การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์เพิ่มการผลิตไนตริกออกไซด์ของแตงโมบางสายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย

A Comparative Study on Antioxidant and Nitric Oxide-Inducing Activity of Some Watermelon Cultivars Grown in Thailand

สุพัตรา ทองทา[1] เพชรรัตน์ ไสว[1] และ กล่าวขวัญ ศรีสุข[1,2]*

Suphattra Thongtha[1], Petcharat Sawai[1] and Klaokwan Srisook[1,2]*

[1]*ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*

[2]*ศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*

Received : 12 June 2017

Accepted : 28 June 2017

Published online : 30 June 2017

บทคัดย่อ

แตงโมเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย และเป็นที่ทราบกันว่าส่วนต่างๆ และสายพันธุ์ของแตงโมมีผลต่อฤทธิ์ทางชีวภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์เพิ่มการผลิตไนตริกออกไซด์จากส่วนต่างๆ ของแตงโม (เปลือกเขียว เปลือกขาว เนื้อ และเมล็ด) ที่ปลูกในประเทศไทยจำนวน 5 สายพันธุ์ (กินรี ตอร์ปิโด ญาญ่า รันรัน และคิงออเร้นจ์) ทำการตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธีการกำจัดอนุมูล DPPH และประเมินการเพิ่มการผลิตไนตริกออกไซด์ในเซลล์เยื่อบุหลอดเลือดมนุษย์ พบว่าส่วนสกัดจากแตงโมทุกสายพันธุ์ มีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูล DPPH และฤทธิ์เหนี่ยวนำการผลิตไนตริกออกไซด์ ส่วนเปลือกเขียวของสายพันธุ์ตอร์ปิโดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์เพิ่มการผลิตไนตริกออกไซด์สูงที่สุด นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์และส่วนต่างๆ ของแตงโมมีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และการเพิ่มการผลิตไนตริกออกไซด์ ผลการทดลองที่ได้อาจนำมาเป็นข้อมูลส่งเสริมการบริโภคแตงโม รวมทั้งใช้ในการพัฒนาส่วนต่างๆของแตงโมสายพันธุ์เหล่านี้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ

คำสำคัญ : แตงโม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์เพิ่มการผลิตไนตริกออกไซด์ เซลล์เยื่อบุหลอดเลือด

***Corresponding author. E-mail** : klaokwan@buu.ac.th

Abstract

Watermelon (*Citrullus lanatus*) is a widely consumed fruit. It is known that the cultivar and parts of fruit affect biological activities of watermelon. Thus, the aim of this study was to comparatively study on antioxidant and nitric oxide-inducing activities of different parts (outer skin, epicarp, mesocarp and seeds) of five watermelon cultivars grown in Thailand (Kinnaree, Torpedo, Yaya, Runrun and King orange). The antioxidant activity was measured by DPPH radical scavenging activity assay. The inducing effect on nitric oxide (NO) production was determined in human vein endothelial cells (EA.hy 926). It was found that the extract of all cultivars exhibited DPPH radical scavenging activity and induced NO production. The outer skin of Torpedo cultivar showed the highest antioxidant and NO-inducing activities. Furthermore, the results demonstrate that the cultivars and fruit sampling area influence on antioxidant and NO-inducing activity of watermelon. The obtained data is probably used for promotion on consumption of watermelon and in the development of food supplements from these watermelon cultivars.

Keywords : watermelon, antioxidant activity, nitric oxide-inducing activity, endothelial cell

