วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 25 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2563
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 25 (No.2) May – August 2020
บทความวิจัย

คุณภาพและพฤษเคมีเบื้องต้นของมะเขือขื่น

Quality and Phytochemical Screening of Bitter Eggplant (*Solanum melongena* L.)

จุฑารัตน์ นาควิรัช และ หทัยรัตน์ โชคทวีพาณิชย์

Jutarat Nakwirat and Hathairat Chokthaweepanich*

ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

Department of Agriculture and Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry,

Kasetsart University Chalermphakiat Sakon Nakhon Province Campus

Received : 9 October 2019

Revised : 28 November 2019

Accepted : 13 December 2019

บทคัดย่อ

มะเขือขื่น (*Solanum melongena* L.) เป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านการปรุงอาหาร เป็นสมุนไพรพื้นบ้าน อีกทั้งมีคุณสมบัติทางการแพทย์ที่หลากหลาย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพและทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของมะเขือขื่นในช่วงอายุ 3 ถึง 7 สัปดาห์หลังดอกบาน โดยรวบรวมผลมะเขือขื่น 2 พันธุ์ คือ มะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนาม ผลการประเมินลักษณะคุณภาพผล พบว่า ค่าสีของผล (L*, a*, b*) ของมะเขือขื่นทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากสัปดาห์ที่ 3 ถึง 7 ค่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 3 และลดลงในสัปดาห์ที่ 7 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 ส่วนค่าความหนาเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 3 ถึง 7 และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.60 และ 7.67 ตามลำดับ และปริมาณความชื้นมีค่าลดลงจากสัปดาห์ที่ 3 ถึง 7 นอกจากนี้การศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นทั้งหมด 7 ชนิด พบว่า สารแอลคาลอยด์ เทอร์พีนอยด์ ไกลโคไซด์ และสเตียรอยด์มีอยู่ในมะเขือขื่นทั้ง 2 พันธุ์ และในทุกช่วงอายุ ส่วนสารซาโปนินพบในมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนามในสัปดาห์ที่ 5 ถึง 7 สารแทนนินพบในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ในมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนาม และสารฟลาโวนอยด์จะพบเฉพาะในมะเขือขื่นไร้หนามที่อายุ 7 สัปดาห์

คำสำคัญ : มะเขือขื่น, สารพฤกษเคมี, สารทุติยภูมิ, คุณภาพผล

*Corresponding author. E-mail : hathairat.ch@ku.th

Abstract

Ma khuea khuen or bitter eggplant (*Solanum melongena*) can be used in cooking, traditional medicine and also contained many medicinal properties. The objective of this research was to study quality and primary phytochemical screening of bitter eggplant at different stages from third to seventh week after flowering. Two varieties of bitter eggplants including bitter eggplants with prickles and without prickles were studied in this research. The results of fruit quality evaluation showed that tendency of color value (L*, a*, b*) of both bitter eggplants were increasing from third to seventh week. Trending of firmness increased from third week and decreased at seventh week with average value was 0.51. Thickness and total soluble solid (TSS) increased from third week to seventh week and maximum value were 0.60 and 7.67, respectively. Moisture content had a downward trend from third week to seventh week. Additionally, all samples were studied the presence of seven phytochemicals and the analyses found that both varieties of bitter eggplants in all stages presented alkaloids, terpenoids, glycosides and steroids. Saponin was found in prickly and non-prickly bitter eggplants in fifth week to seventh week. Tannins were found in third and fourth week of both varieties. Moreover, flavonoids were only found in non-prickly bitter eggplants at seventh week.

Keywords : *Solanum melongena*, bitter eggplant, phytochemistry, secondary metabolites, fruit quality

บทนำ

มะเขือขื่น จัดอยู่ในวงศ์ Solanaceae ซึ่งถูกจัดเป็นชนิดเดียวกันกับมะเขือยาว มะเขือเปราะ มะเขือไข่เต่า มะเขือเจ้าพระยา มะเขือจาน มะเขือตอแหล และมะเขือม่วง คือ *Solanum melongena* L. (Somprasong, 2007) ซึ่งผลมะเขือขื่นเมื่อแก่มีสีเหลือง เนื้อในผลสีเขียวเป็นเมือก มีรสขื่นกว่ามะเขือพันธุ์อื่น ๆ ทำให้รู้สึกคันคอ และเปลือกผลเหนียว โดยคนไทยนิยมนำผลสด ต้ม หรือลวก รับประทานร่วมกับน้ำพริก หรือนำมาเป็นส่วนประกอบในอาหาร เช่น แกงคั่ว ลาบ แกงป่า ส้มตำ เป็นต้น (Deewiset *et al*., 1999; Jiramongkolkan, 2004) นอกจากมีประโยชน์ในด้านการประกอบอาหารแล้ว ยังเป็นแหล่งวิตามิน A, E, C, และแร่ธาตุจำพวกซีลีเนียม แคลเซียม สังกะสี แมกนีเซียม เหล็ก ตะกั่ว แมงกานีส โปแทสเซียม เป็นต้น (Achikanu *et al*., 2013) ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการของมะเขือประกอบด้วย โปรตีน 13.85% คาร์โบไฮเดรท 45.65% ไขมัน 3.50% เส้นใย 18.50% นอกจากนี้มะเขือ 100 กรัม มีองค์ประกอบของแร่ธาตุดังต่อไปนี้ ทองแดง 10.40 มิลลิกรัม โคบอลต์ 0.70 มิลลิกรัม สังกะสี 80.20 มิลลิกรัม เหล็ก 56.40 มิลลิกรัม ไนโตรเจน 1.10 มิลลิกรัม โซเดียม 325.20 มิลลิกรัม โปแตสเซียม 2,109.50 มิลลิกรัม แคลเซียม 110.20 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 24.60 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 16.10 มิลลิกรัม และแมงกานีส 0.45 มิลลิกรัม (Atta *et al*.,2017) บางท้องถิ่นนำมะเขือมาเป็นยาพื้นบ้าน ใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรค เช่น รากมะเขือขื่นนำมาบดเป็นยาแก้ปวดฟัน หรือแช่น้ำดื่มแก้ไอ แก้ไข้สันนิบาต ลดไขมันในเลือด และแก้โรคความดันโลหิตสูง น้ำคั้นจากรากมะเขือยาวบรรเทาอาการปวดฟัน และหูอักเสบ ใบมะเขือยาวสด และแห้งช่วยลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือด เป็นต้น

