Published online: 17 July 2018

ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพเพื่อใช้ประโยชน์ทางเครื่องสำอาง

Biological Activities of Tumtim Chumphae Rice Extract for Cosmetic Utilization

ปิยฉัฏร ช่วยสีนวล

อีเมล์: 5951701274@lamduan.mfu.ac.th

หลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

รองศาสตราจารย์ ดร. มยุรี กัลยาวัฒนกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

อีเมล์: mayuree@mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

Mae Fah Luang University

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเตรียมสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพ ด้วยเอทานอล ได้สารสกัดลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลเข้ม แสดงร้อยละของผลผลิตต่อน้ำหนักพืชแห้ง เท่ากับ 0.766 ± 0.127 % สารสกัดมีปริมาณฟีนอลิกรวม เท่ากับ 201.33 mg GAE/100g crude extract โดยมีสารฟีนอลิกหลัก 3 ชนิดวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC คือ syringic acid (2.617 ± 0.353 mg/100g crude extract), vanillic acid (2.098 ± 0.195 mg/100g crude extract) และ protocatechuic acid (1.923 ± 0.135 mg/100g crude extract) สารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH$^{\bullet}$ และ ABTS$^{\bullet+}$ assay ด้วยค่า IC_{50} เท่ากับ 1.846 ± 0.037 mg/mL และ 1.100 ± 0.062 mg/mL ตามลำดับ โดยใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐานมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.0059 ± 0.0001 mg/mL และ 0.0049 ± 0.0002 mg/mL ตามลำดับ และแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 30.84 ± 3.94 mg Fe^{2+} equivalents/100g sample extract นอกจากนี้สารสกัดข้าวทับทิมชุมแพที่ความเข้มข้น 312.5 – 10,000 µg/mL ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ human dermal fibroblasts และสารสกัด (625 – 10,000 µg/mL) แสดงฤทธิ์การป้องกันอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p value $\leq$ 0.039) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

คำสำคัญ: ข้าวทับทิมชุมแพ / ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ / ความเป็นพิษต่อเซลล์ / เซลล์ไฟโบรบลาสท์

Abstract

The aim of this research study was to prepare Tubtim chumphae rice *(Oryza sativa* L.*)* extract (TC extract) by using ethanol. The extractive yield was 0.766 ± 0.217% weight/dried weight of plant with dark brown solid. The total phenolic content of TC extract was 201.33 mg GAE/100g crude extract and the three main phenolic acids were syringic acid (2.617 ± 0.353 mg/100g crude extract), vanillic acid (2.098 ± 0.195 mg/100g crude extract), and protocatechuic acid (1.923 ± 0.135 mg/100g crude extract) by using HPLC analysis. TC extract had antioxidant activities assessed by $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ assay with IC_{50} 1.846 ± 0.037 mg/mL and 1.100 ± 0.062 mg/mL, respectively using vitamin C as a standard with IC_{50} 0.0059 ± 0.0001 mg/mL and 0.0049 ± 0.0002 mg/mL, respectively. The FRAP scavenging activity of TC extract was 30.84 ± 3.94 mg Fe^{2+} equivalents/100g sample extract. In addition, TC extract (312.5 – 10,000 µg/mL) was non-cytotoxic towards human dermal fibroblasts and the extract (625 – 10,000 µg/mL) showed significantly prevent oxidative damage (p value $\leq$ 0.039) compared with the control that induced by hydrogen peroxide.

Keywords: Tubtim Chumphae/Antioxidant activities/Cytotoxicity/ Fibroblast cells

1. บทนำ

ข้าว เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากประชากรภายในประเทศบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก อีกทั้งประเทศไทยยังเป็นหนึ่งในประเทศผู้ผลิตและส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก ซึ่งพบว่าในปีพ.ศ. 2558 มีปริมาณการส่งออกข้าวสูงถึง 9,795,763 ตัน คิดเป็นมูลค่า 155,912 ล้านบาท (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2559)

ข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ (ข้าวเจ้าสายพันธุ์ SRN06008-18-5-7-CPA-20) เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวเจ้าพันธุ์สังข์หยด มีผลผลิตค่อนข้างสูงถึง 797 kg/ไร่ มีลักษณะเด่นคือ เป็นข้าวกล้องสีแดงที่มีคุณภาพเมล็ดทางกายภาพและทางเคมีดี มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ วิตามินอี และแกมมา-ออไรซานอล ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง จากผลงานวิจัย พบว่าข้าวทับทิมชุมแพมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม 203.3 mg GAE/100 g of sample ฟลาโวนอยด์ 281.4476 mg GAE/100 g of sample ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็ก 1735.3108 mM (Fe(II)/100 g of sample และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH assay มีค่า IC_{50} 3.1138 mg/mL (ธัญวราภรณ์ ปรุงฆ้อง และคณะ, 2560) อย่างไรก็ตาม