บทนำ

ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO) ที่ผลิตจากเอนไซม์ eNOS มีหน้าที่ทำให้หลอดเลือดขยายตัว ยับยั้งการเกาะตัวของเกล็ดเลือด ลดการจับของเม็ดเลือดขาวกับผนังหลอดเลือด และทำให้การเพิ่มจำนวนของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบลดลง (Forstermann and Sessa, 2012) เป็นผลให้การไหลเวียนของเลือดเป็นปกติ ผู้ป่วยที่มีภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดและหัวใจ ได้แก่ ผู้ป่วยเบาหวาน ผู้ที่มีภาวะคลอเลสเตอรอลในเลือดสูง ผู้ที่มีความดันโลหิตสูง ผู้สูบบุหรี่ และผู้ที่มีความเครียด เป็นต้น (Vanhoutte *et al.,* 2009; Forstermann and Sessa, 2012) โดยผู้ป่วยโรคหลอดเลือดและหัวใจ มักมีภาวะที่เซลล์เยื่อบุหลอดเลือดทำงานผิดปกติ (endothelial dysfunction) เป็นผลให้มีชีวปริมาณออกฤทธิ์ของไนตริกออกไซด์ (NO bioavailability) ลดลง โดยอาจมีสาเหตุจากการลดการผลิตไนตริกออกไซด์ของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด และการเพิ่มการผลิตอนุมูลอิสระ (free radical) นำไปสู่ภาวะหลอดเลือดแข็ง (atherosclerosis) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ วิธีการเพิ่มชีวปริมาณออกฤทธิ์ของไนตริกออกไซด์ของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือดทำได้หลายวิธี เช่น การเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ eNOS เป็นต้น รวมทั้งการต้านอนุมูลอิสระเป็นอีกหนทางหนึ่งในการเพิ่มชีวปริมาณออกฤทธิ์ของไนตริกออกไซด์ (Forstermann and Sessa, 2012)

แตงโมเป็นผลไม้ที่มีการผลิตในทุกภาคของประเทศไทย มีรสชาติดี มีคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านอักเสบ สารที่ลดระดับ LDL-cholesterol มี lycopene และ citrulline เป็นต้น (Tlili *et al.,* 2010; 2011; Oseni and Okoye, 2013; Kim *et al.,* 2014) มีการรายงานแสดงให้เห็นว่าฤทธิ์ทางชีวภาพและสารสำคัญต่างๆ ของแตงโม ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ระดับความสุกของผลแตงโม ฤดูกาลที่ปลูก และสภาพภูมิประเทศที่ปลูก (Tlili *et al.,* 2010; 2011; Ratanaopa and Sirisomboon, 2013) จากการค้นคว้าข้อมูลการวิจัยยังไม่พบการศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆ ในแตงโมที่ผลิตในประเทศไทย มีเพียงแต่การรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแตงโมบางสายพันธุ์ในประเทศไทย (Loypimai *et al.,* 2011) ดังนั้นการศึกษานี้จึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบ

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์การเพิ่มการผลิตไนตริกออกไซด์ของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด ของส่วนต่างๆ จากแตงโมบางสายพันธุ์ เพื่อได้ข้อมูลยืนยันประโยชน์ต่อสุขภาพของแตงโม และเป็นข้อมูลส่งเสริมให้มีการบริโภคแตงโมที่ผลิตในประเทศไทย รวมทั้งการพัฒนาอาหารเสริมสุขภาพจากแตงโม

วิธีดำเนินการวิจัย

แตงโมที่ใช้ทดสอบ

แตงโมที่ใช้ทดสอบมีทั้งหมด 5 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์กินรี ตอร์ปิโด ญาญ่า รันรัน และ คิงออเร้นจ์ (ภาพที่ 1) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท นุชชา ไทยเมล่อน จำกัด อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี แตงโมทั้งหมดเป็นระยะแก่สมบูรณ์ที่ใช้ในการบริโภค เก็บในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558

ภาพที่ 1 สายพันธุ์แตงโมที่ใช้ในการทดสอบ

การเตรียมส่วนสกัดจากแตงโม

ทำการล้างผลของแตงโมให้สะอาดด้วยน้ำประปาผึ่งให้แห้งจากนั้นจึงนำมาหั่นแยกเป็น 4 ส่วน ประกอบไปด้วยส่วนของเปลือกเขียวที่อยู่ด้านนอกสุดเป็นผิวของผลแตงโม เปลือกขาวที่อยู่ภายในผลติดกับส่วนของเปลือกเขียว เนื้อแดงและเมล็ด นำทุกส่วนที่แยกได้ไปอบให้แห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนที่ 50 องศาเซลเซียสจากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องบดจนเป็นผงเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียสเพื่อรอการนำไปสกัด

