

การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคและการเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง ด้วยสารสกัดจากต้นโงเทง

Growth inhibiting of pathogenic microorganisms and toxicity on cancer cells
with *Physalis angulata* extracts

ศิริพัชร อักโขสุวรรณ¹ ศิริพร บำเพ็ญผล¹ ทิชาภัทร เดชนรสิงห์¹ กมลพัชร นันทการ¹
และ ธนาวดี บุญชัยดี^{1*}

Sirapat Akkhosuwan¹, Siriporn Bumpenphol¹, Thichapat Detnorsing¹, Kamonaphach Nantakam¹
and Thanavadee Boonchaidee^{1*}

บทคัดย่อ

การศึกษาสารสกัดจากต้นโงเทง (*Physalis angulata*) ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกความถี่ 45 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที พบว่า ให้ผลการต้าน DPPH การต้านแบคทีเรียก่อโรค 4 ชนิด คือ *Mycobacterium tuberculosis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Magnaporthe grisea* และ *Alternaria brassicicola* รวมถึงการทดสอบการต้านเซลล์มะเร็งในหลอดทดลอง 3 ชนิด คือ เซลล์มะเร็งปอด (NCI-H187) เซลล์มะเร็งตับ (HepG2) เซลล์มะเร็งช่องปาก (KB) และเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ (Caco2) จากการทดสอบพบว่า ค่า IC₅₀ การต้านอนุมูลอิสระ DPPH สารสกัดเมทานอลจากราก ลำต้น ใบและผล สารสกัดอะซิโตนจากราก ใบและผล แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ ค่า IC₅₀ ของกรดแอสคอร์บิก ($p \geq 0.05$) มีค่า 97.52 ± 22.29 , 321.11 ± 160.79 , 109.25 ± 7.76 , 98.00 ± 3.93 , 218.86 ± 55.25 , 132.22 ± 7.63 , 109.09 ± 7.45 และ 26.00 ± 0.36 $\mu\text{g/ml}$ ตามลำดับ สารสกัดเฮกเซนจากราก มีค่า IC₅₀ สูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารสกัดอะซิโตนและเมทานอล มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 546.89 ± 216.91 $\mu\text{g/ml}$ พบว่า สารสกัดอะซิโตนจากผลยับยั้งการเจริญของเชื้อ *M. tuberculosis* ได้ดีกว่าเชื้อ *K. pneumoniae* เชื้อ *M. grisea* และเชื้อ *A. brassicicola* อย่างมีนัยสำคัญ และนอกจากนี้สารสกัดดังกล่าวยังมีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอดซึ่งมีความแตกต่างจากเซลล์มะเร็งตับ เซลล์มะเร็งช่องปาก และเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อีกด้วย แนวทางการใช้ประโยชน์จากการศึกษานี้ เพื่อส่งเสริมการใช้สมุนไพรเพื่อลดไขมันสะสมเกินความจำเป็น

คำสำคัญ: ต้นโงเทง *Mycobacterium tuberculosis* วัณโรค มะเร็งปอด ภาวะไขมันในเลือดสูง

Abstract

A study of *Physalis angulata* extracts with ultrasonic bath at a frequency of 45 kHz at 40°C for 30 minutes showed that these extracts provided DPPH scavenging effect against 4 pathogenic bacteria: *Mycobacterium tuberculosis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Magnaporthe grisea* and *Alternaria brassicicola*, and also including *in vitro* anti-cancer cell testing

¹ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

¹ Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

* Corresponding author. E-mail: thanavadee.ko@kmitl.ac.th

of three types of cancer cell lines, which were lung cancer cells (NCI-H187), hepatocellular carcinoma cells (HepG2), oral cancer cells (KB), and colon cancer cells (Caco2). The test showed that the IC_{50} values of antioxidant DPPH of methanol extracts from roots, stems, leaves and fruits, acetone extracts from roots, leaves and fruits were not significant difference from the IC_{50} values of ascorbic acid ($p \geq 0.05$), which were 97.52 ± 22.29 , 321.11 ± 160.79 , 109.25 ± 7.76 , 98.00 ± 3.93 , 218.86 ± 55.25 , 132.22 ± 7.63 , 109.09 ± 7.45 and 26.00 ± 0.36 $\mu\text{g/ml}$, respectively. Hexane extract from roots exhibited the highest IC_{50} which were significant difference from acetone and methanol extracts, IC_{50} was at 546.89 ± 216.91 $\mu\text{g/ml}$. It was found that acetone extract from fruits was significantly inhibited the growth of *M. tuberculosis* than *K. pneumoniae*, *M. grisea* and *A. brassicicola*. In addition, the extracts were toxic to lung cancer cells, which were statistical difference from hepatocellular carcinoma cells, oral cancer cells and colon cancer cells ($p < 0.05$). Guidelines for application of this study are to promote the use of herbs to reduce excess fat accumulation.

Keywords: *Physalis angulata*, *Mycobacterium tuberculosis*, tuberculosis, lung cancer, hyperlipidemia

บทนำ

โหงเพง (*Physalis angulata*) เป็นพืชสมุนไพรในวงศ์มะเขือ (Family Solanaceae) ชื่อสามัญ Chinese lantern plant, cutleaf groundcherry, gooseberry และ wild tomato มีชื่อท้องถิ่นว่า โหงเพง (ภาคกลาง, ภาคตะวันตกเฉียงใต้) ต่อมต็อก และ หน้ำต้อมต็อก (ภาคเหนือ) และหน้ำถงถง (อ่างทอง) (Forest Herbarium, 2023) ต้นโหงเพงมีสารเคมีที่สำคัญ คือ withanolides และ physangulides (Maldonado, Hurtado, Pérez-Castorena, & Martínez, 2015) ซึ่งสามารถต้านอนุมูลอิสระ (Krishna, Vadluri, & Kumar, 2013) เป็นพืชต่อเซลล์ (Hseu et al., 2011) ด้านการอักเสบ (Pinto et al., 2010) ควบคุมภูมิคุ้มกัน (Immunomodulatory) (Kusumaningtyas, Laily, & Limandha, 2015) ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Meira et al., 2015) ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Mycobacterium tuberculosis* H37Rv ก่อโรควัณโรค (Tuberculosis, TB) (Pietro, Kashima, Sato, Januário, & França, 2000) ที่มีอากาศเป็นตัวกลางการแพร่กระจายโรคที่สำคัญ (WHO,

2021a) ในปี ค.ศ. 2020 มีผู้เสียชีวิตจากวัณโรคเป็นอันดับที่ 13 หรือ 1.50 ล้านคน รองจากโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) (WHO, 2021b) ผู้ป่วยวัณโรคมีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งปอด (Cukic, 2017; Cabrera-Sanchez, Cuba, Vega, Van der Stuyft, & Otero, 2022) *M. tuberculosis* H37Rv มีเยื่อ Toxin–Antitoxin (TA) ควบคุมการสร้างสารพิษที่เป็นสารประกอบโปรตีน (Sala, Bordes, & Genevaux, 2014; Slayden, Dawson, & Cummings, 2018) โครงสร้างที่ห่อหุ้มเซลล์ (envelope structure) มีไขมันหลายชนิด ได้แก่ alpha-mycolate, methoxy-mycolate, keto-mycolate, sulfolipids และ phthiocerol dimycocerosate (Brennan, & Nikaido, 1995) และเป็นแบคทีเรียที่ทนกรด (acid fast) เมื่อย้อมสี carbol fuchsin ล้างสีไม่ออกด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 3 เปอร์เซ็นต์ (Reynolds, Moyes, & Breakwell, 2009) เป็นเหตุให้ *M. tuberculosis* ทนทานในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและก่อโรคร้ายแรงได้

พืชสมุนไพรหลายชนิดมีคุณสมบัติลดไขมันได้ โดยทำปฏิกิริยาแตกต่างกัน เช่น การลดไตรกลีเซอไรด์

