

สารให้กลิ่นในเปลือกส้มซ่าจากการสกัดด้วยวิธีต่างกัน

Aroma Compounds in *Citrus aurantium* var. *aurantium* Peel from Different Extraction Methods

วรรณวรงค์ วัชรานันท์¹ ธงชัย พุดทองศิริ² และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์^{2*}
Wanwarang Watcharanant¹, Tongchai Puttongsiri² and Kittiphong Huangrak^{2*}

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของการใช้ตัวทำละลายต่างชนิดในการสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่า พบว่าการใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 ได้ปริมาณสารที่สกัดได้มากกว่าการใช้ไดเอทิลอีเทอร์เพียงอย่างเดียว สำหรับผลของวิธีสกัดต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้ พบว่าวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์อัตราส่วน 1:1 ได้ชนิดของสารไม่ต่างจากการกลั่นด้วยไอน้ำ แต่ได้ปริมาณสารสกัดมากกว่า อีกทั้งยังได้ชนิดและปริมาณสารมากกว่าการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติและการบีบ

คำสำคัญ: ปิโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ การกลั่นด้วยไอน้ำ

Abstract

The results of the study on the effects of using different solvents to extract aroma compounds from *Citrus aurantium* var. *aurantium* peel were that 1) a mixture of petroleum ether and diethyl ether (1:1) could extract a greater amount of compounds than diethyl ether alone 2) distillation using the mixture of petroleum ether and diethyl ether (1:1) extracted the same types of aroma compounds as did steam extraction, but the compounds were at higher amount and 3) when mixed solvent extraction was compared to supercritical fluid extraction and pressing, the former method extracted more types of compounds and higher amounts of those compounds.

Keywords: petroleum ether, diethyl ether, steam distillation

คำนำ

ส้มซ่า (*Citrus aurantium* var. *aurantium*) เป็นพืชในวงศ์ Rutaceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูง 7-10 เมตร มีหนามยาวตามลำต้น ใบเป็นใบประกอบแบบลดรูป เหลือใบย่อยใบเดียว ยาว 7.5-10 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบกลม เนื้อใบหนาเป็นมัน มีต่อมน้ำมันอยู่ทั่วไป ก้านใบมีปีก ดอกสีขาว มีกลิ่นหอม ออกเดี่ยวหรือเป็นช่อเล็กตามซอกใบหรือปลายกิ่ง ผลส้มซ่ามีลักษณะกลม ขนาดใกล้เคียงผลมะนาว เปลือกหนา เปลือกนอกสีเขียวอมน้ำตาล ผิวขรุขระเล็กน้อย เนื้อในสีขาว คล้ายส้มโอ รสเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อย เชื่อว่าส้มซ่าเป็นพืชพื้นเมืองแถบอินโดจีน เคยปลูกมากในประเทศไทย ปัจจุบันปลูกน้อยลง ส่วนมากปลูกไว้เพื่อใช้ผิวแต่งกลิ่นอาหาร น้ำคั้นจากส้มซ่านำมาปรุงรสอาหารได้ โดยมีรสเปรี้ยวน้อยกว่าและอมหวานมากกว่าน้ำมะนาว

เจษฎารัตน์ กาเร็ง และนัฐจี เจ๊ะซอ (2547) ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ทองดี และพันธุ์ชาน้ำผึ้ง โดยใช้วิธีการกลั่นเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้ พบว่าเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าพันธุ์ชาน้ำผึ้งในสภาวะเดียวกัน Mira et al. (1996) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ (supercritical CO₂ extraction) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 313 และ 323 K ความดัน 1 และ 25 MPa โดยศึกษาผลกระทบของความดัน ขนาดของเปลือกส้มที่อยู่ในช่วง 0.1-10 มิลลิเมตร และการไหลของมวลตัวทำละลายในช่วง 0.5-3.5 กิโลกรัม/ชั่วโมง พบว่า เมื่อเพิ่มความดันในการสกัด ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเพิ่มขนาดอนุภาคของเปลือกส้มจะลดปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ นอกจากนี้การเพิ่มการไหลของมวลคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดลดลง

¹ บริษัท ส. ขอนแก่นฟู้ดส์ จำกัด (มหาชน) เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

² คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ S. Khonkaen Foods Public Company Ltd., Vadhana, Bangkok 10110

² Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

*Corresponding author, Email: kittiphong.hu@kmitl.ac.th

Ferhat et al. (2006) ศึกษาเทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธีเร่งด้วยไมโครเวฟ (microwave accelerated distillation) เปรียบเทียบกับวิธีกลั่นด้วยน้ำ พบว่า วิธีเร่งด้วยไมโครเวฟใช้เวลาสกัดสั้นกว่า คือใช้เวลา 30 นาที ในขณะที่วิธีกลั่นด้วยน้ำใช้เวลา 180 นาที ผลผลิตที่ได้ใกล้เคียงกัน โดยวิธีเร่งด้วยไมโครเวฟให้ผลผลิต 0.42% ส่วนวิธีกลั่นด้วยน้ำให้ผลผลิต 0.39% น้ำมันหอมระเหยที่สกัดโดยวิธีเร่งด้วยไมโครเวฟจะมี oxygenate compounds สูงกว่าและมีคุณภาพดีกว่าในด้านของสีและกลิ่น นอกจากนี้ยังใช้พลังงานน้อยกว่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Qiao et al. (2007) ศึกษากลิ่นจากส้มพันธุ์แมนดาริน 3 ชนิด ได้แก่ Guoqing I, Miyagawa Wase และ Owari โดยใช้ HS-SPME ร่วมกับ GC-MS พบว่ามีองค์ประกอบของสารให้กลิ่น 73, 71 และ 63 ชนิด และมีปริมาณทั้งหมด 584.67, 505.29 และ 494.63 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ตามลำดับ องค์ประกอบที่พบเหมือนกันในส้มทั้ง 3 สายพันธุ์มีทั้งหมด 29 ชนิด นอกจากนี้ยังพบว่าส้มทั้ง 3 สายพันธุ์มีองค์ประกอบที่เป็นเอกลักษณ์ของตัวเองอยู่ 12, 5 และ 2 ชนิด ตามลำดับ สารให้กลิ่นที่สำคัญของส้มทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ limonene, linalool, γ -terpinene, β -myrcene, α -pinene และ octanal และพบว่าพันธุ์ Guoqing I มีสารสำคัญที่ให้กลิ่นมากกว่าพันธุ์ Miyagawa Wase และ Owari

จักรพันธ์ จุลศรีไกรวัล และคณะ (2551) สกัดน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดและส้มโอ ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่อน้ำหนักพืชสดดังนี้ น้ำมันใบมะกรูดและน้ำมันผิวมะกรูดจากการกลั่นด้วยไอน้ำ 1.21 และ 1.20% น้ำมันผิวมะกรูดจากการบีบคั้น 1.05% และน้ำมันผิวส้มโอจากการกลั่นด้วยไอน้ำ 0.40% เมื่อศึกษาน้ำมันหอมระเหยที่ได้ทางกายภาพและทางเคมีพบว่า น้ำมันใบมะกรูด น้ำมันผิวมะกรูดทั้งชนิดบีบคั้นและกลั่นด้วยไอน้ำพบ citronellal และ citronellol ส่วนน้ำมันผิวส้มโอมี limonene เป็นองค์ประกอบหลัก Rezzoug and Louka (2009) ศึกษาเทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธี Instantaneous Controlled Pressure Drop (D.I.C) เปรียบเทียบกับวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าวิธี D.I.C จะใช้เวลาสกัดน้อยกว่า โดยใช้เวลา 4 นาที ในขณะที่วิธีกลั่นด้วยไอน้ำใช้เวลา 100 นาที และคุณภาพด้านสีของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดโดยวิธี D.I.C จะดีกว่า

Hosni et al. (2010) ศึกษาปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากส้ม 4 ชนิด ได้แก่ ส้มเกลี้ยง ส้มโชกุน ส้มซ่า และส้มโอ ซึ่งปลูกภายใต้สภาพภูมิอากาศและสภาวะการปลูกที่เหมือนกัน วิเคราะห์โดย GC และ GC-MS พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากส้มโอและส้มโชกุนอยู่ในช่วง 1.06-4.62% (น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยต่อน้ำหนักเปลือก) จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณพบว่าตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยจากส้มทั้ง 4 ชนิดมีองค์ประกอบ 70 ชนิด ส่วนใหญ่ประกอบด้วย monoterpene hydrocarbons (97.59-99.3%) โดยมี limonene (92.52-97.3%) และ β -pinene (1.37-1.82%) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ส่วนองค์ประกอบที่เหลือมีค่าน้อยมาก (<1%) และพบว่าความแปรปรวนทางเคมีมีแนวโน้มจากความแปรปรวนทางพันธุกรรม