การเตรียมส่วนสกัดเอทานอล ทำโดยนำผงแตงโมแช่ในสารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 1:10 เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นกรองส่วนสกัดด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 3 แล้วนำผงของแตงโมมาทำการสกัดซ้ำอีกหนึ่งครั้ง นำส่วนสกัดที่ได้ทั้งหมดไปทำแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน

การเตรียมส่วนสกัดน้ำ ทำโดยนำผงแตงโมมาต้มในน้ำเดือด ในอัตราส่วน 1:10 เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษ Whatman เบอร์ 3 แล้วจึงนำผงมาต้มต่อในน้ำเดือดซ้ำอีกครั้ง และนำส่วนสกัดทำการระเหยน้ำออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน และเครื่องระเหยแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

การทดสอบการกำจัดอนุมูล DPPH

ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ทดสอบตามวิธีที่รายงานโดย Srisook *et al.* (2010) โดยทำการทดสอบส่วนสกัดจากแตงโมที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

การทดสอบปริมาณสารฟีนอลิกรวม

ปริมาณสารฟีนอลิกรวมทดสอบตามวิธีที่รายงานโดย Srisook *et al.* (2010) คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากสมการของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก มีสมการเส้นตรง คือ $y = 2.736x + 0.0065$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $(R^2) = 0.9998$

การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์

ทำการกระจายเซลล์เยื่อบุหลอดเลือดมนุษย์ (EA.hy926) ลงในจานเพาะเลี้ยงเซลล์แบบ 24 หลุม จำนวน 5×10^4 เซลล์ต่อหลุม นำไปบ่มในตู้อบแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส แล้วเติมอาหารเลี้ยงเซลล์ที่มีส่วนสกัดที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำไปบ่มต่อนาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนไตรท์ (ผลิตภัณฑ์จากการออกซิเดชันไนตริกออกไซด์) ในอาหารเลี้ยงเซลล์ที่ได้โดยปฏิกิริยา Griess ตามวิธีที่รายงานใน (Srisook *et al.,* 2015)

การทดสอบความมีชีวิตรอดโดยวิธี MTT assay

เติมอาหารเลี้ยงเซลล์ที่มีสารละลาย MTT ลงในเซลล์ EA.926 ที่สัมผัสกับส่วนสกัด เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง และทำตามวิธีที่รายงานใน (Srisook *et al.,* 2015)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการทดลองแสดงข้อมูลในรูปของค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลองอิสระต่อกันอย่างน้อย จำนวน 3 ครั้ง การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และ Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) โดยใช้โปรแกรม SPSS Statistics 17.0

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH และปริมาณสารฟีนอลิกรวมของส่วนสกัดจากแตงโม

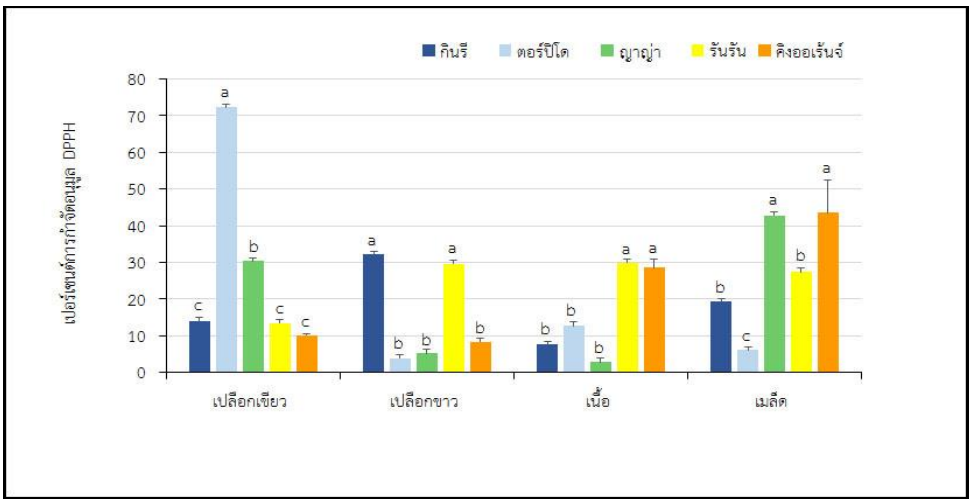
ผลการทดสอบฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH ของกรดแกลลิกซึ่งเป็นสารควบคุมแบบบวกที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 75.8 ± 3.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสกัดเอทานอลและน้ำของแตงโมทั้ง 5 สายพันธุ์ สามารถกำจัดอนุมูล DPPH ได้ (ภาพที่ 2) โดยส่วนสกัดเอทานอลจากเปลือกเขียวของสายพันธุ์ตอร์ปิโดมีฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH สูงที่สุด มีค่าอยู่ที่ 72.2 ± 1.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเปรียบเทียบส่วนสกัดเอทานอลในสายพันธุ์กินรีพบฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH สูงที่สุดในส่วนของเปลือกขาว สายพันธุ์ญาญ่าและคิงออเร้นจ์พบมากที่สุดในส่วนของเมล็ด สายพันธุ์รันรันพบมากที่สุดในส่วนของเปลือกขาว เนื้อ และเมล็ด (ภาพที่ 2A)

