Published online: 26 July 2019

สารสำคัญและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดมะเขือเทศเชอร์รี่

Bioactive Compounds and Their Biological Activities of Cherry Tomato Extracts

ทิพรัษฐ์ ล่งธง

อีเมล์: 5951701260@lamduan.mfu.ac.th

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ดร. ณัตฐาวุฒิ ฐิติปราโมทย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

อีเมล์: natthawut.thi@mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

Mae Fah Luang University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะเขือเทศเชอร์รี่ (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) 6 สี ได้แก่ มะเขือเทศเชอร์รี่สีแดง, สีเหลือง, สีน้ำตาล, สีดำ, สีทอง และสีขาว สกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น, เอทานอล, อะซิโตน, เอทิลอะซิเตท และเฮกเซน ให้ได้ปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก, สารประกอบฟลาโวนอยด์, แคโรทีนอยด์, ไลโคปีน และแอนโทไซยานิน และฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส จากการทดลองพบว่าสารสกัดเอทานอลจากมะเขือเทศเชอร์รี่ให้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด (ร้อยละ 32.68) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลายชนิดอื่น โดยสารสกัดมะเขือเทศสีเหลืองที่สกัดด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (29.77 มิลลิกรัม gallic acid equivalent ต่อ 100 กรัม และ 4.29 มิลลิกรัม ascorbic acid ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) สารสกัดมะเขือเทศสีแดงที่สกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด (26.48 มิลลิกรัม quercetin equivalent ต่อ 100 กรัม) ซึ่งสารสกัดมะเขือเทศสีอื่นพบสารประกอบฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์มีค่าสูงใกล้เคียงกันในตัวทำละลายเดียวกัน นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์พบน้อยในสารสกัดจากตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ (เอทิลอะซิเตท และเฮกเซน) สารสกัดมะเขือเทศสีแดงที่สกัดด้วยเฮกเซนมีปริมาณแคโรทีนอยด์และไลโคปีนสูงที่สุด (19.68 และ 10.92 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ซึ่งสารสกัดมะเขือเทศสีน้ำตาล, สีดำ และสีทอง พบแคโรทีนอยด์และไลโคปีนมีค่าสูงเช่นกัน แต่สารสกัดมะเขือเทศสีเหลืองและสีขาวมีค่าต่ำ สารสกัดมะเขือเทศสีดำที่สกัดด้วยเอทานอลให้

ปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด (21.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) และไม่พบปริมาณ แอนโทไซยานินในสารสกัดมะเขือเทศสีขาวและสารสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสำคัญ และฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่าทุกตัวมีความสอดคล้องกับผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีความสัมพันธ์สูงในเชิงบวก (R=0.841) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) การศึกษาอาจสรุปได้ว่าสารสกัดจากมะเขือเทศเชอร์รี่ โดยเฉพาะสารสกัดจากมะเขือเทศสีเหลือง และสารสกัดด้วยตัวทำละลายมีขั้วมีฤทธิ์ทางชีวภาพสูงสามารถใช้เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์อื่นๆ

คำสำคัญ: แคโรทีนอยด์/ฟลาโวนอยด์/ฟีนอลิก/ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ/ไลโคปีน

Abstract

This research was focused on the study of bioactive compounds extraction from 6 different color cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) such as red, yellow, brown, black, gold and white color by extracting with 5 different solvents such as distilled water, ethanol, acetone, ethyl acetate and hexane to obtain the highest bioactive compounds such as phenolic compounds, flavonoid compounds, carotenoids, lycopene and anthocyanin and biological activities such as antioxidant activity and tyrosinase enzyme inhibition activity. The results showed that ethanolic extract from cherry tomatoes gave the highest yield (32.68%) when comparing with other solvents. The yellow tomato extracts extracted with distilled water had the highest total phenolic compounds and antioxidant activity (29.77 milligram gallic acid equivalent per 100 gram and 4.29 milligram ascorbic acid per 100 gram, respectively). The red tomato extracts with ethanol extraction gave the greatest total flavonoid content (26.48 milligram quercetin equivalent per 100 gram). Other tomato extracts found total phenolic contents and flavonoids were similarly high in the same solvent. Total phenolic and flavonoid contents were less found in extracts from low polar solvents (ethyl acetate and hexane). Red tomato hexane extracts contained the highest both carotenoids and lycopene content (19.68 and 10.92 milligram per 100 gram, respectively). In which brown, black and gold tomato extracts showed high levels of carotenoids and lycopene but yellow and white tomato extracts are low levels. The ethanol extracts of black tomato gave highest anthocyanin content (21.02 milligram per 100 gram) and no amount of anthocyanin content from extracts of white tomato and low polar solvent. The relationship between the amount of bioactive and the biological activity showed that all of

Mae Fah Luang University

extracts were consistent with the effect of antioxidant activity which had a high positive correlation (R=0.841) significantly ($p<0.05$). The study might be concluded that cherry tomato extract, especially yellow tomato extracts and polar solvent extraction with high biological activity can be used as bioactive compounds in cosmetics and other products.

