น้ำมันโพลด้วยวิธี GC-MS

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันโพลที่สกัดโดยน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าว แสดงดังตารางที่ 3 โดยน้ำมันโพลที่สกัดโดยน้ำมันมะพร้าวมีสารสำคัญมากที่สุด คือ 1-isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol และ sabinene เช่นกัน วิเคราะห์ค่า %relative area ได้เท่ากับ 37.95 และ 21.79 ที่ retention time 13.254 และ 6.742 นาที ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าสารสกัดน้ำมันโพลจากน้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว ในน้ำมันโพลที่สกัดโดยน้ำมันปาล์ม มีสารสำคัญมากที่สุด คือ 1-isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol และ sabinene ซึ่งมีค่า %relative area เท่ากับ 29.00 และ 14.13 ตามลำดับ ส่วนน้ำมันโพลที่สกัดโดยน้ำมันรำข้าว มีสารสำคัญเป็น 1-isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol และ hexanal ซึ่งมีค่า %relative area เท่ากับ 19.07 และ 17.01 ที่ retention time ที่ 13.254 และ 3.235 นาที ตามลำดับ โดยน้ำมันโพลที่สกัดโดยน้ำมันทุกชนิดจะมีสารสำคัญที่เหมือนกัน ได้แก่ hexanal, alpha-thujene, alpha-pinene, sabinene, beta-pinene, alpha-phellandrene, alpha-terpinene, p-cymene, alpha-limonene, beta-phellandrene, gamma-terpinene, alpha-terpinolene และ 1-isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol ซึ่งสารส่วนใหญ่ที่พบ จัดอยู่ในกลุ่ม monoterpenes

นอกจากนี้ยังพบสารซึ่งไม่ทราบโครงสร้างอีกจำนวนหนึ่ง ซึ่งไม่ได้แสดงในตาราง

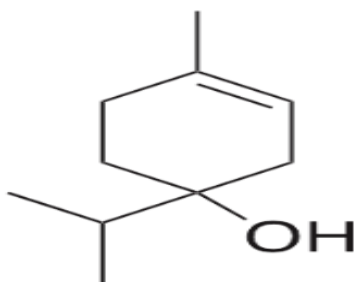
ทั้งนี้ มีสาร beta-myrcene และ Alpha-terpinyl propanoate ที่พบในโพลสกัดในน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว และพบ 1-pentanol, (E)-2-heptenal และ nonanal ในโพลที่สกัดในน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว นอกจากนี้ น้ำมันโพลที่สกัดได้จากน้ำมันปาล์ม พบสาร 3-methyl pentane, methyl cyclopentane, cyclohexane, 4-carene และ Beta-sesquiphellandrene ซึ่งสารส่วนใหญ่ที่พบนี้เป็นพวก alkane โพลที่สกัดในน้ำมันมะพร้าว พบสาร 4-methoxybenzaldehyde, 4-isopropenyl-1-methyl-cyclohexene และ methyl 2,3-dihydro-2-methylbenzofuran-4-carboxylate โพลที่สกัดในน้ำมันรำข้าว พบสาร 2-hexenal, heptanal, 2-pentylfuran, octanal, (E)-2-decanal, (E,E)-2,4-decadienal, (2E, 4E)- 2,4-decadienal และ 3,4-dimethoxybenzaldehyde ซึ่งสารส่วนใหญ่ที่พบนี้เป็นพวก aldehyde

จากผลการวิเคราะห์โดย GC-MS จะเห็นว่า น้ำมันโพลที่สกัดได้จากน้ำมันทั้งสามชนิดให้สารที่ชื่อว่า 1-isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol หรือที่รู้จักกันในชื่อ terpinen-4-ol (ดังรูป 1) ในปริมาณที่สูงกว่าสารอื่น ๆ โดยให้ปริมาณสูงที่สุดเมื่อสกัดด้วยน้ำมันมะพร้าว (ดังรูปที่ 2) ซึ่งสารนี้พบได้ใน tea tree oil ซึ่งมีฤทธิ์และมีการใช้ในทางคลินิกเป็นที่แพร่หลาย

ตาราง 3 ผล GC-MS ของน้ำมันโพลที่สกัดจากน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าว

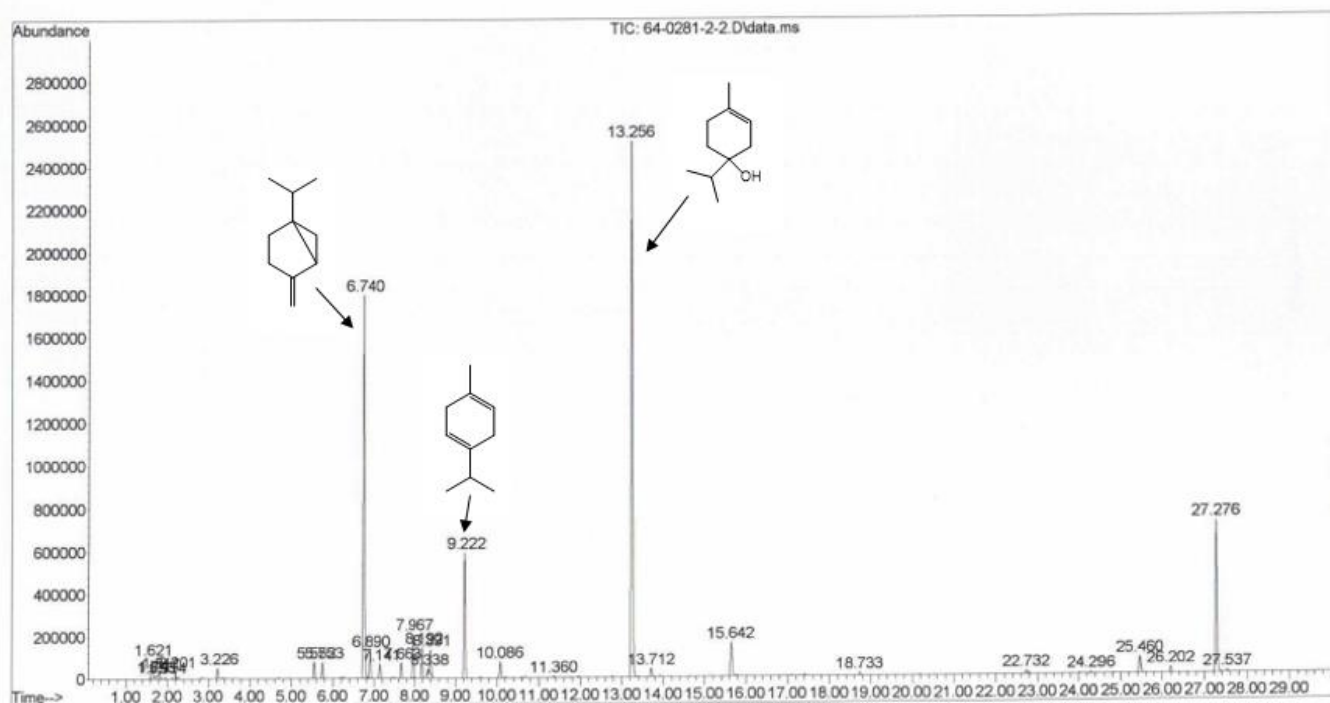
Compounds	สกัดในน้ำมันปาล์ม		สกัดในน้ำมันมะพร้าว		สกัดในน้ำมันรำข้าว	
	Retention time (minute)	% Relative area	Retention time (minute)	% Relative area	Retention time (minute)	% Relative area
3-Methyl pentane	1.793	12.33	N/A	N/A	N/A	N/A
Methyl cyclopentane	1.959	4.41	N/A	N/A	N/A	N/A
Cyclohexane	2.119	1.75	N/A	N/A	N/A	N/A
1-Pentanol	2.828	0.23	N/A	N/A	2.828	0.85
Hexanal	3.223	1.92	3.223	0.58	3.235	17.01
2-Hexenal	N/A	N/A	N/A	N/A	4.019	0.31
Heptanal	N/A	N/A	N/A	N/A	4.946	0.39
Alpha-Thujene	5.552	0.56	5.552	0.93	5.552	0.51
Alpha-pinene	5.752	0.58	5.752	0.93	5.752	0.60
(E)-2-heptenal	6.244	0.49	N/A	N/A	6.244	3.12
Sabinene	6.742	14.13	6.742	21.79	6.742	12.40
Beta-pinene	6.891	1.10	6.891	1.65	6.891	2.17
Beta-myrcene	7.148	0.69	7.143	0.82	N/A	N/A
2-Pentylfuran	N/A	N/A	N/A	N/A	7.154	1.24
Octanal	N/A	N/A	N/A	N/A	7.520	0.35
Alpha-phellandrene	7.663	0.50	7.664	0.93	7.664	0.53
Alpha-terpinene	7.967	1.52	7.967	2.66	7.967	1.44
p-Cymene	8.190	1.97	8.190	1.86	8.190	3.65
Alpha-limonene	8.339	0.29	8.339	0.49	8.339	0.32
Beta-phellandrene	8.396	1.12	8.396	1.88	8.390	0.89
Gamma-terpinene	9.220	3.65	9.220	7.83	9.220	3.37
Alpha-terpinolene	10.084	0.59	10.084	1.01	10.084	0.57
Nonanal	10.679	0.51	N/A	N/A	10.679	1.28
1-Isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol	13.254	29.00	13.254	37.95	13.254	19.07
4-Carene	13.712	0.56	N/A	N/A	N/A	N/A
Alpha-terpinyl propanoate	18.735	0.25	24.297	0.12	N/A	N/A
Beta-sesquiphellandrene	24.297	0.25	N/A	N/A	N/A	N/A
4-Methoxybenzaldehyde	N/A	N/A	15.640	2.50	N/A	N/A
4-Isopropenyl-1-methyl-cyclohexene	N/A	N/A	18.736	0.18	N/A	N/A
Methyl 2,3-dihydro-2-methylbenzofuran-4-carboxylate	N/A	N/A	26.203	0.40	N/A	N/A
(E)-2-Decanal	N/A	N/A	N/A	N/A	15.943	0.62
(E,E)-2,4-Decadienal	N/A	N/A	N/A	N/A	17.025	1.53
(2E,4E)-2,4-Decadienal	N/A	N/A	N/A	N/A	17.803	3.60
3,4-Dimethoxybenzaldehyde	N/A	N/A	N/A	N/A	22.792	0.59

หมายเหตุ: N/A คือ Not applicable



รูป 1 โครงสร้างของ terpinen-4-ol

File :D:\data\2021\June\64-0281\64-0281-2-2.D
 Operator :
 Acquired : 25 Jun 2021 13:44 using AcqMethod HS_64-0281.M
 Instrument : GCMS
 Sample Name: 64-0281-2-2
 Misc Info :
 Vial Number: 42



รูป 2 ภาพโครมาโตแกรมของสารสกัดน้ำมันไพลที่ทอดในน้ำมันมะพร้าวที่วิเคราะห์โดยเทคนิค GC-MS

วิจารณ์

การสกัดไพลนี้ด้วยวิธีการทอดในการศึกษานี้เป็นการใช้น้ำมันพืชเป็นตัวทำละลาย ซึ่งเป็นน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันเป็นสารประกอบทางเคมีที่มีขั้วต่ำ ดังนั้นน้ำมันพืชจึงสามารถสกัดสารสำคัญที่มีขั้วต่ำทั้งโมเลกุลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ทั้งสารที่ไม่ระเหยและน้ำมันหอมระเหยได้ จากการศึกษาสารสำคัญที่ได้จากการทอดไพล โดยใช้น้ำมันพืช 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าว โดยน้ำมัน

มะพร้าวมีส่วนประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวรวมมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว [8,9] จากผลการศึกษา สารสำคัญในการสกัดไพลด้วยการทอดส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่ม monoterpenes พบจากการทอดด้วยน้ำมันมะพร้าวมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันปาล์ม และ น้ำมันรำข้าว โดยมีปริมาณ monoterpenes รวมคือ ร้อยละ 80.85, 55.95 และ 37.95 ตามลำดับ โดยสาร monoterpene ที่พบมากที่สุดคือ 1- isopropyl-4- methyl-3- cyclohexen-1- ol หรือ terpinen-4- ol

รองลงมาเป็น sabinene น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูงซึ่งสามารถทนความร้อนและสลายตัวได้ยาก [8,11-14] จึงอาจสามารถยังคงปริมาณกรดไขมันซึ่งเป็นตัวที่ช่วยสกัดสารสำคัญออกมาจากเหง้าไพลได้ในที่สภาวะอุณหภูมิสูง ในขณะที่น้ำมันรำข้าวที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมากจะไม่ทนต่อความร้อน พันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเกิดการแตกออกไปด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไม่คงสภาวะเช่นเดิม [8,11] น้ำมันมะพร้าวทนต่อความร้อนสูงและทนต่อภาวะออกซิเดชันได้มากที่สุด รองลงมาคือน้ำมันปาล์ม ส่วนน้ำมันรำข้าวทนต่อความร้อนน้อยที่สุด จากการหาค่าความหนืดของน้ำมันทั้งสามชนิดพบว่า น้ำมันมะพร้าวมีความหนืดน้อยที่สุด น้ำมันปาล์มมีความหนืดมากกว่าน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าวมีความหนืดมากที่สุด ให้ผลเช่นเดียวกับในรายงานของ Agustin และคณะ [8] นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันรำข้าวที่แตกพันธะคู่ในที่อุณหภูมิสูงมีการเชื่อมต่อนั้นเป็นโพลีเมอร์ขึ้น ทำให้ความหนืดเพิ่มมากขึ้น [15] ความหนืดของน้ำมันอาจส่งผลต่อการสกัดสารสำคัญออกมาจากเหง้าไพลเนื่องจากตามหลักการย้ายมวลสาร สารที่มีความหนืดต่ำจะสามารถเคลื่อนที่ของสารได้ดีกว่าซึ่งจะสามารถสกัดออกมาได้มีประสิทธิภาพกว่าสารที่มีความหนืดสูง [8,16-18] ซึ่งส่งผลต่อการสกัดสารสำคัญออกมาจากเหง้าไพลได้

จากผลที่ได้จากการศึกษาข้างต้นพบว่า สารสำคัญที่ได้จากการทอดเหง้าไพลด้วยน้ำมันพืชทั้งสามชนิดส่วนใหญ่ได้เช่นเดียวกับเหง้าสด สารสกัดจากการกลั่นด้วยไอน้ำจากทั้งแบบเหง้าสดและแห้ง และจากการสกัดด้วยเฮกเซน[10,19] และเป็นที่น่าสนใจว่าการทอดไพลด้วยน้ำมันมะพร้าวในการศึกษานี้ให้ปริมาณสาร terpinen-4-ol ใกล้เคียงกันกับไพลที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนในการศึกษาของ Sukatta และคณะ [10] และมากกว่าที่พบในเหง้าสด [1,10,19] และการกลั่นด้วยไอน้ำจากทั้งแบบเหง้าสดและแห้ง [19] แต่พบปริมาณ sabinene ในปริมาณที่น้อยกว่า

การศึกษาที่กล่าวมา ซึ่งสารกลุ่ม monoterpenes นี้มีฤทธิ์สำคัญในการยับยั้งเชื้อรา แบคทีเรีย [20-22] ด้านการอักเสบ ด้านออกซิเดชัน [23,24] ด้านเซลล์มะเร็ง [25] นอกจากน้ำมันหอมระเหยแล้ว จากสารสำคัญที่พบในการทอดไพล ยังประกอบสารกลุ่ม cyclohexene derivatives เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่กว่าสารในน้ำมันหอมระเหย และเป็นสารที่ไม่ระเหย ดังนั้นน้ำมันมะพร้าวจึงเป็นน้ำมันพืชที่มีประสิทธิภาพในการสกัดสารสำคัญด้วยการทอดมากกว่าน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว นอกจากนี้เป็นการยืนยันผลว่าในการสกัดสารด้วยความร้อนสูงและใช้ระยะเวลานานควรใช้น้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมากกว่าน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง อย่างไรก็ตามอาจต้องมีการศึกษาด้านสมบัติทางเคมีกายภาพ ความคงตัวและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดที่ได้ เพื่อเป็นข้อมูลในด้านการนำไปใช้ประโยชน์ทางยาต่อไป

การทอดเพื่อสกัดสารสำคัญออกมาจากเหง้าไพลเป็นวิธีการที่ไม่ต้องใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือเทคโนโลยีขั้นสูง ลงทุนต่ำ วัตถุดิบหาได้โดยทั่วไป และถ่ายทอดกระบวนการให้ประชาชนทั่วไปทำได้เอง สารสกัดที่ได้จากการทอดไพลในน้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม หรือ น้ำมันรำข้าว เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS สารสำคัญที่ได้ส่วนใหญ่เป็นกลุ่ม monoterpene ซึ่งมีปริมาณ terpinen-4-ol สูงที่สุด รองลงมาคือ sabinene โดยการใช้้ำมันมะพร้าวเป็นเสมือนตัวทำละลาย ให้ปริมาณสารดังกล่าวสูงที่สุด รองลงมาคือการใช้น้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว ตามลำดับ ดังนั้นเพื่อให้ได้สารสำคัญที่ต้องการนำไปใช้ต่อไปในฤทธิ์ทางการรักษา เช่น การลดอักเสบ ด้านเชื้อแบคทีเรีย จากผลการศึกษานี้ น้ำมันมะพร้าวจึงเป็นทางเลือกที่ดีทางเลือกหนึ่งเพื่อใช้เป็นตัวกลางในการทอดที่เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยา แหล่งทุน 1 คณะ 1 ชุมชน นวัตกรรม ประจำปี 2563 (grant no.RM63007)

เอกสารอ้างอิง

1. Bua-in S, Paisooksantivatana Y. Essential oil and antioxidant activity of *Cassumunar Ginger* (Zingiberaceae: *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr.) collected from various parts of Thailand. *Kasetsart J (Nat Sci)*. 2009;43:467-75.
2. Han AR, Kim H, Piao D, Jung CH, Seo EK. Phytochemicals and Bioactivities of *Zingiber cassumunar* Roxb. *Molecules*. 2021;26(8):2377.
3. Jeenapongsa R, Yoovathaworn K, Sriwatanakul KM, Pongprayoon U, Sriwatanakul K. Anti-inflammatory activity of (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene from *Zingiber cassumunar* Roxb. *J Ethnopharmacol*. 2003;87(2-3):143-8.
4. Masuda T, Jitoe A, Mabry T J. Isolation and structure determination of cassumunarins A, B, and C: new anti-inflammatory antioxidants from a tropical ginger, *Zingiber cassumunar*. *J Am Oil Chem Soc* 1995; 72(9): 1053-7.
5. Poachanukoon O, Meesuk L, Pattanacharoenchai N, Monthanapisut P, Dechatiwongse Na Ayudhya T, Koontongkaew S. *Zingiber cassumunar* ROXB. and its active constituent inhibit MMP-9 direct activation by house dust mite allergens and MMP-9 expression in PMA-stimulated human airway epithelial cells. *Asian Pac J Allergy Immunol*. 2015;33(1):42-51.
6. Department of Thai traditional and alternative medicine, Ministry Of Public Health. National master plan On the Development of Thai Herbs, Vol. 1, 2017–2021, First Edition, Nonthaburi: TS Interprint; 2016. 200 pages.
7. National Drug System Development Board. Appendix 4 List of herbal medicines. In: Announcement of the National Drug System Development Board Re: National List of Essential Drugs B.E. 2 0 2 1 . Government Gazette, Volume 138, Special Section 165 D; 2021. P. 276-335.
8. Agustin MB, Phutdhawong W, Sengpracha W, Suvannachai N. A Survey on the Fatty Acid Composition of Commercial Palm Oil in Thailand. *KMITL Science Journal*. 2006;6(2b).
9. Giakoumis EG. Analysis of 22 vegetable oils' physico-chemical properties and fatty acid composition on a statistical basis, and correlation with the degree of unsaturation. *Renew Energy*. 2018;126(C):403-19.
10. Sukatta U, Rugthaworn P, Punjee P, Chidchenchey S, Keeratinijakal V. Chemical composition and physical properties of Oil from plai (*Zingiber cassumunar* Roxb.) obtained by hydro distillation and hexane extraction. *Kasetsart J (Nat Sci)*. 2009;43(5):212-7.
11. Che man YB, Wan Hussin WR. Comparison of the frying performance of refined, bleached and deodorized palm olein and coconut oil. *J Food Lipids*. 1998; 5:197-210.
12. Dorni C, Sharma P, Saikia G, Longvah T. Fatty acid profile of edible oils and fats consumed in India. *Food Chem*. 2018;238:9-15.
13. Mishra S, Manchanda SC. Cooking oils for heart health. *J. Preventive Cardiology*. 2012;1(3):123-31

14. Srivastava Y, Semwal AD. A study on monitoring of frying performance and oxidative stability of virgin coconut oil (VCO) during continuous/prolonged deep fat frying process using chemical and FTIR spectroscopy. *J Food Sci Technol*. 2015;52:984-91.
15. Matthäus B. Use of palm oil for frying in comparison with other high-stability oils. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2007;109:400-9.
16. Duan L, Dou LL, Guo L, Li P, Liu EH. Comprehensive evaluation of deep eutectic solvents in extraction of bioactive natural products. *ACS Sustain Chem Eng*. 2016;4:2405-11.
17. Huang H, Xu Q, Belwal T, Li L, Aalim H, Wu Q, et al. Ultrasonic impact on viscosity and extraction efficiency of polyethylene glycol: A greener approach for anthocyanins recovery from purple sweet potato. *Food Chem*. 2019;283:59-67.
18. Kar F, Arslan N. Effect of temperature and concentration on viscosity of orange peel pectin solutions and intrinsic viscosity–molecular weight relationship. *Carbohydr Polym*. 1999;40(4):277-284.
19. Bora PK, Saikia J, Kemprai P, Saikia SP, Banik D, Haldar S. Evaluation of Postharvest Drying, Key Odorants, and Phytotoxins in Plai (*Zingiber montanum*) Essential Oil. *J Agric Food Chem*. 2021;69(19):5500-9.
20. Morcia C, Malnati M, Terzi V. In vitro antifungal activity of terpinen-4-ol, eugenol, carvone, 1,8-cineole (eucalyptol) and thymol against mycotoxigenic plant pathogens. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2012;29(3):415-22.
21. Zhang Y, Feng R, Li L, Zhou X, Li Z, Jia R, et al. The Antibacterial Mechanism of Terpinen-4-ol Against *Streptococcus agalactiae*. *Curr Microbiol*. 2018;75(9):1214-20.
22. Bora H, Kamle M, Mahato DK, Tiwari P, Kumar P. Citrus Essential Oils (CEOs) and Their Applications in Food: An Overview. *Plants*. 2020; 9(3):357.
23. Su Y-C, Hsu K-P, Hua K-F, Ho C-L. Composition, in Vitro Anti-inflammatory, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oils from Leaf and Twig Parts of *Cupressus Cashmeriana*. *Nat Prod Commun*. 2015;10(8):1461-4.
24. Bayala B, Bassole IH, Scifo R, Gnoula C, Morel L, Lobaccaro JM, et al. Anticancer activity of essential oils and their chemical components - a review. *Am J Cancer Res*. 2014;4(6):591-607.

บทความวิจัย (Research Article)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นสกัด จากใบผักฮ้วน ใบผักเชียงดา และใบย่านาง วัดโดยวิธี ดีพีพีเอช และการผลิตสารสกัดแห้ง

จินตนา สุวรรณmani^{1*}, ศุภชัย ศรีธีวงศ์¹, ปภากรณ์ สุทธิภาสศิลป์¹, จีรภา ง่วนหอม¹ และ อัจฉรา ใจดี²The antioxidant ability of juice extracts from *Dregea*, *Gymnema*, and *Tiliacora* leaves by DPPH assay and the production of dry extractsJintana Suwanmanee^{1*}, Suppachai Sritiwong¹, Paphakorn suthiphasilp¹, Jeerapa Nguanhom¹ and Atchara Jaidee²¹ Department of Agricultural Technology and Development, Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50330² Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University, Kamphaeng Phet, 62000

*Corresponding author: jintana_suw@cmru.ac.th

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 29-40.

Received; 6 October 2021; Revised: 14 December 2022; Accepted: 14 December 2022

บทคัดย่อ

สารต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งธรรมชาติซึ่งผ่านการสกัดโดยไม่ใช้สารเคมีเป็นสิ่งที่ปลอดภัยต่อสุขภาพในการนำมาใช้ การทดลองมีวัตถุประสงค์ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชในสารสกัดน้ำคั้นจากใบผักฮ้วน 3 ชนิด คือใบผักฮ้วน ผักเชียงดา และผักย่านาง เก็บจากพื้นที่ต่าง ๆ ในจังหวัดเชียงใหม่ 4 ตำบลใช้แผนการทดลองแบบ สุ่ม ในบล็อก ประกอบด้วย 3 ทรีทเมนต์และ 4 บล็อก การสกัดใช้วิธีนำใบพืชสดมาบดให้ละเอียด แล้วบีบคั้นในกระบอก ด้วยแม่แรงไฮดรอลิค เอาเฉพาะส่วนน้ำไปทดสอบค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยสารดีพีพีเอช โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผลการทดลองพบว่าได้ปริมาณน้ำคั้นสกัด 35.28, 33.88 และ 32.28 % ของใบสด ตามลำดับ และได้สารสกัดแห้ง 3.04, 2.90 และ 2.30 % ของใบสดตามลำดับ น้ำคั้นจากใบผักฮ้วนมีค่าการต้านอนุมูลอิสระ 78.16% ซึ่งสูงกว่าค่าที่วัดได้จากใบผักเชียงดา (73.59%) และใบย่านาง (47.18%) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ค่าการต้านอนุมูลอิสระของใบผักเชียงดาก็สูงกว่าใบย่านาง ($p < 0.05$) เช่นกัน การทำสารสกัดแห้งใช้แป้งมันสำปะหลังดูดซับแล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สารสกัดแห้งจากใบผักฮ้วนมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระเป็นค่า IC_{50} ได้เท่ากับ 6.62 mg/ml มีโปรตีน 4.49 % และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 3.19 Mcal/kg สารสกัดใบผักฮ้วนในรูปแห้งจึงมีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ และพลังงานเสริมในอาหารสัตว์

คำสำคัญ: การต้านอนุมูลอิสระ, น้ำคั้นใบผักฮ้วน, ใบผักเชียงดา, ใบย่านาง, สารสกัดแห้งใช้ในสัตว์

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีและพัฒนากาเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50330² โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร 62000

Abstract

The natural products for producing antioxidant under non chemical extraction are safe for using. The experiment designed to measure the antioxidant ability (DPPH-RSA) in juice extracts of 3 different local plants leaves; Pak Huen (*Dragea*), Pak Chiengda (*Gymnema*) and Pak Yanang (*Tiliacora*). Samples were collected from 4 different districts in Chiangmai province. The randomized complete block design consisted of 3 treatments and 4 blocks was used. The extraction started by chopping and grinding fresh leaves. The wet ground leaves were pressed in a cylinder with the hydraulic jack and collected the juices. The test solutions were measured with spectrophotometer after mixed with DPPH. As results, juice yield were 35.28, 33.88 and 32.28 percent of fresh leaves respectively, and dry extracts were 3.04, 2.90 and 2.30 percent respectively. The calculated RSA value showed significance result. *Dragea* had the highest RSA at 78.16% which was higher ($p<0.05$) than *Gymnema* (73.59%) and *Tiliacora* (47.18%). The difference between *Gymnema* and *Tiliacora* was also significant ($p<0.05$). Dry extracts can be prepared by using Cassava starch as the absorbant and dried at 60 °C in the oven. Dry extract of *Dragea* (Pak Huen) leaves had 6.62 mg/ml IC_{50} , 4.49 % crude protein, and 3.19 Mcal/kg Metabolizable energy. It can be used as sources of antioxidant and energy in animal feed.

Keyword: Antioxidant ability, *Dragea*, *Gymnema*, *Tiliacora*, leaves juices, Dry extract for animal use

บทนำ

พืชพื้นบ้านซึ่งพบทั่วไปในท้องถิ่นที่มีสรรพคุณด้านสมุนไพร และสามารถนำมาทำเป็นอาหารของคนไทยทางภาคเหนือ คือ ผักฮ้วน ผักเชียงดา และย่านาง เนื่องจากพืชเหล่านี้มีลักษณะเป็นไม้เถา และปีนป่าย มีความทนทานต่อโรคและแมลงตลอดจนมีใบใหญ่ และหนา การใช้ใบแก่ที่เลเยาะะบรีโภคจะทำให้เพิ่มมูลค่าการเก็บเกี่ยวมากขึ้น โดยมีการนำมาสกัดเอาเฉพาะส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์ และแยกเอากากทิ้ง ทำให้ได้สารสกัดที่เข้มข้นขึ้นมีส่วนประกอบทางเคมีโดยเฉพาะโปรตีน วิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆ ซึ่งมีความสะดวกต่อการนำมาใช้ อย่างไรก็ดีในการเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์เพื่อความปลอดภัยในการบริโภคจะหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต ดังนั้นวิธีการสกัดอย่างง่ายโดยการบดสับใบ โดยคั้นเอาเฉพาะส่วนน้ำ ใช้กรรมวิธีผลิตอย่างง่ายทำสารสกัดแห้ง และอาศัยตัวดูดซับซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำสกัด โดยไม่ลดคุณค่าทางโภชนาการ ตัวผลิตภัณฑ์สามารถใช้เสริมในอาหารสัตว์ได้ จะเป็นทางเลือกในการผลิตอาหารซึ่งปลอดภัยต่อสุขภาพ โดยเฉพาะการผลิตระดับชุมชนในท้องถิ่น

การวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดีพีพีเอช [1] ซึ่งใช้วัดการต้านการเกิดอนุมูลอิสระโดยรวมทั้งจากสารต้านอนุมูลที่ละลายในน้ำ และละลายในไขมัน โดยนำสารที่ต้องการวัดมาละลายในแอลกอฮอล์ และวัดความสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging activity) โดยใช้เครื่อง spectrophotometer และนำค่าที่ได้มาคำนวณซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี จะแสดงค่านี้สูงไปด้วย สำหรับสารสกัดในรูปแห้งนิยมวัดปริมาณที่ละลายในแอลกอฮอล์ ซึ่งสามารถห้ามการออกซิไดซ์ 50% หรือ IC_{50} โดยสารที่ดี จะมีค่านี้ต่ำ โดยวัดเทียบกับสารมาตรฐาน เช่น BHT [2]

ผักฮ้วน หรือกระทุงหมาบ้า มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Dregea volubilis* (L.f.) Benth. ex Hook.f. ผักฮ้วนเป็นไม้เลื้อย ที่ขึ้นพันต้นไม้ชนิดอื่น พบได้ในอินเดีย จีนตอนใต้ ไต้หวัน ภูมิภาคอินโดจีน และฟิลิปปินส์ ในประเทศไทยพบขึ้นเป็นพันธุ์ไม้ป่า ทั่วทุกภาคของประเทศ และถูกนำมาปลูกกันแพร่หลายในบางท้องที่ เช่น ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อการบริโภค ลักษณะผักฮ้วนเป็นพรรณไม้เลื้อยเนื้อแข็ง ยาวได้ถึง 10 เมตร เถาจะพาดพันตามต้นไม้ใหญ่ ใบผักฮ้วนเป็นแบบใบเดี่ยว ออกเรียงตรงข้าม ลักษณะของใบเป็นรูปไข่หรือเกือบกลม ปลายใบแหลมหรือ

ยาวรี โคนใบมน หรือเว้าหรือป้าน ใบมีขนาดกว้างประมาณ 5-10 เซนติเมตร และยาวประมาณ 7.5-15 เซนติเมตร แผ่นใบค่อนข้างหนา หลังใบเป็นสีเขียวเข้ม ส่วนท้องใบมีสีเขียวอ่อนกว่า ใบมีรสติดขม คุณสมบัติ

ทางพืชสมุนไพรใช้เป็นยาแก้แผลที่ถูกน้ำร้อนลวก แก้กวม แก้ฝี แก้ฝีภายใน แก้พิษต่าง ๆ การใช้ภายนอกให้นำใบสดมาตำให้ละเอียดแล้วใช้ทาบริเวณที่เป็นแผลหรือใช้พอกฝีและบริเวณที่อักเสบ [3], [4]



รูป 1 ใบพืช 3 ชนิด: 1 = ฝักฉั่วน (*Dragea volubilis*), 2 = ฝักเชียงดา (*Gymnema inodorum*), 3 = ฝักย่านาง (*Tiliacora triandra*)

ฝักเชียงดา มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Gymnema inodorum* (Lour.) Decne. จัดอยู่ในวงศ์ตีนเป็ด (Apocynaceae) มีชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ เช่น ฝักแข้งดา เครือจันทน์ เป็นต้น ฝักเชียงดาเป็นพืชที่พบได้ในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เช่น อินเดีย พม่า ศรีลังกา และทางภาคเหนือของไทย ลักษณะของฝักเชียงดาเป็นไม้เถาเลื้อย ลำต้นเป็นสีเขียว ทุกส่วนที่อยู่เหนือดินของต้นจะมีน้ำยางสีขาวคล้ายน้ำมัน ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ดและวิธีการปักชำ เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วน ระบายน้ำดี เป็นผักพื้นบ้านที่นิยมปลูกไว้หน้าบ้านเพื่อนำยอดไปประกอบอาหาร ใบฝักเชียงดา ลักษณะเป็นใบเดี่ยว ออกจากข้อเรียงเป็นคู่ตรงข้ามกัน ลักษณะของใบเป็นรูปรีหรือรูปกลมรี ปลายใบแหลม โคนใบแหลม ส่วนขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย ใบมีขนาดกว้างประมาณ 9-11 เซนติเมตร และยาวประมาณ 14.5-18.5 เซนติเมตร แผ่นใบเป็นสีเขียวเข้ม ท้องใบมีสีอ่อนกว่า ผิวใบเรียบไม่มีขน ก้านใบยาว

ประมาณ 3.5-6 เซนติเมตร [5] คุณสมบัติทางพืชสมุนไพรใช้ลดน้ำตาลในเลือด ลดความดัน ลดไขมันในเลือด ช่วยขับปัสสาวะ ฝักเชียงดามีสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะวิตามินอีค่อนข้างสูง

ฝักย่านาง มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Tiliacora triandra* Diels. จัดอยู่ในวงศ์บอระเพ็ด (Menispermaceae) ชื่ออื่นเช่น จ้อยนาง เถาย่านาง เป็นเถาไม้เลื้อย เกี่ยวพันกับต้นไม้อื่น ฝักย่านาง พบที่อินเดีย พม่า ภูมิภาคอินโดจีน และคาบสมุทรมลายู ในไทยพบแทบทุกภาค ฝักย่านางมีวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิดเช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินซี ธาตุแคลเซียม ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก มีรงควัตถุเช่นเบต้าแคโรทีนในปริมาณค่อนข้างสูง คุณสมบัติทางสมุนไพรมีสรรพคุณถอนพิษ แก้ไข้ แก้เบื่อเมา เป็นยาอายุวัฒนะ และมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ช่วยรักษาเนื้องอก รักษาโรคความดันโลหิตสูง ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ บำรุงรักษาดับและไต

ตาราง 1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม ของผักฮ้วน ผักเชียงดา และผักย่านาง

	<i>Dregea</i>	<i>Gymnema</i>	<i>Tiliacora</i>
Energy (cal)	56	60	95
Protein (g)	5.2	5.4	15
Fat (g)	2.3	1.5	1.3
Carbohydrate (g)	6.9	6.2	-
Fiber (g)	-	2.5	7.9
Ash (g)	1.7	1.6	8.5
Vitamin A (I.U.)	266	5,905	30,625
Vitamin B (mg)	0.14	-	0.03
Vitamin B 2 (mg)	0.24	0.32	0.36
Vitamin B 3 (mg)	1.0	1	1.4
	<i>Dregea</i>	<i>Gymnema</i>	<i>Tiliacora</i>
Vitamin C (mg)	351	153	141
Calcium (g)	104	78	1.42
Iron (mg)	1.8	2.3	7.0
Phosphorus (mg)	90	0.98	0.24

ที่มา : [4], [5], [6]

ค่าการต้านสารอนุมูลอิสระของใบพืชทั้ง 3 ชนิด และวัดโดยวิธีการต่างๆ พบว่าผักฮ้วนเมื่อใช้วิธี beta carotene bleaching [7] พบว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระในระดับสูงมากกว่า 100 มิลลิกรัม ของสาร BHA เปรียบเทียบต่อน้ำหนักสด 100 กรัม [8] สำหรับวิธีการสกัดนั้นพบว่าการสกัดใบย่านางโดยใช้เมทานอล สามารถทำให้สารอนุมูลอิสระลดลง 50% (IC₅₀) เท่ากับ 42.0 mg/ml [9]

การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระอย่างง่ายโดยวิธีดัดสับและบีบคั้นน้ำ ศึกษาปริมาณสารสกัดที่ได้ ค่าการต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช ของน้ำคั้นสกัดจากใบผักฮ้วน ผักเชียงดา และผักย่านาง รวมทั้งอิทธิพลของพื้นที่ปลูกที่มีต่อค่าการต้านอนุมูลอิสระในน้ำคั้นสกัดแต่ละชนิด ตลอดจนศึกษาวิธีการผลิตสารสกัดแห้งโดยใช้สารดูดซับและอบแห้ง และผลต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระรวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการต่อสัตว์ของสารสกัดแห้ง

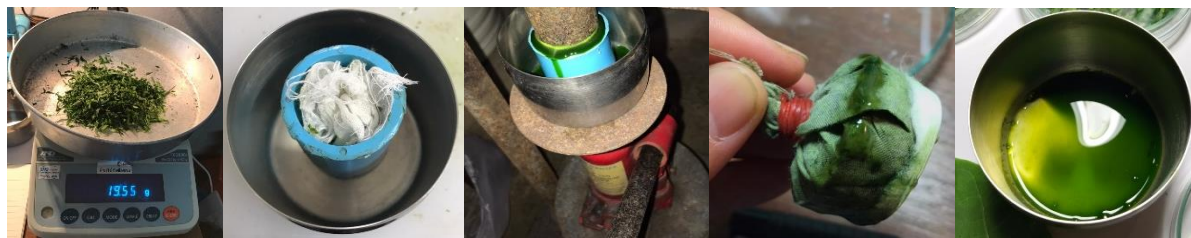
วัสดุและวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างพืช

ใช้ใบพืชสดเก็บจากต้นที่โตเต็มที่แล้ว ลักษณะใบแก่เกินระยะเพสลาด โดยเลือกใบที่สมบูรณ์ และมีขนาดสม่ำเสมอ มีพื้นที่ใบไม่แตกต่างกันภายในพืชแต่ละชนิด โดยเก็บครั้งละ 100 ใบ โดยวิธีสุ่มเก็บรวบรวมและรักษาในสภาพสดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อบรรเทาไปสกัดต่อไป

การสกัดโดยวิธีคั้นน้ำ

ใช้ใบพืชปริมาณ 10 กรัม นำมาหั่น สับบดและตำให้ละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำมาห่อด้วยผ้าฝ้ายดิบพร้อมมัดจุกด้วยยางรัดและอัดด้วยแม่แรงไฮดรอลิกที่แรงดัน 340 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ภายในกระบอกพีวีซีที่เจาะรูระบายน้ำออกออกไว้ด้านล่าง ได้นำน้ำสกัดลักษณะสีเขียวเข้มทำการชั่งน้ำหนักที่ได้ และนำไปวิเคราะห์ค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอชของสารสกัดสด สำหรับการทำให้แห้ง นำน้ำคั้นสกัดผสมเบงมันสำปะหลังปริมาณ 2 กรัมเพื่อดูดซับ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักสารที่ได้ หักกลบน้ำหนักเบงมันได้น้ำหนักสารสกัดแห้ง



รูป 2 แสดงกระบวนการคั้นน้ำจากใบผักสามชนิดด้วยแม่แรงไฮดรอลิก

การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ดีพีพีเอช

สารสกัดสด

ผสมตัวอย่างน้ำสกัดกับเอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้น้ำสกัด 12.5 มิลลิตรต่อแอลกอฮอล์ 100 มิลลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 250 มิลลิตร แล้วนำไปเขย่าโดยใช้เครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วกรองเอาแต่ส่วนของเหลว เพื่อนำไปทดสอบค่าการต้านอนุมูลอิสระในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ระดับการต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity [1] เตรียมสารละลายมาตรฐาน DPPH ความเข้มข้น 6×10^{-5} M. ใน absolute ethanol ซึ่ง DPPH มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระที่ค่อนข้างเสถียรชนิดหนึ่ง เมื่อเตรียมเป็นสารละลายจะมีสีม่วงใช้เป็นสารทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อดีพีพีเอชทำปฏิกิริยากับสารสกัดจากพืช ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

การตรวจวัดสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเชิงปริมาณ เตรียมสารละลายเพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสง ได้แก่ สารละลาย control สารละลายมาตรฐาน DPPH (1:1) สารละลายมาตรฐาน BHT และสารละลายตัวอย่างพืช เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายแต่ละความเข้มข้นที่ได้ ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm โดยในแต่ละชุดจะทำซ้ำ 3 ซ้ำ

การคำนวณความสามารถฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

คำนวณ % Radical Scavenging Activity (เปอร์เซ็นต์การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ)

ตั้งสูตร % Radical Scavenging Activity = $[(AB - AA) / AB] \times 100$

เมื่อ AA = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารตัวอย่างผสมกับดีพีพีเอช

AB = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลายดีพีพีเอช

สารสกัดแห้ง

นำสารสกัดแห้งจากใบพืชทั้ง 3 ชนิด มาวัดองค์ประกอบเชิงคุณภาพ เช่น สี สารพฤษเคมีพื้นฐาน โดยดัดแปลงวิธีการจาก [10] และตรวจสอบสาร phenol, flavonoid, tannin, condense tannin, hydrolysable tannin, xanthoprotein และ saponins

เลือกสารสกัดชนิดที่ดีที่สุดเพียง 1 ชนิด นำมาผสมกับเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % ในอัตราส่วนต่าง ๆ ทำลักษณะเดียวกับสารเทียบมาตรฐาน BHT (butylated hydroxytoluene) และแบ่งมันสำปะหลัง ทดสอบการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธีเดียวกับสารสกัดสด นำค่าการต้านอนุมูลอิสระที่ได้มาสร้างกราฟกับค่าความเข้มข้นที่ใช้ โดยใช้สมการรีเกรซชันที่ได้มาคำนวณค่า IC_{50} โดยแต่ละชุดจะทำ 3 ซ้ำ ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีโดยวิธี proximate analysis [11] ของสารสกัดแห้งชนิดที่ผ่านการคัดเลือก เทียบกับแบ่งมันสำปะหลัง และใช้สมการรีเกรซชัน [12] คำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสัตว์ปีก (Metabolizable Energy, ME poultry) จากค่าวัตถุดิบแห้ง ถั่วถั่ว และเยื่อใย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อก (Randomized block design) ประกอบด้วย 3 ทรีทเมนต์ซึ่งได้แก่ชนิดของพืชได้แก่ ผักฮ้วน ผักเชียงดา และผักย่านาง เก็บตัวอย่างจากพื้นที่ต่างกัน 4 อำเภอ คืออำเภอพร้าว ฝาง แม่ริมและแม่แตง (4 บล็อก) รวมทั้งสิ้น 12 หน่วยทดลอง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ตัวแปรตามเช่น ค่า DPPH-RSA เพื่อเป็นการเปรียบเทียบวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของตัวแปรตามโดยใช้วิธีวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ หากมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างพืชแต่ละชนิดโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป PASW statistic 18 สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01

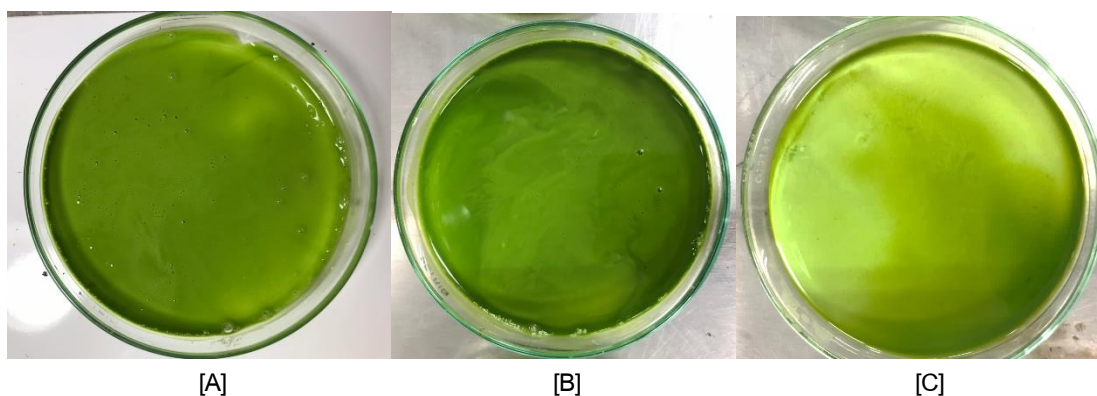
ผลการศึกษา

การบีบสกัดน้ำจากใบพืช และปริมาณที่ได้

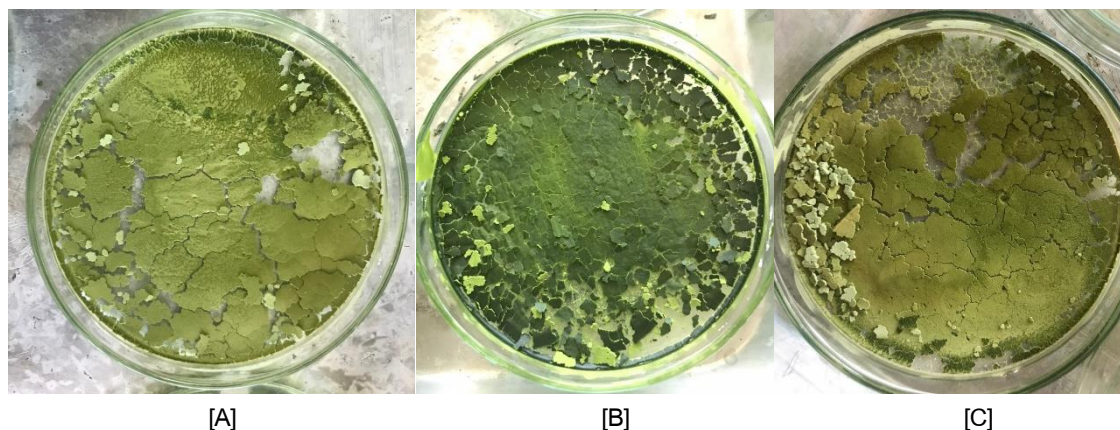
การใช้ใบพืชทั้ง 3 ชนิดคือผักฮ้วน ผักเชียงดา และ ผักย่านาง ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันคือมีวัตถุแห้ง 17.57, 28.01 และ 30.21 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงใน ตาราง 2 โดยใบผักฮ้วนมีขนาดใหญ่ และอวบน้ำที่สุด รองลงมาคือใบผักเชียงดา และใบย่านางมีขนาดเล็ก และอวบน้ำน้อย ทำให้ความยากง่ายในการบดสับเป็นไปตามคุณสมบัติทางกายภาพ ปริมาณน้ำคั้นจากใบพืชแต่ละชนิดที่ได้คือ 35.28, 33.88 และ 32.28 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การทำให้น้ำสกัดแห้งโดยผสมแป้งมันสำปะหลังเพื่อเป็นตัวยึด และอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าได้สารสกัดแห้งซึ่งมีสีคล้ายคลึงกับน้ำคั้นสดดังรูป 4 และมีปริมาณ 3.04, 2.90 และ 2.30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณวัตถุแห้ง น้ำคั้นสกัด และสารสกัดแห้ง จากใบพืช 3 ชนิด

	Dry matter (%)	Extract juice (%)	Dry extract (%)
Pak Huen (<i>Dregea volubilis</i>)	17.57	35.28	3.04
Pak Chiengda (<i>Gymnema inodorum</i>)	28.01	33.88	2.90
Pak Yanang (<i>Tiliacora triandra</i>)	30.21	32.28	2.30



รูป 3 น้ำคั้นสกัดจากพืชสามชนิด: *Dregea volubilis* [A], *Gymnema inodorum* [B], *Tiliacora triandra* [C]



รูป 4 สารสกัดแห้งจากพืชสามชนิด: *Dregea volubilis* [A], *Gymnema inodorum* [B], *Tiliacora triandra* [C]

การวิเคราะห์ระดับการต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นจากใบพืชสด

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging

activity ใช้สารสกัดมาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยทำปฏิกิริยากับดีพีพีเอช จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ได้ผลดังตาราง 3

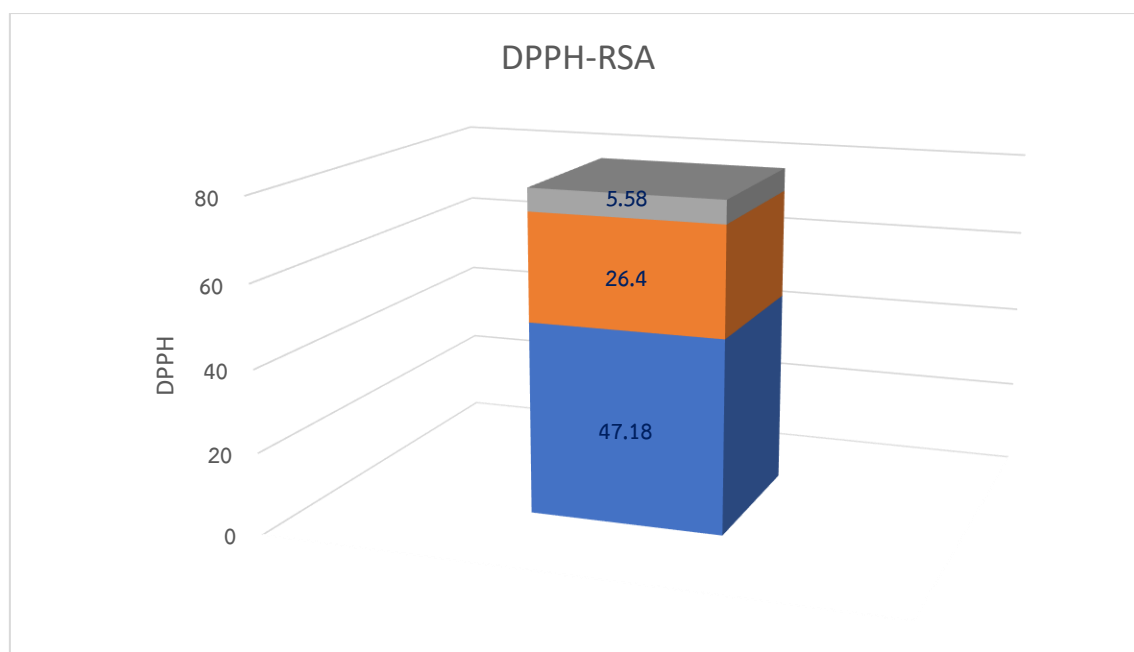
ตาราง 3 เปอร์เซนต์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH-RSA) ในพืช 3 ชนิด (Mean $\pm$ SD, N=5)

Sample	Common name (thai)	DPPH-RSA
<i>Dregea volubilis</i>	Pak Huen	78.16 $\pm$ 1.70 ^a
<i>Gymnema inodorum</i>	Pak Chiengda	73.59 $\pm$ 0.63 ^b
<i>Tiliacora triandra</i>	Pak Yanang	47.18 $\pm$ 1.67 ^c
SEM		0.908

^{a b c} Means in the same column with different superscripts differ significantly.