ส่วนสกัดน้ำของแตงโมทุกสายพันธุ์พบฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH สูงที่สุดในส่วนของเมล็ด นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนสกัดน้ำของส่วนต่างๆ จากแตงโม ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติในระหว่างสายพันธุ์ทั้ง 5 สายพันธุ์ (ภาพที่ 2B) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างส่วนสกัดเอทานอลและน้ำ พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดเอทานอลจากเปลือกขาวของกินรีและรันรัน เนื้อของรันรันและคิงออเร้นจ์มีค่าที่สูงกว่าส่วนสกัดน้ำ ในขณะที่ส่วนสกัดน้ำจากเมล็ดแตงโมสามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้มากกว่าส่วนสกัดเอทานอล เป็นที่น่าสังเกตว่าส่วนสกัดเอทานอลจากเนื้อในสายพันธุ์กินรีตอร์ปิโด และญาญ่า ที่มีสีแดง มีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูล DPPH ต่ำกว่าสายพันธุ์รันรัน และคิงออเร้นจ์ ที่มีลักษณะสีเหลืองและส้ม ตามลำดับ ผลที่ได้นี้มีความขัดแย้งกับการศึกษาโดย Choo and Shin (2012) ที่รายงานว่าแตงโมเนื้อสีแดงในประเทศมาเลเซีย มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแตงโมเนื้อสีเหลือง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสายพันธุ์แตงโม และวิธีในการสกัดสารที่ต่างกัน จึงส่งผลให้ผลการทดลองแตกต่างกัน

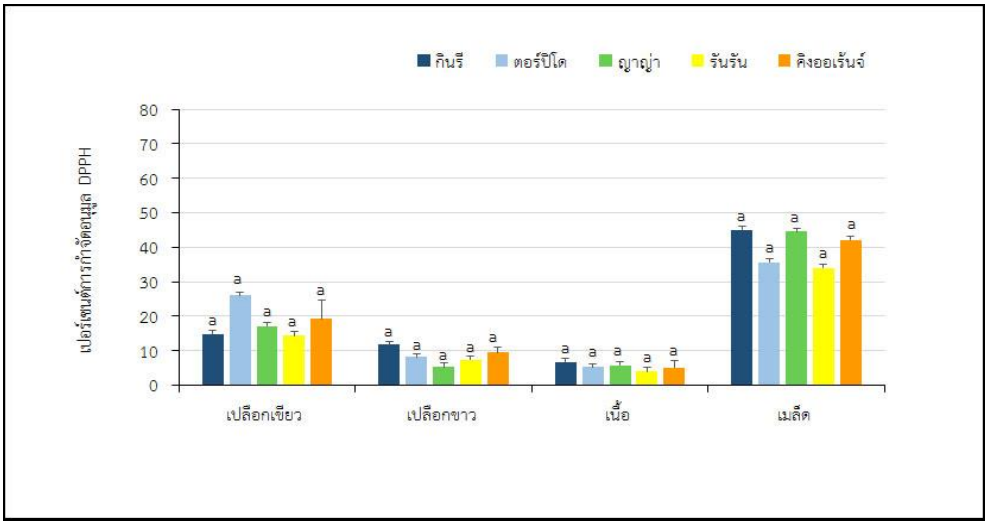
จากผลการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าสารประกอบฟีนอลิก เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในแตงโม (Tlili *et al*., 2011; Aruna, *et al*., 2014) ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในส่วนสกัดจากแตงโม ส่วนสกัดเอทานอลของแตงโมมีปริมาณของฟีนอลิกอยู่ในช่วง 1.5±0.0 ถึง 23.6±0.0 ไมโครกรัมของกรดแกลลิก