(triglyceride, TG) ลดคอเลสเตอรอลรวม (total cholesterol, TC) ลดคอเลสเตอรอลชนิดไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (low-density lipoprotein cholesterol, LDL) และเพิ่มคอเลสเตอรอลชนิดไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูง (high-density lipoprotein cholesterol, HDL) (Rouhi-Boroujeni, Rouhi-Boroujeni, Heidarian, Mohammadizadeh, & Rafieian-Kopaei, 2015) สารสกัดชาเขียวช่วยลดคอเลสเตอรอลรวมและไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (Xu, Yang, Li, Dai, & Chen, 2020) ซึ่งช่วยลดไตรกลีเซอไรด์ หรือไตรเอซิล-กลีเซอรอล (triacylglycerol) และไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ ปริมาณขิงน้อยกว่า 2 กรัมต่อวัน ลดค่าคอเลสเตอรอลรวมและไตรกลีเซอไรด์ได้ (Pourmasoumi et al., 2018)

ไขมันในสิ่งมีชีวิตเป็นบริเวณที่เหมาะสมต่อการสะสมสารพิษที่ละลายในไขมันได้ สารพิษที่ละลายในไขมันมาจากสิ่งแวดล้อม พืช สัตว์และจุลินทรีย์ที่มีไขมันสูง เช่น ไขมันจากพืช สัตว์และจุลินทรีย์ เช่น *Mycobacterium tuberculosis* จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า โรคไขมันสะสม (lipid storage diseases หรือ lipidoses) ในคน เป็นโรคทางกรรมพันธุ์ ผู้ป่วยโรคนี้สร้างเอนไซม์ย่อยไขมันได้ไม่เพียงพอ ทำให้มีการสะสมไขมันในเซลล์จำนวนมาก ไลโซโซม (lysosomes) เป็นออร์แกเนลล์สำคัญทำหน้าที่เปลี่ยนไขมันและโปรตีนเป็นพลังงาน (NIH, 2023)

จากเหตุผลดังกล่าว การศึกษานี้มีความสนใจที่จะศึกษาความสามารถการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ทดสอบโดยสารสกัดจากราก ลำต้น ใบและผลจากต้นโง้งเห่ง ที่สกัดด้วยตัวเฮกเซน อะซิโตนและ

เมทานอล การยับยั้งแบคทีเรียและราที่ก่อโรค ได้แก่ *Mycobacterium tuberculosis* ก่อโรควัณโรค, *Klebsiella pneumonia* ก่อโรคปอดปวม ราก่อโรคในพืช ได้แก่ *Magnaporthe grisea* ก่อโรคใบไหม้ รา *Alternaria brassicicola* ก่อโรคใบจุด การยับยั้งเซลล์มะเร็งปอด เซลล์มะเร็งช่องปาก เซลล์มะเร็งตับและเซลล์มะเร็งลำไส้ ทดสอบโดยสารสกัดจากผลจากต้นโง้งเห่ง ที่สกัดด้วยอะซิโตน เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากต้นโง้งเห่งเป็นพืชชนิดหนึ่งในวงศ์มะเขือ ซึ่งมีการศึกษาพืชชนิดนี้ไม่มากเท่าที่ควร

วิธีการศึกษา

1. การจำแนกชนิดพืช (plant classification)

เก็บตัวอย่างส่วนของผล ใบ ลำต้นและราก ต้นโง้งเห่ง จากจังหวัดชัยภูมิ เดือนสิงหาคม ปีที่เก็บตัวอย่าง พ.ศ. 2557 พิสูจน์สายพันธุ์ที่ พิพิธภัณฑ์พืช ศกสิน สุวตะพันธุ์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย voucher number หมายเลข A 015237

2. การสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิค (Kor-aman, Paoblake, & Aswachaisuvikom, 2015)

นำพืชมาตากแดดให้แห้ง นำตัวอย่างแห้งมาบดในเครื่องปั่นเพื่อลดขนาด สกัดโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิค ความถี่ 45 กิโลเฮิร์ตซ์ (Crest, USA) อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน อะซิโตน และเมทานอล ตามลำดับ กรองแยกกากพืช ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (Heidolph, Germany) เศษสารที่สกัดได้ออกด้วยอะซิโตน ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวทำละลายที่เหลือระเหยออกให้หมด

3. การต้านอนุมูลอิสระ 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH) (Blois, 1958)

เจือจางสารสกัดและกรดแอสคอร์บิก (Fisher, UK) ด้วยเอทานอล 99.80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรต่อปริมาตร ให้มีความเข้มข้น 0-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทดสอบการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดย

ปิเปตตัวอย่าง 40 ไมโครลิตร และสารละลาย DPPH 0.20 มิลลิโมลาร์ 760 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง นำไปบ่มในที่มืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร มีกรดแอสคอร์บิกเป็นตัวควบคุมเชิงบวก ทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดังสมการ (1)

$$\text{การต้านอนุมูลอิสระ DPPH (เปอร์เซ็นต์)} = (\text{Abs}_c - \text{Abs}_s) / \text{Abs}_c \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ Abs_s คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง
 Abs_c คือ ค่าการดูดกลืนแสงของคอนโทรล

4. การวิเคราะห์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Mycobacterium tuberculosis* H37Ra (Collin, Torrero, & Franzblau, 1998; Changsen, Franzblau, & Palittapongarnpim, 2003)

เพาะเลี้ยงแบคทีเรีย *Mycobacterium tuberculosis* H37Ra บนอาหารแข็ง 7H10 (Difco, USA) ที่มียานามัยซิน 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Sigma, USA) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เตรียมเชื้อเริ่มต้นโดยใช้หลอดเชื้อเชื้อ 2-3 โคโลนี เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว 7H9 10 มิลลิลิตร ที่มีกลีเซอรอล 0.20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรต่อปริมาตร, casitone 0.10 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตร, tween 80 0.05 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรต่อปริมาตร, Middlebrook OADC Enrichment solution 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรต่อปริมาตร (BD BBL, USA) และกานามัยซิน 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร บ่มแบบเขย่า (Innova 43R, Eppendorf, Germany) ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อ

OD₅₅₀ เท่ากับ 0.50-1 นำไปเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว 7H9 อัตราส่วน 1:10 ปริมาตรต่อปริมาตร บ่มแบบเขย่า เมื่อค่า OD₅₅₀ เท่ากับ 0.50-1 เหยี่ยแยกเซลล์ด้วยความเร็วรอบ 8,000 rpm เวลา 10 นาที 2 ครั้ง แล้วเติม phosphate buffered saline (PBS) (Gibco, USA) ปริมาตร 8 เท่า ล้างเซลล์ด้วยเครื่องอัลตราโซนิก เวลา 15 วินาที เจือจางเซลล์ให้ได้ 1×10^6 โคโลนีต่อมิลลิลิตร เพื่อใช้ทดสอบโดยปิเปตตัวอย่างสารสกัดความเข้มข้นระหว่าง 0-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 5 ไมโครลิตร และเซลล์แขวนลอย 45 ไมโครลิตร ลงไมโครเพลท (Corning, USA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 10 วัน วัดค่าการเรืองแสงที่ความยาวคลื่นกระตุ้นและความยาวคลื่นเปล่งแสงที่ 485 และ 535 นาโนเมตร ตามลำดับ ด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ (BioTek Synergy H1, USA) มียาออกฟลอกซาซิน (ofloxacin) ความเข้มข้น 0-3.13 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นตัวควบคุมเชิงบวก ทดลอง 3 ซ้ำ

5. การวิเคราะห์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Klebsiella pneumoniae* (CLSI, 2006a; CLSI, 2006b)

