



Research Article

Determination of Oxalic Acid in Some Thai Local Vegetables by Precipitation of Sodium Oxalate

การตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านไทยบางชนิด โดยการตกตะกอนโซเดียมออกซาเลต

รณภฤต ผลแมน^{1*}, สวาท ทองละเอียด¹, สุพรรณนิการ์ โพธิ์งาม¹, นิภัทร์ บุญมา¹, กิตตินันท์ แก้วลำ¹

Ronnagrit Phonman^{1*}, Sawat Thong la-eard¹, Suphannika Pho-ngam¹, Niphat Boonma¹, Kittinan Kaewlam¹

¹กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสำโรงทาบวิทยาคม 261/1 หมู่ 11 ต.สำโรงทาบ อ.สำโรงทาบ จ.สุรินทร์ 32170

¹Science and Technology Department, Samrongthapwittayakom School, 261/1 Moo 11, Samrongthap, Surin, 32170

Article Info

Received 17 September 2024

Revised 4 April 2025

Accepted 17 June 2025

Abstract

Oxalate in plant-based foods can increase the risk of kidney stone formation if consumed excessively. This study analyzed the oxalic acid content in 9 types of Thai local vegetables: *Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby), *Lasia spinosa* (L.) Thwaites, *Cnidoscolus chayamansa* McVaugh, *Basella alba* L., *Commelina benghalensis* L., *Portulaca oleracea* L., *Cleome gynandra* L., *Careya sphaerica* Roxb., and *Amaranthus viridis* L. using sodium oxalate precipitation and titration methods. The oxalic acid content in the samples ranged from 128.34 ± 16.22 to 1925.03 ± 4.30 mg/100 g dry weight. The 3 vegetables with the highest oxalic acid levels were *Basella alba* L., *Amaranthus viridis* L. and *Commelina benghalensis* L., while *Lasia spinosa* (L.) Thwaites had the lowest level. These findings allowed classification into 5 groups based on detected oxalic acid levels. The results of this study help consumers make safer dietary choices to reduce kidney stone risk and promote sustainable consumption. However, further validation with more precise methods and analysis of oxalic acid content in additional vegetables are recommended.

Keywords: Oxalic Acid, Thai Local Vegetables, Sodium Oxalate Precipitation

บทคัดย่อ

ออกซาเลตในอาหารจากพืชผักสามารถเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดนิ่วในไตหากบริโภคมากเกินไป การศึกษาวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้าน 9 ชนิด ได้แก่ ขึ้นฉะเทศ ผักหนาม ผักผงชูรส ผักปลั่ง ผักปลาบ ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน ผักกระโดน และผักโขม โดยใช้วิธีการตกตะกอนโซเดียมออกซาเลตและไทเทรต พบว่าปริมาณกรดออกซาลิกในตัวอย่างมีค่าอยู่ระหว่าง 128.34 ± 16.22 ถึง 1925.03 ± 4.30 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ผักที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ผักปลั่ง ผักโขม และผักปลาบ ส่วนผักหนามมีปริมาณต่ำสุด โดยสามารถจัดเป็น 5 กลุ่มตามระดับกรดออกซาลิกที่ตรวจพบ คือ 1) ผักปลั่งและผักโขม 2) ผักปลาบ 3) ขึ้นฉะเทศ 4) ผักผงชูรส ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน ผักกระโดน และ 5) ผักหนาม ผลการศึกษานี้ช่วยให้ผู้บริโภคเลือกบริโภคอย่างปลอดภัยเพื่อลดความเสี่ยงต่อโรคนี้ในไต และส่งเสริมการบริโภคที่ยั่งยืน อย่างไรก็ตาม ควรยืนยันผลด้วยวิธีที่แม่นยำขึ้น และศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกในผักชนิดอื่นเพิ่มเติม

คำสำคัญ: กรดออกซาลิก, ผักพื้นบ้านไทย, การตกตะกอนโซเดียมออกซาเลต

1. บทนำ

ออกซาเลต (oxalate) เป็นสารที่ไม่ทราบหน้าที่แน่ชัดในร่างกาย ซึ่งร้อยละ 80 ของออกซาเลตในเลือดได้มาจากการสังเคราะห์ในตับโดยอาศัยเอนไซม์ชนิดต่างๆ ส่วนที่เหลือร้อยละ 20 ได้มาจากการรับประทานอาหาร [10] ในทางเคมีออกซาเลตเป็นรูปที่มีประจุของกรดออกซาลิก (oxalic acid: $H_2C_2O_4$) ที่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งสามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับธาตุอื่นๆ ทำให้มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ เช่น แคลเซียมออกซาเลต [15] เป็นต้น

แคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate: CaC_2O_4) เป็นสารประกอบหนึ่งที่สามารถพบได้ในพืชผักทั่วไปที่ใช้รับประทานหลายชนิด [16] โดยพืชผักหลายชนิดมีปริมาณออกซาเลตที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น สภาพการเจริญเติบโต ชนิดของดิน ฤดูกาล ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว และปริมาณแคลเซียมในดิน [17] โดยเฉพาะในผักหรือผลไม้พื้นบ้าน ซึ่งเป็นพืชที่ชาวบ้านในท้องถิ่นนิยมนำมารับประทาน โดยมักมีการตรวจพบปริมาณของแคลเซียมออกซาเลตในปริมาณสูง [8]