สมมูลต่อกรัมของส่วนสกัด โดยส่วนสกัดน้ำมีปริมาณฟีนอลิกรวมอยู่ในช่วง 1.3±0.0 ถึง 25.4±0.0 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกสมมูลต่อกรัมของส่วนสกัด นอกจากนั้นยังพบว่าส่วนสกัดเอทานอลและน้ำจากเมล็ดของแตงโมทุกสายพันธุ์มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าส่วนอื่น ยกเว้นสายพันธุ์ตอร์ปิโดที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในส่วนของเมล็ด เปลือกเขียว และเปลือกขาวสูงใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 3) ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของแตงโม และส่วนต่างๆ ของแตงโมที่นำมาศึกษา ผลสรุปนี้สอดคล้องกับการศึกษาในแตงโม 6 สายพันธุ์ในประเทศตูนีเซีย (Tlili *et al.*, 2011)

(A)



(B)

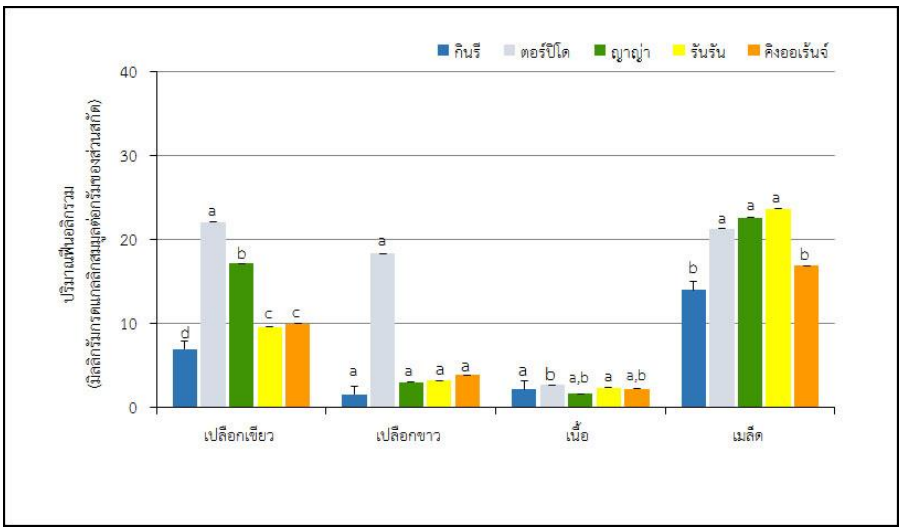


ภาพที่ 2 ผลการกำจัดอนุมูล DPPH ของส่วนสกัดเอทานอล (A) และส่วนสกัดน้ำ (B) จากส่วนต่างๆ ของแตงโม
[a,b,c]หมายถึงความแตกต่างของชุดข้อมูลในแต่ละส่วนของแตงโมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