Keywords: Antioxidant/Carotenoids/ Flavonoids/Lycopene/Phenolic

บทนำ

ช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมามีความตื่นตัวในเรื่องพิษของสารที่ใช้ในเครื่องสำอาง เพราะสารสังเคราะห์มีผลข้างเคียงต่อร่างกายอย่างมาก เช่น BHA (Butylated hydroxyanisole) และ BHT (Butylated hydroxytoluene) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ, ไฮโดรควิโนน โมโนเบนโซน และ ปรอทแอมโมเนีย เป็นสารที่ช่วยทำให้ผิวขาว อีกทั้งสารบางตัวยังถูกประกาศห้ามใช้ในเครื่องสำอาง เนื่องจากก่อให้เกิดมะเร็งได้เมื่อใช้ในระยะยาว (พิมลพรรณ พิทยานุกูล, 2551) จึงมีการศึกษาและพยายามนำเอาสารสกัดจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพมาใช้ทดแทน เนื่องจากมีความปลอดภัยและไม่มีอันตรายในระยะยาว อีกทั้งยังบำรุงผิวหนังอีกด้วย นั่นคือ พืชผักสมุนไพร โดยเฉพาะผักผลไม้มีสี เช่น มะเขือเทศ

มะเขือเทศเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ให้พลังงานต่ำ มีวิตามินซี โพแทสเซียม โฟเลท และวิตามินเค สูง รวมถึงมีสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพอย่าง ไลโคปีน จึงถูกเชื่อมโยงเข้ากับประโยชน์ทางสุขภาพหลายอย่าง การรับประทานมะเขือเทศสดซึ่งมีไลโคปีนสูง อาจช่วยป้องกันผิวหนังจากการถูกแดดเผาได้ด้วย รวมถึงลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและมะเร็งบางชนิด ความนิยมบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังมีฤทธิ์ทางชีวภาพต่อผิวมากมาย ทำให้มะเขือเทศเป็นพืชที่มีความต้องการสูง และปลูกกันอย่างแพร่หลาย มะเขือเทศมีหลากหลายสายพันธุ์ เช่น Bradley, Costoluto Genovese, Cherry, Roma, Pear, Zebra, Casady's Folly, Bumblebee, Gooseberry และ Nugget เป็นต้น แต่มะเขือเทศเชอร์รี่ มีความน่าสนใจกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่นๆ เนื่องจากมีการศึกษาเปรียบเทียบสายพันธุ์มะเขือเทศพบว่ามะเขือเทศเชอร์รี่มีไลโคปีน 8.89 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม มากกว่ามะเขือเทศทั่วไป 5.58 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Shahzad, Ahmad, Choudhry, Saeed & Khan, 2014) จนกระทั่งมีการพัฒนาปรับปรุงสายพันธุ์ให้มีหลากสีมากยิ่งขึ้น ทำให้มีความนิยมในการเพาะปลูกและบริโภคมะเขือเทศเชอร์รี่มากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งมีจุดเด่นมากมายทั้งทางด้านรสหวาน ไลโคปีนปริมาณสูง และสีสันที่หลากหลาย แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาเปรียบเทียบสายพันธุ์ของมะเขือเทศเชอร์รี่แต่ละสียังมีน้อย

Mae Fah Luang University

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการเปรียบเทียบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพจากสารสกัดมะเขือเทศเชอร์รี่หลากสีเพื่อใช้เป็นสารออกฤทธิ์ทางเครื่องสำอางทดแทนสารสังเคราะห์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสกัดสารสำคัญทางชีวภาพจากมะเขือเทศเชอร์รี่ 6 สี
2. เพื่อศึกษาปริมาณสารสำคัญของมะเขือเทศเชอร์รี่ 6 สี
3. เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของมะเขือเทศเชอร์รี่ 6 สี

ขอบเขตการวิจัย

เปรียบเทียบปริมาณสารสกัดจากมะเขือเทศเชอร์รี่แต่ละสี (สีแดง, สีเหลือง, สีน้ำตาล, สีดำ, สีทอง และสีขาว) ปริมาณสารสำคัญ (สารประกอบฟีนอลิก, สารประกอบฟลาโวนอยด์, แคโรทีนอยด์, ไลโคปีน และแอนโทไซยานิน) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP) และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของมะเขือเทศเชอร์รี่แต่ละสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน (น้ำกลั่น, เอทานอล, อะซิโตน, เอทิลอะซิเตท และเฮกเซน