Mae Fah Luang University

ข้าวชนิดดังกล่าวยังไม่มีรายงานการศึกษาหาชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก ความเป็นพิษและฤทธิ์การป้องกันและต้านอนุมูลอิสระต่อเซลล์ผิวหนังของมนุษย์ เพื่อประยุกต์เป็นวัตถุดิบในเครื่องสำอาง

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสำคัญของสกัดข้าวทับทิมชุมแพด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้ ทดสอบความเป็นพิษ ฤทธิ์การป้องกันและต้านอนุมูลอิสระต่อเซลล์ human dermal fibroblasts เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทยให้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้นด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเตรียมสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพด้วยวิธี solvent extraction
2. เพื่อเตรียมหาชนิดและปริมาณสารสำคัญของสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพ
3. เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพ
4. เพื่อศึกษาความเป็นพิษและฤทธิ์การป้องกันและต้านอนุมูลอิสระต่อเซลล์ human dermal fibroblasts ของสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพ

3. ขอบเขตการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้มีขอบเขตงานวิจัยเพื่อ เตรียมสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพ วิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารสำคัญด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพในหลอดทดลอง และทดสอบความเป็นพิษ ฤทธิ์การป้องกันและต้านอนุมูลอิสระต่อเซลล์ human dermal fibroblasts

4. การทบทวนวรรณกรรม

ข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ เป็นข้าวเจ้าสายพันธุ์ SRN06008-18-1-5-7-CPA-20 มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Oryza sativa* L. เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กลายพันธุ์จากรังสี ทรงต้นเตี้ยที่มีลักษณะต้านทานต่อโรคไหม้ ไม่ไวต่อช่วงแสง เป็นพันธุ์แม่กับข้าวเจ้าพันธุ์สังข์หยดซึ่งเป็นข้าวเจ้าที่มีเยื่อหุ้มเป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง กอตั้งตรง ลำต้นค่อนข้างแข็ง ใบสีเขียว การแก่ของใบที่ระยะเก็บเกี่ยวจัดเป็นใบแก่ช้า เป็นข้าวกล้องสีแดง เมล็ดยาว ที่มีคุณภาพการสีดี อีกทั้งยังมีลักษณะเด่น คือ สามารถปลูกได้ทั้งปี และให้ผลผลิตค่อนข้างสูงถึง 797 kg ต่อไร่ ซึ่งมีลำต้นเตี้ยจึงไม่โดนลมพัดหักง่าย โดยใช้ระยะเวลาในการปลูกถึงเก็บเกี่ยวเพียง 135 วัน ขณะที่

Mae Fah Luang University

ข้าวสังข์หยดปลูกได้ปีละครั้ง มีอายุยาวนาน และผลผลิตไม่สูงมากนัก นอกจากนั้นข้าวทับทิมชุมแพ ยังมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงคล้ายข้าวสังข์หยด เมื่อสีเป็นข้าวกล้องและนำมาหุงสุกจะมีสีแดงใสคล้ายทับทิม (ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ, 2558)

จากผลการศึกษาพบว่า ข้าวทับทิมชุมแพมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม 203.3 mg GAE/100 g of sample ฟลาโวนอยด์ 281.4476 mg GAE/100 g of sample ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็ก 1735.3108 mM (Fe(II)/100 g of sample และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH assay มีค่า IC_{50} 3.1138 mg/mL (ธัญวราภรณ์ ปรุงฆ้อง และคณะ, 2560)

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 การเตรียมสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพ

นำข้าวทับทิมชุมแพมาบดให้ละเอียด สกัดด้วยเฮกเซนเพื่อขจัดส่วนไขออก จากนั้นสกัดต่อด้วยเอทานอล รอบละ 3 ชั่วโมงจำนวน 2 รอบ (Shao, Xu, Sun, Bao & Beta 2015) กรองสารละลายที่ได้และระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง rotary evaporator จะได้สารสกัดเอทานอลของข้าวทับทิมชุมแพ (TC extract) นำสารสกัดที่ได้มาคำนวณค่า % yield