ผลการทดลอง จาก ตารางที่ 3 พบว่าน้ำคั้นจากใบผักฮ้วน ใบเชียงดา และใบย่านาง มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ 78.16 ,73.59 และ 47.18 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยน้ำคั้นใบผักฮ้วนมีค่าการต้านอนุมูล

อิสระดีพีพีเอช สูงสุด คือมีระดับสูงกว่าใบเชียงดา 5.58 และใบย่านาง 31.98 หน่วยเปอร์เซนต์ตามลำดับ ดังแสดงในรูป 5 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นใบผักเชียงดา และใบย่านาง ก็มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกัน



รูป 5 กราฟเชิงซ้อนแสดงความเหนียวของการต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นสกัดจากพืช 3 ชนิด: เทา+ ส้ม+ น้ำเงิน *Dregea volubilis*; ส้ม+ น้ำเงิน *Gymnema inodorum*; น้ำเงิน *Tiliacora triandra*

การเก็บตัวอย่างพืชทดลองทั้ง 3 ชนิดจากแหล่งที่แตกต่างกัน 4 ตำบล ดังผลใน ตาราง 4 พบว่าค่าเฉลี่ยระดับการต้านอนุมูลอิสระของพืชเป็นรายชนิด

เก็บจากต่างสถานที่กันไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยพืชทั้งหมดปลูกบนพื้นที่ราบซึ่งเป็นดินตามธรรมชาติ ไม่มีการใส่ปุ๋ย ให้น้ำ ใช้สารเคมีหรือสารเร่งใด ๆ

ตาราง 4 เปอร์เซ็นต์ DPPH-RSA ในใบพืชสามชนิดเก็บจากแหล่งต่างกัน 4 แห่งในจังหวัดเชียงใหม่

Sample	Phrao	Fang	Mae Rim	Mae Taeng	Mean	SEM
<i>Dregea volubilis</i>	76.44	77.59	79.45	79.17	78.16	0.61
<i>Gymnema inodorum</i>	74.39	73.17	73.63	73.17	73.59	0.25
<i>Tiliacora triandra</i>	48.63	47.1	46.04	46.95	47.18	0.46

SEM, standard error of mean

สารพฤษเคมีพื้นฐานในสารสกัดแห้งของใบพืช

เมื่อนำสารสกัดแห้งของใบพืชทั้งสามชนิดคือ ใบผักฮ้วน เชียงดา และย่านาง มาละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ สารละลายจะมีลักษณะเป็นสีเขียว เมื่อคิตะแนนสเกล 0-5 พบว่าผักเชียงดาจะให้สีเขียวยเข้มมากที่สุด รองลงมาคือใบผักฮ้วน และใบย่านางตามลำดับ ดังตารางที่ 5 เมื่อใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐาน

สำหรับการผสมสีมาตรฐานเทียบจะเห็นว่าผักฮ้วนอยู่ในโทนสีน้ำเงิน 60.6% เหลือง 36.4% และสีดำ 3.0% และมีสีโทนค่าน้อยกว่าผักเชียงดาซึ่งมีสีเขียวยเข้มมากที่สุดในสารสกัดใบพืชทั้งสามชนิดพบ phenol ทั้งหมด แต่ไม่พบ flavonoid และ condense tannin โดยสารสกัดใบผักฮ้วนตรวจพบสาร tannin, hydrolysable tannin, xanthoprotein และ saponins ส่วนสารสกัดใบเชียงดานั้นตรวจไม่พบ saponins

ตาราง 5 ลักษณะสีของสารสกัดแช่ในแอลกอฮอล์ และองค์ประกอบทางพฤกษเคมี ของสารสกัดแห้งของพืช 3 ชนิด

	<i>Dregea volubilis</i>	<i>Gymnema inodorum</i>	<i>Tiliacora triandra</i>
Green Score of juice (0-5)	3	5	2
Color tone			
- Blue (%)	60.6	45.4	62.5
- Yellow (%)	36.4	27.3	37.5
- Black (%)	3.0	27.3	0
Phytochemical test of dry extracts*			
Phenols	+	+	+
Flavonoid	-	-	-
Tannin (gelatin)	+	+	-
Condense tannin	-	-	-
Hydrolysable tannin	+	+	+
Xanthoproteins	+	+	-
Saponins	+	-	+

*Procedure adapted from [10], + = presence, - = absence

ส่วนประกอบทางโภชนา และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบพืชชนิดแห้ง

จากการที่น้ำสกัดจากใบผักฮ้วนสามารถนำมาผลิตสารสกัดแห้งได้ปริมาณมากกว่าชนิดอื่น และยังแสดงค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชนิดอื่นเช่นกัน ดังตาราง 2 และ 3 จึงมีศักยภาพในการนำไปใช้สูงกว่าชนิดอื่น โดยที่สารดูดซับที่ใช้คือแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตชนิดละลายน้ำ (NFE)

สูงถึง 93.88% มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในสัตว์ปีก (ME) 3.67 Mcal/kg ดังตาราง 6 เพราะผลิตมาจากมันสำปะหลังซึ่งใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์โดยทั่วไป เมื่อนำมาดูดซับน้ำคั้นและทำให้แห้งแล้วพบว่า มี NFE ลดลงมาอยู่ที่ 77.68% และมีพลังงาน ME ลดลงมาเป็น 3.19 Mcal/kg แต่มีโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 4.49 % สารสกัดใบผักฮ้วนแห้งจึงสามารถเป็นแหล่งของพลังงานในอาหารสัตว์ได้อีกทางหนึ่ง นอกเหนือจากฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ตาราง 5 ส่วนประกอบทางเคมีของสารสกัดแห้งจากใบผักฮ้วน และแป้งมันสำปะหลัง

	<i>Dregea volubilis</i> extract	Cassava Starch
Dry Matter (%)	88.5	95.53
Crude Protein (%)	4.49	0.29
Ether Extract (%)	0.02	0.07
Crude Fiber (%)	0.54	0.46
Ash (%)	5.82	0.83
Nitrogen Free Extracts (%)	77.68	93.88
Digestible energy (Mcal/kg)	3.19*	3.67*

*Calculated value from equation [12]

การวัดค่าการต้านอนุมูลอิสระคิดเป็นค่า IC_{50} ของแป้งมันสำปะหลังนั้นไม่สามารถทำได้เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังไม่ทำให้สีของสารละลายดีพีพีเอชเปลี่ยนแปลงจากสีม่วงอ่อนตามปกติในทุกช่วงความเข้มข้น แสดงว่าสามารถใช้เป็นตัวดูดซับได้ดีโดยไม่ทำ

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารสกัดใบผักฮ้วนชนิดแห้งเมื่อนำไปแช่ในเอทิลแอลกอฮอล์ และนำมาหาค่า IC_{50} ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่ามีค่าเท่ากับ 6.62 mg/ml โดยวัดค่า IC_{50} ของสารมาตรฐาน BHT ได้เท่ากับ 0.061 mg/ml

ตาราง 6 ค่าการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบผักฮ้วนในรูปแบบแห้ง และตัวอย่างมาตรฐาน BHT

	IC_{50} (mg/ml)
Dry <i>Dregea volubilis</i> extract	6.62
BHT	0.061
Cassava Starch	Unmeasurable

วิจารณ์

การสกัดน้ำคั้นจากใบพืชและปริมาณน้ำคั้นสกัด

ความยากง่ายในการสกัดและปริมาณน้ำคั้นที่ได้จากพืชแต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของใบพืช โดยพบว่าใบผักฮ้วนสามารถเก็บผลผลิตได้มากกว่าต่อต้น การปลูกไม่ต้องการเอาใจใส่ดูแล ผลัดใบใหม่รวดเร็ว และใบมีรสชาติดิบจึงทนทานต่อแมลง การนำมาบดสับค่อนข้างง่ายกว่าชนิดอื่น ตลอดจนสามารถเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้นานกว่าใบพืชชนิดอื่นที่เก็บพร้อมกัน เมื่อนำมาบดสับ พบว่าใบผักฮ้วนจะมีลักษณะเป็นวันหนืดกว่าอีกสองชนิดอาจเนื่องจากมีสาร saponin ดังตาราง 5 ในขณะที่ใบผักเชียงดา และใบย่านางจะมีลักษณะเป็นก้อนนุ่มตามปกติและค่อนข้างมีกากมากกว่า แต่เมื่อทำโดยบีบคั้นผ่านผ้ากรอง พบว่าลักษณะหนืดในผักฮ้วนนั้นหมดไป ซึ่งเป็นเพราะส่วนที่หนืดนั้นติดกับกากและตะกอนที่ทิ้งไป จึงได้น้ำคั้นที่ไม่แตกต่างกับพืชอีกสองชนิด ในส่วนของสีน้ำคั้นจากใบพืชทั้งสามชนิดมีสีเขียวเข้มซึ่งน้ำผักเชียงดามีสีเขียวเข้มที่สุด รองลงมาคือน้ำใบผักฮ้วน เนื่องจากใบและน้ำคั้นจากใบมีเจดสีดำนากกว่า ในขณะที่น้ำใบย่านางมีสีจางเพราะไม่มีเจดสีดำ และเป็นไปตามลักษณะภายนอกของใบสดที่มีสีเขียวเข้มลดหลั่นกันมาตามลำดับเช่นกัน

ปริมาณน้ำคั้นสกัดที่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในใบพืชแต่ละชนิด โดยใบผักฮ้วนซึ่งมีน้ำมากที่สุดจะได้ปริมาณน้ำคั้นสกัดมากที่สุดเช่นเดียวกัน ตลอดจนปริมาณน้ำคั้นสกัดที่ได้จะสัมพันธ์กับปริมาณสารสกัด

แห้งที่ได้ แสดงว่าอุปกรณ์ และกรรมวิธีสกัดนั้นสามารถดึงสารสกัดได้ในปริมาณและสัดส่วนที่ดีในพืชทั้ง 3 ชนิด เนื่องการสกัดในการทดลองนี้ไม่ได้มีการเติมน้ำลงไปด้วยเพื่อการชะล้างสารสกัดให้มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากจะทำให้การอบแห้งนั้นใช้เวลานานมากขึ้น และทำให้ความเข้มข้นของสารที่ได้ไม่ได้มาจากน้ำที่อยู่ในใบพืช ดังนั้นปริมาณจริงของสารสกัดจะสูงกว่าผลที่ได้ เพราะยังมีสารสกัดบางส่วนออกมาไม่หมดและติดไปกับกากที่ทิ้งไป

การวิเคราะห์ระดับการต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นจากใบพืชสด และสารสกัดในรูปแบบแห้ง

เนื่องจากน้ำคั้นสกัดจากใบพืชทั้งสามชนิดมีสีเขียวเข้มซึ่งมีผลต่อการอ่านค่าการดูดซับแสงโดยใช้ spectrophotometer จึงต้องทำการเจือจางโดยลดปริมาณน้ำสกัดลงจนถึงระดับที่สามารถให้อ่านค่าได้ และคำนวณย้อนกลับเป็นค่าเริ่มต้นที่หลัง และพบว่าต้องใช้ปริมาณน้ำคั้นสกัดเพียง 1.25 กรัมต่อแอลกอฮอล์ 10 ซีซี ซึ่งแตกต่างจากข้อแนะนำของวิธีวัดการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดีพีพีเอชทั่วไปจากปริมาณน้ำสกัดที่ใช้ในปริมาณ 1.25 กรัม เมื่อนำไปคำนวณปริมาณสารสกัดจริงตามตาราง 2 พบว่าเป็นปริมาณสารสกัดเท่ากับ 38.0, 36.25 และ 28.75 มิลลิกรัม ในน้ำคั้นสกัดใบผักฮ้วน ใบผักเชียงดา และใบผักย่านางตามลำดับ

วิธีการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการสกัดโดยใช้ใบพืชสด และสกัดทั้งสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายในน้ำ และชนิดที่ละลาย

ในไขมันพร้อมกัน ดังนั้นค่าการต้านอนุมูลอิสระที่ได้จึงมาจากผลของสารต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 ชนิดร่วมกัน แต่ไม่สามารถแยกสัดส่วนการออกฤทธิ์ได้ ผลการศึกษาพบว่าพืชทั้ง 3 ชนิด มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน โดยน้ำคั้นสกัดจากใบผักฮ้วนแสดงความสามารถต้านอนุมูลอิสระได้มากที่สุด รองลงมาคือใบผักเชียงดา อย่างไรก็ตามได้มีการรายงานผลการต้านอนุมูลอิสระในใบผักฮ้วนสูงถึง 90.22 เปอร์เซ็นต์ [13] การใช้วิธีการสกัดโดยใช้เมทานอลสามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระได้เป็นปริมาณสูง [9], [14] ความแตกต่างจากผลการทดลองในครั้งนี้เนื่องมาจากการมีวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน ในการทดลองครั้งนี้ใช้วิธีการสกัดโดยวิธีสับบดใบสด และคั้นน้ำออก โดยไม่มีการเติมน้ำลงไปช่วยชะล้าง ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระออกมาได้หมด เมื่อเทียบกับวิธีการสกัดด้วยเมทานอลซึ่งเป็นตัวทำละลายที่ดี

จากผลการวิเคราะห์ค่าการต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชพบว่า ใบผักฮ้วนมีค่าสูงสุด คือ 78.16 เปอร์เซ็นต์ และผักฮ้วนได้ผลผลิตใบต่อต้นค่อนข้างมาก คั้นน้ำได้มากกว่าเมื่อเทียบกับน้ำหนักใบ ความคุ้มค่าในการดำเนินการจึงสูงกว่า นอกจากนั้นผักฮ้วนยังมีผู้นิยมบริโภคน้อยกว่าเนื่องจากรสชาติค่อนข้างขม การนำมาทำประโยชน์ในแง่การใช้เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจึงมีศักยภาพสูงกว่า จากผลการสังเกตน้ำคั้นใบผักเชียงดาซึ่งพบว่ามีความเข้มข้นที่สุดแต่มีเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่ากว่าสารสกัดผักฮ้วนนั้น อันเนื่องมาจากมีรงควัตถุหรือคลอโรฟิลล์สูงกว่าแต่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าผักฮ้วน

เนื่องจากพืชทั้ง 3 ชนิดเป็นพืชพื้นบ้านซึ่งพบได้ทั่วไปในทุกท้องถิ่น และไม่ต้องการการดูแลเอาใจใส่เป็นพิเศษ ตลอดจนไม่มีศัตรูพืชที่รบกวน และไม่นิยมใส่ปุ๋ยหรือสารบำรุงดิน ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของใบพืชเหล่านี้แต่ละชนิดซึ่งปลูกบนพื้นที่ต่างกัน จึงมีค่าการต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชไม่แตกต่างกัน อันเนื่องจากการทดลองครั้งนี้เลือกเก็บตัวอย่างจากต้นที่มีความสมบูรณ์และโตเต็มที่เท่านั้น เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของสิ่งทดลอง ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อยอดในการพัฒนาพืชผักพื้นบ้านเป็นผลิตภัณฑ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยอาจผลิตในรูปแบบเป็นน้ำ หรือน้ำคั้นนั้น

มาทำให้แห้ง โดยวิธีการเติมสารดูดซับ สเปรย์ทรายละเอียด เพื่อให้เก็บรักษาได้ง่าย และสะดวกในการนำไปใช้ประโยชน์

การวัดส่วนประกอบทางพฤกษเคมีพื้นฐานที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ทำโดยเอาสารสกัดแห้งมาละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ และใช้วิธีตรวจสอบอย่างง่ายและทำได้รวดเร็ว และได้ผลที่สามารถเชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง [10] และใบพืชทุกชนิดที่ใช้มีรงควัตถุโดยเฉพาะสีเขียวของคลอโรฟิลล์และสารอื่นๆ ทำให้อ่านผลได้ค่อนข้างยากในการตรวจสอบเชิงคุณภาพและสังเกตการเปลี่ยนแปลงด้วยตาเปล่า ซึ่งอาจเกิดผลบวกลวง หรือลบลวงได้ [15] การอ่านผลจะชัดเจนขึ้นหากมีการวัดค่าในเชิงปริมาณโดยเฉพาะสารฟีนอลิกทั้งหมด จึงควรมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

ส่วนประกอบทางโภชนาของวัตถุดิบใช้ผสมอาหารสัตว์โดยเฉพาะแหล่งของพลังงาน นิยมใช้มันสำปะหลังบด ผสมเป็นแหล่งแป้ง ทั้งนี้เพราะมันสำปะหลังแห้ง มี NFE 89.9 % และมีพลังงานคิดเป็นพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) 3.15 Mcal/kg [16] สารสกัดใบผักฮ้วนในรูปแบบแห้งในการทดลองนี้มีแป้ง 77.68 % และพลังงาน ME 3.19 Mcal/kg ดังตาราง 5 ซึ่งใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงอาจใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ โดยมีข้อดีคือมีโปรตีนมากขึ้นและมีสารต้านอนุมูลอิสระเป็นองค์ประกอบด้วย นอกจากนั้นในการผลิตสารสกัดจากใบพืชโดยวิธีเดียวกันนี้ อาจใช้มันสำปะหลังบดมาเป็นตัวดูดซับแทนได้ ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไป

ค่าการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบผักฮ้วนแห้งคิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 6.62 mg/ml โดยตัวควบคุมมาตรฐานที่ใช้คือ BHT มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.061 mg/ml ซึ่งใกล้เคียงกับค่าทั่วไปที่มีผู้รายงานเท่ากับ 0.037 mg/ml [2] แสดงถึงอุปกรณ์ วิธีการ และสารเคมีที่ใช้อยู่ในเกณฑ์ ค่า IC_{50} ของสารสกัดใบผักฮ้วนแห้งในการทดลองนี้แตกต่างจากค่าที่ [17] รายงานไว้ในดอกผักฮ้วนมีค่าเท่ากับ 0.024 mg/ml ทั้งนี้เนื่องจากเป็นคุณลักษณะของลำต้นกัน และการทดลองนี้ใช้วิธีการบีบคั้นเอาน้ำออกจากใบ ซึ่งต่างจากวิธีทั่วไปซึ่งใช้เมทิลแอลกอฮอล์สกัด ซึ่งสามารถชะล้างสารต้านอนุมูลอิสระได้มากกว่า แต่เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ไม่มีการใช้สารเคมีในการสกัด ตลอดจนใช้สาร

ดูดซับช่วยในการทำให้แห้งสารสกัดที่ได้จึงมีแป้งมันสำปะหลังเป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้ความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่า ส่งผลให้ได้ค่า IC_{50} สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Saiga A, Tatnabe S, Nishimura T. Antioxidant activity of peptides obtained from porcine myofibrillar proteins by protease treatment. *J Agric Food Chem.* 2003; 51:3661-3667.
2. Li CW, Chu YC, Huang CY, Fu SL, C JJ. Evaluation of antioxidant and anti-alpha-glucosides activities of various solvent extract and major bioactive components from the seed of *Myristica fragrans*. *Molecules.* 2020; 25,5198: 2-12.
3. Wit Tiengburanathum. Krathungmhaba. Thai Herbs Dictionary. 5. Bangkok. Raumsan. 1999. 2-33. 880 p.
4. MedThai. 14 properties and the usefulness of Krathungmhaba (Pakhuanmoo) [Internet]. [Cites 8 November 2021] Assessed from; <https://medthai.com/krathungmhaba>.
5. MedThai. 33 properties and the usefulness of Pak Chiengda [Internet]. [Cites 8 November 2021] Assessed from; <https://medthai.com/chiengda>.
6. Disthai. Yanang, Research and its 22 Herb properties. [Internet]. [Cites 8 November 2020]. Assessed from; <https://www.disthai.com/16941446/yanang>.
7. Tsushida T, Suzuki M, Kurogi M. Evaluation of antioxidant activity of vegetable extracts and determination of some active compounds. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 1994;41: 611- 618.
8. Gassinee Trakoontivakorn and Janpen Saksitpitak. Antioxidative potential of Thai indigenous vegetable Extracts. *Food (Thailand).* 2000. 30(3): 164-176.
9. Aroon Jankam and Kanjana Wongkrajang. Anticancer and Antioxidant Activities of Thai Herbal Plant Extracts. *JSTNSRU.* 2017. 9(9): 112-122.
10. Solihah M A, Wan Rosil W I, Nurhanan A R. Phytochemicals screening and total phenolic content of Malaysian *Zea mays* hair extracts. *Int. Food Res J.* 2012;19: 1533-1538.
11. AOAC. Official Methods of Analysis. 15 th ed. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists. 1990.: 771 p.
12. NRC. Nutrient Requirements of Poultry. 9th revised edition. Washington, D.C.:National Academy Press. 1994.: 176 p.
13. Purushoth PT, Maheswaran VS, Selvakumari S, Suriyapadminimoka, Ragadeepthi S, Guduvalli D. An antioxidant and Antibacterial activity of *Dregea volubilis* leaves extract. *Scholars Research Library.* 2012; 4 (2): 525-529.
14. Chaveerach A, Lertsatitthanakorn P, Tanee T, Puangjit N, Patarapadungkit N, Sudmoon R. Chemical Constituents, Antioxidant Property, Cytotoxicity and Genotoxicity of *Tiliacora Triandra*. *Pharmacognosy Journal.* 2016; 8 (5): 722-729.
15. Paseephol T, Prathum R and Suriyakhan S, Phytochemical constituents and total phenolic content of bicolor corn silk (*Zea mays* hair) extracts, *KHON KAEN AGR. J.* 2018; 46(1): 1315-1320.
16. Chauynarong N, Elangovan AV and Iji PA, The potential of cassava products in diets for poultry, *World's Poultry Science J.* 2009; 65: 23-35.
17. Das B, De A, Das M, Das S, Samanta A. A new exploration of *Dregea volubilis* flowers: Focusing on antioxidant and antidiabetic properties, *South African Journal of Botany* 109. 2017: 16–24.

บทความวิจัย (Research Article)**การศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับอัตราการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อในโลหิตบริจาค
ของโรงพยาบาลแม่สาย ปี 2560-2562**

ชนิกานต์ มีประดิษฐ์¹, ชลดา สินธุวงศ์¹, สุณารินทร์ อินถา², สิทธิพร สุวรรณมิตร^{1,3} และ กรุง ฝิพพรรณ^{1,3*}

**Factors associated with detection rate of infectious disease markers in blood
donation of Mae Sai Hospital, 2017-2019**

Chanikan Meepradit¹, Chonlada Sintuwong¹, Sunarin Inthra², Sittiporn Suwannamit^{1,3} and
Krung Phiwpan^{1,3*}

¹ Department of Medical Technology, School of Allied Health Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

² Medical Technology Laboratory, Mae Sai Hospital, Chiangrai, 57130

³ Unit of Excellence in Infectious Disease, School of Allied Health Sciences, University of Phayao,
Phayao, 56000

* Corresponding author: krung.ph@up.ac.th

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 41-48.

Received: 5 October 2021; Revised: 30 April 2022; Accepted: 23 September 2022

บทคัดย่อ

โลหิตมีประโยชน์ต่อการรักษาชีวิต ซึ่งการให้โลหิตเป็นวิธีรักษาทางการแพทย์สำหรับผู้ป่วยที่สูญเสียโลหิต
หรือมีปริมาณโลหิตไม่เพียงพอ แต่การรับโลหิตนั้นมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรคชนิดต่างๆ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์
เพื่อหาความชุกของตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อจากโลหิตบริจาค และวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องของอัตราการตรวจพบตัวบ่งชี้
โรคติดเชื้อในโลหิตบริจาค โดยการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังระหว่างปี พ.ศ. 2560 – 2562 จากฐานข้อมูลทาง
ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลแม่สาย จังหวัดเชียงราย ผลการศึกษาพบว่าผู้บริจาคโลหิตจำนวน 5,217 ราย ร้อยละ
68.1 เป็นเพศชาย เพศหญิง ร้อยละ 31.9 ช่วงอายุ 21-30 คิดเป็นร้อยละ 37 เป็นผู้บริจาคครั้งแรกร้อยละ 29.4และเป็นการ
รับบริจาคเลือดภายในโรงพยาบาล ร้อยละ 86.3 และ หมู่เลือดที่บริจาคเลือดมากที่สุด คือ หมู่ O ร้อยละ 43.5
รองลงมาเป็นหมู่ B หมู่ A และหมู่ AB ร้อยละ 28.4, 22.4 และ 5.4 ตามลำดับ มีอัตราโลหิตบริจาคไม่ผ่านเฉลี่ยต่อปีคิด
เป็นร้อยละ 3.74 ค่าความชุกเฉลี่ย 3 ปี ของการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี ร้อยละ 0.2 ไวรัสตับอักเสบบี ร้อยละ 2.7 ไวรัส
ตับอักเสบซี ร้อยละ 0.5 และซิฟิลิส ร้อยละ 0.5 เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเพศชายมีการติดเชื้อสูงกว่า
เพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ผู้บริจาครายใหม่มีการติดเชื้อสูงกว่ารายเก่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($p<0.001$) จากผลงานวิจัยนี้บ่งชี้ถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการติดเชื้อในผู้บริจาคโลหิตคือ เพศ สัญชาติ และ
ประเภทการบริจาคโลหิต ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ถึงการรับบริจาคโลหิตมีผลต่อการจัดหาโลหิตบริจาคที่ปลอดภัย

คำสำคัญ: โลหิตบริจาค, ตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ, โรงพยาบาลแม่สาย

¹ ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

² กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลแม่สาย ตำบลเวียงพางคำ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย 57130

³ หน่วยความเป็นเลิศด้านโรคติดเชื้อ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

Blood is the life-maintaining fluid and can be used as a medical therapy for patients with blood loss or inadequate volume. However, blood transfusion has been and continues to be a possible source of disease transmission. The objective of this study was to determine the prevalence of Infectious Disease Markers in donated blood and also to investigate the relevant factors of Infectious Disease Markers in donated blood. In this study, we collected and analyzed retrospective data of blood donation at Mae Sai hospital, Chiang rai province during 2017 to 2019. The total blood donors of Mae Sai hospital were 5,217 cases consisting of 68.1% male, 31.9% female, 37% age rang 21-30, 29.4% first time donors, and 86.5% donated at the hospital. The most donated blood type was O (43.5%), B (28.4%), A(22.4%) and AB(5.4%) respectively. The infection rates were 3.74% in total; 0.2% HIV, 2.7% Hepatitis B virus, 0.5% Hepatitis C virus and 0.5% syphilis. Male donors had higher levels of prevalence of all 4 markers than female ($p<0.001$) and the first time donors were found to detect the infectious disease marker higher than repeated blood donors. The results of this study revealed that factors associated with infections in blood donors are gender, nationality, and type of blood donations, indicating that the impact on seeking for the safe donating blood.

Keywords: Donated blood, Infectious disease markers, Mae Sai hospital

บทนำ

โลหิตเป็นของเหลวชั้นสีแดงที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางพาสารอาหารและออกซิเจนไปสู่เซลล์ นำคาร์บอนไดออกไซด์และของเสียออกจากเซลล์ไปยังอวัยวะกำจัด ซึ่งยังไม่มีของเหลวใดสังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ได้ทดแทนกันในการแพทย์เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยได้ จึงจำเป็นต้องได้รับการบริจาคโลหิตจากมนุษย์โดยตรง [1] การรับบริจาคโลหิตในประเทศไทยนั้นจัดทำโดยศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทยในการรับบริจาคโลหิตจากผู้สมัครใจโดยไม่หวังสิ่งตอบแทนใดๆ เพื่อความปลอดภัยสูงสุดต่อผู้ป่วยที่จะรับโลหิตบริจาค โลหิตที่บริจาคต้องผ่านการตรวจคัดกรองหาตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ (Infectious Disease Markers) ต่างๆ ได้แก่ ไวรัสเชชไอวี ไวรัสตับอักเสบบี ไวรัสตับอักเสบบี และซิฟิลิส ด้วยวิธีทางน้ำเหลืองวิทยา (Serology) ที่มีความไว และความจำเพาะสูง และกรณีของโรคติดเชื้อไวรัสจะมีการตรวจเพิ่มเติมด้วยวิธีการตรวจหาสารพันธุกรรม (Nucleic Acid Amplification Technology) ได้แก่ เชื้อไวรัสเชชไอวี เชื้อไวรัสตับอักเสบบีและเชื้อไวรัสตับอักเสบบี หากโลหิตยูนิตใดตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อมีดังกล่าวก่อนจะไม่ถูกนำมาใช้และถูกนำไปทำลาย และมี

ระบบการติดตามผู้บริจาคโลหิตมาให้คำแนะนำในการดูแลรักษาสุขภาพรวมทั้งวิธีการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ จากการวิจัยก่อนหน้านี้ [2] พบว่าโลหิตบริจาคมีอัตราการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีมากที่สุดและมี เพศ อายุ อาชีพ และประเภทการบริจาคโลหิต เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราการตรวจพบเชื้อโรคที่ติดต่อผ่านทางโลหิตบริจาค ซึ่งทางผู้วิจัยมีสมมติฐานว่าอัตราการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อในโลหิตบริจาค่น่าจะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลจากงานห้องปฏิบัติการประจำวันในการตรวจหาตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ (Infectious Disease Markers) จากโลหิตบริจาคในช่วงปี พ.ศ. 2560-2562 และวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องของอัตราการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อในโลหิตบริจาคเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานแสดงแนวโน้มของการติดเชื้อที่ติดต่อทางโลหิตและเป็นข้อมูลย้อนกลับให้โรงพยาบาลแม่สาย จังหวัดเชียงราย นำไปใช้ประโยชน์ในการรณรงค์และหาแนวทางป้องกัน เพื่อลดอัตราการติดเชื้อชนิดต่างๆ และเป็นแนวทางในการจัดหาโลหิตบริจาคที่มีคุณภาพและความปลอดภัยสูงสุด

วัสดุและวิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาข้อมูลเชิงพรรณนาย้อนหลัง (retrospective descriptive study) โดยการนำเอาข้อมูลที่บันทึกในสมุดบริจาคโลหิตย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ.2560-2562) จากห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาคลินิก กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลแม่สาย จังหวัดเชียงราย โดยมีเกณฑ์คัดเข้าคือข้อมูลทั้งหมดของผู้โลหิตบริจาคที่ผ่านการตรวจคัดกรองเบื้องต้นและได้บริจาคโลหิต จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาอัตราการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อในถุงโลหิตบริจาค โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา อธิบายเป็นค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานร้อยละ และความถี่เทียบความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี ไวรัสตับอักเสบบี ไวรัสตับอักเสบบีในโลหิตผู้บริจาค โดยใช้ Chi-square ($p < 0.05$) โดยงานวิจัยนี้ได้รับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ หมายเลข 1.1/017.1/63

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไปของผู้บริจาคโลหิต

ในช่วงปี พ.ศ. 2560-2562 โรงพยาบาลแม่สาย จังหวัดเชียงราย ได้รับบริจาคโลหิตจำนวนทั้งหมด 5,217 ยูนิต ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าผู้บริจาคโลหิตเป็นเพศชาย ร้อยละ 68.1 และเพศหญิง ร้อยละ 31.9, ช่วงอายุที่บริจาคโลหิตมากที่สุด คือ อายุ 21 - 30 ปี ร้อยละ 37.0, มีสัญชาติไทย ร้อยละ 93.4, หมู่โลหิตที่บริจาคโลหิตมากที่สุด คือ หมู่ O ร้อยละ 43.5 รองลงมาเป็นหมู่ B หมู่ A และหมู่ AB ร้อยละ 28.4, 22.4 และ 5.4 ตามลำดับ, เป็นผู้บริจาคครั้งแรก ร้อยละ 29.4 และเป็นการรับบริจาคโลหิตภายในโรงพยาบาล ร้อยละ 86.3 (ตาราง 1)

ตาราง 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริจาคโลหิต

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (ราย)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	3,551	68.1
หญิง	1,666	31.9
อายุ		
17-20 ปี	503	9.6
21-30 ปี	1,932	37.0
31-40 ปี	1,640	31.4
41-50 ปี	819	15.7
51-60 ปี	232	4.4
61-70 ปี	29	0.6
ไม่ระบุ	62	1.2
สัญชาติ		
ไทย	4,873	93.4
พม่า	344	6.6
หมู่โลหิต		
O	2,268	43.5
B	1,483	28.4
A	1,167	22.4
AB	283	5.4
ไม่ระบุ	16	0.3

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (ราย)	ร้อยละ
บริจาค		
รายเก่า	3,652	70.0
รายใหม่	1,535	29.4
ไม่ระบุ	30	0.6
สถานที่		
โรงพยาบาล	4,500	86.3
กาชาด	290	5.6
ห้างสรรพสินค้า	233	4.5
ดอยตุง	194	3.7

ความชุกของการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ

ผลการวิเคราะห์การติดเชื้อในโลหิตบริจาคของโรงพยาบาลแม่สาย จังหวัดเชียงราย ระหว่างปี พ.ศ. 2560 – 2562 พบว่าโลหิตบริจาคมีอัตราการตรวจไม่พบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อร้อยละ 96.3 และมีอัตราการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อร้อยละ 3.7 โดยเมื่อแจกแจงโลหิตบริจาคที่ตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ

พบว่า เป็นการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี ร้อยละ 10.6 ไวรัสตับอักเสบบี ร้อยละ 71.6 ไวรัสตับอักเสบซี ร้อยละ 13.4 และซิฟิลิส ร้อยละ 12.8 และมีโลหิตบริจาคบางยูนิตที่ตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อมากกว่าหนึ่งชนิด เช่น ตรวจพบติดเชื้อเอชไอวีร่วมกับซิฟิลิส เช่นในปี พ.ศ. 2560-2562 พบจำนวน 2, 1, และ 3 ยูนิตตามลำดับ (ตาราง 2)

ตาราง 2 โลหิตบริจาคที่มีการตรวจหาตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อและชนิดของโรคติดเชื้อต่างๆ ที่ตรวจพบ

โลหิตบริจาค/ปี	2560	2561	2562	รวม
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)
โลหิตบริจาคที่ตรวจไม่พบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ	1,311(95.2)	1,594(97.5)	2,118(96.1)	5023(96.3)
โลหิตบริจาคที่ตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ	66(4.8)	41(2.5)	87(3.9)	194(3.7)
ไวรัสตับอักเสบบี	45(3.3)	32(2.0)	62(2.8)	139 (71.6)
ไวรัสตับอักเสบซี	7(0.5)	5(0.3)	14(0.6)	26 (13.4)
ซิฟิลิส	10(0.7)	4(0.2)	11(0.5)	25 (12.8)
เอชไอวี	6(0.4)	1(0.1)	3(0.1)	10 (10.6)

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้บริจาคโลหิต ได้แก่ เพศ สัญชาติ ประเภทผู้บริจาคโลหิตและการติดเชื้อ ด้วยKolmogorov – Smirnov Test พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติที่ $p < 0.001$ จึงเลือกใช้สถิติ Chi – Square Test เนื่องจากเป็นสถิติแบบนอนพารามิตริก (Nonparametric Statistics) ไม่คำนึงถึงการกระจายตัวของข้อมูล เมื่อวิเคราะห์อัตราการตรวจ

พบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อในโลหิตบริจาคกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ พบว่าเพศ สัญชาติ และประเภทผู้บริจาค มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเพศชายมีการติดเชื้อสูงกว่าเพศหญิงร้อยละ 4.3 และ 2.3 โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในโรคติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี (ตาราง 3) และพบว่าสัญชาติพม่าพบการติดเชื้อทุกชนิดสูงกว่าสัญชาติไทยร้อยละ 6.1 และ 3.6 โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในโรค

ติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี รวมถึงผู้ประเภทรายโรคโลหิต
ที่พบว่าผู้บริจาครายใหม่หรือบริจาคครั้งแรกตรวจพบ
ตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อสูงกว่าผู้บริจาคเก่าหรือบริจาค
มากกว่า 2 ครั้งขึ้นไป อยู่ถึงร้อยละ 6.6 และ 2.5 โดยมี

ความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในโรคติด
เชื้อไวรัสตับอักเสบบี และไวรัสตับอักเสบบี ตามลำดับ
(ตาราง 3-4)

ตาราง 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับผลการตรวจตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ

ปัจจัย	ผลการติดเชื้อ		p-value
	ไม่ติดเชื้อ จำนวน (ร้อยละ)	ติดเชื้อ จำนวน (ร้อยละ)	
เพศ			
ชาย	3,396 (95.6)	155 (4.4)	*** (<0.001)
หญิง	1,627 (97.7)	39 (2.3)	
อายุ			
17-20 ปี	494 (98.2)	9 (1.8)	ns.(0.062)
21-30 ปี	1,857 (96.1)	75 (3.9)	
31-40 ปี	1,584 (96.6)	56 (3.4)	
41-50 ปี	777 (94.9)	42 (5.1)	
51-60 ปี	222 (95.7)	10 (4.3)	
61-70 ปี	28 (96.6)	1 (3.4)	
สัญชาติ			
พม่า	323 (93.9)	21 (6.1)	* (0.016)
ไทย	4,700 (96.4)	173 (3.6)	
บริจาค			
รายใหม่	1,434 (93.4)	101 (6.6)	*** (<0.001)
รายเก่า	3,560 (97.5)	92 (2.5)	
สถานที่			
โรงพยาบาลแม่สาย	4327 (96.2)	173 (3.8)	ns. (0.672)
กาชาด	281 (96.9)	9 (3.1)	
ห้างสรรพสินค้า	226 (97.0)	7 (3.0)	
ดอยตุง	189 (97.4)	5 (2.6)	

ตาราง 4 สรุปปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ

ตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อ / ปัจจัย	เพศ		สัญชาติ		ประเภทผู้บริจาค	
	ชาย (N=3,551)	หญิง (N=1,666)	ไทย (N=4,873)	พม่า (N=344)	รายใหม่ (N=1,535)	รายเก่า (N=3,652)
ไวรัสตับอักเสบบี	3.2	1.5***	2.5	4.9**	4.8	1.8***
ไวรัสตับอักเสบบีซี	0.6	0.4	0.5	1.2	1.2	0.2***
ซีฟิลิส	0.5	0.4	0.5	0	0.6	0.4
เอชไอวี	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2
รวม	4.4	2.3***	3.6	6.1*	6.6	2.5***

หมายเหตุ * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$

วิจารณ์

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลโลหิตบริจาคพบว่า ตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ [3,4, 5, 6,7] ซึ่งการที่มีผู้ติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี จำนวนมากบ่งชี้ถึงความไม่ตระหนักถึงการดำเนินงานในด้านสาธารณสุขอย่างจริงจัง เพราะโรคนี้สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีน โดยเชื้อไวรัสตับอักเสบบีมีช่องทางการติดต่อคล้ายกับเชื้อเอชไอวี คือ ทางเลือด ทางเพศสัมพันธ์ และจากแม่สู่ลูก แต่มีข้อแตกต่างคือเชื้อไวรัสตับอักเสบบีติดต่อกันง่ายกว่าเชื้อเอชไอวี และมีวัคซีนที่มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันการติดเชื้อ ในขณะที่ไวรัสเอชไอวียังไม่มีวัคซีนที่ใช้ในการป้องกัน ดังนั้นหากประยุกต์ใช้แนวทางที่ใช้ในการควบคุมการติดเชื้อเอชไอวีจนประสบความสำเร็จมาใช้ในการควบคุมการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีก็น่าจะได้ผลดียิ่งขึ้น [8-10] ซึ่งมีแนวทางดังนี้

1. การยกระดับปัญหาการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีเป็นปัญหาระดับชาติ มีการตั้งคณะกรรมการควบคุมโรคระดับชาติ และมีการจัดสรรงบประมาณสำหรับการป้องกันควบคุมโรคนี้โดยเฉพาะ
2. การให้สุขศึกษาอย่างแพร่หลาย ทั้งถึงและต่อเนื่อง ปัจจุบันมีการกำหนดให้วันที่ 28 กรกฎาคมของทุกปีเป็นวันตับอักเสบโลกสำหรับการรณรงค์เรื่องนี้ทั่วโลก
3. การฉีดวัคซีนป้องกันการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีให้เด็กแรกเกิดอย่างทั่วถึง และมีการสำรวจ

ความครอบคลุม (Coverage) ของการฉีดวัคซีนในพื้นที่ต่างๆ ทั่วประเทศ

4. การเฝ้าระวังการติดเชื้ออย่างต่อเนื่องจนสามารถบอกได้ว่าการควบคุมโรคได้ผลเพียงใด ที่สำคัญคือ การเฝ้าระวังการติดเชื้อและการคัดกรองในกลุ่มที่มีพฤติกรรมเสี่ยง เช่น หญิงบริการชายรักร่วมเพศ ผู้ติดยาเสพติด เพื่อเข้าสู่กระบวนการรักษา นอกจากนี้ยังควรติดตามเฝ้าระวังความชุกในกลุ่มที่มีการเจาะโลหิตตรวจการติดเชื้ออยู่แล้ว ได้แก่ ผู้บริจาคโลหิต หญิงตั้งครรภ์

5. การติดตามผู้บริจาคโลหิตที่ติดเชื้อให้กลับมาตรวจซ้ำ ให้คำปรึกษา และเข้าสู่กระบวนการรักษา

6. ส่งเสริมความร่วมมือจากทุกภาคส่วนในสังคม ทั้งภาครัฐและเอกชน และที่สำคัญคือระหว่างทหารกับพลเรือนการดำเนินการดังกล่าวอาจใช้โครงสร้างเดิมของโครงการควบคุมโรคเอดส์แล้วผนวกเรื่องไวรัสตับอักเสบบีเข้าไปด้วย หรือ แยกเป็นอีกโครงการหนึ่งต่างหาก เชื่อว่าการดำเนินการดังกล่าวจะสามารถลดความชุกของการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีอย่างชัดเจน เพื่อสู่เป้าหมายการกำจัดโรคนี้ออกไปจากประเทศไทยให้ได้ในที่สุด [11]

ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อในโลหิตบริจาค ได้แก่ เพศ สัญชาติ และประเภทการบริจาคโลหิต ซึ่งพบว่า เพศชายมีการติดเชื้อทุกชนิดสูงกว่าเพศหญิง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้เช่นกัน [3, 5, 6] ทั้งนี้เนื่องจากการใช้พฤติกรรมทางชีวิตของเพศชาย

ได้แก่ มีพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ การใช้ยาเสพติดแบบฉีด ทำให้มีโอกาสติดเชื้อมากขึ้น และพบว่าผู้ที่มีสัญชาติพม่ามีอัตราการตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อในโลหิตบริจาคสูงกว่าในผู้ที่มีสัญชาติไทยโดยเฉพาะการตรวจพบไวรัสตับอักเสบบี และไวรัสตับอักเสบบี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของยง ภูววรรณ เรื่องไวรัสตับอักเสบบีในแรงงานต่างด้าวในประเทศไทย พบว่า ในแรงงานการเป็นพาหะไวรัสตับอักเสบบีสูงมาก ในแรงงานพม่า ร้อยละ 10.8 ส่วนไวรัสตับอักเสบบีพบได้ประมาณร้อยละ 1.8 ในแรงงานพม่า ซึ่งโรคไวรัสตับอักเสบบีในประเทศไทยสามารถควบคุมได้เป็นอย่างดี แต่การเข้ามาของแรงงานต่างด้าวเหล่านี้อาจทำให้เกิดการระบาดของโรคอุบัติขึ้นอีกด้วย เนื่องจากแรงงานเหล่านี้เข้ามาสัมผัสกับโรคและมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับชีวิตประจำวันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้การคัดกรองประชาสัมพันธ์การให้ความรู้และการวางแผนมาตรการในการป้องกันการแพร่ระบาดของโรคที่มีแรงงานต่างด้าวเป็นพาหะจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน [14] ส่วนประเภทผู้บริจาคโลหิตพบว่าผู้บริจาครายใหม่นั้นมีการติดเชื้อสูงกว่าผู้บริจาคโลหิตรายเก่า [3, 5, 6] ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ผู้บริจาครายเก่าเคยถูกคัดกรองจากการบริจาคครั้งก่อน และตรวจทางห้องปฏิบัติการจากการบริจาคครั้งแรกไปแล้ว และเพื่อเป็นประโยชน์ในการลดการรับบริจาคโลหิตจากผู้ตรวจพบเชื้อแล้ว ควรให้คำปรึกษาในการรักษา และกำหนดแนวปฏิบัติในการตรวจสอบข้อมูลที่เหมาะสม เพื่อสามารถป้องกันการรับบริจาคโลหิตจากผู้ที่เคยตรวจพบเชื้อมาก่อน [12-13]

สรุปผลการศึกษาพบว่าจากการตรวจหาตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อในโลหิตบริจาคช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2560 – 2562 ของโรงพยาบาลแม่สาย จังหวัดเชียงราย ซึ่งมีผู้บริจาคโลหิตทั้งสิ้น 5,217 ราย พบว่าโลหิตบริจาคตรวจไม่พบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อร้อยละ 96.3 ส่วนโลหิตบริจาคที่ตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อร้อยละ 3.7 โดยเมื่อแยกแยะโลหิตบริจาคที่ตรวจพบตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อพบว่า เป็นการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี ร้อยละ 10.6 ไวรัสตับอักเสบบี ร้อยละ 71.6 ไวรัสตับอักเสบบี ร้อยละ 13.4 และซิฟิลิส ร้อยละ 12.8 ตามลำดับ โดยมี

ปัจจัยที่สัมพันธ์ต่อการตรวจพบตัวบ่งชี้เชื้อโรคได้แก่ เพศ สัญชาติ และประเภทผู้บริจาค ซึ่งผลที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการวางแผนหรือจัดหาโลหิตบริจาคที่มีคุณภาพและปราศจากตัวบ่งชี้โรคติดเชื้อต่างๆต่อไป เพื่อความปลอดภัยสูงสุดของคนไข้ที่จะได้รับโลหิตบริจาคนี้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโรงพยาบาลแม่สาย จังหวัดเชียงรายที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ผลงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยพะเยา

เอกสารอ้างอิง

1. National Blood Center, Thai Red Cross Society. Guideline on Hemovigilance 1st edition. Bangkok: Udomsuksa; 2015.
2. National Blood Center, Thai Red Cross Society, Ministry of Public Health. National Blood Policy. Nonthaburi, Agricultural Credit Cooperatives of Thailand Publishers; 2010.
3. Wongkham S. Infection rate of HIV virus Hepatitis B Virus Hepatitis C virus and Syphilis in blood donation of Hua Hin Hospital. Chiang Rai Medical Journal. 2560; 9(2):105-113.
4. Ingkananth S, Chanachaisuwan P. Prevalence of infections among blood donors at Police General Hospital. J Hemato ITransfus Med 2015; 25(2):107-114.
5. Sawdang K., Urwijitaroon Y. Prevalence of HIV, HBV, HCV and syphilis infections among blood donors: surveillance for improvement of blood donor recruitment. J Hemato ITransfus Med 2012; 22(2):83-91.

6. Jaddee A, Prevalence of HIV, hepatitis B, hepatitis C and syphilis infections among blood donors. *Medical Journal of Srisaket Surin Buriram Hospitals* 2014;28(3):197-206.
7. Pongpun S, Poolkesorn S, Kesudom W, Plipat T. Trend of HIV prevalence in Thailand 2007. *WESR* 2009;32: 533-543.
8. Watanabe KK, Williams AE, Schreiber GB, Ownby HE. Infectious disease markers in young blood donors. *Transfusion* 2000;40: 954-960.
9. Soloslikit W, Sripanithan R, Vienghok P. The effectiveness of counseling for reducing repeated donation among hepatitis infected blood donors in Phrae Hospital. *Thai J Hemat Trans Med* 2010;20:11-17.
10. Poovorawan Yet al., Hepatitis in Migrant Workers in Thailand. *The Journal of the Royal Institute of Thailand* 2012;1:149-160.
11. Ratchaneewan Maneemaroj et al., Serum Ferritin Levels among Blood Donors Who Failed the Initial Screen for Anemia by Copper Sulfate Method. *Naresuan University Journal* 2011; Special Issue: 47-52.
12. Celetano DD, Nelson K, Lyles C, Beyner C, et al. Decreasing incidence of HIV and sexually transmitted disease in young Thai men: evidence for Success of HIV/AIDS control and prevention program. *AIDS* 1998; 12:29-36.
13. Saengdidtha B, Rangsin R. Roles of the Royal Thai Army Medical Department in supporting the country to fight against HIV/AIDS: 18 years of experience and success. *J Med Assoc Thai* 2005; 88 (Suppl3): S378-387.
14. Soloslikit W, Sripanithan R, Vienghok P. The Effectiveness of Counseling for Reducing Repeated Donation Among Hepatitis Infected Blood Donors in Phrae Hospital. *J Hematol Transfus Med* 2010; 20:11-17.

บทความวิจัย (Research Article)

ความชุกและปัจจัยที่สัมพันธ์กับการกำเริบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง
ในโรงพยาบาลชุมชนสุธิดา บุญสม^{1,2}, จิตทิพร นนท์เกษม¹, กุลศิริ หน่อแก้ว¹, พิมนภา อินธิยา³ และ ณัฐ นาเอก^{1*}Prevalence and factors associated with acute exacerbation among chronic
obstructive pulmonary disease patients in a community hospitalSuthida Boonsom^{1,2}, Thitiphorn Nonkasem¹, Kunsiri Norkaew¹, Pimnapa Intiya³ and Nat Na-Ek^{1*}¹ Department of Pharmaceutical Care, School of Pharmaceutical Sciences, University of Phayao, Phayao 56000² Unit of Excellence on Pharmacogenomic Pharmacokinetic and Pharmacotherapeutic Researches (UPPER),
School of Pharmaceutical Sciences, University of Phayao, Phayao 56000³ Chun Hospital, Chun District, Phayao 56150

* Correspondence author: nat.na@up.ac.th

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 49-60.

Received; 4 May 2021; Revised: 20 October 2022; Accepted: 16 November 2022

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงตัดขวางที่เก็บข้อมูลย้อนหลัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความชุกและปัจจัยที่สัมพันธ์กับการกำเริบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (AECOPD) ซึ่งปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ อายุ ความดันโลหิต ดัชนีมวลกาย ระยะเวลาการเป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) ประวัติการสูบบุหรี่ ประวัติการดื่มแอลกอฮอล์ การมีโรคร่วม อาชีพ ยาและขนาดยาที่ผู้ป่วยได้รับในการรักษาโรค COPD โดยผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากเวชระเบียนของผู้ป่วยทั้งสิ้น 249 คนที่ได้รับการวินิจฉัยด้วยโรค COPD และลงทะเบียนการรักษาที่คลินิกปอดอุดกั้นเรื้อรัง ณ โรงพยาบาลชุมชน จังหวัดพะเยา ข้อมูลจะถูกเก็บระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2563 แล้ววิเคราะห์ผลทั้งแบบตัวแปรเดี่ยวและพหุตัวแปร โดยใช้การถดถอยโลจิสติกและการถดถอยพหุนามลบ เพื่อหาความสัมพันธ์กับการเกิด (เกิด/ไม่เกิด) และความถี่ (จำนวนครั้ง) ของ AECOPD ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความชุกของ AECOPD ระหว่างการเก็บข้อมูลคิดเป็นร้อยละ 48.6 ยิ่งไปกว่านั้น ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเพิ่มความถี่ต่อการเกิด AECOPD ได้แก่ การได้รับยาพ่นสูดที่เป็นยาสูตรผสมระหว่างยาขยายหลอดลมกลุ่ม β_2 agonists ชนิดออกฤทธิ์ยาวกับยาพ่นสูดสเตียรอยด์ (Odds ratio 7.14 [95% CI 1.78 ถึง 28.66]) เมื่อเปรียบเทียบกับพบว่ามีปัจจัยที่สัมพันธ์กับความถี่ของ AECOPD ที่ลดลง ได้แก่ ระยะเวลาการเป็นโรค COPD (Incidence rate ratio ต่อหนึ่งปีที่เป็น COPD ยาวนานขึ้น เท่ากับ 0.77 [95% CI 0.71 ถึง 0.83]) และการยังคงดื่มสุรา (Incidence rate ratio 0.12 [95% CI 0.02 ถึง 0.64]) ด้วยข้อจำกัดของข้อมูลเชิงตัดขวางทำให้ไม่สามารถบ่งชี้ความเป็นสาเหตุผลลัพธ์กันได้ และความสัมพันธ์ที่พบอาจเป็นผลพวงจากความสัมพันธ์ย้อนกลับและอคติจากการรอดชีวิต อย่างไรก็ตามการพบความถี่

¹ สาขาวิชาบริหารเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000² หน่วยวิจัยเพื่อความเป็นเลิศด้านเภสัชพันธุศาสตร์ เภสัชจลนศาสตร์ และเภสัชบำบัด คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000³ โรงพยาบาลชุมชน อำเภอจุน จังหวัดพะเยา 56000

ของการกำเริบที่เพิ่มขึ้นในผู้ป่วยที่เพิ่งได้รับการวินิจฉัยด้วย COPD อาจสะท้อนถึงความจำเป็นในการวางแผนติดตามที่ใกล้ชิดขึ้นหรือการให้การรักษาที่เข้มงวดขึ้นในผู้ป่วยกลุ่มนี้ต่อไป

คำสำคัญ: โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง, การกำเริบเฉียบพลัน, ความชุก, โรงพยาบาลชุมชน

Abstract

This is a cross-sectional retrospective study aiming to examine the prevalence of acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (AECOPD) and its associated factors in COPD patients. Studied factors included age, blood pressure, body mass index, duration of COPD, smoking status, alcohol drinking status, comorbidities, occupation, and current COPD medications. We collected the data from medical records of 249 COPD patients initially diagnosed and registered at the COPD clinic at Chun hospital, Phayao. Data were collected between 1st October 2018 and 30th April 2020, then analyzed using uni and multivariable logistic and negative binomial regression for the occurrence (yes/no) and the frequency (numbers) of AECOPD, respectively. The results had shown that the prevalence of AECOPD during the study period was 48.6%. Moreover, a factor associated with increased risk of AECOPD was receiving combined long-acting beta₂ agonists and inhaled corticosteroids (Odds ratio 7.14 [95% CI 1.78 to 28.66]). In comparison, factors associated with the increased frequency of AECOPD were the duration of COPD (Incidence rate ratio per year increase was 0.77 [95% CI 0.71 to 0.83]) and active alcohol drinking status (Incidence rate ratio 0.19 [95% CI 0.02 to 0.64]). Due to the limitations of cross-sectional data, we cannot infer causality, and our findings might be a consequence of reverse causality and survival bias. However, the significant frequency of AECOPD among those recently diagnosed with COPD may reflect the need for closer monitoring or more intensive treatment in such a particular group of patients.

