

ST-014

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารโพลีฟีนอลรวมและประสิทธิภาพ

ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเอทานอลในว่านนางคำ

A Comparative Study of Total Polyphenol Content and Antioxidant Activity
of Ethanolic Extracts from Wang Nang Kham (*Curcuma aromatica*)

พิมลชนก สมนึก¹, สุรพล แสนสุข² และ มัลลิกา จันทรังษี^{3,*}

Pimonchanok Somnuek¹, Surapon Saensouk² and Mallika Chantarangsee^{3,*}

^{1,3}สาขาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย

²สถาบันวิจัยลัทธิรุกขเวช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

^{1,3}Program in Applied Science, Faculty of Interdisciplinary Studies, Khon Kaen Non, Khai Campus

²Walairukhavej Botanical Research Institute, Mahasarakham University

*Corresponding author's e-mail: mallika@kku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างของปริมาณสารโพลีฟีนอลรวมและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเอทานอลว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดหนองคาย (A01) กับสารสกัดว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสกลนคร (A02) โดยใช้วิธีการสกัดด้วยคลีนอัลตราซาวด์ร่วมกับตัวทำละลายเอทานอล ผลการศึกษาพบว่า A02 มีปริมาณสารโพลีฟีนอลรวมสูงกว่า A01 โดยมีค่าเท่ากับ $1,569.87 \pm 5.80$ mg GAE/g และ 567.6 ± 1.39 mg GAE/g ตามลำดับ และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า A02 สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่า A01 โดยค่าที่ได้คือ 0.179 ± 0.00 mg TEAC/g และ 0.039 ± 0.00 mg TEAC/g ตามลำดับ สารสกัดแสดงค่าความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งได้ 50% (IC₅₀) ของ A02 มีประสิทธิภาพดีกว่า A01 โดยมีค่าเท่ากับ $3,243.00$ µg/ml และ $11,450.65$ µg/ml ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าทุกระดับของความเข้มข้นของสารสกัดของ A02 มีความสามารถในการรีดิวซ์ที่ดีกว่า A01 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่า สารสกัด A02 มีปริมาณเบต้าแคโรทีนแตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับ 40.71 ± 0.00 µg/L และ 33.61 ± 0.01 µg/L ตามลำดับ จากค่าการวัดสีพบว่า A02 มีค่าการเป็นสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) มากกว่าแต่มีค่าความสว่าง (L*) น้อยกว่า A01 จากผลการศึกษาที่ได้บ่งชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าสารสกัดว่านนางคำ A02 ที่ปลูกในจังหวัดสกลนครมีปริมาณสารโพลีฟีนอลรวมและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดว่านนางคำ A01 ที่ปลูกในหนองคายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

คำสำคัญ: ว่านนางคำ, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, สารประกอบโพลีฟีนอล, ดีพีพีเอช, ความสามารถในการรีดิวซ์

ABSTRACT

This research aimed to investigate the differences in total phenolic content and antioxidant activity between the ethanolic extracts of *Curcuma aromatica* rhizomes grown in Nong Khai Province (A01) and those grown in Sakon Nakhon Province (A02), using ultrasound-assisted extraction with ethanol as the solvent. The results showed that A02 had a higher total phenolic content compared to A01, with values of $1,569.87 \pm 5.80$ mg GAE/g and 567.6 ± 1.39 mg GAE/g, respectively. When tested for antioxidant activity using the DPPH method, A02 demonstrated superior activity compared to A01, with values of 0.179 ± 0.00 mg TEAC/g and 0.039 ± 0.00 mg TEAC/g, respectively. The IC_{50} values, representing the concentration needed to inhibit 50% of the activity, were lower for A02, indicating better efficacy, with values of 3,243.00 μ g/ml and 11,450.65 μ g/ml for A02 and A01, respectively. Additionally, all concentrations of A02 extract showed better reducing power than A01. Upon analyzing the beta-carotene content, A02 had a higher concentration of 40.71 ± 0.00 μ g/L compared to 33.61 ± 0.01 μ g/L for A01. Color analysis revealed that A02 had higher redness (a^*) and yellowness (b^*) values but lower lightness (L^*) compared to A01. The findings clearly indicate that the *Curcuma aromatica* extracted from Sakon Nakhon (A02) has significantly higher total phenolic content and antioxidant activity than that extracted from Nong Khai (A01) at a 95% confidence level.

Keywords: *Curcuma aromatica*, Antioxidant activity, Phenolic compounds, DPPH, Reducing Power

บทนำ

พืชในสกุล *Curcuma* หรือที่รู้จักกันในสกุลขมิ้นนั้นเป็นสกุลขนาดใหญ่อีกสกุลหนึ่งของพืชวงศ์ขิง คาดว่ามีประมาณ 80 ชนิดทั่วโลกเป็นสกุลที่ยากต่อการจำแนกเนื่องจากมีความแปรผันสูงมาก สำหรับประเทศไทยมีพืชสกุล *Curcuma* ประมาณ 38 ชนิด (วรภาพ เหล่าอ่อนอ่อน, จิตารัตน์ จงใจงาม & ปกป้อง ประยงค์, 2562). ว่านนางคำ *Curcuma aromatica* เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในตระกูลขิงลำต้นมีสีเขียวซึ่งเจริญมาจากส่วนของหัวเหง้าที่อยู่ใต้ดิน ลักษณะของก้านใบยาวแข็ง สีใบเขียวเข้มโดยมีกระดูกและขอบใบสีแดง เนื้อในหัวเหง้ามีสีเหลืองถึงสีเหลืองเข้ม หัวเหง้ามีกลิ่นหอมเย็นและมีรสฝาด หัวว่านนางคำมีสรรพคุณรักษาโรคผิวหนังต่าง ๆ