5.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม วิเคราะห์ตามวิธีการของ Shao et al. (2015)

5.3 การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารสำคัญด้วยเครื่อง HPLC ดัดแปลงจาก Pang et al. (2018)

5.4 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

5.4.1 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH$^{\bullet}$ assay แสดงผลในรูปของค่า IC_{50} วิธีวิเคราะห์ดัดแปลงจาก Shao et al. (2015)

5.4.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS$^{\bullet+}$ assay แสดงผลในรูปของค่า IC_{50} วิธีวิเคราะห์ดัดแปลงจาก Shen, Jin, Xiao, Lu and Bao (2009)

5.4.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP assay โดยดัดแปลงจากวิธีของ Yang and Zhai (2009) โดยผลการทดลองแสดงในหน่วยของ มิลลิกรัมสมมูลของ $FeSO_4$ ต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 g (mg $FeSO_4$/100 g of dried sample)

5.5 การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ human dermal fibroblasts ด้วยวิธี MTT assay ดัดแปลงจาก Kanlayavattanakul et al., 2016 โดยคำนวณหา % viability = (OD sample/OD

Mae Fah Luang University

control) x 100 โดยค่า % viability มากกว่า 75 % เมื่อเทียบกับ control ถือว่าสารตัวอย่างที่ความเข้มข้นนั้นไม่เป็นพิษต่อเซลล์

5.6 การทดสอบฤทธิ์การป้องกันและต้านอนุมูลอิสระของเซลล์ human dermal fibroblasts ดัดแปลงจาก Kanlayavattanakul, Ospondpant, Ruktanonchai and Lourith (2012) โดยวัด % cell viability ด้วยวิธี MTT assay ที่ความยาวคลื่น (OD) 570 nm ด้วยเครื่อง Microplate reader คำนวณหา % viability = (OD sample/OD control) x 100

5.7 การทดสอบความคงตัวทางกายภาพและเคมีของ TC extract ในสภาวะเร่ง

เก็บ TC extract ที่สภาวะอุณหภูมิร้อนสลับเย็น (heating /cooling) โดยสลับอุณหภูมิที่ 4°C และ 45°C ทุก ๆ 48 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ เก็บทั้งสิ้นจำนวน 6 รอบ โดยตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง และ การวิเคราะห์ความคงตัวทางเคมี คือ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดทั้งก่อนและหลังการทดสอบความคงตัว

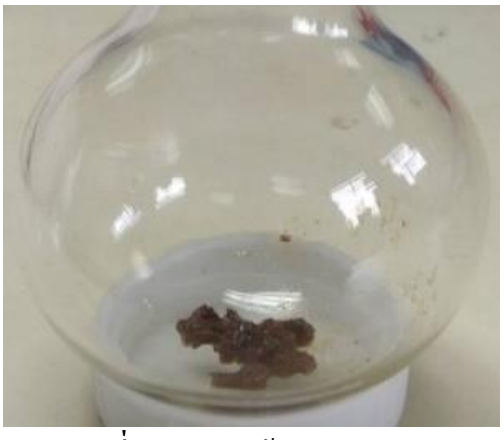
5.8 รวบรวมผล วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ข้อมูลที่ทำการรวบรวมได้ นำมาคำนวณหา ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและรายงานเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม SPSS V 21.0 ด้วยสถิติ One way ANOVA ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

6. ผลและอภิปรายผลการวิจัย

6.1 ผลการเตรียมสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพ

สารสกัดข้าวทับทิมชุมแพ (TC extract) มีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลเข้ม โดยมีร้อยละของผลผลิตต่อน้ำหนักพืชแห้ง คือ 0.766 ± 0.127 % ดังแสดงในภาพที่ 1จากนั้นนำมาทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพดังนี้



ภาพที่ 1 สารสกัดข้าวทับทิมชุมแพ

Mae Fah Luang University

6.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมของ TC extract

TC extract ที่ความเข้มข้น 25 mg/mL แสดงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด คือ 201.33 ± 2.31 mg GAE/100 g crude extract

6.3 ผลการหาชนิดและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของ TC extract ด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

สารประกอบฟีนอลิก ที่พบใน TC extract คือ gallic acid, protocatechuic acid, vanilic acid, syringic acid, p-coumaric acid, และ ferulic acid โดยมีความเข้มข้น 0.179 ± 0.030, 1.923 ± 0.135, 2.098 ± 0.195, 2.617 ± 0.353, 0.480 ± 0.088, และ 0.779 ± 0.093 mg/100 g crude extract