(Deewiset *et al*., 1999; Jiramongkolkan, 2004; Sing & Rai, 2005) ซึ่งสารสำคัญที่พบในมะเขือมีบทบาทสำคัญในการรักษาโรคแบบดั้งเดิมได้เป็นอย่างดี และมีคุณสมบัติทางการแพทย์ที่หลากหลาย ได้แก่ เป็นสารต้านการอักเสบ สารต้านอนุมูลอิสระ ลดน้ำตาลในเลือด เป็นต้น (Caruso *et al*., 2017; Kaunda & Zhang, 2019) นอกจากนี้ ทุกส่วนของมะเขือขื่นยังพบสารพวกซาโปนิน สเตียรอยด์ โดยเฉพาะสารไกลโคแอลคาลอยด์ แต่พบมากที่สุดในส่วนของผล อีกทั้งยังมีสารพวกฟลาโวนอยด์และกรดคลอโรจีนิก ซึ่งเป็นอนุพันธ์สารประกอบฟีนอลิกช่วยในการรักษามะเร็งตับและมะเร็งเต้านม (Schmelzer *et al*., 2008) อย่างไรก็ตาม หากมีอาการไอ ห้ามรับประทานผลมะเขือขื่น เนื่องจากจะทำให้เกิดอาการระคายเคือง (Deewiset *et al*., 1999)

ปัจจุบันมีการส่งเสริมการนำสมุนไพรมาใช้รักษาโรค เนื่องจากคุณสมบัติทางยาในการแพทย์สมัยใหม่ส่วนใหญ่เกิดจากการใช้สารเคมี ซึ่งส่งผลกระทบข้างเคียงต่อร่างกายมนุษย์ อีกทั้งการวิจัยประยุกต์ใช้สมุนไพรจากพืชมาทำเป็นยารักษาโรคยังไม่เป็นที่แพร่หลายและยอมรับ (Zhang, 2017) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพและการปรากฏสารพฤกษเคมีของมะเขือขื่นในแต่ละช่วงอายุ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการอนุรักษ์พืชสมุนไพร และการส่งเสริมการนำมะเขือขื่นมาทำเป็นยาสมุนไพรในการรักษาโรคต่างๆ ตลอดจนการพัฒนาค้นคว้าวิจัยด้านเภสัชวิทยาต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำมะเขือขื่นจำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ มะเขือขื่นมีหนาม และมะเขือขื่นไร้หนาม มาปลูกทดสอบในกระถาง ณ ฟาร์มพืชคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร โดยการเพาะเมล็ด เมื่อมะเขือขื่นออกดอกทำการผูกดอกแรกบานทุกวัน จนครบอายุ 49 วัน เก็บผลและแยกช่วงอายุตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ถึง 7 นำผลไปทำการทดลอง 3 ซ้ำ มีปัจจัย 2 ปัจจัย คือ พันธุ์และช่วงอายุ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2 x 5 Factorial Experiments in Completely Randomized Design (CRD)

2. การประเมินลักษณะคุณภาพ

โดยนำผลมะเขือขื่นมาแยกช่วงอายุตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ถึง 7 จากนั้นนำไปประเมินลักษณะคุณภาพผลในแต่ละสัปดาห์ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ (1) วัดค่าสีของผลมะเขือขื่น ด้วยเครื่องสี Hunter Lab Miniscan ® EZ รุ่น 4500L เป็นการวัดสีแบบสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อวัดค่าสีได้ตามมาตรฐาน L*, a* และ b* (2) วัดความแน่นเนื้อ (firmness) โดยใช้ Hardness Testers ขนาด 1.0 มิลลิเมตร (3) วัดความหนาเนื้อของผลมะเขือขื่น โดยการใช้ Vernier caliper วัดจากเนื้อชั้นในสุดไปจนถึงเปลือกชั้นนอกสุด เพื่อหาความหนาเนื้อของผลมะเขือขื่นที่ผ่าครึ่ง (4) วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ด้วยเครื่อง Hand Refractometer มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) หรือเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร โดยนำผลสดมาสับ และคั้นน้ำกรองด้วยผ้าขาวบางแล้วหยดลงบนเครื่องเพื่อหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (5) การคำนวณปริมาณความชื้น โดยหั่นเนื้อผลเป็นชิ้นบางๆ 100 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ โดยนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนแห้ง จากนั้นคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{[\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังอบ (กรัม)}]}{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)}} \text{ X } 100$$

3. การเตรียมสารสกัดและการเก็บตัวอย่าง

นำตัวอย่างผลมะเขือขื่นที่ผ่านการอบแห้ง มาปั่นละเอียด ชั่งตัวอย่างแห้ง 20 กรัม แช่ด้วย 99.8% เอทานอล (absolute ethanol) ปริมาตร 60 มิลลิลิตร (อัตราส่วนที่ใช้ 1:3) นาน 7 วัน เก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้องและสภาพมืด จากนั้นกรองตัวอย่างสารที่แช่ด้วยเอทานอลด้วยกรวยแก้ว เมื่อได้สารที่แช่เอทานอลโดยผ่านการกรองมาแล้วนำมาระเหยเอทานอลออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator ® R-200, BUCHI ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 100 atm เพื่อให้เอทานอลระเหยได้เร็วขึ้น เมื่อเอทานอลระเหยออกหมดแล้วจะได้สารข้นเหนียวสีเขียวเข้มถึงสีดำ เก็บตัวอย่างสารข้นเหนียวไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปทดสอบสารพฤกษเคมีต่อไป

4. การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

ในการทดลองนี้มีการศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น 7 กลุ่ม โดยสังเกตปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน ได้แก่ (1) การตรวจสอบแอลคาลอยด์ ดัดแปลงจาก Nataraj & Ramachandramurty (2014) โดยใช้สารสกัดข้นเหนียวหนัก 0.05 กรัม ต่อน้ำยา Dragendoff's reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อรอการเปลี่ยนแปลงของการตกตะกอนสีส้มอิฐ (2) การตรวจสอบแทนนิน ดัดแปลงจาก Khumhom (2016) โดยใช้สารสกัดข้นเหนียวหนัก 0.05 กรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นหยด ferric chloride ความเข้มข้น 1 โมล จำนวน 5 หยด เขย่า สังเกตสีที่เปลี่ยน หากสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบแทนนิน (3) การตรวจสอบซาโปนิน ดัดแปลงจาก Djaafar & Ridha (2013) โดยใช้สารสกัดเจือจาง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าหลอดทดลอง 30 วินาที สังเกตฟอง วัดความสูงของฟอง (4) การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ ดัดแปลงจาก Kumar *et al*. (2016) โดยใช้สารสกัดข้นเหนียวหนัก 0.05 กรัม เติม 95% Ethanol ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และ Magnesium ribbon จำนวน 4 ชิ้น จากนั้นหยด conc. hydrochloric acid (กรดเกลือเข้มข้นสูง) จำนวน 10 หยด สังเกตสีที่เปลี่ยน หากสารเปลี่ยนเป็นสีชมพูถึงแดงแสดงว่าพบฟลาโวนอยด์ (5) การตรวจสอบสเตียรอยด์ ซึ่งดัดแปลงจาก Khumhom (2016) โดยใช้สารสกัดข้นเหนียวหนัก 0.05 กรัม ลงบนถ้วยกระเบื้องเคลือบจากนั้นนำไประเหยให้แห้ง หยด acetic anhydride เข้มข้น จำนวน 1 หยด ตามด้วย sulfuric acid เข้มข้น จำนวน 1 หยด สังเกตสีที่เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว ถ้าเกิดสีเขียวแกมน้ำเงินแสดงว่าพบสารสเตียรอยด์ (6) การตรวจสอบเทอร์พีนอยด์ ดัดแปลงจาก Kumar *et al*. (2016) โดยวิธี Salkowski test ใช้สารสกัดข้นเหนียวหนัก 0.05 กรัม เติม Chloroform เข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติม sulfuric acid เข้มข้น ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร สังเกตสีที่เปลี่ยนจะเกิดสีน้ำตาลแดงเมื่อสารทำปฏิกิริยากัน แสดงว่าพบสารเทอร์พีนอยด์ (7) การตรวจสอบไกลโคไซด์ ดัดแปลงจาก Kumar *et al*. (2016)โดยวิธี Keller-Kiliani test ใช้สารสกัดข้นเหนียวหนัก 0.05 กรัม เติม ferric choride ความเข้มข้น 1 โมล ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นเติม acetic acid เข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ sulfuric acid เข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร สังเกตสีจะเปลี่ยนเป็นเกิดสีเขียวแกมน้ำเงินชั้นบน และสีน้ำตาลแดงเป็นจุดเชื่อมต่อสองชั้น แสดงว่าพบสารไกลโคไซด์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยลักษณะทางคุณภาพของมะเขือขื่นโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix 8.0

ผลการวิจัย

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของมะเขือขื่น

มะเขือขื่นที่นำมาศึกษา 2 พันธุ์ ได้แก่ มะเขือขื่นมีหนาม ซึ่งพบได้ทั้งดอกสีขาวและสีม่วง (ภาพที่ 1a และ 1b) และมะเขือขื่นไร้หนาม (ภาพที่ 1c) มีลักษณะที่เหมือนกัน คือ ลำต้นตั้งตรง ใบเป็นใบเดี่ยว ขอบใบเว้าตื้นคล้ายลูกคลื่น ผิวใบมีขน ดอกเป็นแฉก และผลรูปร่างกลม ส่วนลักษณะที่ต่างกัน คือ มะเขือขื่นมีหนามพบหนามทั่วไปตามลำต้น แผ่นใบ เส้นใบ และขั้วผล ในขณะที่มะเขือขื่นไร้หนามไม่ปรากฏหนามทุกส่วน

ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของมะเขือขื่น : (a) มะเขือขื่นมีหนาม และดอกสีขาว (b) มะเขือขื่นมีหนาม และดอกสีม่วง (c) มะเขือขื่นไร้หนาม

การประเมินลักษณะคุณภาพของมะเขือขื่น

จากการวิเคราะห์ลักษณะคุณภาพของมะเขือขื่น โดยวัดค่าสีของผล พบว่า ค่า L* ซึ่งแสดงถึงความสว่างตั้งแต่สีดำ (–L*) จนไปถึงสีขาว (+L*) ของทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.23 โดยพบค่า L* มากที่สุดในสัปดาห์ที่ 7 ในมะเขือขื่นไร้หนาม เท่ากับ 75.21 และมีค่าน้อยที่สุดในสัปดาห์ที่ 3 ของมะเขือขื่นไร้หนาม เท่ากับ 41.15 เมื่อนำค่า L* ในแต่ละช่วงอายุของมะเขือขื่นมีหนามมาเปรียบเทียบกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่า L* ของมะเขือขื่นไร้หนาม ในสัปดาห์ที่ 7 มีค่า