การทบทวนวรรณกรรม

มะเขือเทศเชอร์รี่ (Cherry tomato) หรือ *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* เป็น Genus หนึ่งในสามของมะเขือเทศชนิดเดียวกัน ซึ่งมะเขือเทศอีกสองชนิดคือ มะเขือเทศ (Tomato) *Lycopersicon esculentum* Mill และ มะเขือเทศมินิ (currant tomato) *Lycopersicon pimpinellifolium* (L.) Mill ซึ่งทั้งสามชนิดอยู่ใน Family Solanaceae จัดเป็น Class Dicotyledons และเป็นกลุ่ม Division Anthophyta (Chmielewski, 1962) มะเขือเทศเชอร์รี่เป็นมะเขือเทศชนิดที่เล็กเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร หนัก 10 ถึง 20 กรัม ลักษณะผลกลม ระบบรากแก้ว มีกิ่งก้านที่แตกแขนง สลับกันเป็นจำนวนมาก เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มะเขือเทศสีแดงหรือสีชมพู เกิดจากเม็ดสีในกลุ่มของไลโคปีน หรือแอนโทไซยานิน มะเขือเทศสีส้มหรือสีเหลือง เกิดจากเม็ดสีในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ เช่น เบต้า-แคโรทีน, แอลฟา-แคโรทีน, ฟลาโวนอยด์, วิตามินเอ และวิตามินซี มะเขือเทศสีขาวหรือสีน้ำตาลอ่อน มาจากเม็ดสีที่เรียกว่า แอนโทแซนทินส์ (กษิดิ์เดช ธีรนิตยาธาร, 2555)

Mae Fah Luang University

จากงานวิจัยพบปริมาณรวมสารประกอบฟลาโวนอยด์ในมะเขือเทศมีค่าตั้งแต่ 4 ถึง 26 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Slimestad et al., 2008) มีการเปรียบเทียบมะเขือเทศเชอร์รี่สีแดง (C40) กับสายพันธุ์สีเหลือง (G50) ซึ่งสายพันธุ์สีแดง (C40) ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด 27.63 มิลลิกรัม gallic acid equivalent ต่อ 100 กรัม มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 7.36 มิลลิกรัม ascorbic acid ต่อ 100 กรัม มีประสิทธิภาพดีกว่าสายพันธุ์สีเหลือง (G50) ที่ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด 24.98 มิลลิกรัม gallic acid equivalent ต่อ 100 กรัม มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 5.47 มิลลิกรัม ascorbic acid ต่อ 100 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Hemathulin & Techawongstien, 2016) ในงานวิจัยอื่นๆ พบปริมาณแคโรทีนอยด์ในมะเขือเทศมีค่าตั้งแต่ 5.7 ถึง 9.57 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Mostapha et al., 2014) ปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศ 12 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Alda et al., 2009) ไลโคปีนส่วนใหญ่อยู่ในเปลือกและส่วนของเนื้อมะเขือเทศที่ไม่สามารถละลายในน้ำได้ (Sharma & Le Maguer, 1996) และได้การพบปริมาณแอนโทไซยานินในมะเขือเทศมีค่า 13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Maligeppagol et al., 2013)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง ปลูกมะเขือเทศเชอร์รี่ 6 สี (สีแดง, สีเหลือง, สีน้ำตาล, สีดำ, สีทอง และสีขาว) ในโรงเรือนระบบปิด 3 เดือน เก็บผลมะเขือเทศฝานบาง ตากให้แห้งในที่ร่ม นำไปปั่นให้ละเอียด ชั่งตัวอย่าง 24 กรัม ใส่ตัวทำละลาย 5 ชนิด (น้ำกลั่น, เอทานอล, อะซิโตน, เอทิลอะซิเตท และเฮกเซน) 300 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง ในที่มืด สกัดด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) ส่วนน้ำกลั่นทำให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer)

2. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารสกัด 1.5 มิลลิกรัม ละลายใน DMSO หรือน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 60 ไมโครลิตร ผสมกับ Folin-Ciocalteu reagent (เจือจาง 10 เท่า) 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน และทิ้งไว้ 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เติม 7.5% (w/v) Na_2CO_3 240 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน และทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวเคลื่น 765 นาโนเมตร และใช้ Gallic acid เป็นสารมาตรฐาน (Singleton & Rossi, 1965)

3. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม สารสกัด 0.3 มิลลิกรัม ละลายใน DMSO หรือน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 400 ไมโครลิตร เติม 10% $AlCl_3$ 20 ไมโครลิตร, 1M โพแทสเซียมอะซิเตท 20 ไมโครลิตร และน้ำกลั่น 560 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน และทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ใช้ Quercetin เป็นสารมาตรฐาน (Chang et al., 2002)

Mae Fah Luang University

4. การวิเคราะห์ปริมาณรวมแคโรทีนอยด์ และไลโคปีน สารสกัด 5 มิลลิกรัม ละลายใน DMSO หรือน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายผสม (เอทานอล 25%: เฮกเซน 50%: อะซิโตน 25% และสารละลาย BHT 0.05%) 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที แยกสารละลายเฮกเซนที่อยู่ส่วนบนออกมา วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 และ 503 นาโนเมตร ใช้เฮกเซนเป็น Blank (Lee, 2001; Fish et al., 2002)

5. การวิเคราะห์ปริมาณรวมแอนโทไซยานิน ด้วย AOAC Official Method สารสกัด 1 มิลลิกรัม ละลายใน DMSO หรือน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 200 ไมโครลิตร ผสมกับบัฟเฟอร์ pH 1.0 800 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร ทำเช่นเดียวกันกับบัฟเฟอร์ pH 4.5 (Lee et al., 2005)

6. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) สารสกัด 1 มิลลิกรัม ละลายใน DMSO หรือน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ผสมสารละลายตัวอย่าง 0.4 มิลลิลิตรกับสารละลาย DPPH 7.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันอย่างรวดเร็ว ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง สภาวะมืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ใช้ Ascorbic acid และ Trolox เป็นสารมาตรฐาน (Sharma & Bhat, 2009)

7. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) สารสกัด 1 มิลลิกรัม ละลายใน DMSO หรือน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย 30 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย FRAP (สารละลาย TPTZ 10 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย $FeCl_3$ 10 มิลลิลิตร และบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตท 100 มิลลิลิตร) 570 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันอย่างรวดเร็ว ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง สภาวะมืด 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ใช้ Ascorbic acid และ Trolox เป็นสารมาตรฐาน (Prior et al., 2005)

8. การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส สารสกัด 1 มิลลิกรัม ละลายใน DMSO หรือน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร เตรียมสารละลาย A, B, C และ D ดังนี้ A คือ Control ปิเปต L-dopa, 0.1M บัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต (pH 6.8) และตัวทำละลาย 120, 240 และ 120 ไมโครลิตร ตามลำดับ, B คือ Blank-control ปิเปต บัฟเฟอร์ฟอสเฟต 480 ไมโครลิตร และตัวทำละลาย 120 ไมโครลิตร, C คือ Blank-sample ปิเปต บัฟเฟอร์ฟอสเฟต 480 ไมโครลิตร และสารละลายตัวอย่าง 120 ไมโครลิตร และ D คือ Sample ปิเปต L-dopa, บัฟเฟอร์ฟอสเฟต และสารละลายตัวอย่าง 120, 240 และ 120 ไมโครลิตร ตามลำดับ ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที เติมเอนไซม์ไทโรซิเนส (245 U ต่อมิลลิลิตรยูนิต) 120 ไมโครลิตร ทั้ง A, B, C และ D ผสมให้เข้ากันทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง 20 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ใช้ Kojic acid เป็นสารมาตรฐาน (Lida et al., 1995)

Mae Fah Luang University

9. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ข้อมูลที่ศึกษาได้นำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูปโดยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 21 ทดสอบด้วยวิธี ANOVA (Analysis of variance), Linear regression และCorrelation Pearson ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

สารสกัดเอทานอลของมะเขือเทศเชอร์รี่ทั้ง 6 สีมีร้อยละผลผลิตสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลายชนิดอื่นในมะเขือเทศสีเดียวกัน มะเขือเทศที่ให้ร้อยละผลผลิตสูง ได้แก่ มะเขือเทศสีเหลือง, แดง, น้ำตาล และสีขาว (32.68, 26.83, 26.59 และ 24.16% ตามลำดับ)