แก้อาการปวด ช่วยขับลม แก้อาการฟกช้ำ ข้อเคล็ด ส่วนรากเป็นยาสมานแผล ยาขับเสมหะ แก้ท้องร่วง รักษาโรคหนองใน อย่างไรก็ตามว่านางคำนิยมใช้เป็นส่วนประกอบของสมุนไพรเสริมความงาม โดยพืชชนิดนี้มีสารออกฤทธิ์สำคัญที่ติดอผิวในกลุ่มฟีนอลิก ได้แก่ curcuminoid ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังพบว่า *C. aromatica* สามารถยับยั้งการสร้างเม็ดสีเมลานิน จากการกระตุ้นเซลล์เมลานोไซต์ด้วยรังสียูวีเอ (หนูเดือน เมืองแสน, สุรพล แสนสุข & จักรพงศ์ แท่งทอง, 2562)

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าการแพทย์แผนปัจจุบันเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการรับมือกับปัญหาสุขภาพได้ทั้งหมด รวมถึงกระแสโลกาภิวัตน์และความตื่นตัวในการดูแลสุขภาพด้วยผลิตภัณฑ์ที่มาจากธรรมชาติทำให้ผู้คนทั่วโลกรวมทั้งคนไทยหันมาใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพ ทั้งหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนต่างก็ตระหนักให้คนไทยอนุรักษ์และเห็นคุณค่าของสมุนไพรไทย รวมถึงนโยบายสนับสนุนการใช้งานจากสมุนไพรในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ทำให้สมุนไพรไทยเริ่มกลับมามีบทบาทในสังคมไทยอีกครั้ง ทั้งการใช้ประโยชน์ทางด้านการเรียนการสอน การแพทย์ การวิจัย และการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน (ชาลินี ไชยชนะ, สิตลา วงศ์กาฬสินธุ์ & เดือนเพ็ญ มะโนเรือง 2564)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีภูมิประเทศ และภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญงอกงาม ของพืชนานาชนิดโดยเฉพาะพืชสมุนไพรทั้งที่ เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและจากการเพาะปลูก สมุนไพรจัดเป็นภูมิปัญญาในการดูแลสุขภาพที่ บรรพบุรุษได้สร้างสมและอยู่คู่สังคมไทยมาช้านาน คนไทยได้มีการนำ สมุนไพรมาใช้ตั้งแต่อดีตจนถึง ปัจจุบันทั้งในส่วนของการบำบัดรักษาโรคและ การบริโภคเพื่อสุขภาพ และพบว่า ดินจังหวัดสกลนครซึ่งเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และมีหลายอำเภอที่มีความเหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชสมุนไพรเกือบทุกชนิดซึ่งหนึ่งในนั้น ได้แก่ อำเภออากาศอำนวย เนื่องจากจังหวัดสกลนครตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นที่ราบสูงล้อมรอบด้วยภูเขาและป่าไม้โดยมีอุณหภูมิและปริมาณน้ำที่เหมาะสม (วันชัย ดีเอ็กนามกุล 2531)

ดินในจังหวัดหนองคายมีลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งเป็นดินที่เหมาะสมดีสำหรับปลูกข้าวปลูกพืชไร่ ไม้ผล และไม้ยืนต้น แต่ที่มีข้อจำกัดคือดินมีความสมบูรณ์ต่ำเนื้อดินค่อนข้างเป็นทรายและขาดแคลนน้ำได้ง่าย (อรรณพ พุทธิโส, ธัญญธรณ์ จิตอรวรรณ & สาวิตรี เดชชัย 2558)

ว่านนางคำเป็นพืชที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ และมีผลดีต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากว่านนางคำมีระบบรากที่แข็งแรงและหนาแน่น ซึ่งช่วยยึดดินไม่ให้ถูกพัดพาหรือกัดเซาะจากฝนหรือกระแสน้ำ และยังช่วยปรับปรุงคุณภาพดินโดยการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน เพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ และช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรถ้าเกษตรกรไทยให้ความสำคัญต่อ

เกษตรกรอินทรีย์ก็จะเป็นโอกาสในการสร้างรายได้และความมั่นคงในการทำเกษตรแบบยั่งยืน (กิตติพงษ์ พิพิธกุล, 2563)

เนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน การสร้างสารทุติยภูมิของพืชในแหล่งที่ปลูกต่างกันถูกกำหนดโดยหลายปัจจัย ทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม การจัดการการเกษตร และพันธุกรรมของพืช โดยสารทุติยภูมิจะถูกกระตุ้นให้ผลิตขึ้นเมื่อพืชต้องเผชิญกับความเครียดจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ความแห้งแล้ง การโจมตีจากศัตรูพืช หรือการขาดแคลนธาตุอาหาร ซึ่งสารเหล่านี้มีบทบาทในการป้องกันและช่วยให้พืชสามารถปรับตัวและเอาตัวรอดจากสภาวะที่ไม่เอื้อต่อการเติบโตได้ดี (อรรณพ พุทธิโส, ธัญญธรณ์ จิตอรรณพ & สาวิตตรี เดชชัย 2558)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาคุณสมบัติทางชีวภาพบางประการของว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดหนองคายและจังหวัดสกลนครโดยใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลร่วมกับคลื่นอัลตราซาวด์ โดยจะนำสารสกัดที่ได้จากว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่ต่างกันทั้งสองแห่งมาเปรียบเทียบปริมาณโพลีฟีนอลและประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยคาดว่าองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะสามารถนำไปต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่ที่แตกต่างกันทั้งสองจังหวัด เพื่อเป็นการช่วยเสริมสร้างความยั่งยืนในการเกษตรและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และยังสามารถนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่มีคุณค่าเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณโพลีฟีนอลรวมในสารสกัดเอทานอลของว่านนางคำจากหนองคายและสกลนคร
2. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน และเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเอทานอลของว่านนางคำจากหนองคายและสกลนคร

สมมติฐานการวิจัย

พืชชนิดเดียวกันเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมหรือภูมิประเทศที่แตกต่างกัน อาจส่งผลต่อการสังเคราะห์และการสะสมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืช ตลอดจนมีผลต่อศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งอาจแปรผันตามลักษณะทางภูมิศาสตร์และปัจจัยสิ่งแวดล้อมเฉพาะถิ่น

กรอบแนวคิดการวิจัย

ศึกษาเปรียบเทียบว่าวุ้นนางคำจากพื้นที่เพาะปลูกจากจังหวัดหนองคายและจังหวัดสกลนคร มีผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและลักษณะทางกายภาพของสารสกัดต่างกันหรือไม่โดยใช้การทดสอบหาปริมาณสารโพลีฟีนอลรวม และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH หาค่า IC_{50} ทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ หาปริมาณเบต้าแคโรทีน วัดค่าการวัดสี

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างเหง้าวุ้นนางคำจากตำบลท่าก้อน อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร และจากตำบลวัดธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย โดยเป็นตัวอย่างที่อายุการปลูกนาน 8 เดือน นำตัวอย่างที่ได้มาล้างให้สะอาด ปอกเปลือก และหั่นให้มีขนาดเล็ก จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ $40^{\circ}C$ จนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่แล้วจึงนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียดสำหรับใช้ในการสกัดต่อไป

การวัดสี

นำตัวอย่างวุ้นนางคำที่เป็นผงบดละเอียดปริมาณ 25 g นำไปใส่ในเครื่องวัดสี Tags Benchtop Spectrophotometer รุ่น Colorflex EZ 45-0(LAV) Hunter Lab เครื่องวัดสีแบบตั้งโต๊ะ โดยทำการทดลอง 15 ซ้ำ จากนั้นจดบันทึกผลการทดลองนำมาวิเคราะห์และรายงานผลเป็น ค่า L^* a^* และ b^*

การสกัดสาร

ทำการสกัดตัวอย่างด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตรโดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:100 (W/V) ทำการสกัดด้วย ultrasound (Bandelin sonorex digitec รุ่น DT 510H, 35 kHz, 16 W) ที่อุณหภูมิ $30 \pm 5^{\circ}C$ นาน 120 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง No.4 นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน ที่อุณหภูมิ $50 \pm 5^{\circ}C$ และเก็บที่อุณหภูมิ $4^{\circ}C$ จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ และคำนวณหา % Yield จากสูตร $\% \text{ Yield} = (\text{น้ำหนักของสารที่สกัดได้ (กรัม)} / \text{น้ำหนักวัตถุดิบสมุนไพรตั้งต้นที่ใช้ (กรัม)}) \times 100$

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic content)

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ของสารสกัดวุ้นนางคำ โดยใช้วิธี Folin – Ciocalteu assay (Singleton & Ross, 1965) นำสารสกัดวุ้นนางคำ ความเข้มข้น 1 mg/ml ใส่ไมโครเพลท ปริมาตร 50 μL แล้วเติมสารละลาย 10% Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 50 μL ผสมให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 8 นาที แล้วเติม 7% Sodium carbonate ปริมาตร 100 μL เขย่าให้สารเข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณฟีนอลิก โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก Gallic acid

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay (Prior & Schaich 2005) ปิเปตสารสกัดจากตัวอย่างว่านหางจระเข้ ความเข้มข้น 1 mg/ml ปริมาตร 75 μ l ลงในไมโครเพลทแล้วเติมสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.2 mM ปริมาตร 150 μ l ผสมให้เข้ากันในหลอดทดลอง บ่มทิ้งไว้ 30 นาที ในที่มีอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 515 nm โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และบันทึกผลค่าการดูดกลืนแสง นำค่าที่ได้มาแล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Trolox Standard