แตกต่างกันทางสถิติกับสัปดาห์ที่ 3 ส่วนค่า a* แสดงสีเขียว (-a*) ไปจนถึงสีแดง (+a*) ในแต่ละช่วงอายุของทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -3.23 ซึ่งมีค่ามากที่สุดในสัปดาห์ที่ 7 ของมะเขือขื่นมีหนาม เท่ากับ 9.16 และมีค่าน้อยที่สุดในสัปดาห์ที่ 5 ของมะเขือขื่นมีหนาม เท่ากับ -9.58 เมื่อนำค่าในแต่ละช่วงอายุของมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนามมาเปรียบเทียบกัน พบว่า ค่าในสัปดาห์ที่ 7 ของทั้ง 2 พันธุ์มีค่ามากที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิตกับสัปดาห์อื่นๆ นอกจากนี้ ค่า b* ซึ่งแสดงสีน้ำเงิน (-b*) ไปจนถึงสีเหลือง (+b*) ค่า b* ในแต่ละช่วงอายุของทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.82 ซึ่งมีค่ามากที่สุดในสัปดาห์ที่ 7 ของมะเขือขื่นมีหนาม เท่ากับ 71.20 และมีค่าน้อยที่สุดในสัปดาห์ที่ 3 ของมะเขือขื่นไร้หนาม เท่ากับ 7.73 เมื่อนำค่าในแต่ละช่วงอายุของมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนามมาเปรียบเทียบกัน พบว่า ค่าในสัปดาห์ที่ 7 ของทั้ง 2 พันธุ์ พบค่าสีเหลืองสูงที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับสัปดาห์อื่นๆ (ตารางที่ 1) ซึ่งผลของมะเขือขื่นเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง จากสัปดาห์ที่ 3 ถึง สัปดาห์ที่ 7 (ภาพที่ 2)

ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของสีผลมะเขือขื่นที่อายุ 3 - 7 สัปดาห์ : (a) มะเขือขื่นมีหนาม (b) มะเขือขื่นไร้หนาม

ความแน่นเนื้อของผลมะเขือขื่นทั้ง 2 พันธุ์ ในแต่ละช่วงอายุ มีค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร โดยผลมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนาม ค่าความแน่นเนื้อมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 6 คือ 0.59 และ 0.56 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และมีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดในสัปดาห์ที่ 3 คือ 0.54 และ 0.28 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำค่าความแน่นเนื้อในแต่ละช่วงอายุของมะเขือขื่นมีหนามมาเปรียบเทียบกัน พบว่า ค่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าความแน่นเนื้อของมะเขือขื่นไร้หนามมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสัปดาห์ที่ 3 และสัปดาห์ที่ 4-6 (ตารางที่ 1) ส่วนความหนาเนื้อของผลมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนามในแต่ละช่วงอายุมีค่าความหนาเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 เซนติเมตร โดยพบค่าความหนาเนื้อมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 7 ของมะเขือขื่นไร้หนาม

เท่ากับ 0.60 เซนติเมตร และความหนาเนื้อน้อยที่สุดในสัปดาห์ที่ 3 ของมะเขือขื่นไร้หนาม เท่ากับ 0.26 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบความหนาเนื้อระหว่างพันธุ์และอายุ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1)

ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ (TSS) ของผลมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนาม มีค่า TSS เฉลี่ยเท่ากับ 6.66°Brix โดยค่า TSS ของมะเขือขื่นมีหนามไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละช่วงอายุ ส่วนมะเขือขื่นไร้หนามที่อายุ 3 สัปดาห์มีค่า TSS น้อยที่สุด คือ 4.00°Brix ซึ่งค่า TSS ของมะเขือขื่นไร้หนามในช่วงอายุ 4-7 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในผลมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนามในแต่ละช่วงอายุ พบว่า มีค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 86.62 เปอร์เซ็นต์ โดยทั้ง 2 พันธุ์มีความชื้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 3 และต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 7 (ตารางที่ 1)

***ตารางที่ 1* ลักษณะเชิงคุณภาพของมะเขือขื่นในระยะต่าง ๆ**

พันธุ์	อายุ (สัปดาห์)	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	ความแน่นเนื้อ (kg/cm^2)	ความหนาเนื้อ (cm)	TSS (%Brix)	% ความชื้น
1. มะเขือขื่นมีหนาม	3	55.61 ^{ab}	-8.95 ^{cd}	19.21 ^{de}	0.54 ^{ab}	0.30 ^{cd}	6.17 ^{a}	90.53 ^{a}
	4	56.37 ^{ab}	-8.21 ^{cd}	21.38 ^{d}	0.57 ^{ab}	0.39 ^{bcd}	6.44 ^{a}	89.07 ^{ab}
	5	58.21 ^{ab}	-9.58 ^{d}	22.88 ^{d}	0.58 ^{a}	0.38 ^{bcd}	6.52 ^{a}	86.77 ^{bc}
	6	63.28 ^{a}	-5.31 ^{bcd}	42.14 ^{c}	0.59 ^{a}	0.40 ^{bcd}	6.72 ^{a}	85.72 ^{c}
	7	68.68 ^{a}	9.16 ^{a}	71.20 ^{a}	0.58 ^{a}	0.49 ^{ab}	7.64 ^{a}	84.53 ^{c}
2. มะเขือขื่นไร้หนาม	3	41.15 ^{b}	-5.19 ^{bcd}	7.73 ^{f}	0.28 ^{c}	0.26 ^{d}	4.00 ^{b}	90.53 ^{a}
	4	56.76 ^{ab}	-4.47 ^{bc}	10.55 ^{f}	0.50 ^{ab}	0.40 ^{bc}	6.56 ^{a}	85.60 ^{c}
	5	57.62 ^{ab}	-3.12 ^{b}	10.55 ^{f}	0.54 ^{ab}	0.50 ^{ab}	7.44 ^{a}	85.00 ^{c}
	6	59.40 ^{ab}	-2.40 ^{b}	14.12 ^{ef}	0.56 ^{ab}	0.46 ^{ab}	7.44 ^{a}	84.50 ^{c}
	7	75.21 ^{a}	5.71 ^{a}	58.47 ^{b}	0.41 ^{bc}	0.60 ^{a}	7.67 ^{a}	84.18 ^{c}
Means		59.23	-3.23	27.82	0.51	0.42	6.66	86.62
F – test		*	**	**	**	**	*	**
A*B		ns	*	**	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)		19.31	-89.85	14.19	18.84	19.60	16.86	2.18
LSD 0.05		9.33	2.37	3.22	0.07	0.06	0.91	1.54