Keywords: Chronic obstructive pulmonary disease, Acute exacerbation, Prevalence, Community hospitals

บทนำ

โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease; COPD) เป็นความผิดปกติของปอดแบบเรื้อรังที่พบได้บ่อย เกิดจากการไหลของอากาศออกจากปอดได้จำกัด โดยหลอดลมไม่สามารถคืนสภาพได้ใกล้เคียงกับภาวะปกติ [1] ที่ในปัจจุบันยังเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญทั้งในระดับประเทศและระดับโลก จากข้อมูลขององค์การอนามัยโลกในปี พ.ศ. 2547 พบว่ามีผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกว่า 64 ล้านคนทั่วโลก และมีผู้เสียชีวิตจากโรคนี้ไปแล้วถึง 3 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 6 ของจำนวนผู้เสียชีวิตทั่วโลก โดยคาดว่าจำนวนผู้เสียชีวิตจะเพิ่มขึ้นถึงมากกว่าร้อยละ 30 และภายในปี พ.ศ. 2573 โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังจะกลายเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตสามอันดับแรกทั่วโลก [2,3] สำหรับสถานการณ์ในปัจจุบัน จากข้อมูลของ

จังหวัดพะเยาตามสถิติกระทรวงสาธารณสุขปี พ.ศ. 2563 พบว่าอัตราของผู้ป่วยรายใหม่ด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง คิดเป็นร้อยละ 14.82 จากผู้ป่วยรายใหม่ 70 คน ต่อประชากร 472,356 คน และอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วยอายุ 40 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 4.91 จากจำนวนผู้ป่วยเสียชีวิต 339 คน ต่อจำนวนผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทั้งสิ้น 6,897 คน [4]

การกำเริบเฉียบพลัน (acute exacerbation) ของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตและสัมพันธ์กับการพยากรณ์ของโรคที่แย่ลง นอกจากนี้ยังเพิ่มค่าใช้จ่ายของการเข้ารับการรักษาตัวที่โรงพยาบาลของทั้งผู้ป่วยและโรงพยาบาล ในปี พ.ศ. 2558 มีรายงานถึงอุบัติการณ์ของการกำเริบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังไว้กว้าง ๆ ที่ร้อยละ 9-60 โดยร้อยละ 15-20 ของผู้ป่วยทั้งหมดมักมีการกำเริบซ้ำอย่าง

น้อยหนึ่งครั้ง [5–7] จากข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุข ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป มีอัตราการกำเริบเฉียบพลัน คิดเป็น 356 เคสต่อ 100,000 ประชากร และจากข้อมูลการเบิกจ่ายจากสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2557 พบว่า ผู้ป่วยที่นอนโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีจำนวน 350 คนต่อประชากร 100,000 คน โดยพบอัตราการเสียชีวิตร้อยละ 5.4 มีการใช้เครื่องช่วยหายใจหรือใส่ท่อช่วยหายใจร้อยละ 9.8 และต้องกลับมานอนโรงพยาบาลซ้ำภายใน 28 วันหลังจากจำหน่ายผู้ป่วยกว่าร้อยละ 28 ส่งผลให้โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นภาระทางสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทย [8] ทั้งนี้มีรายงานว่า การติดเชื้อทางเดินหายใจ การมีโรคร่วม [9,10] สมรรถนะการทำงานของปอดที่ลดลง และความรุนแรงของโรคที่มากขึ้น [11,12] ล้วนสัมพันธ์กับการกำเริบของโรค รวมถึงลักษณะของผู้ป่วยบางประการ เช่น อายุ เพศ เชื้อชาติ ก็มีรายงานว่ามีความสัมพันธ์กับการกำเริบของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเช่นกัน จากการศึกษาในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560 พบปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำเริบเฉียบพลันทั้งสิ้น 6 ปัจจัย โดยแบ่งเป็นปัจจัยที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ 2 ประการ ได้แก่ การไม่ได้รับวัคซีนไข้หวัดใหญ่ประจำปีที่ผ่านมา และเทคนิคการใส่ยาสูดพ่นไม่ดี ส่วน 4 ปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงไม่ได้คือ อายุ น้อยกว่า 60 ปี โรคความดันโลหิตสูง หลอดเลือดแดงพุลโมนารีย์ (pulmonary trunk) ขนาดใหญ่จากภาพรังสีทรวงอก และการได้รับออกซิเจนบำบัดระยะยาว [13]

คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของการกำเริบเฉียบพลันในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่อาจเพิ่มความรุนแรงจนถึงขั้นเสียชีวิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงพยาบาลชุมชน จากข้อมูลปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ในเขตสุขภาพที่ 1 อำเภोजุน จังหวัดพะเยา พบอัตราการกำเริบและรับการรักษาที่โรงพยาบาลในผู้ป่วยปอดอุดกั้นเรื้อรังถึง 219 ครั้งจากผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลจุนจำนวน 211 คน คณะผู้วิจัยจึงมุ่งหมายที่จะศึกษาความชุกและปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเกิดกำเริบเฉียบพลันในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในโรงพยาบาลชุมชน อันจะนำไปสู่การวางแผนการรักษาและติดตามผู้ป่วยร่วมกับทีมสหสาขาวิชาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอาจเป็นแนวทางพัฒนารูปแบบการ

บริหารเภสัชกรรมในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์และวิธีการ

การออกแบบการศึกษาและผู้เข้าร่วมการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบย้อนหลังเชิงตัดขวาง (cross-sectional retrospective study) เพื่อศึกษาความชุกและปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเกิดกำเริบเฉียบพลันในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โดยประชากรที่ศึกษา คือ ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่เริ่มได้รับการวินิจฉัยและลงทะเบียนการรักษาในคลินิกโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ณ โรงพยาบาลจุน จังหวัดพะเยา ซึ่งเป็นโรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียง ที่ริเริ่มจัดตั้งคลินิกปอดอุดกั้นเรื้อรังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 โดยจากข้อมูลในปี พ.ศ. 2563 มีผู้ลงทะเบียนการรักษาในคลินิกดังกล่าวจำนวนทั้งสิ้น 653 คน ซึ่งในการศึกษานี้ได้คัดเลือกกลุ่มผู้ป่วยที่ยังคงได้รับการรักษา ณ โรงพยาบาลจุนในปี พ.ศ. 2563 จำนวน 249 คน โดยไม่ได้จำกัดช่วงอายุและเพศของผู้ป่วย ข้อมูลในการทำวิจัยนี้ได้เก็บจากเวชระเบียนของผู้ป่วย ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2563 โดยเกณฑ์การวินิจฉัยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในบริบทของโรงพยาบาลชุมชนจะพิจารณาจากอาการเป็นสำคัญ ได้แก่ ไอ มีเสมหะ หรืออาการหายใจเหนื่อยที่ค่อย ๆ เป็นมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยไม่ได้วัดค่า FEV₁/FVC [4]

งานวิจัยนี้ผ่านการรับรองจริยธรรมจากหน่วยพิจารณาโครงการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่โครงการวิจัย 1.1/001/63

ตัวแปรและผลลัพธ์ในการศึกษา

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลตัวแปรที่มีรายงานก่อนหน้าว่าสัมพันธ์กับการเกิดภาวะกำเริบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ได้แก่ เพศ อายุ ความดันโลหิต ดัชนีมวลกาย ระยะเวลาที่เป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (คำนวณจากวันที่เริ่มได้รับการวินิจฉัยจนถึงวันที่เก็บข้อมูล) ประวัติการสูบบุหรี่ ประวัติการดื่มแอลกอฮอล์ การมีโรคร่วม อาชีพ ยาและขนาดยาที่ผู้ป่วยได้รับในการรักษาโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ซึ่งจะใช้ข้อมูลล่าสุดก่อนเกิดกำเริบในกรณีที่ผู้ป่วยรายนั้นมีภาวะกำเริบเฉียบพลันระหว่างเก็บข้อมูล ในกรณีที่มีการ

กำเริบหลายครั้ง จะใช้ข้อมูลพื้นฐานก่อนการกำเริบในครั้งแรกเป็นหลัก และจะใช้ข้อมูลล่าสุดในกรณีที่ผู้ป่วยไม่มีการกำเริบตลอดช่วงระยะเวลาเก็บข้อมูล โดยผลลัพธ์ในการศึกษานี้ ได้แก่ การเกิดภาวะกำเริบเฉียบพลันจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (เกิด/ไม่เกิด) และความถี่ในการกำเริบของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (จำนวนครั้ง) ในช่วงระหว่างที่เก็บข้อมูล การกำเริบของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังดังกล่าวเป็นการวินิจฉัยที่แผนกฉุกเฉินพิจารณาจากการที่ผู้ป่วยมีอาการเหนื่อยหอบ ไอ เสมหะเปลี่ยนสี ทำกิจวัตรได้ลดลง จนต้องได้ยาสเตียรอยด์รูปแบบฉีดหรือกิน [4] ซึ่งในงานวิจัยนี้พิจารณาจากการมี 10th revision of International Classification of Disease (ICD-10) J441 (Chronic obstructive pulmonary disease with acute exacerbation) ในเวชระเบียน

กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ความชุกและรูปแบบของการเกิดการกำเริบเฉียบพลันวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ซึ่งแสดงผลเป็นค่าความถี่และร้อยละ สำหรับลักษณะของกลุ่มตัวอย่างจะถูกนำเสนอโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ซึ่งจะแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย (ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน) มัชฐาน (พิสัยควอไทล์) และร้อยละ โดยจะเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีการกำเริบและไม่มีการกำเริบด้วยสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ Chi-square test, Fisher's exact test, Independent T-test และ Wilcoxon rank-sum test ตามลักษณะของข้อมูลที่น่ามาเปรียบเทียบ

การศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการกำเริบของโรค (เกิด/ไม่เกิด) จะวิเคราะห์ผลโดยใช้การถดถอยโลจิสติก (logistic regression) และผลลัพธ์จะถูกแสดงในรูปของ odds ratio (OR) ของการเกิดภาวะกำเริบเฉียบพลันสำหรับการศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับความถี่ในการกำเริบของโรค (จำนวนครั้ง) จะวิเคราะห์โดยใช้การถดถอยทวินามลบ (negative binomial regression) เนื่องจากผลลัพธ์แสดงการกระจายที่มากเกินไป (overdispersion) โดยจะแสดงผลลัพธ์ในรูปของ incidence rate ratio (IRR) ของความถี่ในการกำเริบตลอดช่วงระยะเวลาการติดตาม ข้อมูลที่ได้จากการถดถอยโลจิสติกจะช่วยให้ทราบถึงปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเกิดเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เกิดการกำเริบเฉียบพลัน ในขณะที่ข้อมูลจากการถดถอยทวินามลบจะช่วยให้เข้าใจถึงปัจจัยที่

สัมพันธ์กับความถี่ของการกำเริบที่เพิ่มขึ้น โดยผู้วิจัยจะวิเคราะห์ทีละปัจจัย (univariable analysis) และวิเคราะห์พหุปัจจัย (multivariable analysis) ซึ่งได้จากการนำทุก ๆ ตัวแปรเข้ามารวมปรับในโมเดลพร้อมกัน โดยไม่ได้ใช้ automated selection ทั้งนี้ในการวิเคราะห์พหุตัวแปร จะมีการทดสอบ multicollinearity โดยคำนวณ variance inflation factor (VIF) ซึ่งค่า VIF ที่เกินกว่า 5 จะแสดงถึงการมี multicollinearity ที่มีนัยสำคัญ [14] สำหรับโมเดลทวินามลบจะมีการปรับด้วยระยะเวลาดิตตามผู้ป่วยแต่ละราย

เนื่องจากผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่าข้อมูลที่สูญหาย (missing data) เกิดผ่านกลไกการสูญหายแบบสุ่ม (missing at random: MAR) จึงใช้วิธี Multiple Imputation by Chain Equation (MICE) เพื่อจัดการกับข้อมูลที่สูญหาย โดยได้ทำ 100 imputations เพื่อลดความแปรปรวนจากกระบวนการ imputation โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่มีข้อมูลสูญหายจำนวนมาก [15] และผลลัพธ์สุดท้ายจะได้รับการรวมผลลัพธ์ของ imputation แต่ละรอบด้วยวิธีของ Rubin [16] ทั้งนี้การกระจายของข้อมูลภายหลังจากการทำ imputation ในแต่ละรอบจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับกระจายของข้อมูลที่สังเกตได้เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่ได้รับการทำ imputation ไม่คลาดเคลื่อนไปจากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจริง

การวิเคราะห์ทางสถิติในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม STATA version 16.1 (StataCorp, LLP) โดยใช้สถิติทดสอบแบบสองทาง (two-sided test) และกำหนดค่าผิดพลาดแอลฟา (alpha error) ที่ร้อยละ 5 แต่ไม่ได้มีการปรับผลการวิเคราะห์ซ้ำ

ผลการศึกษา (Results)

จากตาราง 1 แสดงลักษณะของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่ยังคงเข้ารับรักษาที่โรงพยาบาลจุฬ ณ ปี พ.ศ. 2563 ทั้งหมด 249 คน ซึ่งพบว่า 121 คน (ร้อยละ 48.6) มีภาวะกำเริบเฉียบพลันอย่างน้อย 1 ครั้งระหว่างช่วงที่ทำการศึกษา โดยผู้เข้าร่วมการศึกษามากกว่าครึ่งเป็นเพศชาย (ร้อยละ 59) มีอายุเฉลี่ย 73.64 ปี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม (ร้อยละ 79.5) มีประวัติเคยสูบบุหรี่ (ร้อยละ 77.1) และดื่มสุรา (ร้อยละ 59.8) แต่ปัจจุบันเลิกแล้ว โดยร้อยละ 39.4 ของ

ผู้เข้าร่วมการศึกษาไม่มีโรคอื่นร่วม มีดัชนีมวลกายเฉลี่ย 19.07 กก./ม.² มีความดันโลหิตเฉลี่ย 123.29/70.83 มม.ปรอท และมีมีพื้นฐานของระยะเวลาการเป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเท่ากับ 7.7 ปี เมื่อเปรียบเทียบลักษณะพื้นฐานระหว่างกลุ่มพบว่า ลักษณะพื้นฐานส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นประวัติการดื่มสุราซึ่งพบว่ากลุ่มที่มีการกำเริบเฉียบพลันจะมีสัดส่วนของผู้ที่เลิกดื่มสุราไปแล้วสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีอาการกำเริบเฉียบพลัน (P-value=0.028)

ใหญ่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นประวัติการดื่มสุราซึ่งพบว่ากลุ่มที่มีการกำเริบเฉียบพลันจะมีสัดส่วนของผู้ที่เลิกดื่มสุราไปแล้วสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีอาการกำเริบเฉียบพลัน (P-value=0.028)

ตาราง 1 ลักษณะพื้นฐานของผู้ป่วยจำแนกตามการกำเริบของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

ลักษณะพื้นฐาน	การมีภาวะกำเริบเฉียบพลัน		ทั้งหมด (n=249)	P-value*
	มี (n=121)	ไม่มี (n=128)		
เพศชาย	73 (60.3%)	74 (57.8%)	147 (59.0%)	0.68 [†]
อายุเฉลี่ย (ปี)	73.39 ± 9.34	73.88 ± 10.48	73.64 ± 9.93	0.70 [‡]
อายุ 64 ปีขึ้นไป	111 (86.7%)	103 (85.1%)	214 (85.9%)	0.72 [†]
ประกอบอาชีพเกษตรกรรม	99 (81.8%)	99 (77.3%)	198 (79.5%)	0.58 [£]
สถานะการสูบบุหรี่				0.98 [†]
ยังสูบบุหรี่อยู่ ณ ปัจจุบัน	6 (5.0%)	6 (4.7%)	12 (4.8%)	P _{trend} 0.92
เคยแต่เลิกสูบบุหรี่ไปแล้ว	93 (76.9%)	99 (77.3%)	192 (77.1%)	
ไม่เคยสูบบุหรี่	20 (16.5%)	20 (15.6%)	40 (16.1%)	
ข้อมูลสูญหาย	2 (1.7%)	3 (2.3%)	5 (2.0%)	
สถานะการดื่มสุรา				0.028 [£]
ยังดื่มสุราอยู่ ณ ปัจจุบัน	5 (4.1%)	17 (13.3%)	22 (8.8%)	P _{trend} 0.34
เคยแต่เลิกดื่มสุราไปแล้ว	79 (65.3%)	70 (54.7%)	149 (59.8%)	
ไม่เคยดื่มสุรา	33 (27.3%)	38 (29.7%)	71 (28.5%)	
ข้อมูลสูญหาย	4 (3.3%)	3 (2.3%)	7 (2.8%)	
การมีโรคร่วม**	48 (39.7%)	50 (39.1%)	98 (39.4%)	0.92 [†]
ระยะเวลาเป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (ปี)	8.1 (4.9 to 14.9)	7.6 (4.0 to 13.6)	7.7 (4.7 to 14.0)	0.85 [§]
ดัชนีมวลกายเฉลี่ย (กก./ม. ²)	18.93 ± 3.70	19.20 ± 4.81	19.07 ± 4.31	0.62 [‡]
ข้อมูลสูญหาย	2 (1.7%)	0 (0%)	2 (0.8%)	
ความดันโลหิตเฉลี่ย				
ค่าบน (มม.ปรอท)	121.56 ± 21.91	125.59 ± 18.50	123.29 ± 20.48	0.39 [‡]
ค่าล่าง (มม.ปรอท)	69.82 ± 13.33	72.33 ± 12.85	70.83 ± 13.11	0.42 [‡]
ข้อมูลสูญหาย	76 (62.8%)	94 (73.4%)	170 (68.3%)	

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงด้วยจำนวน (ร้อยละ) และค่าเฉลี่ย ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือค่ามัธยฐาน (พิสัยควอไทล์), * P-value คำนวณโดยไม่รวม missing group, † Chi-squared test, ‡ T-test with equal variance, § Wilcoxon rank-sum test, £ Fisher's exact test, **โรคร่วม ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคไต โรคความดันโลหิตสูง โรคไทรอยด์ โรคข้อและกระดูก โรคหัวใจล้มเหลว และโรคหัวใจขาดเลือด

เมื่อพิจารณาลักษณะและความถี่ในการกำเริบของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังพบว่า ในกลุ่มที่มีการกำเริบส่วนใหญ่ (ร้อยละ 51.2) มีความถี่ในการกำเริบ 1 ครั้ง โดยมีมีพื้นฐานของความถี่ในการกำเริบเป็น 1 ครั้ง และมีพิสัยควอไทล์อยู่ในช่วง 1 ถึง 4 ครั้ง นอกจากนี้รายการ

ยาสามอันดับแรกของผู้ป่วยที่มีการกำเริบได้รับ คือ combined short-acting beta₂ agonists and anticholinergics (Berodual®, ร้อยละ 98.4) Theophylline (ร้อยละ 94.4) และ combined long-acting beta₂ agonists and steroids (Seretide®, ร้อยละ 67.1) (ตาราง 2)

ตาราง 2 ความถี่และรูปแบบการกำเริบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและยาที่ผู้ป่วยได้รับ

การเกิดการกำเริบ	การมีภาวะกำเริบเฉียบพลัน		ทั้งหมด (N=249)
	กำเริบ (N=121)	ไม่กำเริบ (N=128)	
ระยะเวลาเป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (ปี)	8.1 (4.9 to 14.9)	7.6 (4.0 to 13.6)	7.7 (4.7 to 14.0)
ความถี่ของการกำเริบเฉียบพลัน			
คำมัยฐาน (พิสัยควอไทล์)	1 (1 to 4)	0 (0 to 0)	0 (0 to 1)
จำนวนครั้ง (ร้อยละ)			
ไม่เคยกำเริบเลย	0	128 (100.0%)	128 (51.4%)
1 ครั้ง	62 (51.2%)	0	62 (24.9%)
2 ครั้ง	16 (12.2%)	0	16 (6.4%)
3 ครั้ง	9 (7.4%)	0	9 (3.6%)
4 ครั้ง	15 (12.4%)	0	15 (6.0%)
5 ครั้งขึ้นไป	19 (15.7%)	0	19 (7.6%)
ยาที่ผู้ป่วยได้รับในปัจจุบัน			
Combined SABA + SAAC	121 (100.0%)	124 (96.9%)	245 (98.4%)
SABA	14 (11.6%)	20 (15.6%)	34 (13.6%)
Combined LABA + ICS	106 (87.6%)	61 (47.7%)	167 (67.1%)
ICS	59 (48.8%)	42 (32.8%)	101 (40.6%)
Theophylline	121 (100.0%)	114 (89.1%)	235 (94.4%)

หมายเหตุ: ร้อยละรวมกันมากกว่า 100% เนื่องจากผู้ป่วยแต่ละคนอาจได้รับยาาร่วมกันมากกว่า 1 ชนิด อักษรย่อ: LABA; Long-acting Beta₂ agonists, SAAC; Short-acting anticholinergics, SABA; Short-acting beta₂ agonists, ICS; Inhaled corticosteroids

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับความเสี่ยงในการกำเริบเฉียบพลันพบว่าผลการวิเคราะห์ที่ละตัวแปรส่วนใหญ่เป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการวิเคราะห์พหุตัวแปร (ตาราง 3) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับยาพ่นสูตรผสมระหว่างยาขยายหลอดลมกลุ่ม beta₂ agonists ชนิดออกฤทธิ์ยาวร่วมกับยาสเตียรอยด์จะสัมพันธ์กับความเสี่ยงในการกำเริบเฉียบพลันที่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับยาดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า adjusted odds ratio เท่ากับ 7.14 (95% CI 1.78 to 28.66) ในแง่ของความถี่การกำเริบของปอดอุดกั้นเรื้อรัง (ตาราง 4) พบว่าระยะเวลาการเป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่เพิ่มขึ้นแต่ละปีจะสัมพันธ์กับความเสี่ยงกำเริบเฉียบพลันที่

ลดลงร้อยละ 23 โดยมีค่า incidence rate ratio (IRR) เท่ากับ 0.77 (95% CI 0.71 to 0.83) ในขณะที่การดื่มสุรากลပ်พบว่าสัมพันธ์กับความถี่ในการกำเริบที่ลดลง (IRR 0.12 [95% CI 0.02 to 0.64]) เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่ดื่มสุรา นอกจากนี้กลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับยาพ่นสูตรผสมระหว่างยาขยายหลอดลมกลุ่ม beta₂ agonists ชนิดออกฤทธิ์ยาวร่วมกับยาสเตียรอยด์ก็ยังมี ความสัมพันธ์กับความถี่ของการกำเริบเฉียบพลันที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบกับกลุ่มผู้ป่วยที่ไม่ได้รับยาดังกล่าว (IRR 3.95, 95% CI 1.71 to 9.15) ทั้งนี้ไม่พบหลักฐานการเกิด multicollinearity ของตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ในทุกโมเดล (VIF เฉลี่ย 2.07 พิสัย 1.08 ถึง 3.85)

ตาราง 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับการกำเริบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (n=249)

ปัจจัย	จำนวน (ร้อยละ)	Odds ratio (95% CI)	
		การวิเคราะห์ตัวแปรเดียว	การวิเคราะห์พหุตัวแปร
อายุ			
น้อยกว่า 64 ปี	35 (14.1)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)
64 ปีขึ้นไป	214 (85.9)	0.88 (0.43 to 1.79)	0.41 (0.09 to 1.78)
เพศ			
หญิง	102 (41.0)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)
ชาย	147 (59.0)	1.11 (0.67 to 1.84)	1.04 (0.34 to 3.16)
สถานะการสูบบุหรี่			
ไม่เคยสูบบุหรี่	40 (16.1)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)
เคยแต่เลิกสูบบุหรี่ไปแล้ว	192 (77.1)	0.93 (0.47 to 1.83)	0.72 (0.14 to 3.75)
ยังสูบบุหรี่อยู่ ณ ปัจจุบัน	12 (4.8)	1.00 (0.28 to 3.64)	2.73 (0.16 to 47.51)
สถานะการดื่มสุรา			
ไม่เคยดื่มสุรา	71 (28.5)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)
เคยแต่เลิกดื่มสุราไปแล้ว	149 (59.8)	1.27 (0.72 to 2.23)	1.23 (0.25 to 5.92)
ยังดื่มสุรายู่ ณ ปัจจุบัน	22 (8.8)	0.34 (0.11 to 1.03)	0.15 (0.01 to 3.38)
การมีโรคประจำตัวอื่น ๆ ร่วม			
ไม่มีโรคประจำตัวร่วม	151 (60.6)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)
มีโรคประจำตัวร่วม	98 (39.4)	1.03 (0.62 to 1.71)	0.83 (0.12 to 4.38)
ดัชนีมวลกาย (ต่อ 1 กก./ม. ² ที่เพิ่มขึ้น)	247 (99.2)	0.98 (0.93 to 1.04)	1.01 (0.87 to 1.18)
ความดันโลหิต			
ค่าบน (ต่อ 1 มม.ปรอทที่เพิ่มขึ้น)	79 (31.7)	0.99 (0.97 to 1.00)	0.99 (0.95 to 1.03)
ค่าล่าง (ต่อ 1 มม.ปรอทที่เพิ่มขึ้น)	79 (31.7)	0.99 (0.96 to 1.01)	0.99 (0.93 to 1.05)
ระยะเวลาที่เป็นโรค (ต่อ 1 ปีที่เพิ่มขึ้น)	249 (100)	0.96 (0.89 to 1.03)	0.90 (0.77 to 1.06)
ยาที่ผู้ป่วยได้รับในปัจจุบัน			
Combined SABA + SAAC	245 (98.4)	NA	NA
SABA	34 (13.6)	0.71 (0.34 to 1.47)	0.56 (0.12 to 2.57)
Combined LABA + ICS	167 (67.1)	7.76 (4.08 to 14.76)	7.14 (1.78 to 28.66)
ICS	101 (40.6)	1.95 (1.17 to 3.25)	1.37 (0.49 to 3.85)
Theophylline	235 (94.4)	NA	NA

หมายเหตุ: *Odds ratio ของความเสี่ยงการกำเริบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง, ตัวเลขหนาแสดงถึงค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value<0.05), NA: ไม่สามารถวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ **อักษรย่อ:** LABA; Long-acting Beta₂ agonists, SAAC; Short-acting anticholinergics, SABA; Short-acting beta₂ agonists, ICS; Inhaled corticosteroids, NA; Not available

ตาราง 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับความถี่ในการกำเริบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (n=249)

ปัจจัย	Incidence rate ratio (95% CI)	
	การวิเคราะห์ตัวแปรเดี่ยว	การวิเคราะห์พหุตัวแปร
อายุ		
น้อยกว่า 64 ปี	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)
64 ปีขึ้นไป	0.49 (0.22 to 1.08)	0.62 (0.31 to 1.26)
เพศ		
หญิง	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)
ชาย	1.25 (0.73 to 2.15)	1.33 (0.76 to 2.33)
สถานะการสูบบุหรี่		
ไม่เคยสูบบุหรี่	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)
เคยแต่เลิกสูบบุหรี่ไปแล้ว	0.82 (0.46 to 1.45)	0.65 (0.27 to 1.56)
ยังสูบบุหรี่อยู่ ณ ปัจจุบัน	0.40 (0.12 to 1.35)	0.52 (0.13 to 2.10)
สถานะการดื่มสุรา		
ไม่เคยดื่มสุรา	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)
เคยแต่เลิกดื่มสุราไปแล้ว	0.98 (0.55 to 1.97)	1.18 (0.49 to 2.81)
ยังดื่มสุราอยู่ ณ ปัจจุบัน	0.20 (0.06 to 0.64)	0.12 (0.02 to 0.64)
การมีโรคประจำตัวอื่น ๆ ร่วม		
ไม่มีโรคประจำตัวร่วม	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)	1.00 (กลุ่มอ้างอิง)
มีโรคประจำตัวร่วม	1.03 (0.60 to 1.76)	1.12 (0.69 to 1.81)
ดัชนีมวลกาย (ต่อ 1 กก./ม. ² ที่เพิ่มขึ้น)	0.99 (0.93 to 1.05)	0.97 (0.90 to 1.05)
ความดันโลหิต		
ค่าบน (ต่อ 1 มม.ปรอทที่เพิ่มขึ้น)	0.99 (0.98 to 1.00)	0.99 (0.97 to 1.01)
ค่าล่าง (ต่อ 1 มม.ปรอทที่เพิ่มขึ้น)	0.99 (0.98 to 1.01)	1.00 (0.97 to 1.03)
ระยะเวลาที่เป็นโรค (ต่อ 1 ปีที่เพิ่มขึ้น)	1.02 (0.95 to 1.09)	0.77 (0.71 to 0.83)
ยาที่ผู้ป่วยได้รับในปัจจุบัน		
Combined SABA + SAAC	NA	NA
SABA	2.36 (1.10 to 5.06)	1.60 (0.74 to 3.46)
Combined LABA + ICS	7.73 (4.11 to 14.56)	3.95 (1.71 to 9.15)
Inhaled corticosteroids	1.11 (0.64 to 1.90)	1.59 (0.93 to 2.73)
Theophylline	NA	NA

หมายเหตุ: *Incidence rate ratio ของความถี่ในการกำเริบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (จำนวนครั้งหรืออัตรา), ตัวเลขหนาแสดงถึงค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value<0.05), NA: ไม่สามารถวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ อักษรย่อ: LABA; Long-acting Beta₂ agonists, AC; Anticholinergic, SABA; Short-acting beta₂ agonists, ICS; Inhaled corticosteroids, NA; Not available

วิจารณ์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงตัดขวางเพื่อหาความชุกและปัจจัยที่สัมพันธ์กับการกำเริบของปอดอุดกั้นเรื้อรังในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังจำนวน 249 คน ซึ่งเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 1 ต.ค. 61 ถึง 30 เม.ย. 63 โดยผลการศึกษาพบว่าความชุกของการกำเริบของปอดอุดกั้นเรื้อรังคิดเป็นร้อยละ 48.6 ของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทั้งหมด และปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเพิ่มความเสี่ยงของการกำเริบเฉียบพลัน ได้แก่ การได้รับยาสูดพ่นที่เป็นยาในรูปแบบผสมระหว่างยาขยายหลอดลมกลุ่ม β_2 agonists ชนิดออกฤทธิ์ยาวร่วมกับยาสเตียรอยด์ ส่วนปัจจัยที่สัมพันธ์กับความถี่ในการกำเริบของโรคที่ลดลง ได้แก่ ระยะเวลาการเป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและการดื่มสุรา

ในงานวิจัยนี้พบผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังร้อยละ 48.6 ที่มีการกำเริบอย่างน้อยหนึ่งครั้งตลอดช่วงระยะเวลาเก็บข้อมูลซึ่งต่ำกว่าผลการศึกษาของ Müllerova และคณะ ที่รายงานอัตราการกำเริบเฉียบพลันไว้สูงถึงร้อยละ 74 โดยค่าที่แตกต่างกันนี้น่าจะเป็นผลมาจากช่วงระยะเวลาเก็บข้อมูลในการศึกษาของเราที่สั้นกว่า (~1.6 ปี) เปรียบเทียบกับระยะเวลาของการศึกษาก่อนหน้า (3 ปี) [5]

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่สัมพันธ์กับความเสี่ยงและความถี่ในการกำเริบเฉียบพลันในการศึกษานี้พบว่าปัจจัยเรื่องยาที่ผู้ป่วยได้รับ (Seretide®) ซึ่งสัมพันธ์กับความเสี่ยงในการเกิดโรคกำเริบที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่พฤติกรรมการดื่มสุรากลับเป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับความถี่ในการกำเริบที่ลดลง ปรากฏการณ์นี้อาจอธิบายได้จากการเกิดความสัมพันธ์ย้อนกลับ (reverse causality) กล่าวคือ ในประเทศไทย ยาขยายหลอดลมกลุ่ม β_2 agonists ชนิดออกฤทธิ์ยาวร่วมกับยาสเตียรอยด์ (Seretide®) มักถูกสั่งใช้ในผู้ป่วยที่มีอาการของโรคปอดอุดกั้นระยะรุนแรง ซึ่งมักมีความเสี่ยงต่อการกำเริบของโรคสูงอยู่แล้ว ดังการศึกษาของ García-Sanz และคณะ [11] และ Alexopoulos และคณะ [12] อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบกับผลจากงานวิจัยทางคลินิกหลักของยาดังกล่าว (TORCH trial) ที่แสดงให้เห็นว่า salmeterol/fluticasone ลดอัตราการกำเริบเฉียบพลันลง 25% เมื่อเทียบกับยาหลอก (HR

0.75 [95% CI 0.69 to 0.81]) [17] ซึ่งให้ เห็นว่าความสัมพันธ์ที่พบในการศึกษาของเราจะเป็นผลจากความสัมพันธ์ย้อนกลับ ในแง่ของการดื่มสุรานั้นโดยทั่วไปผู้ป่วยซึ่งอาการของโรคยังไม่รุนแรง อาจสามารถดื่มสุราตามปกติได้ แต่ในผู้ซึ่งมีอาการของโรครุนแรง มักเป็นสาเหตุให้ต้องหยุดดื่มสุรา ทำให้ผลการวิเคราะห์พบว่าการดื่มสุราสัมพันธ์กับความถี่ในการกำเริบที่ลดลง แต่ไม่ได้หมายความว่า การดื่มสุราจะเป็นปัจจัยที่ช่วยลดความถี่ในการกำเริบของโรคแต่อย่างใด

ในแง่ของระยะเวลาการเป็นโรคที่ยาวนานขึ้นที่พบว่าสัมพันธ์กับความถี่ในการกำเริบที่ลดลงนั้น อาจอธิบายได้จากอคติจากการรอดชีพ (survival bias) กล่าวคือ ผู้ป่วยที่เป็นโรคนานแต่ยังมีชีวิตอยู่ อาจสะท้อนถึงการมีพยากรณ์โรคที่ดี ความถี่ในการกำเริบจึงอาจน้อยกว่าคนที่เพิ่งเป็นโรคและยังควบคุมอาการของโรคได้ไม่ดีนัก ซึ่งพบว่าขัดแย้งกับการศึกษาของ Palanupap และคณะ [18] ซึ่งรายงานว่าระยะเวลาที่เป็นโรคนานกว่า 4 ปีสัมพันธ์กับความเสี่ยงในการกำเริบของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่เพิ่มขึ้น (OR 2.43 [95% CI 1.25 to 4.72]) เมื่อผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลเพิ่มเติมเฉพาะผู้ป่วยที่มีระยะเวลาการเป็นโรค 4 ปีขึ้นไป พบว่าก็มีแนวโน้มสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการกำเริบของโรคเช่นกัน (OR 1.56 [95% CI 0.85 to 2.87]) โดยความแตกต่างนี้อาจเป็นผลมาจากลักษณะของประชากรในการศึกษาที่แตกต่างกัน เนื่องจากในการศึกษาของเรา ผู้ป่วยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 77.9) เป็นโรคนานกว่า 4 ปี

การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่าแบบแผนการรักษาของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เป็นหนึ่งในปัจจัยที่สัมพันธ์กับความถี่ในการกำเริบเฉียบพลัน จึงควรมีการศึกษาในเชิงลึก เช่น การเก็บข้อมูลตามยาว (longitudinal) และวิเคราะห์ผลลัพธ์ในแง่ความเสี่ยงของการกำเริบซ้ำ โดยพิจารณาปัจจัยด้านยาที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา รวมทั้งการเพิ่มขนาดตัวอย่างในการศึกษา ทั้งนี้เพื่อนำมาพัฒนาแนวทางการดูแลรักษาและระบบการให้บริการเฉพาะโรคสำหรับผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าวต่อไป ในแง่ของการนำไปใช้ทางคลินิก ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความชุกของการ

กำเริบเฉียบพลันที่ค่อนข้างสูง (เกือบร้อยละ 50) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ที่เพิ่งได้รับการวินิจฉัย ซึ่งอาจนำไปสู่การวางแผนติดตามและให้การรักษาที่เข้มงวดขึ้นในคนไขกลุ่มนี้

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดที่สำคัญคือ ขาดข้อมูลระดับความรุนแรงของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในผู้ป่วยแต่ละราย ซึ่งอาจช่วยอธิบายความแตกต่างกับผลการศึกษาก่อนหน้าได้ดีขึ้น นอกจากนี้ การเก็บข้อมูลเชิงตัดขวางแบบย้อนหลังอาจทำให้พบความสัมพันธ์ย้อนกลับ จนนำไปสู่ข้อสรุปที่คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง รวมทั้งข้อมูลที่เก็บจากเวชระเบียน ซึ่งไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อการวิจัย ทำให้มีความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล รวมทั้งไม่มีนิยามของตัวแปรที่ชัดเจน เช่น การดื่มสุรา การสูบบุหรี่ ขึ้นกับผู้ตีความ (ส่วนใหญ่เป็นพยาบาล ณ จุดตรวจ) ผู้ป่วยแต่ละราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งนิยามของการวินิจฉัยการกำเริบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ที่ขึ้นกับความเชี่ยวชาญของแพทย์แต่ละคน จึงอาจนำไปสู่อคติเชิงข้อมูล (information bias) และการจำแนกผิดกลุ่ม (misclassification) ได้ เช่น ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาที่แผนฉุกเฉินด้วยภาวะหายใจหอบเหนื่อย อาจเป็นผลมาจากโรคหัวใจล้มเหลวกำเริบ แต่อาจถูกวินิจฉัยเป็นการกำเริบของปอดอุดกั้นเรื้อรังแทนได้ ทั้งนี้การจำแนกผิดดังกล่าวมีลักษณะเป็น non-differential misclassification ซึ่งนำไปสู่อคติในทิศทางที่ลดความแรงของความสัมพันธ์ลง (bias towards the null) ดังจะเห็นได้จากความสัมพันธ์ของตัวแปรส่วนใหญ่ที่พบในการศึกษานี้ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

หากพิจารณาข้อจำกัดในแง่ของอำนาจทางสถิติ เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีขนาดตัวอย่างและจำนวนคนเกิดผลลัพธ์ที่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนปัจจัยที่ศึกษา (แม้จะใช้ข้อมูลจากผู้ป่วยทุกรายในฐานข้อมูลของโรงพยาบาลแล้วก็ตาม) เมื่อคำนวณค่า event per variable (EPV) พบว่ามีค่าน้อยกว่า 10 จึงอาจสะท้อนถึงอำนาจทางสถิติที่ไม่เพียงพอที่จะตรวจพบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สนใจกับผลลัพธ์ที่ศึกษา [19] นอกจากนี้แม้จะมีหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของยาในกลุ่ม long-acting muscarinic

antagonists (LAMA) ทั้งที่ถูกใช้เป็นยาเดี่ยว เช่น tiotropium bromide [7] หรือยาสูตรผสมระหว่าง LAMA และยาขยายหลอดลมกลุ่ม β_2 agonists ชนิดออกฤทธิ์ยาว เช่น tiotropium/olodaterol ต่อการเพิ่มการทำงานของปอด เพิ่มคุณภาพชีวิต และลดอาการตลอดจนการเกิด AECOPD ได้ [20–22] แต่ยากลุ่มดังกล่าว ยังไม่ถูกนำมาใช้ในโรงพยาบาลที่ศึกษาในระหว่างการเก็บข้อมูล ส่งผลให้ไม่มีข้อมูลการใช้ยาในกลุ่มดังกล่าวในการศึกษานี้

กล่าวโดยสรุป การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความชุกของการกำเริบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในโรงพยาบาลชุมชนถึงร้อยละ 48.6 โดยปัจจัยด้านยาที่ผู้ป่วยได้รับพบว่ามีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงในการกำเริบของโรค ในขณะที่ระยะเวลาการเป็นโรคและพฤติกรรมการดื่มสุรา พบว่าเป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับความถี่ในการกำเริบของโรค แม้ความสัมพันธ์ที่พบนี้อาจเป็นผลจากความสัมพันธ์ย้อนกลับและอคติจากการรอดชีพ แต่ในผู้ป่วยที่เพิ่งได้รับการวินิจฉัยซึ่งพบว่าสัมพันธ์กับความถี่ในการกำเริบที่สูงขึ้น อาจสะท้อนถึงความจำเป็นที่จะต้องปรับแผนการติดตามและการให้การรักษาคงต้องใกล้ชิดและเข้มงวดขึ้นในผู้ป่วยกลุ่มนี้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณโรงพยาบาลจุนและบุคลากรทางการแพทย์ของโรงพยาบาลที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลของผู้ป่วย รวมถึงเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวกในการศึกษานี้เป็นอย่างดี โดยงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และมหาวิทยาลัยพะเยา (หมายเลขทุน: FF64-UoE018)

เอกสารอ้างอิง

1. Barbara W, Joseph D, Terry S, Cecily D. Pharmacotherapy handbook. 9th ed. New York]: McGraw-Hill Education; 2014.
2. World Health Organization. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) [Internet]. [cited 2021 Apr 18]. Available from: <http://www.emro.who.int/health-topics/chronic-obstructive-pulmonary-disease-copd/index.html>
3. Mathers CDD, Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. PLoS Med. 2006;3(11):e442.
4. Service Plan COPD. Guideline for the management of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Phayao: Phayao Provincial Public Health Office in collaboration with Phayao Hospital; 2020.
5. Müllerova H, Maselli DJ, Locantore N, Vestbo J, Hurst JR, Wedzicha JA, et al. Hospitalized exacerbations of COPD: risk factors and outcomes in the ECLIPSE cohort. Chest. 2015;147(4):999–1007.
6. Roberts M, Mapel D, Von Worley A, Beene J. Clinical factors, including all patient refined diagnosis related group severity, as predictors of early rehospitalization after COPD exacerbation. Drugs Context. 2015;4:1–15.
7. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease 2021 report [Internet]. 2021 [cited 2021 Aug 10]. Available from: https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2020/11/GOLD-REPORT-2021-v1.1-25Nov20_WMV.pdf
8. Guideline for the treatment of chronic obstructive pulmonary disease 2017. Bangkok: Thoracic Society of Thailand Under Royal Patronage; 2017.
9. Hwang Y Il, Lee SH, Yoo JH, Jung BH, Yoo KH, Na MJ, et al. History of pneumonia is a strong risk factor for chronic obstructive pulmonary disease (COPD) exacerbation in South Korea: the Epidemiologic review and Prospective Observation of COPD and Health in Korea (EPOCH) study. J Thorac Dis. 2015;7(12):2203–13.
10. Garcia-Aymerich J, Farrero E, Félez MA, Izquierdo J, Marrades RM, Antó JM. Risk factors of readmission to hospital for a COPD exacerbation: a prospective study. Thorax. 2003;58(2):100–5.
11. García-Sanz MT, Pol-Balado C, Abellás C, Cánive-Gómez JC, Antón-Sanmartín D, González-Barcala FJ. Factors associated with hospital admission in patients reaching the emergency department with COPD exacerbation. Multidiscip Respir Med. 2012;7(1):6.
12. Alexopoulos EC, Malli F, Mitsiki E, Bania EG, Varounis C, Gourgoulis KI. Frequency and risk factors of COPD exacerbations and hospitalizations: a nationwide study in Greece (Greek Obstructive Lung Disease Epidemiology and health economics: GOLDEN study). Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2015;10:2665–74.

13. Pothirat C, Pothirat T, Liwsrisakun C, Bumroongkit C, Deesomchok A, Theerakittikul T, et al. Risk factors of severe acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease among patients regularly managed by pulmonologists. *J Med Assoc Thai.* 2017;100(2):142–8.
14. Vatcheva KP, Lee M, McCormic JB, Rahbar MH. Multicollinearity in regression analyses conducted in epidemiologic studies. *Epidemiology.* 2016;6(2):1–9.
15. Sterne JAC, White IR, Carlin JB, Spratt M, Royston P, Kenward MG, et al. Multiple imputation for missing data in epidemiological and clinical research: potential and pitfalls. *BMJ.* 2009;338:b2393.
16. Carpenter J, Kenward M. Multiple imputation and its application. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons; 2013.
17. Calverley PMA, Anderson JA, Celli B, Ferguson GT, Jenkins C, Jones PW, et al. Salmeterol and fluticasone propionate and survival in chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med.* 2007;356(8):775–89.
18. Palanupap K, Wacharamaneekan K, Khameiad T, Treetrisit P, Kantasa P, Chowjiriyapan K, et al. Risk factors associated 28-day readmission for a chronic obstructive pulmonary disease exacerbation. *Naresuan Phayao Journal.* 2016;9(2):13–6.
19. Peduzzi P, Concato J, Kemper E, Holford TR, Feinstein AR. A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. *J Clin Epidemiol.* 1996;49(12):1373–9.
20. Muraki M, Kunita Y, Shirahase K, Yamazaki R, Hanada S, Sawaguchi H, et al. A randomized controlled trial of long-acting muscarinic antagonist and long-acting β_2 agonist fixed-dose combinations in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *BMC Pulm Med.* 2021;21(1):1–8.
21. Calverley PMA, Anzueto AR, Carter K, Grönke L, Hallmann C, Jenkins C, et al. Tiotropium and olodaterol in the prevention of chronic obstructive pulmonary disease exacerbations (DYNAGITO): a double-blind, randomised, parallel-group, active-controlled trial. *Lancet Respir Med.* 2018;6(5):337–44.
22. Buhl R, Maltais F, Abrahams R, Bjermer L, Derom E, Ferguson G, et al. Tiotropium and olodaterol fixed-dose combination versus mono-components in COPD (GOLD 2-4). *Eur Respir J.* 2015;45(4):969–79.

บทความวิจัย (Research Article)**นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์สำหรับกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง**

อนรรฆอร จิตต์เจริญธรรม¹, ภาณิชา พงษ์นราทร¹, มิ่งกมล หงษ์awang¹, นฤวัตร ภาคดี¹, พงษ์สิทธิ์ กลางนอก², ศุภกร หีบทอง³ และ เพ็ญศิริ จันทรแอ^{1*}

Innovation of multi-purpose stretcher for myofascial pain syndrome

Anunkaorn Jitcharoentham¹, Panicha Pongnaratorn¹, Mingkamon Hongsawong¹, Naruwat Pakdee¹, Phongsit Klangnok², Supakorn Heebthong³ and Pensiri Chanae^{1*}

¹ Thai Traditional Medicine Rajamangala University of Technology Isan Sakonnakhon Campus, Sakonnakhon, 47160

² Mancha Khiri hospital, Mancha Khiri, Khon Kaen, 40160

³ Ban Kham Lo Health Promoting Hospital, Chaiwan, Udonthani, 41290

* Corresponding author: pigky1910@hotmail.com

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 61-72.

Received: 7 June 2021; Revised: 27 November 2022; Accepted: 14 December 2022

บทคัดย่อ

นวัตกรรมสามารถนำไปใช้ในโรงพยาบาล เพื่อเป็นการบริหารกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อ ช่วยในการป้องกัน และลดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อในผู้ป่วยได้ วัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อพัฒนานวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแขนและหัวไหล่ให้คลายตัวมากขึ้น เป็นการศึกษาการวิจัยกึ่งทดลอง ตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง จำนวน 40 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วยนวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ เครื่องตรวจวัดองศาไหล่ (Goniometer) แบบสอบถามผู้ป่วยกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง และการประเมินผลการรักษาทางคลินิก แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา และใช้สถิติ Paired Simple t-test เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง ในส่วนของค่าคะแนนระดับความเจ็บปวด ค่าองศาการเหยียดและการกางของข้อไหล่

ผลการวิจัย ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ เท่ากับ 7.5 คะแนน และหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนของความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ เท่ากับ 3.05 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดกล้ามเนื้อแขนและหัวไหล่ลดลง เท่ากับ 4.45 คะแนน ผลต่างของค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวในการเหยียดและการกางของข้อไหล่ 7.05, 10.95 องศา ตามลำดับ และค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจโดยภาพรวมของการใช้เครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 4.59 คะแนน นวัตกรรมใหม่สามารถนำไปใช้ในโรงพยาบาล เพื่อช่วยในการ บริหาร และยืดเหยียดกล้ามเนื้อได้ และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของประชาชนในการดูแลสุขภาพของตนเองเบื้องต้น

คำสำคัญ: นวัตกรรม, กลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง, การยืดเหยียด, อเนกประสงค์

¹ สาขาแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47160

² โรงพยาบาลมัญจาคีรี อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น 40160

³ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลคำเลาะ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ 41290

Abstract

Innovations can be applied in hospitals for exercise muscle can help to prevent and reduce muscle spasms in patients. The research objectives to develop innovation of multi-purpose stretcher machine for stretching muscles of arms and shoulders to increase relaxation. This study was quasi-experimental research for sample size included 40 patients with myofascial pain syndrome. The data collection tools consisted of an innovative multi-purpose stretcher such as Goniometer, questionnaire for myofascial pain syndrome and clinical treatment evaluation. The experimental results were analyzed using descriptive statistics and the Paired Simple t-test to compare results before and after the experiment of subjects pain scale, the degree of range of motion for extension and abduction in the shoulder joint.

Results: Before the experiment mean muscle pain scale was 7.5 points and after the experiment the mean muscle pain scale was 3.05 points. When compared, the mean difference in arm and shoulder pain scores decreased was 4.45 points. The difference of the mean degree of movement in extension and abduction of the shoulder joint was 7.05, 10.95 degrees, respectively. Moreover, mean score of overall satisfaction with the use of the multi-purpose stretcher machine in the experimental group was 4.59 score. New innovation can be applied in hospitals for exercise and stretching the muscles to be strengthened. and alternative for people to primary health care.