การวิเคราะห์หาค่า IC_{50}

การวิเคราะห์หาค่า IC_{50} นำสารสกัดว่านหางจระเข้ ความเข้มข้นต่าง ๆ ใส่ไมโครเพลท ปริมาตร 75 μ l ลงในไมโครเพลทแล้วเติมสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.2 mM ปริมาตร 150 μ l ผสมให้เข้ากันในหลอดทดลอง บ่มทิ้งไว้ 30 นาที ในที่มีอุณหภูมิห้องแล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 515 nm โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และบันทึกผลค่าการดูดกลืนแสง นำค่าที่ได้มาแล้วคำนวณเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Trolox Standard

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธีของ Choi et al, 2007 (Choi, Jeong & Lee 2007) นำสารสกัดมาที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 mg/ml ปรับปริมาตรด้วย DI water ให้ครบ 100 μ l จากนั้นเติม 0.2 M Phosphate buffer (pH 6.6) ปริมาตร 250 μ l เขย่า ให้สารละลายเข้ากันแล้วเติม 1% w/v Potassium Ferricyanide $K_3[Fe(CN)_6]$ ปริมาตร 250 μ l แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 20 นาที แล้วเติม 10% TCA ปริมาตร 250 μ l เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปปั่นเหวี่ยง 4,000 rpm 10 นาที จากนั้นดูดส่วนใสมา ปริมาตร 250 μ l แล้วเติม DI water 250 μ l เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติม 0.1 % $FeCl_3$ ปริมาตร 50 μ l แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 700 nm โดยใช้เครื่องไมโครเพลท และบันทึกผลค่าการดูดกลืนแสง จากนั้นนำไปคำนวณหาค่า Reducing power รายงานผลเป็น mg GAE/g extract โดยใช้สารละลายแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน

ทดสอบหาปริมาณเบต้าแคโรทีน

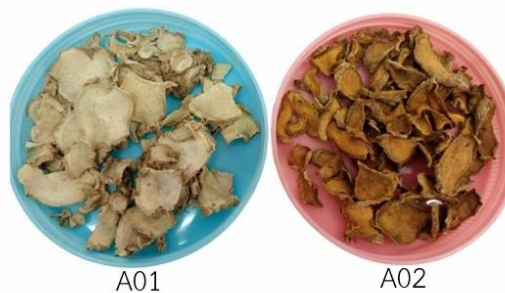
การวิเคราะห์นำผงว่านหางจระเข้ 5 g โดยใช้ตัวสกัดเป็นสารละลาย 80 % Acetone 25 ml เขย่า และกรองด้วยกระดาษกรอง No.4 จากนั้นนำสารที่สกัดได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470, 645 และ 663 nm ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และคำนวณปริมาณ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำเข้าข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลของการทดลองด้วยวิธี Independent Samples T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม (Statistical Package for the Social Science; SPSS) ในการวิเคราะห์

สรุปผลการวิจัย

สารสกัดเอทานอลของว่านนางคำที่ปลูกในจังหวัดสกลนคร (A02) แสดงฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าสารสกัดว่านนางคำที่ปลูกในจังหวัดหนองคายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่ามีปริมาณสารโพลีฟีนอลรวมสูงกว่าว่านนางคำที่ปลูกในจังหวัดหนองคาย (A01) ถึง 2.76 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่าในตัวอย่างว่านนางคำ A02 มีปริมาณเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งสอดคล้องกับค่าการวัดสีที่แสดงให้เห็นว่าว่านนางคำ A02 มีสีเหลืองส้มที่เข้มกว่าว่านนางคำ A01 และยังพบว่าการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระยังแสดงให้เห็นว่า ว่านนางคำ A02 มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าตัวอย่างว่านนางคำ A01 ซึ่งเป็นการบ่งชี้ให้เห็นว่าพืชชนิดเดียวกันแต่เจริญในพื้นที่ต่างกัน โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเลือกใช้พืชจากพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากว่านนางคำเพื่อการพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าเชิงพาณิชย์ในอนาคต เพื่อส่งเสริมให้เกิดการสร้างรายได้อันนำไปสู่ความยั่งยืนให้กับชุมชน



ภาพที่ 1 ตัวอย่างว่านนางคำที่อบแห้ง

อภิปรายผลการวิจัย

ร้อยละผลผลิต (% yield)

จากการนำว่านนางคำที่อบแห้งแล้วบดเป็นผงมา 2 g สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 ในอัตราส่วน 1:100 (W/V) ร่วมกับ ultrasound และนำไปประเหยแห้ง โดยจะได้น้ำหนักสารสกัด และคำนวณ % yield ได้ตาม (ตารางที่ 1) โดยเหว่าว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดหนองคาย A01 และว่านนางคำที่ปลูกใน

