การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของส้มลม

(Chemical Analysis composition of *Aganonerion polymorphum* Pierre ex Spire)

เย็นหทัย แน่นหนา*

*สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของส้มลม การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โปรตีน ไขมัน ความชื้น ธาตุบางชนิด และกรดทั้งหมดจากยอด เถา ใบ ดอก ราก และฝักของส้มลม โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด คือ สดและต้มในกรณีศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โปรตีน ไขมัน ความชื้น กรดทั้งหมดและวิตามินซี พบว่า การวิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระของส้มลมใช้วิธี ดีพีพีเอช (DPPH asaay) ให้ผลสารสกัดจากเมทานอลในส่วนของดอกสดและดอกต้มมีสมบัติต้านอนุมูลได้มากกว่าในส่วนอื่น ๆ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 31.586 และ 32.718 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และพบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 18.16 – 25.26 มิลิกรัม ต่อ100 กรัม ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ P และ S ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-spectrophotometer) และ K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn และ Cu ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (atomic absorption spectroscopy) พบว่ามี P มีมากในส่วนของใบร้อยละ 0.20, K ในดอกร้อยละ 1.30, Ca ในส่วนรากร้อยละ 4.19, Mg พบมากใบร้อยละ 0.28, S พบมากในใบร้อยละ 0.18, Na พบน้อยมากในทุกส่วน, Fe พบมากในราก 310 พีพีเอ็ม, Mn พบมากในใบ 111พีพีเอ็ม, Zn พบมากในราก 33 พีพีเอ็ม และ Cu พบมากในใบ 13 พีพีเอ็ม การหาปริมาณของกรดแอซิติก กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดทาร์ทาริกวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) ผลการวิเคราะห์พบกรดอินทรีย์มากที่สุดในใบ 4.74 กรัม ต่อ 100 กรัม (ของพืชสด) การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้นพบปริมาณโปรตีน ไขมันและความชื้นอยู่ในช่วง 4.23 – 18.84 กรัม ต่อ 100 กรัม, 0.30 – 89.04 กรัม ต่อ 100 กรัม และ 2.10 – 9.80 กรัม ต่อ100 กรัม ตามลำดับ การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดและวิตามินซพบปริมาณกรดทั้งหมด วิตามินซีอยู่ในช่วงร้อยละ 0.0091 – 2.8 มิลลิกรัม ต่อ100 กรัม และ 350.26 – 0.102 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม

ตามลำดับ การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบี 1 และบี 2 โดยใช้ HPLC พบวิตามินบี 1 และบี 2 อยู่ในช่วง 0.01 – 0.16 ไมโครกรัม ต่อกรัม และ 0.16 – 0.84 ไมโครกรัม ต่อกรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: ส้มลม/ วิตามินซี/ สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

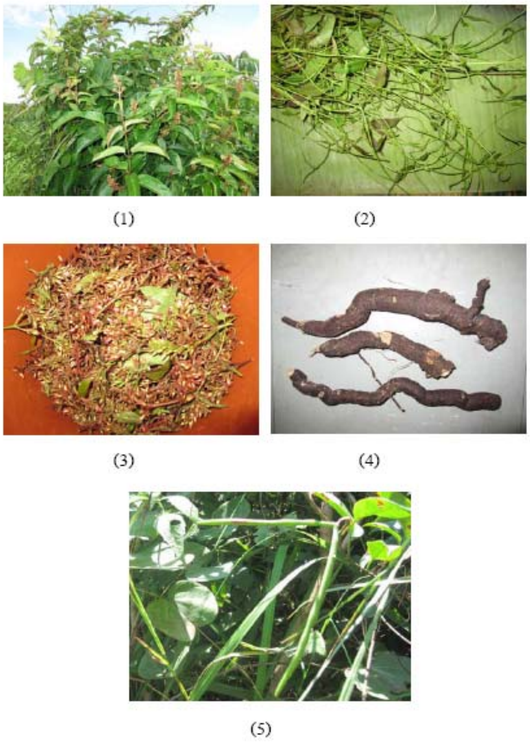
This research studied antioxidant characteristics of substances extracted from *Aganonerion polymorphum* Pierre ex Spire. The content of vitamins, total phenolic compound, protein, fat, moisture, mineral and total acids from fresh and boiled of tips, vine, leaf, flower, root, and pod of *Aganonerion polymorphum* Pierre ex Spire were determined. The DPPH assay method was used to analyze antioxidant characteristics. The results showed that extraction from fresh and boiled flower using methanol have more anti-free radical scavenger than extracted substances from other parts. The IC_{50} values of 31.586 and 32.718 ppm were found from fresh and boiled flower, respectively. The total phenolic contents of Apocynaceae extracts was 18.16-25.26 mg/100g. The UV-spectrophotometer was used to monitor the content of P and S contents. The contents of K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, and Cu were determined by atomic absorption spectroscopy. The results indicated that the content of P was mostly found in leaf (0.20%), K was mostly found in flower (1.30%), Ca was mostly found in root (4.19%), Mg was mostly found in leaf (0.28%), S was mostly found in leaf (0.18%), Na was rarely found in every part, Fe was mostly found in root (310 ppm), Mn was mostly found in leaf (111 ppm), Zn was mostly found in root (33 ppm), and Cu was mostly found in leaf (13 ppm). The contents of acetic, citric, malic, and tartaric acids were found by using of High Performance Liquid Chromatography (HPLC) technique. The organic acids were found mostly in leaf of fresh *Aganonerion polymorphum* Pierre ex Spire (4.74 g/100 g). Protein, fat, and moisture content were found by using of Kjeldahl method and soxhlet extraction, respectively. The results showed that contents of protein, fat, and moisture were 4.23 to 18.84 g/100 g, 0.30 to 89.04 g/100g, and 2.10 to 9.80 g/100g, respectively. Titration method (AOAC, 2000) was used to detect the amount of total acid and vitamin C. The contents of total acid and vitamin C were 0.0091-2.8 mg/100 g and 350.26-0.102 mg/100 g, respectively. The contents of vitamin B1 and B2 were 0.01- 0.16 μg/g and 0.16-0.84 μg/g, respectively.