Keywords: Innovation, Myofascial pain syndrome, Stretch, Multiple

บทนำ

ในปัจจุบันกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อและพังผืด (myofascial pain syndrome: MPS) เป็นโรคทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่พบได้บ่อย และส่งผลให้เกิดอาการปวดเรื้อรัง [1] และพบประมาณร้อยละ 30 ในคลินิกเวชปฏิบัติทั่วไป [2] นอกจากนี้กลุ่มอาการนี้มักพบในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย [1] ส่วนใหญ่อยู่ในวัยทำงาน ช่วงอายุ 25-50 ปี [3] ในปี พ.ศ.2560 พบผู้ป่วยโรคกระดูกและกล้ามเนื้อ เฉพาะรายที่เกี่ยวข้องกับภาวะการทำงาน จำนวน 100,743 ราย คิดเป็นอัตราป่วยต่อประชากรแสนราย เท่ากับ 167.22 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2559 ที่พบผู้ป่วยโรคกระดูกและกล้ามเนื้อ เฉพาะรายที่เกี่ยวข้องกับภาวะการทำงาน จำนวน 81,226 ราย (อัตราป่วย 135.26 ต่อประชากรแสนราย) โดยจังหวัดขอนแก่นมีอัตราป่วยสูงสุด (1,221.48) รองลงมา ได้แก่ จังหวัดสกลนคร (1,103.80) และร้อยเอ็ด (815.00) ตามลำดับ ส่วนจังหวัดที่พบว่ามีจำนวนผู้ป่วยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น (22,008) สกลนคร (12,649)

และร้อยเอ็ด (10,660) ตามลำดับ [4] โรคหรือกลุ่มอาการเอ็มพีเอส คือ กลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อพังผืด โดยเป็นกลุ่มอาการปวดร้าว (Referred pain) หรืออาการของระบบประสาทอัตโนมัติ เนื่องจากมีจุดปวด/จุดกดเจ็บ (Trigger point) ที่กล้ามเนื้อหรือเนื้อเยื่อพังผืด โดยพบร่วมกับภาวะกล้ามเนื้อหดตัว (Muscle spasm) และอาจจะเป็นสาเหตุอาการปวดจากระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในผู้ป่วยที่ปวดเรื้อรังมากที่สุด สาเหตุที่ทำให้เกิดโรค คือ การใช้กล้ามเนื้อมัดที่เกิดอาการผิดท่าทางซ้ำๆ เป็นระยะเวลานานๆ และต่อเนื่อง ซึ่งปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดอาการปวด หรือปัจจัยที่ทำให้อาการรุนแรงขึ้น คือ การใช้กล้ามเนื้ออย่างหนัก ใช้นาน และต่อเนื่องซ้ำๆ โดยไม่มีการพัก ซึ่งมีทั้งการปวดแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง คือ กลุ่มเฉียบพลันจะปวดมานานไม่เกิน 2 เดือน กลุ่มกึ่งเฉียบพลัน อาการจะเป็นมาประมาณ 2-6 เดือน และกลุ่มเรื้อรัง อาการมักเกิดนานมากกว่า 6 เดือนขึ้นไป [5] จากงานวิจัยของปิยภรณ์ รุ่งโสภณ,เจริญ กระบวนรัตน์ และราตรี เรืองไทย เมื่อปี 2557 ได้ทำการศึกษา

การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยยางยืดเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความอดทนที่มีต่อช่วงการเคลื่อนไหวข้อไหล่ในผู้ป่วยหญิงที่มีภาวะข้อไหล่ติดแข็ง พบว่าใช้ระยะเวลาในการทดลอง 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ผลปรากฏว่าการออกกำลังกายด้วยยางยืดสามารถเพิ่มความแข็งแรงของข้อไหล่ [6]

นวัตกรรมด้านการแพทย์และสาธารณสุข ได้แก่ การส่งเสริมสุขภาพ การป้องกันโรค การตรวจคัดกรอง การวินิจฉัยโรค การรักษาโรค และการฟื้นฟูสุขภาพสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภท ซึ่งในยุค 4.0 นี้ จะมุ่งเน้นเป็นนวัตกรรมสร้างใหม่ (Radical innovation) เป็นนวัตกรรมพื้นฐานสำคัญที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความพยายามระหว่างภาครัฐกิจและบริษัทที่พัฒนาเทคโนโลยีทำให้เกิดการสร้างสิ่งใหม่ทั้งหมด เป็นการค้นพบสิ่งใหม่ สร้างสิ่งใหม่ ที่ยังไม่มีตลาดรองรับจัดเป็นนวัตกรรมสร้างขึ้นใหม่ ซึ่งต้องการการแพร่กระจายของนวัตกรรมระดับกว้าง [7]

โรงพยาบาลการแพทย์แผนไทยสกลนคร หลวงปู่แป๊ะ สุภทโท เป็นโรงพยาบาลที่อยู่ภายใต้การดูแลของกระทรวงศึกษาธิการ และอยู่ในการควบคุมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จากการสำรวจข้อมูลการเข้ารับการรักษาของผู้ป่วยในโรงพยาบาลเบื้องต้นพบว่า มีผู้ป่วยที่มารับบริการด้วยกลุ่มอาการเอนพีเอส ซึ่งเป็นกลุ่มอาการที่มีผู้ป่วยเข้ารับการรักษามากที่สุด โดยเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2559 มีผู้เข้ารับการรักษาแบ่งเป็นเพศชาย 309 ราย เพศหญิง 647 ราย พ.ศ.2560 มีผู้เข้ารับการรักษาแบ่งเป็นเพศชาย 313 ราย เพศหญิง 612 ราย และในปี พ.ศ.2561 มีผู้เข้ารับการรักษาแบ่งเป็นเพศชาย 328 ราย เพศหญิง 576 ราย ผู้วิจัยได้พบเห็นเครื่องนวัตกรรมทางกายภาพบำบัด Shoulder Wheel ที่ใช้บริหารข้อไหล่ จึงสนใจที่จะทำเครื่องนวัตกรรมยืดเหยียดอเนกประสงค์เพื่อเป็นการ บูรณาการร่วมกับกระบวนการรักษาทางศาสตร์การแพทย์แผนไทย และเมื่อสำรวจสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปยังพบว่าในแต่ละแผนกของโรงพยาบาลการแพทย์แผนไทยสกลนคร หลวงปู่แป๊ะ สุภทโท ยังไม่มีการใช้เครื่องบริหารร่างกายร่วมกับการรักษาโรคทางด้านแพทย์แผนไทย [8] จากงานวิจัยของณัฏกานต์ อินต๊ะรินทร์,สาโรจน์

ประพรมมา เมื่อปี 2561 ทำการวิจัยเรื่องประสิทธิผลการรักษาทางกายภาพบำบัดร่วมกับการออกกำลังกายโดยใช้ Shoulder Wheel ในผู้ป่วยที่มีภาวะข้อไหล่ติด ก่อนได้รับโปรแกรมกายภาพบำบัดผู้ป่วยที่มีภาวะข้อไหล่ติด มีค่าเฉลี่ยความเจ็บปวดเท่ากับ 7.83 (95% CI: 7.51, 8.15) หลังได้รับโปรแกรมกายภาพบำบัด 4 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.73 (95% CI: 0.41, 1.05), ส่วนการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ ก่อนได้รับโปรแกรมกายภาพบำบัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 130.30 (95% CI: 125.36, 135.24) หลังได้รับโปรแกรมกายภาพบำบัด 4 สัปดาห์ เท่ากับ 176.67 (95% CI: 171.73, 181.60) โดยทั้งอาการเจ็บปวดและการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ มีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การให้การรักษาทางกายภาพบำบัดร่วมกับการออกกำลังกาย ด้วย Shoulder wheel ที่ประดิษฐ์ขึ้นมา สามารถลดอาการปวดและเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่ากลุ่มอาการเอนพีเอสอาจจะส่งผลต่อสุขภาพ และทำให้เกิดการเจ็บป่วยตามมา และอัตราความชุกของโรคที่สูงขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะคิดค้นนวัตกรรมใหม่ เพื่อเป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนการนวดรักษา ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความยืดหยุ่นและลดอาการปวด หลังการรักษาของผู้ป่วยกลุ่มนี้ได้อีกด้วย และสามารถนำนวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์นี้ไปใช้ร่วมกับการรักษาโรคได้อีกด้วย

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษารังนี้เพื่อพัฒนานวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์สำหรับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแขนและหัวไหล่ และทำการเปรียบเทียบค่าระดับความปวดของกล้ามเนื้อก่อนและหลังการทดลอง และเป็นการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์

วิธีการศึกษา

จากข้อมูลการเข้ารับการรักษา ณ โรงพยาบาลการแพทย์แผนไทยสกลนคร หลวงปู่แป๊ะ สุภทโท มีผู้ป่วยกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง จำนวน 2,254 รายเนื่องจากผู้ป่วยมีจำนวนมาก ในการคำนวณกลุ่มตัวอย่างใช้สูตร Taro Yamane ได้จำนวน 340 ราย

จากการคำนวณกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยจึงเลือกเก็บข้อมูลผู้ป่วยโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจำนวน 40 ราย ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2560 ถึง 31 ตุลาคม 2561

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการทดลองตามรูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experimental) แบบ One group pretest-posttest design โดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง โดยกลุ่มตัวอย่างต้องได้การตรวจคัดกรอง และวินิจฉัยจากแพทย์แผนไทยว่าเป็นกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง จำนวน 40 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือทดลอง คือ นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง และเครื่องตรวจวัดองศาไหล่ ใช้เป็นเครื่องวัดมุม (Goniometer)

2. เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

2.1 แบบสอบถามผู้ป่วยกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังและการประเมินผลการรักษาทางคลินิกที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นเอง คือ ส่วนที่ 1 ส่วนที่ 3 และส่วนที่ 2 แบบประเมิน Visual rating scales: VRS [9]

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป มีทั้งหมดจำนวน 13 ข้อ

ส่วนที่ 2 การประเมินความเจ็บปวดก่อนและหลังการใช้เครื่องยืดเหยียดเนกประสงค์ ใช้แบบประเมินความเจ็บปวดแบบ Visual rating scales: VRS

ส่วนที่ 3 แบบประเมินทำการเคลื่อนไหว และการตรวจอาการเคลื่อนไหวก่อนและหลังการทดลองในการใช้นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง และแบบประเมินความพึงพอใจ ซึ่งแบบประเมินความพึงพอใจมีทั้งหมด 2 ด้าน โดยแบ่งเป็นด้านคุณภาพจำนวน 4 ข้อ และด้านประสิทธิภาพจำนวน 6 ข้อ

2.2 กล้องถ่ายภาพสำหรับใช้เก็บข้อมูล สมุดจดบันทึกข้อมูล เครื่องบันทึกเสียง

การหาคุณภาพของเครื่องมือ

1. ด้านนวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง

นำแบบประเมินนวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ของงานวิจัยกับสิ่งที่ต้องการประเมิน ความชัดเจนของคำถาม ความถูกต้องด้านภาษาและปรับปรุงตามคำแนะนำและรวบรวมข้อมูลข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ มาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence) ซึ่งมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ข้อคำถามนั้นวัดได้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการ นำไปใช้ได้ [10]

2. ด้านแบบสอบถามของงานวิจัย

นำแบบประเมินแบบสอบถามของงานวิจัย นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ของงานวิจัยกับแบบสอบถามที่ต้องการประเมิน ความชัดเจนของคำถาม ความถูกต้องด้านภาษาและรวบรวมข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence) ซึ่งมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ข้อคำถามนั้นวัดได้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการนำไปใช้ได้ [10]

ประชากรและตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้ผู้ป่วยกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง ที่มารับการรักษา ณ โรงพยาบาลการแพทย์แผนไทยสกลนคร หลวงปู่แป็บ สุภโท ตำบลปลาไหล อำเภวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร ผู้วิจัยจึงเลือกเก็บข้อมูลผู้ป่วยกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง โดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจำนวน 40 ราย ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2560 ถึง 31 ตุลาคม 2561 โดยมีการใช้เกณฑ์การคัดกลุ่มอาสาสมัครดังนี้

เกณฑ์การคัดเข้าของกลุ่มตัวอย่าง (Inclusion criteria)

- 1) กลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจวินิจฉัยจากแพทย์แผนไทยว่าเป็นโรคกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง
- 2) เป็นเพศชายและเพศหญิง อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 20 – 50 ปี
- 3) อ่านภาษาไทยออก เขียนได้
- 4) บริเวณที่มีอาการปวด คือบริเวณกล้ามเนื้อ ป่า (Trapezius) มัด Upper trapezius และมัด Middle trapezius กล้ามเนื้อหัวไหล่ (Posterior Deltoid) ต้องเป็นผู้ที่มีอาการปวดบริเวณใดบริเวณหนึ่งก็สามารถเข้าร่วมโครงการได้
- 5) ระดับความเจ็บปวดก่อนเข้ารับการรักษา อยู่ที่ระดับ 5 ขึ้นไป และมีมุมการเหยียดข้อไหล่ (Extension) น้อยกว่า 50 องศา และมุมการกางออก (Abduction) น้อยกว่า 180 องศา
- 6) มีอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังมาไม่น้อยกว่า 3 เดือน
- 7) ติดตามผลการรักษาครบ 3 ครั้ง

เกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่าง (Exclusion criteria)

- 1) ผู้ป่วยที่เป็นโรคกระดูกพรุน
- 2) ผู้ป่วยที่เป็นโรคกระดูกข้อต่อหลวม บริเวณข้อต่อแบบเลื่อน (Gliding joint) ข้อต่อแบบลูกกลม และเป้า (Gall and socket joint) รวมทั้งข้อต่อแบบบานพับ (Hinge joint)
- 3) ผู้ป่วยที่เป็นโรคหมอนรองกระดูกคอเคลื่อนกดทับเส้นประสาท
- 4) ผู้ป่วยที่เป็นโรคกระดูกต้นคอเสื่อม
- 5) ผู้ที่มีภาวะตั้งครรภ์
- 6) ผู้ป่วยที่เป็นโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง
- 7) ผู้ป่วยที่มีอาการกล้ามเนื้ออักเสบเฉียบพลัน

ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม

การวิจัยนี้ผ่านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสกลนครเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2563 เอกสารรับรองเลขที่ SKN REC 2020-002 รหัสโครงการ 017-2562

ขั้นตอนการประดิษฐ์นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง

- 1) ออกแบบนวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง เพื่อบรรเทาอาการปวดของกล้ามเนื้อเรื้อรัง เพื่อหารูปแบบของนวัตกรรมที่เหมาะสม
- 2) ปรึกษาหารือเรื่องการประดิษฐ์ นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง กับอาจารย์นครินทร์ ศรีปัญญา เป็นอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร เพื่อทำความเข้าใจในรูปแบบของโครงสร้างเครื่อง
- 3) ศึกษาหาหลักทรงกลมที่มีความขนาดเหมาะสม ที่จะนำมาประกอบเป็นโครงเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง
- 4) ศึกษาอุปกรณ์ เช่น บันไดและขาจักรยาน เหล็กโปร่งกลมและเหลี่ยม เบาะที่ใช้รองรับน้ำหนัก पुलเลย์ สายพาน บูทจักรยาน เป็นต้น เพื่อประกอบเป็นระบบการทำงานของเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง
- 5) ทำการคำนวณงบประมาณ และค่าใช้จ่ายในการประดิษฐ์ นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง
- 6) ทำการประดิษฐ์ นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังโดยมีการประดิษฐ์เครื่องยืดเหยียดที่สามารถถอด พับเก็บได้ และสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก เหมาะแก่การพกพาได้ง่าย อีกทั้งนวัตกรรมเครื่องยืด

เหยียดอเนกประสงค์ยังสามารถใช้ในการบริหารกล้ามเนื้อในส่วนบริเวณของขาได้ โดยให้ช่างผู้ชำนาญด้านการเชื่อมเหล็กและผู้เชี่ยวชาญด้านระบบการทำงานของเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง ดังรูป 1



รูป 1 นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

มีการจัดการทดลองดังกล่าวตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง โดยมีระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยทั้งหมด 5 เดือน ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

เดือนที่ 1 ศึกษาวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาประดิษฐ์เป็นนวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง

เดือนที่ 2 ลงมือประดิษฐ์ นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อ ตรวจสอบความเที่ยงของเครื่องมือด้านเครื่องยืดเหยียดจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน ทำการประเมินผลการทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือ พร้อมทั้งทำการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เดือนที่ 3 ตรวจสอบคุณภาพของนวัตกรรม โดยการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการทดลองใช้เครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์กับกลุ่มอาสาสมัครสุขภาพดี จำนวน 40 ราย ที่มารับบริการ ณ โรงพยาบาลการแพทย์แผนไทยสกลนคร หลวงปู่

แฟบ สุภัทโท ใช้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถามประมาณ 30 นาที และรวบรวมแบบสอบถามความพึงพอใจมาวิเคราะห์ผลและปรับปรุงแก้ไขในนวัตกรรมเพื่อประสิทธิภาพในการทดลองใช้กับกลุ่มทดลองโดยตรง

เดือนที่ 4 ดำเนินการทดลองกับกลุ่มทดลองจำนวน 40 ราย โดยในแต่ละรายนั้นจะต้องได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์แผนไทยว่าเป็นโรคกล้ามเนื้อเรื้อรังผู้ป่วยที่เป็นโรคกล้ามเนื้อเรื้อรังนั้นจะต้องทดลองใช้เครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง จำนวน 3 ครั้ง คือทำวันจันทร์ พุธ ศุกร์ ในสัปดาห์เดียวกัน โดยแพทย์แผนไทยและผู้วิจัยเป็นผู้แนะนำการยืดเหยียดของกล้ามเนื้อ ผู้วิจัยทำการประเมินระดับอาการเจ็บปวดก่อนการทดลองเมื่อประเมินเสร็จแล้ว ผู้วิจัยจะโดยจะยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Trapezius) มัด Upper trapezius และมัด Middle trapezius กล้ามเนื้อหัวไหล่ (Posterior Deltoid)

โดยให้กลุ่มอาสาสมัครใช้มือข้างขวาจับตัวหมุนในลักษณะหงายมือโดยทำการหมุน 5 ครั้งและค้างไว้ประมาณ 10 วินาที ในกรณีที่มีความตึงตัวของกล้ามเนื้อมาก ควรเริ่มต้นยืดเหยียดค้างไว้ 7 วินาทีขึ้นไป ซึ่งทำให้ใช้ในการหมุนประยุกต์มาจากทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว/เคลื่อนที่กลุ่มกล้ามเนื้อหัวไหล่ โดยทำซ้ำ 4 รอบ จากนั้นให้กลุ่มอาสาสมัครใช้มือข้างซ้ายจับตัวหมุนในลักษณะหงายมือโดยทำการหมุน 5 ครั้งและค้างไว้ประมาณ 10 วินาที ในกรณีที่มีความตึงตัวของกล้ามเนื้อมาก ควรเริ่มต้นยืดเหยียดค้างไว้ 7 วินาทีขึ้นไป ซึ่งทำให้ใช้ในการหมุนประยุกต์มาจากทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว/เคลื่อนที่กลุ่มกล้ามเนื้อหัวไหล่ เมื่อทำการยืดเหยียดเสร็จแล้ว ประมาณ 10 นาที ผู้วิจัยจะทำการประเมินระดับอาการเจ็บปวดหลังการใช้เครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง พร้อมกับวัดองศาการยืดเหยียดของหัวไหล่ก่อนและหลังการใช้เครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง โดยทำการวัดมุมของหัวไหล่ในท่า shoulder flexion-extension และให้อาสาสมัครทำการประเมินความพึงพอใจหลังการใช้เครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ของกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร

เดือนที่ 5 วิเคราะห์และแปลผลข้อมูล สรุปผล
การดำเนินวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไป และผลของการประเมินความ
พึงพอใจต่อการใช้นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียด
อเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง ใช้
สถิติพรรณนาในการแจกแจงความถี่เป็นค่าร้อยละ
ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ผลของการประเมินผลคะแนนระดับความ
เจ็บปวดของกล้ามเนื้อแขน และหัวไหล่ (Pain scale)
และผลการประเมินทำการเคลื่อนไหวและการตรวจ
องศาการเคลื่อนไหวก่อนและหลังการทดลองด้วยสถิติ
Paired simple t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$

3. ผลของการประเมินความพึงพอใจต่อการ
ใช้นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่ม
อาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง ใช้สถิติพรรณนาในการ
แจกแจงความถี่เป็นค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยง
เบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

กลุ่มทดลองส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ
62.5 มีอายุส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 41-50 ปี ร้อยละ 55
สถานภาพส่วนใหญ่สมรส ร้อยละ 82.5 สถานภาพทาง
ครอบครัวส่วนใหญ่มีสถานภาพคู่สมรสของหัวหน้า
ครอบครัว ร้อยละ 57.5 มีระดับการศึกษาสูงสุด พบว่า
ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ
32.5 อาชีพส่วนใหญ่ของกลุ่มทดลองมีอาชีพเกษตรกร
ร้อยละ 35 รายได้ส่วนตัวต่อเดือน พบว่า ในกลุ่ม
ทดลองส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,001-
15,000 บาท ร้อยละ 27.5 โรคประจำตัวกลุ่มทดลองไม่

มีโรคประจำตัว ร้อยละ 100 ระยะเวลาที่มีอาการปวด
กล้ามเนื้อเรื้อรังส่วนใหญ่มีระยะเวลาอาการปวด
มากกว่า 1 ปีขึ้นไป ร้อยละ 90 เคยได้รับการเข้ารับการ
รักษาอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังจากที่อื่น พบว่า ใน
กลุ่มทดลองไม่เคยเข้ารับการรักษาอาการ

ปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง ร้อยละ 100 พฤติกรรมที่
ก่อให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง พบว่า ในกลุ่ม
ทดลองส่วนใหญ่มีพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดอาการปวด
กล้ามเนื้อเรื้อรัง

จากอิริยาบถจากการทำงานร่วมกับความ
เสื่อมของร่างกาย ร้อยละ 57.5 การเคยเข้ารับการ
รักษาอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังโดยการรับประทุษ
ยาจากแพทย์แผนปัจจุบัน พบว่า ในกลุ่มทดลองส่วนใหญ่
เคยรับประทุษยาจากแพทย์แผนปัจจุบัน ร้อยละ
90 อาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังรบกวนการใช้
ชีวิตประจำวัน พบว่า ในกลุ่มทดลองส่วนใหญ่อาการ
ปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังรบกวนการใช้ชีวิตประจำวัน
ร้อยละ 80 ตามลำดับ

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของ
ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อหลังจากการใช้
เครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ภายในกลุ่มทดลอง
มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

พบว่าการทดลองมีค่าเฉลี่ยระดับความ
เจ็บปวดของกล้ามเนื้อ เท่ากับ 7.5 ± 0.55 คะแนนหลัง
การทดลองมีค่าเฉลี่ยระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ
เท่ากับ 3.05 ± 0.78 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อก่อนและหลังการ
ทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยระดับความเจ็บปวดหลังการ
ทดลองมีค่าระดับความเจ็บปวดลดลงกว่าก่อนการ
ทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า
ผลต่างของค่าเฉลี่ยระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ
เท่ากับ 4.45 คะแนน (95% CI : 4.69 ถึง 4.21)
ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อหลังจากการใช้เครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ภายในกลุ่มทดลอง (ก่อนและหลังการทดลอง)

ระดับความปวด	n	$\bar{X}$	S.D.	Mean Difference	t	p-value
กลุ่มทดลอง						
ก่อนการทดลอง	40	7.5	0.55	4.45	-37.56	p<0.0000
หลังการทดลอง	40	3.05	0.78			

95% CI : 4.69 ถึง 4.21

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยขององศาการเคลื่อนไหวในท่าเหยียดข้อไหล่ (Extension) ภายในกลุ่มทดลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กลุ่มทดลอง พบว่าก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวในท่าเหยียดข้อไหล่ (Extension) เท่ากับ 42.90 ± 2.64 องศา หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวในท่าเหยียดข้อไหล่ เท่ากับ 49.95 ± 0.22 องศา เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยองศาการ

เคลื่อนไหวในท่าเหยียดข้อไหล่ก่อนและหลังการทดลอง พบว่า หลังการทดลองมีองศาการเคลื่อนไหวในท่าเหยียดข้อไหล่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวในการเหยียดข้อไหล่ เท่ากับ 7.05 องศา (95% CI : 6.21 ถึง 7.89) ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยขององศาการเคลื่อนไหวในท่าเหยียดข้อไหล่ (Extension) ภายในกลุ่มทดลอง (ก่อนและหลังการทดลอง)

การเคลื่อนไหวข้อไหล่ท่า Extension	n	$\bar{X}$	S.D.	Mean Difference	t	p-value
กลุ่มทดลอง						
ก่อนการทดลอง	40	42.90	2.64	7.05	16.95	p<0.0000
หลังการทดลอง	40	49.95	0.22			

95% CI : 6.21 ถึง 7.89

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยขององศาการเคลื่อนไหวในท่ากางข้อไหล่ (Abduction) ภายในกลุ่มทดลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กลุ่มทดลอง พบว่าก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย

องศาการเคลื่อนไหวในท่ากางข้อไหล่ (Abduction) เท่ากับ 168.35 ± 5.05 องศา หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย

องศาการเคลื่อนไหวในท่ากางข้อไหล่ เท่ากับ 179.30 ± 1.42 องศา เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวในท่ากางข้อไหล่ ก่อนและหลังการทดลอง พบว่า หลังการทดลองมีองศาการเคลื่อนไหวในท่ากางข้อไหล่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวในท่ากางข้อไหล่ เท่ากับ 10.95 องศา (95% CI : 9.52 ถึง 12.38) ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยขององศาการเคลื่อนไหวในท่าทางข้อไหล่ (Abduction) ภายในกลุ่มทดลอง (ก่อนและหลังการทดลอง)

การเคลื่อนไหวข้อไหล่ ท่า Abduction	n	$\bar{X}$	S.D.	Mean Difference	t	p-value
กลุ่มทดลอง						
ก่อนการทดลอง	40	168.35	5.05			
				10.95	15.45	p<0.0000
หลังการทดลอง	40	179.30	1.42			

95% CI : 9.52 ถึง 12.3

คำร้อยละและค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจในกลุ่มทดลองที่ใช้เครื่องยืดเหยียดอกเนกประสงค์ ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังจำนวน 40 ราย ในด้านการใช้งานที่ง่าย มีความคงทน แข็งแรง สามารถจับเก็บได้สะดวก และสามารถปรับระดับตามความ

เหมาะสมกับการใช้งาน โดยเมื่อพิจารณาค่าคะแนนเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจในกลุ่มทดลองโดยภาพรวม จากจำนวนทั้งหมด 10 ข้อ พบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในช่วงระดับมากที่สุดเท่ากับ 4.59 คะแนน ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในกลุ่มทดลองการใช้เครื่องยืดเหยียดเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง (n=40)

ความพอใจ	น้อยที่สุด (1)	น้อย (2)	ปานกลาง (3)	มาก (4)	มากที่สุด (5)	$\bar{X}$	แปลผล
ด้านคุณภาพ							
1.นวัตกรรมที่มีความเหมาะสมกับผู้ป่วย	0	0	1 (2.5)	19 (47.5)	20 (50)	4.48	มาก
2.นวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้ได้จริง	0	0	2 (5)	25 (62.5)	13 (32.5)	4.28	มาก
3.นวัตกรรมสามารถกระตุ้นผู้ให้บริการพัฒนาคุณภาพงานแพทย์แผนไทยมากขึ้น	0	1 (2.5)	0	14 (35)	25 (62.5)	4.58	มากที่สุด
4.นวัตกรรมที่สร้างขึ้นง่ายและทันสมัย	0	0	0	14 (35)	26 (65)	4.65	มากที่สุด
ด้านประสิทธิภาพ							
1.ใช้งานง่าย	0	0	1 (2.5)	14 (35)	25 (62.5)	4.60	มากที่สุด
2.มีความแข็งแรง	0	0	1 (2.5)	12 (30)	27 (67.5)	4.65	มากที่สุด
3.สะอาด สะดวกพร้อมใช้บริการ	0	0	0	10 (25)	30 (75)	4.75	มากที่สุด
4.จัดเก็บได้สะดวก	0	0	1 (2.5)	9 (22.5)	29 (72.5)	4.60	มากที่สุด
5.มีความปลอดภัยต่อผู้รับบริการและผู้ให้บริการ	0	0	2 (5)	10 (25)	28 (70)	4.65	มากที่สุด
6.สามารถปรับระดับตามความเหมาะสมกับการใช้งาน	0	0	0	15 (37.5)	25 (62.5)	4.63	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม						4.59	

สรุปผลและอภิปรายผล

การศึกษาผลของการใช้นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ต่อกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง ณ โรงพยาบาลการแพทย์แผนไทยสกลนคร หลวงปู่แฟบ สุภโท ตำบลปลาไหล อำเภวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร การศึกษาครั้งนี้ พบว่า เมื่อผู้มารับบริการที่โรงพยาบาลมีการใช้เครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์พร้อมกับทำการประเมินผลการทดลอง แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง ซึ่งผลของการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่านวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์นี้มีผลต่อการลดความเจ็บปวดของอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้เป็นไปตามสมมติฐานหลักในการวิจัย จุดเด่นของงานวิจัยสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เป็นเชิงปริมาณได้ ผู้วิจัยสังเกตเห็นถึงพฤติกรรมในการส่งเสริมสุขภาพของประชาชน เพื่อเป็นทางเลือกในการบริหารร่างกายของผู้มารับบริการในโรงพยาบาล เมื่อพิจารณาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า เพศหญิงมีอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังมากกว่าเพศชาย เนื่องจากในเพศหญิงเมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีสภาวะฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลง ทำให้เพศหญิงเริ่มเข้าสู่ในช่วงวัยหมดประจำเดือน หรือเรียกภาวะนี้ว่าเป็นสตรีวัยทอง ซึ่งจะอยู่ในช่วง 45-55 ปี จึงทำให้เกิดความเสื่อมของร่างกายมากกว่าเพศชาย [12] พบว่า กลุ่มทดลองส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร ซึ่งส่วนใหญ่อาชีพเกษตรกรจะเป็นอาชีพที่ทำงานหนักเกินกำลัง และอยู่ในอิริยาบถเดิม ๆ จึงส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดการบาดเจ็บทำให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังตามมา [11] ภายหลังการทดลองในกลุ่มทดลองในกลุ่มทดลองมีระดับความปวดของกล้ามเนื้อลดลงกว่าก่อนการทดลอง กลไกของเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ โดยอุปกรณ์นี้สามารถออกกำลังกายกล้ามเนื้อแขน เช่น Deltoid, Biceps brachii, Triceps brachii โดยกระตุ้นการใช้กล้ามเนื้อบริเวณแขนและเหยียดกล้ามเนื้อบริเวณแขน ทำให้เกิดการไหลเวียนเลือดได้ดี ทำให้กลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อและพังผืด (Myofascial pain syndrome) มีอาการปวดลดลง [17] จากผลการวิจัย พบว่า ภายหลังการทดลองมีค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อมีค่าเท่ากับ 4.45 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 1) ซึ่งการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจะสามารถลดอาการปวดได้โดยองค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้องกับกลไกการยืดเหยียดกล้ามเนื้อประกอบด้วยส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อและระบบประสาทที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย ขณะที่กล้ามเนื้อถูกยืดเหยียดออกอย่างรวดเร็วในเวลาสั้น ๆ จะส่งผลให้แกนเส้นใยกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อถูกยืดยาวออก ตัวรับความรู้สึกที่อยู่ภายในแกนเส้นใยกล้ามเนื้อจะส่งสัญญาณประสาทไปยังไขสันหลังและอีกส่วนหนึ่งจะส่งขึ้นไปที่สมอง สัญญาณประสาทที่ไขสันหลังจะรับ-ส่ง คำสั่งไปยังกล้ามเนื้อที่ถูกยืดเหยียดออก ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว แต่ถ้ากล้ามเนื้อค่อย ๆ ถูกยืดเหยียดออกค้างไว้ เช่น เทคนิคการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่ง จะส่งผลให้แกนเส้นใยกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อถูกยืดเหยียดออก กระตุ้นตัวรับความรู้สึกที่เราเรียกว่า golgi tendon ส่งสัญญาณประสาทไปยังไขสันหลังและสมอง เกิดการยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อแทน ส่งผลให้กล้ามเนื้อคลายตัว ทำให้สามารถยืดเหยียดกล้ามเนื้อได้มากยิ่งขึ้น [13] ซึ่งงานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ [14] ได้ศึกษานวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดข้อไหล่ด้วยตนเอง เพื่อบรรเทาอาการปวดของหัวไหล่ติด ในโรงพยาบาลนิคมน้ำอุ่น จังหวัดสกลนคร ที่มีเครื่องมือที่ใช้ในการการเก็บข้อมูล คือนวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดข้อไหล่ด้วยตนเอง เครื่องตรวจวัดองศาไหล่แบบสัมผัส และทดสอบพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดของหัวไหล่ 8.2 คะแนน และหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความปวดหัวไหล่ 4.3 คะแนน รวมทั้งค่าเฉลี่ยขององศาการเคลื่อนไหวของหัวไหล่มีองศาการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้น และพบว่าหลังการใช้ นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดข้อไหล่ด้วยตนเอง มีผลทำให้ความเจ็บปวดของหัวไหล่ลดลง

นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ ต่ออาการปวดในกลุ่มผู้ที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังช่วยเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของร่างกายได้มากขึ้นและกล้ามเนื้อได้รับการยืดเหยียดก่อนรับการรักษาด้วยการนวด กลุ่มทดลองสามารถทำด้วยตนเองได้ รวมถึงลดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังการนวดรักษาได้มากขึ้น เนื่องจากการเคลื่อนไหวบริเวณข้อต่าง ๆ โดย

ใช้นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ ต่ออาการปวดในกลุ่มผู้ที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง กลุ่มทดลองจะใช้นวัตกรรมยืดเหยียดด้วยตนเอง เมื่อกล้ามเนื้อตึงจนรู้สึกเจ็บ กลุ่มทดลองจะไม่ฝืนทำต่อ และเมื่อเข้ารับการนวดรักษา จะทำให้เกิดความบาดเจ็บของกล้ามเนื้อลดลง อาจเกิดการระบมหลังการนวดรักษาน้อยลง เมื่อเทียบกับการนวดรักษาโดยไม่ใช้นวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์จะทำให้เกิดการเจ็บปวดหลังการนวดรักษาและใช้เวลา 2-3 วันอาการจึงจะดีขึ้น

จากผลการวิจัย พบว่า หลังการทดลองมีองศาการเคลื่อนไหวในท่าเหยียดข้อไหล่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวในท่าเหยียดข้อไหล่ เท่ากับ 7.05 องศา (ตารางที่ 2) อาจเป็นเพราะกลุ่มทดลองได้รับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อบริเวณรอบ ๆ ข้อไหล่ (Glenohumeral joint) และกล้ามเนื้อ Trapezius muscle ถูกยืดอย่างต่อเนื่องทำให้กล้ามเนื้อบริเวณรอบ ๆ ข้อไหล่ องศาในการเหยียดข้อไหล่เพิ่มขึ้นตามตำรากายวิภาคศาสตร์ของมนุษย์ ได้แก่ Teres major muscle Teres minor muscle และ Triceps brachii muscle [15] ถูกยืดออกมากกว่าปกติและช่วยเพิ่มการยืดออกของข้อต่อบริเวณข้อไหล่ให้เคลื่อนไหวได้งอมากขึ้น [16]

จากผลการวิจัย พบว่า กลุ่มทดลองมีองศาการเคลื่อนไหวในท่ากางข้อไหล่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวในท่ากางข้อไหล่ เท่ากับ 10.95 องศา (ตาราง 4.4) อาจเป็นเพราะกลุ่มทดลองได้รับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อบริเวณรอบ ๆ ข้อไหล่ องศาในการกางข้อไหล่เพิ่มขึ้นตามตำรากายวิภาคศาสตร์ของมนุษย์ ได้แก่ Deltoid muscle Subscapularis muscle และ Supraspinatus muscle [15] ถูกยืดออกมากกว่าปกติและช่วยเพิ่มการยืดออกของข้อต่อบริเวณข้อไหล่ให้เคลื่อนไหวได้งอมากขึ้น [16]

ค่าคะแนนค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจในกลุ่มทดลองที่ใช้เครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์ พบว่า ในด้านคุณภาพที่มีคะแนนความพึงพอใจอยู่ในช่วงคะแนนมากที่สุด คือ ในด้านนวัตกรรมที่กระตุ้นผู้ให้บริการพัฒนาคุณภาพงานแพทย์แผนไทยมากขึ้น ในด้านนวัตกรรมที่สร้างขึ้นง่ายและทันสมัย ในด้านคุณภาพที่มีคะแนนความพึงพอใจอยู่ในช่วงคะแนนมากที่สุด คือ ในด้านมีความเป็นนวัตกรรมที่มีความเหมาะสมกับผู้ป่วย และในด้านนวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้ได้จริง ในส่วนของด้านประสิทธิภาพที่มีคะแนนความพึงพอใจอยู่ในช่วงคะแนนมากที่สุด คือ ในด้านใช้งานง่าย ในด้านมีความแข็งแรง ในด้านความสะดวก ความสะดวกพร้อมให้บริการ ในด้านการจัดเก็บได้สะดวก ในด้านความปลอดภัยต่อผู้รับบริการและผู้ให้บริการ และในด้านสามารถปรับระดับตามความเหมาะสมกับการใช้งาน เนื่องจากสถานที่ในการเก็บข้อมูลวิจัยในโรงพยาบาลการแพทย์แผนไทยสกลนคร หลวงปู่แป็บ สุภโท ยังไม่พบว่ามีการใช้เครื่องบริหารร่างกายหรือนวัตกรรมอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้องในระบบ ผู้วิจัยจึงนำนวัตกรรมเครื่องยืดเหยียดอเนกประสงค์เข้ามาให้ทดลองใช้ในโรงพยาบาล ทำให้ผู้มารับบริการในโรงพยาบาลมีความสนใจ และเป็นสิ่งที่แปลกใหม่ในโรงพยาบาลอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Prateepavanich P, Fuangfa R. Myofascial Pain Syndrome. 1st ed. In: Prateepavanich P, editor. Bangkok: Amarin Printing & Publishing Public Co., Ltd. 2016. (in Thai)
2. The Royal College of Anesthesiologists of Thailand and Thai Association for the Study of Pain. Clinical Guidance for Acute Postoperative Pain Management. 2nd ed. Bangkok: Royal College. 2019. (in Thai)
3. Mongkol S, Sawangjaitum K and Netwera V. The effect of royal traditional Thai massage in patients with myofascial pain syndrome at upper trapezius muscle: A pilot study. J Med Tech and Phy Ther. 2013; 25(1), 87-95. (in Thai)

4. Occupational Health Group Bureau of Occupational and Environmental Diseases. book for developing service network potential Occupational health for workers in the ergonomic community. Nonthaburi: Department of Disease Control; 2017. (in Thai)
5. Weiser P. Approach to the Patient with Noninflammatory Musculoskeletal Pain. *Pediatric Clinics* [Internet]. 2012 [cited 20 December 2016];59(2): 471-92. Available from: [https://pediatric.theclinics.com/article/S0031-3955\(12\)00013-2/pdf](https://pediatric.theclinics.com/article/S0031-3955(12)00013-2/pdf)
6. Noknoo S, Boksawat M, Amah M. The Effects of an Exercise Program on Pain and Range of Motion in Frozen Shoulder Patients. *J Princess of Naradhiwas University*. 2018; 10(1): 88-98.
7. Office of Policy and Strategy Ministry of Public Health. Summary of Thailand 4.0 in public health. Nonthaburi: Ministry of Public Health. 2017. (in Thai)
8. Intarin N, Prapromma S. The effectiveness of physiotherapy treatment in combination with Exercising using a shoulder wheel in patients with frozen shoulders. *Journal of Health Science and Community Public Health*. 2018; 1(2): 1-14. (in Thai)
9. Dansie EJ, Turk DC. Assessment of patients with chronic pain. *Br J Anaesth*. 2013;111(1):19-25. doi:10.1093/bja/aet124. PMID:23794641; PMCID:PMC3841375.
10. Jirarattanaphochai K, Jung S, Su-mananont C, Saengnipanthkul S. Reliability of the medical outcomes study short-form survey ver-sion 2.0 (Thai version) for the evaluation of low back pain patients. *J Med Assoc Thai* 2005; 88(10): 1355-61. (in Thai)
11. Suebsui N, Songpra J, Singkoed N, Kuasang R. Effectiveness of SK Innovative Model to Relief Stiff Shoulder in Aging at Salaeng Phan, Wang Muang District, Saraburi Province. *Advanced Science Journal*. 2019;19(2): 85-101. (in Thai)
12. Mata Diz JB, de Souza JR, Leopoldino AA, Oliveira VC. Exercise, especially combined stretching and strengthening exercise, reduces myofascial pain: a systematic review. *J Physiother* 2017; 63(1): 17-22.
13. Mata Diz JB, de Souza JR, Leopoldino AA, Oliveira VC. Exercise, especially combined stretching and strengthening exercise, reduces myofascial pain: a systematic review. *J Physiother* 2017; 63(1): 17-22.
14. Kanjana K. Innovation of self-shoulder joint stretching machine to relieve Frozen Shoulder pain, Sakon Nakhon: Special Problem, Department of Thai traditional Medicine, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus. 2018.
15. Chinthanet W, Tansathit T, Tansathit M, editors. *Human Anatomy*, 14th ed. Bangkok: Fueang Fa Printing House; 2013. 304p.
16. Gomes LMO, Francisquini CDS. Artificial Intelligence as an ally to human reproduction and embryology. *JBRA Assist Reprod*. 2021 Feb 2;25(1):1-3. doi: 10.5935/1518-0557.20200065. PMID: 33021765; PMCID: PMC7863110.
17. Chuachan S, Kaewmunee W, Thongnun K, Prom-in J, Saelao T, Assawawongsawat N. The Effects of Modified Scapular Exercises in Participants with Neck, Scapular and Shoulder Pain: A randomized trial. *Thai Journal of Physical Therapy*. 2021; 43(1):31-44.

บทความวิจัย (Research Article)

การหาสภาวะการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจางหะ

กัญญาวิทย์ คันทะมูล¹, หยาดฝน ทนงการกิจ^{1*} และ ปริญ คงกระพันซ์²

Optimization of protein extraction condition from soybean using pulse electric field

Kanyawee Kanthamoon¹, Yardfon Tanongkankit^{1*} and Parin Khongkrapan²¹ Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University, Chiang Mai, 50290² School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai, 50290

* Corresponding author: yardfon@mju.ac.th

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 73-86.

Received; 8 October 2021; Revised: 21 November 2022; Accepted: 27 December 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสภาวะที่ใช้ในการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจางหะ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนคือ ในส่วนแรกทำการหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดที่แรงดันไฟฟ้า 10.5, 11.5 และ 12.5 กิโลโวลต์ โดยพิจารณาจากเวลาที่มีปริมาณโปรตีน ร้อยละผลผลิตและค่าความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์สูงสุด จากนั้นทำการศึกษาในส่วนที่สองคือ การศึกษาผลของแรงดันไฟฟ้าต่อปริมาณโปรตีน ร้อยละผลผลิตของโปรตีน รูปแบบของโปรตีนและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรวมทั้งความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะในการสกัด เพื่อหาแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการสกัดโปรตีน จากนั้นทำการศึกษาในส่วนสุดท้ายคือ การศึกษาผลของอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณโปรตีน ร้อยละผลผลิตของโปรตีน รูปแบบของโปรตีนและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนเพื่อหาอัตราส่วนของแข็งต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับการสกัดโปรตีน โดยผลการศึกษาพบว่าการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจางหะด้วยแรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 60 นาที ในอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ เท่ากับ 1:15 โดยมีมวลต่อปริมาตร เป็นสภาวะการสกัดที่เหมาะสม เนื่องจากส่งผลให้มีค่าปริมาณโปรตีน ร้อยละผลผลิตและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนดีที่สุด โดยมีรูปแบบโปรตีนเป็นกลุ่มเบต้าคอนโกลูซินิน (7S) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่มากที่สุด

คำสำคัญ: ถั่วเหลือง, โปรตีน, แรงดันไฟฟ้า, ความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะ, สมบัติเชิงหน้าที่

¹ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290² วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Abstract

The objective of this research was to determine protein extraction condition from soybean using pulse electric field. The study was divided into 3 parts. In the first part, the optimal extraction time at 10.5, 11.5 and 12.5 kV based on the highest protein content, percentage of yield and electrical conductivity disintegration index was determined. The second part, the effects of different voltages on protein content, percentage of yield, protein profile, functional properties and specific energy consumption were investigated. The final part, the effects of different soybean-to-water ratios on protein content, percentage of yield, protein profile and functional properties were performed. The results showed that extraction protein from soybean using pulse electric field at voltage of 12.5 kV for 60 min with soybean-to-water ratio of 1:15 w/v were suggested to be the optimum condition by considering the highest values of protein content, percentage of yield and functional properties. Protein profile also was revealed that beta-conglycinin (7S) protein affecting on functional properties were mostly found.

Keywords: Soybean, Protein, Voltage, Specific energy consumption, Functional properties

บทนำ

โปรตีนจากพืช เช่น โปรตีนจากเมล็ดพืชตระกูลถั่วและโปรตีนจากเมล็ดพืชน้ำมัน มักถูกใช้เป็นโปรตีนทางเลือกเพื่อทดแทนโปรตีนจากสัตว์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีราคาถูก มีปริมาณโปรตีนสูงและมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดี ดังนั้นในปัจจุบันนี้จึงได้มีการนำเอาพืชโปรตีนสูง เช่น ถั่วเหลือง มาใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดโปรตีนเพื่อใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับผู้แพ้นมวัวและรับประทานมังสวิรัต นอกจากนี้โปรตีนที่สกัดได้ยังนิยมนำไปเติมผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดเช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ อาหารขบเคี้ยว และเครื่องดื่ม เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้น แต่เนื่องจากประเทศไทยไม่ได้มีการผลิตโปรตีนเข้มข้นในรูปเชิงการค้ามากนัก ดังนั้นโปรตีนส่วนใหญ่ที่ใช้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศส่งผลให้เกิดการขาดดุลทางการค้า ด้วยเหตุนี้เองการศึกษาการสกัดโปรตีนเพื่อนำมาใช้ประโยชน์และลดการนำเข้าจากต่างประเทศจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

โดยทั่วไปกระบวนการสกัดโปรตีนจะเริ่มจากการนำเอาวัตถุดิบผสมน้ำและปั่นให้ละเอียด จากนั้นทำการปรับ pH ให้ได้ประมาณ 8 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ กวนผสมที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงแยกน้ำเก็บไว้ จากนั้นทำ

การปรับ pH อีกครั้งด้วยกรดไฮโดรคลอริกจนได้ค่าประมาณ 4.5 และนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้งเพื่อเร่งการตกตะกอนของโปรตีน นำตะกอนโปรตีนที่ได้มาละลายน้ำและปรับค่า pH ให้ได้ประมาณ 7 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำสารละลายโปรตีนที่ได้ไปทำแห้งหรือกระบวนการอื่นๆ ต่อไป จากกระบวนการที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ในการผลิตโปรตีนจะต้องมีการใช้สารเคมีซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตยังใช้เวลาที่ค่อนข้างนาน ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำเอาเทคโนโลยีการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะมาช่วยในการสกัดโปรตีน การใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะเป็นเทคนิคการให้กระแสไฟฟ้าที่มีความเข้มข้นของสนามไฟฟ้าสูงที่มีลักษณะเป็นจังหวะแก่อาหารโดยผ่านขั้วอิเล็กโทรดในช่วงเวลาสั้น ส่งผลให้เกิดรูพรุนบนเซลล์ของพืชเพื่อช่วยทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดสารสำคัญจากพืชเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การสกัดด้วยวิธีนี้จะไม่ใช้สารเคมี แต่ใช้เพียงน้ำเป็นตัวกลางเพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านและใช้เป็นสารละลายในการสกัด [1] ดังนั้นจึงนับว่าเป็นเทคโนโลยีการสกัดสะอาดและใช้เวลาในการสกัดที่สั้นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้ จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงการนำสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะมาใช้ในการสกัดสารต่างๆ จากพืชและสัตว์ เช่น Yu และคณะ [1] รายงานว่า การใช้สนามไฟฟ้าแบบจังหวะช่วยสกัดโปรตีนและ

โพลีฟีนอลจากก้านและใบของ rapeseed มีปริมาณมากกว่าการใช้การสกัดด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม และ Lopez และคณะ [2] สกัด Betaine จากหัวบีทรูทสีแดง ด้วยสนามไฟฟ้าแบบจังหวะ พบว่าที่ความเข้มข้นของสนามไฟฟ้า 6 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร ช่วงเวลาของพัลส์ที่ 150 ไมโครวินาที ได้ปริมาณ Betaine มากที่สุด คือ 1,025 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด และ นอกจากนี้ Ghosh และคณะ [3] ใช้สนามไฟฟ้าแบบจังหวะสกัดโปรตีนจากเนื้อไก่ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการใช้สนามไฟฟ้าแบบจังหวะสามารถสกัดโปรตีนจากเนื้อไก่ได้ปริมาณเท่ากับ 78 ± 8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

เมื่อพิจารณาจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีการศึกษาการใช้สนามไฟฟ้าในการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองมากนัก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงจะทำการศึกษาลักษณะการใช้ในการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะ ซึ่งผลจากการวิจัยนี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับการขยายขนาดการผลิตในระดับอุตสาหกรรมสำหรับผู้ประกอบการต่อไปในอนาคต

วัสดุและวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง

นำถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 แขนในน้ำสะอาดที่อัตราส่วน 1:10 โดยมวลต่อปริมาตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่มาล้างน้ำอีกครั้ง พักไว้ให้สะเด็ดน้ำ

การศึกษาหาเวลาการสกัดในแต่ละแรงดันไฟฟ้า

นำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาปั่นด้วยเครื่องปั่น (Tefal, Blendforce, France) โดยใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ 1:10 โดยมวลต่อปริมาตร จนละเอียด จากนั้นเทสารละลายตัวอย่างปริมาตร 500 มิลลิลิตร ลงในห้องสกัดและดำเนินการสกัดโปรตีนที่แรงดันไฟฟ้า 10.5 11.5 และ 12.5 กิโลโวลต์ นำสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการสกัดทุก 30 นาที เป็นเวลา 180 นาที มาวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ (SK Sato, T-0053, Taiwan) และค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดการนำไฟฟ้า (Ohaus, ST3100M-B, USA) ก่อนนำไปกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อเอากากถั่วเหลืองออก และทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Binder, FD115,

Germany) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างแห้งมาบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 และเก็บไว้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

การศึกษาผลของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด

นำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาปั่นด้วยเครื่องปั่น (Tefal, Blendforce, France) โดยใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ 1:10 โดยมวลต่อปริมาตร จนละเอียด จากนั้นเทสารละลายตัวอย่างปริมาตร 500 มิลลิลิตร ลงในห้องสกัดและดำเนินการสกัดที่แรงดันไฟฟ้า 10.5 11.5 และ 12.5 กิโลโวลต์ ตามเวลาที่เหมาะสม พร้อมทำการวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดด้วยเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (HiDANCE, China) จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างไปกรองด้วยผ้าขาวบางและทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Binder, FD115, Germany) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างแห้งมาบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 และเก็บไว้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ร้อยละผลผลิตสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนและรูปแบบโปรตีน

การศึกษาผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ใช้ในการสกัด

นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ในอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:5 1:10 1:15 และ 1:20 โดยมวลต่อปริมาตร มาปั่นด้วยเครื่องปั่น (Tefal, Blendforce, France) จนละเอียด จากนั้นเทสารละลายตัวอย่างปริมาตร 500 มิลลิลิตร ลงในห้องสกัดและดำเนินการสกัดที่แรงดันไฟฟ้าและเวลาที่เหมาะสม เมื่อการสกัดเสร็จสิ้น นำสารละลายโปรตีนมากรองด้วยผ้าขาวบางและและทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Binder, FD115, Germany) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างแห้งมาบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 และเก็บไว้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ร้อยละผลผลิตสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนและรูปแบบโปรตีน

ความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์

ค่าความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ (Electrical conductivity disintegration index, Z) คำนวณได้จาก

$$Z = \frac{(\sigma - \sigma_i)}{(\sigma_d - \sigma_i)} \quad 0 \leq Z \leq 1 \quad (1)$$

เมื่อ σ คือ ค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่าง (ซีเมนส์ต่อเซนติเมตร)
 i คือ ตัวอย่างที่ไม่ผ่านสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะ
 d คือ ตัวอย่างที่ถูกทำลายเซลล์อย่างสมบูรณ์ด้วยวิธีโฮโมจิไนซ์

ปริมาณโปรตีน

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Bradford assay [5] โดยนำตัวอย่าง 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปกวนผสมเป็นเวลา 60 นาที แล้วจึงนำไปปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Gemmy, PLC-012E, Taiwan) ที่ 4,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำส่วนใสไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน จากนั้นเตรียม Reagent blank โดยใช้ น้ำกลั่น แทนตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐาน ปิเปิดตัวอย่างที่เจือจางแล้วหรือสารละลายมาตรฐาน 180 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง ที่มี Bradford reagent อยู่ 2,820

ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์เป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที แต่ไม่ควรเกิน 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Thermo scientific, Genesys 30, China) ที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร คำนวณค่าปริมาณของโปรตีนรวมทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานโปรตีน (BSA) รายงานผลเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง

ร้อยละผลผลิต

ทำการชั่งน้ำหนักแก้วเหลืองที่ใช้ในการสกัด และน้ำหนักผงโปรตีนที่ได้จากการสกัดและการทำแห้ง แล้วคำนวณค่าร้อยละผลผลิตจากสมการที่ 2

$$Y = \frac{W_p}{W_s} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ Y คือ ผลผลิต (ร้อยละ)
 W_p คือ น้ำหนักผงโปรตีนที่ผ่านการสกัดและการทำแห้ง (กรัม)
 W_s คือ น้ำหนักแก้วเหลืองที่ใช้ในการสกัด (กรัม)

ความสามารถในการละลาย

วิเคราะห์ความสามารถในการละลายตามวิธีของ Yousf และคณะ [6] โดยนำผงโปรตีน 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปกวนผสมด้วยเครื่องกวนสาร (IKA, C-MAG HS 7, Germany) เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำไปปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องปั่น

เหวี่ยง (Gemmy, PLC-012E, Taiwan) ที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บส่วนใสเทลงในถ้วยอะลูมิเนียม ทำการอบระเหยน้ำส่วนเกินออกด้วยตู้อบลมร้อน (Binder, FD115, Germany) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงทำการชั่งน้ำหนักหลังการทำแห้ง คำนวณค่าร้อยละความสามารถในการละลายของโปรตีนจากสมการที่ 3

$$WSI = \frac{W_l}{W_d} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ WSI คือ ความสามารถในการละลายของโปรตีน (ร้อยละ)
 W_l คือ น้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลาย (กรัม)
 W_d คือ น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ

วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำตามวิธีของ Naowakul และคณะ [7] โดยนำผงโปรตีน 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็น

เวลา 20 นาที แล้วจึงนำไปปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Gemmy, PLC-012E, Taiwan) ที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ทำการชั่งน้ำหนักของตะกอนที่ได้ คำนวณค่าร้อยละความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีน จากสมการที่ 4

$$WHC = \frac{W_s - W_d}{W_d} \quad (4)$$

เมื่อ WHC คือ ความสามารถในการอุ้มน้ำ (ร้อยละ)
 W_s คือ น้ำหนักตะกอนที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง (กรัม)
 W_d คือ น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)

ความสามารถในการเกิดฟองและคงตัวของฟอง

วิเคราะห์ความสามารถในการเกิดฟองและคงตัวของฟอง ตามวิธีของ Chareemuy และคณะ [8] โดยนำผงโปรตีน 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วทำการวัดปริมาตรก่อนปั่น (V_1) จากนั้นนำไปปั่นผสมโดยใช้เครื่องปั่น (Tefal, Blendforce, France) ที่ความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเทของผสม

ใส่กระบอกตวงขนาดปริมาตร 250 มิลลิลิตร อย่างช้า ๆ และวัดปริมาตรทั้งหมดรวมฟองที่เกิดขึ้น (V_2) คำนวณเป็นค่าร้อยละความสามารถในการเกิดฟองด้วยสมการที่ 5 จากนั้นตั้งของผสมทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนวัดปริมาตรของฟองที่เหลือ (V_3) ต่อปริมาตรก่อนปั่น คำนวณเป็นร้อยละความคงตัวของฟองจากสมการที่ 6

$$FC = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100 \quad (5)$$

$$FS = \frac{V_3}{V_1} \times 100 \quad (6)$$

เมื่อ FC คือ ความสามารถในการเกิดฟอง (ร้อยละ)
 FS คือ ความคงตัวของฟอง (ร้อยละ)
 V_1 คือ ปริมาตรรวมก่อนปั่น (มิลลิลิตร)
 V_2 คือ ปริมาตรรวมหลังปั่น (มิลลิลิตร)
 V_3 คือ ปริมาตรรวมที่เหลือ (มิลลิลิตร)

รูปแบบโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE

นำผงโปรตีน 1 กรัม ผสมกับสาร SDS ร้อยละ 10 ปริมาณ 8 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แล้วจึงนำไปปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Gemmy, PLC-012E, Taiwan) ที่ 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนใสมาปรับปริมาณโปรตีนเป็น 16 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ก่อนนำไปแยกโปรตีนด้วย polyacrylamide ร้อยละ 12 และ stacking gel ร้อยละ 4

โดยใช้ความต่างศักย์ 30 มิลลิแอมแปร์ เป็นเวลา 45 นาที ด้วยชุดอุปกรณ์ SDS-PAGE apparatus แล้วนำเจลย้อมด้วยสี Coomassie blue R-250

ความเปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะในการสกัด

วิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะตามวิธีของ Polikovsky และคณะ [9] โดยวัดพลังงานที่ใช้ในการสกัดในแต่ละสภาวะการทดลองด้วยเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (HiDANCE, China) จากนั้นนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณดังสมการที่ 7

$$E_p = \frac{E_t}{C_p \cdot m_{PEF}} \quad (7)$$

เมื่อ E_p คือ พลังงานไฟฟ้าใช้ในการสกัดโปรตีน 1 กิโลกรัม (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม)
 E_t คือ พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการสกัด (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
 C_p คือ ความเข้มข้นของโปรตีนในสารละลาย (กิโลกรัมต่อมิลลิลิตร)
 m_{PEF} คือ ปริมาตรของสารละลาย (มิลลิลิตร)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 17.0 (SPSS Inc., USA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการทดลองแสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษา

การศึกษาหาเวลาการสกัดในแต่ละแรงดันไฟฟ้า

รูป 1 แสดงผลการศึกษาปริมาณโปรตีนและอุณหภูมิของสารละลายตัวอย่างในระหว่างการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้าระดับต่างๆ โดยผลการศึกษาพบว่า ในช่วงแรกของการสกัด เมื่อเวลาการสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ก็มีปริมาณมากขึ้นจนมีค่าประมาณ 61.81-65.83 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง จากนั้นปริมาณโปรตีนจะมีค่าคงที่ โดยการสกัดด้วยแรงดันไฟฟ้า 10.5 11.5 และ 12.5 กิโลโวลต์ ปริมาณโปรตีนจะมีค่าคงที่ที่เวลา 120 90 และ 60 นาที ตามลำดับ ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนด้วยแรงดันไฟฟ้า 10.5 11.5 และ 12.5 กิโลโวลต์ คือ 120 90 และ 60 นาที ตามลำดับ