หมายเหตุ A = พันธุ์, B = อายุ, ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05), ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01)

การตรวจสอบสารสำคัญในมะเขือขื่น

เมื่อนำมะเขือขื่นมาทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น 7 ชนิด พบว่า มะเขือขื่นทั้ง 2 พันธุ์ พบแอลคาลอยด์ ไกลโคไซด์ สเตียรอยด์ และเทอร์พีนอยด์ ในทุกช่วงอายุ ในขณะที่ตรวจสอบพบซาโปนินในสัปดาห์ที่ 5-7 และพบแทนนินในผลอ่อนที่อายุ 3-4 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบรายงานว่า ไม่พบฟลาโวนอยด์ในมะเขือขื่นมีหนามทุกช่วงอายุ แต่สามารถพบฟลาโวนอยด์ในสัปดาห์ที่ 7 ของมะเขือขื่นไร้หนาม (ตารางที่ 2)

***ตารางที่ 2* ผลการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของมะเขือขื่นในระยะต่าง ๆ**

สารพฤกษเคมี	สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 5		สัปดาห์ที่ 6		สัปดาห์ที่ 7	
	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP
Alkaloids	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Flavonoides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Glycosides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Saponins	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Steroids	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tannins	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Terpenoides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ P = มะเขือขื่นมีหนาม, NP = มะเขือขื่นไร้หนาม, + = การปรากฏของสารทดสอบ, - = การไม่ปรากฏของสารทดสอบ

วิจารณ์ผลการวิจัย

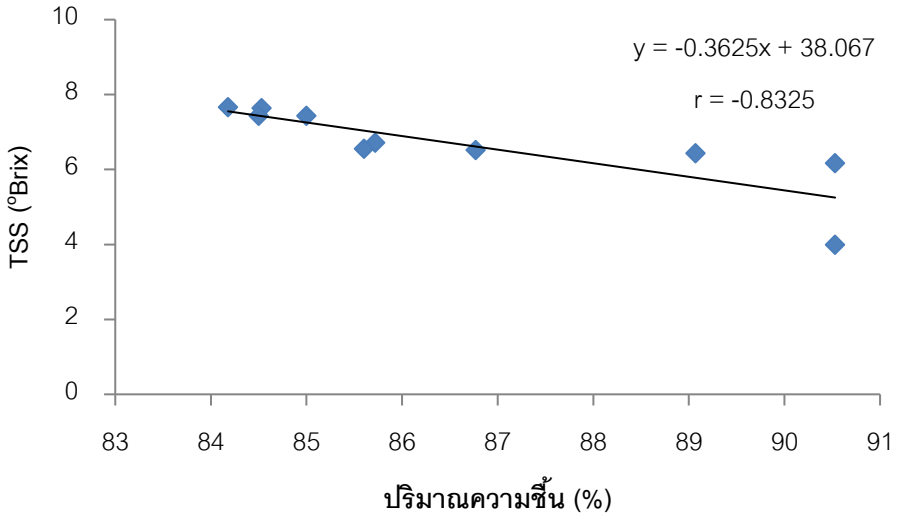
การวิเคราะห์ลักษณะทางคุณภาพของมะเขือขื่น

จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาของมะเขือขื่นที่นำมาศึกษาทั้ง 2 พันธุ์ สามารถจำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ มะเขือขื่นมีหนาม และมะเขือขื่นไร้หนาม แม้ว่าจะมีความแตกต่างด้านการปรากฏของหนามและสีดอก แต่ทุกตัวอย่างถูกจัดเป็นพืชชนิดเดียวกัน คือ *Solanum melongena* L. ตามการจัดจำแนกของ Somprasong (2007) นอกจากนี้ ผลการศึกษาการประเมินคุณภาพสีของมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนาม พบว่า ค่า L*, a*, b* ของทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 7 (ตารางที่ 1) เนื่องจากมะเขือขื่นเป็นผลแบบ climacteric fruit ซึ่งผลประเภทนี้เกิดการพัฒนาสีโดยการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุในช่วงระยะสุกแก่ โดยการเปลี่ยนสีของผลเริ่มจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ทำให้สีเขียวหายไป และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (Bouzayen *et al*., 2010; Lira *et al*., 2016; Caruso *et al*., 2017; Batista-Silva *et al*., 2018) ดังนั้น เมื่อมะเขือขื่นมีอายุมากขึ้น สีผลจึงเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง (ภาพที่ 2) ส่วนผลการศึกษาความแน่นเนื้อของมะเขือขื่น พบว่า ค่าความแน่นเนื้อของมะเขือขื่นทั้ง 2 พันธุ์ค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 6 และค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 7 (ตารางที่ 1) เนื่องจากผลเริ่มสุก ซึ่งเมื่อผลไม้เริ่มสุกความแน่นเนื้อจะลดลงเกิดจากการเสื่อมสภาพของผนังเซลล์ และสูญเสียน้ำ (Paul *et al*., 2012; Lira *et al*., 2016) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบความแน่นเนื้อของผลมะเขือขื่นระหว่างพันธุ์และช่วงอายุ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน อาจเนื่องจากมะเขือขื่นมีเปลือกผลเหนียว (Deewiset *et al*., 1999) สำหรับค่าความหนาเนื้อของมะเขือขื่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะการเติบโตของผลส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากเมล็ด ซึ่งเป็นแหล่งของฮอร์โมนไซโตไคนินและออกซิน โดยฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิดนี้ส่งเสริมกระบวนการแบ่งและการขยายขนาดของเซลล์ ตลอดจนชักนำให้เกิดการขยายตัวของเนื้อเยื่อข้างเคียง จึงทำให้ผลมีขนาดใหญ่และมีความหนาเนื้อมากขึ้น เมื่ออายุเพิ่มขึ้น (Bohner & Bangerth, 1988; Batista-Silva *et al*., 2018)