การรับประทานพืชผักที่มีออกซาเลต ร่างกายจะทำการขับออกซาเลตส่วนเกินออกจากร่างกาย โดยการขับทางไตออกทางปัสสาวะเป็นหลัก อย่างไรก็ตามการรับประทานพืชผักที่มีปริมาณออกซาเลตสูงที่มากเกินไปและรับประทานอย่างต่อเนื่องจะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค คือ ส่งผลให้เกิดภาวะออกซาเลตสูงในปัสสาวะ (hyperoxaluria) คือ ภาวะที่มีปริมาณออกซาเลตในปัสสาวะมากกว่า 45 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไตจากออกซาเลต (oxalate nephropathy) ทั้งแบบฉับพลันและเรื้อรัง รวมทั้งยังสามารถส่งผลให้เกิดโรคนี้ได้ในทางเดินปัสสาวะได้อีกด้วย [10] ซึ่งจากการศึกษาอุบัติการณ์และความชุกของโรคนี้ในไตและทางเดินปัสสาวะของประชากรในประเทศไทยช่วง 3 ทศวรรษที่ผ่านมา พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยพบอัตราการเกิดโรคนี้ในไตและทางเดินปัสสาวะมากที่สุดที่ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [5, 7, 8] โรคนี้ในไตและทางเดินปัสสาวะจึงจัดเป็นปัญหาสาธารณสุขที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตโดยเฉพาะประชากรวัยแรงงานและผู้สูงอายุ ทั้งยังเป็นโรคที่มีอัตราการกลับเป็นซ้ำสูงภายหลังจากการรักษา [7]

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกในพืชผักพื้นบ้านของไทย มีการจัดกลุ่มพืชตามปริมาณกรดออกซาลิกที่พบโดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ [6, 8]

กลุ่มที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูง เช่น ใบยอ ชะพลู ผักโขมไทย มะเขือพวง ยอดกระถิน ตำลึง ผักแพ้ว ผักขี้ขี้ม ผักสะแงง เป็นต้น

กลุ่มที่มีปริมาณกรดออกซาลิกปานกลาง เช่น กะเพรา กระเจ็ด ยอดแค ดอกแค ผักบุ้งจีน สะเดา มะระขี้้นก เป็นต้น

กลุ่มที่มีปริมาณกรดออกซาลิกต่ำ เช่น คะน้า กวางตุ้ง ตำลึง บัวบก ถั่วพู ผักหนาม โหระพา ผักหวานป่า เป็นต้น

ทั้งนี้ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้ให้ข้อแนะนำว่าโดยปกติแล้วไม่ควรบริโภคอาหารที่มีออกซาเลตเกิน

วันละ 22 กรัมต่อน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม หรือ 378 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม [8] เพราะฉะนั้นเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในพืชผักเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเลือกบริโภคให้เหมาะสม

นอกจากนี้เมื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตจากพืชพบว่าสามารถทำได้หลากหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีการมีต้นทุนทางด้านวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และผลการศึกษาที่มีค่าความเที่ยง และความแม่นยำแตกต่างกันออกไป อาทิ วิธีพื้นฐาน เช่น การไทเทรต วิธีที่ใช้เครื่องมือขั้นสูง เช่น วิธีทางสเปกโทรโฟโตเมตรี วิธีทางโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) วิธีทางแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) วิธีทางแคปิลลารีอเล็กโทรโฟรีซิส (CE) วิธีทางไอออนโครมาโทกราฟี และการวิเคราะห์ด้วยเอนไซม์ ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความถูกต้อง ความเที่ยงและมีความไวสูง แต่ก็มีข้อเสียคือ ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีราคาแพง ต้องอาศัยความรู้ความชำนาญหรือต้องใช้นักวิทยาศาสตร์ที่มีความชำนาญในการใช้เครื่องมือเหล่านั้น ทั้งยังมีความยุ่งยากในการใช้งาน [3] โดยในการศึกษาครั้งนี้มุ่งให้ได้ข้อมูลที่แสดงปริมาณกรดออกซาลิกในพืชเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ด้วยวิธีการขั้นสูงต่อไป จึงพิจารณาเลือกใช้วิธีการตกตะกอนออกซาเลต และไทเทรตหาปริมาณกรดออกซาลิก โดยประยุกต์วิธีการของ บุญมี นารณ (2546) [20], อภิชาติ บุญมาลัย และคณะ (2562) [3] และ Fatoki (1991) [13] ซึ่งวิธีนี้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการหาจุดยุติที่อาศัยการดูสีที่เปลี่ยนแปลงของสารละลาย แต่ก็ถือว่าเป็นวิธีการมาตรฐานและทำได้ง่าย [3] นอกจากนี้จากการศึกษาวิธีการตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกด้วยวิธีการไทเทรต พบว่าส่วนใหญ่มักดำเนินการศึกษาโดยใช้แคลเซียมเข้าไปทำปฏิกิริยากับกรดออกซาลิกและทำให้เกิดการตกตะกอนสารประกอบแคลเซียมออกซาเลต เพื่อให้ความคล้ายคลึงกับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจริงในร่างกาย อย่างไรก็ตามพบว่าออกซาเลตในร่างกายของมนุษย์ยังสามารถจับตัวและทำปฏิกิริยากับสารอื่นได้ด้วยเช่นกัน อาทิ โซเดียม ซึ่งจะเกิดเป็นสารประกอบโซเดียมออกซาเลต ผู้ศึกษาจึงพิจารณาเลือกใช้วิธีการตกตะกอนโซเดียมออกซาเลต แทนการตกตะกอนแคลเซียมออกซาเลต เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการดังกล่าว โดยใช้ตัวอย่างผักพื้นบ้านในท้องถิ่น จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ ขี้เหล็ก ผักหนาม ผักผุงขจร ผักปลั่ง ผักปลาบ ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน ผักกระโดน และผักโขม เนื่องจากเป็นพืชที่มีอยู่ในพื้นที่ที่ผู้วิจัยศึกษาคือ ชุมชนในเขตอำเภอสำโรงทาบ จังหวัดสุรินทร์ และชาวบ้านในชุมชนให้คำแนะนำว่าเป็นผักและสามารถรับประทานได้ รวมทั้งผักพื้นบ้านที่นำมาศึกษาข้างต้นส่วนใหญ่มีสรรพคุณทางยา อาทิ ใบผักหนาม ใช้แก้อาเจียน แก้ปวดท้อง ใบผักปลั่ง ใช้ระบายท้อง ขับปัสสาวะ แก้บิด [12], ใบขี้เหล็ก ช่วยรักษาโรคเบาหวาน ลดความดันโลหิตสูง กำจัดเสมหะ, [4, 11] ผักเบี้ยใหญ่ มีฤทธิ์ลดน้ำตาลและไขมันในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานและผู้ป่วยไขมันตับที่ไม่ได้เกิดจากแอลกอฮอล์ รักษาแผลโลเคนอยต์ในช่องปาก รักษาผื่นแพ้ในผู้ป่วยโรคสะเก็ดเงิน [1] รวมทั้งผักพื้นบ้านบางชนิดยังไม่มียาข้อมูลผลการศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกในประเทศไทยมาก่อน ผู้ศึกษาจึงได้คัดเลือกตัวอย่างผักพื้นบ้านข้างต้นเพื่อนำมาศึกษาให้ทราบปริมาณกรดออกซาลิก และนำความรู้ที่ได้เผยแพร่แก่ชุมชนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ตรวจสอบ และวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้าน โดยใช้วิธีการตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 2) เปรียบเทียบปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบในผักพื้นบ้านแต่ละชนิด และ 3) วิเคราะห์และจัดกลุ่มผักพื้นบ้านโดยใช้ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบ

3. วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 ตัวแปร

ตัวแปรต้น ผักพื้นบ้านไทย จำนวน 9 ชนิด

ตัวแปรตาม ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบ (mg/100g น้ำหนักแห้ง)

ตัวแปรควบคุม กระบวนการสกัด, การเตรียมสารละลาย, ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน การตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट และการไทเทรต

3.2 ตัวอย่างพืชที่นำมาศึกษา

ตัวอย่างพืชที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นผักพื้นบ้านไทยจากพื้นที่ชุมชนในเขตอำเภอสำโรงทาบ จังหวัดสุรินทร์ โดยผู้ศึกษาได้ขอคำแนะนำจากชาวบ้านในชุมชนที่มีประสบการณ์ในการรับประทานผักพื้นบ้านหรือมีองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง เป็นผู้ให้คำแนะนำว่าพืชชนิดใดเป็นผักหรือสามารถรับประทานได้ ทั้งนี้ผู้ศึกษาได้คัดเลือกตัวอย่างผักพื้นบ้านไทยที่ยังไม่มีการศึกษาปริมาณกรดออกซาลेटมาก่อน หรือมีการศึกษาอยู่ในปริมาณน้อยมาก ได้ผักพื้นบ้านไทยรวมจำนวน 9 ชนิด ดังนี้

- 1) ชี่เหล็ก (*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby),
- 2) ผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thwaites),
- 3) ผักผงชูรส (*Cnidocolus chayamansa* McVaugh),
- 4) ผักปลัง (*Basella alba* L.),
- 5) ผักปลาบ (*Commelina benghalensis* L.),
- 6) ผักเบี้ยใหญ่ (*Portulaca oleracea* L.),
- 7) ผักเสี้ยน (*Cleome gynandra* L.),
- 8) ผักกระโดน (*Careya sphaerica* Roxb.),
- 9) ผักโขม (*Amaranthus viridis* L.)



ภาพที่ 1 ตัวอย่างพืชที่นำมาศึกษา จำนวน 9 ชนิด

3.3 การเตรียมตัวอย่างพืชที่นำมาศึกษา

การเตรียมตัวอย่างตามวิธีของ Fatoki (1991) [13] โดยเก็บตัวอย่างผักพื้นบ้านที่ต้องการนำมาศึกษาทำความสะอาดด้วยน้ำ จากนั้นคัดเลือกเอาเฉพาะส่วนที่สามารถรับประทานได้เท่านั้น หั่นชิ้นส่วนตัวอย่างให้มีขนาดเล็ก แล้วนำเข้าเครื่องอบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ตัวอย่างแห้ง (dry matter) จากนั้นนำตัวอย่างพืชแต่ละชนิดมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแยกตัวอย่างพืชแต่ละชนิดและรักษาสภาพตัวอย่างแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันตัวอย่างดูดซับความชื้นก่อนนำไปทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

3.4 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

การเตรียมสารละลายตัวอย่างโดยประยุกต์วิธีของอภิชาติ บุญมาลัย และคณะ (2562) [3] และ Fatoki (1991) [13] โดยเริ่มจากนำตัวอย่างพืชแต่ละชนิดที่รักษาสภาพไว้ในตู้อบลมร้อน มาทำการชั่งน้ำหนัก 1 g น้ำหนักแห้ง ใส่ลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด จากนั้นปิเปตสารละลาย 30% HCl 10 mL เติมลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด ใช้จุกปิดหลอดทดลองแล้วทำการเขย่าเบาๆ ให้เข้ากัน สลับกับตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง จากนั้นทำการปิเปตแยกสารละลาย ปริมาตร 5 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ แล้วปรับปริมาตรของสารละลายด้วย 30% HCl ให้ได้ 12.5 mL นำสารละลายตัวอย่างแต่ละชนิดที่แยกมาได้ไปทำการปรับ pH ของสารละลายให้ได้ประมาณ 8 (pH ≈ 8) ด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH₄OH) หรือสารละลายกรดอะซิติก (CH₃COOH) โดยในขั้นตอนนี้ผู้ศึกษาวัดค่า pH ขณะปรับด้วยเครื่อง Data logger เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ทุกครั้งที่เติมสารละลาย

3.5 การตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट และตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิก

การตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट และตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิก โดยประยุกต์วิธีการของบุญมี นาคธรม (2546) [20], อภิชาติ บุญมาลัย และคณะ (2562) [3] และ Fatoki (1991) [13] โดยนำสารละลายตัวอย่างแต่ละชนิดที่เตรียมได้จากข้อ 3.4 มาทำการตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट (Na₂C₂O₄) ด้วยการเติมสารละลายโซเดียมอะซิเตท (CH₃COONa) อิมตัว (ที่อุณหภูมิห้อง) จากนั้นนำหลอดทดลองไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) เพื่อตกตะกอน ที่ความเร็วประมาณ 3000 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 2 นาที นำหลอดทดลองออกจากเครื่องปั่นเหวี่ยง จากนั้นล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น แล้วทำการเติมสารละลาย CH₃COOH 1.5 M ปริมาตร 5 mL เขย่าเบาๆ จากนั้นนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อตกตะกอนอีกครั้ง ที่ความเร็วประมาณ 3000 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 2 นาที เช่นเดิม เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำหลอดทดลองออกจากเครื่องปั่นเหวี่ยง ทั้งส่วนที่เป็นสารละลายคงไว้แต่ส่วนที่เป็นตะกอน จากนั้นนำหลอดทดลองที่มีตะกอนไปอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง (หรือจนกว่าตะกอนจะแห้ง โดยสังเกตลักษณะทางกายภาพด้วยตาเปล่า) เมื่อหลอดทดลองที่มีตะกอนแห้งดีแล้ว นำหลอดทดลองออกจากตู้อบแล้วทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกรดซัลฟิวริก (H₂SO₄) 2 M เพื่อละลายตะกอน และปรับปริมาตร

สารละลายให้ได้ 12.5 mL นำสารละลายตะกอนที่เตรียมได้ไปทำการไทเทรตหาปริมาณกรดออกซาลิกกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO₄) 0.01 M แล้วคำนวณหาปริมาณกรดออกซาลิก ในหน่วย mg/100g น้ำหนักแห้ง โดยใช้สมการ 1 [3] ดังนี้

$$\text{mg/100g น้ำหนักแห้ง} = \frac{C \times V \times 90.03 \times 100}{W}$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นที่ได้จากการไทเทรต (mol/L) ซึ่งคำนวณได้จากปริมาตรสารละลายมาตรฐาน KMnO₄ ที่ใช้ในการไทเทรต (V_{titrant}, mL)*ความเข้มข้นของ KMnO₄ (0.01 M)

V คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง ซึ่งเท่ากับ 12.5 ml

90.03 คือ มวลโมเลกุลของกรดออกซาลิก (g/mol)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง ซึ่งเท่ากับ 1 g น้ำหนักแห้ง

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย, ร้อยละของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (% RSD)
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และทดสอบรายคู่ ภายหลัง (Post Hoc) ด้วยวิธีของ Bonferroni หากพบนัยสำคัญของการเปรียบเทียบ
3. จัดกลุ่มตัวอย่างผักพื้นบ้านโดยใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณของกรดออกซาลิกที่ตรวจพบด้วยการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster analysis)

4. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาปรากฏผลดังนี้

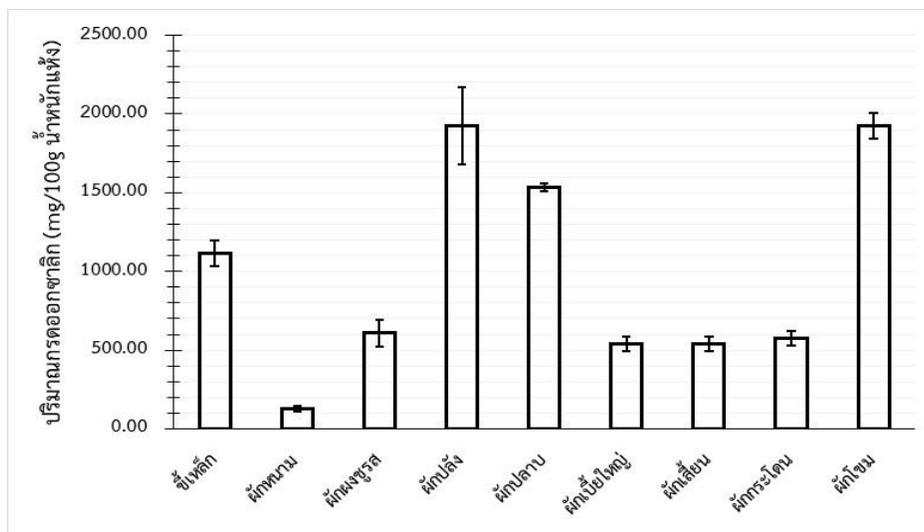
1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดออกซาลิก ในหน่วย mg/100g น้ำหนักแห้ง พบว่าผักปลัง (*Basella alba* L.) ตรวจพบปริมาณกรดออกซาลิกมากที่สุด เท่ากับ 1925.03 ± 12.89 mg/100g รองลงมาคือผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) 1925.03 ± 4.30 mg/100g, ผักปลาบ (*Commelina benghalensis* L.) 1536.65 ± 1.55 mg/100g, ชี้อเล้ง (*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby) 1114.49 ± 7.42 mg/100g, ผักผงชูรส (*Cnidioscolus chayamansa* McVaugh) 607.91 ± 13.61 mg/100g, ผักกระโดน (*Careya sphaerica* Roxb.) 574.13 ± 8.32 mg/100g, ผักเบี้ยใหญ่ (*Portulaca oleracea* L.) และผักเสี้ยน (*Cleome gynandra* L.) 540.36 ± 8.84 mg/100g, และผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thwaites) ตรวจพบปริมาณกรดออกซาลิกน้อยที่สุด เท่ากับ 128.34 ± 16.22 mg/100g ตามลำดับ
2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบมีอย่างน้อย 1 คู่ตัวอย่างที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 88.245, Sig. = 0.000) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านไทย โดยการตกตะกอนโซเดียมออกซาเลต