Keywords: *Aganonerion polymorphum* Pierreex Spire/ Vitamin C/ Antioxidant

บทนำ

ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศกำลังพัฒนาตามอารยประเทศ แต่การพัฒนาอย่างขาดความสมดุลกลับก่อให้เกิดมลพิษในรูปแบบต่าง ๆ มากมาย ประกอบกับวิถีชีวิตของประชาชนเปลี่ยนแปลงไป ทั้งทางด้านการกิน การอยู่ สิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหา คือ ประชากรได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายโดยไม่รู้ตัว อีกทั้งสภาวะการเมือง เศรษฐกิจและสังคมไทยในปัจจุบันเป็นตัวช่วยผลักดันให้ประชาชนมีความเครียดเพิ่มขึ้น เจ็บป่วยด้วยโรคต่าง ๆ เพิ่มจำนวนมากขึ้นทุกปี โรคที่พบมากเป็นอันดับต้น ๆ คือ โรคเนื้องอก โรคระบบไหลเวียนเลือด โรคระบบย่อยอาหาร โรคเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อ โรคข้ออักเสบ โรคไขมันในเลือดสูง โรคอัลไซเมอร์ โรคพาร์กินสัน โรคผิวหนัง โรคเก๊าท์ ภูมิแพ้ เบาหวาน และอาการวัยทอง เป็นต้น (Hudson, 1990) โรคเหล่านี้ล้วนมีสาเหตุจากอนุมูลอิสระ (free radical) ในร่างกายมีปริมาณสูงกว่าปกติ ตัวอย่างเช่น ไขมัน LDL (low density lipoprotein) เมื่อเสียสภาพ ทำให้เกิดโรคหัวใจและโรคความดันโลหิตสูง แต่ถ้าอนุมูลอิสระเข้าทำปฏิกิริยากับ DNA ส่งผลให้เซลล์มีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์มากผิดปกติ จนกลายเป็นมะเร็งในที่สุด (Charanjit, 2002) นอกจากนี้อนุมูลอิสระยังเข้าไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ โปรตีนและเอนไซม์เกิดการแปลงสภาพ (denatured) ให้สูญเสียสภาพ ทำให้เกิดความเสื่อมของเซลล์ นำมาซึ่งการเกิดโรคต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว โดยปกติร่างกายมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Javanmardi *et al.*, 2003) เพื่อควบคุมอนุมูลอิสระให้อยู่ในภาวะสมดุลที่ร่างกายรับได้ การรับประทานอาหารประเภทพืชซึ่งเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามิน และเกลือแร่ (Catherine *et al.*, 1997) (Crawley, 1993) จะช่วยปรับสมดุลของสารต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกายให้เข้าสู่ภาวะปกติ เพื่อเป็นการป้องกันโรคต่าง ๆ ที่มีสาเหตุจากอนุมูลอิสระ (Roberfroid and Pedro, 1965) ในปัจจุบันมีสารจากธรรมชาติที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระและไม่มีสมบัติก่อกลายพันธุ์ ในพืชสมุนไพรหลายชนิด ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาสมบัติของส้มลม (*Aganonerion polymorphum* Pierreex Spire) (เต็ม สมิตินันท์, 2523) ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรในท้องถิ่นภาคอีสาน รับประทานได้ทั้งใบ ดอก ลำต้นและราก (Naczk *et al.*, 2006) ชาวบ้านทางภาคอีสานนิยมนำใบส้มลมมาต้มกับอาหาร เพื่อดับคาวและเพิ่มรสเปรี้ยวให้กับอาหาร ใช้แทนมะขามได้ (Ball, 1992) ในส่วนของอุบาสกอุบาสิกาในจังหวัดร้อยเอ็ดและจังหวัดใกล้เคียง นิยมนำใบและดอกส้มลมมาทำเป็นน้ำปานะ และจังหันสำหรับถวายพระกรรมฐานสายวัดป่า เพราะถือว่าเป็นยา จึงเป็นเรื่องน่าสนใจ สมบัติในการต้านอนุมูลอิสระตลอดจนคุณค่าทางโภชนาการของส้มลม ซึ่งในปัจจุบันยังไม่พบงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ในทางวิชาการ และความปลอดภัย

ในการนำมาบริโภค (Rangana, 1997) ลักษณะของส้มลมแสดงดึงภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มลม (1) ต้นส้มลม (2) ส่วนยอดของส้มลม (3) ดอกของส้มลม (4) รากของส้มลม (5) ฝักของส้มลม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Özkoök และคณะ, 2010)

1.1 เตรียมสารสำหรับวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิก

เก็บตัวอย่างส้มลมแยกเป็นยอดอ่อน ใบ ดอก ลำต้น รากและฝัก นำมาล้างและตากให้แห้ง แบ่งเป็น 2 ชุด ชุดแรกนำมาปั่นให้ละเอียด ชุดที่สองนำมาต้ม 5 นาที แล้วนำมาปั่นให้ละเอียด นำแต่ละส่วนของส้มลมมาส่วนละ 40 กรัม สกัดด้วยเฮกเซน 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตั้งทิ้งไว้ 5 วัน ทั้ง 2 ชุด จากนั้นนำมาแยกของเหลว แล้วระเหยตัวทำละลายออกเก็บสารไว้วิเคราะห์ต่อไป ส่วนกากนำมาสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตั้งไว้ 5 วัน นำมาแยกของเหลว แล้วระเหยตัวทำละลายออกเก็บสารไว้วิเคราะห์ต่อไป ส่วนกากนำมาสกัดต่อด้วยตัว เมทานอล 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตั้งทิ้งไว้ 5 วัน แล้วนำมาแยกของเหลวระเหยตัวทำละลายออก ชั่งสารที่ได้เก็บไว้ทดสอบ

1.2 เตรียมสตอกโซลูชัน (stock solution) ของสารมาตรฐาน 1000 พีพีเอ็ม

ชั่งกรดแกลลิก (gallic acid) 0.1 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรด้วยเอทานอล เตรียมความเข้มข้นของกรดแกลลิกที่ 20, 40, 60, 80, 100 และ 150 พีพีเอ็ม นำสารแต่ละความเข้มข้นจากสตอกโซลูชัน 1000 พีพีเอ็ม มาความเข้มข้นละ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมรีเอเจนต์โฟลินซีโอแคลทิว (folin–ciocalteu’s reagent) 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 15 จำนวน 4 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าสารเบา ๆ แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง โดยใช้เอทานอลเป็นสารควบคุม (blank)

1.3 การเตรียมสารตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

เตรียมสตอกโซลูชันความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ของสารที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน ไดคลอโรมีเทนและเมทานอล ของใบ ดอก เถา ฝัก และรากของส้มลม โดยชั่งสารตัวอย่าง 0.001 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรด้วยเอทานอล นำสารละลายจากสตอกโซลูชันมา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมรีเอเจนต์โฟลินซีโอแคลทิว 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 15 จำนวน 4 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าสารผสมเบา ๆ แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

2. วิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระ (Kriensak และคณะ, 2006)

นำสารสกัดในแต่ละส่วนที่ได้จากส้มลม นำมาเตรียมสารละลายความเข้มข้นต่างกันในช่วง 10 - 1000 พีพีเอ็ม เตรียมสารละลายอนุมูลเมทานอลลิกดีพีพีเอช (methanolic DPPH radical) ให้มีความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมล เติมสารละลายอนุมูลเมทานอลลิกดีพีพีเอช 9 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในสารละลายสารสกัดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง คำนวณหาค่าร้อยละ 50 (IC_{50})

3. วิเคราะห์ปริมาณธาตุ (Yash, 1998)

นำสารตัวอย่างที่บดละเอียดและอบแห้งแล้ว 1 กรัม ใส่ในขวดแก้วเติมกรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3) 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และกรดเพอร์คลอริกเข้มข้น ($HClO_4$) 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อควันเริ่มเป็นสีขาวเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 220 องศาเซลเซียส ใช้น้ำอุ่นล้างภายในขวด ผ่านกระดาษกรองหลาย ๆ ครั้งจนได้ 80-90 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับปริมาตรเป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดจุกเขย่าให้เข้ากันเก็บไว้วิเคราะห์ต่อไป สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ P,S ใช้ เครื่องวัดการดูดกลืนแสง ส่วน K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn และ Cu ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี

4. วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Suzanne, 2010)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5-1 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน ใส่สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 5 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4 (conc.)) 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร วางหลอดย่อยในเตาย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบ ขวดใส่เบสและเครื่องดักจับกรด ตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิเป็น 350 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 60 นาที จนได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น เตรียมอุปกรณ์กลั่น แล้วนำขวด

รูปกรวย ขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่กรดไฮโดรบอริก (boric acid, H_3BO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 4 จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมอินดิเคเตอร์ แล้วนำไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ ดูดสารละลายตัวอย่าง 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 40 จำนวน 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้เวลากลั่นประมาณ 10 นาที ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือ (HCl 0.1 N) จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง คำนวณหาปริมาณโปรตีน

5. วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (Suzanne, 2010)

อบขวดก้นกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ขนาด 250 มิลลิกรัม ใส่ในตู้อบ รอให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักขวดที่แน่นอน นำตัวอย่าง 3-5 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง ปิดด้วยใยแก้วนำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอกห์เลต เติมอีเทอร์หรือเฮกเซน 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้เวลาในการสกัด 10-14 ชั่วโมง โดยควบแน่น 150 หยดต่อนาที จากนั้นนำหลอดใส่สารออกจากซอกห์เลต ให้ตัวทำละลายไหลลงขวดก้นกลมจนหมด นำไประเหยตัวทำละลายตัวเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ แล้วนำขวดไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้ผลต่างทั้งสองครั้งไม่เกิน 1-3มิลลิกรัม คำนวณหาปริมาณไขมัน

6. วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม ชั่งตัวอย่าง 3-5 กรัม ใส่ในภาชนะหาความชื้น นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 16 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักและอบซ้ำครั้งละประมาณ 30 นาที จนได้ผลต่างของน้ำหนักไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น

7. วิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000)

หาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยนำไปไทเทรตกับ โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (potassium hydrogen phthalate) โดยวิธีโพเทนชิออเมตริกไทเทรชัน (potentiometric titration) จุดยุติที่พีเอช 8.2 เตรียมตัวอย่างประมาณ 25 กรัม บดให้ละเอียด แล้วเติมน้ำกลั่นประมาณ 80 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปกรองด้วยกรวยกรองกระเบื้อง (Buchner funnel) แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร กรองซ้ำด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ดูดของเหลวที่กรองได้ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ แล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีน จำนวน 2-3 หยดนำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ทราบความเข้มข้นแล้ว

บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วคำนวณหาร้อยละของกรดทั้งหมด

8. วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี

(Hassan, A. S. และคณะ 2008)

8.1 เตรียมสารละลาย

เตรียมสารละลายสำหรับสกัดกรดเมทาฟอสฟอริก-กรดแอซีติก (HPO_3-HOAc) โดยนำ HPO_3 15 กรัม CH_3COOH 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร และน้ำ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ละลายแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปไว้ในที่มืด เตรียมสารละลายอินโดฟีนอล (indophenols solution) นำ 2.6-dichloropheno-lindophenols 50 มิลลิกรัม ละลายด้วยน้ำ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปผสมกับ $NaHCO_3$ 42 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปไว้ในที่มืด เตรียมสารละลายวิตามินซีมาตรฐานใช้วิตามินซี 50 มิลลิกรัม ละลายใน HPO_3-HOAc 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

8.2 เตรียมสารละลายอินโดฟีนอลมาตรฐาน

เตรียมสารละลายอินโดฟีนอลมาตรฐานโดยนำสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับปริมาตรให้เป็น 7 ลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยสารละลาย HPO_3-HOAcแล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอล เมื่อถึงจุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูคงที่ประมาณ 5 นาที ทำแบงค์โดยนำสารละลาย HPO_3-HOAc 7 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอล

8.3 เตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 40 กรัม เติมสารละลาย HPO_3-HOAc 80 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 2 นาที ปั่นเหวี่ยงเก็บส่วนสารละลายใส ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย HPO_3-HOAc ให้ได้ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิเปตต์สารละลายมา 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย HPO_3-HOAc ให้ได้ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอลทันที เมื่อถึงจุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู เตรียมตัวควบคุมโดยนำสารละลาย HPO_3-HOAc 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอล

9. วิเคราะห์หาปริมาณกรดแอซิติก กรดซิตริก กรดมาลิกและกรดทาร์ทาริก

(AOAC, 2000)

นำตัวอย่างมา 40 กรัม บดให้ละเอียดผสมน้ำ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง 3 นาที กรองแยกของเหลวออกจากกาก นำของเหลวไปปั่นด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ 10,000 รอบ ต่อ นาที เป็นเวลา 15 นาที ของเหลวใสที่ได้นำมาทำให้เจือจางด้วยตัวทำละลายโพแทสเซียมซัลเฟต 25 มิลลิโมล ในอัตราส่วน 1 : 50 สำหรับทดสอบกรดซิตริก สำหรับกรดมาลิก กรดแอซิติกและกรดทาร์ทาริกทำให้เจือจางในอัตราส่วน 1 : 5 กรองด้วยเมมเบรนขนาด 0.45 ไมโครกรัม เตรียม

สารละลายมาตรฐานของกรดแอซิติก กรดซิ-ตริก กรดมาลิก และกรดทาร์ทาริกด้วยตัวทำละลายโพแทสเซียมซัลเฟต 25 มิลลิโมล ที่ pH 2.5 นำของเหลวไปแยกวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง โดยใช้คอลัมน์ แอพอลโล (Apollo) C_{18} (4.6 x 250 mm, 5μm) ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 210 นาโน-เมตร ใช้สารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต 25 มิลลิโมล ที่ pH 2.5 เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ อัตราการไหล 0.8 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที

10. วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบี (Junaid และคณะ, 2008)

เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ใช้โซเดียมเฮกเซนซัลโฟเนต (sodium hexanesulfonate, ($CH_3(CH_2)_4CH_2SO_3Na$) 1.08 กรัม และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate, K H_2PO_4) 1.36 กรัม ละลายในน้ำ 940 ลูกบาศก์เซนติเมตร และไทรเอทิลแอมีน (triethylamine, N(CH_3) 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับค่าพีเอชให้เป็น 3.0 ด้วยกรดออโทฟอส-ฟอริก (orthophosphoric acid) นำตัวอย่างมา 10 กรัม บดให้ละเอียดสกัดด้วยตัวทำละลาย 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปวางในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซล-เซียส เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นปล่อยให้เย็นแล้วนำมากรองด้วยเมมเบรนขนาด 0.45 ไมโครกรัม สำหรับสารละลายที่ใช้สกัดเตรียมจากแอซิโทไนไทรล์ (acetonitrile) 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรและกรดแอซิติกเข้มข้น (glacial acetic acid) 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำให้เป็น1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินบี 1 ด้วยไทอามีนในกรดเกลือ (thiamine HCl) 26.7 มิลลิกรัม ในน้ำ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนวิตามินบี 2 ใช้ไรโบฟลาวิน (riboflavin) 6.9 มิลลิกรัม ในสารละลายที่ใช้สกัด 100 ลูกบาศก์-เซนติเมตร นำของเหลวไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโท-กราฟีของเหลวสมรรถนะสูง โดยใช้คอลัมน์วอเตอร์ซิมเมทรี C_{18} (4.6 x 250 mm, 5μm) ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร ใช้เมทา-นอล ผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์ในอัตราส่วน 4 : 96 เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ อัตราการไหล 1.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที

ผลการวิจัย

1. ผลวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของส้มลม โดยวิธี DPPH assay

ชนิด	ค่า IC_{50} (ppm)					
	เฮกเซน		ไดคลอโรมีเทน		เมทานอล	
	สด	ต้ม	สด	ต้ม	สด	ต้ม
เถา	1.50×10^{13}	5.94×10^{9}	532.230	3.11×10^{6}	139.926	115.637
ใบ	1121.760	2.90×10^{8}	64.629	1.43×10^{9}	89.371	45.123
ดอก	9.95×10^{9}	752488.730	1.56×10^{7}	80.984	31.586	32.718
ฝัก	118.149	1.73×10^{10}	2.93×10^{13}	2.16×10^{8}	334.657	39.454
ยอด	1.81×10^{7}	1120.469	117111.623	64.624	137.056	84.854
ราก	1.24×10^{19}	1982.896	120226.443	67.608	93.325	110.535
วิตามินซี	8.8970					

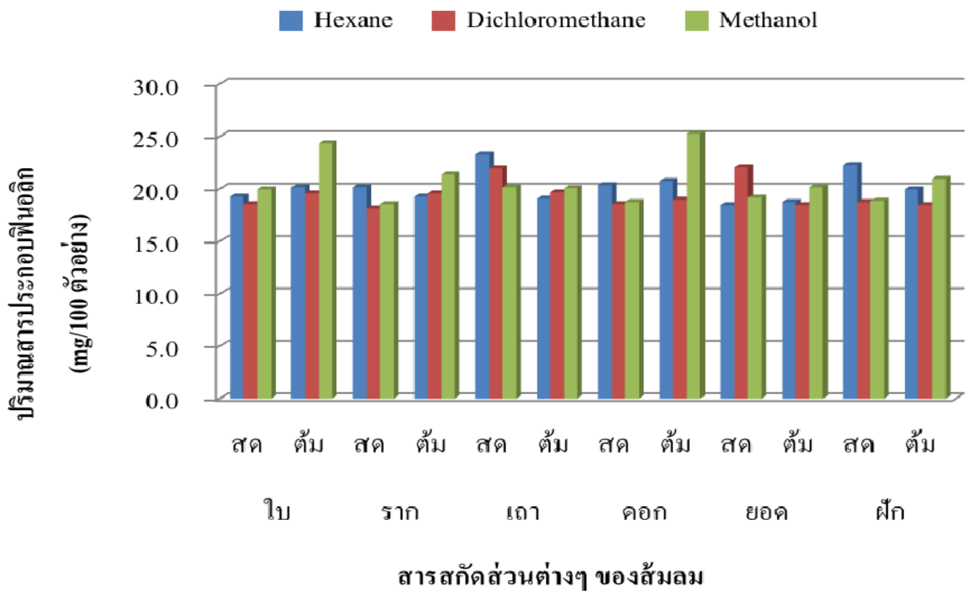
จากผลการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเฮกเซนในส้มลมพบว่า เถา ใบ ดอก ฝัก ยอด ราก ในส่วนสด ให้ค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 118.149 – 1.24×10^{19} พีพีเอ็ม ในส่วนต้ม ให้ค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 118.149 – 1.73×10^{10} พีพีเอ็ม ในสารสกัดไดคลอโรมีเทนในส่วนสดพบว่า เถา ใบ ดอก ฝัก ยอด ราก ให้ค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 64.629 – 2.93×10^{13} พีพีเอ็ม ในส่วนต้มให้ค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 64.624 – 1.73×10^{10} พีพีเอ็ม ในสารสกัดเมทานอลในส่วนสดพบว่า เถา ใบ ดอก ฝัก ยอด ราก ให้ค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 31.586 – 334.657 พีพีเอ็ม ในส่วนต้มให้ค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 32.718 – 110.535 พีพีเอ็ม เมื่อเปรียบเทียบการสกัดระหว่างตัวทำละลาย เฮกเซน ไดคลอโรมีเทนและเมทานอล พบว่าตัวทำละลายเมทานอลในดอกสด และดอกต้มให้ค่า IC_{50} เท่ากับ 31.586 และ 32.718 พีพีเอ็ม นอกจากนี้ในส่วนของฝักต้ม และใบต้มสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระมีค่า IC_{50} เท่ากับ 39.454 และ 45.123 พีพีเอ็ม เมื่อเปรียบเทียบกับผลการต้านอนุมูลอิสระระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระกับวิตามินซี พบว่า สารสกัดในตัวทำละลาย เมทานอล ในส่วนดอกสด ดอกต้ม ฝักต้ม และใบต้ม สามารถให้ผลการต้านอนุมูลอิสระที่มากกว่าวิตามินซี (IC_{50} เท่ากับ 8.897 พีพีเอ็ม)

จากการวิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส้มลมในแต่ละตัวทำละลายจากตารางที่ 1 พบว่าสารสกัดจากเฮก-เซน ไดคลอโรมีเทนและเมทานอล ให้ค่า IC_{50}