สารสกัดมะเขือเทศที่สกัดด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด (ช่วงระหว่าง 17.22 ถึง 29.77 มิลลิกรัม gallic acid equivalent ต่อ 100 กรัม) และเมื่อเปรียบเทียบชนิดมะเขือเทศพบว่ามะเขือเทศสีเหลือง, ดำ, น้ำตาลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด (29.77, 29.51 และ 29.34 มิลลิกรัม gallic acid equivalent ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) (ตารางที่ 1) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่น้อยพบในสารสกัดมะเขือเทศที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ เช่น เฮกเซน, เอทิลอะซิเตท และอะซิโตน ตามลำดับ จากผลการศึกษาสอดคล้องงานวิจัยซึ่งมีการเปรียบเทียบมะเขือเทศเชอร์รี่สีแดง (C40) กับสายพันธุ์สีเหลือง (G50) ซึ่งสายพันธุ์สีแดง (C40) ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด 27.63 มิลลิกรัม gallic acid equivalent ต่อ 100 กรัม และสายพันธุ์สีเหลือง (G50) ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด 24.98 มิลลิกรัม gallic acid equivalent ต่อ 100 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Hemathulin & Techawongstien, 2016)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดมะเขือเทศเชอร์รี่

มะเขือเทศเชอร์รี่	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (มิลลิกรัม GAE ต่อ 100 กรัม)				
	น้ำกลั่น	เอทานอล	อะซิโตน	เอทิลอะซิเตท	เฮกเซน
สีแดง	25.77 ± 0.98^{Ba}	9.86 ± 0.54^{Db}	8.20 ± 0.85^{Bc}	7.56 ± 0.72^{Acd}	5.93 ± 1.15^{Ad}
สีเหลือง	29.77 ± 0.92^{Aa}	20.83 ± 0.89^{Ac}	23.23 ± 0.73^{Ab}	7.66 ± 1.04^{Ad}	4.47 ± 0.55^{Ae}
สีน้ำตาล	29.34 ± 1.09^{Aa}	7.73 ± 0.35^{Ebc}	8.01 ± 0.79^{Bb}	6.32 ± 1.37^{Abc}	5.54 ± 2.01^{Ac}
สีดำ	29.51 ± 0.41^{Aa}	13.38 ± 0.92^{Cb}	6.55 ± 0.96^{Bc}	7.40 ± 1.15^{Ac}	6.14 ± 1.17^{Ac}
สีทอง	17.22 ± 0.45^{Da}	7.78 ± 1.28^{Eb}	6.54 ± 0.81^{Bb}	6.60 ± 0.93^{Ab}	6.98 ± 2.31^{Ab}
สีขาว	20.30 ± 0.37^{Ca}	18.03 ± 1.71^{Ba}	8.29 ± 1.31^{Bb}	5.92 ± 1.58^{Abc}	5.14 ± 1.18^{Ac}

หมายเหตุ. Mean±S.D (n=5) ตัวอักษรยกพิมพ์ใหญ่ (A,B,C) ที่แตกต่างกันในตัวทำละลายเดียวกันแสดงถึงการแตกต่างกันในสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรยกพิมพ์เล็ก (a,b,c) ที่แตกต่างกันในสารสกัดมะเขือเทศสีเดียวกันแสดงถึงการแตกต่างกันในตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$, ANOVA Turkey test)

Mae Fah Luang University

สารสกัดมะเขือเทศที่สกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด (ช่วงระหว่าง 10.90 ถึง 26.48 มิลลิกรัม quercetin equivalent ต่อ 100 กรัม) และเมื่อเปรียบเทียบชนิดมะเขือเทศพบว่ามะเขือเทศสีแดง, เหลือง และดำให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด (26.48, 23.98 และ 23.35 มิลลิกรัม quercetin equivalent ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) (ตารางที่ 2) และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมที่น้อยพบในสารสกัดมะเขือเทศที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ คือ เฮกเซน จากผลการศึกษาสอดคล้องงานวิจัยซึ่งพบปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมในมะเขือเทศมีค่าตั้งแต่ 4 ถึง 26 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Slimestad et al., 2008)

ตารางที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดมะเขือเทศเชอร์รี่

มะเขือเทศเชอร์รี่	ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (มิลลิกรัม QE ต่อ 100 กรัม)				
	น้ำกลั่น	เอทานอล	อะซิโตน	เอทิลอะซิเตท	เฮกเซน
สีแดง	18.67 ± 2.97^{Ab}	26.48 ± 2.89^{Aa}	18.15 ± 3.28^{ABb}	18.44 ± 2.95^{ABb}	14.99 ± 0.91^{Ab}
สีเหลือง	10.20 ± 0.41^{Cc}	23.98 ± 1.58^{ABa}	16.55 ± 0.96^{Bb}	14.00 ± 2.43^{Bb}	9.98 ± 0.81^{Cc}
สีน้ำตาล	18.92 ± 0.53^{Aa}	22.05 ± 2.34^{Ba}	20.39 ± 1.58^{Aa}	19.50 ± 1.96^{Aa}	15.18 ± 1.55^{Ab}
สีดำ	13.48 ± 0.28^{Bc}	23.35 ± 1.54^{ABa}	18.04 ± 1.85^{ABb}	15.05 ± 2.04^{ABc}	12.64 ± 0.38^{Bc}
สีทอง	12.01 ± 0.21^{BCc}	20.40 ± 0.84^{Ba}	16.04 ± 1.65^{Bb}	16.34 ± 3.13^{ABb}	14.27 ± 0.33^{ABbc}
สีขาว	9.83 ± 0.23^{Cab}	10.90 ± 0.21^{Ca}	10.34 ± 0.65^{Cab}	8.92 ± 2.07^{Cbc}	7.55 ± 0.19^{Dc}