นอกจากนี้เมื่อศึกษาผลของอุณหภูมิสารละลายในระหว่างการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะจะเห็นได้ว่า ในระหว่างการสกัดอุณหภูมิของสารละลายจะเพิ่มสูงขึ้นตามเวลาการสกัด และการใช้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิในสารละลายสูงมากขึ้นด้วย โดยอุณหภูมิสารละลายที่สกัดด้วยแรงดันไฟฟ้า 10.5 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 120 นาที 11.5 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 120 นาที และ 12.5 กิโลโวลต์ เป็น

เวลา 60 นาที มีค่าเท่ากับ 48.10 ± 0.82 48.07 ± 0.65 และ 48.33 ± 0.61 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

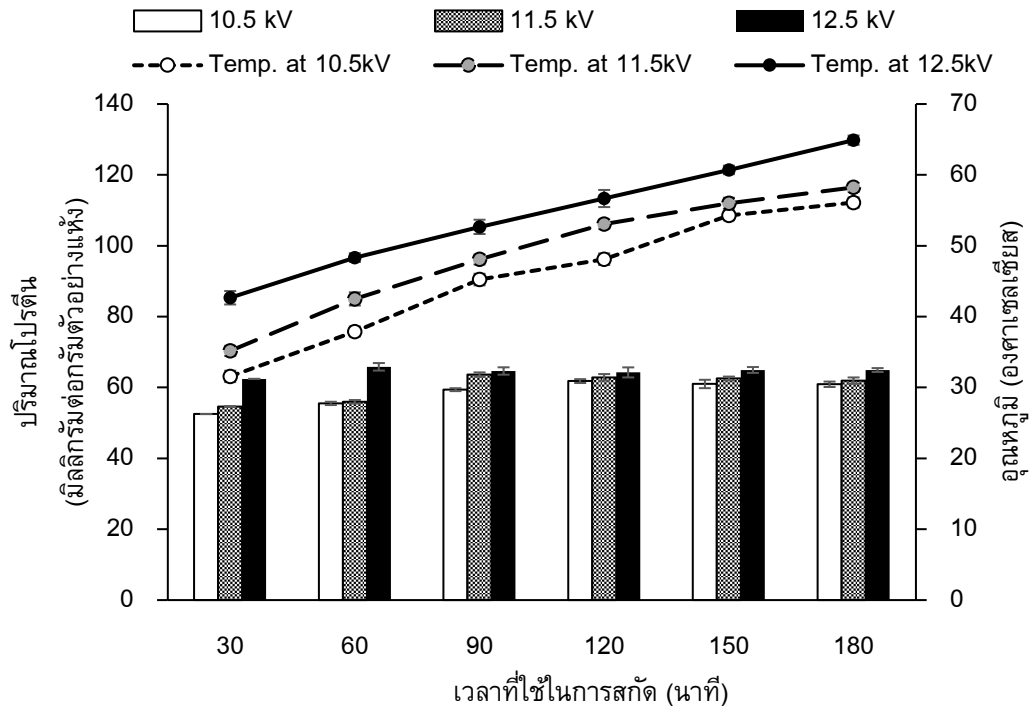
ในส่วนผลการศึกษาค่าความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ในระหว่างการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้าแต่ละระดับ แสดงในรูป 2 พบว่าค่าความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ของตัวอย่างที่ผ่านการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้าแต่ละระดับมีค่ามากกว่า 0 จึงแสดงให้เห็นว่าสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะสามารถทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของตัวอย่างเกิดรูพรุนในระหว่างการสกัดได้ โดยค่าความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์สูงสุดของการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้า 10.5 11.5 และ 12.5 กิโลโวลต์ คือ 0.32 0.45 และ 0.60 ที่เวลาการสกัด 120 90 และ 60 นาที ตามลำดับ ซึ่งการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 60 นาที มีค่าความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ใกล้เคียง 1 จึงแสดงให้เห็นว่าที่สภาวะนี้เยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลายมากที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาการใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่ 12.5 kV เป็นเวลา 30 และ 60 นาที ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณโปรตีนที่สกัดได้มีค่าเท่ากับ 62.43 ± 1.07 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้งที่เวลาการสกัด 30 นาที และ มีค่าเท่ากับ 65.83 ± 1.04 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ที่เวลาการสกัด 60 นาที ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เวลา 60 นาทีที่มีค่ามากกว่าที่เวลา 30 นาที

การศึกษาผลของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด

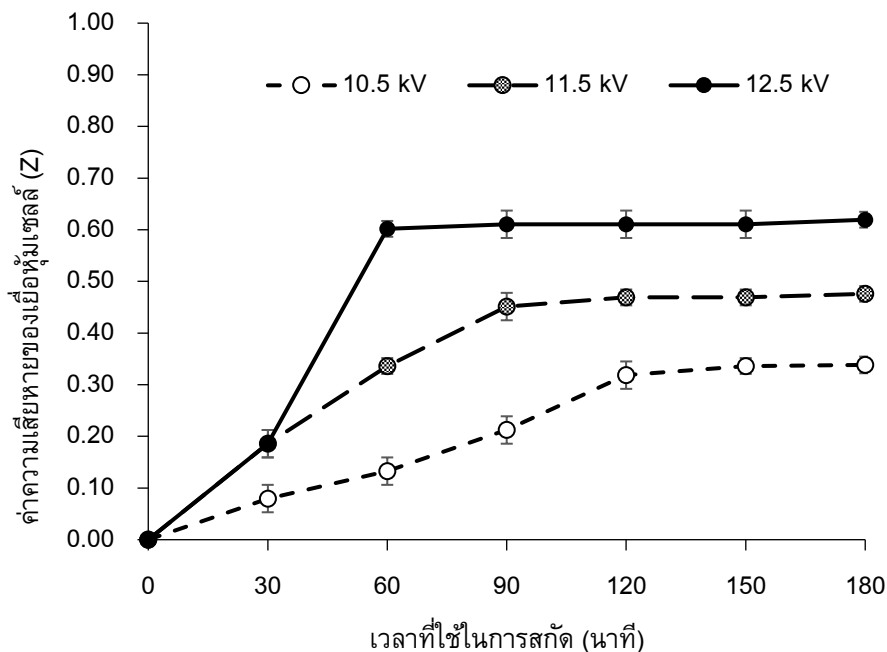
ผลการศึกษาปริมาณโปรตีน ร้อยละผลผลิตและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการสกัดโปรตีนด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้าระดับต่างๆ ตามเวลาการสกัดที่เหมาะสม

แสดงในตาราง 1 ซึ่งพบว่าตัวอย่างที่ผ่านการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจิ้งหะที่แรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 60 นาที มีปริมาณโปรตีนและร้อยละผลผลิตสูงที่สุดแต่มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน

จำเพาะในการสกัดโปรตีนน้อยที่สุด เนื่องจากสภาวะนี้สามารถสกัดโปรตีนได้ปริมาณมากและใช้เวลาในการสกัดสั้นกว่าการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจิ้งหะที่แรงดันไฟฟ้า 10.5 และ 11.5 กิโลโวลต์



รูป 1 ปริมาณโปรตีน (แท่ง) และอุณหภูมิ (เส้น) ของสารละลายในระหว่างการสกัด



รูป 2 ค่าความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ในระหว่างการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจิ้งหะ

ตาราง 1 ปริมาณโปรตีน ร้อยละผลผลิต เวลาการสกัดและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่สกัดด้วยแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกัน

แรงดันไฟฟ้า (กิโลโวลต์)	เวลา การสกัด (นาทีก)	ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัมต่อ กรัมตัวอย่างแห้ง)	ร้อยละผลผลิต	ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อกิโลกรัม)
10.5	120	61.81 ^b ±1.18	53.33 ^b ±0.66	391.47 ^a ±8.51
11.5	90	63.66 ^b ±0.92	54.55 ^a ±0.40	260.93 ^b ±4.86
12.5	60	65.83 ^a ±1.04	54.92 ^a ±0.42	149.85 ^c ±5.19

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ในส่วนผลการศึกษสมบัติเชิงหน้าที่ของตัวอย่างโปรตีนถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้าระดับต่างๆ ตามเวลาการสกัดที่เหมาะสม แสดงในตาราง 2 ซึ่งพบว่าตัวอย่างที่ผ่านการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูง

แบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 60 นาที มีความสามารถในการละลาย ความสามารถในการเกิดฟองและความคงตัวของฟองสูงที่สุดแต่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำที่สุด

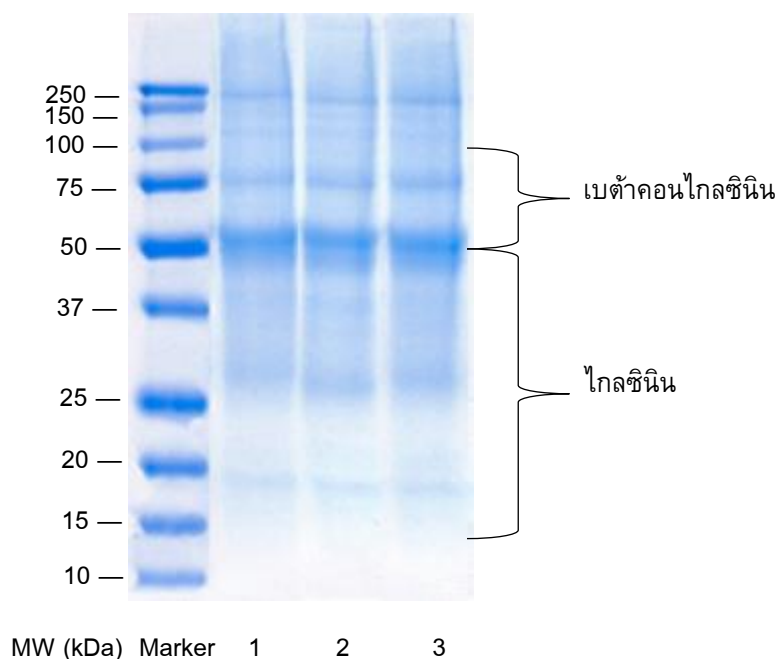
ตาราง 2 สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะด้วยแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

แรงดันไฟฟ้า (กิโลโวลต์)	เวลา การสกัด (นาทีก)	ความสามารถ ในการละลาย (ร้อยละ)	ความสามารถ ในการเกิดฟอง (ร้อยละ)	ความคงตัวของฟอง (ร้อยละ)	ความสามารถ ในการอุ้มน้ำ (กรัมน้ำต่อกรัม ตัวอย่างแห้ง)
10.5	120	33.33 ^b ±1.26	7.84 ^b ±1.96	1.31 ^b ±1.13	1.33 ^a ±0.04
11.5	90	34.64 ^b ±1.96	10.46 ^{ab} ±1.13	3.92 ^{ab} ±1.96	1.30 ^{ab} ±0.04
12.5	60	39.13 ^a ±2.17	12.42 ^a ±1.13	5.23 ^a ±1.13	1.26 ^b ±0.02

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

รูป 3 แสดงรูปแบบโปรตีนถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้าระดับต่างๆ เทียบกับ Marker พบว่า ทุกตัวอย่างปรากฏแถบโปรตีนอยู่ตรงตำแหน่งมวลโมเลกุลของโปรตีนชนิดไกลซินิน (11S) และเบต้าคอนไกลซินิน (7S) และเมื่อพิจารณาความเข้มของโปรตีนที่สามารถแสดงถึงปริมาณของโปรตีนพบว่า ทุกแถบของตัวอย่างมีความเข้มของโปรตีนตรงตำแหน่งเบต้าคอนไกลซินิน

นั้นมากกว่าตำแหน่งโปรตีนไกลซินิน แต่อย่างไรก็ตามความเข้มของแถบโปรตีนในแต่ละแถบของตัวอย่างนั้นมีความแตกต่างกัน โดยความเข้มของโปรตีนกลุ่มเบต้าคอนไกลซินินของตัวอย่างที่ผ่านสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ (แถบที่ 3) มีมากที่สุด ในขณะที่ความเข้มของโปรตีนในกลุ่มไกลซินินของตัวอย่างในแถบที่ 1 ถึง 3 ไม่มีความแตกต่างกัน



รูป 3 รูปแบบโปรตีนที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะด้วยแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โดยที่ (1) คือ ตัวอย่างที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่ 10.5 กิโลโวลต์ (2) คือ ตัวอย่างที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่ 11.5 กิโลโวลต์ (3) คือ ตัวอย่างที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่ 12.5 กิโลโวลต์

การศึกษาผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ใช้ในการสกัด

ผลการศึกษาปริมาณโปรตีนและร้อยละผลผลิตของโปรตีนที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะในอัตราส่วนที่ต่างกันแสดงในตาราง 3 พบว่าปริมาณโปรตีนและร้อยละผลผลิตมีค่ามากขึ้น

เมื่อเพิ่มอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่สูงขึ้น แต่จะมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำสูงกว่า 1:15 โดยมวลต่อปริมาตร และเมื่อพิจารณาสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนที่ผ่านการสกัดด้วยอัตราส่วนของแข็งต่อตัวทำละลายที่ต่างกันนั้น พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดจึงเท่ากับ 1:15

ตาราง 3 ปริมาณโปรตีนและร้อยละผลผลิตของโปรตีนถั่วเหลืองที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะในอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ต่างกัน

อัตราส่วน (ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร)	ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง)	ร้อยละผลผลิต
1:5	66.65 ^c ±0.38	55.44 ^b ±0.84
1:10	65.68 ^c ±0.44	55.77 ^b ±1.04
1:15	74.28 ^a ±1.01	60.67 ^a ±1.51
1:20	72.42 ^b ±0.34	57.70 ^b ±1.77

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

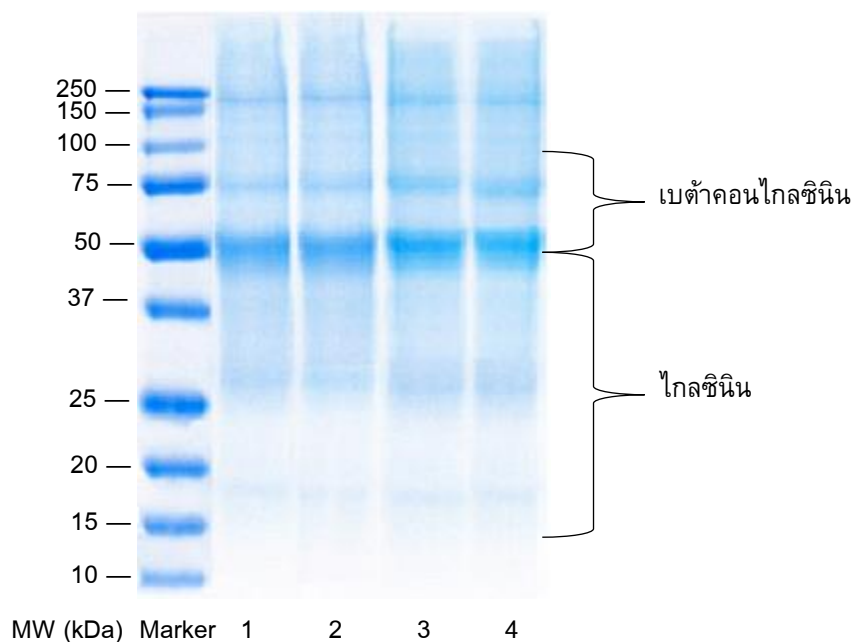
ในส่วนผลการศึกษาสสมบัติเชิงหน้าที่ของตัวอย่างโปรตีนถั่วเหลืองที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะในอัตราส่วนที่แตกต่างกันแสดงในตาราง 4

พบว่าสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะในอัตราส่วนที่แตกต่างกันนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 4 สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนถั่วเหลืองที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะในอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่แตกต่างกัน

อัตราส่วน (ร้อยละโดยมวล ต่อปริมาตร)	ความสามารถ ในการละลาย (ร้อยละ)	ความสามารถใน การเกิดฟอง (ร้อยละ)	ความคงตัวของฟอง (ร้อยละ)	ความสามารถ ในการอุ้มน้ำ (กรัมน้ำต่อ กรัมตัวอย่างแห้ง)
1:5	42.94 ^{ns} ±1.05	13.07 ^{ns} ±1.50	4.58 ^{ns} ±1.14	1.29 ^{ns} ±0.01
1:10	42.44 ^{ns} ±1.38	12.75 ^{ns} ±0.98	5.23 ^{ns} ±1.13	1.28 ^{ns} ±0.02
1:15	43.84 ^{ns} ±0.72	13.73 ^{ns} ±1.96	6.54 ^{ns} ±1.14	1.27 ^{ns} ±0.01
1:20	43.94 ^{ns} ±1.99	13.40 ^{ns} ±1.50	5.88 ^{ns} ±1.96	1.29 ^{ns} ±0.01

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูป 4 รูปแบบโปรตีนที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะในอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่แตกต่างกัน

- โดยที่ (1) คือ ตัวอย่างที่สกัดในอัตราส่วน 1:5 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร
 (2) คือ ตัวอย่างที่สกัดในอัตราส่วน 1:10 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร
 (3) คือ ตัวอย่างที่สกัดในอัตราส่วน 1:15 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร
 (4) คือ ตัวอย่างที่สกัดในอัตราส่วน 1:20 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร

เมื่อพิจารณารูปแบบโปรตีนตัวเหลืองที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะ ในอัตราส่วนตัวเหลืองต่อน้ำที่แตกต่างกันเทียบกับ Marker แสดงดังรูป 4 พบว่าแถบโปรตีนของทุกตัวอย่างอยู่ตรงตำแหน่งมวลโมเลกุลของโปรตีนชนิดไกลซินินและเบต้าคอนไกลซินิน และเมื่อพิจารณาความเข้มของแถบโปรตีนที่สามารถแสดงถึงปริมาณของโปรตีนพบว่า ความเข้มของแถบโปรตีนในแต่ละแถบของตัวอย่างนั้นมีความแตกต่างกัน โดยความเข้มของแถบโปรตีนกลุ่มไกลซินินและเบต้าคอนไกลซินินของตัวอย่างที่สกัดในอัตราส่วนตัวเหลืองต่อน้ำ 1:15 และ 1:20 โดยมีมวลต่อปริมาตร (แถบที่ 3 และ 4) มีมากกว่าตัวอย่างที่สกัดในอัตราส่วนตัวเหลืองต่อน้ำ 1:5 และ 1:10 โดยมีมวลต่อปริมาตร (แถบที่ 1 และ 2)

วิจารณ์

การศึกษาหาเวลาการสกัดในแต่ละแรงดันไฟฟ้า

จากผลการศึกษาที่พบว่า เมื่อเวลาการสกัดนานขึ้นปริมาณโปรตีนที่สกัดได้มีปริมาณมากขึ้น จนถึงเวลาเข้าสู่สมดุลของการสกัดปริมาณโปรตีนจะมีค่าคงที่นั้นมิสาเหตุจาก การเกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกของเซลล์พืชในระหว่างที่ไฟฟ้าผ่านเข้าไปในตัวอย่าง ทำให้เกิดรูพรุนบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ [10] และเนื่องจากโครงสร้างของโปรตีนมีไดโพลโมเมนต์ไฟฟ้า (Electric dipole moment) จึงทำให้เมื่อให้สนามไฟฟ้าแรงสูงแก่สารละลายตัวอย่าง แรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตของโปรตีนจะจับตัวและเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของสนามไฟฟ้า [11] และถ่ายเทออกมาอยู่ในสารละลาย ทำให้เกิดการสะสมของปริมาณโปรตีนในสารละลายมากขึ้น จนกระทั่งปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในเซลล์หมดหรือไม่สามารถถ่ายเทออกมาจากเซลล์ ปริมาณโปรตีนในสารละลายจึงมีค่าคงที่

ในส่วนผลการศึกษาที่พบว่า การสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ ใช้เวลาการสกัดสั้นกว่าการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้า 10.5 และ 11.5 กิโลโวลต์ นั้นเกิดจากความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระหว่างการสกัดดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยหากเพิ่ม

แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นก็ส่งผลให้ความต่างศักย์ทางไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกของเซลล์พืชยิ่งมากขึ้น ทำให้รูพรุนของเซลล์พืชในระหว่างการสกัดก็มีมากขึ้น จึงทำให้การถ่ายเทโปรตีนออกมาจากเซลล์ได้เร็วขึ้นเวลาที่ใช้จึงน้อยลง โดยสามารถพิจารณาได้จากค่าความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ (Z) ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้แรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ ส่งผลให้มีค่า Z สูงที่สุด โดยผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Goettel และคณะ [10] ที่รายงานว่า การสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น ทำให้เกิดรูพรุนของเซลล์พืชในระหว่างการสกัดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งช่วยในการถ่ายเทโปรตีนออกมาจากเซลล์ได้ง่ายขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของโปรตีนในสารละลายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ผลการศึกษาอุณหภูมิสารละลายในระหว่างการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่พบว่า เมื่อเวลาการสกัดนานขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิของตัวอย่างในระหว่างการสกัดเพิ่มสูงขึ้น โดยเป็นผลมาจากการเกิดความร้อนแบบโอห์มมิก ซึ่งเป็นกระบวนการทางความร้อนที่เกิดจากการปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอาหารและเกิดการต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าในอาหารจนเกิดเป็นความร้อน [12] แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาอุณหภูมิสารละลายที่สภาวะ 10.5 กิโลโวลต์ เวลา 120 นาที 11.5 กิโลโวลต์ เวลา 120 นาที และ 12.5 กิโลโวลต์ เวลา 60 นาที นั้นอยู่ในช่วง 48 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่ทำให้โปรตีนในตัวอย่างเกิดการเสียสภาพจากความร้อน เนื่องจากมีรายงานของ Liu และคณะ [13] ที่แสดงว่าโปรตีนในตัวอย่าง จะเกิดการเสียสภาพเมื่ออยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

การศึกษาผลของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด

จากผลการศึกษาที่พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 60 นาที มีปริมาณโปรตีนและร้อยละผลผลิตสูงที่สุด โดยที่มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการสกัดโปรตีนน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการเร่งกระบวนการถ่ายเทมวลสาร จากการเกิดรูพรุน

จำนวนมากบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ [14] ทำให้สามารถสกัดโปรตีนได้ปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่ 10.5 และ 11.5 กิโลโวลต์

ในส่วนผลการศึกษาที่พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 60 นาทีมีความสามารถในการละลาย กำลังการเกิดฟองและความคงตัวของฟองสูงที่สุด เนื่องจากเกิดรูพรุนบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์เป็นจำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dehez และคณะ [15] ที่รายงานว่าการใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะจะเกิดรูพรุนบนเยื่อหุ้มเซลล์ตรงบริเวณที่เป็นหมู่ไฮโดรฟิลิก จึงทำให้ความสามารถในการละลายมีค่าสูงขึ้นและเมื่อค่าความสามารถในการละลายน้ำสูงจะส่งผลให้มีความสามารถในการเกิดฟองและความคงตัวของฟองสูงขึ้นเช่นกัน เนื่องจากโมเลกุลโปรตีนที่สามารถละลายน้ำได้ดีจะสามารถแพร่กระจายไปยังผิวน้ำระหว่างอากาศกับน้ำ (Air-water interface) ได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางที่เก็บกักอากาศไว้ได้ดีและส่งผลให้ค่าความสามารถในการอมน้ำต่ำ เนื่องจากมีการลดลงของหมู่ไฮโดรโฟบิก [16,17] และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาแบบโปรตีนที่พบว่า การสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะที่แรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 60 นาที มีโปรตีนกลุ่มเบต้าคอนไกลซินินซึ่งเป็นโปรตีนที่ส่งผลให้มีความสามารถในการละลาย ความสามารถในการเกิดฟองและความคงตัวของฟองที่ดีอยู่มากที่สุด นอกจากนี้ หากพิจารณาชนิดโปรตีนที่มีอยู่ในถั่วเหลืองตามธรรมชาติ นั้นจะมีกลุ่มของไกลซินินอยู่มากกว่ากลุ่มคอนไกลซินิน แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะสามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งปริมาณและแบบแผนของโปรตีน โดยโปรตีนกลุ่มไกลซินินมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 14.4-55 kDa ซึ่งเป็นโมเลกุลขนาดเล็กกว่าโปรตีนกลุ่มคอนไกลซินินที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 67-91 kDa จึงสามารถเกิดการสลายตัวและสูญเสียโครงสร้างได้ง่ายกว่าโปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu และคณะ [18] ที่รายงานว่า

กระบวนการทำเต้าหู้จากถั่วเหลืองส่งผลให้มีโปรตีนกลุ่มเบต้าคอนไกลซินินมากกว่าโปรตีนกลุ่มไกลซินิน

การศึกษาผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ใช้ในการสกัด

จากผลการศึกษาที่พบว่าโปรตีนถั่วเหลืองในอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ 1:15 โดยมวลต่อปริมาตร มีปริมาณโปรตีนและร้อยละผลผลิตมากที่สุด เนื่องจากการเพิ่มปริมาณตัวทำละลายส่งผลให้ความเข้มข้นของสารรอบอนุภาคตัวอย่างลดลง ทำให้โปรตีนภายในเซลล์ถ่ายเทออกมาจากเซลล์ได้ง่ายขึ้น ในขณะที่การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายในการสกัดมากเกินไปจะส่งผลให้สกัดโปรตีนได้ปริมาณลดลง เนื่องจากการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะจะอาศัยการเคลื่อนที่ของไอออนเพื่อให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างโมเลกุล จนเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการฉีกขาดเป็นรูพรุน ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณตัวทำละลายจึงเป็นการลดโอกาสการชนหรือเสียดสีกันของโมเลกุล [19] ในส่วนของผลการศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนที่พบว่าการใช้อัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อตัวน้ำที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าสมบัติเชิงหน้าที่อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ He และคณะ [20] ซึ่งรายงานว่าอัตราส่วนของแข็งต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อร้อยละผลผลิตแต่ไม่มีผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนงาซีมอน

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาทั้งหมดแล้วจะเห็นได้ว่า การใช้แรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 60 นาที ในอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ เท่ากับ 1:15 โดยมวลต่อปริมาตร เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะ โดยมีปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เท่ากับ 74.28 ± 1.01 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ซึ่งมีความสูงกว่การสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยวิธีการใช้สารเคมีถึงร้อยละ 28.25 [21]

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.): NRCT5-RR163013-M29 และขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบริษัท ไดโอเล็กทริก เทคโนโลยี จำกัด สำหรับการสนับสนุนทุนการวิจัย สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Yu X, Gouyo T, Grimi N, Bals O, Vorobiev E. Pulsed electric field pretreatment of rapeseed green biomass (stems) to enhance pressing and extractives recovery. *Bioresour Technol.* 2016;199:194-201.
2. Lopez N, Puertolas E, Condon S, Raso J. Enhancement of the extraction of betanine from red beetroot by pulsed electric fields. *J Food Eng.* 2009;90:60-66.
3. Ghosh S, Gillis A, Sheviriyov J, Levkov K. Towards waste meat biorefinery: Extraction of proteins from waste chicken meat with non-thermal pulsed electric fields and mechanical pressing. *J Clean Prod.* 2018;208: 220-231.
4. Loginova K V, Lebovka N I, Vorobiev E. Pulsed electric field assisted aqueous extraction of colorants from red beet. *J Food Eng.* 2011;106:127-133.
5. Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem.* 1976;72(1-2):248-254.
6. Yousf N, Nazir F, Salim R, Ahsan H, Sirwal A. Water solubility index and water absorption index of extruded product from rice and carrot blend. *J Pharmacog Phytochem.* 2017;6(6): 2165-2168.
7. Naowakul B, Wirjantoro T, Phianmongkhon A. Effects of speed and time of wet milling on properties of dietary fiber powder from pomelo's albedo. *Food App Biosci J.* 2013;1 (1):34-48.
8. Chareemuy W, Tangduangdee C, Viriyarattanasak C. Dehulling effectiveness and properties of full-fat soy flour as affected by thermal treatments. *J Agric Sci.* 2020;49 (1):96-112.
9. Polikovskiy M, Fernand F, Sack M, Frey W, Müller G, Golberg A. Towards marine biorefineries: Selective proteins extractions from marine macroalgae *Ulva* with pulsed electric fields. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2016;37:194-200.
10. Goettel M, Eing C, Gusbeth C, Straessner R, Frey W. Pulsed electric field assisted extraction of intracellular valuables from microalgae. *Algal Res.* 2013;2(4):401-408.
11. Valle E D, Marracino P, Pakhomova O, Libert M, Apollonio F. Nanosecond pulsed electric signals can affect electrostatic environment of proteins below the threshold of conformational effects: The case study of SOD1 with a molecular simulation study. *PLoS One.* 2019;14(8):e0221685.
12. Hosain D, Hosainpour A, Farzad N, Mohammad-Hadi K. Ohmic processing: temperature dependent electrical conductivities of lemon juice. *Modern App Sci.* 2011;5(1):209-216.
13. Liu Z, Chang SKC, Li L, Tatsumi E. Effect of selective thermal denaturation of soybean proteins on soymilk viscosity and tofu's physical properties. *Food Res Inter.* 2004;37 (8):815-822.

14. Redondo D, Venturini M E, Luengo E, Raso J, Arias E. Pulsed electric fields as a green technology for the extraction of bioactive compounds from thinned peach by-products. *Innov Food Sci Emerg Technol*. 2018;45:335-343.
15. Dehez F, Delemotte L, Kramar P, Miklavcic D, Tarek M. Evidence of conducting hydrophobic nanopores across membranes in response to an electric field. *J Physic Chem C*. 2014;118(13):6752-6757.
16. Chindapan R. Food foams. *J Food Technol, Siam University*. 2005;1(1):12-16.
17. Rattanapanone N. Basic principles of food processing, 1st ed. Bangkok: Odeon Store; 2001. 148 p.
18. Xu Y, Wang Z, Qi B, Ran A, Guo Z, Jiang L. Effect of oxidation on quality of Chiba tofu produced by soy isolate protein when subjected to storage. *Foods*. 2020; 9(12):1877.
19. He G, Yin Y, Yan X, Wang Y. Application of pulsed electric field for treatment of fish and seafood. In: Miklavcic D, editor. *Handbook of electroporation*, 1st ed. Zug: Springer International Publishing AG. 2017. p. 2637-2655.
20. He D, Zhang Z, Li H, Xia Y, Li X, Chen T. Optimizing functional properties of perilla protein isolate using the response surface methodology. *Food Sci Technol*. 2018;38(2): 348-355.
21. Kanthamoon K, Varith J, Narkprasom K, Tanongkankit Y. Application of pulsed electric field for extraction of soy protein. *Proceeding of the 12th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being (STISW XII)*; 2020 Jun 26-28; Phetchaburi, Thailand. Silpakorn University; 2020.

บทความวิจัย (Research Article)

ผลของการตัดแต่งกิ่งและช่อดอกต่อปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม

วัชร ทองโมะ¹, แสงเดือน อินชนบท¹, ประนอม ยิ่งคำมัน², ทวีป เสนคำวงศ์¹ และ สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร^{1*}

Effect of shoot pruning and inflorescence thinning on the quantity and quality of tomato hybrid seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Watchara Thongmoa¹, Sangdaun Inchonnabot¹, Pranom Yungkhamman², Thaveep Senkhamwong¹ and Suthep Watcharawetsaringkarn^{1*}

¹ Division of vegetable technology, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

² Division of Ornamental Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

*Corresponding author: suthep_mju@hotmail.com

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 87-95.

Received; 8 October 2021; Revised: 21 November 2022; Accepted: 27 December 2022

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการตัดแต่งกิ่งและช่อดอกต่อปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมผลใหญ่ทำการทดลองที่แปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ บริษัท คาเนโกเมล็ดพันธุ์ (ไทยแลนด์) จำกัด ระหว่าง พฤศจิกายน 2563 – กุมภาพันธ์ 2564 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตัดแต่งกิ่งและการตัดแต่งช่อดอกที่เหมาะสมในการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมผลใหญ่ สายพันธุ์ KST- 805 เพื่อให้ได้ปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ดีที่สุดวางแผนการทดลองแบบ 4x4 factorial in RCBD จำนวน 2 ปัจจัย คือการตัดแต่งกิ่งและการตัดแต่งช่อดอก การตัดแต่งกิ่งออกเป็น 4 ระดับคือ ไม่ตัดแต่งกิ่ง, ตัดแต่งกิ่งเหลือเพียง 1 กิ่ง, 2 กิ่ง และ 3 กิ่ง ร่วมกับการตัดแต่งช่อดอกแบ่งออกเป็น 4 ระดับคือ ตัดแต่งช่อดอกเหลือไว้เพียง 2 ช่อ, 3 ช่อ, 4 ช่อ และ 5 ช่อต่อกิ่ง ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำหนักรวมเมล็ดพันธุ์ต่อต้นมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างการตัดแต่งกิ่งและการตัดแต่งช่อดอก โดยการตัดแต่งกิ่งไว้จำนวน 3 กิ่งร่วมกับการตัดแต่งช่อดอกจำนวน 5 ช่อต่อกิ่งให้ปริมาณน้ำหนักรวมเมล็ดพันธุ์ต่อต้นเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 3.24 กรัมต่อต้น ส่วนคุณภาพเมล็ดพันธุ์ พบว่า การตัดแต่งไว้กิ่ง 1 กิ่ง, 2 กิ่ง และ 3 กิ่ง สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพได้ดีกว่าไม่ตัดแต่งกิ่งโดยให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูง คือ 92.75, 92.25 และ 90.75 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

คำสำคัญ: การตัดแต่งกิ่ง, การตัดแต่งช่อดอก, มะเขือเทศ, เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

¹ สาขาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² สาขาพืชสวนประดับ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Abstract

The study on effect of stem pruning and inflorescence thinning on the quantity and quality of tomato hybrid seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.) was carried out in production site at Kaneko seeds (Thailand) company, Lumphun province from November 2020 to February 2021. The objective of this study was fine out the suitable relation between stem pruning and inflorescence thinning for F₁-hybrid of tomato seed KST-805 variety. The experiment was carried out in 4x4 factorial in RCBD with 2 factor and 4 replications. Stem pruning is divided into 4 level including No pruning, 1 stem, 2 stem and 3 stem and inflorescence thinning is divided 4 level including 2 truss, 3 truss, 4 truss, and 5 truss per stem. The result showed that interaction between 3 stem pruning with 5 cluster per stem gave the highest dry weigh seed per plant is 3.24 g. For the quality of tomato seeds the result showed that 1 stem, 2 stem and 3 stem pruning gave the high of germination is 92.75, 92.25 and 90.75 percentage respectively.

Keywords: Shoot pruning, Inflorescence thinning, Tomato, Tomato seed

คำนำ

มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) มีถิ่นกำเนิดมาจากทางตอนกลางของทวีปอเมริกา และทางตอนใต้ของเทือกเขาแอนดีส (andean zone) แถบลาตินอเมริกา[8] ถูกจัดอันดับ(order) Polemoniales มีจำนวนโครโมโซมทั้งหมดเท่ากับ $2n=24$ เป็นพืชผสมตัวเองตามธรรมชาติและมีเปอร์เซ็นต์การผสมข้าม 2-5 เปอร์เซ็นต์ โดยพบลักษณะการเจริญเติบโตแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ แบบทอดยอด (indeterminate type) แบบกึ่งทอดยอด (semi-determinate type) และแบบไม่ทอดยอด (determinate type) ลักษณะของดอกมะเขือเทศจัดเป็นดอกสมบูรณ์เพศโดยเกสรตัวผู้ (stamen) รวมกันเป็นหลอด (tube) ครอบเกสรตัวเมีย (pistil) การผสมของมะเขือเทศส่วนใหญ่เป็นการผสมตัวเอง (self-pollination) ร้อยละ 98 [7] ลักษณะของผลเป็นประเภท berry คือ ผลมีเนื้อหลายเมล็ดประกอบด้วยช่องรังไข่ (locule) 2-25 ช่อง ผลของมะเขือเทศมีหลายรูปร่างหลายลักษณะตามสายพันธุ์ เช่น รูปร่างแบน (flat), กลม (globe), รูปไข่ (oval), รูปขอบขนาน (oblong) และรูปขอบขนานแคบ (deep oblong) มะเขือเทศลูกเล็กเรียกว่ามะเขือเทศเชอร์รี่บางสายพันธุ์สีของผลจะมีสีแดงแต่บางสายพันธุ์เมื่อผลสุกแก่เต็มที่จะมีเหลือง และบางสายพันธุ์มีสีชมพู [7]

สภาพอากาศที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 22-26 องศาเซลเซียสใน

เวลากลางวันและอุณหภูมิระหว่าง 14-15 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน ในส่วนช่วงผสมเกสรอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดอยู่ระหว่าง 16-17 องศาเซลเซียส [2] มะเขือเทศเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมพืชหนึ่งของประเทศไทย ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจกับสุขภาพมากขึ้นเนื่องจากการรับประทานอาหารที่มีประโยชน์จะช่วยให้สุขภาพดีขึ้น ดังนั้นมะเขือเทศจึงเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งและเป็นที่นิยมของผู้บริโภค [14]

ปัจจุบันเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมที่เป็นที่นิยมของเกษตรกร เนื่องจากให้ผลผลิตคุณภาพสูงและมีความสม่ำเสมอตรงตามสายพันธุ์ ทนต่อโรคและแมลงและที่สำคัญสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี [2] แต่ในขั้นตอนของการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมมีขั้นตอนในการดำเนินงานหลายขั้นตอน ประกอบกับปริมาณผลผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตได้มีจำนวนน้อยทำให้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมมีราคาแพง โดยเมื่อพิจารณาจากปริมาณการส่งออกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศของประเทศไทยประจำปี 2563 พบว่ามีปริมาณการส่งออก 43,500 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 1.2 พันล้านบาท [3] จากข้อมูลสถิติที่ปรากฏแสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีความสำคัญเป็นอย่างมาก [4] รายงานว่าการเก็บเกี่ยวผลต่างช่อดอกและต่างระดับบนต้นแม่ ช่วงบริเวณโคนต้นและช่วงปลายลำต้น

โดยทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่มีอายุ 70 วัน หลังดอกบานเท่ากัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวผลจากข้อที่ 4-6 ให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวผลจากข้อที่ 1-3 จึงสรุปได้ว่าแนวโน้มในการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศโดยการไถ่ผลบริเวณส่วนกลางถึงปลายต้นให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์สูงกว่าบริเวณช่วงโคนต้นของพืช [10] ได้ศึกษาวิธีการตัดแต่งกิ่งและช่อดอกที่เหมาะสมในการผลิตมะเขือเทศเพื่อให้ได้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่มากที่สุดโดยเปรียบเทียบระหว่าง 1 กิ่ง และ 2 กิ่ง พบว่า การไถ่ 1 กิ่งและการไถ่ 5 ดอกต่อข้อให้ปริมาณผลผลิตมากที่สุด และ[15] ได้ทดลองการไถ่จำนวนช่อดอก และการไถ่จำนวนผลต่อข้อที่เหมาะสมในการผลิตผลสดและเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ ซึ่งผลการทดลองพบว่า การไถ่ 4-5 และ 6-7 ช่อต่อกิ่ง ให้ผลผลิตมากที่สุด และมีความมอก 85.66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการไถ่จำนวนผลต่อข้อพบว่า การไถ่ผล 4-5 ผลต่อข้อให้ผลผลิตสูงที่สุดและมีความมอก 87.83เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลทำให้การสร้างและสะสมอาหารภายในลำต้นเพิ่มขึ้น และยังเกิดความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งผลิตอาหาร (source) และแหล่งใช้อาหารของพืช(sink) เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตในระยะต่างๆ[17] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการหาวิธีการตัดแต่งกิ่งและช่อดอกที่เหมาะสมในการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมผลใหญ่สายพันธุ์ KST-805 เพื่อเพิ่มปริมาณของผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของการตัดแต่งกิ่งและช่อดอกที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ สายพันธุ์ KST-805 โดยปลูกทดลองที่แปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ บริษัท คาเนโกเมล็ดพันธุ์ (ไทยแลนด์) จำกัด ต.บ้านแป้น อ.เมือง จ.ลำพูน ทำการทดลองระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2563 - กุมภาพันธ์ 2564 วางแผนการทดลองแบบ 4x4 factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ การตัดแต่งกิ่งแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ ไม่ตัดแต่งกิ่ง, 1 กิ่ง, 2 กิ่ง และ 3 กิ่ง (figure 1) ปัจจัยที่ 2 คือการตัดแต่งช่อดอกแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ ตัดแต่งช่อดอกเหลือเพียง 2 ช่อ, 3 ช่อ, 4 ช่อ และ 5 ช่อต่อกิ่ง (figure 2) ไถ่ผลต่อจำนวน 3-5 ผลต่อข้อ ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ โดยเริ่มตัดแต่งกิ่งหลังย้ายปลูกได้ 2 สัปดาห์หรือที่อายุกล้า 45 วันหลังเพาะเมล็ด โดยตัดแต่งกิ่งเหนือลำต้นรูปตัว Y (figure 1D) และการตัดแต่งช่อดอกให้ตัดช่อแรกที่อยู่ระหว่างกิ่งรูปตัว Y ออก แล้วนับช่อที่ 1 ของช่อถัดไปในแต่ละกิ่ง ไถ่จำนวนกิ่งและช่อดอกตามสิ่งทดลอง เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 50 วันหลังการผสมเกสร จากนั้นสุ่มต้นมะเขือเทศจำนวน 5 ต้น ในแต่ละสิ่งทดลองเพื่อนำเมล็ดจากต้นสุ่มไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ

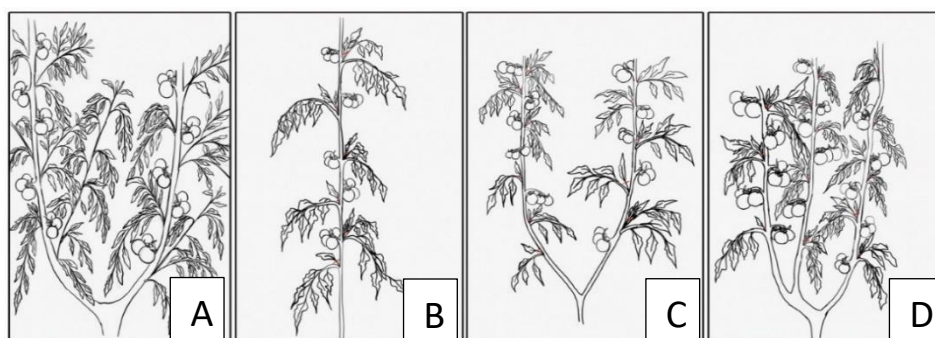


Figure 1 Characteristics of stem pruning, A: No pruning, B: one stem, C: two stem, D: three stem

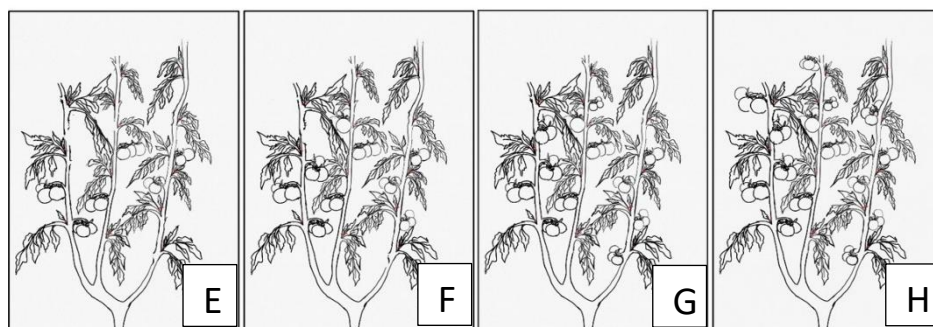


Figure 2 Characteristics of inflorescence thinning in three branch, E: 2 cluster/branch, F: 3 cluster/branch, G: 4 cluster/branch, H: 5 cluster/branch

การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการควบคุมอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ทำการเก็บข้อมูล จำนวนเมล็ดต่อผล, น้ำหนักเมล็ดต่อผล, น้ำหนัก 1,000 เมล็ด, น้ำหนักเมล็ดต่อต้น, เปอร์เซ็นต์ความงอก และความเร็วในการงอก ของเมล็ดพันธุ์ โดยทำการสุ่มเมล็ดพันธุ์ในแต่ละสิ่งทดลองจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ดแล้วนำมาตรวจประเมินคุณภาพเมล็ดด้วยวิธี Top paper (TP) ในห้องปฏิบัติการ ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

การทดสอบความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์

ทำการตรวจประเมินเมล็ดพันธุ์ที่งอกเป็นต้นกล้า โดยเริ่มนับวันแรก (First count) ที่ 5 วันและนับวันสุดท้าย(Final count) ที่ 14 วันหลังการเพาะ ส่วนความเร็วในการงอกเริ่มนับตั้งแต่วันที่ 5 จนถึงวันที่14 หลังการเพาะ แล้วนำมารายงานผลตามกฎของ [6] คำนวณสูตร

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนกล้าที่เพาะ}} \times 100$$

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่งอก}}{\text{จำนวนวันที่เพาะเมล็ด}}$$

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการเร่งอายุ

วิธีการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดโดยนำเมล็ดพันธุ์ใส่ในถุงผ้าแล้วนำไปแขวนกับฝากระป๋องพลาสติกที่บรรจุน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร ให้น้ำอยู่ระดับต่ำกว่าถุงผ้าที่ห่อเมล็ดแล้วปิดภาชนะบรรจุให้สนิท จากนั้นนำไปอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดพันธุ์ มาทดสอบความงอกและความเร็วในการงอกเช่นเดียวกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ [11]

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยโปรแกรม R เวอร์ชัน 4.1.0 ซึ่งใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honestly Significant Different (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษา

ปริมาณของเมล็ดพันธุ์

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำหนักเมล็ดต่อต้น มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างการตัดแต่งกิ่งและการตัดแต่งช่อดอก โดยการตัดแต่งกิ่งจำนวน 3 กิ่ง ร่วมกับการตัดแต่งช่อดอกจำนวน 5 ช่อต่อกิ่งให้ปริมาณน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ต่อต้นสูงที่สุดคือ 3.24 กรัมต่อต้น

ในส่วนของการตัดแต่งกิ่ง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อปริมาณน้ำหนักเมล็ดต่อผล และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด โดยการไว้ 1 กิ่ง, 2 กิ่ง และ 3 กิ่ง ให้ปริมาณน้ำหนักเมล็ดมากกว่าต้นที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่ง คือ 0.1044, 0.1056, 0.1026 กรัมต่อผล และให้ปริมาณน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมากกว่าต้นที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่ง คือ 0.93, 0.90 และ 0.90 กรัม ตามลำดับ ด้านน้ำหนักเมล็ดต่อต้นพบว่า การไม่ตัดแต่งกิ่ง และการตัดแต่งจำนวน 3 กิ่งต่อต้น ให้ปริมาณน้ำหนักเมล็ดพันธุ์สูงกว่าต้นที่ไว้ 1 กิ่งและ 2 กิ่ง คือ 2.88 และ 2.58 กรัมต่อต้น ส่วนจำนวนเมล็ดต่อผล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยมีจำนวนเมล็ดอยู่ระหว่าง 101.56 - 108.06 เมล็ดต่อผล

ปัจจัยของการตัดแต่งช่อดอก พบว่า จำนวนเมล็ดต่อผล และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการไว้จำนวน 2, 3 และ 5 ช่อต่อกิ่ง มีจำนวนเมล็ดต่อผลมากกว่าต้นที่ไว้ 4 ช่อต่อกิ่ง คือ 109.76, 107.53 และ 109.17 เมล็ดต่อผล ตามลำดับ ส่วนการไว้ 4 ช่อต่อกิ่งให้ จำนวนเมล็ดน้อยที่สุดคือ 96.39 เมล็ดต่อผล ด้านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น พบว่าการไว้ 4 ช่อ และ 5 ช่อ ให้ปริมาณน้ำหนักเมล็ดมากกว่าต้นที่ไว้ 2 ช่อ และ 3 ช่อ คือ 2.43 และ 2.63 กรัมต่อต้น

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์

การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยการทดสอบเปอร์เซ็นต์ความงอกและความเร็วในการงอกในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส และ วิธีการเร่งอายุ (Table 1) ผลการทดลอง

พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างการตัดแต่งกิ่ง และการตัดแต่งช่อดอกที่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกและความเร็วในการงอก เมื่อศึกษาปัจจัยของการตัดแต่งกิ่ง โดยทดลองในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส พบว่าปัจจัยของการตัดแต่งกิ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกและความเร็วในการงอก จากตารางพบว่า การตัดแต่งกิ่งจำนวน 2 และ 3 กิ่ง มีเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกใกล้เคียงกัน 90.75-92.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการตัดแต่งกิ่งจำนวน 1 กิ่งให้เปอร์เซ็นต์การงอกเมล็ดสูงที่สุดคือ 92.75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความเร็วในการงอกพบว่า ต้นที่ไม่ตัดแต่งกิ่งมีความเร็วในการงอกสูงที่สุดคือ 15.77 ต้น/วัน ซึ่งขนาดของเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากต้นที่ไม่ตัดแต่งกิ่งมีขนาดเล็กกว่าเมล็ดที่ได้จากต้นที่ทำการตัดแต่งกิ่ง โดย [19] ได้อธิบายว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็กจะมีความเร็วในการงอกสูงกว่าเมล็ดที่มีขนาดใหญ่แต่เมล็ดที่มีขนาดใหญ่จะสามารถงอกและให้ต้นกล้าที่มีน้ำหนักสูงกว่าเมล็ดขนาดเล็ก ด้านการทดลองโดยวิธีการเร่งอายุพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทั้งปัจจัยการตัดแต่งกิ่งและปัจจัยการตัดแต่งช่อดอก โดยการตัดแต่งกิ่งมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกซึ่งพบว่า การตัดแต่งกิ่งโดยไว้ 1 กิ่ง ให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดคือ 46.62 เปอร์เซ็นต์ และรองลงมาคือการไว้ 2 กิ่ง มีเปอร์เซ็นต์ความงอกคือ 40.88 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการตัดแต่งช่อดอก พบว่ามีผลต่อความเร็วในการงอกโดยต้นที่ตัดแต่ง โดยไว้ 2 ช่อต่อกิ่งมีความเร็วในการงอกสูงที่สุดคือ 10.22 ต้น/วัน

Table 1 Effect of stem and inflorescences pruning on quantity and quality of tomato F₁-hybrid seeds.