ตัวอย่างพืช	ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิก (n = 3) (mg/100g น้ำหนักแห้ง) ± %RSD	ปริมาณกรดออกซาลิก ที่ตรวจพบเทียบกับงานวิจัยอื่น (mg/100g)
1. ขี้เหล็ก (<i>Senna siamea</i> (Lam.) Irwin & Barneby)	1114.49 ^c ± 7.42	71.04* [6]
2. ผักหนาม (<i>Lasia spinosa</i> (L.) Thwaites)	128.34 ^a ± 16.22	91.83* [6]
3. ผักผงชูรส (<i>Cnidioscolus chayamansa</i> McVaugh)	607.91 ^b ± 13.61	210 ± 27** [2]
4. ผักปลิง (<i>Basella alba</i> L.)	1925.03 ^e ± 12.89	294.12 ± 0.00 [22] 385.3* [8]
5. ผักปลาบ (<i>Commelina benghalensis</i> L.)	1536.65 ^d ± 1.55	23.6* [19]
6. ผักเบี้ยใหญ่ (<i>Portulaca oleracea</i> L.)	540.36 ^b ± 8.84	671-869* [26] 770 ± 99 [14]
7. ผักเสี้ยน (<i>Cleome gynandra</i> L.)	540.36 ^b ± 8.84	8.8* [9] 28.8* [25]
8. ผักกระโดน (<i>Careya sphaerica</i> Roxb.)	574.13 ^b ± 8.32	58.91* [6] 226.7 ± 2.7* [24]
9. ผักโขม (<i>Amaranthus viridis</i> L.)	1925.03 ^e ± 4.30	243.15* [6] 591.77 ± 9.79 [22] 960 ± 220 [14] 1090* [8] 600-1200* [15]

หมายเหตุ: 1) %RSD หมายถึง ร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์, 2) ^{a, b, d, e} ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, 3) *หมายถึง ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบจากตัวอย่างสด (mg/100g น้ำหนักสด), 4) **หมายถึง ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบจากตัวอย่างที่ผ่านการแปรรูปผล

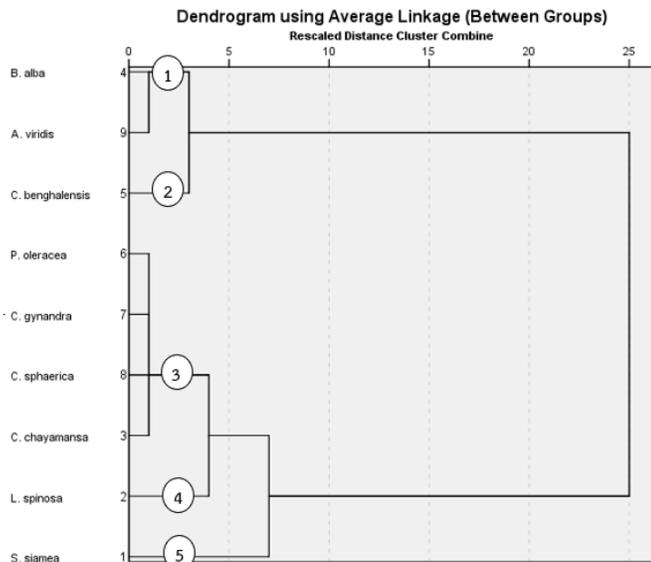
การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบแสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบ

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกโดยการทดสอบภายหลัง (Post Hoc) รายคู่ ด้วยวิธีของ Bonferroni พบว่า 1) ผักปลัง และผักโขม มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกสูงกว่าผักชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รองลงมาคือ 2) ผักปลาบ มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกแตกต่างจากผักชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ขึ้นเหล็ก มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกแตกต่างจากผักชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ผักผงชูรส ผักเป็ยใหญ่ ผักเสี้ยน และผักกระโดน โดยผักพื้นบ้านทั้ง 4 ชนิดนี้มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ 5) ผักหนาม มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกน้อยกว่าผักชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกของผู้ศึกษากับข้อมูลที่ปรากฏในเอกสารหรืองานวิจัยอื่นๆ พบว่า ผักเป็ยใหญ่ ผักหนาม และผักโขม มีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามปริมาณของกรดออกซาลิกที่ตรวจพบในผักชนิดอื่นๆ ยังมีค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก

3. จัดกลุ่มปริมาณของกรดออกซาลิกที่ตรวจพบในผักพื้นบ้านโดยการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster analysis) ด้วยเทคนิค (Hierarchical cluster analysis: HCA) โดยพิจารณาค่า coefficient ที่น้อยที่สุดจากตาราง Agglomeration Schedule และกำหนดจำนวนกลุ่มโดยอาศัย Dendrogram ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพ Dendrogram จัดกลุ่มพืชตามปริมาณกรดออกซาลิกที่พบ

จากแผนภาพ Dendrogram ข้างต้นจึงสามารถจัดกลุ่มได้จำนวน 5 กลุ่ม ตามปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย ผักปลัง และผักโขม ซึ่งมีปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบสูงที่สุดตั้งแต่ 1925.03 ± 12.89 ถึง 1925.03 ± 4.30 mg/100g

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ ผักปลาบ มีปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบเท่ากับ 1536.65 ± 1.55 mg/100g

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยผักผงชูรส ผักเป็ยใหญ่ ผักเสี้ยน และผักกระโดน ซึ่งมีปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบตั้งแต่ 540.36 ± 8.84 ถึง 607.91 ± 13.61 mg/100g

กลุ่มที่ 4 ได้แก่ ผักหนาม ซึ่งมีปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบเท่ากับ 128.34 ± 16.22 mg/100g

กลุ่มที่ 5 ได้แก่ ขึ้นเหล็ก ซึ่งมีปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบเท่ากับ 1114.49 ± 7.42 mg/100g

5. สรุปผลการศึกษา

การตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านไทยบางชนิดโดยการตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट มีประสิทธิภาพที่สามารถนำมาใช้ตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกได้ โดยผลการศึกษาสามารถได้ดังนี้