หมายเหตุ. Mean±S.D (n=5) ตัวอักษรยกพิมพ์ใหญ่ (A,B,C) ที่แตกต่างกันในตัวทำละลายเดียวกันแสดงถึงการแตกต่างกันในสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรยกพิมพ์เล็ก (a,b,c) ที่แตกต่างกันในสารสกัดมะเขือเทศสีเดียวกันแสดงถึงการแตกต่างกันในตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$, ANOVA Turkey test)

สารสกัดมะเขือเทศที่สกัดด้วยเฮกเซนให้ปริมาณรวมแคโรทีนอยด์สูงที่สุด (ช่วงระหว่าง 7.67 ถึง 19.68 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) และเมื่อเปรียบเทียบชนิดมะเขือเทศพบว่ามะเขือเทศสีแดง, น้ำตาล และดำ ให้ปริมาณรวมแคโรทีนอยด์สูงที่สุด (19.68, 19.65 และ 19.28 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) และมะเขือเทศสีแดงให้ปริมาณรวมไลโคปีนสูงที่สุด (10.92 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ปริมาณรวมแคโรทีนอยด์และไลโคปีนที่น้อยพบในสารสกัดมะเขือเทศที่สกัดด้วยน้ำกลั่น (ตัวทำละลายที่มีขั้วสูง) ในงานวิจัยอื่นพบปริมาณแคโรทีนอยด์ในมะเขือเทศทั่วไปมีค่าตั้งแต่ 5.7 ถึง 9.57 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Mostapha et al., 2014) ซึ่งปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยกว่ามะเขือเทศเชอร์รี่ นอกจากนี้ปริมาณไลโคปีนมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นที่มีปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศ 12 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Alda et al., 2009) ไลโคปีนส่วนใหญ่อยู่ในเปลือกและส่วนของเนื้อมะเขือเทศที่ไม่สามารถละลายในน้ำได้ (Sharma & Le Maguer, 1996)

Mae Fah Luang University

สารสกัดมะเขือเทศสีดำที่สกัดด้วยเอทานอล และมะเขือเทศสีน้ำตาลที่สกัดด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาณรวมแอนโทไซยานินสูงที่สุด (21.02, 15.56 มิลลิกรัม cyanidin-3-glucoside equivalent ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) และไม่พบปริมาณรวมแอนโทไซยานินในสารสกัดมะเขือเทศสีขาว และสารสกัดมะเขือเทศที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ เช่น เฮกเซน, เอทิลอะซิเตท และอะซิโตน งานวิจัยอื่นพบปริมาณแอนโทไซยานินในมะเขือเทศมีค่า 13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Maligeppagol et al., 2013)

สารสกัดมะเขือเทศที่สกัดด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (DPPH Scavenging activity ช่วงระหว่าง 3.39 ถึง 4.29 มิลลิกรัม ascorbic acid ต่อ 100 กรัม (ตารางที่ 3) และ FRAP activity ช่วงระหว่าง 7.85 ถึง 12.50 มิลลิกรัม ascorbic acid ต่อ 100 กรัม) และเมื่อเปรียบเทียบชนิดมะเขือเทศพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) สูงที่สุดพบในมะเขือเทศสีเหลือง, น้ำตาล และทอง (4.29, 4.14 และ 4.05 มิลลิกรัม ascorbic acid ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) สูงที่สุดพบในมะเขือเทศสีทอง, ดำ และขาว (12.50, 11.29 และ 10.04 มิลลิกรัม ascorbic acid ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่น้อยพบในสารสกัดมะเขือเทศที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ เช่น เฮกเซน, เอทิลอะซิเตท และอะซิโตนตามลำดับ

ตารางที่ 3 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH Scavenging activity ของสารสกัดมะเขือเทศเชอร์รี่