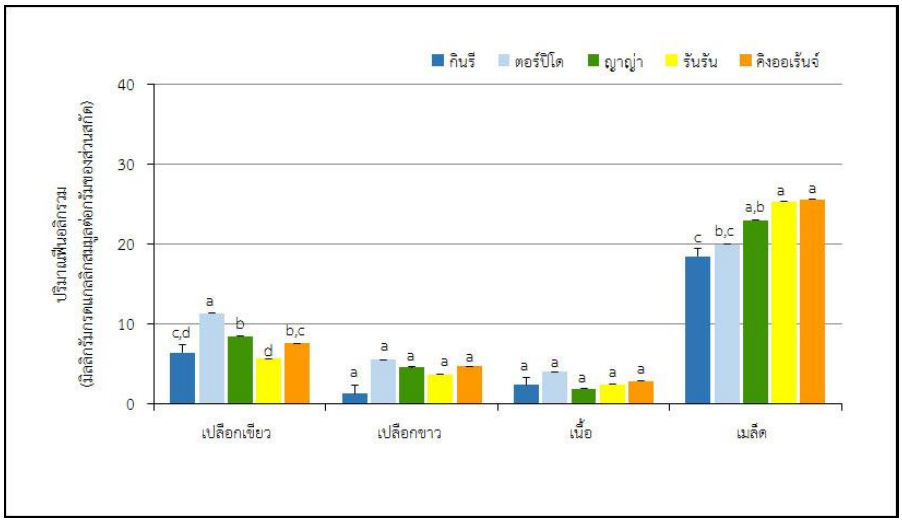
เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูล DPPH ของส่วนสกัดน้ำมีแนวโน้มที่สัมพันธ์กันดี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9002 จึงสรุปได้ว่ากลุ่มสารหลักในส่วนสกัดน้ำของแตงโมที่

ออกฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH อาจเป็นสารประกอบฟีนอลิก ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูล DPPH ของส่วนสกัดเอทานอลเท่ากับ 0.167 แสดงว่าสารออกฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH ในส่วนสกัดเอทานอล อาจเป็นสารประกอบชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิก เช่น lycopene ที่มีการรายงานว่าพบในแตงโมและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Kim *et al.*, 2014)

(A)



(B)



ภาพที่ 3 ปริมาณสารฟีนอลิกรวมของส่วนสกัดเอทานอล (A) และส่วนสกัดน้ำ (B) จากส่วนต่างๆ ของแตงโม

[a,b,c]หมายถึงความแตกต่างของชุดข้อมูลในแต่ละส่วนของแตงโมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ฤทธิ์การเพิ่มการผลิตไนตริกออกไซด์ของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือดของส่วนสกัดจากแตงโม

การเพิ่มปริมาณไนตริกออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยเอนไซม์ eNOS ภายในเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด เป็นการเพิ่มชีวปริมาณออกฤทธิ์ของไนตริกออกไซด์ เป็นวิธีป้องกันหลอดเลือดอย่างหนึ่งโดยลดภาวะการเกิดหลอดเลือดแข็ง ในการวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของส่วนสกัดจากแตงโมต่อการผลิตไนตริกออกไซด์ของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด สาร resveratrol ที่ใช้เป็นตัวควบคุมแบบบวกที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตไนตริกออกไซด์ได้ 3.3 ± 0.3 เท่าของเซลล์ควบคุม เมื่อให้เซลล์สัมผัสกับส่วนสกัดเอทานอลของแตงโมทุกสายพันธุ์ พบว่าส่วนสกัดจากเปลือกเขียว เปลือกขาว และเมล็ด สามารถเพิ่มการผลิตไนตริกออกไซด์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ควบคุมที่สัมผัสกับ DMSO ที่ใช้เป็นตัวทำละลาย (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวนเท่าของการผลิตไนตริกออกไซด์ และเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตรอดของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือดมนุษย์ที่สัมผัสกับส่วนสกัดเอทานอลของแตงโม (100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