6.4 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

6.4.1 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH$^{\bullet}$

TC extract แสดงค่า IC_{50} เท่ากับ 1.846 ± 0.037 mg/mL และ 1.100 ± 0.062 mg/mL ตามลำดับ โดยใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐานและมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.0059 ± 0.0001 mg/mL

6.4.2 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS$^{\bullet+}$

TC extract และสารมาตรฐานวิตามินซี แสดงค่า IC_{50} เท่ากับ มี 1.100 ± 0.062 และ 0.0049 ± 0.0002 mg/mL ตามลำดับ

6.4.3 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

TC extract ที่ความเข้มข้น 25 mg/mL มีค่า FRAP value เท่ากับ 30.84 ± 3.94 mg Fe^{2+} equivalents/100g sample extract

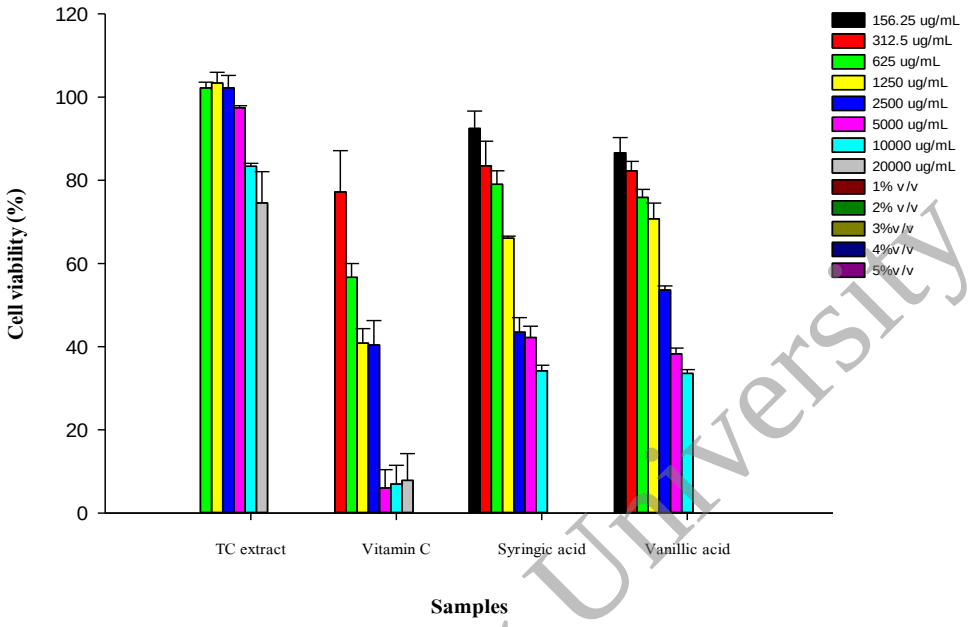
6.5 ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ human dermal fibroblasts

ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ human dermal fibroblasts ด้วยวิธี MTT assay พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของ TC extract (312.5 – 10,000 µg/mL) vitamin C (9.765 – 312.5 µg/mL) syringic acid (9.765 – 312.5 µg/mL) และ vanillic acid (9.765 – 312.5 µg/mL) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อเซลล์ human dermal fibroblasts ดังแสดงในภาพที่ 2