เพาะเลี้ยงแบคทีเรีย *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603 (ATCC, USA) ในอาหาร tryptic soy agar (TSA) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 16-18 ชั่วโมง ถ่ายเชื้อแบคทีเรีย 1 โคโลนีมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Mueller-Hinton (MHB) 5 มิลลิลิตร บ่มแบบเขย่า 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง เมื่อเซลล์มีค่า OD₆₀₀ เท่ากับ 0.20 (1×10^8 โคโลนีต่อมิลลิลิตร) เจือจางเซลล์ให้ได้ 1×10^4 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ด้วยอาหาร MHB ทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียโดยปิเปตตัวอย่างสารสกัดความเข้มข้นระหว่าง 0-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 5 ไมโครลิตร และเซลล์แขวนลอย 45 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เวลา 14 ชั่วโมง วัดค่าความหนาแน่นที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร มียาออกฟลอกซาซินความเข้มข้น 0-4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นตัวควบคุมเชิงบวกทดลอง 3 ซ้ำ

6. การวิเคราะห์การยับยั้งการเจริญของรา *Magnaporthe grisea* (Guarro, Pujol, Aguilar, Llop, & Fernandez-Ballart, 1998; Haugland, 2002; CLSI, 2002)

เพาะเลี้ยงรา *Magnaporthe grisea* Mat 1-1 THL 1156 (BCC, ประเทศไทย) ให้สร้างสปอร์บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เวลา 7 วัน ใน ล้างสปอร์ด้วย tween 20 เข้มข้น 0.80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรต่อปริมาตร แล้วเจือจางให้ได้ 1.20×10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ในอาหาร minimum salt medium (ที่มี NH_4NO_3 3 กรัมต่อลิตร 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรต่อปริมาตร, กลูโคส 20 กรัมต่อลิตร (Carlo

Erba, Netherland), KH_2PO_4 0.50 กรัมต่อลิตร, $\text{NaHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.50 กรัมต่อลิตร, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.50 กรัมต่อลิตร, CaCl_2 0.50 กรัมต่อลิตร และสารสกัดจากยีสต์ 1 กรัมต่อลิตร ทดสอบการยับยั้งราโดยปิเปตสปอร์ 25 ไมโครลิตร ลงไมโครเพลท ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2-2.50 ชั่วโมง ให้สปอร์ยึดเกาะไมโครเพลท แล้วเติมตัวอย่างสารสกัดความเข้มข้น 0-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 25 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เวลา 16-18 ชั่วโมง เติมน้ำกลั่น 25 ไมโครลิตร และ 5(6)-carboxyfluorescein diacetate 0.90 กรัมต่อลิตรที่ละลายใน DMSO 70 เปอร์เซ็นต์ 2 ไมโครลิตร ตั้งไว้ในที่มืด 5-10 นาที ล้างเพลทด้วยน้ำประปาซับน้ำให้แห้ง เติมน้ำกลั่น 25 ไมโครลิตร วัดค่าการเรืองแสงที่ความยาวคลื่นกระตุ้นและความยาวคลื่นเปล่งแสงที่ 485 และ 535 นาโนเมตร ตามลำดับ มียาแอมโฟเทอริซินบี (amphotericin B) ความเข้มข้น 0-6.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรเป็นตัวควบคุมเชิงบวกทดลอง 3 ซ้ำ

7. การวิเคราะห์การยับยั้งการเจริญของรา *Alternaria brassicicola* (Haugland, 2002; CLSI, 2002)

เพาะเลี้ยงรา *Alternaria brassicicola* BCC 42724 ในอาหาร PDA ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในที่มืด 5 วัน ว่าจะสร้างสปอร์เจือจางสปอร์ให้ได้ 2,500 สปอร์ ใน minimal salt medium 25 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบการยับยั้งรา โดยปิเปตสปอร์ปริมาตร 25 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง ให้สปอร์ออกเต็มตัวอย่างสารสกัดความเข้มข้น 0-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 25 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เวลา 16-18 ชั่วโมง เมื่อบ่มครบระยะเวลา เติมสารละลาย cocktail 5(6)-carboxyfluorescein

diacetate 0.90 mg/ml 2 ไมโครลิตร ใน 70 เปอร์เซ็นต์ DMSO และกลีเซอรอล 40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรต่อปริมาตร 25 ไมโครลิตร) 25 ไมโครลิตร ตั้งไว้ในที่มืด 5-10 นาที ล้างเซลล์ด้วยน้ำประปา ซับน้ำให้แห้ง เติมน้ำกลั่น 25 ไมโครลิตร วัดค่าการเรืองแสงความยาวคลื่นกระตุ้นและความยาวคลื่นเปล่งแสงที่ 485 และ 535 นาโนเมตร ตามลำดับ ทดลอง 3 ซ้ำ มียาแอมโฟเทอรีซิน บี ความเข้มข้น 0-6.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นตัวควบคุมเชิงบวก

8. การวิเคราะห์การเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด (NCI-H187) (O'Brien, Wilson, Orton, & Pognan, 2000)

เพาะเลี้ยงเซลล์มะเร็งปอด NCI-H187 ATCC CRL-5804 ในอาหาร Roswell Park Memorial Institution 1640 (RPMI 1640) ที่มี heat-inactivated fetal bovine serum 15 เปอร์เซ็นต์, sodium pyruvate 1 มิลลิโมลาร์, กลูโคส 2.50 กรัมต่อลิตร และ sodium bicarbonate 2.20 กรัมต่อลิตร (Riedel-de Haen, Germany) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในตู้บ่มควบคุมความชื้นที่มี CO₂ 5 เปอร์เซ็นต์ เจือจางเซลล์ในระยะล็อกเฟสให้ได้ 6.70×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในอาหาร RPMI-1640 ทดสอบการเป็นพิษต่อเซลล์โดยปิเปตตัวอย่างสารสกัดความเข้มข้นระหว่าง 0-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 5 ไมโครลิตร และเซลล์แขวนลอย 45 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในตู้บ่มควบคุมความชื้นที่มี CO₂ 5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 5 วัน เมื่อบ่มครบระยะเวลาเต็มเรชาซูริน 62.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 12.50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง วัดค่าการเรืองแสงความยาวคลื่นกระตุ้นและความยาวคลื่นเปล่งแสงที่

530 และ 590 นาโนเมตร ตามลำดับ มียาอีลิปติซิน (ellipticine) ความเข้มข้น 0-8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นตัวควบคุมเชิงบวก ทดลอง 3 ซ้ำ

9. การวิเคราะห์การเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) (O'Brien, Wilson, Orton, & Pognan, 2000)

เพาะเลี้ยงเซลล์มะเร็งตับ HepG2 ATCC HB-8065 ในอาหาร Minimal Essential Medium (MEM) ที่มี heat-inactivated fetal bovine serum 10 เปอร์เซ็นต์, L-glutamine 2 มิลลิโมลาร์, non-essential amino acid 0.10 มิลลิโมลาร์, sodium pyruvate 1 มิลลิโมลาร์, sodium bicarbonate 1.50 กรัมต่อลิตร, penicillin 100 ยูนิตต่อมิลลิลิตร และ streptomycin 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในตู้บ่มควบคุมความชื้นที่มี CO₂ 5 เปอร์เซ็นต์ เจือจางเซลล์ในระยะล็อกเฟสให้ได้ 2×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ด้วยอาหาร MEM ทดสอบการเป็นพิษต่อเซลล์โดยปิเปตเซลล์ 200 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในตู้บ่มควบคุมความชื้นที่มี CO₂ 5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 48 ชั่วโมง เปลี่ยนอาหารใหม่ที่มีตัวอย่างสารสกัดความเข้มข้น 0-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร บ่ม 24 ชั่วโมง เติมเรชาซูริน 125 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 50 มิลลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในตู้บ่มควบคุมความชื้นที่มี CO₂ 5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 4 ชั่วโมง วัดค่าการเรืองแสงความยาวคลื่นกระตุ้นและความยาวคลื่นเปล่งแสงที่ 530 และ 590 นาโนเมตร ตามลำดับ มียาอีลิปติซิน ความเข้มข้น 0-10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นตัวควบคุมเชิงบวก ทดลอง 3 ซ้ำ

10. การวิเคราะห์การเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งช่องปาก (KB) (O'Brien, Wilson, Orton, & Pognan, 2000)