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ของมะเขือขื่นทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 3 ถึง สัปดาห์ที่ 7 เนื่องจากกระบวนการพัฒนาของผลจนถึงระยะสุกแก่มีการสะสมของปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น (Esteban *et al*., 1992)

เมื่อพิจารณาช่วงอายุ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 มะเขือขื่นมีหนามมีค่า TSS สูงกว่ามะเขือขื่นไร้หนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่า TSS ระหว่างพันธุ์และช่วงอายุ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Culpepper & Moon (1933) ที่กล่าวว่า TSS ของมะเขือมีค่าสูงที่สุดในช่วงระยะออกดอก และลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อผลอายุ 15-20 วัน และหลังจากนี้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TSS มีค่าน้อยมากหรือคงที่ จากผลการศึกษาการหาค่าปริมาณความชื้นในผลมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนาม พบว่า ค่ามีแนวโน้มลดลงจากสัปดาห์ที่ 3 ถึง สัปดาห์ที่ 7 (ตารางที่ 1) ซึ่งการสูญเสียน้ำเมื่อผลเข้าสู่กระบวนการสุกแก่ เป็นผลมาจากการชักนำให้เกิดการสังเคราะห์เอทิลีนและการคายน้ำจากผลและกลีบเลี้ยง (Nakano *et al*., 2003)

เมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่า TSS ของมะเขือขื่น โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เป็นค่าที่วัดทิศทางของความสัมพันธ์ของ 2 ปัจจัย ซึ่งตามรายงานของ Cohen (1988) กล่าวถึงค่าระดับน้ำหนักความสัมพันธ์ (Determining the strength of the relationship) ว่า หากค่า r อยู่ในช่วง r = 0.10-0.29 แสดงว่า มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับน้อย r = 0.30-0.49 หมายถึง ความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง และ r = 0.50-1.00 มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่า TSS พบว่า มีค่า r = -0.8325 (ภาพที่ 3) จึงสามารถกล่าวได้ว่าปริมาณความชื้นและค่า TSS มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง แต่ในทิศทางตรงกันข้าม (Patil & Shanmugasundaram, 2015) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ที่พบว่า มะเขือขื่นทั้ง 2 พันธุ์มีค่า TSS ต่ำ เมื่อมีปริมาณความชื้นสูง



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่า TSS

<u>การวิเคราะห์สารพฤกษเคมีในมะเขือขื่น</u>

จากการทดสอบสารสำคัญ 7 ชนิด ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ไกลโคไซด์ ซาโปนิน สเตียรอยด์ แทนนิน และเทอร์พีนอยด์ ในมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนามที่มีช่วงอายุที่แตกต่างกัน คือ สัปดาห์ที่ 3 ถึง สัปดาห์ที่ 7 สาร

แอลคาลอยด์ ไกลโคไซด์ สเตียรอยด์ และเทอร์พีนอยด์ พบในทุกช่วงอายุของมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนาม ในขณะที่สารแทนนินพบในช่วงสัปดาห์ที่ 3 และ สัปดาห์ที่ 4 ซึ่งเป็นช่วงระยะผลอ่อน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Erturk *et al*. (2018) ที่ไม่พบแทนนินในผลแก่ ตรงกันข้ามกับสารฟลาโวนอยด์ที่พบในสัปดาห์ที่ 7 และสารซาโปนินที่พบในสัปดาห์ที่ 5 ถึง สัปดาห์ที่ 7 ซึ่งเป็นระยะที่ผลอยู่ในช่วงรับประทานได้จนถึงระยะผลสุก สารพฤกษเคมีเหล่านี้เป็นสารที่รู้จักกันดีในทางเภสัชวิทยา ซึ่งสารแอลคาลอยด์ เทอร์พีนอยด์ และสเตียรอยด์ สามารถพบได้ทั่วไปในพืชวงศ์มะเขือ (Mbah & Egbuonu 2017; Hanifah *et al*., 2018; Kalebar *et al*., 2019) โดยแอลคาลอยด์เป็นหนึ่งในกลุ่มสารพฤกษเคมีที่ใหญ่ที่สุด มีคุณสมบัติด้านการระงับอาการปวด มีประสิทธิภาพต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา (Saxena *et al*., 2013) ส่วนเทอร์พีนอยด์เป็นกลุ่มของสารทุติยภูมิที่มักพบได้ทั่วไปในพืชชั้นสูง โดยมีบทบาทสำคัญในการป้องกันอันตรายให้กับต้นพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม ตลอดจนดึงดูดแมลงเพื่อมาผสมเกสร มีฤทธิ์สมานแผล และลดการอักเสบ (Abbas *et al*., 2017) สารสเตียรอยด์เป็นสารที่มีความสำคัญช่วยในเรื่องของการต้านการอักเสบ เป็นยาแก้ปวด เป็นต้น สำหรับสารแทนนินที่พบในพืช สามารถใช้รักษาบาดแผลพุพอง โรคริดสีดวงทวาร และต้านอาการท้องร่วง (Mbah & Egbuonu, 2017; Sambo *et al.,* 2016) ส่วนซาโปนินมีบทบาทสำคัญทางด้านเภสัชวิทยา โดยช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และมีศักยภาพในการยังยั้งการแตกตัวของเม็ดเลือดแดง (Sczkowski *et al*., 1998; Saxena *et al*., 2013)