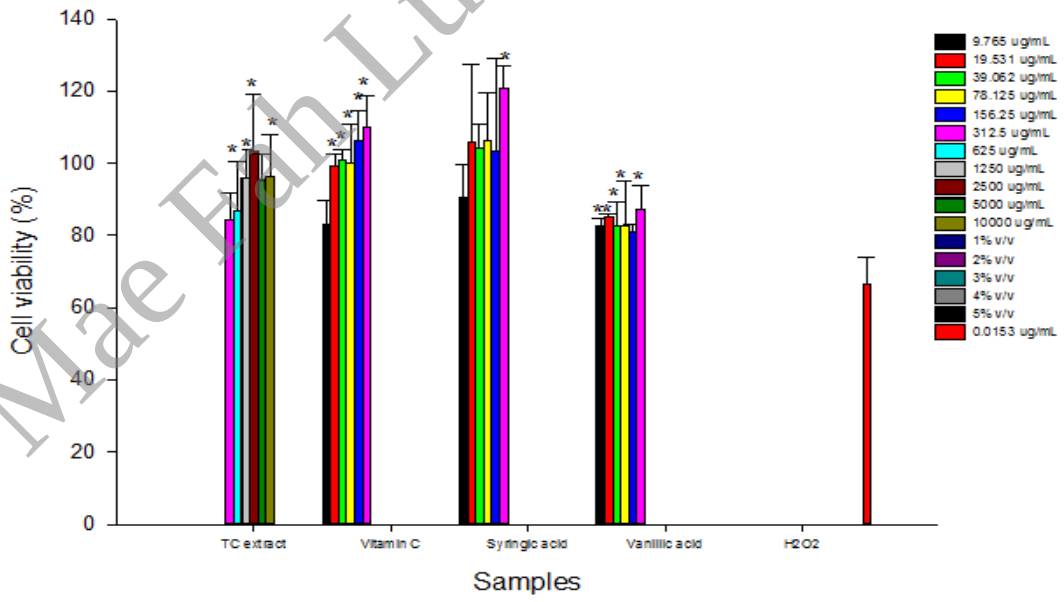
6.6 ผลการทดสอบฤทธิ์การป้องกันและต้านอนุมูลอิสระต่อเซลล์ human dermal fibroblasts

ผลการป้องกันอนุมูลอิสระต่อเซลล์ human dermal fibroblasts พบว่าสาร TC extract (625 – 10,000 µg/mL), vitamin C (19.531 – 312.5 µg/mL), vanillic acid (19.531 – 312.5 µg/mL) และ syringic acid (312.5 µg/mL) มีฤทธิ์การป้องกันอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p value $\leq$ 0.039) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังแสดงในภาพที่ 3

Mae Fah Luang University



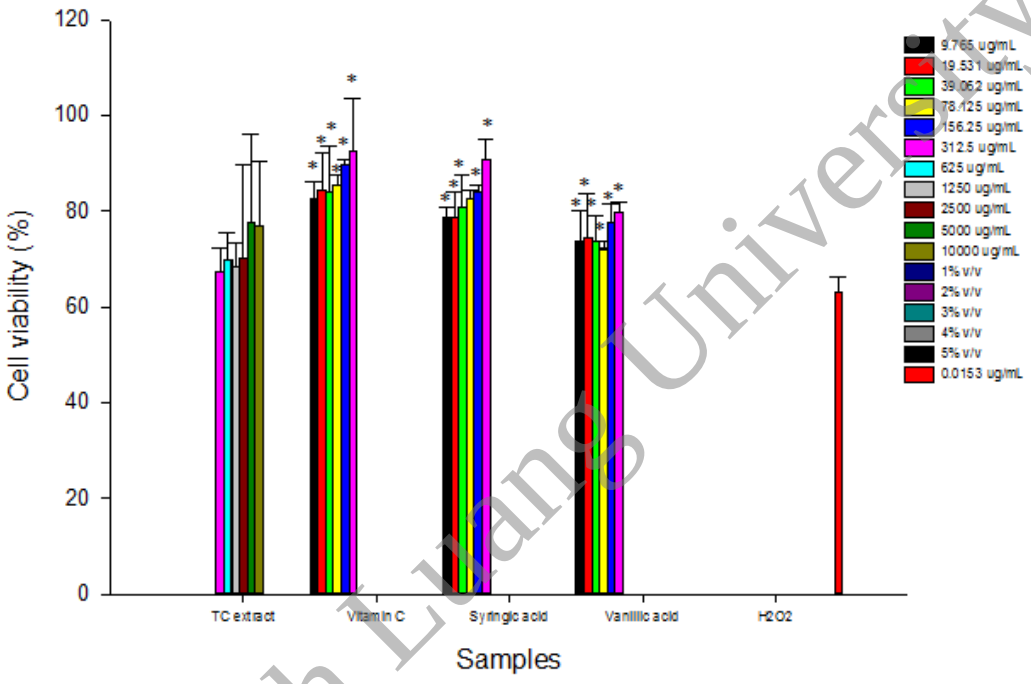
ภาพที่ 2 % cell viability ของเซลล์ human dermal fibroblasts ของสารสกัดและสารประกอบฟีนอลิกที่ความเข้มข้นต่างๆ



ภาพที่ 3 ฤทธิ์การป้องกันอนุมูลอิสระต่อเซลล์ human dermal fibroblasts ของสารสกัดและสารประกอบฟีนอลิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ถูกเหนี่ยวนำด้วย H_2O_2 (* ที่ p-value < 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ถูกเหนี่ยวนำด้วย H_2O_2)