Saharaoui et al. (2011) ศึกษาเทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธีใช้ไมโครเวฟร่วมกับไอน้ำ (microwave steam distillation) เปรียบเทียบกับวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่า วิธีใช้ไมโครเวฟร่วมกับไอน้ำจะใช้เวลาสกัดน้อยกว่า โดยใช้เวลาเพียง 6 นาที ส่วนการกลั่นด้วยไอน้ำใช้เวลา 2 ชั่วโมง โดยปริมาณผลผลิตที่สกัดได้ใกล้เคียงกัน และน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากวิธีใช้ไมโครเวฟร่วมกับไอน้ำจะให้กลิ่นที่ดีกว่า

ส้มซ่าเป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำอาหารไทยหลายชนิดที่ต้องการกลิ่นหอมเฉพาะตัว เช่น หมี่กรอบ หมูแนม กะปิพล่า โดยจะนำส่วนผสมที่หั่นละเอียดมาโรยหรือผสมในอาหาร เนื่องจากส้มซ่ามีผลเป็นฤดูกาล ดังนั้น ในบางช่วงเวลาจะไม่มีผิวส้มซ่าสำหรับประกอบอาหาร ทำให้อาหารที่ต้องใช้ผิวส้มซ่าขาดเอกลักษณ์ที่สำคัญไป ดังนั้นการศึกษารวบรวมองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยในผิวส้มซ่า เพื่อให้รู้สาระสำคัญที่ให้กลิ่นและการเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้จากการสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาเพื่อผลิตสารให้กลิ่นในรูปแบบของเหลวหรือผงที่สามารถเติมลงไปในอาหารไทยได้เลย จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน นอกจากนั้นยังช่วยแก้ปัญหาการขาดส้มซ่าในช่วงนอกฤดูกาล ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการทำอาหารไทยต่อไป

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบและสารเคมี

ส้มซ่าที่ใช้ในการทดลองซื้อจากสวนจังหวัดนนทบุรี ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether AR grade, RCI Labscan Co. Ltd.) ไดเอทิลอีเทอร์ (diethyl ether AR grade, Panreac Co. Ltd.) โพรไพลีนไกลคอล (propylene glycol AR grade, Ajax Finechem Pty Co. Ltd.) ก๊าซไนโตรเจน (nitrogen gas, Praxair Co. Ltd.) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide gas CD-50, BIG Co. Ltd.)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

Gas chromatography Hewlett-Packard model HP 6890 (Hewlett-Packard, Palo Alto, CA, USA) ติดตั้งพร้อม กับ mass selective detector (model HP 5973) ใช้ capillary polar column, HP-5 (ยาว 60 m, ID 0.25 mm 0.25 lm film thickness) และ polar column DB-WAX (ยาว 60 m, ID 0.25 mm 0.25 lm film thickness) เครื่องสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ เหนือจุดวิกฤต (CO₂ supercritical fluid extractor, model SFX 220, Isco. Lincoln, NE, USA) เครื่องกวนแบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer, IKA รุ่น C-MAG MS 7) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (digital balance, Mettler-Toledo Co. Ltd.) เครื่องอบแห้ง ลมร้อนแบบถาด (tray dryer, Progress Electronic Co. Ltd.) และเครื่องบดแห้ง (grinder, Panasonic รุ่น MX-900M)

การศึกษามลของชนิดตัวทำละลายต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

เตรียมเปลือกส้มซ่าโดยนำผลส้มซ่ามาล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือกใช้เฉพาะส่วนที่เป็นเปลือกสีเขียว สับให้ละเอียด ก่อนนำไปสกัด ทดลองสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยตัวทำละลาย โดยผสมเปลือกส้มซ่ากับตัวทำละลาย กวนผสมด้วย เครื่องกวนแบบแม่เหล็กด้วยความเร็วต่ำ (ดัดแปลงจาก ชนัญชิตา แซ่ม้า และวรรณิ จิรภาศกุล, 2554) ทดลองใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ ไดเอทิลอีเทอร์ และ ของผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 นำสารสกัดที่ได้ไป วิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้ GC-MS ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพาด้วยอัตรา 2.2 ลบ.ซม. ต่อเวลาที่ injector ทำงานแบบ split mode (50:1) ใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 35 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสต่อเวลาที่จนถึง 200 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที (Tinjan and Jirapakkul, 2007) ระบุชนิดของสารระเหยโดยเปรียบเทียบ spectrum ที่ได้จาก Wiley 275 library and NIST 98 library เปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างกัน

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติด้วยแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อเลือกตัวทำละลาย ที่เหมาะสม

การศึกษามลของวิธีสกัดต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

ทดลองศึกษาวิธีสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่า 4 วิธี คือ