จากการวิเคราะห์สารพฤกษเคมีในมะเขือขื่น พบว่า ช่วงอายุที่พบสารพฤกษเคมีมากที่สุด คือ ระยะสุกแก่ ในสัปดาห์ที่ 7 เพราะ ในช่วงอายุนี้นอกจากจะพบสารตัวอื่นแล้ว ยังพบสารฟลาโวนอยด์ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิค ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Frond *et al*., 2019) และจากการทดสอบ เมื่ออายุผลอยู่ในระยะสุกแก่มากขึ้น จะพบปริมาณสารสำคัญเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณและเสถียรภาพของสารพฤกษเคมีในพืช นอกจากขึ้นอยู่กับอายุการเก็บเกี่ยวแล้ว ยังขึ้นอยู่กับพันธุ์ ส่วนของพืชที่นำมาศึกษา รวมถึงปัจจัยสภาพแวดล้อม ช่วงเวลาการปลูก การดูแลรักษา และการเก็บรักษา เป็นต้น (Hamouz et al., 2014; Kirui *et al*., 2018) ดังนั้น จากผลการปรากฏของสารพฤกษเคมีในมะเขือขื่นข้างต้นบ่งบอกได้ว่า มะเขือขื่นสามารถนำมาใช้ในการรักษาโรคต่างๆ ได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติทางการแพทย์ที่หลากหลาย จึงมีศักยภาพที่สามารถนำไปพัฒนาและใช้ประโยชน์ทางยาต่อไปได้

สรุปผลการวิจัย

การประเมินลักษณะคุณภาพของผลมะเขือขื่น ค่าสีผล L*, a*, b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้ง 2 พันธุ์ ตามช่วงอายุ ค่าความแน่นเนื้อมีค่ามากที่สุดในสัปดาห์ที่ 6 ในมะเขือขื่นมีหนาม เท่ากับ 0.59 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 3 และลดลงเมื่อช่วงสัปดาห์ที่ 7 ทั้ง 2 พันธุ์ ค่าความหนาเนื้อมีค่ามากที่สุดในสัปดาห์ที่ 7 ของมะเขือขื่นทั้ง 2 พันธุ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ (TSS) ของผลมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนามในแต่ละช่วงอายุ มีค่า TSS เฉลี่ยเท่ากับ 6.66 และพบว่าค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้ง 2 พันธุ์ ส่วนเปอร์เซ็นต์ความชื้นในผลมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนามในแต่ละช่วงอายุ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 86.62 และพบว่าค่ามีแนวโน้มลดลงจากสัปดาห์ที่ 3 ทั้ง 2 พันธุ์ ส่วนการประเมินสารสำคัญในมะเขือขื่น พบว่า ในมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนามทุกช่วงอายุ พบ สารแอลคาลอยด์ เทอร์พีนอยด์ ไกลโคไซด์ และสารสเตียรอยด์ ส่วนซาโปนินพบในมะเขือขื่นมีหนามและมะเขือขื่นไร้หนามในช่วงอายุ 5 ถึง 7

สัปดาห์ พบแทนนินในสัปดาห์ที่ 3 และสัปดาห์ที่ 4 ในมะเขือขื่นทั้ง 2 ตัวอย่าง และพบสารฟลาโวนอยด์เฉพาะในมะเขือขื่นไร้หนามในสัปดาห์ที่ 7

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในงานวิจัยนี้ และขอบคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Abbas, F., Ke, Y., Yu, R., Yue, Y., Amanullah, S., Jahangir, M.M., & Fan, Y. (2017). Volatile terpenoids: multiple functions, biosynthesis, modulation and manipulation by genetic engineering. *Planta*, *246*(5), 803-816.

Achikanu, C.E., Eze-Steven, P.E., Ude, C.M., & Ugwuokolie, O.C.U. (2013). Determination of the vitamin and mineral composition of common leafy vegetables in south eastern Nigeria. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *2*(11), 347-353.

Atta, A., Mustafa, G., Sheikh, M.A., Shahid M., & Xiao, H. (2017). The biochemical significances of the proximate, mineral and phytochemical composition of selected vegetables from Pakistan. *Matrix Science Pharma*, *1*, 6-9.

Batista-Silva, W., Nascimento, V.L., Medeiros, D.B., Nunes-Nesi, A., Ribeiro, D.M., Zsögön, A., & Araújo, W.L. (2018). Modifications in organic acid profiles during fruit development and ripening: correlation or causation? *Frontiers in Plant Science*, 9, 1689. doi: 10.3389/fpls.2018.01689

Bohner, J. & Bangerth, F. (1988). Cell number, cell size and hormone levels in semi-isogenic mutants of *Lycopersicon pimpinellifolium* differing in fruit size. Physiologia Plantarum, *72*, 316-320. doi: 10.1111/j.1399-3054.1988.tb05839.x

Bouzayen, M., Latché, A., Nath, P., & Pech, J.C. (2010). Mechanism of Fruit Ripening – Chapter 16. In E.C. Pua & M.R. Davey. (Eds.), *Plant Development Biology – Biotechnological Perspectives vol.1*. Springer.

Caruso, G., Pokluda, R., Sękara, A., Kalisz, A., Jezdinský, A., Kopta, T., & Grabowska, A. (2017). Agricultural practices, biology and quality of eggplant cultivated in Central Europe: A review. *Horticultural Science (Prague)*, *44*(4), 201-212.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (2nd edn). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Culpepper, C.W. & Moon, H.H. (1933). Composition of eggplant fruit at different stages of maturity in relation to its preparation and use as food. *Journal of Agricultural Research*, *47*(9), 705-717.

Deewiset, G., Aphasrithongkul, C., klinchan, C. & Leelapanung, S. (1999). *Local vegetables in Central region*. Bangkok: Veterans Organization Publishing House. (in Thai)

Djaafar, Z. & Ridha, O.M. (2013). Phytochemical Study of Selected Medicinal plant, *Solanum nigrum*, the Algerian Desert. *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*, *20*, 25-30.

Erturk, A.G., Erturk, O., Ayvaz, M.Ç., Erturk, E.Y. (2018). Screening of phytochemical, antimicrobial and antioxidant activities in extracts of some fruits and vegetables consumed in Turkey. *Celal Bayar University Journal of Science*, *14*(1), 81-92.