พื้นที่จังหวัดสกลนคร A02 ได้น้ำหนักสารสกัดเอทานอล และมี % Yield คือ 0.2700 g และ 1.0800 g คิดเป็น % Yield เท่ากับ 13 % และ 53 % ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่าสภาพแวดล้อมที่ปลูกว่านนางคำมีผลต่อปริมาณร้อยละของสารสกัดที่ได้ (ตารางที่ 1) และยังพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการสกัดยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละผลผลิตของสารสกัดที่ได้ด้วย โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณร้อยละของสารสกัดจากสภาวะที่ดีที่สุดจากงานวิจัยของพรพรรณ สิริระมนต์ และรัตติยา แวนนุกูล (2020) ให้ % Yield สูงสุด เท่ากับ 25% (พรพรรณ สิริระมนต์ & รัตติยา แวนนุกูล, 2563) พบว่าในตัวอย่างว่านนางคำ A02 มี % Yield ที่สูงกว่าประมาณ 2.12 เท่าของร้อยละผลผลิต

ตารางที่ 1 แสดงค่า % Yield จากสารสกัดเหง้าว่านนางคำ

ตัวอย่างว่านนางคำ	น้ำหนักพืชสด (g)	น้ำหนักสารสกัด (g)	% Yield
หนองคาย (A01)	2.0036	0.2700	13 %
สกลนคร (A02)	2.0031	1.0800	53 %

หมายเหตุ

ว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดหนองคาย แทนด้วย A01

ว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสกลนคร แทนด้วย A02

การตรวจสอบคุณภาพสีของว่านนางคำ

จากการนำผงว่านนางคำบดละเอียดมาวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Tags Benchtop Spectrophotometer และรายงานผลเป็น ค่า L^* a^* และ b^* ทำการทดสอบ 15 ซ้ำ พบว่า ตัวอย่างว่านนางคำ A01 ค่า L^* คือความสว่างของตัวอย่างว่านนางคำอยู่ในช่วง 66.18 ± 0.37 ค่า a^* เป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีแดงอยู่ในช่วง 6.64 ± 0.08 ค่า b^* เป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีเหลืองอยู่ในช่วง 31.36 ± 0.18 และตัวอย่างว่านนางคำ A02 ค่า L^* คือความสว่างของตัวอย่างว่านนางคำอยู่ในช่วง 52.58 ± 0.26 ค่า a^* เป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีแดงอยู่ในช่วง 18.84 ± 0.07 ค่า b^* เป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีเหลืองอยู่ในช่วง 63.82 ± 0.40 ดังแสดงผลใน (ตารางที่ 2)

จากการทดลองพบว่าตัวอย่างว่านนางคำ A02 มีค่าเฉลี่ยของ L^* ต่ำกว่าตัวอย่าง A01 ซึ่งหมายถึงว่านนางคำ A02 มีความสว่างต่ำกว่าตัวอย่าง A01 แต่ตัวอย่าง A02 ค่า a^* และ b^* ของ A02 มีค่าที่สูงกว่าของ A01 ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของโทนสีจากเขียวไปแดงและจากน้ำเงินไปเหลืองที่มีค่ามากขึ้นในตัวอย่าง A02 เมื่อเทียบกับ A01 และเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ สมพร ช่วยแต้ม และ นาดยา มนต์รี (2019) โดยนำผงขมิ้นชันที่บดละเอียด มาวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-400 และรายงานผลเป็นค่า L^* a^* และ

b* มีสีเหลืองส้ม (สมพร ช่วยแต้ม & นาทยา มนต์รี, 2562) ซึ่งขมิ้นชันเป็นพืชวงศ์เดียวกับว่านนางคำซึ่งการที่พืชมีสีส้ม เหลือง และแดง มักเป็นผลจากการสะสมสารสำคัญในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน, แอลฟาแคโรทีน, ลูทีน, และ ซีแซนทีน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในด้านต่างๆ เช่น การสร้างสีในพืช การผลิตวิตามิน A ซึ่งจำเป็นต่อการมองเห็นและการเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน รวมถึงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่มีความสำคัญต่อการปกป้องเซลล์จากการถูกทำลาย โดยส่งผลดีทั้งต่อสุขภาพของพืชและมนุษย์

ตารางที่ 2 แสดงค่าสี

ตัวอย่างว่านนางคำ	L*สว่าง	a*แดง	b*เหลือง
หนองคาย (A01)	66.18±0.37	6.64±0.08	31.36±0.18
สกลนคร (A02)	52.58±0.26	18.84±0.07	63.82±0.40

คำอธิบายเบื้องต้นเกี่ยวกับค่าความสว่าง (L*), ค่า a* และ b*

L*: ค่าความสว่าง (Lightness) บ่งชี้ถึงความสว่างหรือมืดของสี ยิ่งค่า L* สูงยิ่งแสดงถึงความสว่างที่มาก

a*: ค่านี้บ่งบอกถึงความเป็นสีเขียว (ค่าลบ) หรือแดง (ค่าบวก)

b*: ค่านี้บ่งบอกถึงความเป็นสีน้ำเงิน (ค่าลบ) หรือเหลือง (ค่าบวก)

การทดสอบหาปริมาณสารโพลีฟีนอลรวม

จากการทดลองการหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลรวมของสารสกัดว่านนางคำ โดยคำนวณได้จากกราฟมาตรฐานของสารละลาย Gallic acid โดยสมการของกราฟ คือ $y = 0.0187x + 0.06$ (ภาพที่ 2) จากการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดพบว่า ตัวอย่างว่านนางคำ A01 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 567.6 ± 1.39 mg GAE/g และตัวอย่างว่านนางคำ A02 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 1569.87 ± 5.80 mg GAE/g (ตารางที่ 3)