- การกลั่นด้วยไอน้ำ (เจษฎาวาตี กาแรง และนัฐรุจี เจ๊ะซอ, 2547)
- การสกัดด้วยการบีบ ทำโดยนำเปลือกส้มซ่ามาบดให้ละเอียด และบีบน้ำมันผ่านผ้าขาวบาง
- การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤต โดยใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 120 บาร์ อัตราการไหล ของคาร์บอนไดออกไซด์ 0.5 มิลลิตร/นาที (ดัดแปลงจาก เกศินี ศรีสุระ และมานพ เจริญไชยตระกูล, 2549)
- การสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมจากข้อ 1

นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้ GC-MS เปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารที่ได้ วิเคราะห์ผลการทดลอง ทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 1

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษามลของชนิดตัวทำละลายต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

ผลการศึกษาชนิดตัวทำละลายในสารสกัดให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่า โดยใช้ไดเอทิลอีเทอร์ และตัวทำละลายผสมระหว่าง ปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารระเหยที่สกัดได้แสดงใน Table 1

Table 1 Volatile compounds of fresh sour orange peel from different solvents.

Volatile compounds	Volatile concentration quantity (ppm)	
	Diethyl ether	Petroleum ether : diethyl ether (1:1)
Alcohols		
1-Penten-3-ol	0.78±0.30 ^b	2.60±0.10 ^a
Cis-2-pentenol	1.35±0.30 ^b	4.51±0.84 ^a
Octanol	0.33±0.00 ^b	1.10±0.00 ^a
L-linalool	59.13±3.56 ^b	197.34±11.28 ^a

Table 1 (continued).

Volatile compounds	Volatile concentration quantity (ppm)	
	Diethyl ether	Petroleum ether : diethyl ether (1:1)
Isopulegol	0.90±0.30 ^b	3.00±1.00 ^a
Neoiso (iso) pulegol	0.75±0.30 ^b	2.50±1.00 ^a
α -Terpineol	0.27±0.03 ^b	0.90±0.10 ^a
β -Citronellol	32.34±0.30 ^b	107.95±1.21 ^a
Trans-geraniol	3.96±0.30 ^b	13.22±0.98 ^a
Nerolidol	3.51±0.00 ^b	11.72±0.40 ^a
Ketone		
1-Penten-3-one	1.11±0.3 ^b	3.71±0.09 ^a
Aldehydes		
4-Pentenal	0.51±0.03 ^b	1.70±0.10 ^a
Hexanal	38.64±4.16 ^b	128.99±14.13 ^a
Trans-2-hexenal	7.53±0.51 ^b	25.13±1.60
Citronellal	1214.22±32.11 ^b	4052.56±93.75 ^a
Octanal	6.99±0.79 ^b	23.33±2.63 ^a
Nonanal	3.08±0.60 ^b	10.26±1.97 ^a
Decanal	0.30±0.49 ^b	1.00±0.16 ^a
Neral	0.18±0.06 ^b	0.60±0.20 ^a
Undecanal	3.00±0.52 ^b	10.00±1.71 ^a
Geranial	0.93±0.32 ^b	3.10±1.07 ^a
Hydrocarbons		
α -Thujene	0.18±0.03 ^b	0.60±1.00 ^a
α -Pinene	1.59±0.27 ^b	5.31±0.87 ^a
Sabinene	34.20±2.99 ^b	114.13±9.58 ^a
β -Pinene	1.92±0.05 ^b	6.41±0.15 ^a
β -Myrcene	14.76±0.24 ^b	49.26±0.67 ^a
α -Phellandrene	0.21±0.30 ^b	0.70±1.00 ^a
D-3-carene	0.48±0.08 ^b	1.60±0.26 ^a
L-limonene	2.91±0.93 ^b	9.71±3.08 ^a
Cis- β -ocimene	0.33±0.10 ^b	1.1±0.34 ^a
Trans- β -ocimene	9.15±0.62 ^b	30.55±2.17 ^a
γ -Terpinene	3.00±0.54 ^b	10.00±1.76 ^a
α -Terpinolene ^{ns}	0.69±0.54	2.30±1.79
β -Elemene ^{ns}	1.02±0.54	3.40±1.78
Cyclo isosativene ^{ns}	0.54±0.39	1.80±1.30
α -Copaene	11.55±0.54 ^b	38.55±1.66 ^a
β -Cubebene	9.69±0.54 ^b	32.34±1.69 ^a

Table 1 (continued).