1. ปริมาณกรดออกซาลิกในตัวอย่างผักพื้นบ้านทั้ง 9 ชนิด มีปริมาณอยู่ระหว่าง 128.34 ± 16.22 ถึง 1925.03 ± 4.30 mg/100g น้ำหนักแห้ง โดยตัวอย่างผักพื้นบ้านที่ตรวจพบปริมาณกรดออกซาลิกมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ ผักปลัง (*Basella alba* L.) 1925.03 ± 4.30 mg/100g น้ำหนักแห้ง, รองลงมาคือ ผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) 1925.03 ± 12.89 mg/100g น้ำหนักแห้ง และผักปลาบ (*Commelina benghalensis* L.) 1536.65 ± 1.55 mg/100g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และผักหนาม (*Lasia spinosa* L.) Thwaites) มีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบน้อยที่สุด คือ 128.34 ± 16.22 mg/100g น้ำหนักแห้ง
2. ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านที่ตรวจพบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการทดสอบรายคู่เพื่อตรวจสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติสามารถจัดกลุ่มผักพื้นบ้านได้ 5 กลุ่ม คือ 1) ผักปลัง และผักโขม 2) ผักปลาบ 3) ขึ้นเหล็ก 4) ผักผงชูรส ผักเป็ยใหญ่ ผักเสี้ยน และผักกระโดน และ 5) ผักหนาม อย่างไรก็ตามผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบกับค่าที่ปรากฏในเอกสารหรืองานวิจัยอื่นค่าส่วนใหญ่ยังมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก
3. สามารถจัดกลุ่มผักพื้นบ้านตามปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบได้ 5 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย ผักปลัง และผักโขม กลุ่มที่ 2 ได้แก่ ผักปลาบ กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยผักผงชูรส ผักเป็ยใหญ่ ผักเสี้ยน และผักกระโดน กลุ่มที่ 4 ได้แก่ ผักหนาม และกลุ่มที่ 5 ได้แก่ ขึ้นเหล็ก

6. อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านไทยบางชนิดโดยการตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट เป็นวิธีการพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ตรวจหาปริมาณกรด

ออกซาลิกเบื้องต้นได้ โดยการศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกในตัวอย่าง ผักพื้นบ้านทั้ง 9 ชนิด มีผลการศึกษาบางส่วนสอดคล้องไปในทางเดียวกันกับข้อมูลที่ปรากฏในเอกสารและงานวิจัยที่ศึกษา ดังนี้

การศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านบางชนิด พบว่า ผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) จัดอยู่ในกลุ่มผักพื้นบ้านที่ตรวจพบปริมาณกรดออกซาลิกในปริมาณสูงซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับผลการตรวจสอบจากงานวิจัยอื่นที่นำมาเปรียบเทียบ [14] [8] [15] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษากายโตกล้องจุลทรรศน์ซึ่งปรากฏให้เห็นความหนาแน่นของผลึกออกซาลेटในผักปลั่ง (*Basella alba* L.) และผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) ที่มีความหนาแน่นของผลึกออกซาลेटอยู่ในระดับที่สูงกว่าผักชนิดอื่นๆ [16] รวมทั้งพบว่าผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thwaites) มีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบน้อยที่สุด สอดคล้องกับผลการวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบ [6] เช่นกัน นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านที่ตรวจพบจะพบว่าผักพื้นบ้านแต่ละชนิดมีปริมาณกรดออกซาลิกที่แตกต่างกันและสามารถจัดกลุ่มผักพื้นบ้านตามวิธีการทางสถิติได้ 5 กลุ่ม คือ 1) ผักปลั่ง และ ผักโขม 2) ผักปลาบ 3) ชีเหล็ก 4) ผักผงขูรส ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน และผักกระโดน และ 5) ผักหนาม ทั้งนี้พืชบางชนิดมีการสะสมกรดออกซาลิกในรูปของแคลเซียมออกซาลेट จึงอาจตรวจพบปริมาณของแคลเซียมและกรดออกซาลิกใกล้เคียงกัน โดยพืชที่ขึ้นบนบกจะมีปริมาณของแคลเซียมมากกว่าพืชที่ขึ้นในน้ำหรือใกล้แหล่งน้ำ จึงสามารถเปลี่ยนกรดออกซาลิกให้อยู่ในรูปแคลเซียมออกซาลेटได้มากขึ้นตามไปด้วย [6] เช่น ผักหนาม ซึ่งเป็นพืชที่มีภาวะเจริญเติบโตในพื้นที่น้ำตื้นและดินที่มีน้ำขัง จึงมีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามปริมาณของกรดออกซาลิกที่ตรวจพบไม่สัมพันธ์กับขนาดหรือประเภทของพืช อาทิ ผักชีเหล็ก และผักกระโดน ซึ่งผักพื้นบ้านที่มีลักษณะเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ กลับมีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบแตกต่างกัน หรือกรณีของผักโขม และผักเบี้ยใหญ่ ซึ่งมีลักษณะเป็นพืชล้มลุกขนาดเล็กเช่นเดียวกัน กลับพบว่าปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบแตกต่างกันมาก ทั้งนี้ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเนื่องจากบทบาททางชีวเคมีของกรดออกซาลิกในพืชแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน เช่น การสะสมแร่ธาตุ หรือการป้องกันศัตรูพืช นอกจากนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น ชนิดของดิน ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว หรือภูมิอากาศ อาจส่งผลต่อความแตกต่างระหว่างพืชแต่ละชนิด [6, 17] เช่น ผลการศึกษาปริมาณของกรดออกซาลิกจากงานวิจัยอื่นที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบในครั้งนี้มีส่วนหนึ่งเป็นงานวิจัยที่มีการทดลองในพื้นที่ต่างประเทศ ซึ่งมีสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศแตกต่างจากประเทศไทย จึงอาจทำให้กระบวนการทางสรีระวิทยาของพืชที่นำมาศึกษาแตกต่างกันออกไป ผลการตรวจสอบปริมาณของกรดออกซาลิกในพืชดังกล่าวจึงมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ความแตกต่างดังกล่าวยังสามารถเกิดจากการเลือกนำตัวอย่างพืชที่มีอายุแตกต่างกันมาศึกษา ซึ่งพืชที่มีอายุมากย่อมมีกระบวนการสะสมสารภายในไว้มากกว่าพืชที่มีอายุน้อย รวมถึงการคัดเลือกชิ้นส่วนต่างๆ ของพืชตัวอย่างที่ต่างกันอย่างมากมาย นำหนักของตัวอย่างที่นำมาศึกษา ซึ่งอาจเป็นตัวอย่างสดหรือตัวอย่างแห้ง ก็ย่อมมีผลทำให้ผลการศึกษาดังกล่าวแตกต่างกันด้วย เช่น การวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกในผักกระโดนที่มีการใช้บริเวณยอดอ่อนหรือตาอ่อน (buds) มาศึกษา [6, 24] เหมือนกัน หากแต่ในกระบวนการศึกษาใช้กรรมวิธีที่ต่างกัน (ตัวอย่างสด