มะเขือเทศ	EQL	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (มิลลิกรัม AAE, มิลลิกรัม TEAC ต่อ 100 กรัม)				
		น้ำกลั่น	เอทานอล	อะซิโตน	เอทิลอะซิเตท	เฮกเซน
สีแดง	AAE	3.45 ± 0.52^{Ba}	2.90 ± 0.04^{Db}	2.50 ± 0.03^{Cbc}	2.56 ± 0.07^{Abc}	2.29 ± 0.11^{Bc}
	TEAC	3.90 ± 0.58^{Ba}	3.28 ± 0.04^{Db}	2.83 ± 0.03^{Cbc}	2.90 ± 0.08^{Abc}	2.59 ± 0.12^{Bc}
สีเหลือง	AAE	4.29 ± 0.07^{Aa}	3.17 ± 0.01^{Bc}	3.90 ± 0.07^{Ab}	2.75 ± 0.05^{Ad}	2.55 ± 0.09^{Ae}
	TEAC	4.85 ± 0.08^{Aa}	3.58 ± 0.01^{Bc}	4.41 ± 0.07^{Ab}	3.11 ± 0.05^{Ad}	2.89 ± 0.10^{Ae}
สีน้ำตาล	AAE	4.14 ± 0.07^{Aa}	2.73 ± 0.01^{Eb}	2.65 ± 0.08^{BCb}	2.64 ± 0.18^{Ab}	2.31 ± 0.02^{Bc}
	TEAC	4.68 ± 0.08^{Aa}	3.08 ± 0.01^{Eb}	3.00 ± 0.09^{BCb}	2.98 ± 0.20^{Ab}	2.61 ± 0.02^{Bc}
สีดำ	AAE	3.39 ± 0.09^{Ba}	2.90 ± 0.01^{Db}	2.68 ± 0.16^{BCc}	2.69 ± 0.12^{Ac}	2.41 ± 0.05^{ABd}
	TEAC	3.83 ± 0.10^{Ba}	3.28 ± 0.01^{Db}	3.03 ± 0.19^{BCc}	3.04 ± 0.13^{Ac}	2.72 ± 0.05^{ABd}
สีทอง	AAE	4.05 ± 0.31^{Aa}	3.26 ± 0.01^{Ab}	2.72 ± 0.14^{Bc}	2.71 ± 0.15^{Ac}	2.32 ± 0.12^{Bd}
	TEAC	4.57 ± 0.35^{Aa}	3.68 ± 0.01^{Ab}	3.08 ± 0.16^{Bc}	3.06 ± 0.17^{Ac}	2.62 ± 0.14^{Bd}
สีขาว	AAE	3.99 ± 0.13^{Aa}	3.12 ± 0.01^{Cb}	2.84 ± 0.10^{Bc}	2.66 ± 0.09^{Ad}	2.43 ± 0.08^{ABe}
	TEAC	4.51 ± 0.14^{Aa}	3.53 ± 0.01^{Cb}	3.21 ± 0.12^{Bc}	3.01 ± 0.10^{Ad}	2.74 ± 0.09^{ABe}

Mae Fah Luang University

หมายเหตุ. Mean±S.D (n=5) ตัวอักษรยกพิมพ์ใหญ่ (A,B,C) ที่แตกต่างกันในตัวทำละลายเดียวกันแสดงถึงการแตกต่างกันในสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรยกพิมพ์เล็ก (a,b,c) ที่แตกต่างกันในสารสกัดมะเขือเทศสีเดียวกันแสดงถึงการแตกต่างกันในตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$, ANOVA Turkey test)

จากผลการศึกษาสอดคล้องงานวิจัยซึ่งมีการเปรียบเทียบมะเขือเทศเชอร์รี่สีแดง (C40) กับสายพันธุ์สีเหลือง (G50) ซึ่งสายพันธุ์สีแดง (C40) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 7.36 มิลลิกรัม ascorbic acid ต่อ 100 กรัม และสายพันธุ์สีเหลือง (G50) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 5.47 มิลลิกรัม ascorbic acid ต่อ 100 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Hemathulin & Techawongstien, 2016)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม, แคโรทีนอยด์ และไลโคปีน มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (R=0.841, 0.752 และ 0.616 ตามลำดับ เป็นความสัมพันธ์กันในเส้นตรงเชิงบวก) นอกจากนี้การเปรียบเทียบแยกสีของมะเขือเทศเพื่อหาความสัมพันธ์ที่ลึกลงไป พบว่าสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในมะเขือเทศสีขาว และแอนโทไซยานินมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในมะเขือเทศสีแดง, น้ำตาล และดำ ส่วนฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสไม่พบในสารสกัดมะเขือเทศเชอร์รี่