Volatile compounds	Volatile concentration quantity (ppm)	
	Diethyl ether	Petroleum ether : diethyl ether (1:1)
Trans- β -caryophyllene	54.54 $\pm$ 0.54 ^b	182.04 $\pm$ 1.18 ^a
Epibicyclosiquiphellandren ^{ns}	0.93 $\pm$ 0.54	3.10 $\pm$ 1.79
α -Selinene	0.45 $\pm$ 0.06 ^b	1.50 $\pm$ 0.20 ^a
Trans- β -farnesene	0.45 $\pm$ 0.05 ^b	1.50 $\pm$ 0.17 ^a
α -Humulene	6.51 $\pm$ 0.54 ^b	21.72 $\pm$ 1.72 ^a
Aromadendrene	0.21 $\pm$ 0.30 ^b	0.70 $\pm$ 0.10 ^a
C-cadinene	1.62 $\pm$ 0.48 ^b	5.41 $\pm$ 1.61 ^a
D-cadinene	11.74 $\pm$ 4.14 ^b	39.20 $\pm$ 13.98 ^a
Germacrene D	6.95 $\pm$ 2.41 ^b	23.21 $\pm$ 8.12 ^a
Rans, trans- α -farnesene	10.30 $\pm$ 3.62 ^b	34.39 $\pm$ 12.22 ^a
Bicyclogermacrene	18.94 $\pm$ 6.76 ^b	63.25 $\pm$ 22.81 ^a
D-guaiene	0.25 $\pm$ 0.09 ^b	0.84 $\pm$ 0.31 ^a

Mean value in same row followed by different superscript differed significantly by Duncan's Multiple Range Test ($p \leq 0.05$).

จาก Table 1 พบว่าการใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) จะได้ปริมาณสารสกัดมากกว่าการใช้ไดเอทิลอีเทอร์เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คาดว่าเนื่องจากปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายไม่มีขั้ว จึงสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าซึ่งส่วนมากเป็นสารที่ไม่มีขั้วได้ดี ส่วนไดเอทิลอีเทอร์ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วเล็กน้อยจะสกัดสารให้กลิ่นได้น้อยกว่า ผลการวิเคราะห์พบว่าสามารถสกัดสารได้ 49 ชนิด เป็นสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ 10 ชนิด คีโตน 1 ชนิด อัลดีไฮด์ 10 ชนิด และไฮโดรคาร์บอน 28 ชนิด เมื่อพิจารณาปริมาณสารสำคัญที่ให้กลิ่นเปลือกส้มซ่าที่สกัดได้ ได้แก่ linalool และ citronellal พบว่า การใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) สามารถสกัดปริมาณสารได้มากกว่าการใช้ไดเอทิลอีเทอร์เพียงอย่างเดียว ผลการทดลองนี้ตรงกันข้ามกับผลการทดลองของชนัญชิตา แซ่ม้า และวรรณิ จิรภาคย์กุล (2554) ซึ่งศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายต่อชนิดของสารให้กลิ่นที่สกัดจากมะพร้าว น้ำหอม พบว่าการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนซึ่งเป็นตัวทำละลายมีขั้ว จะได้สาร 28 ชนิด ซึ่งมากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างเพนเทนซึ่งไม่มีขั้วกับไดคลอโรมีเทน (2:1) ที่ได้สารเพียง 11 ชนิด เนื่องจากสารให้กลิ่นในน้ำมะพร้าวส่วนใหญ่เป็นชนิดที่มีขั้วจึงสกัดได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว โดยไดคลอโรมีเทนจะสกัดกลุ่มสารที่มีขั้ว เช่น กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ ฟีนอล และคีโตนออกมาได้มากกว่า ดังนั้นการสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าเพื่อใช้ในการทดลองต่อไปจะใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1

การศึกษาผลของวิธีสกัดต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

เมื่อศึกษาผลของการสกัดกลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยวิธีต่างกัน คือ สกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 สกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ การกลั่นด้วยไอน้ำ และการบีบ ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารระเหยในเปลือกส้มซ่าที่สกัดได้ แสดงดัง Table 2

Table 2 Volatile compounds of fresh sour orange peel from different extraction methods.