เพาะเลี้ยงเซลล์มะเร็งช่องปาก KB ATCC CCL-17 ในอาหาร MEM ที่มี heat-inactivated fetal bovine serum 10 เปอร์เซ็นต์, sodium pyruvate 1 มิลลิโมลาร์, insulin 0.01 กรัมต่อลิตร, non-essential amino acid 1X, sodium bicarbonate 1.50 กรัมต่อลิตร ในตู้บ่มควบคุมความชื้นที่มี CO₂ 5 เปอร์เซ็นต์ เจือจางเซลล์ในระยะล็อกเฟสให้ได้ 2.20×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ด้วยอาหาร MEM ทดสอบการเป็นพิษต่อเซลล์โดยปิเปตตัวอย่างสารสกัดความเข้มข้น 0-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 5 ไมโครลิตร และเซลล์แขวนลอย 45 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในตู้บ่มควบคุมความชื้นที่มี CO₂ 5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 3 วัน เมื่อบ่มครบระยะเวลา เดิมเราหาจำนวน 62.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 12.50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง วัดค่าการเรืองแสงความยาวคลื่นกระตุ้นและความยาวคลื่นเปล่งแสงที่ 530 และ 590 นาโนเมตร ตามลำดับ มียาอีลิปติซิน ความเข้มข้น 0-10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นตัวควบคุมเชิงบวก ทดลอง 3 ซ้ำ

11. การวิเคราะห์การเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ (Caco2) (O'Brien, Wilson, Orton, & Pognan, 2000)

เพาะเลี้ยงเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ Caco2 ATCC HTB-37 ในอาหาร MEM ที่มี heat-inactivated fetal bovine serum 10 เปอร์เซ็นต์, L-glutamine 2 มิลลิโมลาร์, non-essential amino acid 0.10

มิลลิโมลาร์, insulin-transferrin-selenium-X 0.10 ยูนิตต่อมิลลิลิตร, sodium bicarbonate 1.50 กรัมต่อลิตร, penicillin 100 ยูนิตต่อมิลลิลิตรและ streptomycin 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรบ่มในตู้บ่มควบคุมความชื้นที่มี CO₂ 5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เจือจางเซลล์ในระยะล็อกเฟสให้ได้ 2×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ด้วยอาหาร MEM ทดสอบการเป็นพิษต่อเซลล์โดยปิเปตเซลล์ 200 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในตู้บ่มควบคุมความชื้นที่มี CO₂ 5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 2 วัน เปลี่ยนอาหารใหม่ที่มีสารสกัดความเข้มข้น 0-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร บ่ม 24 ชั่วโมง เมื่อบ่มครบระยะเวลาเดิมสารละลายเราหาจำนวน 125 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 50 ไมโครลิตร บ่มในตู้บ่มควบคุมความชื้นที่มี CO₂ 5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง วัดค่าการเรืองแสงความยาวคลื่นกระตุ้นและความยาวคลื่นเปล่งแสงที่ 530 และ 590 นาโนเมตร ตามลำดับ มียาอีลิปติซิน ความเข้มข้น 0-40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นตัวควบคุมเชิงบวก ทดลอง 3 ซ้ำ

12. การคำนวณค่า IC₅₀

คำนวณการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีการข้อ 3 ดังสมการ (1) คำนวณการยับยั้งแบบคทีเรีย รา และการเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง ตามวิธีการข้อ 4-11 ดังสมการ (2) สร้างกราฟระหว่างการยับยั้ง (เปอร์เซ็นต์) และความเข้มข้นสารสกัด (μg/ml) แล้วคำนวณค่า IC₅₀ จากสมการ (3)

$$\text{การยับยั้ง (เปอร์เซ็นต์)} = (1 - F_u / F_c) \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ F_u คือ ค่าการเรืองแสงของตัวอย่าง

F_c คือ ค่าการเรืองแสงของคอนโทรล

$$\text{การยับยั้ง (เปอร์เซ็นต์)} = m \times IC_{50} + B \quad (3)$$

เมื่อ IC_{50} คือ ค่าความเข้มข้นสารสกัด ($\mu\text{g/ml}$) ที่ยับยั้งเซลล์ 50 เปอร์เซ็นต์

B คือ จุดตัดแกน Y

m คือ ค่าความชันของกราฟ

13. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) สองปัจจัย คือ ส่วนของพืชและตัวทำละลาย วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย IC_{50} โดยใช้โปรแกรม one-way analysis of variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan multiple range test (DMRT) ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SPSS version 28

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

สารสกัดจากราก ลำต้น ใบและผลจากต้นโง้งเตง มีค่า IC_{50} การต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงขึ้น ตามความมีขี้ของตัวทำละลาย ค่า IC_{50} การต้านอนุมูลอิสระ DPPH สารสกัดเมทานอลจากราก ลำต้น ใบและผล สารสกัดอะซิโตนจากราก ใบ และผล มีค่า IC_{50} การต้านอนุมูลอิสระ DPPH แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับค่า IC_{50} ของกรดแอสคอร์บิก ($p > 0.05$) มีค่า 97.52 ± 22.29 , 321.11 ± 160.79 , 109.25 ± 7.76 , 98.00 ± 3.93 , 218.86 ± 55.25 , 132.22 ± 7.63 , 109.09 ± 7.45 และ $26.00 \pm 0.36 \mu\text{g/ml}$ ตามลำดับ สารสกัดเฮกเซนจากราก มีค่า IC_{50} สูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารสกัดอะซิโตนและ

เมทานอล มีค่า IC_{50} เท่ากับ $546.89 \pm 216.91 \mu\text{g/ml}$ (Figure 1)

จาก (Figure 1) พบว่า ต้นโง้งเตงมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้สูง อาจมีสาเหตุมาจากต้นโง้งเตงมีสารเคมีที่ต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น phenolics, flavonoids, leucoanthocyanidins, glycosides และ tannin (Rivera, Ocampo, Castro, Caro, & Franco, 2015) มีกรดฟีนอลิกหลายชนิด ได้แก่ กรด *p*-hydroxybenzoic, กรด protocatechuic, กรด caffeic, กรด ferulic, กรด syringic, กรด *p*-coumaric และ กรด sinapic (De Oliveira, Malunga, Perussello, Beta, & Ribani, 2020) คุณสมบัติของตัวทำละลายต่างกันมีผลต่อสารสกัดที่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่า มะเขือเทศและมะเขือเทศเชอร์รี่อบแห้งแล้วบดเป็นผง เมื่อละลายในน้ำกลั่นและเมทานอล มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ต่างกัน โดยมะเขือเทศอบแห้ง เมื่อใช้น้ำกลั่นและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย มีการต้านอนุมูลอิสระ 44.65 เปอร์เซ็นต์ และ 37.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับมะเขือเทศเชอร์รี่อบแห้ง เมื่อใช้น้ำกลั่นและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย มีการต้านอนุมูลอิสระ 35.80 เปอร์เซ็นต์ และ 44.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Shahzad, Ahmad, Choudhry, Saeed, & Khan, 2014)

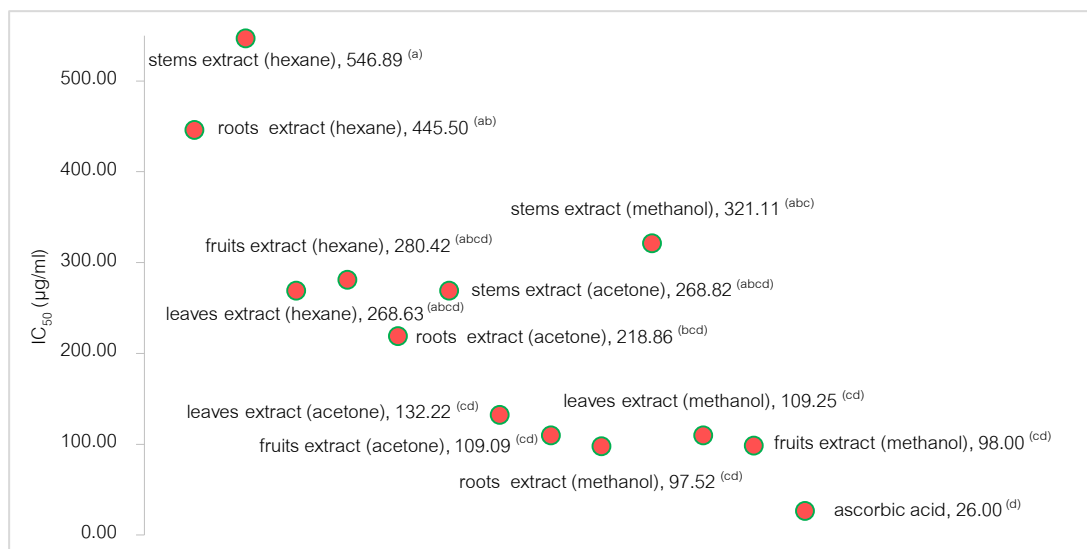


Figure 1 IC₅₀ of DPPH scavenging of hexane, acetone and methanol extracts from *Physalis angularata*. different letters at scatter plot are statistical difference ($p < 0.05$).