Esteban, R.M., Molla, E.M., Robredo, L.M., & Lopez-Andreu, F.J. (1992). Changes in the chemical composition of eggplant fruits development and ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *40*(6), 998-1000.

Frond, A.D., Iuhas, C.I., Stirbu, I., Leopold, L., Socaci, S., Andreea, S., Ayvaz, H., Andreea, S., Mihai, S., Diaconeasa, Z., & Carmen, S. (2019). Phytochemical characterization of five edible purple-reddish vegetables: anthocyanins, flavonoids, and phenolic acid derivatives. *Molecules*, *24*, 1536. doi:10.3390/molecules24081536

Hamouz, K., Pazderui, K., Lachman, J., Orsák, M., Pivec, V., Hejtmánková, K., Tomášek, J., & Cížek, M. (2014). Effect of cultivar, flesh colour, location and year of cultivation on glycoalkaloid content in potato tubers. *Plant, Soil and Environment*, *60*(11), 512-517.

Hanifah, A., Maharijaya, A., Putri, S.P., Laviña, W.A., & Sobir. (2018). Untargeted metabolomics analysis of eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit and its correlation to fruit morphologies. *Metabolites*, *8*(49), doi:10.3390/metabo8030049

Jiramongkolkan, U. (2004). *Indigenous vegetables 1*. Bangkok: Amarin Printing and Publishing Public Co., Ltd. (in Thai)

Kalebar, V.U., Hoskeri, J.H., Hiremath, S.V., Kalebar, R.V., Sonappanavar, A.B., Kulakarni, L.C., Agadi, B.S. & Hiremath, M.B. (2019). Pharmacognostical and phytochemical analysis of *Solanum macranthum* (Dunal) fruits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *8*(1), 284-290.

Kaunda, J.S. & Zhang, Y.J. (2019). The genus *Solanum*: An ethnopharmacological, phytochemical and biological properties review. *Natural Products and Bioprospecting*, *9*, 77-137.

Khumhom, R. (2016). *Phytochemical screening and biological activities of Millingtonia hortensis*. M.Sc. Thesis. Burapha University, Chon Buri. (in Thai)

Kirui, G.K., Dossaji, S.F., & Amugune, N.O. (2018). Changes in phytochemical content during different growth stages in tubers of five varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) *Current Research in Nutrition and Food Science*, *6*(1), 12-22.

Kumar, P., Jitendra, K., Raghuveer, K., & Dubey, R.C. (2016). Studies on phytochemical constituents and antimicrobial activities of leaves, fruits and stems of *Solanum nigrum* L. *Asian journal of Plant Science and Research*, *6*(4), 57-68.

Lira, B.S., Rosado, D., Almeida, J., de Souza, A.P., Buckeridge, M.S., Purgatto, E., Guyer, L., Hörtensteiner, S. Freschi, L., & Rossi, M. (2016). Pheophytinase knockdown impacts carbon metabolism and nutraceutical content under normal growth conditions in tomato. *Plant & Cell Physiology*, *57*(3), 642–653. doi: 10.1093/pcp/pcw021

Mbah, U.O. & Egbuonu, A.C.C. (2017). Ethanolic extract of *Solanum melongena* Linn fruit mitigated monosodium glutamate-induced oxidative stress. *International Journal of Biochemistry Research & Review*, *18*(2), 1-8.

Nakano, R., Ogura, E., Kubo, Y., & Inaba, A. (2003). Ethylene biosynthesis in detached young persimmon fruit in initiated in calyx and modulated by water loss from the fruit. *Plant Physiology*, *131*, 276-286.

Nataraj, N.D. & Ramachandramurty, B. (2014). Preliminary phytochemical screening of *Solanum trilobatum* L. young leaves. *International Research Journal of Pharmacy*, *5*(2), 80-82.

Paul, V., Pandey, R., & Srivastava, G.C. (2012). The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene - An overview. *Journal of Food Science and Technology*, *49*(1), 1-21.

Patil, S.K. & Shanmugasundaram, S. (2015). Physiochemical changes during ripening of monthan banana. *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research*, *3*(2), 18-21.

Sambo, H.S., Olatunde, A., Kiyawa, A.S. (2016). Phytochemical, proximate and mineral analyses of *Solanum incanum* fruit. *International Journal of Chemical, Material and Environmental Research*, *3*(1), 8-13.

Saxena M., Saxena, J., Nema, R., Singh, D., & Gupta, A. Phytochemistry of medicinal plants. (2013). *Journal of Pharmacognosy and Photochemistry*, *1*(6), 168–182.

Schmelzer, G.H., Gurib-Fakim, A., Arroo, R., Bosch, C.H., de Ruijter, A., Simmonds, M.S.J., Lemmens, R.H.M.J., & Oyen, L.P.A. (2008). *Plant Resources of Tropical Africa 11(1): Medicinal plants 1*. (Plant Resources of Tropical Africa; No.11(1)). Wageningen: Backhuys Publishers.

Sczkowski, C.P., Kalinowska, M., Wojciechowski, Z. (1998). The 3-o-glucosylation of steroidal sapogenins and alkaloids in eggplant (*Solanum melongena*); evidence for two separate glucosyltransferases. *Phytochemistry*, *48,* 1151-1159.

Singh, J. & Rai, M. (2005). Eggplant (*Solanum melongena* L.): Nutritional, Medicianal and Antioxidant Properties. In *National symposium on "Recent advances in integrate management of brinjal shoot and fruit borer"* (10-15). Varanasi: Indian Institute of Vegetable Research.

Somprasong, W. (2007). *Diversity of indigenous plants in Thailand No. I : The Genus Solanum L.* Bangkok: Plant Varieties Protection Office, Department of Agriculture. (in Thai)

Zhang, W. (2017). Phytochemical investigation and antimicrobial activity of the fruit extract of *Solanum incanum* grown in Eritrea. *Ornamental and Medicinal Plants*, *1*(1), 15-25.