และจากการทดสอบยังพบว่าสารสกัดว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสกลนครมีค่าโพลีฟีนอลรวมสูงกว่าในจังหวัดหนองคาย ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อเทียบกับงานวิจัยของพรพรรณ สิริมนต์และรัตติยา แวนนุกูล (2020) ในการทดสอบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลรวมได้เท่ากับ $120.83 \mu\text{g GAE/g}$ (พรพรรณ สิริมนต์ & รัตติยา แวนนุกูล, 2563) พบว่าว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดหนองคายสูงกว่าและจังหวัดสกลนครมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลรวมที่สูงที่สุดซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีคุณสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี เนื่องจากการสร้างสารทุติยภูมิที่สำคัญ ต้องอาศัยปัจจัยในการเติบโตในสภาพแวดล้อมรวมถึงการมีแร่ธาตุในดินที่เหมาะสม ทำให้มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลรวมที่สูงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เจริญอรุณ อุทัยแจ่มศรีผล (2018) (เจริญอรุณ อุทัยแจ่มศรีผล, 2561)

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลรวมของสารสกัดว่านนางคำ

ตัวอย่างว่านนางคำ	โพลีฟีนอลรวม (mg GAE/g)
หนองคาย (A01)	567.6±1.39
สกลนคร (A02)	1,569.87±5.80

หมายเหตุ* คำนวณค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม โดยวิธี Independent Samples T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P< 0.05)

ปริมาณเบต้าแคโรทีน

จากผลการหาปริมาณเบต้าแคโรทีนในว่านนางคำ โดยนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 470, 645 และ 663 nm พบว่าในสารสกัดตัวอย่างว่านนางคำ A01 มีปริมาณเบต้าแคโรทีน เท่ากับ 33.61±0.01 mg/L และในสารสกัดตัวอย่างว่านนางคำ A02 มีปริมาณเบต้าแคโรทีน เท่ากับ 40.71±0.00 mg/L ซึ่งปริมาณที่ได้มาจากการคำนวณ

สูตรคำนวณ Kundu et al (2016)

$$\text{chlorophyll a} = [12.7(A_{663}) - 2.69(A_{645})] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{chlorophyll b} = [22.9(A_{645}) - 4.68(A_{663})] \times V / (1000 \times W) \quad (1)$$

$$\text{Total Carotenoid} = [1000(A_{470}) + 3.27\{(\text{chlorophyll a}) - (\text{chlorophyll b})\}] \times V / (W \times 229) \quad (2)$$

โดยที่ A คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (Abs)

V คือ ปริมาตรอะซิโตน (ml)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (g)

จากการทดลองพบว่า ว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสกลนครมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงถึง 40.71±0.00 mg/L รองลงมาคือว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดหนองคายซึ่งมีปริมาณเบต้าแคโรทีน 33.61±0.01 mg/L และเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ นฤมล วิถีธรรมศักดิ์ และคณะ (2022) โดยการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากว่านนางคำมาทำการวิเคราะห์พบว่ามีปริมาณเบต้าแคโรทีนคิดเป็นร้อยละ 49.83 ของพื้นที่ (นฤมล วิถีธรรมศักดิ์, นพวรรณ พรศิริ & กุลภัทร โภชนกุล, 2565) และ Shyama Prosad Moulick et al (2023) ในขมิ้นปริมาณเบต้าแคโรทีน เท่ากับ 60.56 mg/L (Shyama et al.,2023) ซึ่งเป็นพืชวงศ์เดียวกับว่านนางคำ เมื่อเปรียบเทียบกับพบว่าในขมิ้นมีปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สูงกว่า ซึ่งเบต้าแคโรทีนเป็นสารประกอบในกลุ่มแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ การมีเบต้าแคโรทีนแสดงให้เห็นว่ามีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 4 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในว่านนางคำ

ตัวอย่าง ว่านนางคำ	A470 (nm)	A645 (nm)	A663 (nm)	Chlorophyll a (µg/L)	Chlorophyll b (µg/L)	Total Carotenoid (mg/L)
หนองคาย (A01)	1.54±0.00	0.18±0.00	0.17±0.00	0.01±0.00	0.02±0.00	33.61±0.01
สกลนคร (A02)	1.86±0.00	0.27±0.00	0.22±0.00	0.01±0.00	0.03±0.00	40.71±0.00

DPPH Assay

จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากว่านนางคำด้วยวิธี DPPH assay โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm เปรียบเทียบกับ Trolox ซึ่งเป็นสารมาตรฐาน โดยสมการของกราฟ คือ $y = 0.9612x + 0.0101$ (ภาพที่ 3) จากการวิเคราะห์ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าในสารสกัดตัวอย่างว่านนางคำ A01 มีปริมาณ DPPH 0.039 ± 0.00 mg TEAC/g และในสารสกัดตัวอย่างว่านนางคำ A02 มีปริมาณ DPPH 0.179 ± 0.00 mg TEAC/g ดังแสดงใน (ตารางที่ 5) จากการทดลองพบว่าสารสกัดว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสกลนครมีฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าในสารสกัดว่านนางคำที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดหนองคายและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกว่าสารตัวอย่างมีคุณสมบัติที่ดีในการป้องกันหรือชะลอความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเรื้อรังและความเสื่อมของเซลล์ในร่างกายได้ดี