Treatment	Laboratory condition						Accelerated aging test	
	seed/fruit	seed/fruit (g)	seed/plant (g)	1000 seeds (g)	Germination (%)	SG (plants/day)	Germination (%)	SG (plants/day)
Stem (S)								
NP	105.53	0.0905 ^b	2.88 ^a	0.78 ^b	88.44 ^b	15.77 ^a	31.56 ^b	8.46
1 stem (S1)	101.56	0.1044 ^a	1.30 ^c	0.93 ^a	92.75 ^a	13.88 ^{ab}	46.62 ^a	9.76
2 stem (S2)	108.06	0.1056 ^a	2.14 ^b	0.90 ^a	92.25 ^a	14.55 ^{ab}	40.88 ^a	9.58
3 stem (S3)	107.71	0.1026 ^a	2.58 ^a	0.90 ^a	90.75 ^{ab}	12.15 ^b	39.31 ^{ab}	8.57
Truss(T)								
2 truss (T2)	109.76 ^a	0.1055	1.74 ^c	0.88	92.13	13.70	43.93	10.22 ^a
3 truss (T3)	107.53 ^a	0.1012	2.09 ^b	0.86	91.19	14.54	40.56	9.08 ^{ab}
4 truss (T4)	96.39 ^b	0.0946	2.43 ^a	0.88	89.13	14.60	35.75	8.12 ^b
5 truss (T5)	109.17 ^a	0.1017	2.63 ^a	0.89	91.75	13.50	38.12	8.95 ^{ab}
Interaction (S x T)								
NP	T2	115.08	0.0963	3.04 ^{abc}	0.82	91	15.47	28.38
	T3	107.35	0.0940	2.83 ^{abcd}	0.77	85	16.21	31.69
	T4	91.60	0.0803	2.63 ^{abcd}	0.75	88	16.12	33.88
	T5	108.10	0.0915	3.01 ^{abc}	0.78	89	15.27	31.25
S1	T2	104.13	0.1073	0.77 ^h	0.94	95	13.51	57.31
	T3	103.60	0.1040	1.20 ^{gh}	0.91	95	14.73	52.69
	T4	95.85	0.1010	1.51 ^{figh}	0.96	88	14.01	37.88
	T5	102.65	0.1055	1.68 ^{efgh}	0.91	92	13.27	38.19
S2	T2	110.80	0.1118	1.54 ^{def}	0.91	93	14.14	46.00
	T3	111.28	0.1075	2.11 ^{bcdef}	0.89	94	14.93	41.56
	T4	94.40	0.0938	2.34 ^{abcde}	0.91	91	16.03	34.31
	T5	115.75	0.1088	2.56 ^{abcde}	0.91	92	13.10	41.50
S3	T2	109.05	0.1068	1.62 ^{gh}	0.86	89	11.70	43.69
	T3	107.90	0.0995	2.22 ^{cdef}	0.89	91	12.30	36.00
	T4	103.70	0.1035	3.23 ^{ab}	0.91	89	12.24	36.06
	T5	110.18	0.1010	3.24 ^a	0.95	94	12.36	41.00
F-test								
Stem (S)	ns	**	**	**	**	*	**	ns
Truss(T)	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	*
SxT	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
CV %	10.7	11.32	15.74	6.13	3.84	23.75	23.24	19.24

ns = not significantly, * = significantly different at P<0.05, ** = significantly different at P<0.01

SG = Speed of germination (plant/day), NP = No pruning

วิจารณ์

จากผลการศึกษาด้านอิทธิพลของการตัดแต่งกิ่งและช่อดอกต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม พบว่า การตัดแต่งกิ่งและการตัดแต่งช่อดอกโดยการตัดแต่งกิ่ง 3 กิ่งต่อต้น ร่วมกับการตัดแต่งช่อดอก 5 ช่อต่อกิ่ง ให้ปริมาณน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมากที่สุด [16] รายงานว่าการในการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศโดยการไว้จำนวน 4 กิ่ง ทำให้น้ำหนักเมล็ดต่อต้นสูงที่สุด ส่วนการไว้จำนวนกิ่งเพียง 1 กิ่ง ทำให้ได้น้ำหนักเมล็ดต่อต้นน้อยที่สุดเนื่องจากจำนวนกิ่งมากจะทำให้มีจำนวนผลเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้มีปริมาณของเมล็ดพันธุ์เพิ่มมากขึ้นและทำให้มีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นสูงขึ้น แต่การไม่ตัดแต่งกิ่งพบว่าให้น้ำหนักเมล็ดต่อต้นสูงแต่ขนาดของเมล็ดพันธุ์ที่ได้เล็กกว่าต้นที่ตัดแต่งกิ่ง [19] ได้อธิบายเกี่ยวกับความต้องการของปัจจัย

ต่างๆ ในการเจริญเติบโตของพืชซึ่งแสงถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในกระบวนการสังเคราะห์อาหารขึ้นมา โดยการจัดการแสงมีผลต่อปริมาณและขนาดของผลผลิต การเพิ่มแสงโดยการตัดแต่งกิ่งหรือการใช้วัตถุสะท้อนแสงในการเพิ่มความเข้มของแสงสามารถลดการหลุดร่วงของดอก เพิ่มจำนวนฝัก และทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ถึง 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ขนาดของเมล็ดใหญ่ขึ้น ปริมาณโปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้น 2-3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในข้างต้นคือสิ่งทดลองที่ 1 ไม่ทำการตัดแต่งกิ่งให้ปริมาณน้ำหนักเมล็ดต่อต้นสูงเทียบเท่ากับการตัดแต่ง 3 กิ่งต่อต้น แต่ขนาดของเมล็ดพันธุ์จากสิ่งทดลองที่ 1 ที่ไม่ตัดแต่งกิ่งมีขนาดเล็กกว่าซึ่งเกิดจากการสังเคราะห์อาหารไม่เพียงพอต่อการลำเลียงไปเลี้ยงเมล็ดภายในผลซึ่งเกิดจากมีจำนวนกิ่งที่มากทำให้จำนวนของใบมาก

เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการบังแสงจากใบส่วนบนของต้น ใบล่างไม่สามารถได้รับแสงอย่างเพียงพอต่อการสังเคราะห์อาหารเพื่อไปเลี้ยงผล และเมล็ดจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ขนาดของเมล็ดพันธุ์มีขนาดเล็กกว่าต้นที่ได้รับการตัดแต่งกิ่ง ในขณะที่ต้นที่ได้รับการตัดแต่งกิ่งได้รับแสงอย่างเพียงพอที่จะสังเคราะห์อาหารไปเลี้ยงเมล็ดจึงทำให้ได้เมล็ดที่มีขนาดใหญ่ ด้านปัจจัยของการตัดแต่งช่อดอก พบว่า การไว้จำนวนช่อดอก 2, 3 และ 5 ช่อต่อกิ่งมีจำนวนเมล็ดต่อผลเฉลี่ยมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่วนการไว้ 4 ช่อต่อกิ่งให้จำนวนเมล็ดน้อยลงมา ซึ่งสาเหตุเกิดจากการผสมเกสรช่วงที่มีอุณหภูมิสูง โดยอุณหภูมิที่สูงจะส่งผลต่อการพัฒนาของผลผลิตโดยตรงต่อการพัฒนาของเกสรตัวผู้ทำให้ละอองเกสรตัวผู้มีชีวิตลดลง และความมอกของละอองเกสรลดลงส่งผลทำให้การติดเมล็ดลดลง [13] และการที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระหว่างการถ่ายละอองเกสรทำให้อัตราการเพิ่มของผลที่ไม่ได้รับการผสมเพิ่มมากขึ้น ผลจึงมีขนาดเล็กและเมล็ดแก่เร็ว การสะสมน้ำหนักรวมของผล และเมล็ดลดลงเนื่องจากระยะเวลาในการพัฒนาด้านสรีระที่เร็วขึ้น[18] นอกจากอุณหภูมิสูงจะ

ส่งผลต่อการติดเมล็ด และปริมาณของผลผลิตลดลงแล้วยังส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์อีกด้วย เนื่องจากเมื่อพืชได้รับอุณหภูมิสูงในระยะที่เมล็ดภายในผลกำลังพัฒนาและเข้าสู่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาจะทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ลดลง โดยมีความมอกและความแข็งแรงของเมล็ดต่ำกว่าเมล็ดที่ได้รับการผสมในอุณหภูมิที่เหมาะสม[9] และการตัดแต่งช่อดอกมีผลต่อน้ำหนักเมล็ดต่อต้น เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยการไว้ช่อดอก 4 และ 5 ช่อต่อกิ่งส่งผลให้มีน้ำหนักเมล็ดมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่การไว้ช่อดอก 4 และ 5 ช่อต่อกิ่งในสิ่งทดลองที่ไม่ทำการตัดแต่งกิ่งพบว่าช่อดอกบางส่วนบริเวณปลายยอดฝ่อและดอกหลุดร่วงทำให้การติดผลในช่อดอกน้อยและบางช่อดอกไม่มีการติดผล (figure 3) อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักผลและปริมาณของเมล็ดมีปัจจัยหลายระดับตามลักษณะของสายพันธุ์ กล่าวคือในบางสายพันธุ์มีอัตราการเพิ่มของน้ำหนักผลน้อยแต่มีจำนวนปริมาณเมล็ดมากและในขณะเดียวกันบางสายพันธุ์มีอัตราการเพิ่มของน้ำหนักผลมากแต่มีจำนวนเมล็ดที่น้อย [5]

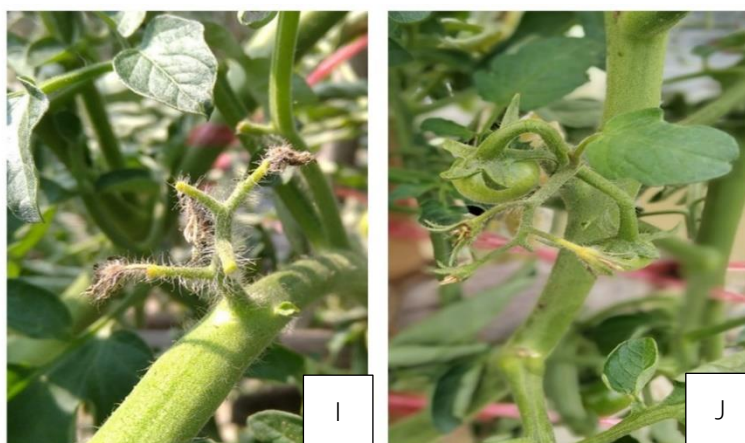


Figure 3 Characteristic after pollinate on apical inflorescence
(I.) Flower abortion, (J.) Some flower drop on inflorescence

ซึ่งขนาดของเมล็ดพันธุ์และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ขึ้นอยู่กับปัจจัยการสังเคราะห์อาหารและการสะสมอาหาร นอกจากนี้ทั้งสองปัจจัยยังขึ้นกับขนาดของอวัยวะที่รับหรือสะสมอาหาร (sink) และขนาดของอวัยวะที่ผลิตอาหาร(source) ซึ่ง sink เช่น ผลหรือเมล็ดมีอิทธิพลต่อ source หากเปรียบเทียบให้เห็น

ถึงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนก็คือ ใบ และลำต้นเป็นแหล่งสังเคราะห์อาหาร ส่วนผล และเมล็ดก็คือแหล่งรับอาหารซึ่งหากต้นพืชที่มีจำนวนกิ่งหรือใบที่มากจนเกินใบแหล่งสังเคราะห์อาหารก็จะกลายเป็นแหล่งใช้อาหารโดยไปแย่งสารอาหารที่สังเคราะห์จากแหล่งรับอาหารคือผลและเมล็ด [1], [12] รายงานว่าการจัดการธาตุ

อาหารและการตัดแต่งกิ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตในทุก
ระยะของพืชไปจนถึงการติดผลและน้ำหนักของเมล็ด
นอกจากนี้ยังพบว่า การตัดแต่งกิ่งเริ่มส่งผลต่อพืชใน
ระยะเริ่มให้ผลผลิต

จากผลการศึกษา จึงสรุปได้ว่าการตัดแต่งกิ่ง
และการตัดแต่งช่อดอกมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อปริมาณ
และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยการตัดแต่งกิ่งโดยไว้ 3
กิ่งต่อต้น ร่วมกับการตัดแต่งช่อดอก 5 ช่อต่อกิ่ง ให้
ปริมาณน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมากที่สุด และการทดสอบ
คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ทั้งการทดสอบความงอกและ
ความเร็วในการงอก เมื่อพิจารณาปัจจัยของการตัดแต่ง
กิ่งโดยไว้ 3 กิ่งต่อต้น พบว่า เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์
ความงอกที่สูง และปัจจัยของการตัดแต่งช่อดอกโดยไว้
5 ช่อต่อกิ่ง พบว่าเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงในการ
ทดสอบความเร็วในการงอกโดยวิธีเร่งอายุ

จึงสรุปผลการทดลองได้ว่าการตัดแต่งกิ่งโดย
ไว้ 3 กิ่งต่อต้น และ ตัดแต่งช่อดอกจำนวน 5 ช่อต่อกิ่ง
เหมาะสมต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศสายพันธุ์
KST-805 มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- Chalermpon S. Crop physiology. 1 st. Bangkok. Odeon store Publishing; 2535. 185p. (In Thai)
- Chanulak K. seed production. 1st. Bangkok. Odeon store Publishing; 2535. 183p. (in Thai)
- Department of agriculture the office of agriculture regulation. 2564. Quantity and value of seed export. From; <https://www.doa.go.th/ard/wpcontent/uploads/2021/01/%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%81-63.pdf> (9 July 2564)
- Dias, D. C. F. S., Ribeiro, F. P., Dias, L. A. S., Silva, D. J. H. and Vidigal, D. S. 2006. Tomato seed quality harvested from different trusses. Seed Sci & Technol. 34: 681-689.
- Imanishi, S. and Hiura, H. 1975. Relationship between fruit weight and seed content in the tomato. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 44(1): 33-40.
- ISTA. 1999. International Seed Testing Association Rule 1999. Bangkok. Seed and plant propagation division. 340p. (In Thai)
- Maneechat N. Pepper tomato. Bangkok. O.S printing house; 2554. 282 p. (In Thai)
- Maneechat N. Tomato. Bangkok. O.S printing house ; 2538. 98 p. (In Thai)
- Manthana P., Jutamas R., Chanate M., Pannee T. and Chaisit T. Effect of high temperature at reproductive stage on seed set and seed quality of rice. Khon kaen agr. J. 2019. 47(3) : 445-459p (In Thai)
- Max, J. F. J., Schmidt, L., Mutwiwa, U. N. and Kahlen, K. Effect of shoot pruning and inflorescence thinning on plant growth yield and fruit quality of greenhouse tomatoes in a tropical climate. J. Agr. Rural Develop. Trop. Subtropics. 2016; 117(1): 45-56.
- Natchaya S, Boonmee S. Changes of tomato seed quality after coating with plant growth regulations and longevity. King Mongkut's Agr.J. 2021; 39(4) : 257-263. (In Thai)
- Podjanee S. Effects of pruning and plant nutrition management on growth, development and yield of cashew nut. Journal of Agriculture. 2563; 36(3): 313-319 (In Thai)
- Polpracha W, Siwared A, Vinitchan R, Apichat V, Chanate M. The impact of high temperature on seed set at reproductive stages between heat - tolerant vs non-tolerant lines and the segregation analysis of seed set trait in the F₂ population. Proceedings of 53rd kasetsart university annual conference: plant, Animals, Veterinary Medicine, Fisheries, Agricultural Extension and home Economics; 2558. P.17-24 (In Thai)

14. Saowanee K. Research report of tomato production technology. Department of Agriculture; 2558. 128p. (In Thai)
15. Suchalee T., Sungkom T., Boonmee S. and Pornsak S. Management technology of spacing and branch-training methods on seed and yield performances of tomato production under plastic-house conditions. Developing of Technologies for high value crop production under controlled condition. 2551; 21p. (In Thai)
16. Tabtim M. Seed production of table tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Doi kham. Master's thesis of science in seed technology, Meajo University, 2551. (In Thai)
17. Tanyakan S., Somyot M., Supat I., Rumpai N., Pongsak Y. and Sungcom T. Effect of pruning on yield and quality of pummelo (*Citrus grandis* (L.) osbeck) cv. Manee-Esan. Khon kaen agr. J. 45 suppl.1: (2017) (In Thai)
18. Theerapong J. Effect of fruit maturation and cluster order on seed quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Proceeding of the 4th tropical and sub-tropical research symposium; 2553. 202p. (In Thai)
19. Wanchai J. Seed technology. Bangkok. Kasetsart University. Publishing; 2542. 276p. (In Thai)

บทความวิจัย (Research Article)**การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศส้มในขนมปัง**พนารัตน์ สังข์อินทร์¹ และ กิ่งกาญจน์ ป้องทอง^{2*}**Substitution of wheat flour with orange sweet potato flour in bread**Panarat Sungin¹, and Kingkan Pongtong^{2*}¹ Program Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University
Sisaket, 33000² Department of Agro-industry, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34000

* Corresponding author: kingkan.p@ubu.ac.th

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 96-110.*Received: 6 October 2021; Revised: 15 May 2022; Accepted: 27 December 2022***บทคัดย่อ**

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศส้มต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปัง เติร์ยมขนมปังโดยใช้แป้งมันเทศส้มทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งและแป้งสาลีล้วน (สูตรควบคุม) ผลการวิจัยพบว่าขนมปังที่มีการทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้มมากขึ้นทำให้ปริมาตร, ปริมาตรจำเพาะและความยืดหยุ่นของขนมปังลดลง แต่ความหนาแน่นและความแน่นเนื้อของขนมปังเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภค พบว่าขนมปังที่ทำจากแป้งมันเทศส้มทดแทนร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.02 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง องค์ประกอบทางเคมีใน 100 กรัมของขนมปังมันเทศส้มที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10 มีความชื้น 30.31 ไขมัน 13.39 โปรตีน 7.00 เถ้า 0.99 เส้นใยหยาบ 0.55 กรัม และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 47.76 จากข้อมูลดังกล่าวเป็นการแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำแป้งมันเทศส้มมาใช้ทดแทนแป้งสาลีเพื่อเพิ่มคุณค่าด้านการเสริมใยอาหารในขนมปัง

คำสำคัญ: แป้งมันเทศส้ม, การทดแทน, ขนมปัง¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ 33000² สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34000

Abstract

The substitution of wheat flour with orange sweet potato flour (OSPF) on physicochemical properties and sensory evaluation of bread. The bread made from 10, 20, 30 and 40% OSPF as wheat flour substitution and 100% wheat flour (control) were produced. The results found that the increasing of OSPF in the wheat flour substituted bread, the volume, specific volume and springiness (%) of bread were significantly decreased ($p \leq 0.05$), but the density and firmness (N) of bread was significantly increased ($p \leq 0.05$). The results of sensory evaluation showed that bread made from 10% of OSPF presented the highest score of overall acceptance of 7.02. The chemical characteristics of the bread 10% of OSPF was compositions: 30.31 g moisture, 13.39 g fat, 7.00 g protein, 0.99 g ash, 0.55 g crude fiber and 47.76 g carbohydrate. Available data provided in this study showed the possibility of OSPF utilization as wheat flour substitution for increasing dietary fiber in bread.

Keywords: Orange sweet potato flour, Substitution, Bread

คำนำ

มันเทศ (Sweet potato) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Ipomoea batatas* L. เป็นพืชหัวใต้ดินที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมีการเพาะปลูกมากในหลายทวีป เช่น แอฟริกา อเมริกาใต้ และเอเชีย ซึ่งพันธุ์มันเทศที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์เนื้อสีขาว (white sweet potato) เนื้อสีเหลือง (yellow sweet potato) เนื้อสีส้ม (orange potato) และเนื้อสีม่วง (purple sweet potato) มันเทศเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญรวมทั้งยังมีวิตามิน แร่ธาตุ ไอโซฟลาโวน และสารพฤกษเคมีที่สามารถออกฤทธิ์ได้ทางชีวภาพหลากหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) สารฟลาโวนอยด์ (flavonoid compounds) สารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สารแคโรทีนอยด์ (carotenoids) และพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) ที่มีฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดและป้องกันโรคอ้วน ด้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ด้านการอักเสบ ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย [1-3] โดยกลุ่มและปริมาณของสารเหล่านี้ที่พบจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์และสีของเนื้อมันเทศ มันเทศสีเหลืองหรือสีส้มจะมีการดฟีนอลิก (เช่น hydroxycinnamic acids) และมีเบต้า-แคโรทีนสูง จึงลดอัตราการการกลายพันธุ์ของเซลล์และทำลายเซลล์มะเร็ง

นอกจากนี้ยังบำรุงสายตาอีกด้วย มันเทศสีส้มมีรสชาติหวานน้อยแต่มีความเหนียวนุ่ม อร่อย ปัจจุบันถูกนำมาประกอบอาหารหลายอย่างเนื่องจากมีประโยชน์ทางโภชนาการทางอาหารสูง [4] มีการนำมันเทศมาใช้ประโยชน์จากอย่างกว้างขวางด้านบริโภคแต่ที่เป็นที่นิยมได้แก่ มันเทศแผ่นทอด แป้งมันเทศ สตาร์ทชจากมันเทศและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ เช่น ขนมไทยและผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น แต่การนำแป้งชนิดอื่นมาใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีค่อนข้างจำกัด มีการรายงานจากนักวิจัยในการนำแป้งมันเทศมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หลายชนิด ได้แก่ โดนัท หมั่นโถว เค้ก ลูกก๊วย บราวนี่ คุกกี้ วาฟเฟิล และขนมปัง เป็นต้น [5-13] มีนักวิจัยได้ศึกษาการทำหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง ผลการศึกษาพบว่าแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.30 และ 7.33 คะแนน ตามลำดับอยู่ในเกณฑ์ความชอบปานกลาง [7] จากการรายงานการนำแป้งมันเทศทดแทนในแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ลูกก๊วยพบว่าสามารถทดแทนแป้งมันเทศในผลิตภัณฑ์ลูกก๊วยได้ถึงร้อยละ 30 โดยมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม [8]

ขนมปังเป็นอาหารอีกประเภทหนึ่งที่นิยมรับประทานกันแพร่หลายของชาวฝรั่งเศสและได้เข้ามาในประเทศไทยเนื่องจากเป็นอาหารที่รับประทานง่ายสามารถรับประทานได้แทนข้าวและนำไปปรุงแต่งหรือเสริมคุณค่าทางอาหารได้อย่างหลากหลาย ขนมปังมีหลากหลายชนิด เช่น ขนมปังผิวแข็ง ขนมปังจิต ขนมปังชอฟต์โรล ขนมปังหวาน โดยวัตถุดิบหลักที่นำมาผลิตขนมปัง คือ แป้งสาลี น้ำตาล ยีสต์ เนยสด ผงฟู โดยพบว่าการใช้อัตราส่วนของแป้งสาลีและมันเทศที่หลากหลายที่เกิดจากการทดลองทำให้ทราบถึงปริมาณที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาขนมปังให้มีกลิ่นและรสชาติรวมไปถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น ในผลิตภัณฑ์ขนมปังส่วนใหญ่จะทำจากแป้งสาลีเนื่องจากมีปริมาณกลูเตนสูงและอาจมีการนำแป้งชนิดอื่นๆ มาใช้ทดแทนแป้งสาลีบางส่วน จากการรายงานของนักวิจัยส่วนใหญ่เมื่อนำมันเทศมาทดแทนในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ที่ระดับร้อยละ 10-30 ของน้ำหนักแป้งเป็นระดับที่ยอมรับได้ [12, 13] ซึ่งจากการศึกษาการใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง โดยขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 และน้ำร้อยละ 80 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด [13]

พื้นที่ อำเภอบางบาลและ อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ มีการเพาะปลูกมันเทศเนื้อสีม่วงมันเทศเนื้อสีส้ม อยู่เป็นจำนวนมาก โดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะเป็นการจำหน่ายในรูปของผลสด การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้แป้งมันเทศจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และยิ่งจะช่วยให้มีการนำมันเทศมาใช้ประโยชน์และช่วยเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับผลิตภัณฑ์อาหารนั้น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่นำแป้งที่เตรียมจากมันเทศเนื้อสีส้มไปใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังยังมีไม่มาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แป้งมันเทศสีม่วงมาทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งมันเทศในแป้งสาลีด้วยอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์และ

สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมันเทศส้ม เป็นการส่งเสริมกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้มีทางเลือกในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ และสร้างรายได้ให้กับชุมชนอย่างยั่งยืน

วัสดุและวิธีการ

1. การเตรียมแป้งมันเทศส้ม

การเตรียมแป้งมันเทศส้ม โดยนำมันเทศส้มจากตลาดสด ในจังหวัดศรีสะเกษมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก สไลด์เป็นแผ่นบางที่มีความหนาประมาณ 4.5 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องสไลด์ นำชิ้นมันที่ได้มาให้ความร้อนด้วยวิธีการลวกด้วยน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที หลังจากผ่านการให้ความร้อนตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำมันเทศที่ได้มาทำให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หรือจนมีปริมาณความชื้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 10 หลังจากนั้นนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 140 เมช จะได้แป้งมันเทศส้ม (orange sweet potato flour, OSPF) จากนั้นเก็บในถุงพอลิเอทิลีนหุ้มด้วยถุงอลูมิเนียมฟลอยด์ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์และใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ตลอดการวิจัย [14]

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของแป้งมันเทศส้ม

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศส้ม ซึ่งทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร (Proximate analysis) ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใยหยาบและใช้วิธีการคำนวณหาค่าคาร์โบไฮเดรตตามมาตรฐาน [15] วัดค่าสีของแป้งด้วยเครื่องวัดสี Mini Scan EZ 4500L Spectrophotometer (Hunter Lab, USA) และรายงานผลในระบบ CIE Lab โดยมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) แล้วนำมาคำนวณ ค่า Chroma (C^*) และ ค่า Hue angle (H°) โดยทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำจะทำการวัดทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

3. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังจากแป้งมันเทศส้ม

นำแป้งมันเทศส้มมาใช้ในการศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลี โดยเลือกระดับการทดแทน 4 ระดับ คือร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนัก

แป้ง เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (แป้งสาลีล้วน) ได้สูตรการทดลองทั้งหมด 5 สูตร และส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ ยีสต์ น้ำตาลทรายขาว น้ำมันรำข้าว เกลือป่น นมผง ไข่ไก่ และ น้ำ ดังแสดงในตาราง 1 โดยวิธีการผลิตขนมปังมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) ร่อนแป้งสาลี แป้งมันเทศสั้ม และเตรียมส่วนผสม ซึ่งตามอัตราส่วน
- 2) ผสมแป้งสาลี แป้งมันเทศสั้ม ลงในเครื่องผสม (kitchen aid) โดยใช้หัวตีแบบตะขอเติมส่วนผสมอื่นๆ นวดให้เข้ากันดี หลังจากนั้นให้เติมน้ำมันรำข้าวลงไป นวดต่อเป็นเวลา 20 นาที สังเกตให้เกิดฟิล์ม (สามารถแผ่ขยายตัวเป็นแผ่นบางได้โดยไม่ขาดออกจากกัน)
- 3) นำออกมาขนาด ให้ได้ก้อนโดที่เรียบเนียน ยืดหยุ่น ไม่เหนียวติดมือและ แบ่งก้อนโดเป็นก้อน น้ำหนักก้อนละ 100 กรัม คลึงเป็นก้อนกลม พักไว้ประมาณ 10 นาที

- 4) คลึงโดด้วยไม้คลึงแป้งให้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า แล้วม้วนเป็นท่อนกลม ความยาวเท่าขนาดของพิมพ์ (พิมพ์ขนมปังขนาด 6 นิ้ว (5.3x16.5x8.2 cm)) กดจับจีบด้านริม ก้อนโดให้ตะเข็บปิดสนิท ใส่ลงในพิมพ์ขนมปังโดยให้ตะเข็บอยู่ด้านล่าง คลุมด้วยผ้าขาวบาง พักไว้เป็นเวลา 1-1.5 ชม. สังเกตว่าโดขึ้นมาเป็น 2 เท่า
- 5) เมื่อครบเวลา ทาหน้าด้วยนมข้นจืดผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นนำไปเข้าอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที
- 6) เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำขนมปังออกมาพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง บรรจุในถุงพลาสติก ปิดสนิท
- 7) นำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ การทดสอบความชอบของผู้บริโภคและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ต่อไป

ตาราง 1 ส่วนผสมของขนมปัง

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)				
	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
แป้งขนมปัง	1000	900	800	700	600
แป้งมันเทศสั้ม	0	100	200	300	400
ยีสต์แห้ง	20	20	20	20	20
น้ำตาลทรายขาว	150	150	150	150	150
น้ำมันรำข้าว	100	100	100	100	100
เกลือป่น	10	10	10	10	10
นมผง	50	50	50	50	50
ไข่ไก่	50	50	50	50	50
น้ำ	650	650	650	670	680

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมปัง

1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยเครื่องวัดความชื้นอินฟราเรด (Sartorius รุ่น MA37-1) และหา

ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (aw) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqua Lab, USA)

2) ชั่งน้ำหนัก (weight) และหาปริมาตร (volume) ของขนมปัง การหาปริมาตรทำได้โดยวิธีการแทนที่ก้อนขนมปังด้วยน้ำ โดยการชั่งน้ำหนักของขนม

บั้งที่เย็นแล้วจัดบันทึก วัดปริมาตรเริ่มต้นของงาขาว โดยการนำงาขาวใส่ลงไปในถ้วยกับภาชนะที่มีความสูงและความกว้างมากกว่าขนาดของขนมบั้งที่ตรวจสอบ แล้ววัดปริมาตรของงาขาวด้วยกระบอกตวง จัดบันทึกค่า จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาตร ปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของขนมบั้ง ดังสมการที่ (1), (2) และ (3) ตามลำดับ จัดแปลงจาก [16]

ปริมาตรของขนมบั้ง (cm^3) = ปริมาตรภาชนะ - ปริมาตรเมล็ดงาที่เติมในภาชนะ (1)

ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g) = ปริมาตรของขนมบั้ง / น้ำหนักของขนมบั้ง (2)

ความหนาแน่นโดยรวม (g/cm^3) = น้ำหนักของขนมบั้ง / ปริมาตรของขนมบั้ง (3)

3) วัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ของขนมบั้งด้านความแน่นเนื้อของขนมบั้ง (Firmness) และความยืดหยุ่นของขนมบั้ง (Springiness) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น Model CT3 ใช้หัววัดชนิด Cylinder/ROD Probes TA4/1000 ทำการทดลองอย่างละ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำจะทำการวัดทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมบั้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) นำผลการทดลองไปวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS for Window

5. การทดสอบความชอบของผู้บริโภค

นำขนมบั้งที่ผลิตได้ไม่เกิน 2 ชั่วโมง หั่นเป็นแผ่นขนาด $5 \times 8 \times 1.5$ เซนติเมตร (ตัดขอบสีน้ำตาลออก) ไปทดสอบความชอบของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน อายุระหว่าง 18-45 ปี เพื่อประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความนุ่ม และการความชอบรวม โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ให้คะแนนในช่วง 1-9 โดยคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ($n=30$) นำผลการทดลองไป

วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS โดยงานวิจัยนี้ได้รับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่คำขอ AF02-09 เลขที่โครงการวิจัย COE No.010/2562 มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

6. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีขนมบั้งมันเทศส้ม

นำขนมบั้งมันเทศส้มที่ได้รับความนิยมสูงสุดจากข้อ 5 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธี [15]

7. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมบั้งมันเทศส้มระหว่างการเก็บรักษา

นำขนมบั้งมันเทศส้มที่ได้รับความนิยมสูงสุดจากข้อ 5 มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมบั้งระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยนำขนมบั้งมาใส่ถุงโพลีโพรพิลีน ซีลปิดปากถุงให้สนิท แล้วใส่ในถุงแบบซิปล็อคอีกชั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 1 องศาเซลเซียส) นำมาตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ทุกๆ 2 วัน และจะยุติการทดลองเมื่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เกินมาตรฐานที่กำหนด [17]

ผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพของแป้งมันเทศส้ม

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศส้มใน 100 กรัม พบว่ามีความชื้น 8.73 โปรตีน 2.23 ไขมัน 0.68 เยื่อใยหยาบ 7.76 และ คาร์โบไฮเดรต 77.73 ค่าสีของแป้งมันเทศส้ม พบว่ามี ค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 90.41, 12.63 และ 26.78 ตามลำดับ ค่า Chroma 29.56 และ ค่า Hue angle 65.91 แสดงดังตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาค่า Chroma และ ค่า b^* ร่วมกับค่า H^0 ของแป้งมันเทศส้ม พบว่า มีค่า H^0 เข้าใกล้ 90 องศา อยู่ในระดับเฉดสีเหลืองอมส้ม โดยจัดอยู่ในกลุ่มของรงควัตถุที่เป็นสีเหลืองคือกลุ่มแคโรทีนอยด์ แสดงดังรูป 1



รูป 1 แยมันเทศส้ม

ตาราง 2 คุณภาพทางเคมีกายภาพของแยมันเทศส้ม

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ค่า	ค่าสี	ค่า
ความชื้น	8.73 ± 0.12	L*	90.41 ± 0.15
เถ้า	2.12 ± 0.20	a*	12.63 ± 0.05
โปรตีน	2.23 ± 0.08	b*	26.78 ± 0.09
ไขมัน	0.68 ± 0.52	Chroma	29.56 ± 0.01
เยื่อใยหยาบ	7.76 ± 0.52	Hue angle (°)	65.91 ± 0.78
คาร์โบไฮเดรต	77.73 ± 0.08		

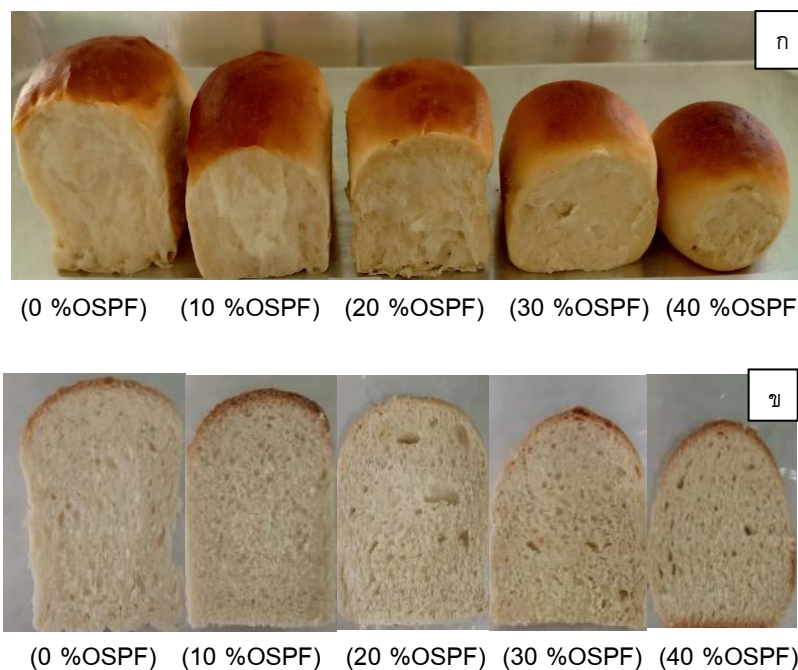
หมายเหตุ: ตัวเลขที่แสดงได้จกค่าเฉลี่ย±SD (n=15)

2. ผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังจากแยมันเทศส้ม

การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปัง โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแยมันเทศส้ม โดยใช้การทดแทนแป้งสาลีจำนวน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (แป้งสาลีล้วน) พบว่า ขนมปังทั้ง 5 สูตร มีลักษณะปรากฏที่ดีคือขนมปังมีผิวด้านนอกไม่ไหม้เกรียม เมื่อนำไปตัดเป็นแผ่นแล้วมีความหนาใกล้เคียงกัน ขอบเรียบ ไม่เป็นขุย ลักษณะเนื้อสัมผัสมี

เนื้อภายในเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น มีรูพรุนเล็กน้อย มีความหอมของกลิ่นมันเทศส้มและไม่แห้งหรือแข็งกระด้าง และเจดสีของขนมปังจะมีสีเหลืองเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนด้วยแยมันเทศส้ม

ขนมปังที่มีระดับการทดแทนร้อยละ 10 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง จะมีโพรงอากาศที่สม่ำเสมอ และเมื่อทดแทนในระดับที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าขนมปังจะมีขนาดเล็กลงตามระดับการทดแทนด้วยแยมันเทศส้ม (OSPF) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับขนมปังในสูตรควบคุม แสดงดังรูป 2



รูป 2 ลักษณะปรากฏของขนมปังที่ทดแทนด้วยน้ำมันพืชระดับต่าง ๆ ก. แบบก้อน ข. แบบแผ่น

นำขนมปังที่ทดแทนด้วยน้ำมันพืชร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง มาหาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพได้แก่ ค่าความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ปริมาตรของขนมปัง และคำนวณหาปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของขนมปังเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุม หลังจากนั้นนำมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังด้านความแน่นเนื้อของขนมปังและความยืดหยุ่นของขนมปัง พบว่า ปริมาณความชื้นของขนมปังในทุกสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าขนมปังในสูตรควบคุมมีค่าความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับ 32.23 และมีความชื้นใกล้เคียงกับขนมปังในสูตรที่ 1 เท่ากับ 32.40 และความชื้นจะเพิ่มขึ้นในขนมปังสูตรที่ 2 เท่ากับ 34.43 ในขนมปังสูตรที่ 3 เท่ากับ 36.46 และขนมปังสูตรที่ 4 เท่ากับ 36.50 ส่วนค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารของขนมปังในทุกสูตรแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมปังสูตรที่ 4 จะมีค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารสูงที่สุดคือ 0.92 ในสูตรควบคุม และ สูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.91 และค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารจะน้อยลงตามปริมาณการทดแทนน้ำมันพืชที่ลดลงในสูตรที่ 2 ในสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.90 อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมปังด้านปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของ

ผลิตภัณฑ์ขนมปังจากน้ำมันพืชสัมทั้ง 4 สูตรกับขนมปังสูตรควบคุมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ทดแทนด้วยน้ำมันพืชทั้ง 4 สูตรมีปริมาตรลดลงและความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น โดยขนมปังในสูตรที่ 1 มีค่าปริมาตรจำเพาะสูงที่สุดเท่ากับ $8.83 \text{ cm}^3/\text{g}$ และมีค่าสูงกว่าขนมปังสูตรควบคุม ($8.36 \text{ cm}^3/\text{g}$) ปริมาตรจำเพาะของขนมปังจะลดลงในระดับการทดแทนน้ำมันพืชที่เพิ่มมากขึ้น ในขนมปังสูตรที่ 2 มีปริมาตรจำเพาะเท่ากับ $7.16 \text{ cm}^3/\text{g}$ ขนมปังสูตรที่ 3 เท่ากับ $6.37 \text{ cm}^3/\text{g}$ และขนมปังสูตรที่ 4 เท่ากับ $6.13 \text{ cm}^3/\text{g}$ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาระดับการทดแทนปริมาณน้ำมันพืชสัมทั้ง 4 สูตรจะส่งผลต่อปริมาตรจำเพาะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุมยกเว้นในขนมปังสูตรที่ 1 และค่าความหนาแน่นของขนมปังทุกสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกการทดลอง โดยขนมปังสูตรที่ 4 มีค่าความหนาแน่นสูงสุดคือ 0.52 g/cm^3 ในขนมปังสูตรที่ 3 เท่ากับ 0.48 g/cm^3 ในขนมปังสูตรที่ 2 เท่ากับ 0.45 g/cm^3 และขนมปังสูตรที่ 1 เท่ากับ 0.42 g/cm^3 และในขนมปังสูตรควบคุมมีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ 0.35 g/cm^3 แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปัง

สูตรการ ทดลอง	ระดับการ ทดแทน (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น* (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำ อิสระในอาหาร (a _w)	ปริมาตร จำเพาะ* (cm ³ /g)	ความ หนาแน่น* (g/cm ³)
ควบคุม	0	32.23 ± 0.76 ^c	0.91 ± 0.05 ^{ab}	8.36 ± 0.36 ^b	0.35± 0.02 ^c
1	10	32.40 ± 0.54 ^c	0.91 ± 0.02 ^{ab}	8.83 ± 0.11 ^a	0.42± 0.08 ^{bc}
2	20	34.43 ± 0.76 ^b	0.90 ± 0.04 ^b	7.16 ± 0.76 ^c	0.45± 0.23 ^b
3	30	36.46 ± 0.32 ^a	0.90 ± 0.04 ^b	6.37 ± 0.43 ^d	0.48± 0.16 ^{ab}
4	40	36.50 ± 0.36 ^a	0.92 ± 0.02 ^a	6.13 ± 0.76 ^d	0.52± 0.21 ^a

* หมายถึง: ตัวเลขที่แสดงได้จากค่าเฉลี่ย±SD (n=15),

^{a-d} อักษรในแนวดิ่งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตาราง 4 ค่าความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่นของขนมปัง

สูตรการทดลอง	ระดับการทดแทน (ร้อยละ)	ความแน่นเนื้อ* (นิวตัน)	ความยืดหยุ่น* (ร้อยละ)
ควบคุม	0	3.62 ± 0.45 ^e	54.32 ± 0.45 ^b
1	10	10.17 ± 0.08 ^d	61.49 ± 0.72 ^a
2	20	29.73 ± 0.05 ^c	50.02 ± 0.15 ^c
3	30	43.62 ± 0.87 ^b	44.68 ± 0.05 ^d
4	40	67.43 ± 0.75 ^a	31.12 ± 0.23 ^e

* หมายถึง: ตัวเลขที่แสดงได้จากค่าเฉลี่ย±SD (n=15),

^{a-e} อักษรในแนวดิ่งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตาราง 4 แสดงถึงผลค่าความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่นของขนมปัง พบว่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นของขนมปังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในขนมปังสูตรควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุดเท่ากับ 3.62±0.45 นิวตัน และค่าความแน่นเนื้อจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในขนมปังสูตรที่ 1 เท่ากับ 10.17±0.08 นิวตัน ขนมปังสูตรที่ 2 เท่ากับ 29.73±0.05 นิวตัน และค่าความแน่นเนื้อจะเพิ่มมากขึ้นในขนมปังสูตรที่ 3 และขนมปังสูตรที่ 4 เท่ากับ 43.62±0.87 นิวตัน และ 67.43±0.75 นิวตัน ตามลำดับ ค่าความยืดหยุ่นของขนมปังในสูตรที่ 1 มีค่าความยืดหยุ่นสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 61.49±0.72

ส่วนขนมปังสูตรควบคุมมีค่าเท่ากับร้อยละ 54.32±0.45 และค่าความยืดหยุ่นของขนมปังจะเริ่มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศมากขึ้น ในขนมปังสูตรที่ 2 มีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับร้อยละ 50.02±0.15 ขนมปังสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับร้อยละ 44.68±0.05 และในขนมปังสูตรที่ 4 มีความยืดหยุ่นต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 31.12±0.23 ซึ่งการทดแทนปริมาณแป้งมันเทศมากขึ้นจะส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นของขนมปัง

3. ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภค

นำผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งมันเทศส้มทั้ง 4 สูตรไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด โดยทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เพื่อประเมินคุณลักษณะของขนมปังด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ 9 = ชอบมากที่สุด และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ผลการทดสอบจากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบของขนมปังทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความนุ่ม และความชอบรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบทางด้านสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงดังตาราง 5

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (โพรงอากาศ) ขนมปังสูตรที่ 1 สูงที่สุด (7.68 ± 1.83) โดยมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (7.32 ± 0.83) และความชอบลำดับถัดมาสูตรที่ 2 (7.26 ± 1.50) ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 3 (7.12 ± 0.67) และสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 4 (6.73 ± 1.50) ตามลำดับ คะแนนความชอบด้านกลิ่นผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นในขนมปังสูตรที่ 1 สูงที่สุด (7.18 ± 0.87) โดยมีความชอบสูงกว่าสูตรควบคุม (6.78 ± 1.10) และความชอบลำดับถัดมาคือในสูตรที่ 2 (6.56 ± 0.88) ไม่แตกต่างกับความชอบในสูตรที่ 3 (6.24 ± 1.04) และสูตรที่ 4 (6.24 ± 1.04) ตามลำดับ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสในขนมปังสูตรที่ 1 สูง

ที่สุด (7.00 ± 1.50) โดยมีคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรควบคุม (6.36 ± 1.86) และความชอบลำดับถัดมาคือในสูตรที่ 2 (6.45 ± 1.72) ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 3 (6.32 ± 0.50) และสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือสูตรที่ 4 (6.00 ± 1.30) ตามลำดับ คะแนนความชอบด้านรสชาติในขนมปังสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบสูงที่สุด (7.11 ± 1.60) แต่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 2 (7.00 ± 1.00) และสูตรที่ 3 (6.78 ± 1.09) และสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือสูตรควบคุม (6.22 ± 0.83) และสูตรที่ 4 (6.17 ± 1.33) ตามลำดับ

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านความนุ่มในขนมปังสูตรที่ 1 สูงที่สุด (6.89 ± 0.63) โดยมีความชอบเท่ากับสูตรควบคุม (6.23 ± 1.06) และความชอบลำดับถัดมาคือสูตรที่ 2 (6.44 ± 0.72) สูตรที่ 3 (6.22 ± 1.44) และสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 4 (5.67 ± 1.50) ตามลำดับ และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านความชอบรวมในขนมปังสูตรที่ 1 สูงที่สุด (7.02 ± 1.06) โดยมีความชอบไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (6.65 ± 0.60) ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 2 (6.47 ± 1.53) และสูตรที่ 3 (6.32 ± 0.78) สูตรที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือขนมปังสูตรที่ 4 (6.00 ± 1.50) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะของขนมปังด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความนุ่ม และความชอบรวมแล้วนั้น ขนมปังสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุดเท่ากับ 7.02 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ดังนั้นจึงนำขนมปังสูตรที่ 1 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการผลิตต่อไป

ตาราง 5 ค่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศสัมผัสที่ระดับต่างๆ

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ				
	สูตรควบคุม (0)	สูตรที่ 1 (ร้อยละ 10)	สูตรที่ 2 (ร้อยละ 20)	สูตรที่ 3 (ร้อยละ 30)	สูตรที่ 4 (ร้อยละ 40)
ลักษณะปรากฏ (โพรงอากาศ)	7.32 ± 0.83 ^a	7.68 ± 1.83 ^a	7.26 ± 1.50 ^{ab}	7.12 ± 0.67 ^b	6.73 ± 1.50 ^c
สี ^{ns}	6.26 ± 1.53	6.21 ± 1.60	6.34 ± 0.83	6.12 ± 0.67	6.12 ± 0.67
กลิ่น*	6.78 ± 1.10 ^b	7.18 ± 0.87 ^a	6.56 ± 0.88 ^{bc}	6.24 ± 1.04 ^c	6.24 ± 1.04 ^c
กลิ่นรส*	6.36 ± 1.86 ^{bc}	7.00 ± 1.50 ^a	6.45 ± 1.72 ^{bc}	6.32 ± 0.50 ^{bc}	6.00 ± 1.30 ^c
รสชาติ*	6.22 ± 0.83 ^c	7.11 ± 1.60 ^a	7.00 ± 1.00 ^{ab}	6.78 ± 1.09 ^b	6.17 ± 1.33 ^c
ความนุ่ม*	6.23 ± 1.06 ^a	6.89 ± 0.63 ^a	6.44 ± 0.72 ^b	6.22 ± 1.44 ^c	5.67 ± 1.50 ^d
ความชอบรวม*	6.65 ± 0.60 ^{ab}	7.02 ± 1.06 ^a	6.47 ± 1.53 ^b	6.32 ± 0.78 ^{bc}	6.00 ± 1.50 ^c

* หมายเหตุ: ตัวเลขที่แสดงได้จากค่าเฉลี่ย±SD (n=30),

^{a-d} อักษรในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังมันเทศสัมผัส

นำขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศสัมผัส ร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง มาวิเคราะห์องค์ประกอบ

ทางเคมีใน 100 กรัม พบว่า มีความชื้น 30.31 ไขมัน 13.39 โปรตีน 7.00 เถ้า 0.99 เส้นใยหยาบ 0.55 และ นำมาคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 47.76 กรัม

ตาราง 6 องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังมันเทศสัมผัสที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละของน้ำหนัก)
ความชื้น	30.31 ± 0.09
คาร์โบไฮเดรต	47.76 ± 0.45
ไขมัน	13.39 ± 0.62
โปรตีน	7.00 ± 0.04
เถ้า	0.99 ± 0.07
เส้นใยหยาบ	0.55 ± 0.11

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±SD (จำนวน 3 ซ้ำ)

5. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปังมันเทศส้มระหว่างการเก็บรักษา

นำขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้มร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปังระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โดยจะมีการตรวจเชื้อทุก 2 วัน ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้มร้อยละ 10 พบว่าในวันที่ 0 ไม่พบทั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา วันที่ 2 พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.22×10^2 CFU/g

และ ยีสต์และราน้อยกว่า 10 CFU/g วันที่ 4 พบว่าขนมปังมีเชื้อราเกิดขึ้น นำมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.34×10^4 CFU/g และ ยีสต์และรา 1.95×10^4 CFU/g และเก็บไว้จนถึงวันที่ 6 ขนมปังมีลักษณะมีราสีเขียวขึ้นบริเวณผิวหน้าของขนมปัง มีเมือกเกิดขึ้นที่ขนมปัง เมื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพพบว่า มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.21×10^6 CFU/g และ ยีสต์และราเท่ากับ 4.21×10^6 CFU/g ซึ่งเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [17] ที่กำหนดไว้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจะต้องน้อยกว่า 1×10^4 CFU/g และจำนวนยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 CFU/g แสดงดังตาราง 7

ตาราง 7 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้มร้อยละ 10

ช่วงเวลาการเก็บรักษา (วันที่)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ยีสต์และรา (CFU/g)
0	ND	ND
2	1.22×10^2	< 10
4	5.34×10^4	1.95×10^4
6	2.21×10^6	4.21×10^6

วิจารณ์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศส้ม พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของแป้งมันเทศ คือคาร์โบไฮเดรตคิดเป็นร้อยละ 77.73 และมีความชื้นร้อยละ 8.73 โปรตีนร้อยละ 2.23 เถ้าร้อยละ 2.12 ± 0.20 ไขมันร้อยละ 0.68 ± 0.52 และเยื่อใยร้อยละ 7.76 ± 0.52 ผลการวิเคราะห์ด้านค่าสีของแป้งมันเทศส้ม มีค่า L^* ค่า a^* และ ค่า b^* เท่ากับ 90.41 ± 0.15 , 12.63 ± 0.05 และ 26.78 ± 0.09 ตามลำดับ เมื่อพิจารณา ค่า Chroma และค่า b^* ร่วมกับค่า Hue angle เท่ากับ 65.9 ± 0.78 พบว่าเจดสีของแป้งมันเทศส้มอยู่ในเจดสีเหลือง โดยกลุ่มของรงควัตถุที่เป็นสีเหลืองคือกลุ่มแคโรทีนอยด์มีคุณสมบัติเป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำ โดยปริมาณแคโรทีนอยด์ในมันเทศ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ทั้งสายพันธุ์ พื้นที่ปลูก ฤดูกาล เป็นต้น [9] [18] จากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังโดยศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศส้ม โดยใช้การ

ทดแทนแป้งสาลีจำนวน 4 ระดับ คือร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (แป้งสาลีล้วน) พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังมีลักษณะปรากฏที่ดีคือขนมปังจะไม่ไหม้เกรียม เมื่อนำไปตัดเป็นแผ่นต้องมีความหนาใกล้เคียงกัน ขอบเรียบ ไม่เป็นขุย ลักษณะเนื้อสัมผัสต้องมีเนื้อภายในเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่นและไม่แห้งหรือแข็งกระด้าง [18] ขนมปังที่ทดแทนในระดับร้อยละ 10 และ 20 มีความนุ่ม ยืดหยุ่น และขนมปังจะเริ่มมีขนาดเล็กลงตามระดับการทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับขนมปังในสูตรควบคุม เมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ปริมาณความชื้นของขนมปังในทุกสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าขนมปังในสูตรควบคุมมีความชื้นใกล้เคียงกับขนมปังในสูตรที่ 1 และความชื้นจะเพิ่มขึ้นในขนมปังสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และขนมปังสูตรที่ 4 เนื่องจากเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งมันเทศส้มมาก

ขึ้นและต้องใช้ปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นในสูตรการผลิต จึงทำให้การดูดน้ำเข้าไปในองค์ประกอบของแป้งมันเทศและเกิดการสูญเสียความชื้นในระหว่างการอบ จึงส่งผลให้ปริมาณความชื้นที่พบในผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนแป้งมันเทศมีความชื้นสูงกว่าในขนมปังสูตรควบคุมยกเว้นในขนมปังสูตรที่ 1 ที่มีค่าปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันกับสูตรควบคุม ส่วนค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารของขนมปังในทุกสูตรแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมปังสูตรที่ 4 จะมีค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารสูงที่สุดและค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารจะน้อยลงตามปริมาณการทดแทนแป้งมันเทศที่ลดลงในสูตรที่ 2 ในสูตรที่ 3 เนื่องมาจากในแป้งมันเทศมีปริมาณของใยอาหารและคาร์โบไฮเดรตสูง จึงมีการดูดซึมน้ำได้ดี ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการสูญเสียความชื้นในระหว่างกระบวนการอบไปเพียงเล็กน้อย [19] อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมปังด้านปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งมันเทศทั้ง 4 สูตรกับขนมปังสูตรควบคุมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศทั้ง 4 สูตรมีปริมาตรลดลงและความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาระดับการทดแทนแป้งมันเทศสัมที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อปริมาตรจำเพาะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุมยกเว้นในขนมปังสูตรที่ 1 และค่าความหนาแน่นของขนมปังทุกสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกการทดลอง โดยขนมปังสูตรที่ 4 มีค่าความหนาแน่นสูงสุดและในขนมปังสูตรควบคุมมีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ 0.35 g/cm^3

ค่าความยืดหยุ่นของขนมปังในสูตรที่ 1 มีค่าความยืดหยุ่นสูงที่สุดและค่าความยืดหยุ่นของขนมปังจะเริ่มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศมากขึ้น ซึ่งการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสัมมากขึ้นจะส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นของขนมปัง จะเห็นว่าขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสัทดแทนแป้งสาลีมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าและมีค่าความยืดหยุ่นน้อยกว่าขนมปังสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นขนมปังสูตรที่ 1 ที่มีค่าความยืดหยุ่นสูงกว่าขนม

ปังสูตรควบคุม และเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสัมมากขึ้นส่งผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น และค่าความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้สอดคล้องกับผลการวัดค่าปริมาตรจำเพาะ ซึ่งพบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสัทดแทนแป้งสาลีในปริมาณมากขึ้นทำให้ขนมปังมีปริมาตรลดลงตามลำดับ ซึ่งการที่ขนมปังมีปริมาตรลดลงส่งผลให้ขนมปังมีความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้นและความยืดหยุ่นที่ลดลงตามไปด้วย ซึ่งการมีปริมาตรจำเพาะน้อยเกินไปหรือความหนาแน่นมากเกินไป ขนมปังจะมีความแน่นเนื้อสูงทำให้ไม่น่ารับประทาน จากการทดแทนแป้งมันเทศสัในระดับต่างๆ มีผลเพียงเล็กน้อยต่อน้ำหนักขนมปัง แต่ส่งผลอย่างเห็นได้ชัดต่อค่าปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของขนมปัง (รูป 2) โดยการเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศส่งผลต่อกลูเตนและทำให้โดมีความแข็งแรงลดลง [7] [8] [10] ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานการผลิตขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสัมทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะต่ำกว่าขนมปังที่ไม่ได้ผสมแป้งมันเทศสัมและการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสัมร้อยละ 10 - 30 ทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลง ค่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นลดลง [13] สอดคล้องกับการพัฒนาสูตรขนมปังแซนวิชโดยใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 20, 40, 60 และ 80 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าการนำรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการอบมาทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังแซนวิชมีค่าความแข็งแรงสูงขึ้น แต่ค่าความยืดหยุ่น ปริมาตรจำเพาะลดลง [20] นอกจากนี้ยังมีผู้รายงานการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ [21] ความหนาแน่นของขนมปังมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาตรและปริมาตรจำเพาะ กล่าวคือเมื่อปริมาตรและปริมาตรจำเพาะลดลงความหนาแน่นของขนมปังจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก จะมี

ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะน้อยที่สุดแต่มีความหนาแน่นมากที่สุด [21]

เมื่อนำขนมปังมันเทศทั้ง 4 สูตรไปทดสอบความชอบของผู้บริโภคเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมเพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดโดยทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ได้รับคำแนะนำความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นความชอบด้านสี จากข้อกำหนดของ มผช. 747/2555 กล่าวว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังจะต้องมีเนื้อภายในเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น และไม่แห้งหรือแข็งกระด้าง ส่วนผิวด้านนอกต้องเป็นไปตามลักษณะเฉพาะของขนมปังนั้น ดังนั้นคุณภาพของขนมปังที่ดีจะต้องมีปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป [17] การมีปริมาตรจำเพาะมากเกินไป จะมีโครงสร้างรูพรุนขนาดใหญ่ทำให้ไม่มารับประทาน เมื่อพิจารณาผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศทั้ง 4 สูตร พบว่า ขนมปังในสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกด้านยกเว้นความชอบด้านสี และเมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ขนมปังมันเทศกับผลิตภัณฑ์ขนมปังในสูตรควบคุมพบว่า ขนมปังสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับ 7.02 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ดังนั้น ขนมปังมันเทศในสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบทุกด้านใกล้เคียงกับสูตรควบคุม นอกจากนี้การทดแทนด้วยแป้งมันเทศสัมผัส ขนมปังที่ได้จะมีสีเหลืองอมส้มและสีของขนมปังจะเข้มขึ้นตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งจะช่วยให้กลิ่นรสที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวเมื่อเติมลงในปริมาณที่เหมาะสมแต่เมื่อทดแทนมากกว่าร้อยละ 30 จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็ง เนื้อแน่นขึ้นส่งผลต่อโพรงอากาศของขนมปัง นอกจากนี้ยังส่งต่อรสชาติอีกด้วย ผู้บริโภคได้แสดงความคิดเห็นในด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ว่ามีกลิ่นของมันเทศที่ชัดเจน และมีความแข็ง ไม่นุ่ม มีความยืดหยุ่นน้อยกว่าขนมปังในสูตรควบคุม

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาคัดเลือกขนมปังมันเทศสัมผัสในสูตรที่ 1 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีใน 100 กรัม พบว่ามีความชื้น 30.31 ไขมัน 13.39 โปรตีน 7.00 เถ้า 0.99 เส้นใยหยาบ 0.55 กรัม และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 47.76 หลังจากนั้นนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของขนมปังที่อุณหภูมิห้อง ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของขนมปังในสูตรที่ 1 พบว่าในวันที่ 4 พบว่า ขนมปังมีเชื้อราเกิดขึ้น นำมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.34×10^4 CFU/g และ ยีสต์ และรา 1.95×10^4 CFU/g และเมื่อเก็บไว้จนถึงวันที่ 6 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.21×10^6 CFU/g และ ยีสต์และราเท่ากับ 4.21×10^6 CFU/g ซึ่งเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน สาเหตุของการเสื่อมเสียของขนมปังมันเทศสัมผัส เนื่องจากขนมปังมีปริมาณความชื้นสูงถึงร้อยละ 30 มีค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารเท่ากับ 0.91 ซึ่งทั้งปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระต่างก็เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เป็นปัจจัยที่ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ซึ่งจุลินทรีย์และแบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.7 ดังนั้นขนมปังมันเทศสัมผัสมีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในอาหารสูง จึงทำให้ขนมปังเกิดการเสื่อมเสียได้เร็ว จึงเป็นสาเหตุให้มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้น้อยกว่า 4 วัน

ดังนั้น องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการนำผลมันเทศสัมผัสที่มีราคาถูกและมีปริมาณมากในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศ จ.ศรีสะเกษ โดยนำมาแปรรูปเป็นแป้งมันเทศสัมผัส ซึ่งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ที่สามารถต่อยอดสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ นอกจากนี้ การพัฒนาขนมปังจากแป้งมันเทศสัมผัสเป็นการเพิ่มใบ

อาหารและควรมีการศึกษาการทดแทนในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นร่วมกับสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นๆ รวมทั้งในด้านการส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการอื่น ๆ ให้เป็นขนมทางเลือกแก่เด็กในวัยเรียน เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ให้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยนี้ ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และครุภัณฑ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Jang, H.H., Kim, H.W., Kim, S.Y., Kim, S.M., Kim, J.B. and Lee, Y.M. In vitro and in vivo hypoglycemic effects of cyaniding 3-caffeoyl-p-hydroxybenzoylsphoroside -5- glucoside, an anthocyanin isolated from purple-fleshed sweet potato. *Food Chem.* 2019; 272: 688-693.
2. Zhuang, J., Lu, J., Wang, X., Wang, X., Hu, W., Hong, F., Zhao, X.X. and Zheng, Y.L. Purple sweet potato color protects against high-fat diet-induced cognitive deficits through AMPK-mediated autophagy in mouse hippocampus. *J. Nutr. Biochem.* 2019; 65: 35-45.
3. Flora C. Amagloh , Benard Yada , Gaston A. Tumuhimbise , Francis K. Amagloh and Archileo N. Kaaya. The potential of sweet potato as a functional food in sub-saharan africa and its implications for health: A Review. *Molecules.* 2021; 26: 2971. <https://doi.org/10.3390/molecules26102971>.
4. Grace, M.H., G.G. Yousef, S.J. Gustafson, V.D. Truong, G.C. Yench, and M.A. Lila. Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweet potato storage and impacts on bioactive properties. *Food Chem.* 2014; 145: 717–724.
5. Tang, Y., Cai, W. and Xu, B. Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. *Food Sci. Hum. Wellness.* 2015; 4: 123-132.
6. Sangnark, A. and Nookhorm, A. Effects of dietary fiber from sugarcane bagasse and sucrose ester on dough and bread properties, *LWT-Food Sci. Technol.*, 2004; 37: 697-704.
7. Chainarong, Y., Limroongreungrat, K. and Suksomboon, A. Effect of purple sweet potato flour content on the quality of mantou. *Agricultural Sci. J.* 2014; 45(2) (suppl.): 97-100.
8. Sukboonyasatit, D., Ruangsak, B., Srithong, W. and Cheungkuntod, S. Effect of sweet potato flour as wheat flour substitution on the characteristics of cookies. *Khon Kaen Agr. J.* 2017; 45(1) (suppl.): 1060-1065.
9. Charoenphun N. Development of cookie products from sweet potato. *Journal of food technology, Siam university.* 2017; 13(1): 32-43.
10. Wu, K-L., W-C. Sung, and C-H. Yang. Characteristics of dough and bread as affected by the incorporation of sweet potato paste in the formulation. *J. Mar. Sci. Tech.-Japan.* 2009; 17(1): 13-22.