Volatile compounds	Volatile concentration quantity (ppm)			
	Petroleum ether : diethyl ether (1:1)	CO ₂ critical fluid extraction	Steam distillation	Pressing
Alcohols				
1-Penten-3-ol	2.60±0.11 ^a	1.17±0.05 ^b	0.78±0.03 ^c	0.00 ^d
Cis-2-pentenol	4.51±0.84 ^a	2.03±0.04 ^b	1.35±0.30 ^c	0.00 ^d
Octanol	1.10±0.00 ^a	0.50±0.00 ^b	0.33±0.00 ^c	0.00 ^d
L-linalool	197.30±11.28 ^a	88.80±5.08 ^b	59.13±3.56 ^c	0.00 ^d
Isopulegol	3.00±1.00 ^a	1.35±0.45 ^b	0.90±0.30 ^{bc}	0.00 ^c
Neoiso (iso) pulegol	2.50±1.00 ^a	1.13±0.45 ^b	0.75±0.30 ^{bc}	0.00 ^c
α-Terpineol	0.90±1.00 ^b	0.41±0.44 ^c	1.17±1.59 ^a	0.00 ^d
β-Citronellol	107.95±1.21 ^a	48.58±0.55 ^b	32.34±0.30 ^c	32.38±0.36 ^c
Trans-geraniol	13.22±0.98 ^a	0.00 ^c	3.96±0.30 ^b	0.00 ^c
Nerolidol	11.72±0.41 ^a	0.00 ^c	3.51±0.00 ^b	0.00 ^c
Ketone				
1-Penten-3-one	3.71±0.94 ^a	0.00 ^c	1.11±0.03 ^b	0.00 ^c
Aldehydes				
4-Pentenal	1.70±1.00 ^a	0.77±0.44 ^b	0.51±0.03 ^c	0.00 ^d
Hexanal	128.99±14.13 ^a	58.05±6.36 ^b	38.64±4.16 ^c	0.00 ^d
Trans-2-hexenal	25.13±1.60 ^a	11.31±0.72 ^b	7.53±0.51 ^c	0.00 ^d
Citronellal	4052.56±93.75 ^a	1823.05±42.36 ^b	1214.22±32.11 ^c	1215.77±28.13 ^c
Octanal	23.33±2.64 ^a	10.50±1.19 ^b	6.99±0.79 ^c	0.00 ^d
Nonanal	10.26±1.97 ^a	4.62±0.89 ^b	3.08±0.60 ^b	0.00 ^c
Decanal	1.00±0.16 ^a	0.45±0.07 ^b	0.30±0.49 ^b	0.00 ^c
Neral	0.60±0.20 ^a	0.27±0.09 ^b	0.18±0.60 ^{bc}	0.00 ^c
Undecanal	10.01±1.71 ^a	4.50±0.77 ^b	3.00±0.52 ^b	0.00 ^c
Geranial	3.10±1.07 ^a	0.00 ^b	0.93±0.33 ^{ab}	0.00 ^b
Hydrocarbons				
α-Thujene	0.60±0.10 ^a	0.00 ^c	0.18±0.03 ^b	0.00 ^c
α-Pinene	5.31±0.87 ^a	0.00 ^c	1.59±0.27 ^b	1.59±0.26 ^b
Sabinene	114.13±9.58 ^a	51.36±4.31 ^b	34.20±3.00 ^c	34.24±2.87 ^c
β-Pinene	6.41±0.15 ^a	2.89±0.07 ^b	1.92±0.05 ^c	0.00 ^d
β-Myrcene	49.26±0.67 ^a	22.17±0.30 ^b	14.76±0.24 ^c	14.78±0.20 ^c
α-Phellandrene	0.70±0.10 ^a	0.00 ^c	0.21±0.03 ^b	0.00 ^c
D-3-carene	1.60±0.26 ^a	0.00 ^c	0.48±0.08 ^b	0.00 ^c
L-limonene	9.71±3.08 ^a	0.00 ^b	2.91±0.93 ^b	0.00 ^b
Cis-β-ocimene	1.10±0.34 ^a	0.00 ^b	0.33±0.10 ^b	0.00 ^b
Trans-β-ocimene	30.55±2.17 ^a	0.00 ^c	9.15±0.62 ^b	0.00 ^c

Table 2 (continued).