ตารางที่ 5 ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างว่านนางคำ

ตัวอย่างว่านนางคำ	ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (mg TEAC/g)
หนองคาย (A01)	0.039 ± 0.00
สกลนคร (A02)	0.179 ± 0.00

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม โดยวิธี Independent Samples T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

($P < 0.05$)

ค่า IC_{50} ของสารสกัดเอทานอลจากว่านนางคำ

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากว่านนางคำแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งได้จากการคำนวณสมการของกราฟมาตรฐาน Trolox โดยใช้ % Inhibition เทียบกับสารมาตรฐาน Trolox พบว่าในตัวอย่างสารสกัดว่านนางคำ A01 ให้ค่า IC_{50} เท่ากับ 11,450. 65 $\mu\text{g/ml}$ และในตัวอย่างสารสกัดว่านนางคำ A02 ให้ค่า IC_{50} เท่ากับ 3,243.00 $\mu\text{g/ml}$ ดังแสดงใน (ตารางที่ 6)

จากการศึกษาค่า IC_{50} คือความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% พบว่าในตัวอย่างสารสกัดว่านนางคำ A02 มีฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระได้ดีกว่าในตัวอย่างสารสกัดว่านนางคำ A01 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งเมื่อเทียบกับงานวิจัยของพรพรรณ สิริมนต์ และรัตติยา แวนกุล (2020) ที่พบว่า สารสกัดที่ได้มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด $IC_{50} = 7,945.32 \mu\text{g/ml}$ (พรพรรณ สิริมนต์ & รัตติยา แวนกุล, 2563) ซึ่งพบว่าในตัวอย่างสารสกัดว่านนางคำ A02 ยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูล DPPH ได้ดีที่สุด

ตารางที่ 6 IC_{50} ของสารสกัดว่านนางคำ

ตัวอย่างว่านนางคำ	IC_{50} ($\mu\text{g/ml}$)
หนองคาย (A01)	11,450. 65
สกลนคร (A02)	3,243.00

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม โดยวิธี Independent Samples T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$)

ค่าความสามารถในการรีดิวซ์

การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ของสารสกัดจากว่านนางคำด้วยวิธี Choi et al, 2007 (Choi, Jeong & Lee 2007) โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 nm ที่ความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับ Gallic acid ซึ่งเป็นสารมาตรฐาน โดยสมการของกราฟ คือ $y = 0.3208x - 0.0106$ (ภาพที่ 4) จากการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ พบว่าในสารสกัดตัวอย่างว่านนางคำ A01 ที่ความเข้มข้นสูงสุด 1 mg/ml เท่ากับ $0.48 \pm 0.05 \text{ mg GAE/g}$ และในสารสกัดตัวอย่างว่านนางคำ A02 ที่ความเข้มข้นสูงสุด 1 mg/ml เท่ากับ $0.64 \pm 0.03 \text{ mg GAE/g}$ ดังแสดงใน (ตารางที่ 7)

จากการทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ ของสารสกัดว่านนางคำ ทำการทดสอบที่ความเข้มข้น 0 – 1 mg/ml พบว่าความสามารถในการรีดิวซ์ของสารสกัดว่านนางคำมีความสามารถในการรีดิวซ์เพิ่มขึ้นตาม

ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น และยังพบว่าสารสกัดในตัวอย่างนางคำ A02 มีความสามารถในการรื้อฟื้นดีกว่าในตัวอย่างนางคำ A01 ดังแสดงใน (ภาพที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นารุยา ปิติวิทยากุลและคณะ (นารุยา ปิติวิทยากุล, ปภาวรินทร์ วจีสิงห์ & จิตติยาภรณ์ ประสมทรัพย์, 2563) ที่พบว่าความสามารถในการรื้อฟื้นของสารสกัดว่านเหลืองและว่านชั้มดลูก ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับว่านนางคำ

ตารางที่ 7 ค่าความสามารถในการรื้อฟื้นของสารสกัดว่านนางคำที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น mg/ml	A01 (mg GAE/g)	A02 (mg GAE/g)
0.2	0.11±0.00 ^d	0.15±0.02 ^d
0.4	0.22±0.02 ^c	0.34±0.04 ^c
0.6	0.30±0.05 ^b	0.48±0.03 ^b
0.8	0.36±0.06 ^b	0.60±0.02 ^a
1	0.48±0.05 ^a	0.64±0.03 ^a

หมายเหตุ * ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a,b,c,d ตัวอักษรต่างกันที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$)