11. Greene, J.L. and Bovell-Benjamin, A.C. Macroscopic and sensory evaluation of bread supplemented with sweet-potato flour, *Journal of Food Science*, 2004; 69(4): 167-173.
12. Trejo-González, A.S., A.G. Loyo-González, and M.R. Munguía- Mazariegos. Evaluation of bread made from composite wheat-sweet potato flours. *Int. Food Res. J.* 2014; 21(4) :1683-1688.
13. Wanuwat, W., Kongnonkok, N. and Suksomboon, A. Effect of utilization of purple sweet potato flour as wheat flour replacement on the properties of bread. *Agricultural Sci. J.* 2013; 44(2)(Suppl.): 421-424.
14. Kunyane, K. and Sungin, P. The effect of guar gum on the qualities of gluten free crispy waffle from sweet purple potato flour. *Dusit Thani College Journal*. 2019; 13(1): 315-329.
15. AOAC. Official methods of analysis. 17th ed., Arlington, VA : The Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA. 2000.
16. Hathorn, C.S., Biswas, M.A., Gichuhi, P.N. and Bovell-Benjamin, A.C. Comparison of chemical, physical, microstructural, and microbial properties of breads supplemented with sweet potato flour and high-gluten dough Enhancers, *LWT-Food Sci. Technol.*, 2008; 41: 803-815.
17. Thai Industrial Standards Institute. Thai community product standard: bread (744/2012). [Online] Available from <http://tcps.tisi.go.th> [Accessed May,10, 2019]
18. Thongrak, P. and Other. Food product development from sweet potato in tub-nam, Bang Pahan, Phra Nakhon Si Ayutthaya. Final report. 2017; 1-72.
19. Mandala, I., Polaki A. and S. Yanniotis. Influence of frozen storage on bread enriched with different ingredients. *J. Food Eng.* 2009; 92: 137-145.
20. Raungrusmee, S., Jadwong, K., and Wongtong, O. Development of sandwich bread formulation substituted wheat flour with rice berry rice bran. *Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)*. 2018; 13(1): 123-138.
21. Supakot, P., Saelao, S. and Bisila, O. Replacement of wheat flour with red jasmine brown rice flour in bread product. *Prawarun Agr. J.* 2020; 17(2), 273-287.

บทความวิจัย (Research Article)

การศึกษาสภาพการเลี้ยง และการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของการผลิตโคขุนในพื้นที่จังหวัดพะเยา

วिरนุช ทันนินิ¹, พยุงศักดิ์ อินตะวิชา¹, จักรกฤษ วิชาพร¹, มลภักดิ์ กล้ารักษ์¹ และ สุรีย์พร แสงวงศ์^{1*}

The study of raising conditions and SWOT analysis of cattle fattening production in Phayao province

Wiranut Thannithi¹, Payungsuk Intawicha¹, Jakkit Wichaporn¹, Monpak Klamrak¹, and Sureeporn Saengwong^{1*}¹ School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

* Corresponding to: sureeporn.sa@up.ac.th

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 111-121.

Received; 8 October 2021; Revised: 30 October 2022; Accepted: 16 November 2022

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้ามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพการเลี้ยง การจัดการ การตลาด ปัญหาและอุปสรรคในการเลี้ยงโคขุนของเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่จังหวัดพะเยา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ขุนโคระยะสั้นจำนวน 10 ราย และกลุ่มที่ขุนโคระยะยาวจำนวน 23 ราย โดยใช้แบบสอบถามถึงโครงสร้างในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษาลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรทั้งสองกลุ่มพบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 90.91 เลี้ยงโคขุนเป็นอาชีพเสริมร้อยละ 66.67 ทั้งสองกลุ่มมีสภาพการเลี้ยงคล้ายคลึงกัน คือ ทั้งหมดเลี้ยงแบบช่วงคอกตลอดเวลา โคที่เลี้ยงส่วนใหญ่เป็นโคลูกผสมชาร์โรเลส์ร้อยละ 78.50 ด้านการตลาดเกษตรกรส่วนใหญ่จำหน่ายโคขุนให้กับสหกรณ์ วิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงโคเนื้อ และพ่อค้าคนกลาง (ร้อยละ 69.70, 18.18 และ 9.09 ตามลำดับ) โดยลักษณะการจำหน่ายตามราคาด้านหน้าหน้าขาและเกรดซาก หรือตามราคาด้านหน้ามีชีวิตร้อยละ 87.88 รายได้ของการจำหน่ายโคขุนมากกว่า 90,000 บาท/ปี/ฟาร์ม ร้อยละ 72.73 ความพึงพอใจกับราคาจำหน่ายอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 78.79 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ (SWOT analysis) พบว่าจุดแข็ง เกษตรกรมีการรวมกลุ่มจัดตั้งเป็นสหกรณ์และวิสาหกิจชุมชน สามารถสร้างรายได้ในครัวเรือน มีทักษะและความรู้ความสามารถในการจัดการฟาร์ม มีตลาดรองรับที่แน่นอน จุดอ่อน เกษตรกรมีอายุค่อนข้างมาก ประสบการณ์น้อย ขาดองค์ความรู้ในการจัดการการเลี้ยงต่าง ๆ โอกาส มีโอกาสส่งออกโคขุนไปขายยังต่างประเทศ และเพิ่มโอกาสทางการค้าให้กับเกษตรกรส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้าน เช่น สปป.ลาว เวียดนาม และจีน เป็นการเพิ่มโอกาสทางการค้าให้แก่เกษตรกรมากยิ่งขึ้น อุปสรรค ขาดการวางแผนในการผลิต ไม่สามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณการผลิตได้ ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตโคขุนมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ ไม่ได้มาตรฐาน ไม่ตรงตามความต้องการของตลาด

คำสำคัญ: โคขุน, สภาพการเลี้ยง, การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม, จังหวัดพะเยา

¹ สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

The objectives of this study were to study the rearing conditions, management, marketing, problems and obstacles in raising fattening cattle of smallholder farmers in Phayao Province. Which were divided into 2 groups, consisting of 10 short period cattle fattening farms and 23 long period cattle fattening farms. A semi-structured interview method was used to collect data and all data were analyzed by descriptive statistics. The results of this study found the socioeconomic characteristics of two groups that the most of farmers were male (90.91%) raised fattening cattle as a supplementary occupation (66.67%). Both groups had similar rearing conditions by raised in intensive systems (100.00%). The majority of breed were Charolais x Thai native crossbred cattle (78.50%). In marketing, the majority of farmers sold their cattle to Dok Kham Tai fattening cattle cooperative, Phayao Beef community enterprise and middlemen (69.70%, 18.18%, and 9.09%, respectively). Characteristics of selling by carcass weight or carcass grade or live weight (87.88%). The income of fattening cattle was more than 90,000 baht per year (72.73%), satisfaction with the selling price was moderate (78.79%). In term of SWOT analysis revealed that **Strengths**: the farmers grouped together to form cooperatives and community enterprises, can earn household income. Have the skills and knowledge of farm management. There is a certain market to support it. **Weaknesses**: farmers are quite old. Little experience, lack of knowledge in managing various farming. **Opportunities**: there is an opportunity to export fattening cattle for sale abroad and increase trade opportunities for farmers to export to neighboring countries such as Lao, Vietnam and China that will increase trade opportunities for farmers. **Threats**: lack of production plan, cannot control quality and production volume. The efficiency of fattening cattle production is of relatively low quality, the standard does not meet market demand.

Keywords: Fattening cattle, Rearing conditions, SWOT analysis, Phayao province

บทนำ

การเลี้ยงโคขุนเพื่อผลิตเนื้อโคคุณภาพที่มีไขมันแทรกสูง ส่วนใหญ่โคที่นำมาเลี้ยงขุนเป็นโคลูกผสมที่มีสายเลือดยุโรป เช่น โคลูกผสมชาร์โรเลส์ โคลูกผสมแองกัส และโคลูกผสมวากิว รวมทั้งโคเนื้อที่ปรับปรุงพันธุ์ขึ้นในประเทศไทย เช่น โคพันธุ์กำแพงแสน โคพันธุ์ตาก โคพันธุ์กบินทร์บุรี การเลี้ยงโคขุนเป็นอาชีพที่สำคัญอีกอาชีพหนึ่งที่สามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับประเทศ เมื่อพิจารณาศักยภาพของการเลี้ยงโคขุนในประเทศพบว่า ประเทศไทยมีความสามารถสูงในการผลิตโคพันธุ์และโคขุนส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศเมื่อเทียบกับประเทศต่าง ๆ โดยภาพรวมสถานการณ์การเลี้ยงโคขุนในปัจจุบัน ในปี พ.ศ. 2564 พบว่า มีเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนในประเทศไทย จำนวน 23,296 ราย มีจำนวนโคขุน 270,609 ตัว [1] ปริมาณการส่งออก 111.82 ตัน มี

มูลค่า 11.6 ล้านบาท [2, 3] ตามรายงานสถานภาพและการตลาดเนื้อโคของประเทศไทย พบว่าการผลิตโคขุนขึ้นอยู่กับต้นทุนและศักยภาพของเกษตรกรผู้เลี้ยง ซึ่งแบ่งตลาดเนื้อโคออกเป็น 3 ระดับ คือ ตลาดระดับสูง ตลาดระดับกลาง และตลาดระดับล่าง โดยเกษตรกรในประเทศส่วนใหญ่มีศักยภาพการผลิตส่งตลาดระดับกลาง ร้อยละ 58.5 ตลาดระดับล่างร้อยละ 40 และตลาดระดับสูงเพียงร้อยละ 1.5 โดยส่วนใหญ่การเลี้ยงโคของเกษตรกรไทยมีจุดอ่อน คือ ขาดแคลนพื้นที่เลี้ยงโค ต้นทุนสูง ใช้ระยะเวลาคืนทุนนาน การหาพันธุ์โคเพื่อผลิตเนื้อโคคุณภาพยังขาดแคลน เนื่องจากหาซื้อลูกโคเข้าขุนได้ยากและพบว่าลูกโคเลือดผสมมีราคาค่อนข้างสูง [3] โคได้รับอาหารในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย รวมถึงคุณค่าทางโภชนาของอาหารไม่ครบถ้วน ส่งผลให้ผลผลิตโคขุนไม่ตรงตามความต้องการของตลาดในปัจจุบัน [2, 4]

สอดคล้องกับการศึกษาของ Chainam et al. [5] รายงานว่าสภาพการซื้อขายโคในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ส่วนใหญ่ผู้ซื้อจะคำนึงถึงสายพันธุ์โคเป็นหลัก คือโคลูกผสมชาร์โรเลส์ แองกัส และบราห์มัน ตามลำดับ และเนื้อโคเป็นสินค้าที่ตลาดภายในประเทศมีความต้องการสูง มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องร้อยละ 4.80 ต่อปี ประกอบกับผลผลิตในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงส่งผลให้มีการนำเข้าเนื้อโคจากต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ สูงถึง 9,392 ตัน อาจส่งผลกระทบต่อราคาเนื้อโคภายในประเทศที่ต่ำลง และอาจนำไปสู่การเลิกประกอบอาชีพการเลี้ยงโคขุนของเกษตรกรในที่สุด ซึ่งมีความขัดแย้งกับความต้องการบริโภคเนื้อโคคุณภาพที่มีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตามการทราบถึงสภาพการเลี้ยงโคขุนเพื่อที่จะสามารถหาแนวทางการยกระดับมาตรฐานการเลี้ยงให้ได้ผลผลิตตรงตามความต้องการของตลาดในประเทศและส่งออก นำมาซึ่งผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่เกษตรกรมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสภาพการเลี้ยง การจัดการการตลาด ช่องทางการตลาด ปัญหาและอุปสรรคในการเลี้ยงโคขุนของเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่จังหวัดพะเยา เพื่อนำไปวิเคราะห์สภาพแวดล้อม (SWOT) และนำไปเป็นแนวทางในการเพิ่มศักยภาพการผลิตการตลาด และพัฒนาระบบการเลี้ยงโคขุนให้มีมาตรฐาน มีคุณภาพ และปริมาณที่เพียงพอต่อตามความต้องการของตลาด

วัสดุและวิธีการ

การศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจและสังคม สภาพการเลี้ยงโคขุน และปัญหาอุปสรรค ของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนในพื้นที่จังหวัดพะเยา สุ่มเก็บตัวอย่างจากเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดพะเยา โดยเกษตรกรต้องมีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคขุน 1 ปีขึ้นไป คัดเลือกทั้งหมดจำนวน 33 ราย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มขุนโคระยะสันจำนวน 10 ราย โคที่เข้าขุนระบบนี้ไม่จำเป็นต้องตอน เนื่องจาก การขุนโคระยะสันเป็นการเลี้ยงโคที่มีอายุน้อยให้เติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้นๆ อายุไม่เกิน 2 ปี

ระยะเวลาในการเลี้ยงสันประมาณ 3-6 เดือน เพื่อให้ได้น้ำหนัก 550 กิโลกรัมขึ้นไป และกลุ่มขุนโคระยะยาว 23 ราย โคลูกผสมสายพันธุ์ยุโรปที่มีระดับสายเลือดสูง โคที่เข้าขุนในระบบนี้ต้องทำการตอนก่อน เนื่องจากโคตอนมีการเจริญเติบโตดีและมีไขมันแทรกดีเป็นที่ต้องการของตลาดและให้ราคาดี อายุระหว่าง 2-2.5 ปี ระยะเวลาในการเลี้ยงยาวประมาณ 12-15 เดือน เพื่อให้ได้น้ำหนัก 800 กิโลกรัมขึ้นไป โดยการศึกษาได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่ 2.2/010/63 และได้รับการพิจารณารับรองจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ เลขที่ 630104004

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาที่ได้รับการประเมินดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ (IOC) ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และครบถ้วนของคำถาม โดยผ่านการทดสอบของผู้ทรงคุณวุฒิ พร้อมปรับปรุงแก้ไขแล้ว ประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจและสังคม สภาพการเลี้ยง และปัญหาอุปสรรคเกี่ยวกับการเลี้ยงโคขุนของเกษตรกร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามแบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structured interview) ประกอบด้วยคำถามปลายเปิด (open-ended question) และคำถามปลายปิด (close-ended question) โดยทำการเก็บข้อมูลด้านต่างๆ ดังนี้ ข้อมูลพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจและสังคม สภาพการเลี้ยง การจัดการการเลี้ยง ปัญหาและอุปสรรค เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลพื้นฐานด้านเศรษฐกิจและสังคม และสภาพการเลี้ยงโคขุน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) และค่าเฉลี่ย (mean)

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาด้านเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุน โดยเกษตรกรที่สำรวจทั้งหมด 33 ราย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้เลี้ยงโคขุนระยะสั้น และกลุ่มผู้เลี้ยงโคขุนระยะยาว พบว่าข้อมูลของเกษตรกรทั้งสองกลุ่มมีความคล้ายคลึงกัน โดยเกษตรกรเพศชายมีสัดส่วนสูงกว่าเพศหญิง (ร้อยละ 90.91 และ 9.09 ตามลำดับ) เป็นกลุ่มเกษตรกรที่มีอายุ 51-60 ปี ร้อยละ 51.52 จบการศึกษาในระดับปริญญาตรีสูงสุด รองลงมา คือ ประถมศึกษา มัธยมศึกษา และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพหรือสูงกว่า (ร้อยละ 42.42, 24.24, 21.21 และ 12.12 ตามลำดับ) ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าเกษตรกรกลุ่มผู้เลี้ยงโค

ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรีสูงสุด ซึ่งมีผลต่อการยอมรับความรู้หรือเทคโนโลยีใหม่ๆ ส่วนใหญ่เกษตรกรเลี้ยงโคขุนเป็นอาชีพเสริมร้อยละ 66.67 และอาชีพหลักร้อยละ 33.33 เกษตรกรประกอบอาชีพทางการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ เช่น ทำนา ทำไร่ และทำสวน มีที่ดินทำกินเป็นของตนเอง จึงทำให้มีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น ฟางข้าว และเปลือกข้าวโพด เป็นต้น และมีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคมาเป็นระยะเวลา 4-6 ปี ร้อยละ 54.55 รองลงมา 1-3 ปี ร้อยละ 33.33 และ 6 ปีขึ้นไป ร้อยละ 12.12 ส่วนใหญ่เกษตรกรมีเป้าหมายในการเลี้ยงเพิ่มขึ้น ร้อยละ 90.91 จำนวนโคขุนที่เลี้ยงมากกว่า 10 ตัว ร้อยละ 42.42 1-5 ตัว ร้อยละ 36.36 และ 6-10 ตัว ร้อยละ 21.21 ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ข้อมูลพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนกลุ่มระยะสั้น และระยะยาว (จำนวน 33 ราย) ในพื้นที่จังหวัดพะเยา

รายการ		ระยะสั้น (n=10)		ระยะยาว (n=23)	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
เพศ	ชาย	9	90.00	21	91.30
	หญิง	1	10.00	2	8.70
อายุ	21-40 ปี	1	10.00	0	0.00
	41-50 ปี	2	20.00	5	21.74
	51-60 ปี	5	50.00	12	52.17
	มากกว่า 60 ปี	2	20.00	6	26.09
การศึกษา	ประถมศึกษา	3	30.00	5	21.74
	มัธยมศึกษา	1	10.00	6	26.09
	ปริญญาตรี	5	50.00	9	39.13
	สูงกว่าปริญญาตรี	1	10.00	3	13.04
เลี้ยงโคขุนเป็นอาชีพ	หลัก	3	30.00	8	34.78
	เสริม	7	70.00	15	65.22
ประสบการณ์การเลี้ยงโคขุน	1-3 ปี	4	40.00	7	30.43
	4-6 ปี	4	40.00	14	60.87
	6 ปีขึ้นไป	2	20.00	2	8.70
เป้าหมายการเลี้ยงในอนาคต	เลี้ยงเพิ่ม	10	100.00	20	86.96
	ไม่แน่ใจ	0	0.00	3	13.04
	เลี้ยงน้อยลง	0	0.00	0	0.00
จำนวนโคขุนที่เลี้ยง	≤ 5 ตัว	3	30.00	9	39.13
	6 – 10 ตัว	2	20.00	5	21.74
	มากกว่า 10 ตัว	5	50.00	9	39.13

ผลการศึกษาด้านสภาพการเลี้ยงและการจัดการฟาร์มของเกษตรกรของทั้ง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้เลี้ยงโคขุน ระยะสั้น และระยะยาว พบว่าพันธุ์ที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเลี้ยงมากที่สุดคือ ลูกผสมชาร์โรเลส์ร้อยละ 78.50 ลูกผสมแองกัส ร้อยละ 12.70 พันธุ์อื่น ๆ ร้อยละ 6.03 และลูกผสมบราห์มันร้อยละ 1.27 เกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกโคเข้าขุน ได้แก่ พันธุ์ คะแนนสภาพร่างกาย อายุ เพศ และน้ำหนักตัว (ร้อยละ 28.44, 22.94, 16.51, 16.51 และ 15.60 ตามลำดับ) ลักษณะการเลี้ยงทั้งหมดเป็นการเลี้ยงแบบขังคอก

ตลอดเวลา โดยแบ่งเป็นการเลี้ยงแบบขังเดี่ยวร้อยละ 84.85 และแบบขังรวมร้อยละ 15.15 มีการให้อาหารหยาบแบบเต็มที และการให้อาหารชั้นแบบจำกัดเข้า-เย็น ดังนั้นการขุนโคให้ทั้งอาหารชั้นและอาหารหยาบควบคู่กันไปร้อยละ 89.19 รองลงมาอาหารผสมครบส่วน (TMR) ร้อยละ 10.81 เป็นฟาร์มที่ขึ้นทะเบียนฟาร์มกับภาครัฐแล้วร้อยละ 57.58 ได้รับการตรวจโรคในฟาร์มเป็นประจำร้อยละ 81.82 ส่วนใหญ่มีการจดบันทึกข้อมูลไม่ว่าจะเป็น ประวัติโคขุน อาหารและการให้อาหาร และสุขภาพ เป็นต้น ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ข้อมูลสภาพการเลี้ยงและการจัดการฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนกลุ่มขุนระยะสั้น และขุนระยะยาว (จำนวน 33 ราย) ในพื้นที่จังหวัดพะเยา

รายการ		ขุนระยะสั้น (n=10)		ขุนระยะยาว (n=23)	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
สายพันธุ์โคขุน	ลูกผสมชาร์โรเลส์	77	88.51	153	74.27
	ลูกผสมบราห์มัน	0	0.00	4	1.94
	ลูกผสมแองกัส	5	5.75	35	16.99
	ลูกผสมบราห์มัน+แองกัส	0	0.00	1	0.49
	ลูกผสมชาร์โรเลส์+แองกัส	0	0.00	1	0.49
	ลูกผสมวากิว	3	3.45	8	3.88
	อื่น ๆ	2	2.30	4	1.94
หลักเกณฑ์การคัดเลือกโคเข้าขุน	คะแนนสภาพร่างกาย	7	21.88	18	23.38
	พันธุ์	10	31.25	21	27.27
	เพศ	6	18.75	12	15.58
	น้ำหนักตัว	5	15.63	12	15.58
	อายุ	4	12.50	14	18.18
ลักษณะการเลี้ยง	ขังคอกตลอดเวลา	10	100.00	23	100.00
ลักษณะโรงเรือน	คอกขังรวม	2	20.00	3	13.04
	คอกขังเดี่ยว	8	80.00	20	86.96
อาหารที่ใช้เลี้ยง	ทั้งอาหารชั้นและอาหารหยาบ	10	83.33	23	92.00
	อาหารผสมครบส่วน (TMR)	2	16.67	2	8.00
ระบบการให้อาหาร	แบบจำกัด	2	20.00	11	47.83
	แบบเต็มที	8	80.00	12	52.17
การขึ้นทะเบียนฟาร์มกับภาครัฐ	ขึ้นทะเบียนแล้ว	6	60.00	13	56.52
	ไม่ได้ขึ้นทะเบียน	4	40.00	10	43.48
การตรวจโรคโคขุน	ได้รับการตรวจ	8	80.00	19	82.61
	ไม่ได้รับการตรวจ	2	20.00	4	17.39
การบันทึกข้อมูลโคขุน	บันทึก	8	80.00	18	78.26
	ไม่บันทึก	2	20.00	5	21.74

การตลาดและช่องทางการตลาด

ร้อยละ 69.70 จำหน่ายให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพะเยาปีร้อยละ 18.18 พ่อค้าคนกลาง และวิสาหกิจชุมชนร้อยละ 9.09 พ่อค้าคนกลางและสหกรณ์ร้อยละ 3.03 โดยเป็นการจำหน่ายตามราคาน้ำหนักชากและเกรดชากร้อยละ 69.70 จำหน่ายตามราคาน้ำหนักมีชีวิตร้อยละ 18.18 และจำหน่ายตามราคา

น้ำหนักมีชีวิต+ตามราคาน้ำหนักชากและเกรดชากร้อยละ 12.12 ส่วนใหญ่เกษตรกรมีรายได้ของการจำหน่ายโคขุนมากกว่า 90,000 บาท/ปี/ฟาร์ม ร้อยละ 72.73 รองลงมาอยู่ในช่วง 60,000-90,000 บาทต่อปี ร้อยละ 18.18 และน้อยกว่า 60,000 ร้อยละ 9.09 ซึ่งเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจกับราคาที่จำหน่ายอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 78.79 และอยู่ในระดับมากร้อยละ 21.21 ดังแสดงในตาราง 3

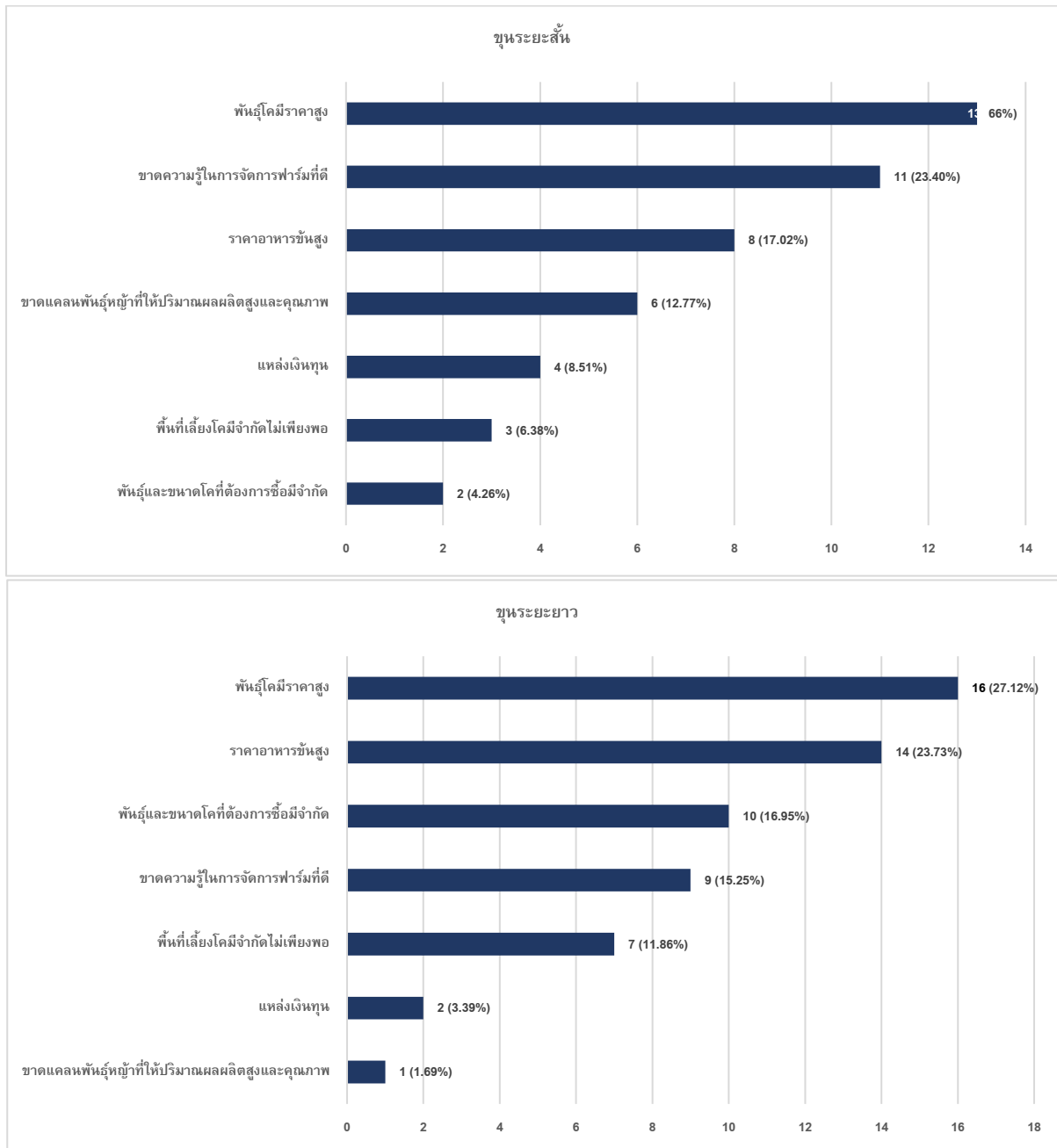
ตาราง 3 การตลาดและช่องทางการตลาดของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนกลุ่มขุนระยะสั้น และขุนระยะยาว (จำนวน 33 ราย) ในพื้นที่จังหวัดพะเยา

รายการ		ขุนระยะสั้น (n=10)		ขุนระยะยาว (n=23)	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
ช่องทางการจำหน่าย	สหกรณ์	0	0.00	23	100.00
	วิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงโคเนื้อ	6	60.00	0	0.00
	พ่อค้าคนกลาง+สหกรณ์	1	10.00	0	0.00
	พ่อค้าคนกลาง+วิสาหกิจชุมชน	3	30.00	0	0.00
ลักษณะการจำหน่าย	ตามราคาน้ำหนักมีชีวิต	6	60.00	0	0.00
	ตามราคาน้ำหนักชากและเกรดชาก	0	0.00	23	100.00
	ตามราคาน้ำหนักมีชีวิตร่วมกับราคา	4	40.00	0	0.00
	น้ำหนักชากและเกรดชาก				
รายได้จากการขายโคขุนในรอบปี	น้อยกว่า 60,000	0	0.00	3	13.04
	60,000-90,000	2	20.00	4	17.39
	มากกว่า 90,000	8	80.00	16	69.57
ความพึงพอใจกับราคา	มาก	2	20.00	5	21.74
	ปานกลาง	8	80.00	18	78.26
	น้อย	0	0.00	0	0.00

ปัญหาและอุปสรรคในการเลี้ยงโคขุนของเกษตรกร

จากการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการเลี้ยงโคขุนของเกษตรกรแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ขุนระยะสั้น พบว่า พันธุ์โคมีราคาสูงมากที่สุดร้อยละ 27.66 รองลงมาขาดความรู้ในการจัดการฟาร์มร้อยละ 23.40 ราคาอาหารชั้นสูงร้อยละ 17.02 ขาดแคลนพันธุ์หญ้าที่ให้ปริมาณผลผลิตที่มีคุณภาพร้อยละ 12.77 แหล่งเงินทุนร้อยละ 8.51 พื้นที่ที่เลี้ยงโคมีจำกัดไม่

เพียงพอร้อยละ 6.38 พันธุ์และขนาดโคที่ต้องการซื้อไม่จำกัดร้อยละ 4.26 และกลุ่มที่ 2 ขุนระยะยาว พบว่า พันธุ์โคมีราคาสูงมากที่สุดร้อยละ 27.12 รองลงมาราคาอาหารชั้นสูงร้อยละ 23.73 พันธุ์และขนาดโคที่ต้องการซื้อไม่จำกัดร้อยละ 16.95 ขาดความรู้ในการจัดการฟาร์มที่ดีร้อยละ 15.25 พื้นที่ที่เลี้ยงโคมีจำกัดไม่เพียงพอร้อยละ 11.86 แหล่งเงินทุนร้อยละ 3.39 และขาดแคลนพันธุ์หญ้าที่ให้ปริมาณผลผลิตที่มีคุณภาพร้อยละ 1.69 ตามลำดับ แสดงดังรูป 1



รูป 1 แสดงปัญหาและอุปสรรคของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนทั้งสองกลุ่ม

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ (SWOT Analysis)

จุดแข็ง (Strength) เกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนมีการรวมกลุ่มจัดตั้งเป็นสหกรณ์และวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่จังหวัดพะเยา ซึ่งได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นำไปสู่ความเข้มแข็งของกลุ่ม โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนได้คัดเลือกสายพันธุ์โคที่มีระดับสายเลือดที่เหมาะสมแก่การขุน มีการตรวจโรค จัดบันทึกข้อมูล

ประวัติโคขุนและการให้อาหารเป็นประจำ รวมไปถึงการมีระบบการรับซื้อที่ชัดเจน ส่งผลให้เกษตรกรสามารถสร้างรายได้ในครัวเรือนควบคู่กับการเลี้ยงโคขุนได้

จุดอ่อน (Weaknesses) เกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุค่อนข้างมาก บางรายเป็นเกษตรกรรายใหม่มีประสบการณ์น้อย อาจมีข้อจำกัดในเรื่องของการเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่เพื่อนำมาพัฒนาการผลิตโคขุนคุณภาพ

ดี ขาดองค์ความรู้ในการจัดการการเลี้ยงในด้านต่างๆ เช่น ด้านการจัดการฟาร์ม การจัดการสิ่งแวดล้อม และการตลาด เป็นต้น และการควบคุมมาตรฐานการจัดการของเกษตรกรในแต่ละฟาร์มเป็นไปได้ยาก เนื่องจากมีสมาชิกเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้จำนวนโคที่ผ่านเกณฑ์ก่อนเข้าเชือดในระบบมีน้อย

โอกาส (Opportunities) สามารถเพิ่มโอกาสทางการค้าให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุน โดยการส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้าน เช่น สปป.ลาว จีน และเวียดนาม นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งสามารถสร้างการรับรู้ได้ง่ายขึ้น โดยจากนโยบายทางภาครัฐ และเอกชน จึงมีการส่งเสริมการเลี้ยงโคขุนคุณภาพ จัดการอบรมเพื่อ

พัฒนาการเลี้ยง รวมถึงไปศึกษาดูงานในพื้นที่ต่างๆ ทำให้เกษตรกรมีแรงจูงใจและภาคภูมิใจในการเลี้ยงโคขุนเพิ่มมากขึ้น

อุปสรรค (Threats) เกษตรกรรายย่อยยังขาดแหล่งเงินทุนที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณการเลี้ยง จึงทำให้การควบคุมมาตรฐานการเลี้ยงทำได้ยาก อาจมีปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น การจัดการ สภาพแวดล้อม และโรค เป็นต้น การเลี้ยงโคขุนมีต้นทุนสูง เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการขุนโคขุน พันธุ์และขนาดโคที่ต้องการซื้อจำกัด ราคาค่อนข้างสูง เกษตรกรรายใหม่ยังขาดความรู้เรื่องการให้อาหารที่มีโภชนาตามความต้องการในระหว่างการขุน ทำให้โคที่ผ่านการคัดเลือกเข้าโรงเชือดไม่เพียงพอ แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ (SWOT Analysis)

	จุดแข็ง (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
	● มีการรวมกลุ่มจัดตั้งเป็นสหกรณ์ และวิสาหกิจชุมชน ● มีประสบการณ์ในการเลี้ยง ● สายพันธุ์โคมีระดับสายเลือดที่เหมาะสมแก่การขุน ● มีการตรวจโรคเป็นประจำและจดบันทึกข้อมูล ● สามารถสร้างรายได้ในครัวเรือนควบคู่กับการเลี้ยงโคขุน	● เกษตรกรมีอายุค่อนข้างมาก ● มีประสบการณ์น้อย ● ขาดระบบการจัดการตลาดและการเพิ่มมูลค่าสินค้า ● ขาดองค์ความรู้ในการจัดการการเลี้ยงในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านการจัดการฟาร์ม การจัดการสิ่งแวดล้อม และการตลาด เป็นต้น
สภาพแวดล้อมภายใน	โอกาส (Opportunities)	อุปสรรค (Threats)
	● สามารถเพิ่มโอกาสทางการค้าให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุน โดยการส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้าน เช่น สปป.ลาว จีน และเวียดนาม เป็นต้น ● จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ● นโยบายทางภาครัฐ และเอกชน จึงมีการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อ โดยจัดการอบรมเพื่อพัฒนาการเลี้ยงโคเนื้อ ทำให้มีแรงจูงใจในการเลี้ยงโคขุนเพิ่มมากขึ้น	● ไม่สามารถควบคุมคุณภาพการผลิตได้ ● ขาดแหล่งเงินทุนที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณการเลี้ยง ● ต้นทุนสูง และใช้ระยะเวลาในการคั้นขุนนาน ● พันธุ์และขนาดโคที่ต้องการซื้อจำกัด
สภาพแวดล้อมภายนอก	โอกาส (Opportunities)	อุปสรรค (Threats)
	● สามารถเพิ่มโอกาสทางการค้าให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุน โดยการส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้าน เช่น สปป.ลาว จีน และเวียดนาม เป็นต้น ● จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ● นโยบายทางภาครัฐ และเอกชน จึงมีการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อ โดยจัดการอบรมเพื่อพัฒนาการเลี้ยงโคเนื้อ ทำให้มีแรงจูงใจในการเลี้ยงโคขุนเพิ่มมากขึ้น	● ไม่สามารถควบคุมคุณภาพการผลิตได้ ● ขาดแหล่งเงินทุนที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณการเลี้ยง ● ต้นทุนสูง และใช้ระยะเวลาในการคั้นขุนนาน ● พันธุ์และขนาดโคที่ต้องการซื้อจำกัด

วิจารณ์

การเลี้ยงโคขุนของเกษตรกรในจังหวัดพะเยา ส่วนใหญ่ร้อยละ 95.16 เป็นเพศชาย เช่นเดียวกับเกษตรกรในจังหวัดเชียงรายที่มีสัดส่วนเพศชายมากกว่าเพศหญิงร้อยละ 88.89 [7] และมีอายุระหว่าง 51-60 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับปริญญาตรี เลี้ยงโคขุนเป็นอาชีพเสริมมีรายได้เฉลี่ยอยู่ที่มากกว่า 60,000 บาท/ปี เช่นเดียวกับเกษตรกรในจังหวัดระยองที่เลี้ยงโคเป็นอาชีพเสริมจากการทำเกษตร จึงทำให้มีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น ฟางข้าว และเปลือกข้าวโพด เป็นต้น [8] และมีประสบการณ์ในการเลี้ยง 4-6 ปี ร้อยละ 54.55 ซึ่งลักษณะการเลี้ยงเป็นแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย ส่วนใหญ่มีการสำรองฟางข้าวไว้ใช้ในฤดูแล้ง เช่นเดียวกับเกษตรกรในจังหวัดสมุทรสงคราม [9] และแพร่ [10] ที่มีการสำรองฟางข้าวไว้ใช้ในยามขาดแคลน ส่วนใหญ่เกษตรกรมีเป้าหมายในการเลี้ยงเพิ่มขึ้น และจำนวนโคขุนที่เลี้ยงมากกว่า 10 ตัวร้อยละ 42.42

สภาพการเลี้ยงและการจัดการฟาร์มของเกษตรกร พบว่าด้านพันธุ์ที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนส่วนใหญ่นิยมเลี้ยงมากที่สุดคือ ลูกผสมชาร์โรเลส์ร้อยละ 78.50 รองลงมาลูกผสมแองกัสร้อยละ 12.70 พันธุ์อื่นๆ ร้อยละ 6.03 ซึ่งสอดคล้องกับเกษตรกรในจังหวัดอื่นๆ เช่น ฉะเชิงเทรา [11] และระยอง [8] เกษตรกรส่วนใหญ่เลี้ยงโคพันธุ์ลูกผสมชาร์โรเลส์ ลูกผสมบราห์มัน และลูกผสมแองกัส เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่เลี้ยงง่าย ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ซึ่งเหมาะกับสภาพพื้นที่ในเขตภาคเหนือ เกณฑ์การคัดเลือกโคเข้าขุน คือ พันธุ์ คุะแนนสภาพร่างกาย อายุ เพศ และน้ำหนักตัว ลักษณะการเลี้ยงทั้งหมดเป็นขังคอกตลอดเวลาแบบขังเดี่ยวร้อยละ 84.85 เกษตรกรให้ทั้งอาหารข้นและอาหารหยาบควบคู่กันไปร้อยละ 86.49 และการให้อาหารหยาบแบบเต็มที่ร้อยละ 60.61 ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาการเลี้ยงโคเนื้อคุณภาพในจังหวัดแพร่ พบว่าลักษณะการเลี้ยงเป็นแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยร้อยละ 79.00 และการให้อาหารหยาบควบคู่ไปกับอาหารข้นร้อยละ 40.00 ส่วนใหญ่ขึ้นทะเบียนฟาร์มกับภาครัฐแล้วร้อยละ 57.58 ได้รับการตรวจโรคในฟาร์มเป็นประจำ ส่วนใหญ่มีการทำวัคซีนและถ่ายพยาธิตามโปรแกรม มีการจดบันทึกข้อมูลไม่

จะเป็น ประวัติโคขุน อาหารและการให้อาหาร และสุขภาพ เป็นต้น [7, 10]

พันธุ์โคขุนที่เกษตรกรใช้เลี้ยงส่วนมากมักซื้อต่อมาจากเครือข่ายในหมู่บ้าน หรือซื้อจากตลาดโค [12] โดยชาวบ้านเรียกว่า ตลาดนัดโค-กระบือ ซึ่งมีอยู่ 4 แห่งในจังหวัดพะเยา คือ ตลาดนัดโค-กระบือท่าวังทอง กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงโคเนื้อ สหกรณ์ และพ่อค้าคนกลาง เป็นแหล่งที่ผู้ซื้อและผู้ขายมารวมตัวกันเพื่อเลือกซื้อโคให้ตรงตามความต้องการ โดยประมาณด้วยสายตา และขายแบบเหมาตัว ผู้ซื้อต้องอาศัยความชำนาญ และประสบการณ์ในการประเมินน้ำหนักตัว รวมถึงพิจารณาจากรูปทรง เพื่อตัดสินใจในการซื้อโคมาเลี้ยง ตามแผนยุทธศาสตร์การผลิตโคเนื้อและกระบือ จังหวัดพะเยา, 2559 ส่วนรูปแบบการจำหน่ายโคขุน พบว่าเกษตรกรมีการจำหน่ายโคขุนให้กับสหกรณ์ วิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงโคเนื้อ และพ่อค้าคนกลาง ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาสภาพการเลี้ยงแม่โคในจังหวัดพะเยา [13] และจังหวัดศรีสะเกษ [14] ที่รายงานว่า เกษตรกรจำหน่ายโคให้กับพ่อค้าคนกลางร้อยละ 95.57 และ 95.00 ความพึงพอใจกับราคาที่จำหน่ายอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 78.79 แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงโคขุนก็ยังมีปัญหาเกี่ยวกับในเรื่องของพันธุ์โคมีราคาสูง พันธุ์และขนาดโคที่ต้องการซื้อจำกัด ราคาอาหารข้นสูง รวมไปถึงเกษตรกรขาดความรู้เรื่องการจัดการฟาร์ม การแพร่ระบาดของโรค และขาดโคพันธุ์ดี เช่นเดียวกับการเลี้ยงโคของเกษตรกรในจังหวัดพะเยา แพร่ และฉะเชิงเทรา พบว่าเกษตรกรขาดพื้นที่เลี้ยงสัตว์ และขาดเมล็ดพันธุ์พืชอาหารสัตว์ [11, 3]

แนวทางการพัฒนาและส่งเสริมการเลี้ยงโคขุน โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคขุนของจังหวัดพะเยา ทำให้ผู้บริโภคได้เข้าถึงเนื้อโคคุณภาพดี อาทิเช่น ลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลผลิต รวมถึงผลผลิตที่มีคุณภาพที่ได้มาตรฐาน ตรงตามความต้องการของตลาด มีการผลิตร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการเชื่อมโยงตลาด และรองรับปริมาณการบริโภคที่เพิ่มขึ้น จำแนกตามระบบการผลิตเพื่อส่งจำหน่ายตลาดระดับต่าง ๆ โดยมีตลาดรองรับที่แน่นอน เพื่อสร้างความเข้มแข็งและสร้างรายได้ที่มั่นคง และมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงบประมาณ โครงการการพัฒนาแบบการเลี้ยงโคขุนที่เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและมาตรฐานฟาร์มในพื้นที่จังหวัดพะเยา งบประมาณปี พ.ศ. 2563 ขอขอบคุณเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลต่างๆ ขอขอบคุณนิสิตสาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ และทรัพยากรธรรมชาติ ที่ช่วยเหลือในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนาม และขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Department of Livestock Development. Beef Cattle Strategy 2012-2016. Bureau of Livestock Promotion and Development, Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives.
2. Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives. National animal husbandry information for the year 2020 [Internet]. Available from: <http://ict.dld.go.th/webnew/index.php/th/service-ict/report/340-report-thailand-livestock-reportservey2563/1504-2563-country>
3. Sonsir K, Intawicha P, Saengwong S, Phumsaranakhom P, Dongpaleethun C. Raising condition and SWOT analysis for a premium grade beef production in Phayao and Phrae province. Khon Kaen Agr. J. 2020; 48(1):93-104.
4. Opaspattanakit Y, Setthakul J. Production and marketing status of cattle meat in Thailand. A complete report on the project on the status of production and marketing of beef cattle in Thailand. Research Fund Office, Bangkok. 2005.
5. Chainam J, Supakijjanon T, Kiratikarnkul B, Patanawong W, Opaspattanakit Y. Trading conditions of live cattle at the cattle-buffalo market in Chiang Mai and Lamphun Province. Research Fund Office, Bangkok. 2014.
6. Office of Agricultural Economics. import and export of cattle; 2020 [Internet]. Available from: <http://mis-app.oae.go.th/product>
7. Saengwong S, Thannithi W, Wichaporn J, Intawicha P. Beef Cattle Production, Management and Supply Chain in Chiang Rai Province. Thai Science and Technology Journal. 2020; 28(8):1403-1414.
8. Yenchai D, Intharit P. Study of cattle raising conditions and the need to promote beef cattle raising of farmers in Nikhom Phatthana District, Rayong Province. 2015.
9. Nukreaw R, Phunsoda J. The Study on Situation of Native Beef Cattle Raising and Satisfaction of Farmers in Samutsongkram Province. Samutsongkram Province Livestock Office Muang Samutsongkram Province. 2013; 55(2)-0216(7):1-21.

10. Saengwong S, Thannithi W, Wichaporn J, Intawicha P. Producing Quality Beef from Cattle in Phrae Province: An Assessment of the Conditions, Problems, and Opportunities. *King Mongkut's Agr. J.* 2020; 38(2):254-262.
11. Phothong T, Prayoonwiwat W, Ngoiphala N. Need for Extension on Beef Cattle Raising of Farmers in Plaengyao, Phanomsarakam, Sanamchaiket and Thatakieb Districts, Chachoengsao Province. Chachoengsao Province Livestock Office, Muang District, Chachoengsao Province. 2014.
12. Pakeechay K, Wattanachant C, Angkulasearanee T. Marketing Channelsof Beef Cattle inthe LowerSouthern Regionof Thailand. *Kasetsart. J.* 2014; 35(2):312-325.
13. Intawicha P, Krueasan S, Kheanwang S, Thanee T, Tana S, Sorachakula C, et al. Condition of Raising Beef Cows and Farmer Satisfaction in Muang Mae Chai, Dok Khamtai and Phukhamyao Districts of Phayao Province. *Journal of Agr. Research&Extension.* 2017; 33(3):26-34.
14. Jung-in C, Suebsunthorn S. Study the guidelines for the development of beef cattle raising potential of farmers in Sisaket Province to support the stepping into the ASEAN Economic Community. 2015.

บทความวิจัย (Research Article)

อิทธิพลของน้ำหนักก่อนเข้าขุนต่อประสิทธิภาพการผลิต: กรณีศึกษาการขุนกระบือปลักของเกษตรกร

จักรกฤษ วิชาพร¹, มลภรณ์ กล่ำรักษ์¹, วีรณัฐ ทันนินธิ¹, สุรีย์พร แสงวงศ์¹ และ พยุงศักดิ์ อินตะวิชา^{1*}

Effects of pre-fattening weight on production efficiency: A case study of fattening swamp buffalo by farmers

Jakkrit Wichaporn¹, Monpak Klamrak¹, Wiranut Thannithi¹, Sureeporn Saengwong¹ and Payungsuk Intawicha^{1*}

¹ School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

* Correspondence author: payungsuk.in@up.ac.th

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 122-129.

Received: 7 October 2021; Revised: 26 November 2022; Accepted: 14 December 2022

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำหนักก่อนเข้าขุนของกระบือปลักต่อประสิทธิภาพการผลิต โดยเก็บข้อมูลจากฟาร์มเกษตรกรในจังหวัดพะเยา จำนวน 3 กลุ่มการผลิต กลุ่มที่ 1 กระบือน้ำหนักเข้าขุน 203.11 ± 5.77 กิโลกรัม จำนวน 70 ตัว กลุ่มที่ 2 กระบือน้ำหนัก 254.84 ± 8.64 กิโลกรัม จำนวน 63 ตัว และกลุ่มที่ 3 กระบือน้ำหนัก 317.27 ± 21.08 กิโลกรัม จำนวน 85 ตัว กระบือได้รับอาหารหยาบคือ ฟางข้าว หญ้าเนเปียร์ และอาหารข้น มีน้ำให้กินอย่างเต็มที่ ผลการศึกษาพบว่า กระบือกลุ่มที่ 1 มีการเจริญเติบโตต่อวัน 1.22 ± 0.07 กิโลกรัม สูงกว่ากลุ่มที่ 2 มีค่าเท่ากับ 1.12 ± 0.07 กิโลกรัมต่อวัน และกลุ่ม 3 มีค่าเท่ากับ 0.86 ± 0.18 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการขุนกระบือปลักในรอบการขุน พบว่า กระบือกลุ่ม 1, 2 และ 3 มีกำไรเฉลี่ย 4,225.66, 6,229.37 และ 4,751.18 บาทต่อตัว ตามลำดับ สรุปได้ว่าการขุนกระบือปลักที่มีน้ำหนักตัวกลุ่ม 203.11 ± 5.77 กิโลกรัม มีการเจริญเติบโตต่อวัน และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีกว่า กลุ่มที่น้ำหนัก 254.84 ± 8.64 กิโลกรัม กลุ่มน้ำหนัก 317.27 ± 21.08 กิโลกรัม การเลี้ยงกระบือขุนเป็นอีกทางที่สามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพะเยา

คำสำคัญ: การขุน, กระบือปลัก, ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

¹ สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000

Abstract

The purpose of this study was determined the effects of pre-fattening weight on the production efficiency, data was collected from the farms of local farmers in Phayao Province for 3 production groups: 1) seventy buffalo average weight 203.11 ± 5.77 kg. 2) sixty-three buffalo average weight 254.84 ± 8.64 kg. 3) eighty-five buffalo average weight 317.27 ± 21.08 kg. Buffalos were feed with roughages such as rice straw and napier grass, concentrated feed and water ad libitum. Result shown that group 1 have an average daily gain (ADG) 1.22 ± 0.07 better than group 2 1.12 ± 0.07 kg/day and group 3 0.86 ± 0.18 kg/day. The average profit per production cycle of buffalo group 1, 2 and 3 had a 4,225.66, 6,229.37 and 4,751.18 baht per head, respectively. Buffalo fattening is another way to earn income for farmers in Phayao province.