ส่วนที่ใช้ทดสอบ	**สายพันธุ์**	**จำนวนเท่าของการผลิตไนตริกออกไซด์**	**เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตรอดของเซลล์**
เปลือกเขียว	กินรี	$1.9 \pm 0.2^{a,*}$	$125.0 \pm 6.1^{**}$
	ตอร์ปิโด	$3.4 \pm 0.4^{b,*}$	$130.1 \pm 2.6^{*}$
	ญาญ่า	$2.2 \pm 0.1^{a,**}$	$120.3 \pm 5.1^{**}$
	รันรัน	$1.6 \pm 0.0^{a,***}$	$104.2 \pm 1.0^{*}$
	คิงออเร้นจ์	$2.2 \pm 0.2^{a,**}$	106.1 ± 2.7
เปลือกขาว	กินรี	$1.5 \pm 0.2^{a,*}$	100.8 ± 2.1
	ตอร์ปิโด	$2.8 \pm 0.2^{b,**}$	$108.1 \pm 3.9^{*}$
	ญาญ่า	$1.1 \pm 0.1^{a,*}$	105.7 ± 1.1
	รันรัน	$1.2 \pm 0.2^{a,**}$	106.9 ± 3.2
	คิงออเร้นจ์	$1.4 \pm 0.1^{a,**}$	101.2 ± 3.0
เนื้อ	กินรี	0.9 ± 0.2^{a}	$104.8 \pm 2.1^{*}$
	ตอร์ปิโด	0.7 ± 0.1^{a}	$120.9 \pm 4.3^{*}$
	ญาญ่า	1.2 ± 0.1^{a}	108.9 ± 1.9
	รันรัน	0.9 ± 0.1^{a}	102.7 ± 4.5
	คิงออเร้นจ์	$1.3 \pm 0.0^{a,**}$	$107.6 \pm 3.1^{*}$
เมล็ด	กินรี	$1.8 \pm 0.2^{a,*}$	$135.2 \pm 4.2^{*}$
	ตอร์ปิโด	$1.8 \pm 0.1^{a,**}$	$117.2 \pm 4.2^{***}$
	ญาญ่า	$2.1 \pm 0.1^{a,**}$	$121.1 \pm 3.9^{**}$
	รันรัน	1.4 ± 0.3^{a}	$148.5 \pm 1.7^{***}$
	คิงออเร้นจ์	$2.4 \pm 0.2^{a,**}$	$139.8 \pm 4.6^{**}$
เซลล์ควบคุม (0.2% DMSO)		1.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
Resveratrol (100 ไมโครโมลาร์)		$3.3 \pm 0.3^{***}$	99.9 ± 3.9

$^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$ และ $^{***}p < 0.001$ เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ควบคุมที่สัมผัสกับ 0.2% DMSO

^{a,b}หมายถึงความแตกต่างของชุดข้อมูลในแต่ละส่วนของแตงโมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ในขณะที่ส่วนสกัดจากเนื้อของแตงโมทุกสายพันธุ์ ยกเว้นคิงออเร้นจ์ไม่สามารถเพิ่มปริมาณไนตริกออกไซด์ได้ แตงโมเป็นผลไม้ที่มี citrulline ในปริมาณสูง ทั้งส่วนของเนื้อ เปลือกเขียวและเปลือกขาว (Rimando และ Perkins-Veazie, 2005; Davis *et al*., 2011) โดยส่วนของเปลือกเขียวและเปลือกขาวมีปริมาณ citrulline สูงกว่าในส่วนเนื้อ (Rimando และ Perkins-Veazie, 2005) สาร citrulline นี้เมื่อเข้าสู่เซลล์เยื่อบุหลอดเลือดจะถูกเปลี่ยน arginine โดย citrulline–NO cycle และเปลี่ยนเป็นไนตริกออกไซด์ในที่สุด (Flam *et al*., 2007) ดังนั้นจากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1 ส่วนสกัดที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มไนตริกออกไซด์ดีที่สุด คือ ส่วนเปลือกเขียวและเปลือกขาวของสายพันธุ์ตอร์ปิโด ปริมาณไนตริกออกไซด์ที่เพิ่มนี้อาจเป็นผลมาจาก citrulline ที่อยู่ในแตงโมนั่นเอง นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่าส่วนสกัดจากแตงโมทุกส่วนสกัดไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด (ตารางที่ 1) ส่วนสกัดจากเปลือกเขียวและเมล็ดสามารถกระตุ้นการรอดชีวิตของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือดได้ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณไนตริกออกไซด์ของส่วนสกัดเหล่านี้ อีกทางหนึ่งอาจเป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนเซลล์ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาถึงกลไกที่ส่วนสกัดจากแตงโมกระตุ้นการผลิตไนตริกออกไซด์ในเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมานั้นแสดงให้เห็นว่า แตงโมเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ และสารที่เพิ่มปริมาณไนตริกออกไซด์ โดยพบว่าส่วนของแตงโมที่นำมาทดสอบและสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และฤทธิ์กระตุ้นการผลิตไนตริกออกไซด์ในเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด ส่วนสกัดจากแตงโมที่ผลิตในประเทศไทยนี้มีศักยภาพในการป้องกันหลอดเลือด โดยอาจลดการเกิดภาวะหลอดเลือดแข็ง เนื่องมาจากความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และการเพิ่มปริมาณการผลิตไนตริกออกไซด์ ซึ่งจะส่งผลให้การเพิ่มชีวปริมาณออกฤทธิ์ของไนตริกออกไซด์ของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับเงินทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2559 (4-4/2559) ขอขอบคุณบริษัทนุชชา ไทยเมล่อน จำกัด ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างแตงโม และขอบคุณภาควิชาเคมี และภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือ

เอกสารอ้างอิง

Aruna, A., Vijayalakshmi, K., Karthikeyan, V. (2014). In vitro antioxidant screening of *citrullus lanltus* leaves. *Internationnal Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Analysis, 1*, 2394-1618.

Choo, W.S., Shin, W.Y. (2012). Ascorbic acid, lycopene and antioxidant activities of red-fleshed and yellow-fleshed watermelons. *Advances in Applied Science Research, 3*, 2779-2784.

Davis, A.R., Webber, C.L. and Fish, W.W., King, W.S., Perkins-Veazie, P. (2011). L-Citrulline levels in watermelon cultigens tested in two environment. *HortScience, 46*, 1572-1575.

Flam, B.R., Eichler, D.C., Solomonson, L.P. (2007). Endothelial nitric oxide production is tightly coupled to the citrulline–NO cycle. *Nitric Oxide, 17*, 115–121.

Forstermann, U. and Sessa, W. (2012). Nitric oxide synthases: regulation and function. *European Heart Journal, 33*, 829–837.

Kim, C.H., Park, M.K., Kim, S.K., and Cho, Y.H. (2014). Antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of lycopene in watermelon. *International Journal of Food Science and Technology, 49*, 2083–2091

Loypimai, P., Pasakul, T., Mongkolthai, R. (2011). Comparisons of antioxidant activities and total phenolic content of fruit peels. *Agricultural Science Journal*. *42*, 385-388.

Oseni, O. A. and Okoye, V. I. (2013). Studies of phytochemical and antioxidant properties of the fruit of watermelon (*Citrullus lanatus*). (Thunb.). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Sciences, 27*, 508-514.

Ratanaopa, S. and Sirisomboon, P. (2013). Change in lycopene and soluble solids content of watermelon (Kinnaree variety) at different maturity. *Proceedings of the 14th TSAE National Conference*, pp. 157-158.

Rimando, A.M. and Perkins-Veazie, P.M. (2005). Determination of citrulline in watermelon rind. *Journal of Chromatography A, 1078*, 196-200.

Srisook, K., Salee, P., Charoensuk, Y., Srisook, E. (2010). In vitro anti-oxidant and anti-tyrosinase activities of the rhizome extracts from *Amomum biflorum* Jack. *Thai Journal of Botany*. *2*, 143-150.

Srisook, K., Srisook, E., Nachaiyo, W., Chan-In, M., Thongbai, J., Wongyoo, K., et al. (2015). Bioassay-guided isolation and mechanistic action of anti-inflammatory agents from *Clerodendrum inerme* leaves. *Journal of Ethnopharmacology, 165*, 94-102.

Tlili, I, Hdider, C., Lenucci, M.S., Riadh, I., Jebari, H., Dalessandro. G. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activities of different watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars as affected by fruit sampling area. *Journal of Food Composition and Analysis, 24*, 307–314.

Tlili, I., Hdider, C., Ilahy, R., Jebari. H. (2010). Phytochemical composition and antioxidant activity of selected watermelon varieties grown in Tunisia. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology, 4*, 68-71.

Vanhoutte, P.M, Shimokawa, H., Tang, E.H., Feletou, M. (2009). Endothelial dysfunction and vascular disease. *Acta physiologica (Oxf), 196*, 193-222.