อยู่ในช่วง 118.149– 1.24 × 10^{19}, 118.149–1.73 × 10^{10}, 64.624 – 1.73 × 10^{10}, 31.586 – 334.657และ 32.718 – 110.535 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถโดยรวมในการยับยั้งอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดจากส้มลมในตัวทำละลายเมทานอลให้ผลการยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่าสารสกัดชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะผลการยับยั้งอนุมูลอิสระในดอกสด

2. ผลวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของส้มลม โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐานได้ผล ดังนี้



ภาพที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในส่วนต่างๆของส้มลมโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน ไดคลอโร-มีเทนและเมทานอล

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าในส่วนสกัดเฮกเซน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกพบในเถาสดและฝักสดมากที่สุด คือ 23.26 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม และ 22.26 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม ตามลำดับ ส่วนในใบสด รากสดและดอกสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกใกล้เคียงกัน ยอดสดมีปริมาณฟีนอลิกน้อยที่สุด สำหรับส้มลมต้มส่วนใหญ่มีปริมาณฟีนอ-ลิกน้อยกว่าส้มลมสด ในส่วนสกัดไดคลอโร-มีเทน พบในเถาสดและยอดสดมากที่สุด คือ 21.96 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม และ 22.06 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ส่วนในใบสด รากสด ฝักสดและดอกสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกใกล้เคียงกัน สำหรับส้ม

ลมต้มส่วนใหญ่มีปริมาณฟีนอลิกน้อยกว่าส้มลมสด ในส่วนสกัด เมทานอล พบในใบสดและเถาสดมาก ส่วนในยอดสด รากสด ฝักสดและดอกสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกใกล้เคียงกัน สำหรับส้มลมต้มส่วนใหญ่มีปริมาณฟีนอลิกมากกว่าส้มลมสด และพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในส่วนสกัดตัวทำละลายไม่มีขั้วมีมากกว่าตัวทำละลายมีขั้ว

3. ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุ

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุจากส้มลม

ส่วนของส้มลม	**P** (%)	**K** (%)	**Ca** (%)	**Mg** (%)	**S** (%)	**Na** (%)	**Fe** (ppm)	**Mn** (ppm)	**Zn** (ppm)	**Cu** (ppm)
ใบสด	0.13	0.65	1.47	0.28	0.18	0.01	199	111	20	13
รากสด	0.06	023	4.19	0.07	0.01	0.01	310	49	33	9
ดอกสด	0.20	1.30	0.54	0.19	0.16	n.d	93	41	16	9
ฝักสด	0.12	0.85	0.34	0.12	0.09	0.01	141	32	14	7

n.d = non detectable

ในการวิจัยปริมาณแร่ธาตุในส้มลมจะใช้เฉพาะส่วนใบสด รากสด ดอกสด และฝักสด เนื่องจากเป็นส่วนที่นำมาใช้ทำอาหาร หรือยา จากผลการวิเคราะห์ในแบบสด พบฟอสฟอรัสมีมากที่สุดในดอกร้อยละ 0.20 โพแทสเซียมมีมากที่สุดในรากร้อยละ 1.30 แคลเซียมมีมากที่สุดในรากร้อยละ 4.19 แมกนีเซียมมีมากที่สุดในรากร้อยละ 4.19 กำมะถันมีมากที่สุดในรากร้อยละ 4.19 โซเดียมเป็นธาตุที่พบน้อยมากใน 4 ส่วนของส้มลม Fe มีมากที่สุดในรากเท่ากับ 310 พีพีเอ็ม แมงกานีสมีมากที่สุดในใบเท่ากับ 111 พีพีเอ็ม สังกะสีมีมากที่สุดในรากเท่ากับ 33 พีพีเอ็ม และทองแดงมีมากที่สุดในใบเท่ากับ 13 พีพีเอ็ม

4 ผลวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น กรดทั้งหมดและวิตามินซี

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น กรดทั้งหมดและวิตามินซี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น กรดทั้งหมดและวิตามินซีจากส้มลม

ลำดับ	ส่วนของส้มลม	โปรตีน (g/100g)	ไขมัน (g/100g)	ความชื้น (g/100g)	กรดทั้งหมด (%)	วิตามินซี (mg/100g)
1	ใบสด	14.46	4.00	2.10	0.5076	350.26
2	ใบต้ม	18.14	18.06	8.26	0.6370	0.303
3	รากสด	5.49	1.44	3.68	0.0294	0.469
4	รากต้ม	6.33	0.30	3.93	0.0310	0.102
5	เถาสด	4.23	1.54	3.29	2.5309	10.38
6	เถาต้ม	4.33	0.18	6.93	2.8069	0.549
7	ยอดสด	13.81	4.30	8.76	0.2880	28.25
8	ยอดต้ม	18.84	24.39	8.19	0.2387	13.54
9	ดอกสด	13.90	3.37	9.80	0.9649	8.33
10	ดอกต้ม	13.12	33.75	8.18	0.7035	0.47
11	ฝักสด	8.80	89.04	8.97	0.0091	1.05
12	ฝักต้ม	8.16	13.50	9.38	0.0122	0.40