และตัวอย่างแห้ง) ผลการตรวจสอบปริมาณกรดออกซาลิกที่ได้จึงมีความแตกต่างกัน หรือกรณีการตรวจสอบปริมาณกรดออกซาลิกในผักเบี้ยใหญ่ซึ่งในงานวิจัยที่นำมาอ้างอิง [14, 26] ใช้เฉพาะส่วนใบมาศึกษาเท่านั้น แต่จากผลที่ผู้ศึกษาได้ทำการตรวจสอบซึ่งใช้ส่วนของลำต้นอ่อนรวมด้วย เนื่องจากการคัดเลือกตัวอย่างได้ข้อมูลจากคนชมชนว่าสามารถรับประทานได้เช่นกัน ซึ่งผลการศึกษาพบว่ามีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบใกล้เคียงกัน เป็นต้น

อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดที่ควรคำนึงถึง เช่น วิธีการตกตะกอนโซเดียมออกซาลेटที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ถือว่ามีประสิทธิภาพในระดับพื้นฐาน เนื่องจากสามารถตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกในพืชได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อจำกัดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตกตะกอนแคลเซียมออกซาลेट ซึ่งเป็นที่นิยมในงานวิจัยก่อนหน้า [3, 20, 22] เนื่องจากตะกอนแคลเซียมออกซาลेटมีความเสถียรและไม่ละลายน้ำ ทำให้ผลลัพธ์มีความแม่นยำมากกว่า [27] ขณะที่โซเดียมออกซาลेटมีความเป็นไปได้ที่จะละลายน้ำบางส่วน โดยเฉพาะในค่า pH ที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดความคาดเคลื่อนในปริมาณที่วัดได้ [23] ดังนั้น การยืนยันผลด้วยเทคนิคขั้นสูง เช่น HPLC หรือ GC จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาครั้งถัดไป [18]

ทั้งนี้สิ่งที่ได้ศึกษาและพบว่ากรดออกซาลิกสามารถรวมตั้งผลการศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกข้างต้น หากพิจารณาจากข้อมูลที่ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้แนะนำว่าโดยปกติไม่ควรบริโภคอาหารที่มีออกซาลेटเกินวันละ 22 กรัมต่อน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม หรือ 378 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม [8] กรณีนี้หากบุคคลมีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม หมายความว่า ไม่ควรบริโภคอาหารที่มีกรดออกซาลิกสูงเกินกว่าค่าประมาณ 22000 มิลลิกรัม/วัน แต่อย่างไรก็ตามมีการระบุไว้ว่าปริมาณกรดออกซาลิกที่ประมาณ 350 mg/100g ขึ้นไป ถือว่าเป็นปริมาณกรดออกซาลิกในอาหารที่อยู่ในระดับสูง [8] รวมทั้งกรดออกซาลิกที่ผู้บริโภคได้รับอาจมาจากอาหารจากแหล่งอื่นด้วยเช่นกัน รวมทั้งกระบวนการเมตาบอลิซึมของออกซาลेटโดยธรรมชาติจากตับ ก็สามารถเพิ่มปริมาณออกซาลेटในร่างกายได้ [10] เพราะฉะนั้นผู้บริโภคจึงควรระมัดระวังในการบริโภคผักพื้นบ้านข้างต้น โดยอาจใช้วิธีการต้มหรือลวกผักก่อนรับประทาน ซึ่งจะช่วยลดปริมาณกรดออกซาลิกที่สะสมในผักได้ส่วนหนึ่ง [21] และควรดูแลสุขภาพร่างกายโดยการดื่มน้ำวันละ 6-8 แก้ว หลีกเลี่ยงการดื่มกาแฟที่เข้มข้นมากอย่างต่อเนื่อง ลดการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และหลีกเลี่ยงอาหารที่มีกรดออกซาลิกสูง [8, 10]

อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการศึกษาข้างต้นสามารถใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการเลือกบริโภคผักพื้นบ้านเท่านั้น เนื่องจากเป็นผลที่ได้จากการศึกษาโดยใช้ตัวอย่างแห้งซึ่งปริมาณกรดออกซาลิกที่ได้จากการศึกษาจะอยู่ในหน่วย กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่ใช่ค่ามาตรฐานหรือแสดงปริมาณกรดออกซาลิกที่สามารถอ้างอิงได้ชัดเจน อาจจำเป็นต้องมีการคำนวณกลับให้อยู่ในรูปของน้ำหนักสด (fresh weight) หรือมีการศึกษาเพิ่มเติมอีกครั้งโดยใช้ตัวอย่างสด หรือใช้วิธีการตรวจสอบที่มีความแม่นยำมากขึ้นดังที่ได้กล่าวถึงไปแล้วในข้างต้น

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

- ผลที่ได้จากการศึกษาข้างต้นอาจมีความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ โดยเป็นผลมาจากกระบวนการตกตะกอนและการไทเทรต ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบจึงไม่ใช่ค่ามาตรฐานหรือแสดง ปริมาณกรดออกซาลิกที่สามารถอ้างอิงได้ชัดเจน

- ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบสามารถใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการเลือกบริโภคผักพื้นบ้านเท่านั้น ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการ คำนวณกลับให้อยู่ในรูปของน้ำหนักสดหรือมีการศึกษาเพิ่มเติมอีกครั้ง โดยใช้ตัวอย่างสด หรือใช้วิธีการตรวจสอบที่มีความแม่นยำมากขึ้น

7.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

- ควรมีการยืนยันผลซ้ำด้วยวิธีการเดิม โดยแยกศึกษาส่วน ต่างๆ ของผักพื้นบ้านแต่ละชนิด เพื่อตรวจสอบว่าส่วนใดของพืชมีการ สะสมกรดออกซาลิกไว้มากน้อยเพียงใด