นอกจากนี้ยังพบว่า ส่วนต่าง ๆ ของพืช มีการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ต่างกัน มีการศึกษา ในสารสกัดเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ จากส่วนของ ราก เปลือกและใบจากต้นพะยอม มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 1.11 ± 0.02 , 1.08 ± 0.02 และ 1.15 ± 0.01 ไมโครกรัมต่อ มิลลิลิตร ตามลำดับ (Pimrote, Teekayu, & Sudprasert, 2020) ยังพบว่าการเพาะปลูกพืชที่แตกต่างกัน มีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (Thongekkaew, & Teangtam, 2023) และวิธีการสกัด ที่แตกต่างกัน ก็ยังมีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (Matthayom, Nochai, Kokaew, Pisapak, & Robmuang, 2020)

การยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค

การคัดกรองสารสกัดอะซิโตนที่มีฤทธิ์ต้าน ออกซิเดชันสูงมาทดสอบการยับยั้งจุลินทรีย์ พบว่า

สารสกัดอะซิโตนยับยั้งการเจริญของ *Mycobacteria tuberculosis* H₃₇Ra ได้ดีกว่าการยับยั้ง *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Magnaporthe grisea* Mat 1-1 THL 1156 และ *Alternaria brassicicola* แตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 41.16 ± 0.23 , 59.65 ± 3.25 , 57.18 ± 6.46 และ 1527 ± 138.89 µg/ml ตามลำดับ สารสกัดยับยั้งการเจริญของ *Magnaporthe grisea* Mat 1-1 THL 1156 ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กับการยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ได้ทดสอบ ($p < 0.05$) ดัง (Table 1)

จาก (Table 1) การยับยั้ง *Mycobacterium tuberculosis* ได้ดี อาจมีสาเหตุมาจากสารสกัดอะซิโตน ที่ได้ลดแรงตึงผิว (biosurfactant) ของไขมันที่มีใน *M. tuberculosis* ได้ โดยพบว่า อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย อินทรีย์ที่มีขั้วปานกลาง (relative polarity index=0.36)

(Reichardt, & Welton, 2011) และพืชเป็นแหล่งที่สำคัญ ในธรรมชาติของสารลดแรงตึงผิว เช่น สารลดแรงตึงผิว ที่ผลิตได้จากการหมักของด้วย *Lactobacillus pentosus* มีค่าความสามารถการเกิดอิมัลชัน (emulsion capacity, EC) เท่ากับ 83 เปอร์เซ็นต์ ความคงตัวของอิมัลชัน (emulsion stability) เคโรซีน: น้ำ 72 ชั่วโมง 99 เปอร์เซ็นต์

(Paradelo, Moldes, Dominguez, & Barral, 2019) เปลือกส้มโอหมักกับน้ำอัตราส่วน 1:1 เกิดอิมัลชัน 51.64 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ได้ดีกว่ายับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก (Chooklin, Chaichan, & Dikit, 2021) *Bacillus* sp. เป็นแบคทีเรียแกรม ผันแปร (gram variable) (Beveridge, 1990; NLM, 2023)

Table 1 Inhibition of pathogenic bacteria of lung disease and fungal plant diseases with acetone extract from *Physalis angulata* fruit.

microorganisms	pathogens	IC ₅₀ ±SE (µg/ml)	
		acetone extracts	ofloxacin
bacteria	<i>mycobacteria tuberculosis</i> H ₃₇ Ra	41.16±0.23 ^b	0.71±0.11 ^b
	<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 700603	59.65±3.25 ^b	0.82±0.03 ^b
Fungi	<i>Magnaporthe grisea</i> Mat 1-1 THL1156	57.18±6.46 ^b	2.00±0.04 ^b
	<i>Alternaria brassicicola</i>	1,527.78±138.89 ^a	0.52±0.28 ^b
	P value	<0.001	<0.001

note: IC₅₀ values represent the mean ± standard error (SE).

different superscript of letters at the IC₅₀ values are statistical difference ($p < 0.05$).

สารเคมีที่พบในต้นโทงเทง คือ ซาโปนิน (saponins) และสเตียรอยด์ (steroids) (Ferreira et al., 2019) เซโคสเตียรอยด์ (secosteroids) ที่พบเป็น สารในกลุ่ม physalins (Row, Sarma, Matsuura, & Nakashima, 1978; Sun et al., 2017) มีการใช้ประโยชน์ ยาสแตติน (statins) เพื่อลดไขมันเป็นการค้าอย่างแพร่หลาย ยาสแตติน เป็นเซโคสเตียรอยด์ชนิดหนึ่ง เป็นยาลดไขมันที่มีการซื้อขายมากที่สุดในประเทศสหรัฐอเมริกา (Neto et al., 2019) วิตามินดีเป็นเซโคสเตียรอยด์ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติลดการสะสมไขมันใน *Mycobacterium tuberculosis* ได้ (Salamon et al.,

2014) นอกจากนี้ยังพบว่า ซาโปนินละลายไขมันได้เช่นกัน โดยดึงอิล็กตรอนจากหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ออกจากเยื่อหุ้มเซลล์ (Malik et al., 2016) เมื่อไขมันละลายค่า vibrational wavenumbers ของหมู่เอซิด (R-C=O) และพันธะระหว่างคาร์บอนและออกซิเจน (C-O) ในไขมันเพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี polarization modulation infrared reflection absorption spectroscopy (PM-IRRAS) (Korchowiec et al., 2015) ซาโปนินเป็นสารประกอบไตรเทอร์ปีนไกลโคไซด์มีในพืชหลายชนิด ได้แก่ ต้นซาโปนาเรีย (*Saponaria* sp.) คำว่า ซาโป (sapo) มาจากภาษาละตินแปลว่าสบู่

(soap) ทำให้เกิดฟอง (foam) ละลายในน้ำและไขมัน (Cornell, 2019) สบู่ที่มีส่วนผสมของสมุนไพร เช่น ตาลโตนดออ่อนและและตาลโตนดง สามารถยับยั้งการเจริญของรา *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes* และ *Microsporum gypseum* ได้ (Choosong, & Siriruk, 2014)

พืชในวงศ์มะเขือหลายชนิดสามารถลดไขมันได้ โดยพบว่า สารสกัดเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ จากรากของต้นลำโพงม่วง (*Datura stramonium*) ความเข้มข้น 100-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพิ่มระดับคอเลสเตอรอลชนิดไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูง ในซีรัมของหนูทดลองได้ เพิ่มจาก 24.50 ± 1.59 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เป็น 30.50 ± 0.76 - 32.17 ± 1.08 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ลดคอเลสเตอรอลรวมและไตรกลีเซอไรด์ในหนูที่เป็นเบาหวานได้ คอเลสเตอรอลรวมมีค่าลดลงจาก 186.17 ± 2.44 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เป็น 79.17 ± 1.38 - 178.50 ± 0.81 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ไตรกลีเซอไรด์ลดลงจาก 174.83 ± 2.97 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เป็น 150.17 ± 4.70 - 153.50 ± 1.96 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Belayneh, Birhanu, Birru, & Getenet, 2019) ผลและใบของมะเขือม่วงมาโครคาร์พอน (*Solanum macrocarpon*) 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ลดไขมัน 2 ชนิด ได้แก่ โคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ ลดโคเลสเตอรอลที่เป็นไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำและไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำมาก (very low density lipoprotein, VLDL) ในหนูทดลองไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ

ยาลดไขมัน อะทอร์วาสแตติน (atorvastatin) 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ($p > 0.05$) (Dougnon et al., 2014)

การยับยั้งเซลล์มะเร็ง

สารสกัดอะซิโตนจากผลของต้นโงเทง มีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด (NCI-H187 ATCC CRL-5804) สูงกว่าเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งช่องปาก (KB) เซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ (CaCo2 ATCC HBT-37) และเซลล์มะเร็งตับ (HepG2 ATCC HB 8065) ตามลำดับ มีค่า $IC_{50} \pm SE$ เท่ากับ 21.44 ± 0.82 , 158.20 ± 68.72 , 119.68 ± 24.08 และ 888 ± 451.54 $\mu g/ml$ ตามลำดับ ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งชนิดอื่นที่ได้ทดสอบ ($p < 0.05$) ดัง (Figure 2)

จาก (Figure 2) โครงสร้างโมเลกุลของสารเคมีสัมพันธ์กับการเป็นพิษต่อเซลล์ มีการศึกษาโครงสร้างของ physalin B พบว่า การมีหมู่ฮิพอกซีที่คาร์บอนอะตอม (C) ตำแหน่งที่ 5 และ 6 จะเพิ่มการเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด (A549) (Boonsombat et al., 2020) 4 β -hydroxywithanolide มีหมู่ฮิพอกซีที่คาร์บอน ตำแหน่งที่ 5 และ 6 มีหมู่ไฮดรอกซิล ที่ C ตำแหน่งที่ 4 ทำให้ยับยั้งเซลล์มะเร็งปอด H 1229 ได้ดี มีผลต่อวัฏจักรเซลล์ (cell cycle) เพิ่มระยะ G1 ลดระยะ G2/M (Yen et al., 2010) ในโครงสร้าง 4 β -hydroxywithanolide E มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ C ตำแหน่งที่ 4 จะลดไขมันได้มากกว่า withanolide E ที่ไม่มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ C ตำแหน่งที่ 4 (Kumagai et al., 2021)

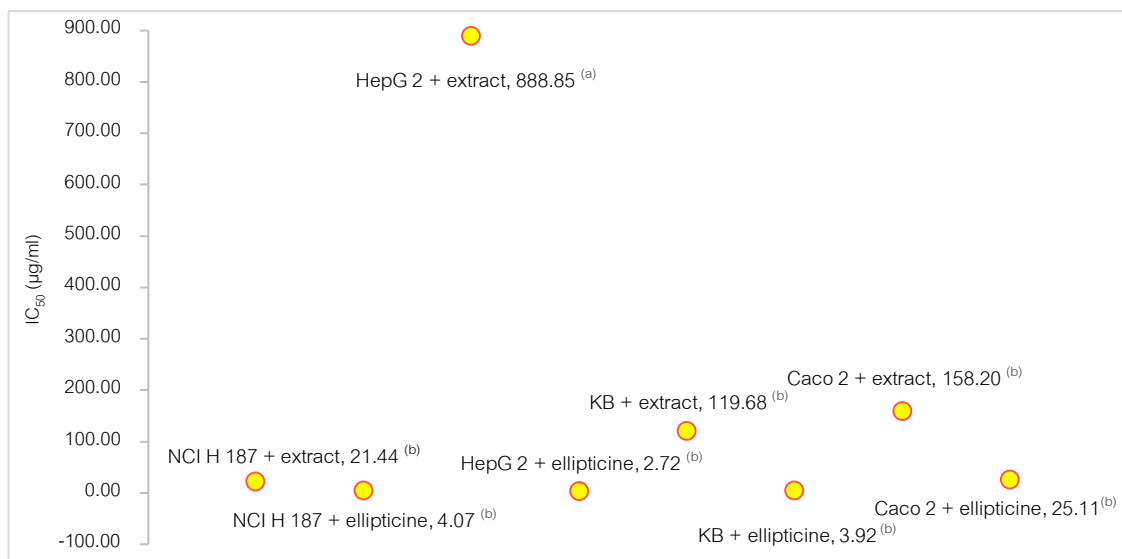


Figure 2 Cytotoxicity of acetone extract of *Physalis angulata* fruit against lung cancer cell (NCI-H187 ATCC CRL-5804), liver cancer cell (HepG2 ATCC HB 8065), oral cancer cell (KB) and colon cancer cell (CaCo2 ATCC HBT-37).
different letters at scatter plot are statistical difference ($p < 0.05$).

นอกจากนี้ไขมันเป็นแหล่งพลังงาน adenosine triphosphate(ATP)ที่สำคัญให้กับเซลล์มะเร็ง (Lee, Woo, Jang, Kang, & Kim, 2022; Xue, Itoh, Dan, & Inoue, 2022; Yang et al., 2022) พบว่ากรดไขมันที่มีคาร์บอน 18 อะตอม ที่มีหมู่ไฮดรอกซี (hydroxy fatty acids, HFAs) จะเพิ่มปริมาณ spingomyelin ในเซลล์มะเร็งปอด (A549) ได้มากกว่าการทดสอบด้วย กรดไขมันที่มีหมู่เมทอกซี (methoxy fatty acids, MFAs) และยังพบว่ากรดไขมัน 2-hydroxyoleic acid (2OH-18:1n-9) จะเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลได้ 19.19 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) (Barceló-Coblijn et al., 2011)

จากผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารสกัดอะซิโตนจากผลโงเทง ยับยั้งเซลล์

มะเร็งปอดได้ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการลดไขมันที่มีในเซลล์มะเร็ง ซึ่งสอดคล้องกับการยับยั้งแบคทีเรีย *Mycobacterium tuberculosis* ได้ดี ในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ อวัยวะเป้าหมายมีผลต่อการแพร่กระจายของยา (drug exposure) ยับยั้งแบคทีเรีย *M. tuberculosis* (Tanner, Haynes, & Wiesner, 2020) ซึ่งการศึกษานี้เสนอแนะว่า ปอดน่าจะเป็นอวัยวะเป้าหมาย (target organ) สำหรับการเจริญเติบโตของ *M. tuberculosis*

สรุป

ส่วนต่าง ๆ ของต้นโงเทง ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ และผลจากต้นโงเทง และความมีชีวิตของตัวทำละลายที่ใช้สกัดมีผลต่อค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