ในงานวิจัยนี้เปรียบเทียบระหว่างส้มลมสดกับส้มลมต้ม ส้มลมสดพบว่ามีโปรตีนมากที่สุดในส่วนใบ 14.46 กรัม ต่อ 100 กรัม ส้มลมต้มพบโปรตีนมากที่สุดในส่วนยอด 18.84 กรัม ต่อ 100 กรัม ส่วนของส้มลมต้มจะมีโปรตีนมากกว่าสดยกเว้นในดอกและฝัก ส้มลมสดพบปริมาณไขมันมากที่สุดในฝัก 89.04 กรัม ต่อ 100 กรัม ส้มลมต้มพบไขมันมากที่สุดในดอก 33.75 กรัม ต่อ 100 กรัม ส่วนของส้มลมต้มจะมีไขมันมากกว่าสดยกเว้นในราก เถาและฝัก เมื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้นพบว่า ส้มลมสดในส่วนดอกมีปริมาณความชื้นมากที่สุด 9.8 กรัม ต่อ 100 กรัม และ 9.38 กรัม ต่อ 100 กรัม ในฝักต้ม ส่วนของส้มลมต้มจะมีความชื้นมากกว่าสดยกเว้นในส่วนดอกและยอด ส้มลมสดพบปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุดในเถาร้อยละ 2.5309 ส่วนส้มลมต้มพบกรดทั้งหมดมากที่สุดในเถาร้อยละ 2.8069 ส่วนของส้มลมต้มจะมีกรดทั้งหมดมากกว่าสดยกเว้นในดอกและยอด ส้มลมสดพบว่ามีวิตามินซีในใบมากที่สุด 350.26 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ส่วนส้มลมต้มพบวิตามินซีมากที่สุดในยอด 13.54 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และพบว่าส้มลมสดมีวิตามินซีมากกว่าต้ม

5. ผลวิเคราะห์หาปริมาณกรดแอซิติก กรดซิตริก กรดมาลิกและกรดทาร์ทาริก

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแอซิติก กรดซิตริก กรดมาลิกและกรดทาร์ทาริก ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดแอซิติก กรดซิตริก กรดมาลิกและกรดทาร์ทาริกจากส้มลม

ลำดับ	**ส่วนของส้มลม**	**กรดแอซิติก** (g/100g)	**กรดซิตริก** (g/100g)	**กรดมาลิก** (g/100g)	**กรดทาร์ทาริก** (g/100g)
1	ใบสด	0.57	0.14	0.64	4.74
2	รากสด	0.00	0.18	0.00	0.00
3	ยอดสด	0.49	0.07	0.00	0.00
4	ดอกสด	0.93	0.22	0.39	3.87
5	ฝักสด	0.75	0.10	0.95	2.69
6	เถาสด	0.38	0.02	0.00	0.00

ในการวิจัยนี้ใช้ส่วนของส้มลมสดเพียงอย่างเดียว จากการวิจัยพบว่าในส่วนของใบพบกรดทาร์ทาริกมากที่สุด 4.74 กรัม ต่อ 100 กรัม รากพบกรดซิตริกมากที่สุด 0.18 กรัม ต่อ 100 กรัม ยอดพบกรดแอซิติก มากที่สุด 0.49 กรัม ต่อ 100 กรัม ดอกพบกรดทาร์ทาริกมากที่สุด 3.87 กรัม ต่อ 100 กรัม ฝักพบกรดทาร์ทาริกมากที่สุด 2.69 กรัม ต่อ 100 กรัม เถาพบกรดแอซิติก มากที่สุด 0.38 กรัม ต่อ 100 กรัม แต่เมื่อพิจารณาปริมาณกรดแอซิติก พบมากที่สุดในดอก 0.93 กรัม ต่อ 100 กรัม กรดซิตริก พบมากที่สุดในดอก 0.22 กรัม ต่อ 100 กรัม กรดมาลิกพบมากที่สุดในฝัก 0.95 กรัม ต่อ 100 กรัม และกรดทาร์ทาริก พบมากที่สุดในใบ 4.74 กรัม ต่อ 100 กรัม

6. ผลวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบี 1 และวิตามินบี 2

การ วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 ได้แสดงผลในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 จากส้มลม

ลำดับ	**ส่วนของส้มลม**	**วิตามินบี 1** (μg/g)	**วิตามินบี 2** (μg/g)
1	ใบสด	0.04	0.16
2	รากสด	0.09	0.59
3	ยอดสด	0.16	0.84
4	ดอกสด	0.02	0.74
5	ฝักสด	0.01	0.38
6	เถาสด	0.14	0.70

การวิจัยปริมาณวิตามินบี 1 และ บี 2 ใช้ส้มลมสด ผลวิจัยพบวิตามินบี 1 มีมากที่สุดในยอดมีปริมาณ 0.16 ไมโครกรัม ต่อกรัม และวิตามินบี 2 พบมากที่สุดในยอดมีปริมาณ 0.16 ไมโครกรัม ต่อกรัม