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่าร้อยละผลผลิตสูงสุดของสารสกัดมะเขือเทศเชอร์รี่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอลและสารสกัดดังกล่าวมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงด้วย ในกลุ่มของแคโรทีนอยด์และไลโคปีนมีมากในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายไม่มีขั้ว แต่สารสกัดด้วยน้ำกลั่นจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงซึ่งสอดคล้องกับผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อดูค่า Correlation ก็พบว่ามีความสัมพันธ์สูงเชิงบวกกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฉะนั้นสารประกอบฟีนอลิกรวมก็น่าจะเป็นสารประกอบหลักในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาสีของมะเขือเทศพบว่ามะเขือเทศสีเหลืองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และมะเขือเทศสีแดงมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์, แคโรทีนอยด์ กับไลโคปีนสูง

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าสารสกัดมะเขือเทศเชอร์รี่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้หลายชนิด ซึ่งเหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ด้านลดเลือนริ้วรอยที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ควรทดสอบความคงตัวของสารสกัด เพราะสารออกฤทธิ์บางตัวไม่คงตัว เช่น แอนโทไซยานิน และทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในสารสกัดที่มีปริมาณมากขึ้น และความเข้มข้นที่สูงขึ้น

Mae Fah Luang University

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา คณะกรรมการอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ เจ้าหน้าที่และสำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงที่ให้ความรู้ สนับสนุน และให้ความช่วยเหลือจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณโรงเรือน ฟาร์มมะเขือเทศเชอร์รี่ แตะขอบฟ้า จ.สุพรรณบุรี ที่ทำการเพาะปลูกต้นมะเขือเทศเชอร์รี่เพื่อใช้การทำวิจัย

รายงานอ้างอิง

กษิดิ์เดช ธีรนิตยาธาร. (2555, มิถุนายน). *โครงการหลวงปลูกมะเขือเทศ 5 สี*, (395845). สืบค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2560, จาก https://www.gotoknow.org/posts/395845

พิมลพรรณ พิทยานุกูล. (2551). *อันตรายจากขบวนการฟอกหน้าขาว*. ภาควิชาเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

Alda, L.M., Gogoasa, I., Bordean, D., Gergen, I., . . . Nita, L. (2009). Lycopene content of tomatoes and tomato products. *Journal of agroalimentary process and technologies*, *15*(4), 540-542.

Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M., & Chem, J.C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis, 3*, 178-182.

Chmielewski, T. (1962). Cytological and taxonomic studies on a new tomato form. Part I. *Genetica Polonica*, *3*, 253-64.

Fish, W.W., Perkins-Veazie, P., & Collins, J.K. (2002). A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *Journal of food composition and analysis*, *15*(3), 309-317.

Hemathulin, S., & Techawongstien, S., (2016). The effecting of varieties on radical scavenging and antioxidant activity of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*), *Khon kaen agriculture journal*, *44*(1), 181-185.

Lee, H.S. (2001). Characterization of carotenoids in juice of red navel orange (*Cara Cara*). *Journal of agriculture and food chemistry*, *49*, 2563-2568.

Lee, J., Durst, R.W., & Wrolstad, R.E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants and wines by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of AOAC international, 88*, 1269.

Mae Fah Luang University

Lida, K., Hase, K., Shimomura, K., Sudo, S., . . . Namba, T. (1995). Potent inhibitors of tyrosinase activity and melanin biosynthesis from *Rheum officinale*. *Planta medica, 61*, 425-428.

Maligeppagol, M., Chandra, G.S., Navale, P.M., Deepa, H., . . . Kumar, N.K. (2013). Anthocyanin enrichment of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit by metabolic engineering. *Current science*, *105*(1), 72-80.

Mostapha, B.B., Hayette, L., & Zina, M. (2014). Antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon Esculentum* L.) varieties grown in Algeria. *Journal of food technology research*, *1*(2), 133-145.

Prior, R., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of agricultural and food chemistry, 53*, 4290-4302.

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*(2), 0975-1491.

Sharma, O.P., & Bhat, T.K. (2009). DPPH antioxidant assay revisited. *Food chemistry, 113*, 1202-1205.

Sharma, S.K., & Le Maguer, M. (1996). Lycopene in tomatoes and tomato pulp fractions. *Italian journal of food science, 8*, 107–113.

Singleton, V.L., & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of enology and viticulture, 16,* 144-158.

Slimestad, R1., Fossen, T., & Verheul, MJ. (2008). The flavonoids of tomatoes. *Journal of agricultural and food chemistry. 56*(7), 2436-41.

Mae Fah Luang University