Volatile compounds	Volatile concentration quantity (ppm)			
	Petroleum ether : diethyl ether (1:1)	CO ₂ critical fluid extraction	Steam distillation	Pressing
γ -Terpinene	10.01 $\pm$ 1.76 ^a	4.50 $\pm$ 0.79 ^b	3.00 $\pm$ 0.54 ^b	3.00 $\pm$ 0.53 ^b
α -Terpinolene ^{ns}	2.30 $\pm$ 1.79 ^a	0.00 ^b	0.69 $\pm$ 0.54 ^{ab}	0.00 ^b
β -Elemene ^{ns}	3.40 $\pm$ 1.79 ^a	0.00 ^b	1.02 $\pm$ 0.54 ^b	0.00 ^b
Cyclo isosativene ^{ns}	1.80 $\pm$ 1.30 ^a	0.00 ^b	0.54 $\pm$ 0.39 ^{ab}	0.00 ^b
α -Copaene	38.55 $\pm$ 1.66 ^a	17.35 $\pm$ 0.75 ^b	11.55 $\pm$ 0.54 ^c	11.56 $\pm$ 0.50 ^c
β -Cubebene	32.34 $\pm$ 1.69 ^a	14.55 $\pm$ 0.76 ^b	9.69 $\pm$ 0.54 ^c	0.00 ^d
Trans- β -caryophyllene	182.04 $\pm$ 1.18 ^a	81.92 $\pm$ 0.53 ^b	54.54 $\pm$ 0.54 ^c	54.61 $\pm$ 0.35 ^c
Epibicycloseskiphellandren	3.10 $\pm$ 1.79 ^a	0.00 ^b	0.93 $\pm$ 0.54 ^b	0.00 ^b
α -Selinene	1.50 $\pm$ 0.20 ^a	0.00 ^c	0.45 $\pm$ 0.06 ^b	0.00 ^c
Trans- β -farnesene	1.50 $\pm$ 0.17 ^a	0.00 ^c	0.45 $\pm$ 0.52 ^b	0.00 ^c
α -Humulene	21.72 $\pm$ 1.72 ^a	0.00 ^c	6.51 $\pm$ 0.54 ^b	0.00 ^c
Aromadendrene	0.70 $\pm$ 0.10 ^a	0.00 ^c	0.21 $\pm$ 0.03 ^b	0.00 ^c
C-cadinene	5.41 $\pm$ 1.61 ^a	2.44 $\pm$ 0.73 ^b	1.62 $\pm$ 0.48 ^{bc}	0.00 ^c
D-cadinene	39.20 $\pm$ 13.98 ^a	17.64 $\pm$ 6.29 ^b	11.74 $\pm$ 4.14 ^{bc}	0.00 ^c
Germacrene D	23.21 $\pm$ 8.12 ^a	0.00 ^b	6.95 $\pm$ 2.41 ^b	0.00 ^b
Rans, trans- α -farnesene	34.39 $\pm$ 12.22 ^a	0.00 ^b	10.30 $\pm$ 3.62 ^b	0.00 ^b
Bicyclogermacrene	63.25 $\pm$ 22.80 ^a	0.00 ^b	18.94 $\pm$ 6.76 ^b	0.00 ^b
D-guaiene	0.84 $\pm$ 0.31 ^a	0.00 ^b	0.25 $\pm$ 0.09 ^b	0.00 ^b

Mean value in same row followed by different superscript differed significantly by Duncan's Multiple Range Test ($p \leq 0.05$).

จาก Table 2 พบว่า วิธีสกัดต่างกันทำให้ปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) และการกลั่นด้วยไอน้ำจะได้ชนิดของสารมากกว่าการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติและการบีบ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการสกัดด้วยตัวทำละลายกับการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายได้ชนิดและปริมาณของสารสกัดมากกว่า อาจเนื่องจากความดันที่ใช้ในการสกัดคือ 120 บาร์สูงมากพอ จึงทำให้ปริมาณสารสกัดที่ได้น้อยกว่า Mira et al. (1996) ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธีสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ พบว่าความดันในช่วง 10-250 บาร์ มีผลต่อการสกัด โดยปริมาณสารที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความดัน และพบว่าที่ความดัน 250 บาร์จะสกัดน้ำมันหอมระเหยได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการสกัดด้วยตัวทำละลายกับการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายได้ปริมาณสารมากกว่าการกลั่นด้วยไอน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ อุดมลักษณ์ สุขอัฒตะ และคณะ (2554) ที่ศึกษาการสกัดสารให้กลิ่นจากดอกพุท พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ได้สารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ (Z)-3-hexenyl tiglate มากกว่าการกลั่นด้วยไอน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากจากการกลั่นด้วยไอน้ำมีการใช้ความร้อน จึงอาจทำให้เกิดการสูญเสียสารให้กลิ่น จาก Table 2 พบว่าวิธีสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติได้สารให้กลิ่นทั้งหมด 26 ชนิด ส่วนการสกัดด้วยการบีบ จะได้สารให้กลิ่นทั้งหมด 8 ชนิด ในขณะที่การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมและการกลั่นด้วยไอน้ำได้สารทั้งหมด 49 ชนิด วิธีการสกัดด้วยการบีบที่ได้ชนิดของสารน้อยมากนั้น เนื่องจากแรงที่ใช้บีบไม่เพียงพอที่จะทำให้สารระเหยแยกออกมาจากผิวส้ม เมื่อพิจารณาปริมาณ l-linalool และ citronellal พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมได้ปริมาณสารสกัดมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกการสกัดกลั่นส้มด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) ในการสกัดน้ำมันหอมระเหย เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