สรุปและการอภิปรายผล

จากการศึกษาสมบัติของส้มลมสดและส้มลมต้มพบว่า สารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดหยาบของส่วนต่าง ๆ ของส้มลมสดและส้มลมต้ม โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เฮก-เซน ไดคลอโรมีเทนและเมทานอล พบว่ามีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 18.16 – 25.26 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ส่วนสกัดจากเมทานอลมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าส่วนสกัดจากเฮกเซนและไดคลอโรมีเทน โดยพบว่าในส่วนของดอกสดและดอกต้มมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระให้ค่า IC_{50} เท่ากับ 31.586 และ 32.718 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส้มลมจัดเป็นพืชที่มีคุณค่าทางสารอาหารและมีแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย โดยแร่ธาตุที่พบมากได้แก่ฟอสฟอรัสพบมากในดอก โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและกำมะถันพบมากในราก ส่วนโซเดียมพบน้อยมาก สำหรับแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการน้อยแต่มีความสำคัญมากได้แก่เหล็กและสังกะสีพบมากในราก แมงกานีสและทองแดงพบมากในใบจากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและไขมันพบว่า ส้มลมสดพบโปรตีนมากในส่วนใบ พบไขมันมากในส่วนฝัก ส่วนส้มลมต้มพบโปรตีนมากในส่วนยอดและพบไขมันมากในส่วนดอก ส้มลมต้มมีปริมาณโปรตีนและไขมันมากกว่าในส้มลมสดยกเว้นในดอก ฝัก และราก เถา ฝัก ตามลำดับ ส้มลมสดพบปริมาณความชื้นมากในดอก ส้มลมต้มพบความชื้นมากในฝัก ส้มลมต้มจะมีความชื้นมากกว่าสดยกเว้นในดอกและยอด ส้มลมสดพบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุดในเถา ส่วนของส้มลมต้มจะมีปริมาณกรดทั้งหมดมากกว่าส้มลมสดยกเว้นในดอกและยอด วิตามินซีพบมากที่สุดในส่วนใบของส้มลมสด และในส่วนยอดของส้มลมต้ม และพบว่าส้มลมสดมีวิตามินซีมากกว่าต้ม สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกรดแอซิติก กรดซิตริก กรดมาลิกและกรดทาร์ทาริกในส่วนต่าง ๆ ของส้มลม พบในใบมีกรดทาร์ทาริกมากที่สุด รากมีกรดซิตริกมากที่สุด ยอดมีกรดแอซิติกมากสุด ดอกมีกรดทาร์ทาริกพบมากที่สุด ฝักมีกรดทาร์ทาริกมากที่สุด และเถามีกรดแอซิติกมากที่สุดและปริมาณวิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 มีมากในยอด

ข้อเสนอแนะ

1. ส้มลมที่ผ่านการต้มแล้วจะมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลดลง ดังนั้นการรับประทานแบบสดจะให้คุณค่าทางอาหารสูงกว่าการปรุงผ่านความร้อน

2. ส้มลมเป็นพืชในวงศ์ *Apocynaceae* ในส่วนของใบ ฝัก ดอกมีน้ำยางสีขาวซึ่งอาจเป็นพิษได้ ดังนั้นการรับประทานส้มลมสดอาจก่อให้เกิดอาการแพ้ในบางคนได้

3. ควรมีการวิจัยชนิดของสารที่อยู่ในน้ำยางสีขาวว่าเป็นสารใด และมีพิษหรือไม่

4. ควรมีการค้นคว้าวิจัยชนิดของสาร-ประกอบฟีนอลในส้มลม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา รักภักดี และชัยวัฒนา ประภาศรี. (2551). **การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน แคลเซียมและไขมันในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเต้าฮวยนมสดบรรจุขวดพลาสติก**. รายงานโครงงานวิจัยภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏมหาสารคาม.

เต็ม สมิตินันท์. (2523). **ชื่อพันธุ์ไม้แห่งประเทศไทย: ชื่อพฤกษศาสตร์ ชื่อพื้นเมือง**. กรุงเทพมหานคร: หอพรรณไม้กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis**. (16th Ed.). Washington, DC.: The Association of Official Analytical Chemists.

Ball, G. F. M. (1992). **The Fat-Soluble Vitamin, In Food Analysis by HPLC**. New York: Mercel Dekker.

Catherine, R. E., Nicholas, M., and George, P. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends in Plant Science**, 2: 152-159.

Crawley, H. (1993). **Natural Occurrence of Vitamin in Food, In The Technology of Vitamins in Food**. London: Chapman and Hall Inc.

Charanjit K. and Harish C. K. (2002). Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **Food Science and Tecnology**, 37: 153-161.

Hassan, A. S. and Hassan, H. S. (2008). Quantitative estimation of vitamin C in some local fruits. **Science World**, 3: 113 – 115.

Hudson, B. J. F. (1990). **Food Antioxidants**. London: Elsevier Science Publisher.

Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E., and Vivanco, J.M. (2003). Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. **Food Chem-Mistry**, 83: 547-550.

Junaid, A., Mohammed, S. M., Saeed, A. K. and Abdul, Q. K. (2008). HPLC analysis of water-soluble vitamins (B1, B2, B3, B5, B6) in *in vitro* and *ex*

vitro germinated chickpea. **Biotechnology**, 7 (14): 2310-2314.

Kriensak, T., Unaroj, B. and Kevin, C. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Food Composition and Analysis**, 19: 669-675.

Naczk, M., Grant, S., Zadernowski, R., and Barre, E. (2006). Protein precipitating capacity of phenolics of wild blueberry leaves and fruits. **Food Chemistry**, 96: 640-647.

Özkoök, A., D'arcy, B. and Sorkun, K. (2010). Total phenolic acid and total flavonoid content of Turkish Pine Honeydew honey. **Apiproduct and Apimedical Science,** 2: 65 – 71.

Rangana, S. (1997). **Manual of Fruit and Vegetable Product**. New Delhi: Tata McGraw-Hall.

Roberfroid, M. B. and Pedro, B. C. (1965). **Free Radicals and Oxidation Phenomena in Biological Systems**. New York: CRC Press.

Suzanne, N. (2010). **Food analysis Laboratory Manual**. New York: Spinger. Yash, P. K. (1998). **Handbook of Reference Methods for Plant Analysis**. New York: CRC Press Taylor & Francis group.