Mae Fah Luang University

สาร vitamin C (19.531 -312.5 µg/mL), vanillic acid (9.765 -312.5 µg/mL) และ syringic acid (9.765 – 312.5 µg/mL) มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p value ≤ 0.047) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ส่วน TC extract (p value ≥ 0.154) ไม่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระต่อเซลล์ human dermal fibroblasts ของสารสกัดและสารประกอบฟีนอลิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ถูกเหนี่ยวนำด้วย H_2O_2 (* ที่ p-value < 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ถูกเหนี่ยวนำด้วย H_2O_2)

6.7 ผลการทดสอบความคงตัวทางกายภาพและเคมีของ TC extract

เมื่อผ่านสภาวะเร่งแบบ heating/cooling พบว่า TC extract ไม่พบการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอก ค่าความเป็นกรดและด่าง และปริมาณฟีนอลิกรวมเปรียบเทียบทั้งก่อน (2.517 ± 0.15 mg GAE/100gcrude extract) และหลังสภาวะ heating/cooling (2.108 ± 0.308 mg GAE/100gcrude extract) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (p-value = 0.085)

Mae Fah Luang University

7. สรุปผลงานวิจัย

TC extract ที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอล มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH, ABTS และ FRAP ในหลอดทดลอง นอกจากนี้สารสกัดที่ระดับความเข้มข้น (312.5 – 10,000 µg/mL) ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ human dermal fibroblasts และสามารถป้องกันอนุมูลอิสระต่อเซลล์ ที่ระดับความเข้มข้น 625 – 10,000 µg/mL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย จากข้อมูลข้างต้นสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพมีความน่าสนใจในการศึกษาเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

8. ข้อเสนอแนะ

1. ควรทดสอบฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์และต้านอนุมูลอิสระต่อเซลล์ human dermal fibroblasts ในช่วงความเข้มข้น 10,000 – 20,000 µg/mL

2. ทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพในเซลล์ human dermal fibroblasts เช่น การกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน type I และการยับยั้งเอนไซม์ matrix metalloproteinases (MMPs) เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและทดสอบประสิทธิภาพในอาสาสมครเกี่ยวกับการลดเลือนริ้วรอยผิวต่อไป

รายการอ้างอิง

ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ. (2558). ทับทิมชุมแพ [แผ่นพับ]. ขอนแก่น: ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ

ธัญวราภรณ์ ปรุงม้อง, รณชัย ช่างศรี, สุพัฒนา บุรีรัตน์, พิบูลวัฒน์ ยังสุข, มัณฑนา นครเรียบ และจิราภรณ์ กระแสเทพ. (2560). อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมต่อปริมาณสารต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ). ใน *การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5 เรื่องการขับเคลื่อนนวัตกรรมด้านดินและปุ๋ยก้าวสู่เกษตร 4.0*, กรุงเทพ.

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. (2559, ตุลาคม). *สถิติการส่งออกข้าวของไทย*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2559, จาก http://www.thairiceexporters.or.th/Press%20release/2016/TREA%elease%20.pdf.

Kanlayavattanakul, M., Ospondpant, D., Ruktanonchai, U., Lourith, N. (2012) Biological activity assessment and phenolic compounds characterization from the fruit pericarp of *Litchi chinensis* for cosmetic applications. *Pharmaceutical Biology*, *50*, 1384-1390.

Mae Fah Luang University

Kanlayavattanakul, M., Lourith, N., Puxvadee, C. (2016). Jasmine rice panicle: A safe and efficient natural ingredient for skin aging treatments. *Journal of Ethnopharmacology*, *193*, 607-616.

Pang, Y., Ahmed, S., Xu, Y., Beta, T., Zhu, Z., Shao, Y. (2018). Bound phenolic compounds and antioxidant properties of whole grain and bran of white, red and black rice. *Food Chemistry, 240*, 212-221.

Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J., Beta, T. (2015). Phenolic acids, anthocyanins, and antioxidant capacity in rice (*Oryza sativa* L.) grains at four stages of development after flowering. *Food Chemistry*, *143*, 90-96.

Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y., Bao, J.S. (2009). Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *Journal of Cereal Science, 49,* 106-111.

Yang, Z., Zhai, W. (2009). Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.). *Innovative Food science and Emerging Technologie, 11*, 169-176.

Mae Fah Luang University