Keywords: Fattening, Swamp buffalo, Growth performances

คำนำ

กระบือปลัก (*Bubalus bubalis*) เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของไทย นิยมเลี้ยงตามพื้นที่ราบลุ่มใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ห้วย หนอง คลอง กระบือที่เลี้ยงส่วนใหญ่เป็นกระบือปลัก (Swamp Buffalo) นิยมเลี้ยงไว้เพื่อบริโภคเนื้อ กระบือมีลักษณะเด่นคือเป็นสัตว์ที่มีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพต่ำได้ดี มีการกินอาหารไม่เลือกเมื่อเทียบกับโค มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้สูง และทนทานต่อโรคได้ดี [1] อย่างไรก็ตามกระบือมีความแตกต่างจากโคในด้านสัณฐานวิทยา (Morphology) สรีระวิทยา (Physiology) และคุณสมบัติของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักที่เอื้อประโยชน์ในการนำเอาสารอาหารไปเปลี่ยนแปลงเป็นเนื้อได้ดีกว่า [2] ปัจจุบัน เนื้อของกระบือได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากเนื้อมีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำแต่โปรตีนสูง จึงเป็นที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภคเนื้อที่รักสุขภาพ หรือผู้สูงวัยต้องการบริโภคเนื้อโปรตีนสูงไขมันต่ำ [3] และการเลี้ยงกระบือยังมีมูลกระบือสามารถนำไปหมักเป็นปุ๋ยคอกไว้ใช้สำหรับการปลูกพืช เพื่อลดต้นทุนจากการซื้อปุ๋ยเคมี [4] และมูลกระบือสามารถนำไปหมักผลิตเป็นแก๊สหุงต้มไว้ใช้ในครัวเรือนได้ [5]

ปัจจุบันประเทศไทยมีจำนวนกระบือทั้งหมด 1,256,074 ตัว [6] มีการให้ลูกตัวแรกที่อายุเฉลี่ย 47.1 ± 8 เดือน มีช่วงวันท้องว่างหลังคลอดเฉลี่ย 166.2 ± 69.7 วัน [7] การศึกษาของ Intawicha et al.

[8] เกี่ยวกับการวัดประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของกระบือ พบว่า ลูกกระบือของของเกษตรกรในจังหวัดพะเยามีน้ำหนักแรกคลอด 28.81 กิโลกรัม มีน้ำหนักอย่างเฉลี่ยว 172.36 กิโลกรัม มีการเจริญเติบโต 0.57 กิโลกรัมต่อวัน นอกจากนี้ การศึกษาของ Mohd Azmi et al. [9] มีการนำกระบือปลักมาผสมกับกระบือพันธุ์มูราห์ (Murrah) พบว่า ลูกกระบือที่คลอดมามีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น สำหรับรูปแบบการเลี้ยง พบว่าจากการศึกษาของ Kraiprom et al. [10], Intawicha et al. [8] และ Sukkasem et al. [11] เกษตรกรส่วนใหญ่มีการเลี้ยงกระบือแบบปล่อยไล่ทุ่ง ปล่อยแทะเล็มหญ้าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีการผสมพันธุ์กระบือโดยใช้วิธีธรรมชาติ และการผสมเทียม มีการนำเศษวัสดุที่เหลือใช้จากการทำเกษตรมาใช้เลี้ยงกระบือเพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร

การจำหน่ายกระบือสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือจำหน่ายตลาดภายในประเทศ และต่างประเทศ ซึ่งตลาดภายในประเทศส่วนใหญ่เป็นการขายอยู่ในตลาดนัดโค-กระบือทั่วไป หรืออาจมีพ่อค้าคนกลางมาซื้อถึงหน้าฟาร์ม [10, 11] เป็นการขายเหมา มีการกำหนดราคาโดยใช้สายตาประเมิน กระบือที่ขายเป็นกระบือที่เลี้ยงทั่วไป ไม่ได้ผ่านการขุน การขายในรูปแบบนี้เกษตรกรมักถูกกดราคาจากพ่อค้าคนกลาง ขายได้ในราคาต่ำ สำหรับตลาดในต่างประเทศ ได้แก่ จีน และเวียดนาม โดยเกษตรกรกลุ่มนี้จะทำการขุนกระบือให้อ้วนและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นก่อนจำหน่ายส่งออกไปยังต่างประเทศ จากการรายงานของ Tathong et al. [12] พบว่า ประเทศไทยมีการส่งออก

กระบือมีชีวิตไปขายยังต่างประเทศผ่านสะพานมิตรภาพแห่งที่ 3 จังหวัดนครพนม เฉลี่ยเดือนละ 1,962 ตัว ซึ่งเป็นกระบือที่ผ่านการขุนให้มีกล้ามเนื้อเจริญเติบโตเต็มที่ การขายในรูปแบบนี้ เป็นการขายแบบซังกิโละ ทำให้ไม่ถูกกดราคาจากพ่อค้า ดังนั้น ถ้าหากเกษตรกรนำกระบือมาขุนให้อ้วนขึ้น โดยการเสริมอาหารข้น และอาหารหยาบคุณภาพสูง แทนการขายกระบือแบบปกติ อาจจะเป็นวิธีการอีกหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่าของกระบือให้สูงขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงกระบือขุนยังมีข้อมูลอยู่น้อยมาก และทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุน เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับการขุนกระบือของเกษตรกรตั้งแต่วิธีการขุน กระบือที่ใช้ขุน และรวมไปถึงอาหารที่ใช้ในการขุน

ดังนั้นการศึกษารังนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลภาคสนามในฟาร์มของเกษตรกรที่มีการขุนกระบือมาศึกษา โดยเปรียบเทียบน้ำหนักเข้าขุนที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพการผลิต เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นในการวางแผนการผลิต การพัฒนาระบบการขุนกระบือ และส่งเสริมการผลิตกระบือในอนาคตต่อไป

วัสดุและวิธีการ

ประชากรที่ศึกษา

เก็บข้อมูลภาคสนามด้านการเลี้ยงกระบือขุนของเกษตรกรจำนวน 3 กลุ่ม จำนวน 218 ตัว ในพื้นที่ตำบลเชียงบาน อำเภอเชียงคำฟาร์ม จังหวัดพะเยา โดยกระบือที่เกษตรกรนำมาเข้าขุน เป็นกระบือปลักเพศผู้อายุโดยประมาณ 2.5-3 ปี สังเกตจากฟันแท้คู่แรกขึ้นซึ่งการนำกระบือมาเข้าขุนจะทำการคัดเลือกกระบือที่มีลักษณะร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์จากตลาดนัดกระบือในพื้นที่ ได้รับอนุญาตเลขที่ 630104005 โดยคณะกรรมการจรรยาบรรณ การใช้สัตว์มหาวิทยาลัยพะเยา

การวางแผนการทดลอง

ทำการสำรวจข้อมูลการขุนกระบือของเกษตรกรจำนวน 3 รุ่นการผลิต ได้แก่

รุ่นที่ 1 (กลุ่มน้ำหนักน้อย) น้ำหนักเข้าขุนเฉลี่ย 203.11 ± 5.77 กิโลกรัม จำนวน 70 ตัว ใช้ระยะเวลาเลี้ยง 75 วัน

รุ่นที่ 2 (กลุ่มน้ำหนักปานกลาง) น้ำหนักเข้าขุนเฉลี่ย 254.84 ± 8.64 กิโลกรัม จำนวน 63 ตัว ใช้ระยะเวลาเลี้ยง 115 วัน

รุ่นที่ 3 (กลุ่มน้ำหนักมาก) น้ำหนักเข้าขุนเฉลี่ย 317.27 ± 21.08 กิโลกรัม จำนวน 85 ตัว ใช้ระยะเวลาเลี้ยง 122 วัน แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงน้ำหนักก่อนเข้าขุน จำนวนกระบือ และระยะเวลาที่ใช้ขุน

รายการ	กลุ่มน้ำหนักน้อย	กลุ่มน้ำหนักปานกลาง	กลุ่มน้ำหนักมาก
น้ำหนักเข้า (กก.)	203.11 ± 5.77	254.84 ± 8.64	317.27 ± 21.08
จำนวนกระบือ	70 ตัว	63 ตัว	85 ตัว
จำนวนวันที่ขุน	75 วัน	115 วัน	122 วัน

วิธีการเลี้ยง

ก่อนการทดลอง 7 วัน กระบือถูกทำโปรแกรมถ่ายพยาธิ พร้อมกับฉีดยาบำรุง ในทุกกลุ่มการทดลอง ถูกเลี้ยงโดยเกษตรกรคนเดียวกัน มีการจัดการ และการให้อาหารที่เหมือนกัน เลี้ยงในโรงเรือนแบบขังคอก กระบือได้รับการเสริมอาหารข้นเฉลี่ย 3 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน มีการให้อาหารหยาบ แร่ธาตุ และน้ำอย่างไม่จำกัด ในตอนกลางวันมีการฉีดน้ำเพื่อคลายร้อน และลดความเครียดให้กับกระบือ

การเก็บข้อมูล

บันทึกน้ำหนักกระบือด้วยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลแบบวางพื้น ก่อนการนำเข้าขุน 1 ครั้ง และหลังสิ้นสุดการขุน 1 ครั้ง เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์สมรรถภาพการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักตัวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Body weight gain; BWG) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average daily gain, ADG) และบันทึกข้อมูลต้นทุนค่าอาหาร บันทึกราคาขาย เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

$$BWG = \frac{\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{จำนวนกระบือทั้งหมด}}$$

$$ADG = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักตัวเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนา

เก็บตัวอย่างอาหารสัตว์อาหารที่ใช้ในการขุน กระบือมาวิเคราะห์ วัตถุแห้ง เถ้า อินทรีย์วัตถุ เยื่อใยหยาบ โปรตีนหยาบ ไขมัน ผงเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และ ลิกนิน ตามวิธีการของ AOAC [13] ซึ่งตัวอย่างถูกนำมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ผลการศึกษา

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงกระบือ

ตัวอย่างอาหารหยาบ คือ ฟางข้าว หญ้าเนเปียร์จะ ถูกเก็บมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาจากฟาร์มของเกษตรกรพบว่า อาหารขุ่นมี มีค่าวัตถุแห้ง เถ้า อินทรีย์วัตถุ เยื่อใยหยาบ โปรตีนหยาบ ไขมัน ผงเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน เท่ากับ 98.37%, 5.68%, 94.32%, 14.08%, 14.76%, 26.38%, 45.32%, 37.58% และ 24.26% ตามลำดับ ฟางข้าวมีค่าวัตถุแห้ง เถ้า อินทรีย์วัตถุ เยื่อใยหยาบ โปรตีนหยาบ ไขมัน ผงเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน เท่ากับ 98.21%, 7.56%, 90.12%, 39.21%, 3.42%, 1.51%, 77.21%, 44.21% และ 7.01% ตามลำดับ และหญ้าเนเปียร์มีค่าวัตถุแห้ง เถ้า อินทรีย์วัตถุ เยื่อใยหยาบ โปรตีนหยาบ ไขมัน ผงเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน เท่ากับ 97.22%, 7.54%, 90.22%, 33.34%, 10.10%, 1.02%, 65.32%, 42.11% และ 8.02% ตามลำดับ แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงคุณค่าทางโภชนาของอาหารที่ใช้ในการขุนกระบือ

วัตถุดิบ	คุณค่าทางโภชนา (ร้อยละ)								
	DM	Ash	OM	CF	CP	EE	NDF	ADF	Lignin
อาหารข้น	98.37	5.68	94.32	14.08	14.76	26.38	45.32	37.58	24.26
ฟางข้าว	98.21	7.56	90.12	39.21	3.42	1.51	77.21	44.21	7.01
หญ้าเนเปียร์	97.22	7.54	90.22	33.34	10.10	1.02	65.32	42.11	8.02

DM, Dry matter; OM, Organic matter; CF, Crude fiber; CP, Crude protein; EE, Ether Extract; NDF, Neutral Detergent Fiber; ADF, Acid detergent fiber.

อัตราการเจริญเติบโต

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกระบือกระบือขุนกลุ่มน้ำหนักปานกลางมีค่ามากที่สุด 129.36 ± 8.63 กิโลกรัมต่อตัว รองลงมาคือกระบือขุนกลุ่มน้ำหนักมาก 105.62 ± 22.14 กิโลกรัมต่อตัว และกระบือขุนกลุ่มน้ำหนักน้อย มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด 89.08 ± 4.98 กิโลกรัมต่อตัว ส่วนอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันพบว่า

กระบือขุนกลุ่มน้ำหนักน้อย มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงที่สุด 1.22 ± 0.07 กิโลกรัมต่อวัน รองลงมาคือกระบือขุนกลุ่มน้ำหนักปานกลาง มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน 1.12 ± 0.07 กิโลกรัมต่อวัน และกระบือขุนกลุ่มน้ำหนักมาก มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันน้อยที่สุด 0.86 ± 0.18 กิโลกรัมต่อวัน แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของกระบือขุน

รายการ	กลุ่มน้ำหนักน้อย	กลุ่มน้ำหนักปานกลาง	กลุ่มน้ำหนักมาก
BWG (กก.)	89.08 ± 4.98	129.36 ± 8.63	105.62 ± 22.14
ADG (กก./วัน)	1.22 ± 0.07	1.12 ± 0.07	0.86 ± 0.18

BWG, Body weight gain; ADG, Average daily gain

ต้นทุนและกำไรจากการขุนกระบือ

จากการขุนกระบือของเกษตรกรมีต้นทุนในเรื่องของค่าอาหารข้นสำเร็จรูป การปลูกหญ้าเนเปียร์ และการซื้อฟางข้าวอัดก้อน ซึ่งกระบือขุนแต่ละกลุ่มจะมีปัจจัยต้นทุนที่ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากถูกเลี้ยงอยู่ในฟาร์มของเกษตรกรที่เดียวกัน จึงมีการให้อาหารและการจัดการต่าง ๆ ที่เหมือนกัน พบว่ากระบือกลุ่มน้ำหนักน้อย เลี้ยงกระบือจำนวน 70 ตัวมีต้นทุนการเลี้ยง 226,660 บาท มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 5,937 กก. มีรายได้จากการขาย 522,456 บาท มีกำไรจากการขายทั้งหมด 295,796 บาท กำไรเฉลี่ย 4,225.66 บาทต่อตัว

56.34 บาทต่อวัน ส่วนกระบือกลุ่มน้ำหนักปานกลาง เลี้ยงกระบือจำนวน 63 ตัว มีต้นทุนการเลี้ยง 324,750 บาท มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 8,150 กก. มีรายได้จากการขาย 717,200 บาท มีกำไรจากการขายทั้งหมด 392,450 บาท กำไรเฉลี่ย 6,229.37 บาทต่อตัว 54.17 บาทต่อวัน และกระบือกลุ่มน้ำหนักมาก เลี้ยงกระบือจำนวน 85 ตัว มีต้นทุนการเลี้ยง 466,180 บาท มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 8,977 กก. มีรายได้จากการขาย 870,030 บาท มีกำไรจากการขายทั้งหมด 403,850 บาท กำไรเฉลี่ย 4,751.18 บาทต่อตัว 38.94 บาทต่อวัน แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 ต้นทุนและกำไรจากการขุนกระบือ

รายการ	กลุ่มน้ำหนักน้อย	กลุ่มน้ำหนักปานกลาง	กลุ่มน้ำหนักมาก
จำนวนกระบือที่เลี้ยง	70 ตัว	63 ตัว	85 ตัว
ระยะเวลาเลี้ยง	75 วัน	75 วัน	75 วัน
ต้นทุนค่าอาหาร	226,660 บาท	324,750 บาท	466,180 บาท
ต้นทุนค่าอาหาร/ตัว	3,238 บาท	5,154 บาท	5,484 บาท
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	5,937 กก.	8,150 กก.	8,977 กก.
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/ตัว	84.81 กก.	129.37 กก.	105.61 กก.
รายได้จากการขาย	522,456 บาท	717,200 บาท	870,030 บาท
รายได้จากการขาย/ตัว	7,463.66 บาท	11,384.13 บาท	10,235.65 บาท
กำไรทั้งหมด	295,796 บาท	392,450 บาท	403,850 บาท
กำไรเฉลี่ย/ตัว	4,225.66 บาท	6,229.37 บาท	4,751.18 บาท
กำไรเฉลี่ย/ตัว/วัน	56.34 บาท	54.17 บาท	38.94 บาท

วิจารณ์

สมรรถภาพการเจริญเติบโต พบว่ากระบือขุนมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.86-1.22 กิโลกรัมต่อวันใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Ruangprim et al. [14] พบว่าการขุนกระบือปลักที่น้ำหนัก 150 กิโลกรัม ด้วยการเสริมอาหารชั้น 1 และ 1.75% ของน้ำหนักตัว มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.55 และ 0.66 กิโลกรัมต่อวัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Wanapat et al. [15] พบว่า การขุนกระบือปลักที่น้ำหนัก 200 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.37-0.52 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้พบว่า กระบือที่มีน้ำหนักน้อยประมาณ 200-250 กิโลกรัมมีการเจริญเติบโตสูงกว่ากระบือที่มีน้ำหนักมากประมาณ 300 กิโลกรัม เนื่องจากมีอายุน้อยกว่า จึงส่งผลให้กระบือกลุ่มที่มีน้ำหนักน้อยมีการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มที่น้ำหนักมาก สอดคล้องกับการรายงานก่อนหน้านี้พบว่า กระบือในช่วงอายุน้อย (12-18) เดือนมีการเจริญเติบโตมากกว่ากระบือที่มีอายุมาก (มากกว่า 18 เดือน) เพราะเป็นช่วงที่กระบือมีการเจริญเติบโตสูง [16] ส่วน Thiruvankadan et al. [17] ทำการเปรียบเทียบการ

เจริญเติบโตของกระบือในแต่ละปี พบว่า กระบือมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในทุกๆ 5 ปี สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ พบว่า กระบือมีการเจริญเติบโตสูงกว่าการศึกษาของ Wanapat et al. [15] และ Ruangprim et al. [14] เนื่องจากเกษตรกรมีการปรับปรุงลักษณะทางพันธุกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยการนำเข้าเชื้อกระบือพันธุ์ดีจากแหล่งอื่นเข้ามาผสม ซึ่งเป็นผลให้กระบือในปัจจุบันมีการเจริญเติบโตดีกว่าในอดีต

รายได้จากการขุนกระบือ พบว่า เกษตรกรมีกำไรจากการขุน เฉลี่ย 4,225.66-6,229.37 บาทต่อตัว หรือ 56.34 และ 54.17 บาทต่อตัวต่อวัน จากการรายงานของ Kraiprom et al. [12] พบว่าเกษตรกรที่เลี้ยงกระบือในจังหวัดปัตตานีมีรายได้จากการขายกระบือ 9,807 บาทต่อตัวต่อปี หรือ 26.87 บาทต่อตัวต่อวัน

สรุปผลการศึกษาพบว่า กระบือที่มีน้ำหนักตัวตั้งแต่ 203.11±5.77 กิโลกรัมและ 254.84±8.64 กิโลกรัม จะมีการน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีกว่า กระบือที่มีน้ำหนัก 317.27±21.08 กิโลกรัม

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณส.ปิยะฟาร์มที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลการขุนกระบือ และขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยาที่สนับสนุนวัสดุและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการสัตว์ แหล่งทุนวิจัยจากหน่วยวิจัยเพื่อความเป็นเลิศ (Unit of Excellence) ด้าน การผลิตและการแปรรูปปศุสัตว์ FF64-UoE010

เอกสารอ้างอิง

- Warriach HM, McGill DM, Bush RD, Wynn PC, Chohan KR. A review of recent developments in buffalo reproduction - a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2015;28:451-455.
- Suwanlee, S. and M. Wannapat. 1994. Effect of ruminal NH₃-N on total volatile fatty acid, bacterial population and digestibility in swamp buffaloes. *Proceedings 1st Asian Buffalo Association Congress*, January 17-21, 1994, Khon Kaen, Thailand.
- Lapitan RM, Barrio AND, Katsube O, Ban-Tokuda T, Orden EA, Robles AY, et al. Comparison of carcass and meat characteristics of Brahman grade cattle (*Bos indicus*) and crossbred water buffalo (*Bubalus bubalis*) fed on high roughage diet. *Animal Science Journal*. 2018;79:210–17.
- Phianchana A. The Technology Transfer of the Compost from Dried Rubber Leaves. *The Golden Teak : Science and Technology Journal*. 2017;4(1):43-55.
- Chuanchai A, Ramaraj R. Sustainability assessment of biogas production from buffalo grass and dung: biogas purification and bio-fertilizer. *3 Biotech*. 2018;8:151.
- ICT. National animal husbandry data in 2020. [updated 2020 August 10; cited 2021 Jul 15]. Available from: <http://ict.dld.go.th/webnew/index.php/th/service-ict/report/340-report-thailand-livestock/reportservey2563/1504-2563-country>
- Chaikhun T, Hengtrakunsin R, Rensis FD, Techakumphu M, Suadsong S. Reproductive and dairy performances of thai swamp buffaloes under intensive farm management. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*. 2012;42:81-5.
- Intawicha P, Kearsan S, Chotprom K, Tane T, Kuanwang S, Panya W, et al. Comparing the growth performance of calf buffaloes in local farm and Phayao livestock research center. *King Mongkut's Agricultural Journal*. 2018;36(1):144-51.
- Mohd Azmi AF, Abu Hassim H, Mohd Nor N, Ahmad H, Meng GY, Abdullah P, et al. Comparative Growth and Economic Performances between Indigenous Swamp and Murrah Crossbred Buffaloes in Malaysia. *Animals*. 2021;11(4):957.
- Kraiprom T, Hama M, Srijarun T. The Survey on Situation and Nutritive Value of Forage for Raising Buffalo in Pattani Farmer Province. *Princess of Naradhiwas University Journal*. 2017; 9(2):104-12.

11. Sukkasem K, Chullanandana K, Pantiwa S, Nonsuwan A. Buffalo raising situation of farmers in Tambon Tha Muang, Amphoe Selaphum, Roi Et province. *Khon Kaen Agriculture Journal*. 2019;47(2):905-18.
12. Tathong T, Panatuk J, Uriyapongson S, Boonperm P. A Study on Export Situation of Beef Cattle and Buffalo Pass the Third Friendship Bridge : Nakhon Phanom Province Khon Kaen Agriculture Journal. 2016;44(1):454-58.
13. AOAC, 2010, Official Methods of Analysis of AOAC International, 19th Ed., The Association, Arlington, VA.
14. Ruangprim T, Chantalakhana C, Skunmun P, Wanapat M. Comparison fattening performance of male dairy, beef cattle and buffalo. *Proceedings of 41th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Agricultural Extension and Communication*; 2003 Feb 3-7; Bangkok, Thailand. Ku Knowledge Repository;2003.
15. Wanapat M, Mapato C, Pilajun R, Toburan W. Effects of vegetable oil supplementation on feed intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristic of growing swamp buffaloes. *Livestock Science*. 2011;135:32–7.
16. Mahmoudzadeh H, Fazaeli H. Growth response of yearling buffalo male calves to different dietary energy levels. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 2009;33(6):447-454.
17. Thiruvankadan AK, Panneerselvam S, Rajendran R. Non-genetic and genetic factors influencing growth performance in Murrah Buffalos. *South African Journal of Animal Science*. 2009;39:102-106.

Instruction for Author**คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์****การเตรียมต้นฉบับ**

- ส่งต้นฉบับ, ตาราง, รูปภาพ, กราฟ ทางอีเมล ด้วยโปรแกรมประมวล Microsoft Word เว้นขอบทุกด้าน 1 นิ้ว คอลัมน์เดียว, ไม่เว้นบรรทัด, เนื้อหาเป็นอักษร Browallia New และใส่เลขหน้าเรียงตามลำดับ

- ชนิดและขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ชื่อเรื่อง ใช้ตัวอักษรขนาด 18 pt. ตัวหนา
- ชื่อผู้พิมพ์ และผู้ร่วมพิมพ์ ใช้ตัวอักษรขนาด 16 pt. ปกติ
- หัวข้อหลัก ใช้ตัวอักษรขนาด 16 pt. ตัวหนา
- หัวข้อรอง ใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา
- บทคัดย่อและเนื้อเรื่อง ใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวปกติ
- เชิงอรรถหน้าแรกที่เป็นที่อยู่ของผู้พิมพ์ ใช้อักษรขนาด 12 pt. ตัวปกติ
- หากผู้พิมพ์มีข้อสงสัยในการจัดเตรียมต้นฉบับสามารถตรวจสอบระเบียบการตีพิมพ์ล่าสุดของวารสารได้จาก

E-mail: j.nu.phayao@gmail.com

- ตัวเลขเป็นตัวเลขอารบิก ส่วนคำย่อหน่วยวัดอันเป็นรับรู้รับทราบเป็นสากล สามารถใช้คำย่อโดยปราศจากคำเต็ม (ย่อ) คำย่อหน่วยวัดเป็นภาษาไทยควรเป็นคำย่ออันเป็นคำนิยม เนื้อหาภาษาไทยควรหลีกเลี่ยง การใช้คำย่อหน่วยวัดเป็นภาษาอังกฤษ ควรเขียนเป็นคำเต็มภาษาไทย เช่น ไมโครกรัม นาโนกรัม เป็นต้น ส่วนเนื้อหาภาษาอังกฤษแนะนำคำย่อสากล เช่น m = meter, c = centimeter, mm = millimeter, kg = kilogram, g = gram, h = hour, min = minute, sec = second, L = liter, mL = milliliter เป็นต้น

- เนื้อหาใช้ภาษาง่าย, กระชับ, ชัดเจน, ไม่เยิ่นเย้อ และวุ่นวาย การใช้ภาษาไทยยึดหลักการเขียนทับศัพท์และศัพท์บัญญัติตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน ยกเว้นคำที่แปลไม่ได้หรือแปลแล้วไม่ได้ใจความ

- คำย่อใช้เฉพาะคำสากล ใช้ครั้งแรกในส่วนบทคัดย่อและเนื้อหาระบุคำเต็ม (ย่อ) ต่อไปย่อ ส่วนคำย่อใช้เพียงครั้งเดียวไม่จำเป็นต้องย่อ

- ปีใช้เป็น พ.ศ. ยกเว้นบทความภาษาอังกฤษ
- ตาราง, กราฟ, ผังงาน และรูปภาพไม่ควรเกิน 3 ถึง 5 ตาราง เรียงตามลำดับพร้อมคำอธิบายและกำหนดตรงกับเนื้อหา ควรหลีกเลี่ยงความซ้ำซ้อนของการนำเสนอทั้ง ตารางกับกราฟ, ตารางกับรูปภาพ
- ตัวย่อการอธิบายตารางเรียงตามลำดับกล่าวคือ *, †, ‡, §, ส่วนตารางไม่ซับซ้อน/เรียบง่ายและปราศจากนัยสำคัญของการเปรียบเทียบ ควรเขียนอธิบายเป็นร้อยแก้ว
- วารสารตีพิมพ์เป็นภาพขาวดำ แม้ว่าภาพต้นฉบับเป็นภาพสี รูปภาพควรมีความคมชัดสูง

หมายเหตุ หลังการตรวจสอบต้นฉบับแรกยังไม่เป็นไปตามการจัดรูปแบบของวารสารนเรศวรพะเยา กองบรรณาธิการยินดีให้คำแนะนำ และส่งคืนผู้พิมพ์รับติดต่อเพื่อแก้ไขก่อนส่งผู้ทบทวน

บทความตีพิมพ์

บทความวิจัย (Research article) หมายถึงผลงานวิจัยใหม่หรือประยุกต์ด้านทฤษฎีหรือปฏิบัติ ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์สาขานั้น มากขึ้น สิ่งค้นพบสามารถทำซ้ำ/ทดลองและผลเหมือนเดิม

บทความวิจัย ประกอบด้วย

ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

- กระชับและสะท้อนคำถามการศึกษา (research question)
- ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อ การระบุสถานที่ศึกษา, ตำบล, อำเภอ และจังหวัด
- ภาษาอังกฤษขึ้นต้นด้วยอักษรตัวใหญ่ คำถัดไปขึ้นต้นด้วยอักษรตัวเล็ก ยกเว้นเป็นคำนามคำเฉพาะ
- ชื่อเต็มผู้พิมพ์ (ไม่ระบุเพศ ตำแหน่งวิชาการ สถานะบัณฑิตศึกษา), สังกัด และที่อยู่เมลี่เล็กทรอนิกส์ของผู้รับผิดชอบ
- ชื่อผู้ร่วมพิมพ์ (ไม่ระบุเพศ ตำแหน่งวิชาการ สถานะบัณฑิตศึกษา), สังกัด

บทคัดย่อ (Abstract) ภาษาไทยและอังกฤษ

- ไม่มีหัวข้อย่อย (subheading) ความยาวไม่เกิน 20 บรรทัด
- คำสำคัญ (Keywords) ประมาณ 3 ถึง 6 คำ ใต้บทคัดย่อ (Abstract)

บทนำ (Introduction)

- ทบทวนปูมหลังของประเด็นการศึกษา, ความสำคัญกับความสัมพันธ์กับสิ่งพบก่อนหน้านี้ และระบุสมมุติฐาน/คำถามวิจัย
- เน้นอ้างอิงข้อมูลข่าวสารมือแรก (first-hand information) อันสะท้อนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ (scientific ground) ตรงประเด็นกับชื่อเรื่อง, สมมุติฐาน/คำถามวิจัย

วัสดุและวิธีการ (Material and Method)

- การออกแบบการศึกษา, กระบวนการ, ผู้เข้าร่วมการศึกษา, การวัด/ประเมินค่า และสถิติที่ใช้

ผลการศึกษา (Results)

- สาระสำคัญของข้อมูล, ตาราง, กราฟ, ผังภาพ, รูปภาพ และนัยสำคัญ เทียบเคียงกับสมมุติฐาน/คำถามวิจัย ด้วยวิธีการสถิติ หนึ่ง หากการบรรยายสาระสำคัญของข้อมูลเป็นที่เข้าใจ ไม่จำเป็นต้องมีกราฟ, ผังภาพ และรูปภาพ ยกเว้นมีนัยสำคัญอื่น

วิจารณ์ (Discussion)

- ไม่รวมหัวข้อผลการศึกษาและหัวข้อวิจารณ์เข้าด้วยกันเป็นหัวข้อเดียว
- วิจารณ์นัยสำคัญของผลการศึกษา, ความสำคัญของสิ่งพบเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น, ข้อจำกัดของการศึกษา และทิศทางการวิจัยต่อ
- สรุปในย่อหน้าสุดท้าย

สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

- สรุปผลการวิจัยให้ชัดเจนและครอบคลุม

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

- ผู้พิมพ์แสดงความขอบคุณต่อผู้สนับสนุนทางการเงิน, ผู้อนุเคราะห์และประสานความร่วมมือการดำเนินการ

เอกสารอ้างอิง (References) [แบบ Vancouver Style]

- ไม่ควรเกิน 60 รายการ
- ควรอ้างบทความตีพิมพ์แล้วในวารสารวิชาการเป็นหลัก ยกตัวอย่าง บทความวิจัยดั้งเดิม (original research article), บทความทบทวนวรรณกรรมระบบเชิงปริมาณ (meta-analysis article), บทความทบทวนเชิงระบบ (systemic review article) และสิ่งตีพิมพ์ในการประชุม (proceeding) อันมีรูปแบบของบทความวิจัย กรณีสิ่งตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการเป็นบทความย่อ ไม่ควรนานเกินกว่าสองปีภายหลังการประชุม
- ไม่อ้างอิงบทวิทยานิพนธ์ (thesis), การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง (independent study) ควรค้นเพิ่มเติมว่าบทวิทยานิพนธ์ที่จะอ้างอิง ได้รับการตีพิมพ์ในระยะเวลาถัดมาหรือไม่
- ไม่ควรอ้างอิงบทความในอินเทอร์เน็ต หากสามารถอ้างอิงบทความในวารสาร, วารสารอิเล็กทรอนิกส์
- การอ้างอิงหนังสืออันเป็นข้อมูลข่าวสารทุติยภูมิ ให้ระบุหาว่าอ้างอิงต่อมาจากข้อมูลข่าวสารปฐมภูมิใด
- รายการเอกสารอ้างอิงทำยบความเรียงลำดับตัวเลข
- เอกสารอ้างอิงต้องเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

****การอ้างอิงเอกสาร (Citation)**

- การอ้างอิงเอกสารเป็นการบอกแหล่งที่มาของข้อมูลข่าวสาร ที่ผู้เขียนนำมาอ้างอิงในการเขียนบทความ เพื่อเป็นเกียรติแก่บุคคลหรือองค์กรผู้เป็นเจ้าของความคิดเดิม เพื่อแสดงเจตนาบริสุทธิ์ว่าไม่ได้ขโมยความคิด หรือลอกเลียนข้อมูลของผู้อื่นโดยปราศจากการอ้างอิง รวมทั้งสะดวกแก่ผู้อ่านผู้ประสงค์จะทราบรายละเอียดและตรวจสอบความถูกต้องจากต้นฉบับเดิม
- ให้อ้างอิงทำยบความ **อ้างอิงตามระบบหมายเลข (number system)** แบบ Vancouver style ใส่ตัวเลขตัวอารบิกภายในวงเล็บใหญ่ต่อท้ายเนื้อหา เรียงหมายเลขตามลำดับการอ้างอิงก่อนหลัง

บทความวิชาการ (Academic Article) หมายถึงบทความที่เรียบเรียงการนำเสนอความคิดเห็นทางวิชาการ ซึ่งเป็นการนำเสนอที่เกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี หลักการที่มีอยู่แล้ว หรือ แนวคิดใหม่ๆ นำมาวิเคราะห์ วิวิจารณ์ เสนอแนวคิดใหม่ๆ

ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

- กระชับและสะท้อนประเด็นการทบทวน ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อ
- ภาษาอังกฤษขึ้นต้นด้วยอักษรตัวใหญ่ คำถัดไปขึ้นต้นด้วยอักษรตัวเล็ก ยกเว้นเป็นคำนามคำเฉพาะ
- ชื่อเต็มผู้พิมพ์ (ไม่ระบุเพศ, ตำแหน่งวิชาการ, สถานะบัณฑิตศึกษา), สังกัด และที่อยู่เมลอิเล็กทรอนิกส์ของผู้รับผิดชอบ
- ชื่อผู้ร่วมพิมพ์ (ไม่ระบุเพศ ตำแหน่งวิชาการ สถานะบัณฑิตศึกษา), สังกัด

บทคัดย่อ (Abstract) ภาษาไทยและอังกฤษ

- ความยาวไม่เกิน 20 บรรทัด
- ไม่มีหัวข้อย่อย
- คำสำคัญ (Keywords) ประมาณ 3 ถึง 5 คำ ระบุได้บทคัดย่อ

บทนำ (Introduction)

- ทบทวนปูมหลังของประเด็นการศึกษา, ความสำคัญกับความสัมพันธ์กับสิ่งพบก่อนหน้า และระบุสมมุติฐาน/คำถามวิจัย
- ภาษาที่ใช้ควรมีการกระตุ้น การจูงใจให้ผู้อ่านสนใจในการตั้งประเด็นคำถามหรือปัญหาที่ท้าทายความคิดของผู้อ่าน

เนื้อหา (Subject Matter)

- ประเด็นหลัก ประเด็นรอง แนวคิด ทฤษฎี หลักการที่มีอยู่แล้ว หรือ แนวคิดใหม่ๆ
- ตาราง / ภาพประกอบ

สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

- สรุปผลการวิจัยให้ชัดเจนและครอบคลุม

เอกสารอ้างอิง (References) [แบบ Vancouver Style]

- ไม่ควรเกิน 40 รายการ และย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี
- ควรอ้างบทความที่พิมพ์แล้วในวารสารวิชาการเป็นหลัก ยกตัวอย่าง บทความวิจัยดั้งเดิม (original research article), บทความทบทวนวรรณกรรมระบบเชิงปริมาณ (meta-analysis article), บทความทบทวนเชิงระบบ (systemic review article) และสิ่งตีพิมพ์ในการประชุม (proceeding) อันมีรูปแบบของบทความวิจัย กรณีสิ่งตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการเป็นบทความย่อ ไม่ควรนานเกินกว่าสองปีภายหลังการประชุม
- ไม่อ้างอิงบทวิทยานิพนธ์ (thesis), การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง (independent study) ควรค้นเพิ่มเติมว่าบทวิทยานิพนธ์ที่จะอ้างอิง ได้รับการตีพิมพ์ในระยะเวลาถัดมาหรือไม่
- ไม่ควรอ้างอิงบทความในอินเทอร์เน็ต หากสามารถอ้างอิงบทความในวารสาร, วารสารอิเล็กทรอนิกส์
- การอ้างอิงหนังสืออันเป็นข้อมูลข่าวสารทุติยภูมิ ให้ระบุหาว่าอ้างอิงต่อมาจากข้อมูลข่าวสารปฐมภูมิใด
- รายการเอกสารอ้างอิงท้ายบทความเรียงลำดับตัวเลข
- เอกสารอ้างอิงต้องเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

บทความปริทัศน์ (Review article) หมายถึงบทความรวบรวมความรู้เรื่องหนึ่งเรื่องใดอันตีพิมพ์ในนิตยสาร นามวิเคราะห์, วิจารณ์, เปรียบเทียบ, สรุปประเด็น และให้ข้อเสนอแนะ อันเกิดความกระจ่างและเป็นแนวทางสำหรับค้นคว้า/วิจัยต่อ

ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

- กระชับและสะท้อนประเด็นการทบทวน ไม่เกิน 2 บรรทัด ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อ
- ภาษาอังกฤษขึ้นต้นด้วยอักษรตัวใหญ่ คำถัดไปขึ้นต้นด้วยอักษรตัวเล็ก ยกเว้นเป็นคำนามคำเฉพาะ
- ชื่อเต็มผู้พิมพ์ (ไม่ระบุเพศ, ตำแหน่งวิชาการ, สถานะบัณฑิตศึกษา), สังกัด และที่อยู่เมลอิเล็กทรอนิกส์ของผู้รับผิดชอบ
- ชื่อผู้ร่วมพิมพ์ (ไม่ระบุเพศ ตำแหน่งวิชาการ สถานะบัณฑิตศึกษา), สังกัด (ไม่เกิน 5 คน)

บทคัดย่อ (Abstract) ภาษาไทยและอังกฤษ

- ความยาวไม่เกิน 10 บรรทัด
- ไม่มีหัวข้อย่อย
- คำสำคัญ (Keywords) ประมาณ 3 ถึง 5 คำ ระบุได้บทคัดย่อ

หัวข้อ (heading)

- หัวข้ออนุโลมตามเนื้อหาการทบทวน

สรุปผล (Conclusion)

- สรุปผลให้ชัดเจนและครอบคลุม

เอกสารอ้างอิง (References) [แบบ Vancouver Style]

- ไม่ควรเกิน 60 รายการ
- ควรอ้างบทความที่พิมพ์แล้วในวารสารวิชาการเป็นหลัก ยกตัวอย่าง บทความวิจัยดั้งเดิม (original research article), บทความทบทวนวรรณกรรมระบบเชิงปริมาณ (meta-analysis article), บทความทบทวนเชิงระบบ (systemic review article) และสิ่งตีพิมพ์ในการประชุม (proceeding) อันมีรูปแบบของบทความวิจัย กรณีสิ่งตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการเป็นบทความที่ยังไม่ผ่านการตีพิมพ์แล้ว ควรแนบฉบับต้นฉบับมาด้วย
- ไม่อ้างอิงวิทยานิพนธ์ (thesis) การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง (independent study) ควรค้นเพิ่มเติมว่าบทวิทยานิพนธ์ ต่อมาได้รับการตีพิมพ์หรือไม่
- ไม่ควรอ้างอิงบทความในอินเทอร์เน็ต หากสามารถอ้างอิงบทความในวารสารหรือวารสารอิเล็กทรอนิกส์
- การอ้างอิงหนังสืออันเป็นข้อมูลข่าวสารทุติยภูมิ ให้ระบุหาว่าอ้างอิงต่อมาจากข้อมูลข่าวสารปฐมภูมิใด
- รายการเอกสารอ้างอิงท้ายบทความเรียงลำดับตัวเลข
- เอกสารอ้างอิงต้องเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

****การอ้างอิงเอกสาร (Citation)**

- การอ้างอิงเอกสารเป็นการบอกแหล่งที่มาของข้อมูลข่าวสาร ที่ผู้พิมพ์นำมาอ้างอิงในการเขียนบทความเพื่อเป็นเกียรติแก่บุคคลหรือองค์กรผู้เป็นเจ้าของความคิดเดิม เพื่อแสดงเจตนาบริสุทธิ์ว่าไม่ได้ขโมยความคิด หรือลอกเลียนข้อมูลของผู้อื่นโดยปราศจากการอ้างอิง รวมทั้งสะดวกแก่ผู้อ่านผู้ประสงค์จะทราบรายละเอียดและตรวจสอบความถูกต้องจากต้นฉบับเดิม
- ให้อ้างอิงท้ายบทความ **อ้างอิงตามระบบหมายเลข (number system)** แบบ Vancouver style ใส่ตัวเลขตัวอารบิกภายในวงเล็บใหญ่ต่อท้ายเนื้อหา เรียงหมายเลขตามลำดับการอ้างอิงก่อนหลัง

หมายเหตุ

1. รายละเอียดเพิ่มเติมดูจาก บทความ “Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals : Manuscript Preparation” โดย International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), 2013.
Available from: http://www.icmje.org/manuscript_1prepare.html
2. เนื้อหาบทความ (ไม่รวมหน้าแรก ตาราง, กราฟ, รูปภาพ เอกสารอ้างอิง) ไม่ควรเกิน 5,000 คำ หรือความยาวไม่เกิน 15 หน้ากระดาษ A4 (ไม่เว้นบรรทัด) ยกเว้นเกี่ยวข้องกับนัยสำคัญของการศึกษา

เอกสารที่นำมาอ้างอิง (Vancouver Style)**บทความวารสารบุคคลเป็นผู้พิมพ์**

ชื่อผู้พิมพ์ใส่ นามสกุล ตัวย่อชื่อกลางชื่อต้น, รายชื่อผู้ร่วมพิมพ์ 6 คนหรือน้อยกว่า ใส่รายชื่อทุกคน, กรณีรายชื่อผู้พิมพ์มากกว่า 6 คน ใส่รายชื่อ 6 คนแรกตามด้วย et al. ตามด้วยชื่อเรื่อง. วารสารใช้ชื่อย่อ. ปีค.ศ.;ปีที่ (ฉบับที่) : หน้าแรก-หน้าสุดท้าย. หากเลขหลักร้อยหลักสิบของหน้าสุดท้ายซ้ำกับหน้าแรก หน้าสุดท้ายใส่เพียงเลขหลักหน่วย

ถ้าเป็นวารสารไทยในฐานข้อมูล Thai Citation Index ใช้ภาษาไทยทั้งหมด เครื่องหมายวรรคตอนเช่นเดียวกับภาษาอังกฤษ ส่วนปีใช้เป็น พ.ศ.

ตัวอย่าง

Kusirisin W Srichairatanakool S, Lerttrakarnnon P, Lailerd N, Suttajit M, Jaikang C, et al. Antioxidative activity, polyphenolic content and anti-glycation effect of some Thai medicinal plants traditionally used in diabetic patients. Med Chem. 2009;5(20):139-47.

หนังสือ

ชื่อผู้นิพนธ์ ใส นามสกุล ตัวย่อชื่อกลางชื่อต้น, นามสกุล ตัวย่อชื่อกลางชื่อต้น, บรรณาธิการ. ชื่อหนังสือ, พิมพ์ครั้งที่. เมือง: โรงพิมพ์; ปี. หน้า. กี่หน้า

(ถ้าเป็นหนังสือภาษาไทยใช้ภาษาไทยทั้งหมด เครื่องหมายวรรคตอนเช่นเดียวกับภาษาอังกฤษ ส่วนปีใช้เป็น พ.ศ.)

ตัวอย่าง

Harindra V, Chandeying V, Usman N, editors. Sexually Transmitted Infections and HIV: An illustrated guide to management, 1st ed. Hat Yai: Chanmuang Press; 2009. 377 p.

บทในหนังสือ

ชื่อผู้นิพนธ์ ใส นามสกุล ตัวย่อชื่อกลางชื่อต้น, นามสกุล ตัวย่อชื่อกลางชื่อต้น. ชื่อบท. ใน: ชื่อบรรณาธิการ นามสกุล ตัวย่อชื่อกลางชื่อต้น, นามสกุล ตัวย่อชื่อกลางชื่อต้น, พิมพ์ครั้งที่. ชื่อหนังสือ. พิมพ์ครั้งที่. เมือง: โรงพิมพ์; ปี. หน้า. หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

(ถ้าเป็นหนังสือภาษาไทยใช้ภาษาไทยทั้งหมด เครื่องหมายวรรคตอนเช่นเดียวกับภาษาอังกฤษ ส่วนปีใช้เป็น พ.ศ.)

ตัวอย่าง

Chandeying V, Chandeying N. Women's Sexual Dysfunction. In: Gupta S, Kumar B, editors. Sexually Transmitted Infections, 2nd ed. New Delhi: Elsevier; 2012. p. 1210-20.

สิ่งตีพิมพ์ในการประชุม

ตัวอย่าง

Passornpakorn W, Kamolphiwong S, Kamolphiwong T, Chandeying V. Design framework for ontology based interactive E-health services. Proceeding of the 5th International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN); 2013 Jul 2-5; Da Nang, Vietnam. IEEE Xplore; 2013.

ความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์

- รายชื่อคณะผู้นิพนธ์เป็นตามความเป็นจริง และเป็นผู้มีส่วนร่วมทางปัญญา (intellectual contribution) ต่อบทความวิชาการ
- รับรองว่า บทความเป็นผลงานของผู้นิพนธ์ และยังไม่เคยส่งหรือกำลังส่งตีพิมพ์วารสารอื่น
- รับรองว่าผลการศึกษา, การบันทึก และการรายงาน ปราศจากการเสกสรรปั้นแต่งขึ้นเอง (fabrication)
- รับรองว่าสาระเนื้อหาการวิจัย, เครื่องมือ และกระบวนการ ปราศจากการปลุกปั่นชักยั่วถ่ายเท (manipulate) อันเปลี่ยนแปลงหรือละเลยผลการศึกษา โดยไม่อธิบายหรือไม่นำเสนออย่างถูกต้องตามข้อมูลในแบบ (case report form)
- การคัดลอกผลงาน (plagiarism) วิชาการดั้งเดิมพร้อมกับอ้างอิงอย่างชัดเจนเป็นสิ่งยอมรับได้ ภายใต้เงื่อนไข
 1. กระทำภายในขอบเขตเนื้อหาบางคำบางประโยค ไม่ใช่ทั้งย่อหน้าหนึ่งใดหรือหลายย่อหน้า
 2. กระทำเกี่ยวกับข้อมูลอันเป็นแนวคิดหรือลึ้นใช้กันแพร่หลาย ไม่ใช่แนวคิดหรือวลีใช้โดยผู้นิพนธ์จำนวนน้อย
 3. กระทำเกี่ยวกับวิธีปฏิบัติอันเป็นวิธีการมาตรฐาน ไม่ใช่พรรณนาสิ่งค้นพบโดยผู้อื่น
 4. อ้างอิงแหล่งที่มาอย่างเต็มที่และชัดเจน ไม่ใช่อ้างอิงบางส่วนและไม่ถูกต้อง หรือไม่อ้างอิง
 5. ทำให้เชื่อด้วยความไม่ตั้งใจ ไม่ใช่ตั้งใจให้เชื่อ
 - ไม่แสดงการจบบ้าง, ไม่ลบหลู่, ไม่เกี่ยวข้องกับระบบการปกครอง
 - ละเว้น/หลีกเลี่ยงใส่ชื่ออักษรย่อและข้อความ อันสื่อถึงการเปิดเผยองค์กร/หน่วยงาน/บุคคล

Naresuan Phayao Journal

The Journal will serve as a platform for change and distribute the academic knowledge, both theoretical and practical reasoning, and presentation of academic results in health science, and science

University of Phayao publishes and distributes academic paper. The views expressed in this publication are those of the author/authors, and should not be attributed to represent the opinion of the University.

Ownership

University of Phayao

Advisory Board

President, University of Phayao

Vice President for Research and Innovation

Prof. Emeritus Dr. Maitree Suttajit

Editor

Assoc. Prof. Dr. Samur Thanoi

Editorial Board

Prof. Dr. Kate Grudpan (CMU)	Prof. Dr. Kom Sukuntasun (CMU)
Prof. Dr. Niwat Maneekarn (CMU)	Prof. Dr. Nison Sattayasai (Retire)
Prof. Dr. Punja Kulapong (CMU)	Prof. Dr. Malyn Chulasiri (Retire)
Prof. Dr. Wachira Kochakarn (MU)	Prof. Dr. Umnuay Kananthai (CMU)
Prof. Dr. Saisamorn Lumyong (CMU)	Prof. Dr. Kosin Chamnongthai (KUMTT)
Prof. Dr. Amnuay Thithapandha (MU)	Assoc. Prof. Dr. Nuwat Visavarungroj (UP)
Assoc. Prof. Dr. Nimit Morakote (CMU)	Assoc. Prof. Dr. Ratana Panpanit (CMU)
Assoc. Prof. Dr. Somboon Anuntalabhojai (UP)	Asst. Prof. Dr. Suchart Yammen (NU)
Asst. Prof. Dr. Yuttana Mundee (UP)	Dr. Surapol Dumronggittigule (UP)
Asst. Prof. Dr. Ekachai Chukeatirote (MFU)	

Secretary

MS. Anchalee Thiemkhiri

Assist. Secretary

MS. Ratchadaporn Kaewsueb

MS. Warisara Klungnum

Editorial Office

Division of Research Administration, University of Phayao
Maeka Subdistrict, Muang District, Phayao Province 56000
Tel: +6654 466 666 Ext 1048, Fax: +6654 466 714
E-mail: j.nu.phayao@gmail.com

Advisory Editorial Board

Prof. Dr. Sakda Congkaewwattana
Prof. Dr. Somnuk Boonkird
Prof. Dr. Aranya Manosroi
Assoc. Prof. Dr. Ake Chaisawadi Assist.
Prof. Dr. Chaiwat Roongruansee Prof.
Dr. Jeffrey C. Miller (USA)
Prof. Dr. Hirota Fujiki (Japan)
Prof. Dr. Michael Burgett (USA)
Prof. Dr. Young Joon Surh (Korea)

Peer Reviewers of the issue

Assoc. Prof. Naricha Chirakalwasan (CU)
Assoc. Prof. Dr. Phuwadon Duangto (UP)
Assoc. Prof. Dr. Ratana Sapbammr (CMU)
Assoc. Prof. Dr. Weerapong Chidnok (NU)
Assoc. Prof. Dr. Sirilak Teeraputon (NU)
Assoc. Prof. Dr. Samatchai Chamnongkich (CMU)
Assoc. Prof. Dr. Sarot Cheenpracha (UP)
Assoc. Prof. Dr. Sarawut Kumphune (NU)
Assoc. Prof. Dr. Acharaporn Duangjai (UP)
Assoc. Prof. Dr. Anusorn Cherdthong KKKU
Asst. Prof. Dr. Kanokkarn Phromnoi (UP)
Asst. Prof. Dr. Kanlaya Jumpatong (UP)
Asst. Prof. Dr. Chakrapong Chaikong (MSU)
Asst. Prof. Dr. Narakamol Laorodphan (PSRU)
Asst. Prof. Dr. Dumrongsak Pekthong (NU)
Asst. Prof. Dr. Thuchadaporn Chaikhun-Marcou (MUT)
Asst. Prof. Dr. Nithra Kijtheerawutthiwong (NU)
Asst. Prof. Dr. Pawinee Chanwichit (UP)
Asst. Prof. Dr. Wasana Pitakspol (UP)
Asst. Prof. Dr. Siwasak Juthong (PSU)
Asst. Prof. Dr. Sahataya Thongsan (NU)
Asst. Prof. Dr. Suban Foiklang (MJU)
Asst. Prof. Dr. Surisak Prasarnpun (UP)
Asst. Prof. Dr. Supattra Pothiset (KU)
Asst. Prof. Dr. Suwalee Fongin (UP)
Asst. Prof. Dr. Surapong Dumrongkittikule (KU)
Asst. Prof. Dr. Ekachai Chukeatirote (MFU)
Asst. Prof. Dr. Ampawan Srivilai (NU)
Asst. Prof. Dr. Ittipon Phuangphet (NU)
Asst. Prof. Songpan Sangsub (PSRU)
Asst. Prof. Sirintip Kumfu (UP)
Dr. Nimmannoradee Promtong (UBU)

Every academic article has been evaluated by at least two people of relevant professional association.

Publication Frequency

Three issues per year

Journal Subscription

1-year membership 200 Baht