สรุปผลการศึกษา

เมื่อทดลองสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยตัวทำละลายต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ ไดเอทิลอีเทอร์และตัวทำละลายผสมของปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารที่สกัดได้ด้วย GC-MS พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมจะได้ปริมาณสารสกัดมากกว่าการใช้ไดเอทิลอีเทอร์เพียงอย่างเดียว สารองค์ประกอบและสารให้กลิ่นเปลือกส้มซ่า ได้แก่ l-linalool และ citronellal จึงเลือกตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป จากการทดลองสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยวิธีสกัดต่างกัน 4 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ การกลั่นด้วยไอน้ำ และการบีบ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารที่สกัดได้ด้วย GC-MS พบว่า วิธีสกัดด้วยตัวทำละลายผสมและการกลั่นด้วยไอน้ำได้ชนิดสารมากที่สุด รองลงมาคือ วิธีสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ ส่วนการสกัดด้วยวิธีบีบได้ชนิดสารน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมจะได้ปริมาณสารสำคัญในส้มซ่า คือ l-linalool และ citronellal มากกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่น จึงเลือกวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายเพื่อสกัดกลิ่นส้มซ่าสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- เกศินี ศรีสุระ และมานพ เจริญไชยตระกูล. 2549. การสกัดวิตามินอีจากเมล็ดดอกทานตะวันด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤติ. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มศว.* 1 (1): 51-57.
- จักรพันธ์ จุลศรีไกรวัล, สรินยา ชัดชุมแสง, เชื้อพร ไชยวรรณ และสุวรรณ เวชอภิกุล. 2551. ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยเพื่อสุขภาพจากมะกรูดและส้มโอและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้. *วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ* 3 (2): 203-209.
- เจนนวรัตน์ กาแรง และนัฏฐาจี เจ๊ะขอ. 2547. การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ. *ปริญญานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต. คณะครุศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.*
- ชนัญชิตา แซ่ม้า และวรรณิ จิรภาคย์กุล. 2554. ผลของชนิดตัวทำละลายต่อสารระเหยที่สกัดจากน้ำมันมะพร้าวหอมเผา. น. 564-572.
- ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ, อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์, สรัญญา วัชรโรทัย, วิชัย หุตยธนาสันติ, พจมาน พิศเพียงจันทร์, พุดิตา พันธุ์ และประภัสสร รักถาวร. 2554. การสกัดแยกน้ำมันหอมระเหยและสารหอมจากดอกพุด. น. 414-422.
- ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., Smadja, J., and Chemat, F. 2006. An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. *Journal of Chromatography A*. 1112 (2): 121-126.
- Hosni, K., Zahed, N., Chrif, R., Abid, I., Medfei, W., Kallel, M., Brahim, N. B., and Sebei, H. 2010. Composition of peel essential oils from four selected Tunisian citrus species: evidence for the genotypic influence. *Food chemistry* 123 (4): 1098-1104.
- Mira, B., Blasco, M., and Subirats, S. 1996. Supercritical CO₂ extraction of essential oils from orange peel. *The Journal of Supercritical Fluids* 9 (4): 238-243.
- Qiao, Y., Xie, B. J., Zhang, Y., Zhou, H. Y., and Pan, S. Y. 2007. Study on aroma components in fruit from three different satsuma mandarin varieties. *Agricultural sciences in China* 6 (12): 1487-1493.
- Rezzoug, S. A., and Louka, N. 2009. Thermomechanical process intensification for oil extraction from orange peels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10 (4): 530-536.
- Sahraoui, N., Vian, M. A., Maataoui, M. E., Boutekedjiret, C., and Chemat, F. 2011. Valorization of citrus by-products using Microwave Steam Distillation (MSD). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 12 (2): 163-170.
- Tinjan, P., and Jirapakkul, W. 2007. Comparative study on extraction methods of free and glycosidically bound volatile compounds from kaffir lime leaves by solvent extraction and solid phase extraction. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 41: 300-306.

วันรับบทความ (Received date) : 12 ก.ค. 60

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 12 ก.ย. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 7 พ.ย. 61