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่มีผลต่อการสะสมสารสำคัญ เช่น ปริมาณแสง แร่ธาตุในดิน ความชื้น เพื่อหาเงื่อนไขการปลูกที่เหมาะสมที่สุด และหากเป็นไปได้ควรศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาเพิ่มเติม เช่น การต้านเซลล์มะเร็ง หรือฤทธิ์ต้านอักเสบ เพื่อยืนยันคุณสมบัติทางชีวภาพที่สอดคล้องกับองค์ประกอบทางเคมี อันจะนำไปสู่การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์และสุขภาพนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร หรือนวัตกรรมเพื่อสุขภาพ เช่น ผลิตภัณฑ์ต้านอนุมูลอิสระ เครื่องสำอางบำรุงผิว หรือผลิตภัณฑ์สมุนไพรเพื่อเสริมภูมิคุ้มกัน

ปริมาณโพลีฟีนอล เบต้าแคโรทีน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูง เพื่อพัฒนาเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการปรับสูตรผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมยา หรือเวชสำอางได้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ พิพิธกุล. (2563). เกษตรอินทรีย์วิถีสู่สังคมเกษตรยั่งยืน: ยุทธศาสตร์พัฒนาข้าว

อินทรีย์. วิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 10(1), 116.

เจิมอรุณ อุทัยแจ่มศรีผล. (2561). การเพิ่มจำนวนยอดและปริมาณสารทุติยภูมิของกะเพราแดง ในสภาพ
ปลอดเชื้อ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์].

ThammasatUniversity (CUIR). https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2018/TU_2018_5909032558_7736_9713.pdf

ชาลินี ไชยชนะ¹, สีตลา วงศ์กาฬสินธุ์², เดือนเพ็ญ มะโนเรือง³. (2564). การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมใน
การปลูกพืชสมุนไพรสำหรับสนับสนุนการปรุง ยาของโรงพยาบาลการแพทย์แผนไทย หลวงปู่
แป๊ะ สุภัทโท กรณีศึกษาจังหวัด สกลนคร. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม, 40(4), 32–46.

นฤมล วิถีธรรมศักดิ์¹ นพวรรณ พรศิริ² กุลภัทร โภชนกุล³. (2565). การตรวจเอกลักษณ์ทางเภสัชเวท
และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพรว่านนางคำ. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. 17(21),
49–60.

นาฐยา ปิติวิทยากุล¹, ปภาวรินทร์ วชิสิงห์², จุฑิยาภรณ์ ประสมทรัพย์³. (2563). การศึกษาฤทธิ์ต้าน
เอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากว่านเหลียงและวานชักมดลูก.
[วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.

พรพรรณ สิริมนต์ และ รัตติยา แวนกุล. (2563). การใช้คลื่นอัลตราซาวด์ร่วมกับตัวทำละลายในการ
สกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเหง้าว่านนางคำ. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
อุบลราชธานี, 22(1), 1–5.

วรภาพ เหล่าอ่อนอ่อน¹, ธิดารัตน์ จงใจงาม², ปกป้อง ประยงค์³. (2562). การพัฒนาตำรับและประเมิน
ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์พอกหน้าชนิดล้างออก ผสมผงว่านนางคำและผงถ่านไม้ไผ่. วารสาร
หมอยาไทยวิจัย. 5(1), 23–24.

วันชัย ดีเอกนามกุล. (2531). เซลล์เพาะเลี้ยงพืชสมุนไพร : ปัญหาและศักยภาพในการสร้าง Secondary
metabolites. *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*, 13(4), 359–363.
<https://doi.org/10.56808/3027-7922.1390>

สมพร ช่วยแต้ม และ นาดยา มนต์รี. (2562). ผลของการให้สารละลาย Salicylic acid ต่อผลผลิตและ
คุณภาพในขมิ้นชัน. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 37(1), 9–14.

หนูเดือน เมืองแสน¹ สุรพล แสนสุข² จักรพงศ์ แท่งทอง³. (2562). สังคมพืชและความหลากหลายชนิดของพืช
วงศ์กล้วยไม้และวงศ์ขิงข่า ในพื้นที่ปกปัก อพ.สธ. เขื่อนสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสาร
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 45(3), 574–594.

อรรณพ พุทธิโส¹ , ัญญธรณ์ จิตอรรณ² , สาวิตตรี เดชชัย³. (2558). การประเมินความเหมาะสมของ
ดินที่มีลูกรังต่อการปลูกข้าวและยางพาราในจังหวัดสกลนคร จังหวัดอุดรธานี จังหวัดหนองคาย
และจังหวัดบึงกาฬ. กรมพัฒนาที่ดิน. 81.

Choi, Y. Jeong, H.S., Lee J. (2007). Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains
consumed in Korea. *Food Chemistry*, 103(1), 130–138.

Moulick, S. P., Jahan, F., Islam, B., Bashera, M. A., Hasan, S., Islam, J., Ahmed, S., Karmakar,
D., Ahmed, F., Saha, T., Sandhani, S., Bobby, F., Saha, M., Saha, B. K., & Bhuiyan, N. H.
(2023). *Nutritional characteristics and antiradical activity of turmeric (Curcuma longa L.),
beetroot (Beta vulgaris L.), and carrot (Daucus carota L.) grown in Bangladesh*. 9(11),
6–7.

Prior, R.L., Schaich K. (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant
Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *J Agric Food Chem*,
53,4290–4302.

Singleton V, Rossi J. (1965). Colorimetry of total phenolics and phosphomolybdic-
phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 6,
144–158.