ค่า IC_{50} การต้านอนุมูลอิสระ DPPH สารสกัดเมทานอล จากราก ลำต้น ใบ และผล สารสกัดอะซิโตน จากราก ใบ และผล มีค่า IC_{50} การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับค่า IC_{50} ของกรดแอสคอร์บิก ($p>0.05$) สารสกัดเฮกเซน จากราก มีค่า IC_{50} สูงกว่าสารสกัดอื่น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สารสกัดอะซิโตนจากผลยับยั้ง แบคทีเรีย *Mycobacterium tuberculosis* ได้มากกว่า การยับยั้ง *Klebsiella pneumoniae*, *Magnaporthe grisea* และ *Alternaria brassicicola* อาจมีสาเหตุมาจากความสามารถแรงดึงผิวของไขมัน เนื่องจาก *M. tuberculosis* H₃₇Ra มีไขมันเป็นองค์ประกอบที่ผนังเซลล์หลายชนิดและมีไขมันมากกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น สารสกัดอะซิโตนจากผลของต้นโองเพงมีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด (NCI-H187) สูงกว่ามีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งในช่องปาก (KB) เซลล์มะเร็งในช่องปาก (KB) เซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ (CaCo2) และเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) ตามลำดับ ปริมาณไขมันในเซลล์มะเร็งชนิดต่าง ๆ ยังไม่พบในเอกสารและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมากเท่ากับการศึกษาไขมันใน *M. tuberculosis* H₃₇Ra การศึกษานี้เสนอแนะว่าพืชเป็นแหล่งที่สำคัญของสารลดแรงดึงผิวไขมันในธรรมชาติ เช่น เซโคสเตียรอยด์ สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อลดไขมันสะสมเกินความจำเป็นร่วมกับการออกกำลังกายได้อย่างเหมาะสม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และหน่วยงาน Bioassay

service สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Barceló-Coblijn, G., Martin, M. L., De Almeida, R. F. M., Noguera-Salvà, M. A., Marcilla-Etxenike, A., Guardiola Serrano, F., Lüth, A., Kleuser, B., Halver, J. E., & Escribà, P. V. (2011). Sphingomyelin and sphingomyelin synthase (SMS) in the malignant transformation of glioma cells and in 2-hydroxyoleic acid therapy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(49), 19569-19574.
- Belayneh, Y. M., Birhanu, Z., Birru, E. M., & Getenet, G. (2019). Evaluation of in vivo antidiabetic, antidiyslipidemic, and in vitro antioxidant activities of hydromethanolic root extract of *Datura stramonium* L. (Solanaceae). *Journal of Experimental Pharmacology*, 11(1), 29-38.
- Beveridge, T. J. (1990). Mechanism of gram variability in select bacteria. *Journal of bacteriology*, 172(3), 1609-1620.
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200.
- Boonsombat, J., Chawengrum, P., Mahidol, C., Kittakoop, P., Ruchirawat, S., & Thongnest, S. (2020). A new 22, 26-seco physalin steroid from *Physalis angulata*. *Natural Product Research*, 34(8), 1097-1104.
- Brennan, P. J., & Nikaido, H. (1995). The envelope of mycobacteria. *Annual review of biochemistry*, 64(1), 29-63.
- Cabrera-Sanchez, J., Cuba, V., Vega, V., Van der Stuyft, P., & Otero, L. (2022). Lung cancer occurrence after

- an episode of tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. *European Respiratory Review*, 31(165), 1-13.
- Changsen, C., Franzblau, S. G., & Palittapongarnpim, P. (2003). Improved green fluorescent protein reporter gene-based microplate screening for antituberculosis compounds by utilizing an acetamidase promoter. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 47(12), 3682-3687.
- Chooklin C. S., Chaichan, W., & Dikit P. (2021). The Potential of biosurfactant from pomelo peel fermentation for bacterial inhibition. *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal*, 13(3), 704-716. (in Thai)
- Choosong, J., & Siriruk P. (2014). Development of the herbal soap product from the palmyrah fruit of the conservation tourism group, Sathingpra district, Songkhla province. *RMUTSB Academic Journal*, 2(2), 165-173. (in Thai)
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2002). *Reference method for broth microdilution antifungal susceptibility testing of filamentous fungi; Approved standard*. CLSI document M38-A, Wayne, Pennsylvania.
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2006a). *Method for dilution antimicrobial susceptibility test for bacteria that growth aerobically; Approve standard 7th edition*. CLSI document M7-A7 vol. 26, no. 2. Wayne, Pennsylvania.
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2006b). *Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; Sixteenth informational supplement*. CLSI document M100-S16, vol. 26, no. 3, Wayne, Pennsylvania.
- Collins, L. A., Torrero, M. N., & Franzblau, S. G. (1998). Green fluorescent protein reporter microplate assay for high-throughput screening of compounds against *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 42(2), 344-347.
- Cornell College of Agriculture and Life Sciences (Cornell CALS). (2019). *Saponins*. Retrieved 10 January 2024, from <https://poisonousplants.ansci.cornell.edu/toxicagents/saponin.html>
- Cukic, V. (2017). The association between lung carcinoma and tuberculosis. *Medical Archives*, 71(3), 212-214.
- De Oliveira, A. M., Malunga, L. N., Perussello, C. A., Beta, T., & Ribani, R. H. (2020). Phenolic acids from fruits of *Physalis angulata* L. in two stages of maturation. *South African Journal of Botany*, 131(1), 448-453.
- Doungnon, T. V., Bankolé, H. S., Klotóé, J. R., Sènou, M., Fah, L., Koudokpon, H., Akpovi, C., Doungnon T. J., Addo, P. Loko, F., & Boko, M. (2014). Treatment of hypercholesterolemia: screening of *Solanum macrocarpon* Linn (Solanaceae) as a medicinal plant in Benin. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 4(3), 160-169.
- Ferreira, L. M. D. S. L., Vale, A. E. D., Souza, A. J. D., Leite, K. B., Sacramento, C., Moreno, M. L. V., Araujo, T. H., Soares, M. B. P., & Grassi, M. F. R. (2019). Anatomical and phytochemical characterization of *Physalis angulata* L.: a plant with therapeutic potential. *Pharmacognosy Research*, 11(2), 171-177.
- Forest Herbarium. (2023). *Physalis angulata* L. Retrieved 15 January 2023, from <https://www.dnp.go.th/botany/mindexdictdetail.aspx?runno=2832> (in Thai)
- Guarro, J., Pujol, I., Aguilar, C., Llop, C., & Fernandez-Ballart, J. (1998). Inoculum preparation for *in-vitro* susceptibility testing of filamentous fungi. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 42(3), 385-387.

- Haugland, R. P. (2002). Assay for cell viability, proliferation and function. *Handbook of Fluorescent Probes and Research Products*. Eugene, Oregon: Molecular Probes.
- Hseu, Y. C., Wu, C. R., Chang, H. W., Senthil-Kumar, K. J., Lin, M. K., Chen, C. S., Cho, H. J., Huang, C. Y., Huang, C. Y., Lee, H. Z., Hsieh, W. T., Chung, J. G., Wang, H. M., & Yang, H. L. (2011). Inhibitory effects of *Physalis angulata* on tumor metastasis and angiogenesis. *Journal of Ethnopharmacology*, 135(3), 762-771.
- Kor-arnan, S., Paoblake, S., & Aswachaisuvikom, T. (2015). Antibacterial, antioxidation, antiproteolytic, and cytotoxicity activity of *Stevia rebaudiana* Bertoni Leaves. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 17(3), 48-55. (in Thai)
- Korchowiec, B., Gorczyca, M., Wojszko, K., Janikowska, M., Henry, M., & Rogalska, E. (2015). Impact of two different saponins on the organization of model lipid membranes. *Biochimica et Biophysica Acta Biomembranes*, 1848(10), part A, 1963-1973.
- Krishna, T. M., Vadluri, R., & Kumar, E. M. (2013). *In vitro* determination of antioxidant activity of *Physalis angulata* Lnn. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 4(3), 541-549.
- Kumagai, M., Yoshida, I., Mishima, T., Ide, M., Fujita, K., Doe, M., Nishikawa, K., & Morimoto, Y. (2021). 4 β -Hydroxywithanolide E and withanolide E from *Physalis peruviana* L. inhibit adipocyte differentiation of 3T3-L1 cells through modulation of mitotic clonal expansion. *Journal of Natural Medicines*, 75(1), 232-239.
- Kusumaningtyas, R. W., Laily, N., & Limandha, P. (2015). Potential of ciplukan (*Physalis angulata* L.) as source of functional ingredient. *Procedia Chemistry*, 14(1), 367-372.
- Lee, H., Woo, S. M., Jang, H., Kang, M., & Kim, S. Y. (2022). Cancer depends on fatty acids for ATP production: a possible link between cancer and obesity. *Seminars in Cancer Biology*, 86(2), 347-357.
- Maldonado, E., Hurtado, N. E., Pérez-Castorena, A. L., & Martínez, M. (2015). Cytotoxic 20, 24-epoxywithanolides from *Physalis angulata*. *Steroids*, 104(1), 72-78.
- Malik, I., Csollei, J., Jampilek, J., Stanzel, L., Zadravilova, I., Hosek, J., Pospíšilova, S., Cizek, A., Coffey, A., & O'Mahony, J. (2016). The structure-antimicrobial activity relationships of a promising class of the compounds containing the *N*-arylpiperazine scaffold. *Molecules*, 21(10), 1274.
- Matthayom, W., Nochai, K., Kokaew, K., Pisapak, K., & Robmuang, D. (2020). Investigation of antioxidant capacity and antioxidant activity of Ma-huad (*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh.) juice. *RMUTSB Academic Journal*, 8(2), 187-198. (in Thai)
- Meira, C. S., Guimarães, E. T., Dos Santos, J. A., Moreira, D. R., Nogueira, R. C., Tomassini, T. C., Ribeiro, I. M., De Souza, C. V., Ribeiro Dos Santos, R., & Soares, M. B. (2015). *In vitro* and *in vivo* antiparasitic activity of *Physalis angulata* L. concentrated ethanolic extract against *Trypanosoma cruzi*. *Phytomedicine*, 22(11), 969-974.
- National Institutes of Health (NIH). (2023). *Lipid Storage Diseases*. Retrieved 27 December 2023, from <https://www.ninds.nih.gov/health-information/disorders/lipid-storage-diseases>
- National Library of Medicine (NLM). (2023). *Bacillus cereus*. Retrieved 27 December 2023, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459121/>
- Neto, R. N. M., de Barros Gomes, E., Webá-Soares, L., Dias, L. R. L., da Silva, L. C. N., & de Miranda, R. C. M. (2019). Biotechnological production of statins:

- metabolic aspects and genetic approaches. *Current pharmaceutical biotechnology*, 20(15), 1244-1259.
- O'Brien, J., Wilson, I., Orton, T., & Pognan, F. (2000). Investigation of the alamar blue (resazurin) fluorescent dye for the assessment of mammalian cell cytotoxicity. *European Journal of Biochemistry*, 267(17), 5421-5426.
- Paradelo, R., Moldes, A. B., Dominguez, J. M., & Barral, M. T. (2009). Reduction of water repellence of hydrophobic plant substrates using biosurfactant produced from hydrolyzed grape marc. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(11), 4895-4899.
- Pietro, R. C., Kashima, S., Sato, D. N., Januário, A. H., & França, S. C. (2000). *In vitro* antimycobacterial activities of *Physalis angulata* L. *Phytomedicine*, 7(4), 335-338.
- Pimrote, K., Teekayu, K., & Sudprasert, P. (2020). Antioxidant activity and inhibition effect on *pseudomonas aeruginosa* of extracts from Pa-Yom (*Shorea roxburghii* G. Don). *RMUTSB Academic Journal*, 8(1), 15-27. (in Thai)
- Pinto, N. B., Morais, T. C., Carvalho, K. M. B., Silva, C. R., Andrade, G. M., Brito, G. A. C., Veras, M. L., Pessoa, O. D. L., Rao, V. S., & Santos, F. A. (2010). Topical anti-inflammatory potential of Physalin E from *Physalis angulata* on experimental dermatitis in mice. *Phytomedicine*, 17(10), 740-743.
- Pourmasoumi, M., Hadi, A., Rafie, N., Najafgholizadeh, A., Mohammadi, H., & Rouhani, M. H. (2018). The effect of ginger supplementation on lipid profile: a systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Phytomedicine*, 43(1), 28-36.
- Reichardt, C. & Welton, T. (2011). *Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Reynolds, J., Moyes, R. B., & Breakwell, D. P. (2009). Differential staining of bacteria: acid fast stain. *Current Protocols in Microbiology, Supplement 15, Appendix A3H*, 1-5.
- Rivera, D. E., Ocampo, Y. C., Castro, J. P., Caro, D., & Franco, L. A. (2015). Antibacterial activity of *Physalis angulata* L., *Merremia umbellata* L., and *Cryptostegia grandiflora* Roxb. Ex R. Br.-medicinal plants of the Colombian Northern Coast. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 15, 95-102.
- Row, L. R., Sarma, N. S., Matsuura, T., & Nakashima, R. (1978). Physalins E and H, new physalins from *Physalis angulata* and *P. lancifolia*. *Phytochemistry*, 17(9), 1641-1645.
- Rouhi-Boroujeni, H., Rouhi-Boroujeni, H., Heidarian, E., Mohammadzadeh, F., & Rafieian-Kopaei, M. (2015). Herbs with anti-lipid effects and their interactions with statins as a chemical anti-hyperlipidemia group drugs: a systematic review. *ARYA atherosclerosis*, 11(4), 244-251.
- Sala, A., Bordes, P., & Genevax, P. (2014). Multiple toxin-antitoxin systems in *Mycobacterium tuberculosis*. *Toxins*, 6(3), 1002-1020.
- Salamon, H., Bruiners, N., Lakehal, K., Shi, L., Ravi, J., Yamaguchi, K. D., Pine, R., & Gennaro, M. L. (2014). Cutting edge : vitamin D regulates lipid metabolism in *Mycobacterium tuberculosis* infection. *Journal of Immunology*, 193(1), 30-34.
- Shahzad, T., Ahmad, I., Choudhry, S., Saeed, M. K., & Khan, M. N. (2014). DPPH free radical

- scavenging activity of tomato, cherry tomato and watermelon: lycopene extraction, purification and quantification. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(suppl.2), 223-228.
- Slayden, R. A., Dawson, C. C., & Cummings, J. E. (2018). Toxin-antitoxin systems and regulatory mechanisms in *Mycobacterium tuberculosis*. *Pathogens and Disease*, 76(4), 1-12.
- Sun, C. P., Qiu, C. Y., Zhao, F., Kang, N., Chen, L. X., & Qiu, F. (2017). Physalins V-IX, 16, 24-cyclo-13, 14-seco withanolides from *Physalis angulata* and their antiproliferative and anti-inflammatory activities. *Scientific reports*, 7, 4057.
- Tanner, L., Haynes, R. K., & Wiesner, L. (2020). Accumulation of TB-active compounds in murine organs relevant to infection by *Mycobacterium tuberculosis*. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 724.
- Thongekkaew, J., & Teangtam, W. (2023). Antioxidant activity, vitamin c and total phenolic contents in three types of lettuce grown in hydroponics and soil-based. *RMUTSB Academic Journal*, 11(2), 186-198. (in Thai)
- World Health Organization (WHO). (2021a). *Global tuberculosis report 2021*. Retrieved 27 December 2023, from <https://www.who.int/publications/i/item/9789240037021>
- World Health Organization (WHO). (2021b). *Tuberculosis*. Retrieved 27 December 2023, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>
- Xu, R., Yang, K., Li, S., Dai, M., & Chen, G. (2020). Effect of green tea consumption on blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition journal*, 19, 48.
- Xue, Y. W., Itoh, H., Dan, S., & Inoue, M. (2022). Gramicidin A accumulates in mitochondria, reduces ATP levels, induces mitophagy, and inhibits cancer cell growth. *Chemical Science*, 13(25), 7482-7491.
- Yang, H., Geng, Y. H., Wang, P., Zhang, H. Q., Fang, W. G., & Tian, X. X. (2022). Extracellular ATP promotes breast cancer chemoresistance via HIF-1 α signaling. *Cell Death & Disease*, 13, 199.
- Yen, C. Y., Chiu, C. C., Chang, F. R., Chen, J. Y. F., Hwang, C. C., Hseu, Y. C., Yang, H. L., Lee, A. Y. L., Tsai, M. T., Guo, Z. L., Cheng, Y. S., Liu, Y. C., Lan, Y. H., Chang, Y. C., Ko, Y. C., Chang, H. W., & Wu, Y. C. (2010). 4 β -Hydroxywithanolide E from *Physalis peruviana* (golden berry) inhibits growth of human lung cancer cells through DNA damage, apoptosis and G2/M arrest. *BMC Cancer*, 10, 46.