- ในกรณีที่ต้องการผลการตรวจสอบที่มีความแม่นยำและ เทียบตรงมากยิ่งขึ้น ควรเลือกใช้วิธีการที่มีความเป็นมาตรฐาน สามารถ ลดความคลาดเคลื่อนได้มาก และเป็นที่ยอมรับ เช่น วิธีทางสเปก โทรโฟโตเมตรี วิธีทางโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) วิธีทางแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) วิธีทางแคปิลารีอีเล็กโทรโพรซิซิส (CE) วิธีทางไอออนโครมาโทกราฟี และการวิเคราะห์ด้วยเอนไซม์

- ควรศึกษาหาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านชนิดอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อเพิ่มสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. Athawongsa K. Purslane: Thai Local Vegetables with Great Value. Medical Plants Newspaper, Library and Knowledge Center, Mahidol University. 2019;31(1).
2. Avila-Nava A., et al. Development of Functional Cookie Formulated with Chaya (*Cnidocolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst) and Amaranth (*Amaranthus cruentus*). *Molecules*. 2022;27(7397):1-14.
3. Boonmalai A, Sangchaimongkonlap K, Bhudsri K. Determination of oxalate in vegetable samples using a low cost electrode by potentiometric microtitration method. *Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)*. July - December 2019;14(2): 148-160.
4. Buildings, Grounds and Facilities Division, Chiangmai University. Database of plants in Chiang Mai University [Internet]. [cited 2024 Nov 5]. Available from: <https://buildings.oop.cmu.ac.th/plant/index.php>
5. Chaiklang A. Treatment of Kidney Stones By Percutaneous Nephrolithotomy in the Lateral Position with Ultrasound-Guided at Phrae Hospital from 2010 - 2024. *Phrae Medical Journal and Clinical Sciences*. 2024;32(2):59-70.
6. Chalitanawin N. Determination of Calcium and Oxalate in Indigenous Vegetables by Atomic Absorption Spectroscopy. Research Report in Faculty of Science and technology, Rajabhat Sakon Nakhon University. 2014.
7. Chamchoi N. Descriptive study of kidney stone in Sakaeo Province, Thailand. *Buddhasothorn Hospital Journal*. 2024;40(1):1-11.
8. Chanapa P. The Risk Factors of Kidney Stones Focusing on Calcium Oxalate. *Songkla Med J*. 2011;29(6): 299-308.
9. Cweya J.A., Mnzava N.A. Cat's whiskers. *Cleome gynandra* L.. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. No. 11. Heller J., Engels J.M.M, Hammer K., editors. IPK and IPGRI, Rome, Italy. 1997.
10. Chinpraditsuk S, Chatkrailert A. Oxalate Nephropathy. *Journal of the Nephrology Society of Thailand*. 2023;29(2):107-115.
11. Esievo K.B., Fatokun O.T., Ibrahim J.A., Kunle O.F. Pharmacognosis Studies of the leaf of *Senna siamea* (lam.) Irwin & Barneby Family: Caesalpiniaceae. *European Journal of Medical Plants*. 2016;16(2):1-7.
12. Faculty of Pharmaceutical Science, Ubon Ratchathani University. Herbal Database [Internet]. [cited 2024 Nov 5]. Available from: <https://phar.ubu.ac.th/herb-index>
13. Fatoki O.S. Ambient temperature acid extraction method for the determination of oxalic acid contents of vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. February 1991;39(2):293-295.
14. Guil J.L., Rodríguez-García I., Torija E. Nutritional and toxic factors in selected wild edible plants. *Plant Food for Human Nutrition*. 1997;51: 99-107.
15. Promdang S, Benjawan S, Doung-ngern U, Sukkhaeng S. Oxalate content and antioxidant properties in 12 genotypes of amaranth. *KHON KAEN AGR. J*. 2020;48(1):1065-1072.
16. Kengkat Y, Jongthonglang P, Phromprasit P. Examination of Calcium Oxalate Crystals in Local Vegetables from Ban Mai Subdistrict, Khon Buri District, Nakhon Ratchasima Province. *Science and Technology Research Journal Nakhon Ratchasima Rajabhat University*. July-December 2022;7(2):75-82.
17. Kusuma D.S., et al. Evaluation of extraction parameters for total oxalate determination in spinach using design of experiment analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016;51:9-14.

18. Misiewicz B., Mencer D., Terzaghi W., VanWert A.L. Analytical Methods for Oxalate Quantification: The Ubiquitous Organic Anion. *Molecules*. 2023;28(3206): 1-25.
19. Mwangi S., et al. Nutritional Composition and Antinutritional Factors of Selected African Indigenous Leafy Vegetables in Kenya. *Journal: Foods*, 2024;13(6): 858.
20. Nakorn B. Determination of Oxalic acid in Thai vegetables by Precipitation of Calcium Oxalate. Ubonratchatani: Faculty of Science and Technology, Ubonratchatani Rajabhat University. 2003.
21. Narasri, W. Calcium in Vegetables. *Food*. 2021;51(1): 40-43.
22. Odufuwa T.K., Atunnise A.K., Olukanni O.D., Salau B.A. Juicing alters oxalates contents in commonly consumed leafy vegetables in South West Nigeria. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2014;3(3):183-186.
23. Reynold J.G., Britton M.D., Carter R. A Review of Sodium Oxalate Solubility in Water. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2023;62: 19394-19401.
24. Vanhanen L., Savage G.P., Sangketkit C. Oxalate content of eleven indigenous Thai plants. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. July-October 2011; 9(3&4):38-10.
25. Ventosa-Febles E. *Cleome gynandra* (wild spider flower). [Internet]. [cited 2024 Nov 5]. Available from: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.119802>
26. Wang X., et al. Purslane-induced oxalate nephropathy: case report and literature review. *BMC Nephrology*. 2023;24(207):1-7.
27. Werner H., et al. Calcium Oxalate Crystallization: Influence of pH, energy input, and supersaturation ratio on the synthesis of artificial kidney stone. *American chemical Society Omega*. 2021;6:26566-26574.